



PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI  
 MESSA IN SICUREZZA DEL SISTEMA ACQUEDOTTISTICO  
 DEL PESCHIERA PER L'APPROVVIGIONAMENTO IDRICO  
 DI ROMA CAPITALE E DELL'AREA METROPOLITANA

IL COMMISSARIO STRAORDINARIO ING. PhD MASSIMO SESSA

SUB COMMISSARIO ING. MASSIMO PATERNOSTRO

**aceq**  
 acqua  
 ACEA ATO 2 SPA



**IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO**

Ing. PhD Alessia Delle Site

**SUPPORTO AL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO**

Dott. Avv. Vittorio Gennari

Sig.ra Claudia Iacobelli

Ing. Barnaba Paglia

**aceq**  
 Ingegneria  
 e servizi



**CONSULENTE**

Ing. Biagio Eramo

ELABORATO

A194PD T007 6

COD. ATO2 APE10116

DATA OTTOBRE 2019

SCALA

Progetto di sicurezza e ammodernamento  
 dell'approvvigionamento della città  
 metropolitana di Roma

"Messa in sicurezza e ammodernamento del sistema  
 idrico del Peschiera",

L.n.108/2021, ex DL n.77/2021 art. 44 Allegato IV

**NUOVO TRONCO SUPERIORE ACQUEDOTTO  
 DEL PESCHIERA  
 dalle Sorgenti alla Centrale di Salisano**

CUP G33E17000400006

AGG. N.	DATA	NOTE	FIRMA
1	DIC-19	AGGIORNAMENTO PER SIA	
2	MAR-20	AGGIORNAMENTO ELABORATI	
3	LUG-20	AGGIORNAMENTO ELABORATI	
4	GEN-21	AGGIORNAMENTO PARERE CSLLPP VOTO DEL 14/10/2020	
5	SETT-21	AGGIORNAMENTO ELABORATI	
6	OTT-22	AGGIORNAMENTO UVP	
7			

**PROGETTO DEFINITIVO**

**TEAM DI PROGETTAZIONE**

**CAPO PROGETTO**

Ing. Angelo Marchetti

**IDRAULICA**

Ing. Eugenio Benedini

**GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA**

Geol. Stefano Tosti

**GEOTECNICA E STRUTTURE**

Ing. Angelo Marchetti

**ASPETTI AMBIENTALI**

Ing. Nicoletta Stracqualursi

**ATTIVITA' TECNICHE DI SUPPORTO**

Geom. Stefano Francisci

**ATTIVITA' PATRIMONIALI**

Geom. Fabio Pompei

**Hanno collaborato:**

Ing. Geol. Eliseo Paolini

Ing. Viviana Angeloro

Ing. Matteo Botticelli

Ing. PhD Chiara Petrelli

Paes. Fabiola Gennaro

Ing. Roberto Biagi

Ing. Claudio Lorusso

Geom. PhD Paolo Caporossi

Geom. Simone Febo

Geom. Yousef Abu Sabha

Geom. Filippo Arsie

Ing. Francesca Gizzi



**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E**

**PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI**

Geom. Mirco Firinu

Geom. Mariano Troisi

Geom. Valerio Di Carlo

Geom. Fabio Frezza

Geom. Irene Crialesi

Geom. Messito Roberto Zappalà

Geom. Veronica Ceccarelli

## INDICE

<b>1</b>	<b>OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E OPERE IN ACCIAIO .....</b>	<b>22</b>
<b>1.1</b>	<b>SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE .....</b>	<b>22</b>
<b>1.2</b>	<b>OPERE IN ACCIAIO .....</b>	<b>22</b>
<b>1.3</b>	<b>DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>23</b>
1.3.1	NORMATIVA NAZIONALE .....	23
1.3.1.1	NORMATIVA EUROPEA .....	24
1.3.1.2	DOCUMENTAZIONE TECNICA.....	33
<b>1.4</b>	<b>DEFINIZIONI.....</b>	<b>35</b>
<b>1.5</b>	<b>ABBREVIAZIONI.....</b>	<b>35</b>
<b>1.6</b>	<b>OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO .....</b>	<b>35</b>
1.6.1	PRESCRIZIONI GENERALI .....	36
1.6.2	REQUISITI DEGLI IMPIANTI DI PRODUZIONE DEL CALCESTRUZZO.....	37
1.6.3	CARATTERISTICHE E REQUISITI DEI MATERIALI COSTITUENTI IL CONGLOMERATO CEMENTIZIO .....	40
1.6.3.1	Cemento .....	40
1.6.3.2	Aggiunte: ceneri volanti, microsilice e loppa d’altoforno .....	40
1.6.3.3	Aggregati .....	41
1.6.3.4	Acqua d’impasto .....	42
1.6.3.5	Additivi .....	42
1.6.4	CARATTERISTICHE E REQUISITI DEL CONGLOMERATO CEMENTIZIO .....	44
1.6.4.1	Classi di resistenza .....	44
1.6.4.2	Copriferro.....	44
1.6.4.3	Rapporto acqua/cemento .....	44
1.6.4.4	Consistenza.....	44
1.6.4.5	Acqua essudata.....	45

1.6.4.6	Contenuto in cloruri.....	45
1.6.4.7	Temperatura.....	46
1.6.4.8	Aria occlusa.....	46
1.6.4.8.1	REQUISITI MINIMI DELLE MISCELE IN RELAZIONE ALL'IMPIEGO.....	46
1.6.4.9	Calcestruzzi soggetti a cicli di gelo - disgelo.....	53
1.6.4.10	Calcestruzzi soggetti ad attacco chimico.....	53
1.6.4.11	Calcestruzzi soggetti a dilavamento e penetrazione all'acqua.....	54
1.6.4.12	Calcestruzzi soggetti a reazione alcali- aggregati .....	54
1.6.4.13	Calcestruzzi soggetti all'attacco di cloruri presenti nell'acqua di mare .....	55
1.6.4.13.1	REQUISITI AGGIUNTIVI DELLE MISCELE .....	55
1.6.4.14	Modulo elastico.....	56
1.6.4.15	Ritiro idraulico .....	56
1.6.4.16	Ritiro termico .....	56
1.6.5	PRESCRIZIONI PER I SINGOLI TIPI DI CALCESTRUZZO .....	57
1.6.5.1	Calcestruzzo armato gettato in opera.....	57
1.6.5.2	Calcestruzzo armato da prefabbricazione.....	60
1.6.6	QUALIFICA DEI MIX DESIGN PER CONGLOMERATI CEMENTIZI.....	61
1.6.6.1	Studi preliminari di prequalifica .....	62
1.6.6.2	Qualifica all'impianto di betonaggio.....	63
1.6.7	CONTROLLI DI CONFORMITÀ IN CORSO D'OPERA E FREQUENZE DI PROVA....	66
1.6.7.1	Controlli di accettazione della resistenza a compressione.....	67
1.6.7.2	Controllo di accettazione dei valori di consistenza.....	69
1.6.7.3	Controlli di conformità della resistenza sulle opere finite.....	70
1.6.8	CARATTERISTICHE DELL'ACCIAIO D'ARMATURA PER C A E C A P.....	72
1.6.8.1	Prescrizioni comuni alle tipologie di acciaio.....	72
1.6.8.2	Acciaio per cemento armato .....	73
1.6.8.2.1	Controlli di accettazione in cantiere .....	74
1.6.8.3	Acciaio per cemento armato precompresso .....	76
1.6.8.3.1	Controlli di accettazione in cantiere .....	76

**TECNICI**


---

1.6.9	NORME E REGOLE DI ESECUZIONE .....	77
1.6.9.1	Impiego di magrone o malta di livellamento.....	77
1.6.9.2	Messa in opera delle casseforme .....	77
1.6.9.3	Posizionamento e realizzazione di gabbie di armatura e giunzioni .....	80
1.6.9.4	Messa in opera del calcestruzzo .....	81
1.6.9.4.1	Attività preliminari alla fase di getto .....	81
1.6.9.4.2	Esecuzione dei getti.....	82
1.6.9.4.3	Controllo termico del calcestruzzo .....	86
1.6.9.5	Stagionatura del calcestruzzo .....	88
1.6.9.6	Azioni di disarmo.....	90
1.6.9.7	Caratteristiche superficiali dei getti.....	91
1.6.10	ELEMENTI PRECOMPRESSI.....	91
1.6.10.1	Posizionamento delle armature di precompressione.....	91
1.6.10.2	Tesatura dei cavi di precompressione .....	92
1.6.10.3	Dispositivi di ancoraggio .....	93
1.6.10.4	Guaine ed iniezioni di malta .....	94
1.6.11	ELEMENTI PREFABBRICATI .....	97
1.6.11.1	Controlli in fase di produzione degli elementi .....	98
1.6.11.2	Marcatura e stoccaggio.....	100
1.6.11.3	Trasporto e movimentazione .....	101
1.6.12	CALCESTRUZZI SPECIALI .....	101
1.6.12.1	Calcestruzzo proiettato .....	101
1.6.12.1.1	Classificazione e designazione .....	101
1.6.12.1.2	Caratteristiche dei componenti.....	104
1.6.12.1.3	Produzione .....	107
1.6.12.1.4	Controlli sulla miscela .....	110
1.6.12.2	Calcestruzzo rinforzato con fibre di acciaio .....	112
1.6.12.3	Calcestruzzo autocompattante.....	112
1.6.13	TOLLERANZE COSTRUTTIVE.....	113

**TECNICI**

1.6.14	INTERVENTI DI RIPRISTINO E/O RINFORZO DI STRUTTURE DEGRADATE IN CALCESTRUZZO .....	115
1.6.14.1	Indagini.....	117
1.6.14.2	Stato di conservazione delle strutture.....	118
1.6.14.3	Materiale per il ripristino/rinforzo – criteri generali .....	119
1.6.14.4	Sintesi del processo progettuale.....	123
1.6.14.5	Livello di degrado – tecnica d’intervento - caratterizzazione prestazionale dei materiali 124	
1.6.14.6	Degrado superficiale – spessori 1 -10 mm - rasatura .....	125
1.6.14.7	Degrado medio – spessore 10-50 mm - strutture verticali o “sopratesta”- spruzzo o rinzafo 127	
1.6.14.8	Degrado medio – spessori 10-50 mm - strutture orizzontali – colaggio .....	129
1.6.14.9	Degrado profondo – strutture orizzontali/verticali – spessori 60-100 mm – colaggio / incamiciatura .....	131
1.6.14.10	Interventi per rapido colaggio.....	134
1.6.14.11	Prove e controlli.....	139
1.6.14.12	Controlli preliminari.....	139
1.6.14.13	Controlli in corso d’opera .....	140
1.6.15	PROTEZIONE DELLE STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO .....	142
1.6.15.1	Scelta prestazionale dei sistemi protettivi.....	143
1.6.15.2	Protezione elevatissima – sistema protettivo filmogeno elastico a base poliuretana- spessore di film secco 200 micron.....	144
1.6.15.3	Protezione elevata – sistema protettivo filmogeno elastico a base acrilica per strutture a contatto non permanente con acqua spessore di film secco 200 micron .....	145
1.6.15.4	Protezione elevata – sistema protettivo filmogeno rigido a base metacrilica spessore di film secco 80-150 micron .....	146
1.6.16	ANCORAGGI E INGHISAGGI .....	148
1.6.16.1	Ancoraggi con materiali cementizi.....	148
1.6.16.2	Ancoraggi con materiali a base di resina .....	151
1.6.16.2.1	Inghisaggi chimici con resina epossidica in cartuccia .....	151
1.6.17	INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA .....	152

**TECNICI**


---

1.6.17.1	Ancoraggi con materiali a base di resina .....	152
1.6.17.2	Interventi .....	153
1.6.17.2.1	Ristillatura di giunti di malta .....	153
1.6.17.3	Iniezioni di massa .....	156
1.6.17.4	Iniezioni armate .....	159
1.6.17.5	Scuci e cucì .....	161
1.6.17.6	Lastra armata.....	162
<b>1.7</b>	<b>OPERE IN ACCIAIO .....</b>	<b>165</b>
1.7.1	CLASSI DI ESECUZIONE .....	165
1.7.2	REQUISITI E OBBLIGHI DELL'ESECUTORE .....	166
1.7.2.1	Requisiti.....	166
1.7.2.2	Obblighi .....	166
1.7.3	QUALITA' DEI MATERIALI DA IMPIEGARE .....	168
1.7.3.1	Profilati e lamiere .....	168
1.7.3.1.1	Strutture in classe di esecuzione EXC2.....	169
1.7.3.1.2	Strutture in classe di esecuzione EXC3 e EXC4.....	169
1.7.3.2	Chiodi .....	172
1.7.3.3	Bulloni .....	172
1.7.3.4	Connettori.....	174
1.7.4	PROVE DI ACCETTAZIONE DEI MATERIALI .....	175
1.7.4.1	Profilati e lamiere .....	175
1.7.4.2	Chiodi .....	176
1.7.4.3	Bulloni .....	177
1.7.4.4	Chiavarde.....	179
1.7.4.5	Connettori.....	179
1.7.5	LAVORAZIONI D'OFFICINA E PRESCRIZIONI .....	179
1.7.5.1	Generalità .....	179
1.7.5.2	Tagli .....	179
1.7.5.3	Assemblaggio dei pezzi .....	180

1.7.5.4	Forature ed alesature .....	180
1.7.5.5	Controllo dimensionale dei singoli pezzi.....	181
1.7.6	<b>BULLONATURE .....</b>	<b>181</b>
1.7.6.1	Generalità .....	181
1.7.6.2	Giunzioni con bulloni a taglio .....	182
1.7.6.3	Giunzioni con bulloni ad attrito .....	183
1.7.6.4	Modalita' di serraggio.....	184
1.7.6.5	Serraggio con il metodo della coppia.....	185
1.7.6.6	Serraggio con il metodo combinato .....	185
1.7.6.7	Controllo del serraggio .....	185
1.7.6.8	Controllo dei bulloni serrati con il metodo della coppia .....	186
1.7.6.9	Controllo dei bulloni serrati con il metodo combinato.....	187
1.7.7	<b>SALDATURE .....</b>	<b>187</b>
1.7.7.1	Oneri dell'esecutore.....	187
1.7.7.2	Tipologie di saldatura.....	189
1.7.7.3	Procedimenti di saldatura applicabili .....	189
1.7.7.4	Specifiche di procedura di saldatura.....	190
1.7.7.5	Prescrizioni sui materiali d'apporto .....	190
1.7.7.6	Procedimento manuale ad arco con elettrodi rivestiti .....	191
1.7.7.7	Procedimento di saldatura automatica ad arco sommerso.....	191
1.7.7.8	Procedimento di saldatura con filo animato con protezione di gas .....	192
1.7.7.9	Procedimento di saldatura dei connettori .....	192
1.7.7.10	Qualificazione delle specifiche di procedura di saldatura .....	192
1.7.7.11	Qualificazione degli addetti alle procedure di saldatura .....	196
1.7.7.11.1	Addetti al coordinamento .....	196
1.7.7.11.2	Saldatori e Operatori di saldatura .....	196
1.7.7.12	Prescrizioni costruttive.....	197
1.7.7.12.1	Generalità .....	197
1.7.7.12.2	Controlli preventivi .....	198

1.7.7.12.3	Assiemaggio dei pezzi .....	198
1.7.7.12.4	Preparazione dei lembi .....	199
1.7.7.12.5	Processo di saldatura .....	200
1.7.7.12.6	Raddrizzatura .....	200
1.7.7.12.7	Saldatura dei pioli.....	201
1.7.7.13	Prescrizioni concernenti i particolari strutturali .....	201
1.7.7.14	Modalità esecutive dei controlli non distruttivi .....	208
1.7.7.14.1	Prescrizioni generali.....	208
1.7.7.14.2	Modalità di esecuzione dei controlli .....	209
1.7.7.14.3	Estensione dei controlli .....	211
1.7.7.14.4	Intensificazione dei controlli per esito negativo.....	213
1.7.7.15	Qualità delle saldature.....	214
1.7.7.16	Modalità di riparazione.....	215
1.7.7.16.1	Riparazione senza nuove saldature .....	215
1.7.7.16.2	Riparazione con saldatura.....	215
1.7.7.16.3	Esecuzione degli scavi.....	216
1.7.7.16.4	Modalità esecutive delle riparazioni .....	216
1.7.7.16.5	Controlli dopo la riparazione .....	217
1.7.7.16.6	Resoconto delle attività di saldatura.....	217
1.7.7.16.7	Controllo della geometria dei profili composti saldati .....	218
1.7.8	MONTAGGIO IN OPERA.....	218
1.7.8.1	Prescrizioni generali.....	218
1.7.8.2	Saldature in fase di montaggio in cantiere .....	220
1.7.9	TRATTAMENTI SUPERFICIALI .....	222
1.7.9.1	Generalità' .....	222
1.7.9.2	Zincatura a caldo.....	222
1.7.9.2.1	Preparazione superficiale.....	223
1.7.9.3	Verniciatura.....	224
1.7.9.3.1	Prescrizioni e controlli in fase di applicazione .....	224

**TECNICI**

1.7.9.3.2	Prescrizioni generali.....	224
1.7.9.3.3	Condizioni di fornitura.....	226
1.7.9.3.4	Modalità di stoccaggio.....	226
1.7.9.3.5	Preparazione delle superfici .....	226
1.7.9.3.6	Controlli.....	228
1.7.9.3.7	Applicazione dei prodotti .....	230
1.7.9.3.8	Colore.....	232
1.7.9.3.9	Protezione per la spedizione.....	232
1.7.9.3.10	Ritocchi.....	232
1.7.9.3.11	Garanzia .....	233
<b>2</b>	<b>PARATIE .....</b>	<b>235</b>
<b>2.1</b>	<b>SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE .....</b>	<b>235</b>
2.1.1	CAMPO DI APPLICAZIONE .....	235
2.1.2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO .....	235
2.1.2.1	NORMATIVA NAZIONALE .....	236
<b>2.2</b>	<b>DEFINIZIONI .....</b>	<b>236</b>
<b>2.3</b>	<b>ABBREVIAZIONI .....</b>	<b>237</b>
<b>2.4</b>	<b>ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI .....</b>	<b>237</b>
2.4.1	CAMPO DI PROVA .....	239
<b>2.5</b>	<b>MATERIALI .....</b>	<b>239</b>
2.5.1	ARMATURE E CONGLOMERATO CEMENTIZIO .....	239
2.5.2	FANGHI STABILIZZANTI .....	240
2.5.3	PALANCOLE METALLICHE.....	240
2.5.4	MODALITA' ESECUTIVE .....	241
2.5.4.1	PARATIE DI PALI .....	241
2.5.5	DIAFRAMMI .....	241
2.5.5.1	Prescrizioni generali.....	241
2.5.5.2	Piani di lavoro.....	242

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI****TECNICI**

2.5.5.3	Cordoli guida .....	242
2.5.5.4	Perforazione .....	243
2.5.5.5	Dispositivi per la formazione dei giunti .....	245
2.5.5.6	Armature .....	246
2.5.5.7	Getto del calcestruzzo .....	246
2.5.5.8	PALANCOLATI .....	249
2.5.5.9	Prescrizioni generali.....	249
2.5.5.10	Infissione.....	249
2.5.5.11	Estrazione.....	250
2.5.6	CONTROLLI FINALI .....	250
2.5.6.1	PROVE DI CONTROLLO SONICO .....	251
2.5.6.2	Modalità di prova .....	252
2.5.6.3	Documentazione della prova.....	252
2.5.7	TOLLERANZE DI COSTRUZIONE .....	253
2.5.7.1	OBIETTIVI.....	253
2.5.7.2	DEFINIZIONI .....	253
2.5.7.3	TOLLERANZE DI COSTRUZIONE: MODALITÀ DI LETTURA .....	253
<b>3</b>	<b>PALI E MICROPALI.....</b>	<b>256</b>
<b>3.1</b>	<b>SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE .....</b>	<b>256</b>
3.1.1	CAMPO DI APPLICAZIONE .....	256
3.1.2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO .....	256
3.1.2.1	NORMATIVA NAZIONALE .....	257
3.1.2.2	NORMATIVA EUROPEA E NORMATIVA TECNICA .....	257
<b>3.2</b>	<b>DEFINIZIONI.....</b>	<b>258</b>
<b>3.3</b>	<b>ABBREVIAZIONI .....</b>	<b>260</b>
<b>3.4</b>	<b>ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI .....</b>	<b>260</b>
3.4.1	RELAZIONE TECNICO – OPERATIVA.....	262
<b>3.5</b>	<b>PALI DI MEDIO E GRANDE DIAMETRO .....</b>	<b>264</b>
3.5.1	MATERIALI .....	264

3.5.1.1	Armature metalliche .....	264
3.5.1.2	Rivestimenti metallici.....	265
3.5.1.3	Conglomerati cementizi.....	266
3.5.1.4	Fanghi per il sostegno dello scavo .....	266
3.5.2	MODALITÀ ESECUTIVE .....	266
3.5.2.1	Pali infissi.....	266
3.5.2.1.1	Pali infissi gettati in opera .....	266
3.5.2.1.2	Pali infissi prefabbricati .....	270
3.5.2.1.3	Pali trivellati .....	272
<b>3.6</b>	<b>MICROPALI.....</b>	<b>279</b>
3.6.1	TIPOLOGIE .....	279
3.6.1.1	Micropali cementati mediante iniezioni multiple selettive .....	279
3.6.1.2	Micropali a semplice cementazione .....	280
3.6.2	MATERIALI .....	280
3.6.3	MODALITÀ ESECUTIVE .....	281
3.6.3.1	Tecniche ed attrezzature per la perforazione.....	281
3.6.3.2	Micropali cementati mediante iniezioni multiple selettive .....	283
3.6.3.3	Micropali a semplice cementazione .....	284
3.6.3.3.1	Riempimento a gravità.....	284
3.6.3.3.2	Riempimento a bassa pressione .....	285
<b>3.7</b>	<b>CONTROLLI.....</b>	<b>286</b>
3.7.1	PROVE IN CORSO D'OPERA .....	286
3.7.2	PROVE SU PALI STRUMENTATI.....	289
3.7.3	PROVE DI CONTROLLO SONICO .....	289
3.7.3.1	Carotaggio sonico.....	290
3.7.3.1.1	Descrizione della prova .....	290
3.7.3.1.2	Frequenza di esecuzione .....	290
3.7.3.1.3	Documentazione della prova.....	290
3.7.3.2	Prove cross-hole .....	291

3.7.3.2.1	Descrizione della prova .....	291
3.7.3.2.2	Frequenza delle prove.....	291
3.7.3.2.3	Documentazione della prova .....	292
3.7.3.3	PROVE DI AMMETTENZA MECCANICA (TRANSIENT DYNAMIC RESPONSE TEST)	292
3.7.3.3.1	Descrizione della prova .....	292
3.7.3.3.2	Modalità di esecuzione .....	293
3.7.3.3.3	Documentazione della prova .....	293
<b>3.8</b>	<b>TOLLERANZE DI COSTRUZIONE.....</b>	<b>293</b>
3.8.1	OBIETTIVI .....	294
3.8.2	DEFINIZIONI .....	294
3.8.3	MODALITÀ DI LETTURA .....	294
<b>4</b>	<b>GALLERIE.....</b>	<b>297</b>
<b>4.1</b>	<b>SCOPO E CAMPO D'APPICAZIONE.....</b>	<b>297</b>
4.1.1	CAMPO DI APPLICAZIONE .....	297
4.1.1.1	ONERI GENERALI .....	298
<b>4.2</b>	<b>DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>299</b>
4.2.1	NORMATIVA NAZIONALE .....	299
4.2.2	NORMATIVA EUROPEA.....	301
4.2.3	DOCUMENTAZIONE TECNICA .....	302
<b>4.3</b>	<b>DEFINIZIONI.....</b>	<b>303</b>
<b>4.4</b>	<b>ABBREVIAZIONI.....</b>	<b>311</b>
<b>4.5</b>	<b>GALLERIE NATURALI CON AVANZAMENTO TRADIZIONALE .....</b>	<b>312</b>
4.5.1	SCAVO IN TRADIZIONALE.....	313
4.5.1.1	Scavo con esplosivo.....	313
4.5.1.2	Scavo in presenza di limitazione dei sistemi di produzione.....	316
4.5.1.3	Scavo in presenza d'acqua .....	316
4.5.1.4	Scavo in presenza di gas (nocivo ed esplosivo) .....	318
4.5.1.5	Prescrizioni per la sicurezza .....	318

4.5.2	INTERVENTI DI STABILIZZAZIONE DEI TERRENI.....	319
4.5.2.1	Premessa .....	319
4.5.2.2	Attività propedeutiche.....	320
4.5.2.3	Definizioni .....	320
4.5.2.4	Interventi di miglioramento .....	321
4.5.2.4.1	Iniezioni.....	321
4.5.2.4.2	Jet grouting.....	321
4.5.2.4.3	Congelamento .....	322
4.5.2.4.4	Drenaggi.....	323
4.5.2.5	Interventi di precontenimento e presostegno .....	324
4.5.2.5.1	Infilaggi .....	324
4.5.2.5.2	Colonne di jet grouting sub orizzontale .....	324
4.5.2.5.3	Chiodatura longitudinale con tubi o elementi strutturali in VTR.....	324
4.5.3	PRERIVESTIMENTO .....	325
4.5.3.1	Scopo e campo di applicazione.....	325
4.5.3.2	Centine metalliche.....	325
4.5.3.2.1	Materiali e controlli.....	327
4.5.3.3	Bulloni di ancoraggio .....	327
4.5.3.3.1	Materiali e controlli.....	328
4.5.3.4	Calcestruzzo proiettato (Spritzbeton).....	328
4.5.4	RIEMPIMENTO DI VUOTI O CAVITÀ.....	329
4.5.4.1	Controlli.....	330
4.5.5	IMPERMEABILIZZAZIONE .....	331
4.5.5.1	SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE.....	331
4.5.5.2	CARATTERISTICHE DEI COMPONENTI DELL'IMPERMEABILIZZAZIONE.....	333
4.5.5.2.1	Strato di protezione.....	333
4.5.5.2.2	Geotessile non tessuto.....	334
4.5.5.2.3	Geocomposito ad alto potere filtrante .....	335
4.5.5.2.4	Lastre semirigide ad alta capacità drenante .....	335

**TECNICI**


---

4.5.5.2.5	Membrana impermeabile in PVC.....	336
4.5.5.2.6	Membrana impermeabile polimerica a spruzzo .....	338
4.5.5.2.7	Tubo di drenaggio longitudinale a tergo dell'impermeabilizzazione.....	339
4.5.5.2.8	Waterstop idroespansivo .....	339
4.5.5.2.9	Giunto iniettato a tenuta idraulica per riprese di getto .....	340
4.5.5.3	CONFEZIONAMENTO, TRASPORTO E STOCCAGGIO DEI MATERIALI .....	341
4.5.5.3.1	Confezionamento e Trasporto .....	341
4.5.5.3.2	Stoccaggio .....	342
4.5.5.4	DOCUMENTAZIONE E CONTROLLI DI CONFORMITÀ .....	343
4.5.5.5	MODALITÀ ESECUTIVE.....	344
4.5.5.5.1	Preparazione della superficie di posa .....	345
4.5.5.5.2	Sistema drenante al piede dei piedritti .....	347
4.5.5.5.3	Applicazione del geotessile .....	349
4.5.5.5.4	Applicazione della membrana impermeabile in PVC.....	349
4.5.5.5.5	Protezioni particolari del rivestimento impermeabile .....	352
4.5.5.5.6	Applicazione della membrana impermeabile polimerica a spruzzo .....	352
4.5.5.6	IMPERMEABILIZZAZIONE DELL'ARCO ROVESCIO .....	354
4.5.5.7	CONTROLLI E PROVE .....	355
4.5.5.7.1	Prove per la verifica delle caratteristiche dei materiali.....	355
4.5.5.7.2	Prova di verifica delle termosaldature per pressione .....	355
4.5.5.7.3	Prova per depressione mediante campana Vacuum.....	356
4.5.5.7.4	Prova delle saldature manuali con sondino ricurvo.....	356
4.5.6	RIVESTIMENTO DEFINITIVO.....	357
4.5.6.1	CASSEFORME .....	357
4.5.6.2	ARMATURA .....	358
4.5.6.3	GETTO DEL RIVESTIMENTO DEFINITIVO .....	358
4.5.6.3.1	Verifiche e operazioni preliminari dell'arco rovescio .....	358
4.5.6.3.2	Getto dell'arco rovescio.....	359
4.5.6.3.3	Verifiche e operazioni preliminari piedritti/calotta .....	360
4.5.6.3.4	Getto di piedritti e calotta.....	361

4.5.6.4	RIVESTIMENTO DEFINITIVO IN SPRITZBETON .....	362
4.5.6.5	IMPERMEABILIZZAZIONE DEI GIUNTI.....	362
4.5.6.6	INTASAMENTO IN CHIAVE DI CALOTTA.....	363
4.5.6.7	MATURAZIONE.....	364
4.5.7	NICCHIE E NICCHIONI.....	364
4.5.8	OPERE DI FINITURA .....	364
4.5.8.1	PREMESSA .....	364
4.5.8.2	CANALETTE PORTA CAVI .....	364
4.5.8.3	COPERTURE TUBAZIONE ANTINCENDIO, CUNICOLI E CANALETTE DI DRENAGGIO.....	365
4.5.8.4	SEGNALETICA.....	365
4.5.8.4.1	Strisce segnaletiche di sicurezza .....	365
4.5.8.4.2	Tabelle segnaletiche .....	366
4.5.8.5	ALLOGGIAMENTI PER CONTRAPPESI.....	367
4.5.8.6	CORRIMANO .....	367
4.5.9	MONITORAGGIO.....	368
4.5.9.1	PRESCRIZIONI.....	369
4.5.9.2	SPECIFICHE RELATIVE AGLI STRUMENTI DI MISURA .....	371
4.5.9.2.1	Prescrizioni generali.....	371
4.5.9.2.2	Prescrizioni particolari.....	371
4.5.10	TOLLERANZE DI COSTRUZIONE.....	371
4.5.10.1	DEFINIZIONI.....	372
4.5.10.2	MODALITÀ DI LETTURA .....	372
4.5.10.3	SCHEDA DELLE TOLLERANZE .....	372
<b>4.6</b>	<b>GALLERIE NATURALI CON SCAVO MECCANIZZATO .....</b>	<b>373</b>
4.6.1	PRINCIPALI TIPOLOGIE DI MACCHINE PER LO SCAVO DI GALLERIE .....	374
4.6.1.1	Tunnelling Machines (TM).....	374
4.6.1.2	Principali suddivisioni delle TM .....	375
4.6.1.3	Descrizione sintetica delle tipologie di Macchine .....	376
4.6.1.3.1	TBM non scudate.....	376

4.6.1.3.2	TBM scudate (TBMs).....	378
4.6.1.3.3	Scudi aperti.....	381
4.6.2	TBM SCUDATE.....	382
4.6.2.1	Descrizione generale.....	384
4.6.2.2	Principali requisiti e prescrizioni .....	386
4.6.2.2.1	Corpo dello scudo.....	386
4.6.2.2.2	Sistema di scavo .....	388
4.6.2.2.3	Sistema di spinta .....	389
4.6.2.2.4	Sistema per la movimentazione e la posa del rivestimento prefabbricato in cls armato	390
4.6.2.2.5	Guarnizione di tenuta sul giunto di coda.....	391
4.6.2.2.6	Sistema di riempimento a tergo dei conci .....	391
4.6.2.2.7	Attrezzature speciali di perforazione .....	393
4.6.2.2.8	Cabina di comando e controllo TBM .....	393
4.6.2.2.9	Back-up .....	394
4.6.2.2.10	Impianto di ventilazione .....	395
4.6.2.2.11	Sistema di guida e controllo della TBM .....	396
4.6.2.3	Monitoraggio dei parametri della macchina e sistema di acquisizione e gestione dati.	396
4.6.2.4	TBM scudata da roccia (B1).....	401
4.6.2.4.1	Rappresentazione schematica .....	401
4.6.2.5	Sistema di scavo Hydroshield (B3) .....	404
4.6.2.5.1	Principio di funzionamento.....	404
4.6.2.5.2	Principali caratteristiche della miscela bentonitica.....	407
4.6.2.5.3	Descrizione generale del sistema Hydroshield .....	407
4.6.2.6	Sistema di scavo EPB - Earth Pressure Balance Shield (B4) .....	418
4.6.2.6.1	Principio di funzionamento.....	418
4.6.2.6.2	Descrizione generale .....	420
4.6.3	RIVESTIMENTO .....	429
4.6.3.1	Caratteristiche e requisiti .....	429

4.6.3.2	Descrizione dei conci .....	430
4.6.3.3	Modalità esecutive di montaggio .....	431
4.6.3.4	Trasporto e montaggio dei conci .....	432
4.6.3.5	Caratteristiche dei materiali.....	432
4.6.3.6	Accessori per conci.....	434
4.6.4	<b>RIEMPIMENTO A TERGO DEL RIVESTIMENTO .....</b>	<b>438</b>
4.6.4.1	Miscela d'intasamento per TBM-EPB e TBM-HDS.....	438
4.6.4.1.1	Modalità esecutive.....	438
4.6.4.1.2	Monitoraggio .....	438
4.6.4.1.3	Miscela d'iniezione.....	439
4.6.4.1.4	Miscela di intasamento a tergo per le TBMs da roccia.....	441
4.6.5	<b>CONTROLLI E PROVE.....</b>	<b>442</b>
4.6.5.1	Procedure di scavo .....	442
4.6.5.1.1	Procedura di scavo con TBM-EPB in condizioni normali .....	442
4.6.5.1.2	Mezzi operativi (componenti TBM).....	443
4.6.5.1.3	Parametri di controllo dello scavo .....	445
4.6.5.1.4	Piano dei controlli.....	447
4.6.5.1.5	Fermi macchina .....	453
4.6.5.2	Attrezzature speciali di perforazione .....	455
4.6.5.3	Prove di laboratorio della miscela bentonitica.....	455
4.6.5.4	Prove sui connettori.....	456
4.6.5.4.1	Tipo di prova .....	456
4.6.5.4.2	Scopo della prova.....	456
4.6.5.4.3	Campioni di prova .....	456
4.6.5.4.4	Certificazione.....	456
4.6.5.5	Malta di iniezione a tergo del rivestimento.....	457
4.6.5.5.1	Prove di laboratorio sulla miscela cementizia .....	457
4.6.5.5.2	Controlli di laboratorio sulle sabbie .....	457
4.6.5.5.3	Controlli in corso d'opera.....	457

4.6.6	TOLLERANZE DI COSTRUZIONE .....	458
4.6.6.1	Tracciato - Spostamenti ammissibili plano-altimetrici .....	458
4.6.6.2	Regolazione dell'aria compressa nell'Hydroshield .....	458
4.6.6.3	Rivestimento .....	458
4.6.6.3.1	Casseforme e precisione dei conci .....	458
4.6.6.3.2	Controllo della precisione dei conci e dei casseri .....	459
<b>4.7</b>	<b>GALLERIE ARTIFICIALI .....</b>	<b>459</b>
4.7.1	PREMESSA .....	459
4.7.2	GALLERIE ARTIFICIALI REALIZZATE TRA PARATIE .....	461
4.7.2.1	Tolleranza .....	461
4.7.3	CONGLOMERATO CEMENTIZIO .....	461
4.7.4	IMPERMEABILIZZAZIONE .....	463
4.7.4.1	Descrizione .....	463
4.7.4.2	Caratteristiche dei componenti dell'impermeabilizzazione .....	464
4.7.4.3	Confezionamento, trasporto e stoccaggio dei materiali .....	465
4.7.4.4	Documentazione e controlli di conformità .....	465
4.7.4.5	Modalità esecutive .....	465
4.7.4.6	Preparazione della superficie di posa .....	466
4.7.4.7	Drenaggio delle venute d'acqua .....	466
4.7.4.8	Sistema drenante al piede dei piedritti .....	467
4.7.4.9	Applicazione della membrana impermeabile in PVC .....	468
4.7.4.10	Applicazione della membrana impermeabile in guaina bituminosa .....	469
4.7.4.11	Protezioni particolari del rivestimento impermeabile .....	470
4.7.4.12	Applicazione del geotessile .....	471
4.7.4.13	Controlli e prove .....	471
4.7.5	RINTERRI .....	471
<b>5</b>	<b>SPECIFICHE TECNICHE DEGLI IMPIANTI ELETTRICI .....</b>	<b>472</b>
<b>5.1</b>	<b>GENERALITÀ .....</b>	<b>472</b>
<b>5.2</b>	<b>NORME DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>473</b>

<b>5.3 MATERIALI E COMPONENTI DA UTILIZZARE.....</b>	<b>473</b>
<b>5.4 CONDIZIONI AMBIENTALI.....</b>	<b>474</b>
<b>5.5 SISTEMA ELETTRICO.....</b>	<b>474</b>
1.1.1 FORNITURA IN BASSA TENSIONE SISTEMA TT .....	474
1.1.2 FORNITURA IN MEDIA TENSIONE SISTEMA TN-S .....	475
<b>5.6 QUADRO ELETTRICO DI MEDIA TENSIONE .....</b>	<b>475</b>
1.1.3 NORME DI RIFERIMENTO .....	475
1.1.4 CARATTERISTICHE DI PROGETTO.....	476
1.1.5 CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE .....	477
<b>5.7 TRASFORMATORE MT/BT .....</b>	<b>482</b>
1.1.6 CAMPO DI APPLICAZIONE .....	482
1.1.7 CARATTERISTICHE ELETTRICHE GENERALI .....	482
1.1.8 ACCESSORI .....	484
1.1.9 DOCUMENTAZIONE DA ALLEGARE .....	486
1.1.10 PROVE E COLLAUDI .....	486
<b>5.8 QUADRI ELETTRICI DI BASSA TENSIONE.....</b>	<b>488</b>
1.1.11 GENERALITÀ .....	488
1.1.12 NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	488
1.1.13 TIPOLOGIE DI QUADRI.....	489
1.1.14 TIPO DI INVOLUCRO ESTERNO-CARPENTERIA .....	489
1.1.15 CARATTERISTICHE GENERALI .....	490
1.1.16 QUADRI ELETTRICI CON INVOLUCRO AUTOPORTANTE.....	490
5.8.1.1 Caratteristiche generali-Dimensioni .....	490
5.8.1.2 Carpenteria-Struttura .....	491
5.8.1.3 Armadio con risalita cavi interna .....	492
5.8.1.4 Pannelli frontali.....	493
5.8.1.5 Accessori interni.....	493
5.8.1.6 Profilati e montanti.....	493

**TECNICI**


---

5.8.1.7 Verniciatura.....	493
1.1.17 CABLAGGIO INTERNO QUADRO .....	494
5.8.1.8 Cablaggio con cavi elettrici .....	494
5.8.1.9 Cablaggio con sistema di sbarre .....	495
5.8.1.10 Derivazioni.....	495
1.1.18 COLLETTORE DI TERRA .....	496
5.8.1.11 Collegamenti ausiliari .....	496
5.8.1.12 Accessori di cablaggio.....	497
5.8.1.13 Collegamento linee esterne .....	497
1.1.19 QUADRI ELETTRICI CON INVOLUCRO A PARETE .....	498
5.8.1.14 Applicazione.....	498
5.8.1.15 Caratteristiche generali-Dimensioni .....	498
5.8.1.16 Carpenteria-Struttura .....	499
5.8.1.17 Pannelli frontali .....	500
5.8.1.18 Accessori interni .....	500
5.8.1.19 Profilati e montanti .....	501
5.8.1.20 Verniciatura .....	501
1.1.20 CABLAGGIO INTERNO QUADRO .....	501
5.8.1.21 Cablaggio con cavi elettrici.....	501
5.8.1.22 Cablaggio con sistema di sbarre.....	502
5.8.1.23 Derivazioni.....	503
1.1.21 COLLETTORE DI TERRA .....	504
5.8.1.24 Collegamenti ausiliari .....	504
5.8.1.25 Accessori di cablaggio.....	504
5.8.1.26 Collegamento linee esterne .....	505
1.1.22 INTERRUTTORI AUTOMATICI .....	505
5.8.1.27 Generalità.....	505
5.8.1.28 Interruttori aperti .....	506
5.8.1.29 Interruttori scatolati .....	506

**TECNICI**

5.8.1.30	Interruttori modulari .....	506
1.1.23	INTERRUTTORI SCATOLATI .....	507
5.8.1.31	Dati generali .....	507
5.8.1.32	Funzione di protezione.....	508
5.8.1.33	Comunicazione .....	509
1.1.24	INTERRUTTORI MODULARI.....	510
5.8.1.34	Descrizione .....	510
5.8.1.35	Funzione di protezione.....	510
5.8.1.36	Costruzione e funzionamento .....	511
5.8.1.37	Ausiliari elettrici.....	513
5.8.1.38	Accessori meccanici.....	513
5.8.1.39	Dispositivi di comando.....	514
<b>5.9</b>	<b>CAVI ELETTRICI .....</b>	<b>514</b>
1.1.25	GENERALITÀ .....	514
1.1.26	POSA DEI CAVI ELETTRICI A DIRETTO CONTATTO CON IL TERRENO .....	516
1.1.27	POSA DEI CAVI ELETTRICI IN TUBAZIONI INTERRATE .....	517
1.1.28	POSA ENTRO TUBAZIONI A VISTA, SOTTOTRACCIA O INCASSATE NELLA MURATURA .....	518
1.1.29	POSA DI CAVI IN CANALINE O PASSERELLE METALLICHE.....	522
<b>5.10</b>	<b>CANALIZZAZIONI E TUBAZIONI PORTACAVI .....</b>	<b>522</b>
1.1.30	CANALETTA ASOLATA IN ACCIAIO ZINCATO .....	525
1.1.31	CANALETTA IN ACCIAIO ZINCATO IP 40-44 .....	526
1.1.32	TUBO RIGIDO IN PVC .....	527
1.1.33	TUBO FLESSIBILE IN PVC SERIE PESANTE (CORRUGATO) .....	528
1.1.34	CAVIDOTTO IN PVC CORRUGATO PESANTE PER POSA INTERRATA .....	528
<b>5.11</b>	<b>TIPOLOGIA CAVI .....</b>	<b>529</b>
1.1.35	CAVO FS17 450/750V.....	529
1.1.36	CAVO FG16R16 0,6/1KV – FG16OR16 0,6/1KV .....	531
1.1.37	CAVO FG16M16 0.6/1KV.....	533

1.1.38	CAVO FG16OM16 0.6/1KV.....	536
1.1.39	CAVO ARP1H5EX 12/20KV.....	538
<b>5.12</b>	<b>APPARECCHI ILLUMINAZIONE.....</b>	<b>540</b>
1.1.40	APPARECCHIO ILLUMINAZIONE STRADALE/AREE ESTERNE .....	540
1.1.41	APPARECCHI DI ILLUMINAZIONE DI SICUREZZA .....	543
1.1.42	PLAFONIERA DI ILLUMINAZIONE STAGNA.....	544
1.1.43	PROIETTORE PER ESTERNO.....	546

# **1 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E OPERE IN ACCIAIO**

## **1.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE**

Le prescrizioni contenute si applicano al conglomerato cementizio per usi strutturali, armato e non, ordinario e precompresso, gettato in opera o prefabbricato.

Nel seguito sono definite:

- le caratteristiche d' idoneità per le miscele di calcestruzzo e i loro componenti,
- le caratteristiche d' idoneità per gli acciai d' armatura e di precompressione,
- le prescrizioni relative alla produzione e al trasporto dei materiali impiegati,
- le modalità esecutive applicabili al fine di ottenere le migliori caratteristiche prestazionali per i materiali richieste dal progetto approvato e di garantire la qualità e durabilità delle opere.

Sono altresì indicati i requisiti riguardo alle malte cementizie per iniezione delle guaine nella post-tensione delle travi e alle malte da utilizzare per i ripristini strutturali e per le rasature delle superfici.

Salvo quanto diversamente indicato nel contratto d' appalto, i controlli, i requisiti e le prescrizioni descritti nel seguito devono integralmente applicarsi a tutte le opere appaltate ad ACEA per la cui realizzazione è previsto l' impiego di almeno 300 m di calcestruzzo.

Per opere che prevedano l' impiego di quantità complessive di calcestruzzo minori di tale limite, si rimanda alle prescrizioni e ai controlli previsti dalle norme di legge vigenti.

## **1.2 OPERE IN ACCIAIO**

Le prescrizioni contenute, si applicano all' acciaio per carpenteria metallica, le proprietà meccaniche e chimiche del materiale;

- le procedure di controllo dei materiali e delle lavorazioni;

- le caratteristiche dimensionali e di impiego;
- i controlli da eseguire in fase di premontaggio e/o montaggio
- le caratteristiche del trattamento protettivo.

### **1.3 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO**

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo. Si elenca di seguito la principale documentazione e normativa di riferimento.

#### **1.3.1 NORMATIVA NAZIONALE**

- Legge 5/11/1071 n.1086 "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica."
- DM Infrastrutture 17/01/2018 "Nuove norme tecniche per le costruzioni";
- Circolare esplicativa del 21 gennaio 2019, n. 617/C.S.LL.PP. - Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni»;
- DM n "Criteri e modalità per il rilascio dell'abilitazione degli organismi di certificazione, ispezione e prova nel settore dei prodotti da costruzione";
- Legge 26/5/1965 n.595 "Caratteristiche tecniche e requisiti dei leganti idraulici";
- DPR 380/2001 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia";
- Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive - del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici;
- Linee Guida sul calcestruzzo strutturale - del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici;
- Linee guida per la produzione, il trasporto ed il controllo del calcestruzzo

preconfezionato - del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici;

### **1.3.1.1 NORMATIVA EUROPEA**

#### Calcestruzzo:

- UNI EN 206:2014 Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità;
- UNI EN 12350-2:2009 Prova sul calcestruzzo fresco - Parte 2: Prova di abbassamento al cono;
- UNI EN 12350-5:2009 Prova sul calcestruzzo fresco - Parte 5: Prova di spandimento alla tavola a scosse;
- UNI EN 12350-7:2009 Prova sul calcestruzzo fresco - Parte 7: Contenuto d'aria - Metodo per pressione;
- UNI EN 12350-6:2009 Prova sul calcestruzzo fresco - Parte 6: Massa volumica;
- UNI EN 12390-2:2009 Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 2: Confezione e stagionatura dei provini per prove di resistenza;
- UNI EN 12390-3:2009 Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 3: Resistenza alla compressione dei provini;
- UNI EN 12390-5:2009 Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 5: Resistenza a flessione dei provini;
- UNI EN 12390-6:2010 Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 6: Resistenza a trazione indiretta dei provini;
- UNI EN 12390-7:2009 Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 7: Massa volumica del calcestruzzo indurito;
- UNI EN 12390-8:2009 Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 8: Profondità di penetrazione dell'acqua sotto pressione;
- UNI EN 12390-13:2013 Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 13: Determinazione del modulo di elasticità secante in compressione;

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

- UNI EN 12504-1:2009 Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 1: Carote - Prelievo, esame e prova di compressione;
- UNI EN 12504-2:2012 Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 2: Prove non distruttive - Determinazione dell'indice sclerometrico;
- UNI EN 12504-3:2005 Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 3: Determinazione della forza di estrazione;
- UNI EN 12504-4:2005 Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 4: Determinazione della velocità di propagazione degli impulsi ultrasonici;
- UNI EN 13670:2010 Esecuzione di strutture di calcestruzzo.

**Acciaio:**

- UNI EN 10080:2005 Acciaio d'armatura per calcestruzzo - Acciaio d'armatura saldabile - Generalità;
- UNI EN ISO 15630-2:2010 Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso - Metodi di prova - Parte 2: Reti saldate;
- UNI EN ISO 15630-3:2010 Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso - Metodi di prova - Parte 3: Acciaio per calcestruzzo armato precompresso;
- UNI EN ISO 15630-1:2010 Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso - Metodi di prova - Parte 1: Barre, rotoli e fili;
- UNI EN 1090-2 - Esecuzione di strutture di acciaio e di alluminio - Parte 2: Requisiti tecnici per strutture di acciaio;
- UNI EN ISO "Requisiti di qualità per la saldatura per fusione dei materiali metallici;
- UNI EN ISO 3834-2 Requisiti di qualità per la saldatura per fusione dei materiali metallici - Parte 2: Requisiti di qualità estesi;
- UNI EN 10210 Profilati cavi finiti a caldo di acciai non legati e a grano fine per impieghi strutturali;

- UNI EN 10219- : Profilati cavi saldati formati a freddo per impieghi strutturali di acciai non legati e a grano fine - Parte 1: Condizioni tecniche di fornitura;
- UNI EN 10163- : Condizioni di fornitura relative alla finitura superficiale di lamiera, larghi piatti e profilati di acciaio laminati a caldo - Parte 2: Lamiera e larghi piatti;
- UNI EN 10163- : Condizioni di fornitura relative alla finitura superficiale di lamiera, larghi piatti e profilati di acciaio laminati e a caldo. Parte 3: Profilati;
- UNI EN 10025- : Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 1: Condizioni tecniche generali di fornitura;
- UNI EN 10025- : Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura di acciai non legati per impieghi strutturali;
- UNI EN 10025- : Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 3: Condizioni tecniche di fornitura di acciai per impieghi strutturali saldabili a grano fine allo stato normalizzato/normalizzato laminato;
- UNI EN 10025- : Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 5: Condizioni tecniche di fornitura di acciai per impieghi strutturali con resistenza migliorata alla corrosione atmosferica;
- UNI EN 10160: Controllo con ultrasuoni di prodotti piani di acciaio con spessore maggiore o uguale a 6 mm (metodo per riflessione);
- UNI EN ISO 1461: Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo su prodotti finiti ferrosi e articoli di acciaio - Specificazioni e metodi di prova;
- UNI EN 14399-4:2015 Assiemi di bulloneria strutturale ad alta resistenza da precarico - Parte 4: Sistema HV - Assiemi vite e dado esagonali;
- UNI EN 14399- : Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato - Parte 10: Sistema HRC - Assiemi vite e dado con serraggio calibrato;
- UNI EN 14399- : Assiemi di bulloneria strutturale ad alta resistenza da

precarico - Parte 6: Rondelle piane bisellate;

UNI EN ISO 7090:2001 Rondelle piane, smussate - Serie normale - Categoria A;

- UNI EN ISO 898 - :2013 Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio - Parte 1: Viti e viti prigioniere con classi di resistenza specificate - Filettature a passo grosso e a passo fine;
- UNI EN ISO 898- :2012 Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio al carbonio e acciaio legato - Parte 2: Dadi con classi di resistenza specificate - Filettatura a passo grosso e filettatura a passo fine;
- UNI EN ISO 4759-1:2001 Tolleranze per elementi di collegamento - Viti, viti prigioniere e dadi - Categorie A, B e C;
- UNI EN ISO 8501 Preparazione di substrati di acciaio prima dell'applicazione di pitture e prodotti correlati - Valutazione visiva del grado di pulitura della superficie;
- UNI EN ISO 8503 Preparazione di supporti di acciaio prima dell'applicazione di prodotti vernicianti e prodotti simili - Caratteristiche di rugosità superficiale di supporti di acciaio puliti mediante sabbiatura;
- UNI EN ISO 2808:2007 Pitture e vernici - Determinazione dello spessore del film;
- UNI EN ISO 9117-3:2010 Pitture e vernici - Prove di essiccamento - Parte 3: Prova di essiccamento superficiale mediante il metodo delle perline di vetro;
- UNI EN ISO 6504-1:2006 Pitture e vernici - Determinazione del potere coprente - Parte 1: Metodo di Kubelka-Munk per pitture bianche e chiare;
- UNI EN ISO 6504-3:2007 Pitture e vernici - Determinazione del potere coprente - Parte 3: Determinazione del rapporto di contrasto di pitture di colore chiaro a una resa fissata;
- UNI EN ISO 3251:2008 Pitture, vernici e materie plastiche - Determinazione del contenuto di sostanze volatili;
- UNI EN ISO 2811-1:2016 Pitture e vernici - Determinazione della

- densità – Parte 1: Metodo col picnometro;
- UNI EN ISO 4624:2016 Pitture e vernici – Test di trazione (pull-off test) per adesione;
  - UNI EN ISO 2409:2013 Pitture e vernici - Prova di quadrettatura;
  - UNI EN ISO 12944 - Pitture e vernici – Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura;
  - UNI EN ISO 9227:2012 Prove di corrosione in atmosfere artificiali - Prove di nebbia salina;
  - UNI EN ISO 10025 - Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali;
  - UNI EN 10025- :       Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura di acciai non legati per impieghi strutturali;
  - UNI EN ISO 15528:2014 Pitture, vernici e materie prime per pitture e vernici - Campionamento
  - UNI EN ISO 1513:2010 Pitture e vernici - Controllo e preparazione dei campioni di prova;
  - UNI EN ISO 1514:2005 Pitture e vernici - Pannelli unificati per le prove;
  - EN ISO 1514:2016 Paints and varnishes - Standard panels for testing (ISO 1514:2016);
  - UNI EN ISO 4628 Pitture e vernici – Valutazione della degradazione dei rivestimenti;
  - UNI EN ISO 16474-3:2014 Pitture e vernici - Metodi per l'esposizione a sorgenti di luce di laboratorio - Parte 3: Lampade UV fluorescenti;
  - UNI EN ISO 3231:1999 Pitture e vernici - Determinazione della resistenza alle atmosfere umide contenenti diossido di zolfo;
  - UNI EN ISO 6272 - Prove di deformazione rapida (resistenza all'urto).

Aggregati:

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

- UNI EN 932-3:2004 Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati - Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata;
- UNI EN 1097-5:2008 Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 5: Determinazione del contenuto d'acqua per essiccazione in forno ventilato;
- UNI EN 1097-6:2013 Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 6: Determinazione della massa volumica dei granuli e dell'assorbimento d'acqua;
- UNI EN 12620:2008 Aggregati per calcestruzzo.

**Aggiunte:**

- UNI EN 450-1:2012 Ceneri volanti per calcestruzzo - Parte 1: Definizione, specificazioni e criteri di conformità;
- UNI EN 13263-1:2009 Fumi di silice per calcestruzzo - Parte 1: Definizioni, requisiti e criteri di conformità;
- UNI EN 15167- : Loppa d'altoforno granulata macinata per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Parte 1: Definizioni, specifiche e criteri di conformità.
- UNI EN 12878:2014 Pigmenti per la colorazione dei materiali da costruzione a base di cemento e/o calce - Requisiti e metodi di prova.

**Additivi:**

- UNI EN 480-4:2006 Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Metodi di prova - Parte 4: Determinazione della quantità di acqua essudata del calcestruzzo;
- UNI EN 934-2:2012 Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Parte 2: Additivi per calcestruzzo - Definizioni, requisiti, conformità, marcatura ed etichettatura;
- UNI EN 934-4:2009 Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Parte 4: Additivi per malta per iniezione per cavi di precompressione - Definizioni, requisiti, conformità, marcatura ed etichettatura.

Acqua di impasto:

- UNI EN 1008:2003 Acqua d'impasto per il calcestruzzo - Specifiche di campionamento, di prova e di valutazione dell'idoneità dell'acqua, incluse le acque di ricupero dei processi dell'industria del calcestruzzo, come acqua d'impasto del calcestruzzo.

Cemento:

- UNI EN 196-9:2010 Metodi di prova dei cementi - Parte 9: Calore d'idratazione - Metodo semiadiabatico;
- UNI EN 197-1:2011 Cemento - Parte 1: Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni.

Calcestruzzi precompressi e prefabbricati:

- UNI EN 445:2007 Boiacca per cavi di precompressione - Metodi di prova;
- UNI EN 523:2005 Guaine in fogli di acciaio per cavi di precompressione - Terminologia, prescrizioni, controllo della qualità;
- UNI EN 13369:2013 Regole comuni per prodotti prefabbricati di calcestruzzo.

Calcestruzzo proiettato:

- UNI EN 14487-1:2006 Calcestruzzo proiettato - Parte 1: Definizioni, specificazioni e conformità;
- UNI EN 14487-2:2007 Calcestruzzo proiettato - Parte 2: Esecuzione;
- UNI EN 14488-1:2005 Prove sul calcestruzzo proiettato - Parte 1: Campionamento sul calcestruzzo fresco e sul calcestruzzo indutito;
- UNI EN 14488-2:2006 Prove sul calcestruzzo proiettato - Parte 2: Resistenza alla compressione del calcestruzzo spruzzato giovane;
- UNI EN 14488-4:2005 Prove sul calcestruzzo proiettato - Parte 4: Aderenza per trazione diretta sulle carote;
- UNI EN 14488-6:2006 Prove sul calcestruzzo proiettato - Parte 6: Spessore del calcestruzzo su un supporto;

Malte di cemento:

- UNI EN 1504-2:2005 Prodotti e sistemi per la protezione e riparazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 2: Sistemi di protezione delle superfici di calcestruzzo;
- UNI EN 1504-3:2005 Prodotti e sistemi per la protezione e riparazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 3: Protezione e riparazione delle strutture di calcestruzzo;
- UNI EN 1504- :     Prodotti e sistemi per la protezione e riparazione delle strutture di calcestruzzo – Parte : Ancoraggio dell’armatura di acciaio;
- UNI EN 1504- :     Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo  
- Definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità -  
Parte 10: Applicazione in opera di prodotti e sistemi e controllo di qualità dei lavori;
- UNI EN 1015- :     Metodi di prova per malte per opere murarie -  
Parte 17: Determinazione del contenuto di cloruro solubile in acqua delle malte fresche;
- UNI EN 12190:2000 Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Metodi di prova - Determinazione della resistenza a compressione delle malte da riparazione;
- UNI EN 196- :     Metodi di prova dei cementi - Parte 1: Determinazione delle resistenze meccaniche;
- UNI EN 13412:2007 Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Metodi di prova - Determinazione del modulo elastico in compressione;
- UNI EN 1542:2000 Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Metodi di prova - Misurazione dell'aderenza per trazione diretta;
- UNI EN 13687- :     Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione

delle strutture di calcestruzzo

- Metodi di prova - Determinazione della compatibilità termica - Cicli di gelo-disgelo con immersione in sali disgelanti;

- UNI EN 12615:2001 Prodotti e sistemi per la protezione e riparazione delle strutture di calcestruzzo - Metodi di prova - Determinazione della resistenza al taglio;
- UNI EN 13057:2003 Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Metodi di prova - Determinazione dell'assorbimento capillare.
- UNI EN 13295:2005 Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Metodi di prova - Determinazione della resistenza alla carbonatazione;

Pitture e vernici:

- UNI EN 1062- : Pitture e vernici - Prodotti e sistemi di verniciatura di opere murarie esterne e calcestruzzo - Parte 3: Determinazione della permeabilità all'acqua liquida;
- UNI EN 1062- : Pitture e vernici - Prodotti e cicli di verniciatura di opere murarie esterne e calcestruzzo - Determinazione della permeabilità all'anidride carbonica
- UNI EN 1062- : Pitture e vernici - Prodotti e sistemi di verniciatura per muratura e calcestruzzo esterni - Parte 7: Determinazione delle proprietà di resistenza alla screpolatura;
- UNI EN 1062- : Pitture e vernici - Prodotti e cicli di verniciatura di opere murarie esterne e calcestruzzo - Metodi di condizionamento prima delle prove;
- UNI EN ISO 7783 Pitture e vernici - Determinazione delle proprietà di trasmissione del vapore acqueo - Metodo della capsula.

Altro:

- UNI EN ISO 9001:2015 Sistemi di gestione per la qualità - Requisiti;
- UNI CEI EN ISO /IEC 17021 del 2011: Valutazione della conformità -

Requisiti per gli organismi che forniscono audit e certificazione di sistemi di gestione.

### **1.3.1.2 DOCUMENTAZIONE TECNICA**

- UNI 11201:2007 Prove sul calcestruzzo fresco - Determinazione del contenuto di acqua;
- UNI 7087:2002 Calcestruzzo - Determinazione della resistenza al degrado per cicli di gelo e disgelo;
- UNI 7123:1972 Calcestruzzo. Determinazione dei tempi di inizio e fine presa mediante la misura della resistenza alla penetrazione;
- UNI 8147:2008 Agenti espansivi non metallici per impasti cementizi - Determinazione dell'espansione contrastata della malta;
- UNI 8520-1:2015 Aggregati per calcestruzzo - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 12620 - Parte 1: Designazione e criteri di conformità;
- UNI 8520-2:2016 Aggregati per calcestruzzo - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 12620 - Parte 2: Requisiti;
- UNI 8520-22:2002 Aggregati per confezioni di calcestruzzi - Determinazione della potenziale reattività degli aggregati in presenza di alcali;
- UNI 8866-1:2009 Prodotti disarmanti - Definizioni e classificazione;
- UNI 8866-2:1986 Prodotti disarmanti - Prova dell'effetto disarmante alle temperature di 20 e 80 gradi C. su superfici di acciaio e legno trattato;
- UNI 9156:1997 Classifica e definisce i requisiti dei cementi resistenti all'azione aggressiva (espansiva) dei solfati contenuti nelle acque e nei terreni;
- UNI 9156:2015 Cementi resistenti ai solfati - Classificazione e composizione;
- UNI 9606:1997 Cementi resistenti al dilavamento della calce. Classificazione e composizione;
- UNI 9944:1992 Corrosione e protezione dell'armatura del calcestruzzo.

- Determinazione della profondità di carbonatazione e del profilo di penetrazione degli ioni cloruro nel calcestruzzo;
- UNI 10622:1997 Barre e vergella (rotoli) di acciaio d armatura per cemento armato, zincati a caldo;
  - UNI 11039-1:2003 Calcestruzzo rinforzato con fibre di acciaio - Definizioni, classificazione e designazione;
  - UNI 11104:2016 Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206;
  - UNI 11307:2008 Prove sul calcestruzzo indurito – Determinazione del ritiro;
  - UNI 11417- : Durabilità delle opere di calcestruzzo e degli elementi prefabbricati di calcestruzzo - Parte 2: Istruzioni per prevenire la reazione alcali-silice;
  - UNI 11417- : Durabilità delle opere di calcestruzzo e degli elementi prefabbricati di calcestruzzo - Parte 1: Istruzioni per ottenere la resistenza alle azioni aggressive;
  - UNI 11530:2014 Determinazione della potenziale reattività agli alcali degli aggregati per calcestruzzo – esame petrografico di dettaglio per la determinazione dei costituenti potenzialmente reattivi agli alcali
  - UNI 8998:1987 Malte cementizie espansive premiscelate per ancoraggi. Determinazione della quantità d' acqua d' impasto essudata;
  - ETAG 001:1997 Linee guida per il B.T.E di ancoranti metallici da utilizzare nel calcestruzzo.
  - ISO 14001: Sistemi di gestione ambientale - Requisiti e guida per l'uso;
  - Istruzione CNR UNI 10011 - "Costruzioni di acciaio - Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione".
  - ASTM D714 - : Standard test method for evaluating degree of blistering of paints;
  - UNI 136 "Chiodi da ribadire. Chiodi a testa tonda stretta".

## DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI

---

- UNI 139 "Chiodi da ribadire. Chiodi a testa svasata piana"
- UNI 5715: Piastrine per carpenteria per appoggio su ali di travi IPN (inclinazione 14%).
- UNI 5716: Piastrine per carpenteria per appoggio su ali di travi UPN (inclinazione 8%).

### 1.4 DEFINIZIONI

Di seguito sono indicate le seguenti definizioni:

- ESECUTORE: soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore/Costruttore/General Contractor/Contraente Generale);
- PRODUTTORE: soggetto incaricato della fornitura dei materiali da costruzione o degli elementi accessori.

Si rappresenta che essendo l'ESECUTORE responsabile della qualità del materiale impiegato, e quindi del rispetto delle prescrizioni di legge e di quelle contenute nella presente sezione del capitolato, nel testo ci si riferisce a detta figura anche nel caso si prescrivano attività o controlli che esegue lo stabilimento di produzione.

### 1.5 ABBREVIAZIONI

Di seguito sono indicati i simboli utilizzati all'interno della presente sezione di capitolato

- c.a.: cemento armato;
- c.a.p.: cemento armato precompresso;
- C: classe di resistenza;
- S.T.C.: Servizio Tecnico Centrale del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.
- CE: Comunità Europea
- D.M.: Decreto Ministeriale

### 1.6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO

### **1.6.1 PRESCRIZIONI GENERALI**

Al fine di verificare la rispondenza delle opere eseguite alle specifiche e agli standard prefissati, l'ESECUTORE deve eseguire o far eseguire a proprie spese tutte le prove e i controlli di legge, quelli previsti dalle presenti prescrizioni, nonché quelli integrativi richiesti ad ACEA in base a motivate esigenze tecniche, ovvero dal Collaudatore statico e/o dalla Commissione di Collaudo. I controlli in fase di qualifica, di accettazione ed eventualmente, a discrezione di ACEA. Le prove complementari di cui al DM 17/01/2018, devono essere effettuate presso un Laboratorio Ufficiale/Autorizzato (nel seguito, U/A) relativi certificati devono essere registrati dall'ESECUTORE su apposita documentazione di controllo specifica per l'esecuzione di ciascuna opera.

Per tutti i tipi di prova l'ESECUTORE deve fornire la manodopera, le attrezzature, predisporre le eventuali opere provvisorie ed i ponteggi in quantità e tipologie adeguate all'esecuzione delle prove medesime, nel rispetto delle garanzie di sicurezza durante le fasi operative. Resta inteso che il ripristino integrale delle parti d'opera interessate da prove e prelievi è da intendersi a carico dell'ESECUTORE e deve essere eseguito con materiali e modalità approvati da ACEA.

Tutti gli oneri diretti e indiretti derivanti dall'applicazione delle presenti prescrizioni, compresi quelli necessari per il prelievo, confezionamento, trasporto dei campioni di materiali da sottoporre a prove fisiche-chimiche-meccaniche, nonché i costi di esecuzione di queste ultime presso i Laboratori Ufficiali/Autorizzati, si intendono compresi e compensati dai prezzi contrattuali.

Nel caso d'esecuzione di opere che, per effetto di operazioni successive, risultassero inaccessibili o comunque non più ispezionabili, prima di procedere con le operazioni successive, l'ESECUTORE deve darne informazione ad ACEA nei tempi previsti contrattualmente per l'effettuazione del controllo. Nel caso in cui l'ESECUTORE non ottemperi a quanto sopra, per eseguire le constatazioni previste contrattualmente e dalla normativa, ACEA potrà richiedere, a cura e spese dell'ESECUTORE, la messa a nudo delle parti non più visibili o che siano rese comunque accessibili le porzioni d'opera preventivamente non ispezionate.

Nel caso in cui la progettazione sia in carico all'ESECUTORE, lo stesso è tenuto a presentare ad ACEA, in tre copie, i calcoli di stabilità e i disegni esecutivi, completi in ogni dettaglio, di tutte le strutture in cemento armato normale e precompresso. Il progetto dovrà contenere le indicazioni relative alla classe di resistenza, classe di consistenza, diametro massimo degli inerti e classi di esposizione dei calcestruzzi da impiegare per le diverse parti d'opera, nel rispetto delle prescrizioni nel seguito riportate. ACEA esaminerà i calcoli ed i disegni presentati e ne restituiranno un esemplare all'ESECUTORE medesimo per l'esecuzione dei lavori con le eventuali osservazioni e con la richiesta delle modifiche, se ritenute necessarie. Queste saranno introdotte nei progetti a cura e spese dell'ESECUTORE senza che questi possa, per conseguenti eventuali intralci o ritardi sullo sviluppo dei lavori, avanzare pretese d'indennizzi o rimborsi. Senza l'approvazione da parte di ACEA non potrà essere dato inizio ai lavori di costruzione.

L'approvazione da parte di ACEA dei calcoli e dei disegni presentati dall'ESECUTORE e l'introduzione in essi di qualsiasi modifica non esclude né attenua la responsabilità che deriva all'ESECUTORE dalle vigenti leggi.

### **1.6.2 REQUISITI DEGLI IMPIANTI DI PRODUZIONE DEL CALCESTRUZZO**

Il calcestruzzo dovrà essere prodotto con processo industrializzato, tenendo conto che, ai sensi del citato DM 17/1/2018, per "calcestruzzo confezionato con processo industrializzato" s'intende quello prodotto mediante impianti, strutture e tecniche organizzative sia in cantiere che in uno stabilimento esterno al cantiere stesso. Gli impianti per la produzione con processo industrializzato del calcestruzzo devono essere idonei a una produzione costante, disporre di apparecchiature adeguate per il confezionamento, nonché di personale esperto e di attrezzature idonee a provare, valutare e mantenere la qualità del prodotto. Gli impianti devono dotarsi di un sistema permanente di controllo interno della produzione allo scopo di assicurare che il prodotto risponda ai requisiti di legge e che tale rispondenza sia mantenuta fino all'impiego

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

Il sistema di controllo della produzione del calcestruzzo confezionato con processo industrializzato (FPC), predisposto in coerenza con la norma UNI EN ISO 9001, deve fare riferimento alle specifiche indicazioni contenute nelle "Linee guida sul calcestruzzo preconfezionato" elaborato dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. Detto sistema deve essere certificato da organismi terzi indipendenti che operano in coerenza con la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17021, autorizzati dal suddetto Servizio Tecnico Centrale sulla base dei criteri di cui al DM 9/5/2003 n.156. Ogni fornitura di calcestruzzo confezionato con processo industrializzato deve indicare gli estremi di tale certificazione.

Il Direttore dei lavori è tenuto a verificare quanto sopra indicato e a rifiutare le eventuali forniture provenienti da impianti non conformi.

Il sistema automatico di gestione e controllo dell'impianto deve permettere la stampa delle informazioni relative ad ogni carico; la relativa bolla di accompagnamento deve contenere le seguenti informazioni:

- nome dell'impianto di betonaggio;
- n° identificativo del mix prodotto;
- classe di resistenza caratteristica;
- classe di esposizione ambientale;
- classe di consistenza;
- metri cubi caricati/trasportati;
- riferimenti di ACEA e dell'ESECUTORE richiedente la fornitura;
- cantiere di destinazione;
- opera e parte d'opera cui si riferisce la fornitura;
- data e ora di fine carico del mix prodotto, di arrivo in cantiere, d'inizio scarico e di fine scarico;
- identificazione (targa) del mezzo di trasporto;
- materiali componenti il mix con indicati:
  - per gli aggregati: la pezzatura nominale e la cava di provenienza;

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

- per i cementi: tipo, classe, produttore e cementificio;
  - per le aggiunte (ceneri volanti e microsilice): tipo e provenienza;
  - per gli additivi: marca e tipo;
  - per l'acqua: se proveniente da acquedotto, pozzo, cisterna.
- ricetta, per un mc, del mix in fase di produzione;
  - ricetta del mix per gli  $n$  mc in fase di produzione;
  - umidità totale delle singole classi di aggregati (rilevata automaticamente con le sonde almeno per gli aggregati fini);
  - assorbimento delle singole classi granulometriche, misurato e dichiarato in fase di qualifica del materiale;
  - ricetta per gli  $n$  m in produzione, corretta in funzione dell'umidità delle varie classi degli aggregati;
  - effettivo carico (dosaggio) per ogni singolo componente;
  - differenza (+/-) tra quanto effettivamente caricato e il teorico corretto;
  - errore percentuale di carico (dosaggio) per ogni singolo componente;
  - rapporto acqua/cemento di progetto del mix (considerando gli aggregati saturi con superficie asciutta) e quello effettivamente ottenuto dopo il carico (dosaggio);

Si deve inoltre avere evidenza di ogni qual volta che:

- l'errore di dosaggio supera la tolleranza ammessa ( $\pm 2\%$  per cemento, acqua, additivi, aggiunte;  $\pm 3\%$  singola classe di aggregato,  $\pm 1\%$  fibre);
- si passa dal funzionamento automatico a quello manuale dell'impianto;
- vengono modificati in manuale i valori di lettura delle sonde.

Al fine di garantire un migliore controllo del rapporto acqua/cemento e una corretta miscelazione dell'impasto, si raccomanda l'impiego di impianti di betonaggio provvisti di miscelatore.

## **1.6.3 CARATTERISTICHE E REQUISITI DEI MATERIALI COSTITUENTI IL CONGLOMERATO CEMENTIZIO**

### **1.6.3.1 Cemento**

Per i manufatti strutturali devono essere impiegati unicamente i cementi richiamati nella L. 26/5/1965 n. 595 provvisti di certificato di conformità CE che soddisfino i requisiti previsti dalla norma UNI EN 197/1 e provenienti da impianti di produzione in grado di garantire la continuità e la costanza della qualità della fornitura del tipo di cemento richiesto.

E' escluso l'impiego del cemento alluminoso e dei cementi per sbarramenti di ritenuta.

Il cemento deve essere scelto, tra quelli considerati idonei, tenendo in considerazione i seguenti aspetti:

- le modalità esecutive dell'opera;
- le condizioni di maturazione;
- le dimensioni della struttura (sviluppo di calore);
- le condizioni ambientali di esposizione della struttura;
- la potenziale reattività degli aggregati agli alcali presenti nel cemento.

Per i cementi da impiegare deve essere disponibile l'analisi chimica completa, compresa la determinazione del contenuto di K O e Na O (alcali di potassio e di sodio) potenzialmente pericolosi nei riguardi della reazione alcali-aggregati.

La classificazione dei cementi in funzione della loro resistenza ai solfati ed alle acque dilavanti è riportata al prospetto 1 delle norme rispettivamente UNI 9156 e 9606.

### **1.6.3.2 Aggiunte: ceneri volanti, microsilice e loppa d'altoforno**

Allo scopo di migliorare la durabilità e la lavorabilità del calcestruzzo, possono essere impiegate nella composizione della miscela, aggiunte di tipo II (pozzolaniche o ad attività idraulica latente) ai sensi delle norme UNI EN 206 e UNI 11104. I prodotti utilizzabili sono i fumi di silice, le ceneri volanti e la loppa d'altoforno granulata macinata, tutti provvisti di marcatura CE.

In caso di loro utilizzo, comunque da concordarsi con ACEA in sede di qualifica della miscela, devono essere soddisfatte tutte le caratteristiche fisico-chimico-

## DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI

---

meccaniche dei conglomerati cementizi allo stato fresco ed indurito prescritte nei successivi punti.

Particolare attenzione deve essere prestata al corretto dosaggio di acqua nella miscela e al controllo del rapporto a/c poiché tali aggiunte alterano la richiesta d'acqua d'impasto.

Le caratteristiche delle aggiunte di tipo II di cui sopra devono soddisfare i requisiti delle seguenti norme:

- cenere volante UNI EN 450;
- fumo di silice UNI EN 13263;
- loppa d'altoforno granulata e macinata UNI EN 15167

In caso di utilizzo di pigmenti (aggiunta tipo I), comunque da concordarsi con ACEA in sede di qualifica della miscela, i requisiti e i metodi di prova degli stessi devono essere conformi alla UNI EN 12878.

### **1.6.3.3 Aggregati**

Possono utilizzarsi solamente aggregati provvisti di marcatura CE (sistema di attestazione della conformità

ai sensi dei D.P.R. 21 aprile 1993 n. 246 e successivi decreti attuativi; il certificato di attestazione deve accompagnare la fornitura e copia dello stesso dovrà essere custodita dall'ESECUTORE e da ACEA. Gli aggregati devono essere conformi ai requisiti della UNI EN 12620 e della UNI 8520-1 (prospetti 1 e 2 rispettivamente).

E' richiesta una granulometria composta di almeno tre classi granulometriche diverse in definite percentualicosi da formare miscele rispondenti ai criteri di curve granulometriche teoriche o sperimentali di riferimento e tali che l'impasto fresco e indurito abbia i migliori requisiti di resistenza, consistenza, omogeneità, aria inglobata, permeabilità, ritiro e acqua essudata.

Il diametro massimo dell'aggregato costituente la miscela, se non previsto dal progetto approvato, deve essere scelto dall'ESECUTORE in funzione delle:

- caratteristiche geometriche della sezione minima dell'opera,
- degli elementi strutturali da realizzare,

- dei valori di copriferro e interferro,
- delle modalità di posa in opera e del tipo di mezzi d'opera utilizzati.

E' fatto obbligo di procedere in fase di qualifica delle miscele alla valutazione della potenziale reattività degli aggregati secondo quanto di seguito indicato al 1.6.4.12.

Gli aggregati impiegati per il confezionamento del calcestruzzo, provenienti da vagliatura e trattamento di giacimenti di materiali alluvionali o da frantumazione di materiali di cava, devono avere caratteristiche conformi a quelle previste nella norma UNI 8520- e devono soddisfare i requisiti di classificazione granulometrica e produzione specificati nella norma UNI EN 12620 (prospetto 2).

Se gli aggregati derivano da frantumazione di materiale proveniente da scavi in sotterraneo (anche parzialmente), devono essere eseguite in aggiunta le seguenti prove:

- giornalmente: la determinazione del contenuto di solfati e cloruri;
- settimanalmente: un'analisi petrografica mirata a rilevare elementi potenzialmente reattivi agli alcali

E' escluso l'utilizzo di aggregati provenienti da demolizioni o da frantumazione di calcestruzzo per il confezionamento di calcestruzzi strutturali.

#### **1.6.3.4 Acqua d'impasto**

L'acqua d'impasto deve soddisfare i requisiti e le caratteristiche indicate prescritte dalla norma UNI EN 1008.

L'acqua di riciclo proveniente dalla produzione del calcestruzzo può essere utilizzata rispettando le condizioni specificate per il suo impiego nella stessa norma UNI EN 1008. In questo caso la frequenza dei controlli da parte del produttore del calcestruzzo è settimanale.

#### **1.6.3.5 Additivi**

L'ESECUTORE deve preventivamente sperimentare e dichiarare l'impiego di additivi nel mix design della miscela di conglomerato cementizio.

Tutti gli additivi impiegati devono essere conformi alle norme UNI EN 934 (parti e 4). Salvo diverse indicazioni di DL/ ACEA:

- la quantità totale di additivo non deve superare il dosaggio massimo

raccomandato dal produttore e non deve superare i g per kg di cemento, a meno di verificare l'influenza di un dosaggio più alto sulle prestazioni e sulla durabilità del calcestruzzo in fase di prequalifica. Nel caso di quantità minori di 2 g per kg di cemento l'utilizzo di additivo è consentito solo se disperso in parte dell'acqua d'impasto;

- qualora la quantità totale di additivi liquidi superi i 3 litri/m<sup>3</sup> di calcestruzzo, il suo contenuto deve essere considerato nel calcolo del rapporto a/c.

A titolo non esaustivo, si riportano le presenti prescrizioni sui seguenti additivi.

#### Additivi fluidificanti e superfluidificanti

Il dosaggio di tali additivi deve essere conforme a quello dichiarato nelle schede tecniche del produttore. Nel caso in cui una miscela, per garantire le prestazioni richieste, necessiti di un dosaggio superiore al limite indicato, si deve passare all'impiego di un additivo con prestazioni superiori, per evitare problemi di segregazione e di tempo di presa del calcestruzzo.

#### Additivi aeranti

Si utilizzano per la realizzazione di conglomerati cementizi di opere sottoposte a cicli di gelo e disgelo al fine di garantire il contenuto minimo di aria occlusa, come indicato nel 1.6.4.9.

#### Additivi ritardanti

Specifici additivi ritardanti possono essere eccezionalmente utilizzati, previa idonea qualifica e preventiva approvazione da parte di ACEA, per:

- particolari opere (ad esempio pali, paratie, diaframmi) che richiedono getti continui e prolungati, al fine di garantire la loro corretta monoliticità;
- getti in particolari condizioni climatiche e in presenza di temperature elevate;
- opere singolari ubicate in zone lontane dall'impianto di betonaggio o per le quali si preveda un tempo di percorrenza della betoniera elevato.

## **1.6.4 CARATTERISTICHE E REQUISITI DEL CONGLOMERATO CEMENTIZIO**

### **1.6.4.1 Classi di resistenza**

La classe di resistenza a compressione  $C(f_{ck}/R_{ck})$  è rappresentata da un valore di  $f_{ck}$  e da un valore di  $R_{ck}$  indicanti rispettivamente la resistenza caratteristica cilindrica e la resistenza caratteristica cubica (entrambi espressi in MPa) a 28 giorni di maturazione.

Le classi sono definite dalle norme UNI EN 206 (prospetto 12) e UNI 11104 (prospetto 2). Il valore della resistenza caratteristica cilindrica si assume pari a  $0.83 \times R_{ck}$  per provini normalizzati e cioè cilindri di diametro 150 mm e altezza 300 mm e cubi di lato 150 mm.

### **1.6.4.2 Copriferro**

Per il valore del copriferro da adottare, se non previsto dal progetto approvato, l'ESECUTORE deve adottare per realizzazioni in cemento armato normale e precompresso le indicazioni nelle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" D M 17/01/2018 e s.m.i. In ogni caso, però, deve essere verificato che i valori prescritti siano adeguati alla classe di esposizione ambientale.

### **1.6.4.3 Rapporto acqua/cemento**

La quantità d'acqua totale da impiegare per il confezionamento dell'impasto deve essere calcolata tenendo conto dell'acqua libera contenuta negli aggregati per la cui determinazione si deve fare riferimento alla norma UNI EN 1097. Per l'eventuale controllo in corso d'opera del rapporto acqua-cemento della miscela è possibile utilizzare la norma UNI1602098: "Prove sul calcestruzzo fresco - Determinazione del contenuto di acqua " per quanto attiene al contenuto di acqua mentre il contenuto di cemento effettivo si può ricavare dal documento di trasporto (DDT) tenendo conto che ai sensi della UNI EN 206 non è ammesso uno scostamento maggiore di 0.02 rispetto al valore dichiarato.

### **1.6.4.4 Consistenza**

Se non diversamente indicato in progetto, il metodo di misura della consistenza cui l'ESECUTORE deve fare riferimento è il metodo di abbassamento del cono (UNI EN 12350).

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

Si riportano nel seguito i risultati prescritti dalla prova di abbassamento al cono per le diverse classi di consistenza, rispetto ai quali è ammessa una tolleranza di  $\pm 10$  mm per tutte le classi:

- S1 da 1 a 4 cm
- S2 da 5 a 9 cm
- S3 da 10 a 15 cm
- S4 da 16 a 21 cm
- S5 da 22 a 25 cm

Qualora prescritto dagli elaborati tecnici di progetto, è consentita una tolleranza di  $\pm 20$  mm sul valore target di abbassamento al cono.

**1.6.4.5 Acqua essudata**

La quantità di acqua essudata dalla miscela di calcestruzzo, misurata secondo la Norma UNI EN 480/4, non deve risultare maggiore dello 0.1% del volume iniziale della porzione di calcestruzzo in prova.

**1.6.4.6 Contenuto in cloruri**

Il massimo contenuto in cloruri di un calcestruzzo, espresso come percentuale di ioni cloruro rispetto alla massa del cemento, è definito dalla norma UNI EN 206 (prospetto 15) in funzione del campo d'impiego, nonché della quantità e della tipologia di armatura prevista per l'opera, come di seguito riportato.

Impiego del Calcestruzzo	Classe di contenuto in cloruri <sup>a)</sup>	Massimo contenuto di Cl <sup>-</sup> rispetto alla massa del cemento <sup>b)</sup>
In assenza di armatura di acciaio o di altri inserti metallici (ad eccezione dei dispositivi di sollevamento resistenti alla corrosione)	CI 1,0	1,0 %
In presenza di armatura di acciaio o di altri inserti metallici	CI 0,20	0,20 %
	CI 0,40	0,40 %
In presenza di armatura d'acciaio da precompressione	CI 0,10	0,10 %
	CI 0,20	0,20 %

a) la classe da applicare per uno specifico utilizzo del calcestruzzo dipende da disposizioni valide nel luogo di impegno del calcestruzzo

b) Qualora siano impiegate aggiunte di tipo II e siano considerate nel computo del dosaggio di cemento, il contenuto in cloruri viene espresso come percentuale di ioni cloruro in massa rispetto al cemento + la massa totale delle aggiunte considerate.

In sede di qualifica della miscela l'ESECUTORE deve procedere alla verifica del contenuto massimo di cloruri.

#### **1.6.4.7 Temperatura**

In accordo alla norma UNI EN 206 e se non diversamente previsto nel seguito della presente sezione di Capitolato, la temperatura del calcestruzzo fresco al momento della consegna in cantiere non deve essere minore di 5 °C o maggiore di 35 °C.

Qualunque procedura di raffreddamento o di riscaldamento artificiale del calcestruzzo prima della consegna deve essere concordata e approvata da ACEA.

#### **1.6.4.8 Aria occlusa**

Per calcestruzzi ordinari il contenuto di aria deve essere verificato ogni giorno di produzione secondo UNI EN 12350.

#### **1.6.4.8.1 REQUISITI MINIMI DELLE MISCELE IN RELAZIONE ALL'IMPIEGO**

Ai fini di una corretta scelta del tipo e della classe di resistenza di calcestruzzo è fondamentale stabilire l'ambiente nel quale ciascun elemento strutturale deve essere inserito.

Per "ambiente", in questo contesto, si intende l'insieme di tutte le azioni chimiche e fisiche alle quali si presume che il calcestruzzo possa essere esposto durante il periodo di vita utile previsto delle opere e che causano effetti che non possono essere classificati come azioni dirette (carichi) o indirette (deformazioni impresse, cedimenti, variazioni termiche) nella progettazione strutturale.

Ciascuna miscela di calcestruzzo (*mix-design*) deve essere definita con riferimento alle proprietà richieste (calcestruzzo "a prestazione garantita", secondo le norme UNI EN 206 e UNI 11104) e sottoposta ad approvazione da parte di ACEA.

Le classi di esposizione riferite alle azioni dell'ambiente sono indicate nelle norme UNI EN 206 – prospetto 1 e UNI 11104 – prospetto 1; nella tabella seguente sono associati ad ogni tipo di calcestruzzo i campi di impiego e le relative classi di esposizione ai quali l'ESECUTORE deve fare riferimento al fine di giungere alla determinazione della più opportuna miscela da utilizzare, salvo diverse e più severe indicazioni riportate nel progetto approvato.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Tipo di calcestruzzo	Campi di impiego	Classe di esposizione ambientale (UNI EN)	Rapporto a/c max	Classe di resistenza minima	Classe di consistenza	Tipo di cemento	Classe di resistenza di calcolo
A	Impalcati ed Elementi in c.a.p. prefabbricati	[XC3]		C35/45	S4-S5	CEM I,II,III,IV,V	Rck
	Impalcati ed Elementi in c.a.p. gettati in opera	[XC3]		C35/45	S5	CEM I,II,III,IV,V	Rck
	Elementi prefabbricati in c.a. per strutture fuori	[XC3]		C35/45	S4	CEM I,II,III,IV,V	Rck
	Conci prefabbricati in c.a. per rivestimento di	[XA2]		C35/45	S2-S3-S4	CEM III,IV,V	Rck

<b>B*</b>	Canalette portacavi prefabbricate	XC1		C25/30	S3,S4	CEM III,IV,V	Rck
	Cunette prefabbricate Elementi prefabbricati						
<b>C**</b>	Impalcati in c.a. ordinari	XC3		C30/37	S4,S5	CEM I,II,III,IV,V	Rck
	Solette in c.a. in						
	Pile e spalle Baggioli e pulvini Strutture in c.a. in	XC		C32/40	S3,S4	CEM III,IV,V	Rck
<b>D**</b>	Lastre in cls per pavimentazioni esterne	XC3		C30/37	S1	CEM III,IV,V	Rck

Requisiti minimi delle miscele

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Tipo di calcestruzzo	Campi di impiego	Classe di esposizione ambientale (UNI EN 12068)	Rapporto a/c max	Classe di resistenza minima	Classe di consistenza	Tipo di cemento	Classe di resistenza di calcolo
E**	Tombini a struttura scatolare e circolare	XA1		C30/37	S3, S4	CEM III,IV,V	Rck
F**	Arco rovescio di gallerie (getti)	XA1		C30/37	S3, S4	CEM III, IV, V	
	Arco rovescio di gallerie (getti tradizionali a superficie inclinata)	XA1		C30/37	S3	CEM III,IV,V	
	Piedritti e calotta di gallerie – sezioni impermeabilizzate non	[X0]		C25/30	S3-S4	CEM III,IV,V	
	Piedritti e calotta di gallerie – sezioni impermeabilizzate	XC2		C25/30	S4	CEM III,IV,V	
	Piedritti e calotta di gallerie – sezioni non	XA1		C30/37	S4	CEM III,IV,V	
	Muri di controripa/sottoscarpa in c.a. (armatura $\geq 30$ )	XC3		C30/37	S3, S4	CEM III,IV,V	Rck

<b>G**</b>	Muri di controripa/sottoscarpa debolmente armati (armatura < 30 kg/mc) o non armati Solettoni di fondazione Fondazioni armate	XC2		C25/30	S3, S4		CEM III,IV,V	
	Fondazioni non armate (pozzi, sottopinti, prismi per difese spondali,	XC2		C25/30	S3,S4		CEM III,IV,V	
	Cunette, canalette e cordoli	XC1		C25/30	S3,S4		CEM III,IV,V	Rck
<b>H**</b>	Pali (di paratie o opere di sostegno), diaframmi e relativi cordoli di	XC2		C25/30	S4, S5		CEM III,IV,V	
	Pali di fondazione gettati in opera	XC2		C25/30	S4, S5		CEM III,IV,V	
	Pali di fondazione prefabbricati	[XA1]		C32/40	S4, S5		CEM III,IV,V	Rck

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Tipo di calcestruzzo	Campi di impiego	Classe di esposizione ambientale (UNI EN)	Rapporto a/c max	Classe di resistenza minima	Classe di consistenza	Tipo di cemento	Classe di resistenza di calcolo
I	Magrone di riempimento o livellamento	X0	-	C12/15	-	CEM I,II,III,IV,V	Rck

\* vedi al punto "Caratteristiche aggiuntive per calcestruzzi da prefabbricazione";

\*\* vedi al punto "Caratteristiche aggiuntive per calcestruzzi gettati in opera";

*1 di norma, la classe di esposizione ambientale indicata individua le caratteristiche della miscela; nei casi in cui la classe di esposizione ambientale è scritta tra parentesi quadre (es. per i calcestruzzi di tipologia A1 e A2 si ha [XC3]), la classe di resistenza minima è stata determinata in considerazione di fattori diversi e, comunque, più vincolanti.*

### Legenda tabella

*Colonna I - Tipo di calcestruzzo: le miscele di calcestruzzo sono suddivise in nove tipologie (da A a I) in funzione dell'impiego a cui sono destinate, come specificato nella successiva Colonna II.*

*Colonna II - Campi di impiego: per ogni tipo di calcestruzzo indicato in Colonna I vi è una ulteriore suddivisione che tiene conto della parte d'opera e/o della particolare tipologia costruttiva da adottare. Gli esempi indicati nella tabella non sono esaustivi per l'ESECUTORE.*

*Colonna III - Classe di esposizione ambientale: è indicata la classe minima da adottare in funzione del campo d'impiego; l'ESECUTORE, di concerto con ACEA, è tenuto a verificare, con riferimento al prospetto 4 della norma UNI 11104 che la classe di esposizione ambientale effettiva non sia più severa di quella prevista nella tabella.*

*Colonna IV - Massimo rapporto acqua/cemento [a/c max]: il valore del rapporto a/c indicato corrisponde ad una classe di resistenza minima di progetto che soddisfa sia i requisiti di durabilità della classe di esposizione ambientale associata a ciascun campo di impiego, sia i requisiti di calcolo strutturale, che possono richiedere resistenze inferiori.*

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

*Colonna V - Classe di resistenza minima  $[C(f_{ck}/R_{ck})_{min}]$ : una classe è rappresentata da un valore di  $f_{ckmin}$  e da un valore di  $R_{ckmin}$  (entrambi espressi in MPa) per ciascun tipo di opera, in relazione alla classe minima di esposizione.*

*Colonna VI - Classe di consistenza: vengono definite le classi di consistenza (da S1 a S5) secondo il metodo di misura dell'abbassamento al cono (norma UNI EN 12350-2)*

*Colonna VII - Tipo di cemento: sono indicati i tipi di cemento che possono essere impiegati per ciascun campo d'impiego o parte d'opera; si distinguono in cinque tipi principali secondo la norma UNI EN 197- :*

*CEM I: Cemento Portland;*

*CEM II: Cemento Portland composito; CEM III: Cemento d'altoforno;*

*CEM IV: Cemento pozzolanico; CEM V: Cemento composito.*

*Colonna VIII - Resistenza di calcolo: con  $R_{ck}$  si indica il valore della resistenza caratteristica a 28 gg di progetto come il maggiore tra i valori richiesti dal calcolo strutturale o derivanti dalla classe di esposizione. Nella tabella sono inoltre riportati, nel caso di progettazione a carico dell'ESECUTORE, per alcune opere, il massimo valore da utilizzare come resistenza di calcolo.*

Per tutti i tipi di calcestruzzo il dosaggio di cemento non deve risultare inferiore a 300 kg/m<sup>3</sup>, ad esclusione del calcestruzzo tipo I, e non maggiore di 400 kg/m<sup>3</sup>. Eventuali deroghe possono essere concesse all'ESECUTORE da ACEA in sede di qualifica delle miscele, mediante preventiva definizione e successivo controllo delle caratteristiche che devono risultare conformi a quanto previsto dalla presente sezione di Capitolato. Ad esempio, nel caso di calcestruzzi destinati ad opere massive (elementi di spessore superiore o uguale a 70cm), al fine di limitare la fessurazione per gradiente termico così da garantire la durabilità, potrebbe rendersi necessario derogare ai limiti sul dosaggio minimo di cemento, previa approvazione da parte di ACEA, nel rispetto di quanto previsto dalla UNI 11104 p.6.1.

Le prescrizioni di base riportate in tabella sono corredate da specifici requisiti aggiuntivi riportati ai punti successivi del presente paragrafo, associati a ciascun tipo di calcestruzzo, requisiti che l'ESECUTORE deve rispettare nel confezionamento delle miscele da sottoporre ad approvazione di ACEA.

Di seguito sono indicate ulteriori prescrizioni per la garanzia alla durabilità delle opere valide per le diverse tipologie di calcestruzzo e alle quali l'ESECUTORE deve attenersi

#### **1.6.4.9 Calcestruzzi soggetti a cicli di gelo - disgelo**

I calcestruzzi in classe di esposizione XF2, XF3 e XF4 devono prevedere un contenuto minimo di aria aggiunta del 4 % secondo i valori riportati nel prospetto della norma UNI 11104 e nel prospetto F.1 della UNI EN 206, da verificare mediante norma UNI EN 12350 parte 7. La presenza di micro bolle di aria uniformemente distribuite facilita, infatti, l'espansione dell'acqua durante il congelamento

Per una corretta valutazione del contenuto di aria necessario, l'ESECUTORE deve tenere in considerazione i fenomeni che inducono perdita d'aria, quali il pompaggio, la posa in opera, la compattazione.

Per la resistenza ai cicli di gelo e disgelo l'ESECUTORE deve fare riferimento alle istruzioni per la prevenzione degli effetti contenute nella norma UNI 11417- e alla norma UNI 7087, per quanto riguarda le modalità di prova per la determinazione della resistenza ai cicli di gelo/disgelo.

L'ESECUTORE deve evitare che la disomogenea distribuzione delle micro bolle d'aria nell'impasto determini nella struttura volumi di calcestruzzo aventi caratteristiche estremamente variabili con conseguenti negative ripercussioni sulla resistenza e sulla durabilità dell'opera

#### **1.6.4.10 Calcestruzzi soggetti ad attacco chimico**

Al fine di valutare l'eventuale attacco chimico cui potrebbero essere sottoposti i calcestruzzi, l'ESECUTORE ha l'onere del preventivo accertamento della presenza e della concentrazione nei terreni e nelle acque di agenti aggressivi di cui alla norma UNI EN 206 (prospetto 2).

Gli agenti aggressivi di cui tener conto sono, per i terreni, gli ioni solfato ( $SO_4^{2-}$ ), per le acque, gli ioni solfato, magnesio ( $Mg^{++}$ ) e ammonio ( $NH_4^+$ ), secondo quanto riportato anche nella norma UNI 11417 -

Nel caso di accertamento di ambiente chimicamente aggressivo, l'ESECUTORE deve individuare la classe di esposizione ambientale tra le classi XA1, XA2 e XA3, sulla base della concentrazione di agenti aggressivi presenti e utilizzare

conseguentemente cementi a moderata, alta o altissima resistenza ai solfati, secondo UNI 9156, come indicato nella norma UNI 11417 -1 (Prospetto A.9).

#### **1.6.4.11 Calcestruzzi soggetti a dilavamento e penetrazione all'acqua**

Nel caso di calcestruzzi immersi in acqua, l'ESECUTORE deve valutare il grado di attacco chimico in funzione del contenuto di CO aggressiva nelle acque e del relativo ph, secondo quanto riportato nella norma UNI 11417-1. Nel caso di accertamento di ambiente chimicamente aggressivo deve individuare la classe di esposizione ambientale tra le classi XA1, XA2 e XA3 e conseguentemente deve utilizzare cementi a moderata, alta o altissima resistenza al dilavamento, secondo UNI 9606, come indicato nella medesima norma UNI 11417-1 (punto A.4.2).

#### **1.6.4.12 Calcestruzzi soggetti a reazione alcali- aggregati**

Solamente a livello di informativa per l'ESECUTORE si descrivono le tipologie di aggregato reattivo che sono quelle contenenti minerali reattivi nei confronti degli alcali (K O, Na O), quali la silice amorfa, la silice criptocristallina e fibrosa (calcedonio), il quarzo cristallino in stato di alterazione o tensione con cristalli che presentano angolo di estinzione ondulata maggiore di 15° o contengono inclusioni di miche, ossidi e solfuri metallici.

Le rocce, nelle quali sono stati riscontrati di norma minerali reattivi, sono:

- diaspri, ftaniti e simili nei quali il minerale reattivo è rappresentato da selce, costituita da quarzo microcristallino associato a calcedonio fibroso e silice opalina;
- calcari arenacei (calcareniti e biocalcareniti) costituiti da calcite accompagnata da lenti di selce, gusci fossili, gusci fossili silicei e da granuli di quarzo con estinzione ondulata;
- calcari silicizzati, costituiti da materiale di natura calcarea associati a gusci fossili calcitici parzialmente o totalmente silicizzati, oltre a quarzo e calcedonio.

L'ESECUTORE in sede di qualifica delle miscele da utilizzare, deve valutare il rischio di pericolosità causato dalla reazione alcali-aggregato sulla base delle indicazioni e dei metodi di prova suggeriti nella norma UNI11530 UNI11504. Si precisa a riguardo che tutte le parti d'opere che svolgono funzioni strutturali sono da

considerare in categoria III non essendo per esse assolutamente accettabile il rischio di degrado per reazione alcali-aggregato. Per il livello di protezione, salvo il caso di strutture in ambienti X0 e XC1/secco si deve assumere il "C" in base al quale devono utilizzarsi aggregati classificati non reattivi, sulla base della metodologia descritta nel seguito, e adottare un valore del SET (sodio equivalente totale per m di calcestruzzo) non superiore a 3 kg Na O<sub>eq</sub>/m. E' possibile adottare un Set non superiore a 3 kg se l'aggregato è classificato non reattivo con ciascuno dei tre metodi di prova che costituiscono la metodologia di prova.

La norma prescrive la seguente metodologia di prova:

1. esame petrografico (secondo UNI EN 932- );
2. prova ultra accelerata di espansione in malta (secondo UNI 8520- );
3. prova accelerata di espansione del calcestruzzo (secondo UNI 8520- );

precisando che se i risultati delle prove 1 e 2 sono concordi nel diagnosticare l'aggregato come non reattivo, l'aggregato può non essere sottoposto alla prova e venire classificato non reattivo. Se invece esiste discordanza diagnostica tra gli esami 1 e 2, allora l'aggregato deve essere sottoposto alla prova 3 il cui risultato è decisivo ai fini della diagnosi di reattività o non reattività.

#### **1.6.4.13 Calcestruzzi soggetti all'attacco di cloruri presenti nell'acqua di mare**

L'ESECUTORE, in sede di qualifica delle miscele da utilizzare, deve valutare il rischio di corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare, determinando la classe di esposizione secondo quanto previsto dai prospetti 1 delle UNI EN 206 e UNI 11104. In conformità alla norma UNI 11417-1, in presenza di attacco di cloruri in condizioni aggressive, al fine di prevenire la corrosione dei ferri di armatura, si raccomanda l'impiego di cementi pozzolanici alla loppa

##### **1.6.4.13.1 REQUISITI AGGIUNTIVI DELLE MISCELE**

Di seguito sono indicate ulteriori prove per le miscele di calcestruzzo da eseguire in fase di qualifica che l'ESECUTORE deve verificare nei casi in cui esistano specifici requisiti progettuali e/o quando prescritto al 1.6.5 per i singoli tipi di calcestruzzo.

**1.6.4.14 Modulo elastico**

La prova con cui effettuare la determinazione del modulo elastico secante è definita dalla norma UNI EN 12390; i valori delle tensioni che l'ESECUTORE deve prendere a riferimento, se non diversamente previsto da indicazioni progettuali, sono quella nulla e quella cui corrisponde un valore pari a metà del valore medio della resistenza a compressione.

**1.6.4.15 Ritiro idraulico**

Il ritiro idraulico deve essere valutato tenendo a riferimento, oltre il tipo di calcestruzzo e la condizione ambientale di getto e di prima stagionatura, anche la dimensione e la geometria dell'elemento

Per la determinazione del ritiro in direzione uniassiale in funzione della dimensione massima dell'aggregato costituente la miscela di calcestruzzo, si fa riferimento alle norme UNI 11307. Le scadenze temporali per la misurazione sono quelle indicate nella norma sopra citata. In mancanza di specifiche indicazioni progettuali può essere preso a riferimento come limite di accettabilità di ritiro il valore di 400 µm/m a 60 giorni e µm/m a 90 giorni.

**1.6.4.16 Ritiro termico**

Per la prevenzione delle fessure da ritiro termico occorre limitare lo sviluppo del calore d'idratazione del calcestruzzo; per tale motivo la scelta del tipo e del dosaggio di cemento deve essere tale da minimizzare il seguente valore:

$\Delta T_{max} = q.c / Mv.cs < \Delta T_{max} (i)$  dove:

$\Delta T_{max}$ : massimo incremento termico del calcestruzzo fresco rispetto alla temperatura ambiente; c: dosaggio di cemento (kg/m );

q: calore di idratazione del cemento (kJ/kg) a 2gg; Mv: massa volumica del calcestruzzo (kg/m );

cs: calore specifico del calcestruzzo, mediamente pari a 1,10 kJ/kg.C°;

$\Delta T_{max} (i)$  : valore soglia stabilito secondo il tipo di calcestruzzo (i) considerato. La determinazione del  $\Delta T_{max}$ , deve essere effettuata con i seguenti controlli:

- in laboratorio mediante una prova adiabatica su un campione di calcestruzzo tale da poter essere ritenuto rappresentativo per strutture massive

(elementi con spessore superiore o uguale a 70 cm), o quando richiesto dalla Direzione Lavori/ ACEA;

- in sito, nel caso di singole parti d'opera significative (qualora prescritto o richiesto dal DL/ ACEA) o di parti previste in serie, mediante la realizzazione di un prototipo, opportunamente dimensionato, da eseguire in condizioni ambientali più prossime a quelle previste in fase di getto e comunque da concordare con ACEA, come indicato nel par 1.6.9.

Per la scelta del cemento più idoneo, a parità di rapporto a c, l'ESECUTORE deve procedere in fase di prequalifica ad una prova di confronto in calcestruzzo, utilizzando diversi tipi di cementi ed eventuali aggiunte (cenere volante, micro silice). Si può intervenire sul tipo di cemento, anche in relazione ai tempi previsti per lo scasso. Evidenza di tale attività deve risultare dalla relazione di prequalifica che l'ESECUTORE è tenuto a presentare a ACEA

Per il rispetto del  $\Delta T_{max}$  si prescrive l'impiego di casseri (parte a contatto del calcestruzzo in legno multistrato o altro materiale delle stesse capacità di coibentazione).

## **1.6.5 PRESCRIZIONI PER I SINGOLI TIPI DI CALCESTRUZZO**

Durante la fase di studio di qualifica della miscela di calcestruzzo l'ESECUTORE deve rispettare, per le tipologie di calcestruzzo indicate nella tabella in funzione dei diversi campi d'impiego, sia i requisiti minimi precedentemente prescritti, sia le ulteriori caratteristiche di seguito riportate.

### **1.6.5.1 Calcestruzzo armato gettato in opera**

#### Calcestruzzi di tipo C

Gli elementi strutturali per i quali è previsto l'impiego di calcestruzzi tipo C sono caratterizzati dalla proprietà comune di avere notevoli superfici esposte all'aria, perché le loro dimensioni si sviluppano per lunghezze elevate e spessore limitato.

Gli elementi strutturali per i quali è previsto l'impiego di calcestruzzi tipo C sono caratterizzati da dimensioni massicce e, pertanto, la miscela deve essere definita per tenere conto soprattutto dei fenomeni di fessurazione connessi all'elevato gradiente termico tra nucleo e periferia del manufatto.

I valori soglia prescritti per  $\Delta T_{max}$  sono 40°C per i calcestruzzi di tipo C1 e °C per quelli di tipo C. Tali valori sono comunque da rapportarsi all'effettiva geometria, dimensione, costituzione e grado di vincolo della parte d'opera in oggetto. Per i calcestruzzi di tipo C1 è prevista la valutazione del ritiro idraulico in sede di qualifica della miscela.

#### Calcestruzzi di tipo D

I calcestruzzi in tipologia D sono destinati alla realizzazione di pavimentazioni rigide e di manufatti estrusi, dove è necessario garantire requisiti di resistenza meccanica a trazione per flessione unitamente a caratteristiche di lavorabilità proprie di miscele da porre in opera mediante macchine (es. vibrofinitrici per le lastre in cls) che richiedono consistenza molto asciutta.

Deve essere verificata in fase di qualifica la resistenza caratteristica a trazione per flessione secondo norma UNI EN 12390

#### Calcestruzzi di tipo E

I calcestruzzi in tipologia E sono destinati alla realizzazione di tombini scatolari o circolari per la canalizzazione e l'allontanamento delle acque meteoriche

Allo scopo di ottenere un buon grado di finitura superficiale, una buona resistenza all'abrasione e una bassa permeabilità del manufatto, si deve prevedere nella formulazione della miscela l'impiego di aggiunta tipo II in adeguato dosaggio da dichiarare nello studio di pre-qualifica e da verificare in fase di qualifica della miscela in impianto.

Deve essere altresì verificata in fase di qualifica la penetrazione all'acqua secondo norma UNI EN 12390-8

#### Calcestruzzi di tipo F

Questo tipo di calcestruzzo è destinato alle applicazioni in galleria.

##### - Calcestruzzi di tipo F1 e F2

I calcestruzzi di tipologia F1 e F2 sono destinati alla realizzazione degli archi rovesci delle gallerie. In virtù dell'assenza di cassetatura, e quindi della maggiore dispersione di temperatura, nonché dell'assenza di vincoli della struttura, per il

## DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI

---

getto dell'arco rovescio l'ESECUTORE deve fare in modo di limitare lo sviluppo di calore interno per evitare la formazione di fessure.

Il valore soglia prescritto per  $\Delta T_{\max}$  è 40°C. Tale valore è comunque da rapportarsi all'effettiva geometria, dimensione, costituzione e grado di vincolo della parte d'opera in oggetto

### Calcestruzzi di tipo F3

I calcestruzzi di tipologia F3 è destinato alla realizzazione dei piedritti e della calotta delle gallerie. Per tali getti l'ESECUTORE deve fare in modo di limitare lo sviluppo di temperatura all'interno del getto ed il gradiente termico tra il calcestruzzo all'intradosso della calotta e l'ambiente esterno.

Il valore soglia prescritto per  $\Delta T_{\max}$  è 35°C. Tale valore è comunque da rapportarsi all'effettiva geometria, dimensione, costituzione e grado di vincolo della parte d'opera in oggetto

### Calcestruzzi di tipo G

I calcestruzzi di tipologia G sono destinati alla realizzazione di muri, solettoni di fondazione, fondazioni, cunette e canalette. Il valore soglia prescritto per  $\Delta T_{\max}$  è 40°C. Tale valore è comunque da rapportarsi all'effettiva geometria, dimensione, costituzione e grado di vincolo della parte d'opera in oggetto.

### Calcestruzzi di tipo H

I calcestruzzi tipo H sono destinati alla realizzazione di pali, paratie e diaframmi.

Il calcestruzzo deve presentare caratteristiche di prolungato mantenimento della lavorabilità e di prolungati tempi di presa, anche al fine di conseguire un getto omogeneo e privo di segregazione.

A questo fine deve essere verificata la corretta granulometria dell'aggregato, il possibile utilizzo di aggiunte di cenere volante o fumi di silice, o di specifici coesivizzanti e la possibilità d'impiego di ritardanti finalizzato al mantenimento della classe di consistenza per il tempo intercorrente dal confezionamento all'impianto al completamento del getto.

Devono inoltre essere verificati i seguenti punti:

- l'opportunità di utilizzo di specifici additivi superfluidificanti con forte effetto ritardante o di combinazioni di additivi superfluidificanti e additivi ritardanti, comunque conformi alla norma UNI EN 934-2;
- la non segregazione della miscela, mediante test di spandimento immediatamente prima del getto (UNI EN 12350-5)

### **1.6.5.2 Calcestruzzo armato da prefabbricazione**

#### Calcestruzzi di tipo A1

Per i calcestruzzi di tipo A1, destinati alla realizzazione di impalcati ed elementi in c.a.p. prefabbricati in stabilimento o a piè d'opera, devono essere rispettate, salvo diverse indicazioni di progetto, le seguenti prescrizioni:

- controllo del passante % granulometrico ai vagli 0,25 mm e 0,5 mm, ai quali devono corrispondere valori superiori rispettivamente a 6% e 12%;
- dimensione massima dell'aggregato non maggiore di      mm;
- resistenza a compressione  $R_{ck}$  a 28 gg  $\geq 45$  MPa, misurata secondo le indicazioni della norma UNI EN 12390-2 su provini maturati con ciclo termico a vapore predefinito e stagionati a 20°C e  $U R \geq 95$  %;
- determinazione e dichiarazione del valore di  $R_{ckj}$  a fine ciclo di maturazione termica (14-18 ore), misurato mediante stagionatura dei provini in vasca di maturazione accelerata con il ciclo di maturazione prescelto;
- resistenza caratteristica a trazione indiretta a fine ciclo di maturazione termica,  $f_{ctkj}$ , superiore a 4,5 MPa, misurata secondo le indicazioni della norma UNI EN 12390-6 ;
- verifica del modulo di elasticità del calcestruzzo secondo norma UNI 12390- che deve risultare  $\geq 37.000$  N/mm alla fine del ciclo di maturazione termica;
- verifica del ritiro idraulico, che deve risultare  $\leq$        $\mu m$  a 180 giorni.

#### Calcestruzzi di tipo B

I calcestruzzi di tipo B sono distinti in base all'utilizzo come di seguito indicato:

- calcestruzzi tipo B1: elementi prefabbricati in c.a. per strutture fuori terra;
- calcestruzzi tipo B2: conci prefabbricati in c.a. di rivestimento definitivo di

gallerie;

- calcestruzzi tipo B3: canalette portacavi, cunette, manufatti senza funzioni strutturali.

I calcestruzzi di tipo B1 sono destinati alla realizzazione manufatti ad armatura lenta caratterizzati generalmente da sezioni sottili e da notevoli superfici espositive (ad es. pannelli prefabbricati o pilastri prefabbricati).

I calcestruzzi tipo B2 sono destinati alla realizzazione di conci di rivestimento definitivo per la costruzione di gallerie per i quali la problematica principale è la tenuta all'acqua e, quindi, la durabilità in ambiente potenzialmente aggressivo.

I calcestruzzi di tipo B3 sono destinati alla realizzazione di manufatti minori per i quali devono essere rispettati i requisiti minimi.

Per i calcestruzzi di tipo B1 e B2, salvo diverse indicazioni di progetto, devono essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- controllo dei passanti % granulometrici ai vagli 0,25 mm e 0,5 mm, ai quali devono corrispondere valori superiori rispettivamente a 6% e 12%;
- valore della resistenza a compressione a fine ciclo di maturazione termica  $R_{ck}$  allo scasso  $\geq$  MPa,
- misurato in accordo alla norma UNI EN 12390- ;
- verifica della penetrazione all'acqua a gg secondo norma UNI EN -

### **1.6.6 QUALIFICA DEI MIX DESIGN PER CONGLOMERATI CEMENTIZI**

E' obbligo dell'ESECUTORE conseguire, preliminarmente a qualsiasi getto, la qualifica del mix design dei calcestruzzi da utilizzare E' possibile non procedere a dette qualifiche ma utilizzare miscele già testate dal produttore del calcestruzzo e che rispondano ai requisiti richiesti dalla presente sezione del Capitolato, solamente negli appalti di lavori che prevedono un quantitativo complessivo di calcestruzzo inferiore a 1500 m In tal caso l'ESECUTORE deve presentare ad ACEA, per la preventiva approvazione, tutta la certificazione acquisita dall'impianto di produzione relativa alle miscele di calcestruzzo che intende utilizzare.

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

Si precisa che l'ESECUTORE ha l'obbligo di procedere dopo un anno a nuova qualifica delle miscele destinate alla realizzazione di quantitativi di calcestruzzo maggiori di 1500 m<sup>3</sup>. L'ESECUTORE, in tal caso, deve comunicare ad ACEA la data di inizio dell'attività di riqualifica, restando inteso che qualora ACEA non possa assistere, lo stesso dovrà comunque fornire tutte le risultanze delle prove effettuate in quel giorno/per quella attività.

Si definiscono di seguito le attività che l'ESECUTORE deve eseguire al fine di conseguire la qualifica del conglomerato cementizio.

**1.6.6.1 Studi preliminari di prequalifica**

Preliminarmente alla fornitura del calcestruzzo l'ESECUTORE deve presentare per approvazione ad ACEA, nei modi e nei tempi previsti contrattualmente, i dossier di qualifica degli impasti per tutti i tipi e le classi di calcestruzzo da utilizzare per la costruzione delle opere.

A tal fine l'ESECUTORE deve presentare, allegato al suddetto dossier, un documento preliminare di prequalifica atto ad attestare la conformità del calcestruzzo e dei singoli costituenti alle prescrizioni e norme riportate sia nel progetto approvato che nel presente documento, basato su studi preliminari ed eventuali verifiche condotte direttamente presso l'impianto di betonaggio

In particolare, nella relazione di prequalifica l'ESECUTORE deve fare esplicito riferimento a:

- materiali che si intendono utilizzare, indicandone provenienza, tipo e qualità;
- conformità dei materiali costituenti a quanto prescritto nel presente Capitolato;
- massa volumica reale s.s.a. e assorbimento, per ogni classe di aggregato, valutati secondo la norma UNI EN 1097 parte 6;
- studio granulometrico per ogni tipo e classe di calcestruzzo;
- tipo, classe e dosaggio del cemento;
- rapporto acqua-cemento;
- peso specifico del calcestruzzo fresco e calcolo della resa;

- classe di esposizione ambientale a cui è destinata la miscela;
- tipo e dosaggio degli eventuali additivi;
- proporzionamento analitico della miscela e resa volumetrica;
- classe di consistenza, secondo la norma UNI EN 12350, parti 2 e 5;
- risultati delle prove di resistenza a compressione e determinazione del valore caratteristico, secondo UNI EN 12390- ;
- curve di resistenza nel tempo (almeno per il periodo 2÷28 giorni);

Preliminarmente alla fornitura di calcestruzzo l'ESECUTORE deve redigere e presentare a ACEA per la necessaria approvazione, dossier di qualifica di ciascun impianto di betonaggio che il medesimo intende utilizzare contenente la descrizione dello stesso, copia delle certificazioni di legge e dei rapporti di taratura delle strumentazioni presenti.

L'ESECUTORE dovrà presentare altresì apposite procedure di trasporto del calcestruzzo.

#### **1.6.6.2 Qualifica all'impianto di betonaggio**

In questa fase l'ESECUTORE deve realizzare alla presenza delle ACEA gli impasti di verifica all'impianto di produzione, in base ai seguenti requisiti:

1. il valore della resistenza media a compressione a 28 giorni, misurata su almeno 3 prelievi (la resistenza di ciascun prelievo è la media delle resistenze a compressione di due o più provini), ognuno dei quali confezionato da un impasto distinto, deve essere:  
per  $R_{ck} \leq 30 \text{ N/mm}^2$   $R_m \geq 1,5 R_{ck}$   
per  $R_{ck} > 30 \text{ N/mm}^2$   $R_m \geq 1,0 R_{ck}$  con valore minimo di ogni singolo provino  $R_i \geq R_{ck}$ ;
2. il valore dell'abbassamento al cono deve essere conforme alla classe di consistenza dichiarata e mantenersi entro i limiti della stessa per almeno 60 minuti;
3. il rapporto acqua/cemento non si discosti di + 0.02 da quello dichiarato nella prequalifica;

4. il valore della massa volumica del calcestruzzo fresco deve essere tale che la resa volumetrica del calcestruzzo (rapporto tra la massa volumica impostata e la massa volumica misurata) sia contenuta in un intervallo di +/- 3% del valore unitario.

Più precisamente, le prove da eseguire in fase di qualifica delle miscele all'impianto di betonaggio devono essere le seguenti:

Calcestruzzo fresco:

- rapporto acqua/cemento, da verificare mediante essiccazione di un campione di calcestruzzo fresco, come specificato al precedente punto
- classe di consistenza, da verificare secondo UNI EN 12350 parte 2 o UNI EN 12350 parte 5, con mantenimento della classe fino a 60 minuti;
- determinazione acqua essudata, da misurare secondo UNI EN 480/4;
- contenuto di cloruri nell'impasto come definito in UNI EN 206;
- percentuale di aria occlusa nel getto, da misurare secondo UNI EN 12350 parte 7 (per i calcestruzzi areati);
- massa volumica, da misurare secondo UNI EN 12350 parte 6;
- controllo acqua di impasto secondo UNI EN 1008;
- ritiro termico (per i calcestruzzi tipo C1, C2, F1, F2, F3, G).

Per getti da effettuarsi in clima caldo dove la temperatura ambiente non sia tale da garantire una temperatura massima del calcestruzzo come indicato al precedente punto, deve essere prevista l'idoneità della miscela anche per temperature superiori, mediante qualifica comprensiva di additivi ritardanti o superfluidificanti del tipo di cui al punto precedente al fine di garantire il mantenimento dei tempi di presa e della classe di consistenza di progetto.

Calcestruzzo indurito:

- determinazione della resistenza a compressione a 1, 3, 7, 14, e 60 giorni di stagionatura, in conformità alla norma UNI EN 12390 parte 3;
- determinazione della massa volumica, da verificare secondo UNI EN 12390-  
;

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

- determinazione della profondità di penetrazione dell'acqua sotto pressione secondo la norma UNI EN

ulteriori prove ove prescritto in progetto o richiesto da DL/ ACEA (a solo titolo esemplificativo, non esaustivo):

- determinazione del modulo elastico statico a compressione, secondo UNI 6556;
- determinazione della resistenza a trazione indiretta secondo UNI EN 12390-;
- determinazione della resistenza ai cicli di gelo disgelo, secondo norma UNI 7087;
- ritiro idraulico secondo UNI 11307 ( per i calcestruzzi tipo C1 e A1);

La prova della profondità di penetrazione all'acqua (secondo UNI EN -8), da eseguirsi su almeno 3 provini per i calcestruzzi di tutte le classi di esposizione ambientale, dovrà fornire un valore massimo, ottenuto dalla media delle medie dei provini, inferiore al copriferro di progetto.

Possono essere richieste da ACEA prove allo scopo di definire un'apposita correlazione per la stima della resistenza mediante metodi non distruttivi (secondo UNI EN 12504-2/4), in modo da avere un ulteriore parametro di confronto in caso di non conformità in opera.

Devono essere verificati, in aggiunta alle specifiche sopra riportate, anche i requisiti aggiuntivi per le miscele di calcestruzzo definiti al punto precedente e quelle per i singoli tipi di calcestruzzo riportate ai paragrafi precedenti della presente sezione di Capitolato.

L'ESECUTORE deve verificare la rispondenza dei dosaggi impostati con i dosaggi realmente effettuati durante il caricamento all'impianto mediante esame della stampa della ricetta

Nel caso in cui la miscelazione del calcestruzzo da gettare in opera venga affidata ad autobetoniera, in fase di qualifica non può utilizzarsi il miscelatore ma solamente l'autobetoniera.

Tutti gli oneri e gli eventuali ritardi causati dalle ripetizioni delle prove all'impianto di confezionamento saranno a totale carico dell'ESECUTORE.

Le prove di qualifica delle miscele di calcestruzzo (così come quelle delle miscele cementizie e del calcestruzzo proiettato), devono essere effettuate esclusivamente da laboratori U A di cui all'art del DPR

L'approvazione delle miscele di calcestruzzo da parte di ACEA non libera in alcun modo l'ESECUTORE dalle sue responsabilità in base alle norme vigenti.

La qualifica delle miscele deve essere ripetuta, con le medesime modalità, ogni qualvolta venissero a modificarsi i componenti o i dosaggi dei costituenti del calcestruzzo o le modalità di confezionamento delle miscele stesse.

### **1.6.7 CONTROLLI DI CONFORMITÀ IN CORSO D'OPERA E FREQUENZE DI PROVA**

Ogni fornitura in cantiere deve essere accompagnata da documenti che indichino gli estremi della certificazione di controllo di produzione in fabbrica FPC (factory production control) in conformità al DM 17/01/2018.

ACEA effettuerà controlli periodici in corso d'opera per verificare la corrispondenza dei materiali e degli impasti impiegati con quelle garantite in sede di qualifica.

#### Resistenze

Per ciascun tipo di calcestruzzo, le resistenze di prelievo determinate in laboratorio a gg in corso d'opera (vedi p.to 6.5.9.1) non dovranno discostarsi del  $\pm 15\%$  del valore della resistenza media determinata in fase di qualifica della miscela e riportata nel medesimo dossier.

#### Aria aggiunta

In corso d'opera il contenuto di aria aggiunta dovrà essere verificato secondo UNI EN 12350-7 con la frequenza minima per ciascun giorno di getto, di 2 determinazioni per ciascun elemento da realizzare.

#### Rapporto acqua cemento

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

In corso d'opera il rapporto a/c dovrà essere determinato per ciascuna miscela di calcestruzzo con frequenza mensile o ogni mc in relazione all'effettivo utilizzo

**Acqua essudata**

La quantità di acqua essudata deve essere determinata in corso d'opera con frequenza mensile o ogni mc per ciascuna miscela utilizzata.

Per consentire l'effettuazione delle prove in tempi congruenti con le esigenze di avanzamento dei lavori, l'ESECUTORE dovrà disporre di uno o più laboratori attrezzati all'esecuzione delle prove previste, in cantiere e/o presso l'impianto di confezionamento, ad eccezione delle eventuali determinazioni chimiche e delle prove necessarie ad ottemperare agli obblighi di legge che dovranno essere eseguite presso laboratori di cui all'art. 59 del DPR n.380/2001.

Non è ammessa l'esecuzione delle prove contrattuali di capitolato a cura di laboratori di cantiere di proprietà o anche solo gestiti dal fornitore (di calcestruzzo, di aggregato, di additivi, etc..).

**1.6.7.1 Controlli di accettazione della resistenza a compressione**

Per il controllo di conformità della resistenza a compressione da parte di ACEA, valgono le prescrizioni contenute nel DM 17/01/2018 e nella relativa Circolare esplicativa. I controlli saranno classificati come segue:

- di tipo A: controllo di accettazione ogni 300 m massimo di getto;
- di tipo B: controllo di accettazione impiegato quando siano previsti quantitativi di miscela omogenea uguali o superiori ai 1500 m .

Il prelievo del conglomerato per i controlli di accettazione si deve eseguire all'uscita della betoniera (non prima di aver scaricato almeno 0.3 m di conglomerato e possibilmente a metà del carico). I campioni di calcestruzzo devono essere preparati con casseforme rispondenti alla norma UNI EN 12390-1, confezionati secondo le indicazioni riportate nella norma UNI EN 12390-

Le casseforme devono essere realizzate con materiali rigidi al fine di prevenire deformazioni durante le operazioni di preparazione dei provini, devono essere a tenuta stagna e non assorbenti.

La geometria delle casseforme deve essere cubica di lato pari a 150 mm o cilindrica con diametro pari a 150 mm ed altezza pari a 300 mm.

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

Sulla superficie dei provini sarà applicata (annegandola nel calcestruzzo un'etichetta riportante gli estremi per l'identificazione del campione con inchiostro indelebile; l'etichetta sarà siglata da ACEA al momento del confezionamento dei provini.

L'esecuzione del campionamento deve essere accompagnata dalla stesura di un verbale di prelievo che riporti le seguenti indicazioni:

- identificazione del campione;
- tipo di calcestruzzo;
- numero di provini effettuati;
- codice del prelievo;
- metodo di compattazione adottato;
- numero del documento di trasporto;
- ubicazione del getto per il puntuale riferimento del calcestruzzo messo in opera (es. muro di sostegno, solaio di copertura, soletta di ponte, ecc.);
- identificazione del cantiere e dell'Impresa appaltatrice;
- data e ora di confezionamento dei provini;
- firma della D.L.

Al termine del prelievo i provini verranno conservati in adeguate strutture predisposte dall'ESECUTORE, appoggiati al di sopra di una superficie orizzontale piana in posizione non soggetta ad urti e vibrazioni.

Il calcestruzzo campionato deve essere lasciato all'interno delle casseforme per almeno h (in ogni caso non oltre i 3 giorni). Trascorso questo termine i provini dovranno essere consegnati al Laboratorio incaricato di eseguire le prove di schiacciamento, ove si provvederà alla loro conservazione, una volta rimossi dalle casseforme, in acqua alla temperatura costante di  $20 \pm 2$  °C oppure in ambiente termostato posto alla temperatura di  $20 \pm 2$  °C e umidità relativa superiore al 95%.

Nel caso in cui i provini vengano conservati immersi nell'acqua, il contenitore deve avere dei ripiani realizzati con griglie (è consentito l'impiego di reti elettrosaldate per fare in modo che tutte le superfici siano a contatto con l'acqua

L'ESECUTORE sarà responsabile della corretta conservazione e custodia dei provini campionati, mentre sarà responsabilità del DL assicurare la consegna degli stessi al Laboratorio incaricato. Alla consegna deve essere prodotta una domanda ufficiale di richiesta prove sottoscritta dalla Direzione Lavori, la quale indicherà la posizione e il tipo di strutture interessate da ciascun prelievo.

I certificati emessi dal Laboratorio dovranno contenere tutte le informazioni richieste al par. 11.2.5.3 del DM 17/01/2018

### **1.6.7.2 Controllo di accettazione dei valori di consistenza**

La lavorabilità al momento del getto sarà sempre controllata all'atto del prelievo dei campioni per i controlli d'accettazione della resistenza caratteristica convenzionale a compressione. L'ESECUTORE è tenuto comunque a verificare la consistenza del calcestruzzo di ogni autobetoniera e a darne evidenza ad ACEA. La misura della lavorabilità sarà condotta in accordo alla UNI-EN 206 dopo aver scaricato dalla betoniera almeno 0,3 m di calcestruzzo e sarà effettuata mediante differenti metodologie.

Sarà cura dell'ESECUTORE garantire in ogni situazione la classe di consistenza prescritta per le diverse miscele tenendo conto che è assolutamente vietata qualsiasi aggiunta di acqua in betoniera al momento del getto dopo l'inizio dello scarico del calcestruzzo dall'autobetoniera. L'ESECUTORE deve garantire che tra fine confezionamento del calcestruzzo e fine getto non intercorra un tempo superiore a 90 minuti.

Si potrà operare in deroga a questa prescrizione in casi eccezionali quando i tempi di trasporto del calcestruzzo dall'impianto al cantiere dovessero risultare superiori ai minuti. In questa evenienza si potrà utilizzare il conglomerato fino a 120 minuti dalla miscelazione purché esso possieda i requisiti di lavorabilità e resistenza iniziale prescritti. Di ciò si deve dare evidenza mediante apposita specifica della miscela approvata da ACEA.

Il calcestruzzo con lavorabilità inferiore potrà essere a discrezione di ACEA:

- respinto (l'onere della nuova fornitura in tal caso resta in capo all'ESECUTORE);
- accettato se esistono le condizioni, in relazione alla difficoltà di esecuzione

del getto, per conseguire un completo riempimento dei casseri ed una completa compattazione; tutti gli oneri derivanti dalla maggior richiesta di compattazione restano a carico dell'ESECUTORE.

### **1.6.7.3 Controlli di conformità della resistenza sulle opere finite**

In caso di controllo su elementi strutturali già realizzati dove si possono essere evidenziate problematiche tali da richiedere la verifica della qualità del materiale, il prelievo, da eseguire da parte dell'ESECUTORE in contraddittorio con ACEA, deve avvenire eseguendo carotaggi dai quali ricavare un numero adeguato di provini cilindrici con operazioni di taglio e rettifica delle basi, in accordo alla norma UNI EN 12504-

Si riportano le prescrizioni e raccomandazioni che devono essere seguite dall'ESECUTORE nell'applicare il criterio di seguito esposto per la valutazione dei risultati:

- l'estrazione e la prova devono essere preferibilmente effettuate non oltre due mesi dopo la posa in opera del calcestruzzo; per tempi più lunghi gli effetti di maturazione e carbonatazione superficiale possono portare a sovrastima delle resistenze di cui si deve tenere conto;
- l'estrazione dei provini da strutture in elevazione deve essere effettuata nella parte mediana delle strutture perché l'effetto di autocompattazione porta a incrementi della massa volumica e della resistenza nella parte inferiore;
- i provini ricavati dai prelievi non devono contenere al loro interno più di un elemento di armatura normale alla direzione di prova, preferibilmente nessuno, in caso contrario il provino deve essere scartato; inoltre i provini non devono contenere alcuna armatura in direzione parallela al loro asse longitudinale.
- La stima della resistenza caratteristica del calcestruzzo si baserà sui risultati ottenuti nelle prove a compressione su un numero n di provini estratti dalla porzione di struttura in esame tenuto conto che per ogni lotto di 100 m di calcestruzzo indagato o frazione, il numero di provini n non deve risultare minore di quattro.
- Il diametro delle carote deve essere maggiore di almeno 3 volte la dimensione

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

massima effettiva dell'aggregato e comunque maggiore di mm. Il rapporto tra lunghezza e diametro dei provini deve essere possibilmente pari a 2 o comunque compreso tra 1 e 2.

Le carote una volta estratte, e i provini da esse successivamente ricavati, devono essere mantenuti umidi mediante idonei sistemi di protezione (teli umidi, sacchi chiusi, immersione in acqua, ecc.) fino alla prova di compressione; nelle lavorazioni di taglio e spianatura si deve evitare ogni essiccazione della superficie.

L'ESECUTORE deve eseguire le prove di compressione sulle carote esclusivamente presso Laboratori Ufficiali o Autorizzati come indicato al punto precedente della presente sezione di Capitolato, alla presenza del ACEA.

I dati riscontrati devono essere registrati dall'ESECUTORE con data, ora e punti di prelievo, comprensivi delle note di commento a cura di ACEA.

Deve essere eseguita la misura della massa volumica media delle carote estratte dalla struttura ( $m_v$ ). Il confronto con la massa volumica determinata in sede di prelievo di accettazione dei provini cubici ( $m_{v0}$ ), compattati a rifiuto, porterà alla valutazione del grado di compattazione del calcestruzzo nella struttura:  $G_c = m_v/m_{v0}$

Tale rapporto deve risultare maggiore di 0,9, ed in questo caso si procederà alla misura delle resistenze a compressione sulle carote, altrimenti l'elemento strutturale non può essere accettato.

Per la modalità di determinazione della resistenza strutturale e per i criteri di accettabilità si rimanda ai paragrafi precedenti.

11.2.8 della Circolare 2/2/09 n. 617/C.S.LL.PP.

**Controlli integrativi**

Ad insindacabile giudizio di ACEA, possono essere richiesti ulteriori controlli sul calcestruzzo di cui alle norme UNI EN 12504-

## **1.6.8 CARATTERISTICHE DELL'ACCIAIO D'ARMATURA PER C A E C A P**

### **1.6.8.1 Prescrizioni comuni alle tipologie di acciaio**

L'ESECUTORE deve utilizzare acciai prodotti con un sistema di controllo permanente della produzione in stabilimento, mediante un sistema di gestione della qualità del prodotto certificato da parte di un organismo terzo indipendente che operi in coerenza con le norme UNI CEI EN ISO /IEC17021:2006.

La valutazione e il mantenimento della conformità del controllo di produzione in stabilimento e del prodotto finito avviene mediante marcatura CE ai sensi del Regolamento EU n.311/11 di recepimento della direttiva

/106/CEE o, quando non applicabile, come nel caso delle armature per cemento armato, attraverso la procedura di qualificazione indicata nel DM 17/01/2018 p. 11.3.1.2, con rilascio di apposito Attestato di Qualificazione da parte del Servizio Tecnico Centrale (S.T.C.) della Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici che deve accompagnare tutte le forniture di acciaio.

Deve essere garantita l'identificazione e la rintracciabilità dei prodotti qualificati mediante apposita marchiatura, secondo quanto indicato nel suddetto DM 17/01/2018 p. 11.3.1.4, inserita nel Catalogo Ufficiale degli acciai qualificati depositato presso il S.T.C..

La marchiatura deve specificare in modo inequivocabile il riferimento all'azienda produttrice, allo stabilimento, al tipo di acciaio e alla sua eventuale saldabilità.

La stessa deve essere inalterabile nel tempo e senza possibilità di manomissione. La sua mancanza, la non corrispondenza a quanto depositato o la sua illeggibilità, anche parziale, rende il prodotto non impiegabile.

Le forniture devono inoltre essere provviste dell'apposito cartellino indicante la designazione del prodotto come indicato, ad esempio, nella norma UNI EN 10080.

ACEA, prima della messa in opera, verificheranno che tutte le forniture provenienti dallo stabilimento di produzione siano accompagnate dalla copia dell'attestato di qualificazione e la corrispondenza del marchio riportato sulle armature con quello riportato sull'attestato stesso. Si precisa che per le barre ordinarie e per i rotoli

è ammessa solamente la marchiatura di laminazione. Il documento di trasporto deve riportare altresì:

- la data di spedizione e le indicazioni relative alla quantità, al tipo, alla colata, al destinatario e all'opera per cui l'acciaio è destinato
- l'attestazione inerente l'esecuzione delle prove di controllo interno fatte eseguire dal Direttore Tecnico del centro di trasformazione (come indicato al par. 11.3.1.7 del DM).

Nel caso di fornitura effettuata da un centro di trasformazione (es. sagomatori o assemblatori) ACEA verificheranno preliminarmente il possesso dei requisiti di cui al par. 11.3.1.7 del DM 17/01/2018; in particolare acquisiranno gli estremi dell'attestato di Denuncia dell'attività di Centro di trasformazione rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale del C.S. dei Lavori Pubblici in quanto un centro di trasformazione privo di tale attestato non può fornire acciaio presagomato.

Sul documento di trasporto delle forniture in cantiere devono essere indicati gli estremi dell'attestato di avvenuta dichiarazione e il logo o il marchio del centro di trasformazione con indicazione dell'utilizzazione prevista secondo il progetto approvato (opera, parte d'opera, posizione, numero totale dei ferri per posizione).

#### **1.6.8.2 Acciaio per cemento armato**

E' ammesso esclusivamente l'impiego di acciaio saldabile e ad aderenza migliorata, delle seguenti tipologie:

##### Acciaio per c.a. B450C

- Barre di acciaio (  $8 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 30 \text{ mm}$  )
- Rotoli (  $8 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 30 \text{ mm}$  )
- Reti elettrosaldate (  $8 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 30 \text{ mm}$  )
- Tralicci elettrosaldati (  $8 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 30 \text{ mm}$  )

##### Acciaio per c.a. B450A

- Barre di acciaio (  $8 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 30 \text{ mm}$  )
- Rotoli (  $8 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 30 \text{ mm}$  )
- Reti elettrosaldate (  $8 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 30 \text{ mm}$  )

- Tralicci elettrosaldati (  $8 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 30 \text{ mm}$  )

Tali prodotti possono essere utilizzati direttamente o come elementi di base per successive trasformazioni (saldature, sagomature ecc.). Le loro caratteristiche meccaniche devono rispettare i requisiti previsti dal D.M. 17/01/2018.

L'idoneità alla saldatura è condizionata dal non superamento dei valori di composizione chimica indicati nella tabella 11.3.II del DM 17/01/2018.

Se previsti da progetto possono impiegarsi altri tipi di acciaio quali gli inossidabili o gli zincati; per entrambi è richiesto il soddisfacimento dei requisiti indicati rispettivamente nei paragrafi 11.3.2.9.1. e 11.3.2.9.2. del medesimo D.M. 17/01/2018.

Per gli zincati debbono essere eseguiti specifici controlli sullo spessore e sulla continuità del rivestimento, nonché sull'aderenza acciaio-rivestimento in osservanza della norma UNI 10622.

#### **1.6.8.2.1 Controlli di accettazione in cantiere**

I controlli sull'acciaio consegnato in cantiere sono disposti da ACEA sotto il proprio controllo diretto e devono eseguirsi prima della messa in opera del prodotto e comunque entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale in cantiere.

Le modalità di prelievo e di valutazione della conformità del prodotto sono quelle indicate ai paragrafi 11.3.2.10.4, per barre e rotoli, e 11.3.2.11.3 per reti e tralicci elettrosaldati del DM 17/01/2018.

Su ciascun lotto di spedizione consegnato, formato da massimo 30 t, si dovranno prelevare n. 3 spezzoni di lunghezza non inferiore a 120 cm o n. 3 saggi ricavati da tre diversi pannelli (reti e tralicci elettrosaldati), marchiati, dello stesso diametro e provenienti dallo stesso stabilimento di produzione. Qualora il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino una diversa provenienza, i controlli debbono essere estesi a ciascun lotto di provenienza.

Nel caso di armature provenienti da un Centro di Trasformazione, ACEA potranno effettuare i controlli di accettazione anche recandosi presso il medesimo Centro.

In tal caso i prelievi verranno effettuati dal Direttore Tecnico del Centro di Trasformazione, secondo le disposizioni impartite da ACEA lì presenti, che si

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

assicureranno mediante sigle, etichettature, ecc., che i campioni inviati al laboratorio incaricato siano quelli da lui prelevati e che sottoscriverà la richiesta specificando la struttura interessata dal prelievo.

I certificati di prova emessi dai laboratori devono contenere tutte le indicazioni elencate nel par. 11.3.2.10.4 del D.M. 17/01/2018 e la verifica delle tolleranze dimensionali riportate al par. 11.3.2.8 del DM 17/01/2018.

ACEA acquisirà tali certificati di prova e confronteranno i valori riscontrati con quelli di accettazione riportati sulla tabella 11.3.VI del suddetto paragrafo.

Se i risultati delle prove sono maggiori o uguali al valore prescritto, il lotto consegnato deve essere considerato conforme altrimenti si dovrà procedere a ulteriori prelievi e prove secondo quanto stabilito nel par. 11.3.2.10.4 del D.M. 17/01/2018.

Per quanto riguarda la verifica delle tolleranze dimensionali, si precisa che per valori della sezione misurata compresa fra il 98% e il 100% della sezione teorica, il materiale sarà contabilizzato sulla base della sezione teorica stessa. Per valori della sezione misurata inferiori al 98%, ma superiori al valore limite ammesso per la tolleranza dal DM 17/01/2018, l'ESECUTORE dovrà procedere al reintegro della sezione mancante negli elementi strutturali ai quali l'armatura è destinata, o, in alternativa, potrà produrre, a sua cura e spese, calcoli di resistenza che giustifichino l'impiego del minor quantitativo di armatura. Quest'ultimo, nel caso di esito positivo delle verifiche, verrà contabilmente detratto dall'importo contrattuale.

ACEA, oltre alle prove previste dalla normativa, potrà disporre l'effettuazione di ulteriori controlli con le modalità che verranno a riguardo indicate.

Il materiale non ritenuto idoneo deve essere stoccato dall'ESECUTORE in apposita area.

L'ESECUTORE deve acquisire la documentazione su indicata e ne deve riportare gli estremi all'interno del "Registro dei ferri e prelievi" atto a consentire la rintracciabilità tra i singoli documenti di trasporto degli acciai, parte dell'opera dove lo stesso è stato impiegato e i relativi certificati di prova.

Tale documento deve formare oggetto di controllo da parte di ACEA e del Collaudatore delle strutture.

### **1.6.8.3 Acciaio per cemento armato precompresso**

E' ammesso esclusivamente l'impiego di acciai qualificati secondo le procedure di cui al DM 17/01/18 e controllati (in stabilimento, nei centri di trasformazione e in cantiere) con le modalità riportate al par. 11.3.3.5.4 dello stesso DM come di seguito indicato.

#### **1.6.8.3.1 Controlli di accettazione in cantiere**

I controlli in cantiere che ACEA deve far eseguire sono regolati dal DM 17/01/2018 e devono avvenire secondo le modalità indicate dalla norma UNI EN ISO 15630- presso un laboratorio di cui all'art del DPR n. 380/2001. Per ogni lotto di spedizione, di massimo 30 tonnellate, va eseguito un prelievo di tre saggi sui quali effettuare le prove per la determinazione dei corrispondenti valori minimi di:

- tensione di rottura ( $f_{pt}$ );
- tensione di snervamento ( $f_{py}$ );
- limite elastico allo 0.1% ( $f_p$ );
- tensione corrispondente al 1% della deformazione totale ( $f_p$ ).

I risultati delle prove sono ritenuti compatibili se nessuno dei valori risulta inferiore ai corrispondenti valori dichiarati dal produttore.

Nel caso che anche uno solo dei valori minimi suddetti non rispetti questa condizione devono eseguirsi prove supplementari secondo la procedura indicata al par. 11.3.3.5.3 del DM 17/01/2018.

Qualora la fornitura delle armature provenga da un centro di trasformazione, ACEA, esaminata preliminarmente la documentazione attestante il possesso dei requisiti che lo stabilimento è tenuto a trasmettergli, in analogia a quanto già indicato per le barre da cemento armato, potrà recarsi presso il medesimo centro ed effettuare tutti i controlli di legge.

## 1.6.9 NORME E REGOLE DI ESECUZIONE

### 1.6.9.1 Impiego di magrone o malta di livellamento

L'ESECUTORE, prima di effettuare qualsiasi getto di calcestruzzo di fondazione, deve predisporre sul fondo dello scavo già adeguato, uno strato di calcestruzzo magro (Tipo I) avente la funzione di piano di appoggio livellato e di cuscinetto isolante contro l'azione aggressiva del terreno.

Lo spessore minimo dello strato, se non diversamente previsto dai documenti di progetto, è 10 cm.

L'ESECUTORE deve verificare che, prima di effettuare la posa in opera della malta di livellamento, le superfici siano accuratamente pulite.

### 1.6.9.2 Messa in opera delle casseforme

L'ESECUTORE deve comunicare preventivamente ad ACEA il sistema e le modalità esecutive che intende adottare per l'esecuzione dei getti, ferma restando l'esclusiva responsabilità dell'ESECUTORE stesso per quanto riguarda la progettazione e l'esecuzione delle opere provvisorie e della loro rispondenza a tutte le norme di legge e ai criteri di sicurezza che comunque possono riguardarle. Il sistema prescelto deve essere atto a consentire la realizzazione delle opere in conformità alle disposizioni contenute nel progetto.

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

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

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

#### Caratteristiche delle casseforme

## DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI

---

E' consentito l'uso di casseforme di tipo metallico, in legno o costituite da materiali fibrocompressi

Dimensioni e spessori devono essere tali da garantire la stabilità del posizionamento, eventualmente ricorrendo a opportuni irrigidimenti o controventature.

Per l'ottenimento di superfici a faccia vista con motivi o disegni in rilievo, l'ESECUTORE deve verificare che siano adottate specifiche matrici in conformità a quanto previsto dal progetto approvato.

Nel caso di getti all'aperto in condizioni di temperatura sfavorevole (prossime ai limiti di accettabilità previsti per il calcestruzzo) l'ESECUTORE deve utilizzare casseforme di legno per la loro minore conducibilità termica, e deve curare che le stesse siano eseguite con tavole a bordi paralleli e ben accostate, in modo che non abbiano a presentarsi, dopo il disarmo, sbavature o disuguaglianze sulle facce in vista del getto.

Nel caso di cassetta a perdere inglobata nell'opera, l'ESECUTORE deve verificarne la funzionalità se è elemento portante e la non dannosità se è elemento accessorio.

### Pulizia e trattamento

L'ESECUTORE deve avere cura che i casseri siano sempre puliti e privi di elementi che possano pregiudicare l'aspetto della superficie del conglomerato cementizio indurito e, quando necessario, prima di ogni getto, facendo uso di prodotti disarmanti disposti in strati omogenei continui. Non è consentito l'utilizzo di prodotti potenzialmente macchianti o in grado di alterare la superficie di calcestruzzo in faccia vista.

L'ESECUTORE deve accertarsi che su tutte le casseforme di una stessa opera sia utilizzato lo stesso prodotto disarmante.

L'ESECUTORE per l'impiego e le prove sui prodotti disarmanti deve fare riferimento a quanto indicato nelle norme UNI 8866 parti 1 e 2.

Nel caso di utilizzo di casseforme impermeabili, per ridurre il numero delle bolle d'aria sulla superficie del getto l'ESECUTORE deve fare uso di disarmante con agente tensioattivo secondo le modalità, tempistiche e quantità indicate dal produttore, o

## DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI

---

secondo le disposizioni di DL/AS, garantendo la vibrazione contemporaneamente al getto.

Per conglomerati cementizi colorati o con cemento bianco, nel caso di uso di disarmanti, l'ESECUTORE deve eseguire prove preliminari alla presenza di ACEA per dimostrare che il prodotto usato non alteri il colore.

### Legature delle casseforme e distanziatori delle armature

L'ESECUTORE deve verificare che i dispositivi che mantengono in posizione le casseforme, quando attraversano il conglomerato cementizio, non siano dannosi a quest'ultimo; ove possibile, gli elementi delle casseforme devono essere fissati nell'esatta posizione prevista usando fili metallici liberi di scorrere entro tubi di PVC o simile, questi ultimi destinati a rimanere incorporati nel getto di conglomerato cementizio; dove ciò non fosse possibile, l'ESECUTORE può adottare altri sistemi da concordare con ACEA.

Non è consentito l'uso di distanziatori di legno o metallici; sono ammessi distanziatori di plastica o in malta di cemento di forma cilindrica, semicilindrica o emisferica.

L'ESECUTORE deve verificare che la superficie del distanziatore a contatto con la cassaforma sia ridotta al minimo.

### Giunti tra gli elementi di cassaforma

L'ESECUTORE deve verificare che i giunti tra gli elementi di cassaforma siano realizzati con ogni cura al fine di evitare fuoriuscite di boiaccia, irregolarità e sbavature; può essere richiesto da progetto che tali giunti debbano essere evidenziati.

L'ESECUTORE deve verificare che le riprese di getto in corrispondenza dei giunti di cassaforma sulla faccia vista siano delle linee rette e, qualora richiesto da ACEA, siano marcate con gole o risalti in profondità, da sigillare opportunamente all'occorrenza.

### Controlli sulle casseforme

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, deve verificare la conformità delle casseforme riguardo ai seguenti punti:

- caratteristiche costruttive e strutturali;

- pulizia e trattamento;
- legature;
- giunti, in particolare nei punti di ripresa del getto;
- predisposizioni dei fori, delle tracce, delle cavità, ecc., previste nei disegni costruttivi;
- copriferro;
- prodotti disarmanti.

### **1.6.9.3 Posizionamento e realizzazione di gabbie di armatura e giunzioni**

L'ESECUTORE deve, per quanto possibile, assicurare che siano garantite le seguenti condizioni:

- composizione fuori opera delle gabbie di armatura;
- in corrispondenza di tutti i nodi devono essere eseguite legature doppie incrociate in filo di ferro ricotto di diametro non inferiore a 0,6 mm in modo da garantire l'invariabilità della geometria della gabbia durante il getto;
- posizione delle armature metalliche entro i casseri, utilizzando esclusivamente opportuni distanziatori;
- adozione di tutti gli accorgimenti necessari affinché le gabbie mantengano la posizione di progetto all'interno delle casseforme durante il getto.

Nel caso di gabbie assemblate con parziale saldatura, la stessa, se eseguita in cantiere, deve essere autorizzata da ACEA dietro preventiva presentazione di un'ídonea procedura di lavoro che espliciti le modalità di esecuzione, i materiali e le attrezzature, nonché le qualifiche dei saldatori.

In questo caso l'ESECUTORE deve effettuare prelievi di barre con elementi di staffa saldati da sottoporre a prove di trazione e di resistenza al distacco presso laboratori di cui al punto precedente, allo scopo di verificare anche che la saldatura non abbia provocato una riduzione di resistenza nelle barre.

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

Nel corso dei lavori ACEA possono comunque richiedere ulteriori prove di controllo sulle saldature eseguite.

Nel caso d'impiego di manicotti filettati per la giunzione delle barre, l'ESECUTORE deve consegnare preventivamente ad ACEA, per accettazione, le schede tecniche dei prodotti che intende utilizzare.

Devono essere eseguiti i controlli previsti per le forniture di acciaio indicati al capitolo della presente sezione di Capitolato.

In fase di posa e messa in opera deve essere eseguito prima del getto, il controllo, da parte di ACEA, della conformità ai disegni e alle specifiche relativamente a:

- dimensioni e sagome delle barre;
- posizionamento e regolarità delle maglie;
- valore delle sovrapposizioni;
- legature e distanziatori (secondo quanto indicato al punto precedente);
- maglia o terminale di messa a terra (se previsto);
- il controllo della pulizia dei ferri e degli eventuali inserti.

**1.6.9.4 Messa in opera del calcestruzzo****1.6.9.4.1 Attività preliminari alla fase di getto**

L'ESECUTORE è tenuto a presentare a ACEA, nei modi e nei tempi previsti dal Contratto, un programma dei getti che saranno eseguiti nella settimana lavorativa successiva, con indicazione di:

- data e ora di esecuzione del getto;
- ubicazione del getto (opera e parte d'opera);
- classe di resistenza del conglomerato cementizio, in accordo a quanto previsto dal progetto;
- metri cubi di calcestruzzo previsti;
- impianto di betonaggio di provenienza;
- riferimenti alla specifica documentazione di controllo approvata da ACEA.

Ogni variazione al programma deve essere comunicata (salvo casi dovuti a documentati motivi di sicurezza), in forma scritta, con un preavviso minimo di 1 giorno.

Inoltre l'ESECUTORE deve prevedere l'elaborazione di una procedura che specifichi le modalità di getto e di stagionatura delle opere parti d'opera da realizzare, da trasmettere preventivamente per informazione ad ACEA.

#### **1.6.9.4.2 Esecuzione dei getti**

L'ESECUTORE può iniziare le attività di getto solo dopo che ACEA abbia eseguito la verifica di conformità relativamente a piani di posa, casseforme, armatura, copriferro, inserti e quant'altro previsto dal progetto approvato. Al momento della messa in opera del conglomerato è obbligatoria la presenza di un responsabile tecnico dell'ESECUTORE

Nel caso di getti contro terra l'ESECUTORE deve controllare che siano state eseguite, in conformità alle disposizioni di progetto e/o alle disposizioni di ACEA:

- la pulizia delle superfici a contatto con il getto;
- la verifica del posizionamento di eventuali drenaggi, nonché la predisposizione dei mezzi per allontanamento aggettamento delle eventuali acque d'infiltrazione;
- la stesa di materiale isolante o di collegamento.

Resta inteso che l'ESECUTORE deve provvedere al ripristino di eventuali cedimenti dei piani di appoggio e delle pareti di contenimento.

L'ESECUTORE deve accertarsi che lo scarico del calcestruzzo dal mezzo di trasporto nelle casseforme avvenga con tutti gli accorgimenti atti a evitarne la segregazione. L'altezza massima di caduta libera del calcestruzzo fresco, misurata dall'uscita dello scivolo o della bocca del tubo convogliatore, è pari a 100 cm.

Il calcestruzzo deve essere posto in opera e vibrato con ogni cura in modo che le superfici esterne si presentino lisce e compatte, omogenee, perfettamente regolari, senza vespai o nidi di ghiaia ed esenti da macchie o chiazze.

Se non sia altrimenti stabilito in progetto, il calcestruzzo deve essere vibrato con un numero di vibratori a immersione o a parete determinato, prima di ciascuna

operazione di getto, in relazione alla classe di consistenza del calcestruzzo, alle caratteristiche dei vibratorii e alla dimensione del getto stesso; la durata della vibrazione è determinata dal tempo intercorso dall'immersione totale del vibratore fino all'affioramento in superficie della boiaccia. Per omogeneizzare la massa durante il costipamento di uno strato i vibratorii a immersione devono penetrare per almeno 5 cm nello strato inferiore.

Deve essere garantita la continuità del funzionamento delle attrezzature, anche mediante apparecchiature di riserva allo scopo di evitare rallentamenti e/o interruzioni delle operazioni di costipamento.

Per getti in pendenza devono essere predisposti dei cordolini di arresto che evitino la formazione di lingue di calcestruzzo troppo sottili per essere vibrare efficacemente.

La posa in opera deve essere eseguita mediante tubi-getto di ferro costituiti da segmenti di diametro fino a 25- 30 cm e lunghezza fino a 3 m, aventi nella parte superiore una tramoggia a imbuto per il calcestruzzo. La bocca inferiore del tubo così realizzato deve restare costantemente sotto il livello del calcestruzzo già gettato, in modo da favorirne la risalita. Per i getti di pali e micropali e per quelli di paratie di pali e diaframmi si rimanda alle prescrizioni indicate rispettivamente nelle sezioni che trattano tali argomenti nel presente capitolato.

L'ESECUTORE, nel caso di riprese di getto, previste da progetto o concordate con ACEA, al fine di assicurare un'adeguata continuità sia tra elementi strutturali contigui che tra parti di uno stesso elemento strutturale realizzate in tempi differenti, deve rispettare le prescrizioni di seguito riportate.

#### Getto di calcestruzzo fresco su calcestruzzo fresco

L'ESECUTORE deve accertare in fase di qualifica che le caratteristiche della miscela possiedano requisiti tali da rendere compatibili i due getti, tenendo presente il tempo necessario per il ricoprimento del primo getto, il mantenimento della lavorabilità nel tempo, il tempo di presa del calcestruzzo già gettato All'atto del getto dello strato successivo, la consistenza dello strato di primo getto deve essere almeno tale da permettere la penetrazione della vibrazione per uno spessore di qualche centimetro.

Per ottenere questi risultati l'ESECUTORE deve garantire tempi massimi per le interruzioni senza compromettere le caratteristiche di monolicità.

Getto di calcestruzzo fresco su calcestruzzo indurito

L'ESECUTORE deve predisporre una superficie di ripresa, realizzando una scarifica meccanica del calcestruzzo indurito, procedendo, prima del nuovo getto, al lavaggio della superficie di ripresa con acqua in pressione in modo da eliminare la malta e lasciare esposto l'aggregato grosso

L'eventuale utilizzo di prodotti filmogeni antievaporanti deve rispondere alla norma UNI 8656. L'ESECUTORE deve sottoporre all'approvazione di ACEA la documentazione tecnica sul prodotto e sulle modalità di applicazione, deve accertarsi che il materiale impiegato sia compatibile con prodotti di successive lavorazioni (ad esempio con il primer di adesione di guaine per impermeabilizzazione di solette); viceversa, prima di eseguire il successivo getto, si deve ravvivare la superficie.

Per strutture sotto falda e, comunque, ogni volta che sia prescritto dal progetto e/o richiesto da ACEA, dopo aver reso scabra la superficie di ripresa, l'ESECUTORE deve posare una malta o un betoncino di collegamento con caratteristiche, preliminarmente verificate e approvate da ACEA in qualifica, di tenuta all'acqua e di ritiro compensato e realizzare il nuovo getto sulla malta ancora fresca.

L'ESECUTORE deve verificare che tra le successive riprese di getto non vi siano distacchi, discontinuità o differenze di aspetto e colore; in caso contrario deve applicare adeguati trattamenti superficiali concordati con ACEA.

Getti in clima freddo

Conformemente a quanto indicato al punto precedente l'ESECUTORE deve verificare che la temperatura del calcestruzzo fresco al momento della consegna non sia minore di 5 °C. In condizioni di temperatura ambientale inferiore il getto può essere eseguito dietro il rispetto delle seguenti prescrizioni:

- nel caso in cui la temperatura dell'aria sia compresa fra ° C e 5° C, la produzione e la posa in opera del conglomerato cementizio devono essere sospese, a meno che non sia garantita una temperatura dell'impasto durante la fase di getto non inferiore a °C; l'ESECUTORE può ottenere il rispetto di tale limite di temperatura anche mediante un adeguato sistema di preriscaldamento degli inerti e o dell'acqua d'impasto

all'impianto di betonaggio, con l'avvertenza che la temperatura raggiunta dall'impasto non sia superiore a 25° C.

- per temperature comprese fra -4° C e 0° C l'ESECUTORE può eseguire esclusivamente getti relativi a fondazioni, pali e diaframmi, ferme restando le condizioni dell'impasto di cui al punto precedente.
- salvo specifiche prescrizioni di progetto, da sottoporre comunque a preventiva approvazione di ACEA, non si deve procedere all'esecuzione di getti quando la temperatura dell'aria esterna è inferiore a -4° C.

L'ESECUTORE deve inoltre adottare le seguenti ulteriori precauzioni:

- eseguire opportune protezioni dei getti, concordate preventivamente con ACEA, per permettere l'avvio della presa ed evitare la dispersione del calore di idratazione;
- eseguire una valutazione del tempo necessario al mantenimento delle cassaforme in relazione all'effettivo valore di temperatura ambientale;
- scegliere, per il getto, le ore più calde della giornata;
- in caso di presenza di neve e/o ghiaccio, prima del getto si deve accertarne l'avvenuta rimozione dai casseri, dalle armature e dal sottofondo.

#### Getti in clima caldo

Conformemente a quanto indicato al punto precedente, l'ESECUTORE deve verificare che la temperatura dell'impasto fresco, misurata all'arrivo in cantiere, non deve eccedere i 30°C; tale limite può essere superato qualora all'atto della qualifica della miscela sia stata prevista l'idoneità anche per temperature dell'ambiente superiori, mediante l'utilizzo di appositi additivi - come indicato al punto precedente al fine di garantire il mantenimento dei tempi di presa e della classe di consistenza di progetto.

La temperatura delle casseforme metalliche, se maggiore di 30°C, deve essere ricondotta a tale valore con tolleranza di 5°C mediante preventivi getti esterni di acqua fredda.

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

Per realizzare una miscela di calcestruzzo entro i limiti di temperatura sopra indicati l'ESECUTORE deve procedere al raffreddamento degli aggregati stoccati con getti di acqua fredda di cui si deve evitare il ristagno, prevedendo un adeguato drenaggio, già in fase di qualifica, tenendo conto nel dosaggio della miscela dell'eventuale assorbimento di acqua negli aggregati

Riguardo al mantenimento della classe di consistenza del calcestruzzo si deve fare riferimento a quanto indicato ai punti precedenti e in funzione del tipo di calcestruzzo come definito al punto precedente.

L'ESECUTORE per i getti in clima caldo, asciutto e ventilato deve:

- eseguire i getti al mattino, alla sera o di notte;
- impiegare cementi a basso calore d'idratazione;
- impiegare additivi superfluidificanti per il mantenimento della lavorabilità;
- a fine getto mantenere bagnate le superfici del calcestruzzo per almeno due giorni.

Per quanto non esplicitato o non in contrasto con le specifiche di cui sopra, si deve fare riferimento alla norma UNI EN 13670.

**1.6.9.4.3 Controllo termico del calcestruzzo**

Conformemente a quanto indicato al punto precedente, l'ESECUTORE deve eseguire il controllo termico dei getti in corso d'opera secondo le modalità di seguito indicate

*Calcestruzzi di tipo C1*

L'ESECUTORE deve predisporre idonea strumentazione (termocoppie) al fine di:

- verificare che, sul primo manufatto parte d'opera getto realizzato con miscela omogenea, risulti:  $\Delta T_{1max} < 40^{\circ}C$  (differenza tra la temperatura del calcestruzzo fresco al momento del getto e la temperatura massima di picco, misurata nel nucleo della struttura considerata);
- definire, per ogni condizione di temperatura ambiente, i tempi di cassetatura in modo che risulti:  $\Delta T_{2max}$

< 20°C (differenza tra la massima temperatura registrata con la sonda posizionata all'estradosso della gabbia di armatura o, in assenza di armatura, a 3 cm dal cassero e la temperatura ambiente).

### Calcestruzzi di tipo C2

L'ESECUTORE deve predisporre idonea strumentazione (termocoppie) al fine di:

- verificare che, sul primo manufatto parte d'opera getto realizzato con miscela omogenea, risulti:  $\Delta T_{1max}$   
< 50°C (differenza tra la temperatura del calcestruzzo fresco al momento del getto e la temperatura massima di picco, misurata nel nucleo della struttura considerata);
- definire, per ogni condizione di temperatura ambiente, modalità e tempi di cassetatura in modo che, fino alla rimozione dei casseri, siano verificate entrambe le seguenti condizioni:  $\Delta T_{2max} < 20^\circ\text{C}$  (differenza tra la massima temperatura registrata con la sonda posizionata all'estradosso della gabbia di armatura o, in assenza di armatura, a 3 cm dal cassero e la temperatura ambiente) e  $\Delta T_{3max} \leq 0^\circ\text{C}$  (differenza tra la temperatura del nucleo e la massima temperatura all'estradosso della gabbia di armatura o, in assenza di armatura, a 3 cm dal cassero).

Qualora si rendesse necessario, in mancanza di specifiche indicazioni progettuali, l'ESECUTORE deve sottoporre ad approvazione di ACEA particolari accorgimenti da adottare per il rispetto delle suddette condizioni di temperatura (es. serpentine di raffreddamento o altro sistema).

### Calcestruzzi di tipo F1 ed F2

L'ESECUTORE deve predisporre idonea strumentazione (termocoppie) al fine di verificare che sul primo manufatto parte d'opera getto realizzato con miscela omogenea, risulti:  $\Delta T_{1max} < 40^\circ\text{C}$  (differenza tra la temperatura del calcestruzzo fresco al momento del getto e la temperatura massima di picco, misurata nel nucleo della struttura considerata).

### Calcestruzzi di tipo F3

L'ESECUTORE deve predisporre idonea strumentazione (termocoppie) al fine di:

- verificare che sul primo manufatto parte d'opera getto realizzato con miscela omogenea, risulti:  $\Delta T_{1max} < 35^{\circ}C$  (differenza tra la temperatura del calcestruzzo fresco al momento del getto e la temperatura massima di picco, misurata nel nucleo della struttura considerata);
- definire, per ogni condizione di temperatura ambiente, modalità e tempi di casseratura in modo che, fino alla rimozione dei casseri, siano verificate entrambe le seguenti condizioni:  $\Delta T_{2max} < 20^{\circ}C$  (differenza tra la massima temperatura registrata con la sonda posizionata all'estradosso della gabbia di armatura o, in assenza di armatura, a 3 cm dal cassero e la temperatura ambiente) e  $\Delta T_{max} \leq \quad ^{\circ}C$  (differenza tra la temperatura del nucleo e la massima temperatura all'estradosso della gabbia di armatura o, in assenza di armatura, a 3 cm dal cassero).

#### Calcestruzzi di tipo G

L'ESECUTORE deve predisporre idonea strumentazione (termocoppie) al fine di verificare che sul primo manufatto parte d'opera getto realizzato con miscela omogenea, risulti:  $\Delta T_{1max} < 40^{\circ}C$  (differenza tra la temperatura del calcestruzzo fresco al momento del getto e la temperatura massima di picco, misurata nel nucleo della struttura considerata).

Qualora si rendesse necessario, in mancanza di specifiche indicazioni progettuali, l'ESECUTORE deve sottoporre ad approvazione di ACEA particolari accorgimenti per il rispetto delle suddette condizioni di temperatura (es. serpentine di raffreddamento o altro sistema).

#### **1.6.9.5 Stagionatura del calcestruzzo**

L'ESECUTORE deve verificare che i metodi e la durata della stagionatura siano conformi a quanto stabilito dal progetto approvato, in modo da garantire:

a) la prescritta resistenza;

b) l'assenza di fessure o cavillature in conseguenza del ritiro per rapida essiccazione delle superfici di getto o per sviluppo di elevati gradienti termici all'interno della struttura.

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

L'ESECUTORE deve quindi prevedere per il periodo di stagionatura adeguati sistemi di protezione al fine di garantire al calcestruzzo il raggiungimento delle migliori caratteristiche sia al suo interno che in superficie.

Le protezioni messe in atto dall'ESECUTORE hanno lo scopo di impedire o quantomeno ridurre sensibilmente:

- l'essiccazione della superficie del calcestruzzo, evitando la minore idratazione del cemento che, in corrispondenza della zona del copriferro, è fonte di potenziale permeabilità di sostanze esterne;
- il rischio di fessurazione per effetto del ritiro igrometrico che comporta un'accelerata carbonatazione dello strato di copriferro cui può corrispondere un rischio di corrosione delle armature e comunque una minore resistenza meccanica locale;
- nel caso di basse temperature il congelamento dell'acqua d'impasto e il rapido raffreddamento del getto, dovuti alla differenza di temperatura tra il manufatto e l'ambiente e quindi possibili cause di generazione di stati fessurativi.

La durata di una corretta stagionatura può essere ricondotta allo sviluppo della resistenza del calcestruzzo. A questo riguardo l'ESECUTORE può fare riferimento alla tabella 16 della norma UNI EN 206 in cui è indicata una classificazione in funzione del rapporto tra la resistenza media a compressione a 2 gg e quella a 28 gg, da intendersi determinato sulla base dei risultati di qualifica della miscela. A questo riguardo, sulla base dei medesimi dati di qualifica, l'ESECUTORE determinerà un tempo minimo per le operazioni di scasso (esulante dalle comunque prioritarie considerazioni di natura statica), analizzando, tra gli altri parametri, la curva di sviluppo della resistenza in funzione del tempo.

I metodi di stagionatura previsti dall'ESECUTORE devono essere preventivamente sottoposti all'esame di ACEA che può richiedere apposite verifiche sperimentali.

Nel caso si prevedano nelle ore successive al getto temperature dell'aria minori di °C o maggiori di °C l'ESECUTORE deve utilizzare esclusivamente casseri in legno o coibentati sull'intera superficie del getto ed eventualmente teli isolanti.

I materiali coibenti di cui l'ESECUTORE può fare utilizzo sono:

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

- fogli di polistirolo o poliuretano espanso, tagliati e fissati ai casseri;
- fogli di lana di roccia ricoperti da fodere di polietilene;
- fogli di schiuma vinilica;
- schiume poliuretatiche spruzzate sull'esterno della cassaforma

Per un più efficace utilizzo, tali materiali devono essere sempre protetti dall'umidità con teloni impermeabili

Si deve provvedere al mantenimento del corretto grado di umidità delle superfici per almeno le prime 48 ore dopo il getto, mediante utilizzo di prodotti filmogeni applicati a spruzzo, ovvero mediante continua bagnatura con serie di spruzzatori d'acqua o con altri idonei sistemi.

Per la verifica della corretta e migliore stagionatura ACEA potrà richiedere all'ESECUTORE l'utilizzo di apposite termocoppie in grado di rilevare la temperatura del calcestruzzo in prestabilite differenti parti della struttura (nucleo, periferia, copriferro interno), secondo le indicazioni del precedente punto.

L'ESECUTORE durante il periodo di stagionatura deve evitare che i getti subiscano urti, vibrazioni e sollecitazioni di ogni genere.

Per quanto non previsto dal presente Capitolato si può fare utile riferimento alla norma UNI EN 13670.

**1.6.9.6 Azioni di disarmo**

L'ESECUTORE può procedere alla rimozione delle casseforme quando siano stati raggiunti i tempi di maturazione preventivamente determinati in funzione della minima resistenza ottenuta per la struttura e dal sufficiente grado d'idratazione raggiunto dal calcestruzzo, o secondo quanto indicato nel progetto approvato.

Eventuali elementi metallici, quali chiodi o reggette, che dovessero sporgere dai getti, devono essere tagliati almeno 1 cm sotto la superficie finita e gli incavi risultanti accuratamente sigillati con malta fine di cemento ad alta adesione.

### **1.6.9.7 Caratteristiche superficiali dei getti**

Per le superfici a faccia-vista, affinché il colore superficiale del calcestruzzo risulti il più possibile uniforme, l'ESECUTORE deve verificare e garantire che il cemento utilizzato in ciascuna opera provenga dallo stesso cementificio e sia dello stesso tipo e classe, che la sabbia provenga dalla stessa cava e abbia granulometria e composizione costante nel tempo.

Analogamente l'ESECUTORE deve garantire per le singole parti un medesimo trattamento di stagionatura, curando che l'essiccamento della massa del calcestruzzo sia lento e uniforme e il calcestruzzo risulti privo di efflorescenze; qualora queste ultime apparissero, sarà onere dell'ESECUTORE procedere alla tempestiva eliminazione mediante spazzolatura.

L'ESECUTORE deve evitare l'insorgenza di macchie di ruggine sulle superfici finite di calcestruzzo causabili dalla presenza temporanea dei ferri di ripresa scoperti e a diretto contatto con l'acqua piovana.

Nessun ripristino può essere eseguito dopo il disarmo del calcestruzzo senza il preventivo benestare di ACEA, che deve autorizzare i materiali e la metodologia d'intervento proposti dall'ESECUTORE sulla base della causa e della tipologia del difetto. A questo riguardo l'ESECUTORE deve rispettare le indicazioni contenute nelle norme UNI EN 1504.

## **1.6.10 ELEMENTI PRECOMPRESI**

### **1.6.10.1 Posizionamento delle armature di precompressione**

L'ESECUTORE deve attenersi rigorosamente alle disposizioni contenute nel progetto approvato, in particolare per quanto riguarda:

- il tipo, il tracciato, la sezione dei singoli cavi;
- i dispositivi speciali come ancoraggi fissi, mobili, intermedi, manicotti di ripresa, ecc.;
- le fasi di applicazione della precompressione;
- la messa in tensione (da uno o da entrambi gli estremi);

- le eventuali operazioni di ritaratura delle tensioni.

Fatte salve indicazioni di progetto al riguardo, al fine di preservare le armature metalliche delle strutture in cemento armato precompresso dall'azione corrosiva delle correnti vaganti, l'ESECUTORE è tenuto a collegare tutti i ferri delle armature di precompressione tra loro nelle testate delle strutture mediante un conduttore di acciaio collegato ad un terminale da realizzare con un tondino di ferro dolce del diametro di 24 mm e sporgente dalla struttura per una lunghezza non inferiore a 20 cm.

Qualora tale procedimento non fosse possibile e, per motivi di sicurezza inerenti l'integrità delle armature di precompressione, sia prevista da progetto l'adozione di tecniche d'isolamento alternative, l'ESECUTORE deve verificare che i prodotti indicati siano idonei allo scopo e abbiano ottenuto l'approvazione di ACEA.

L'ESECUTORE, relativamente alla conformità dei manufatti in conglomerato cementizio armato precompresso, oltre a rispettare le prescrizioni di progetto, deve verificare quanto indicato nel paragrafo circa le tolleranze costruttive.

#### **1.6.10.2 Tesatura dei cavi di precompressione**

L'ESECUTORE deve effettuare i controlli di conformità alle specifiche di progetto secondo i seguenti punti:

- a) Preliminarmente alla messa in opera

L'ESECUTORE, prima delle operazioni di messa in tensione, deve redigere una relazione tecnica in cui dettagliare le modalità di applicazione della precompressione da trasmettere per approvazione ad ACEA.

I cavi d'armatura e i dispositivi speciali devono essere forniti di documentazione riportante:

- la provenienza e l'identificazione del lotto;
  - l'idoneità del materiale;
  - le certificazioni delle caratteristiche dei materiali.
- b) Al momento del posizionamento L'ESECUTORE deve verificare la conformità:
- del tipo e della geometria di ogni singolo cavo;
  - dei dispositivi speciali (ancoraggi fissi, mobili, intermedi, manicotti di ripresa);

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

- dell'avvenuta predisposizione dei tubi di sfiato per le guaine secondo le indicazioni di progetto
- c) Al momento della messa in tensione dei cavi

L'ESECUTORE deve verificare che:

- la messa in tensione delle armature avvenga con apparecchiature corredate di certificazioni di taratura del dispositivo completo (martinetto+centralina); si devono utilizzare martinetti monotrefolo dotati di dispositivo che impedisca la rotazione del trefolo durante le fasi di tesatura;
  - le operazioni di tesatura e delle eventuali ritesature delle armature siano registrate in specifica documentazione di controllo riportante i valori dei tassi di precompressione e degli allungamenti totali o parziali di ogni cavo.
- d) Controlli sul lavoro finito

ACEA, nel caso in cui non abbiano avuto garanzia della perfetta riuscita dell'intasamento delle guaine, potranno richiedere all'ESECUTORE l'effettuazione di prove di tipo endoscopico su almeno il % dei cavi di precompressione e in almeno 3 punti per ogni cavo (estremità e mezzeria nel caso di travi appoggiate, comunque in relazione all'andamento del tracciato).

In caso di esito negativo delle suddette prove, si procederà all'estensione del controllo secondo insindacabile giudizio di ACEA.

**1.6.10.3 Dispositivi di ancoraggio**

L'ESECUTORE deve verificare che i dispositivi di ancoraggio di estremità da impiegarsi per la precompressione a cavi scorrevoli (post-tensione) siano del tipo pressofuso e monoblocco. Tali dispositivi ai sensi del DM 17/01/2018 - p. 11.5 e dalla Circolare 617 C.S.LL.PP. 02/02/09 - p.11.5.1 devono essere dotati di marchio CE in conformità a specifico Benestare Tecnico Europeo, ovvero, mediante certificazione di idoneità tecnica a valenza esclusivamente nazionale, rilasciata dal S.T.C. del Ministero delle Infrastrutture.

Per le modalità di utilizzo di tali dispositivi (geometrie, dimensioni, distanze mutue e dal bordo della carpenteria, frettaggio, armature di dettaglio, etc.) l'ESECUTORE deve rispettare quanto riportato nei certificati di omologazione depositati.

#### **1.6.10.4 Guaine ed iniezioni di malta**

Per le caratteristiche delle guaine di acciaio, se previste in progetto, l'ESECUTORE deve fare riferimento ai requisiti minimi indicati nella norma UNI EN 523 – prospetto 1.

Per le guaine di plastica (pvc) della post-precompressione interna e aderente l'ESECUTORE deve rispettare le prescrizioni riportate nel Fib Bulletin 7 dal titolo "Guaine corrugate plastiche per post-tensione interna aderente (Corrugated plastic ducts for internal bonded post-tensioning)" del Gennaio 2000.

Nelle strutture in cemento armato precompresso con cavi scorrevoli, allo scopo di assicurare l'aderenza e soprattutto proteggere i cavi dalla corrosione, l'ESECUTORE deve iniettare le guaine utilizzando una pasta di cemento fluida, a ritiro compensato e con adeguata resistenza meccanica, costituita da cemento, additivi ed acqua, non contenente cloruri o agenti che provochino espansione con formazione di gas aggressivi.

Eventuali additivi da impiegare per le malte devono rispondere ai requisiti della norma UNI EN 934-

L'ESECUTORE deve procedere, prima dell'impiego, alle prove di qualificazione della malta cementizia che intende utilizzare e ottenerne l'approvazione da parte di ACEA

#### **Caratteristiche della miscela fluida e relativi controlli**

Per la qualificazione della pasta cementizia l'ESECUTORE deve eseguire oltre alle prove atte a determinare il soddisfacimento dei requisiti di base definiti dalla UNI-EN 447, utilizzando i metodi di prova definiti dalla UNI EN 445, anche i seguenti accertamenti:

- qualificazione delle materie costituenti la miscela, secondo le prescrizioni e modalità indicate nella sezione relativa alla qualificazione del calcestruzzo;
- verifica dell'assenza di cloruri, polvere di alluminio, coke o altri agenti che provocano espansione mediante formazione di gas;

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

- determinazione della massa volumica della miscela fresca che deve risultare  $\geq$  , t m ;
- verifica dell'essudazione che non dovrà essere superiore al 2% del volume iniziale della miscela;
- determinazione dell'espansione, misurata in acqua dopo 2 giorni, che deve essere superiore al 4%;
- misurazione del tempo di inizio presa a 30 °C, misurato secondo la Norma UNI-EN 196/3, che deve essere superiore a tre ore ed il tempo di fine presa che deve essere inferiore a 6 ore, ad umidità relativa del %

L'ESECUTORE effettuerà le prove suddette presso un laboratorio di cui ai punti precedenti della presente sezione di Capitolato.

*Modalità di preparazione e iniezione*

L'ESECUTORE deve verificare prima della fase di iniezione che:

- l'impastatrice sia del tipo ad alta velocità con almeno 1500-2000 giri/min. E' vietato l'impasto a mano, e il tempo di mescolamento è fissato di volta in volta in base ai valori del cono di Marsh;
- prima della fase d'iniezione la miscela sia vagliata con setaccio avente maglia di 2 mm di lato; il trattenuto deve essere scartato;
- nel caso d'iniezione con pompa sia prescritta la presenza di tubi di sfiato in corrispondenza di tutti i punti più elevati di ciascun cavo, comprese le trombette e i cavi terminali. I tubi di sfiato devono essere presenti anche nei punti più bassi dei cavi lunghi e con forte dislivello;
- nel caso d'iniezione sottovuoto questa sia eseguita utilizzando un'apposita attrezzatura aspirante in grado di creare e mantenere, con la valvola di ingresso chiusa, una depressione di almeno 25 kPa nella guaina da iniettare per almeno 1 minuto. Inoltre si richiede che:
  - la pompa aspirante abbia una portata nominale di almeno 30 m<sup>3</sup>/h e sia accoppiata a un'ídonea attrezzatura equipaggiata da contaltri per la misura del volume della guaina da iniettare;

- l'iniezione possa essere eseguita solo dopo aver misurato il volume della guaina e verificato la possibilità di mantenere stabilmente nella medesima la depressione prescritta.

Durante l'iniezione l'ESECUTORE deve verificare che:

- le iniezioni siano eseguite possibilmente entro 7 giorni e comunque non oltre 15 gg dalla messa in tensione delle armature di precompressione;
- le condizioni climatiche (temperatura e presenza di gelo) siano tali da assicurare che la temperatura della struttura sia non inferiore a °C nelle ore seguenti all'iniezione, e comunque garantendo l'utilizzo di apposita malta antigelo con tenore di 6- % di aria occlusa;
- non vi siano possibilità d'infiltrazioni di aria nella guaina all'atto dell'immissione della pasta e per tutto il tempo dell'iniezione; gli eventuali punti d'infiltrazione devono essere individuati e sigillati
- la pompa venga mantenuta in funzione fin quando la pasta non fuoriesce dal lato opposto della guaina in quantità almeno pari al volume equivalente a 50 cm di guaina, in modo da assicurare la completa rimozione di eventuali emulsioni protettive del cavo;
- la depressione nella guaina non superi i 35 kPa;
- il volume di pasta iniettata sia pressoché uguale al volume della guaina;
- quando la pasta fuoriesce dal lato opposto, si provveda a chiudere con una valvola il condotto di fuoriuscita e si prosegua a pompare fino a raggiungere la pressione di 500 kPa che deve essere mantenuta senza pompare per almeno 1 minuto;
- l'iniezione sia continua e non venga assolutamente interrotta. Nel caso d'interruzione superiore a minuti il cavo venga lavato e l'iniezione ripresa dall'inizio;
- provveda con appositi contenitori, affinché la miscela di sfrido non venga scaricata sull'opera o attorno ad essa;
- durante le fasi di iniezione delle guaine, sia eseguita la misura del rapporto a/c e della fluidità sulla pasta cementizia in uscita ed in entrata per ogni

impasto;

- l'iniezione continui finché la fluidità della pasta cementizia in uscita non sia analoga a quella della pasta cementizia in entrata con una tolleranza di  $\pm 4$  secondi;
- nel caso d'interruzione di iniezione, sia controllato che il tempo intercorso fino alla ripresa delle operazioni rimanga inferiore a 5 minuti, annotando gli orari di interruzione e di ripresa.

### **1.6.11 ELEMENTI PREFABBRICATI**

Per quanto riguarda il trasporto, la movimentazione e le tecniche di messa in opera degli elementi e del complesso strutturale, l'ESECUTORE dovrà fare riferimento ai documenti di progetto i quali dovranno contenere tutte le indicazioni del caso, come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni

- DM 17/01/2018, nel rispetto delle responsabilità e competenze delle diverse figure professionali stabilite dalle stesse norme.

Come prescritto al par. 11.8.1 del DM17/01/2018, gli elementi costruttivi di produzione occasionale (ad esempio quelli realizzati in impianti temporanei di prefabbricazione esterni al cantiere o allestiti a piè d'opera devono comunque essere realizzati attraverso processi sottoposti a un sistema di controllo della produzione, secondo quanto indicato ai paragrafi 11.8.2, 11.8.3, 11.8.4 (per quanto esplicitamente applicabile al campo della produzione occasionale) della citata norma.

Per le definizioni e le caratteristiche di conformità degli elementi prefabbricati prodotti in serie dichiarata e controllata si rimanda al par. 4.1.10 del DM 17/01/2018.

L'ESECUTORE dovrà far pervenire ad ACEA, all'atto della fornitura, i documenti di accompagnamento previsti al par. 11.8.5 del DM 17/01/2018., in particolare ACEA controllerà che gli ambiti di competenza di ciascuna figura professionale richiamata nel citato decreto siano stati rispettati.

In caso di prodotti per i quali sia prescritta la marcatura CE, l'ESECUTORE dovrà consegnare ad ACEA, all'atto della fornitura, tutta la documentazione inerente la marcatura CE dei manufatti.

#### **1.6.11.1 Controlli in fase di produzione degli elementi**

Di seguito si riportano gli ulteriori controlli che l'ESECUTORE deve eseguire relativamente alla miscela di calcestruzzo:

##### Calcestruzzi di tipo A1

- test di spandimento secondo norma UNI EN 12350- per l'accertamento visivo dell'assenza di segregazione;
- controllo del valore di  $R_{ckj}$  misurato su provini stagionati in vasca di maturazione accelerata con lo stesso ciclo di vapore adottato per il manufatto e controllato mediante sonde di registrazione nel calcestruzzo fresco;
- controllo della resistenza caratteristica a trazione indiretta  $f_{ctkj}$  (UNI EN 12390- ;
- controllo del modulo di elasticità del calcestruzzo (UNI EN 12390-

##### Calcestruzzi di tipo B1 e B2

- verifica del valore di  $R_{ckj}$  allo scassero e del valore di penetrazione all'acqua (UNI EN - .

Di seguito si riportano gli ulteriori controlli che l'ESECUTORE deve eseguire relativamente al processo di produzione:

- le tolleranze sui casseri e sul posizionamento delle armature, quando non diversamente prescritto nel progetto approvato, devono essere conformi a quanto contenuto nel par 6.5.15;
- le operazioni di posa del calcestruzzo siano tali da consentire la necessaria compattazione con idonei strumenti e tali da escludere la possibilità di segregazione del calcestruzzo;
- in fase di stagionatura, nel caso di maturazione naturale, si devono evitare condizioni ambientali estreme, in termini di temperatura, umidità e ventilazione.

In fase di stagionatura, nel caso di maturazione accelerata mediante trattamento termico a vapore, l'ESECUTORE deve determinare, in sede di qualifica, per via sperimentale il ciclo di maturazione più idoneo al raggiungimento delle caratteristiche strutturali richieste nei tempi dettati dal ciclo produttivo dichiarato; tale piano di stagionatura deve essere approvato da ACEA.

In questa circostanza l'ESECUTORE deve inoltre:

- garantire l'ottenimento di manufatti privi di cavillature, lesioni, ed effetti pregiudizievoli nell'aderenza dell'armatura;
- controllare le temperature e i tempi di detto ciclo mediante misure in continuo nell'ambiente di stagionatura e all'interno dei provini di calcestruzzo, utilizzando sonde o apparecchiature equivalenti in grado di registrare l'andamento delle temperature nel tempo;
- verificare che il tempo di prestagionatura, alla temperatura massima di 30 °C, non sia minore di due ore;
- verificare che la velocità di riscaldamento non sia superiore a 20°C/h;
- verificare che la temperatura del punto più caldo all'interno del calcestruzzo non sia superiore a 60 °C;
- verificare che la fase di raffreddamento abbia una durata tale da garantire il raggiungimento della temperatura del manufatto a valori prossimi a quelli ambiente.

Nel caso di produzione occasionale degli elementi l'ESECUTORE deve assicurare inoltre che siano trascritti nel registro di produzione i seguenti dati:

- caratteristiche dei materiali impiegati;
- data e ora di inizio e fine getto;
- data e ora di rilascio di trecce/trefoli (per strutture pre-tese) o di tesatura dei cavi o barre (per strutture post-tese);
- tensione di tesatura delle armature di precompressione;
- per i manufatti pre-tesi allungamento a campione sul 30% di trecce/trefoli diritti e su tutti quelli eventualmente deviati;

## DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI

---

- per i manufatti post-tesi allungamento parziale e totale di ogni cavo o barra. In tale circostanza l'ESECUTORE deve inoltre effettuare la prova di carico su almeno i primi tre elementi prodotti a n. 3 cicli di carico, la cui entità e modalità di applicazione deve essere prevista nel documento di controllo dell'opera

Prima di procedere allo scassero dei manufatti, e all'eventuale taglio dei trefoli nel caso di elemento precompresso, l'ESECUTORE deve accertare che sia trascorso il tempo necessario previsto dal piano di stagionatura e che il calcestruzzo abbia raggiunto la resistenza richiesta per quest'operazione, tenendo conto dell'attrito della cassaforma, delle azioni dinamiche, della posizione dei punti di sollevamento.

Nel caso di elementi prefabbricati precompressi l'ESECUTORE deve inoltre verificare che:

- il documento di controllo riporti il dettaglio delle grandezze da misurare, che deve comprendere almeno la verifica della deformata e, per un elemento ogni 10 prodotti, il controllo dimensionale rigoroso che, salvo limitazioni più restrittive previste in progetto, deve rispettare i valori indicati;
- nel caso delle travi sia sempre misurato sia l'accorciamento assiale che le contrefrecce; per un elemento ogni cinque questa misura andrà ripetuta dopo 3 giorni dalla tesatura e poi settimanalmente per tutta la fase di stoccaggio del manufatto;

### **1.6.11.2 Marcatura e stoccaggio**

Ogni elemento prefabbricato deve riportare il numero di matricola, conformemente ai disegni o al catalogo di produzione, in modo da permetterne in qualsiasi momento l'identificazione

Deve inoltre essere marcata la data di produzione e il peso dell'elemento qualora lo stesso costituisca parte strutturale dell'opera

L'ESECUTORE deve garantire che:

- i materiali vengano posti a stoccaggio in maniera propria, evitando qualsiasi danneggiamento e la costante esposizione di una parte del manufatto a condizioni sistematicamente diverse dalla rimanente;
- sia rispettata la posizione dei punti di appoggio come da progetto, in modo

da non indurre o favorire deformazioni lente e/o variazioni dimensionali tali da pregiudicare il montaggio stesso e/o un rilassamento dei cavi di precompressione non ammissibile;

- siano utilizzati appoggi per lo stoccaggio che riducano al minimo le tensioni interne per dilatazione o ritiro;
- sia indicato il tempo minimo e massimo di stoccaggio.

### **1.6.11.3 Trasporto e movimentazione**

L'ESECUTORE deve garantire che modalità e tempi di trasporto del manufatto siano tali da evitare danneggiamenti allo stesso. A tal fine si rappresenta che:

- per il calcolo delle sollecitazioni durante queste fasi, qualora non diversamente determinato, si assumerà un'azione dovuta al peso proprio maggiorato del 30% per il trasporto su strada e del 20% per il trasporto in area di cantiere;
- nel caso di trasporto su strada, le azioni indotte dalla frenatura e dalla geometria stradale non possano compromettere l'integrità degli elementi;
- prima di effettuare la movimentazione dei manufatti deve essere accertata l'idoneità in termini di minima resistenza raggiunta;
- la movimentazione dei manufatti deve avvenire esclusivamente attraverso gli appositi dispositivi di ancoraggio incorporati nel manufatto medesimo.

## **1.6.12 CALCESTRUZZI SPECIALI**

### **1.6.12.1 Calcestruzzo proiettato**

L'impiego del calcestruzzo proiettato è soggetto al rispetto delle prescrizioni contenute nelle norme EN 14487-1 ed EN 14487-2; ad esse l'ESECUTORE deve attenersi per quanto non espressamente indicato nei punti successivi della presente sezione di Capitolato.

#### **1.6.12.1.1 Classificazione e designazione**

Il calcestruzzo proiettato dovrà essere designato indicando almeno:

- classe di resistenza a compressione

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

- classe di esposizione ambientale
- classe di resistenza del calcestruzzo proiettato giovane
- classe contenuto cloruri
- diametro massimo dell'aggregato

In presenza di fibre nella miscela, dovrà essere precisata anche la classe di assorbimento dell'energia di deformazione.

Ulteriori requisiti potranno essere indicati negli elaborati progettuali in funzione delle specificità operative. E' definita una classificazione del calcestruzzo proiettato in funzione dei parametri di seguito indicati: Classe di resistenza

In analogia con la norma UNI EN 206, le resistenze di riferimento dei calcestruzzi proiettati sono valutate su provini estratti per carotaggio in opera o da pannelli di prova e sono espresse in termini di resistenza caratteristica cilindrica con una sigla del tipo cp-fck. Per le prove le carote devono avere altezza pari al diametro; questo deve essere sempre maggiore ad almeno 3 volte la massima dimensione degli inerti di pezzatura maggiore con un minimo di 8 cm. La determinazione della classe di resistenza alla compressione monoassiale deve avvenire in conformità alla norma EN 12504-1 ed EN 13791.

Destinazione d'uso	Sigla	Classe di resistenza a compressione minima	Classe di assorbimento energetico minima (fibrorinforzato) (norma EN 14487)	Classe di sviluppo della resistenza minima a compressione a breve termine (norma EN 14487)	Impiego
Temporaneo non strutturale	TN	C 16/20	-	-	Sottofondi – Rimpimenti
		C 16/20	E 700	J1	Protezione di scarpate provvisorie
		C 16/20	E 700	J1	Protezione superficiale
Permanente non strutturale	PN	C 16/20	-	-	Rimpimenti
		C 16/20	E 700	J1	Protezione di scarpate
		C 16/20	-	-	Impermeabilizzazioni
Permanente strutturale	PS	C 25/30	E 700	-	Rivestimenti di gallerie
			E 700	-	Rivestimenti armati di scarpate
			E 700	-	Strutture monoguscio – Riparazioni
Temporaneo strutturale	TS	C 25/30	E 700	J2	Rivestimenti di prima fase di gallerie
		C 25/30	E 700	J1	Protezione superficiale

### Campo di impiego.

Nella tabella sono indicate le resistenze minime richieste in termini di resistenza caratteristica cilindrica su carota, la classe di assorbimento energetico (se fibrorinforzato) e lo sviluppo della resistenza nelle prime 24 ore.

In funzione del campo d'impiego deve essere definita la classe di esposizione conformemente a quanto indicato al punto precedente.

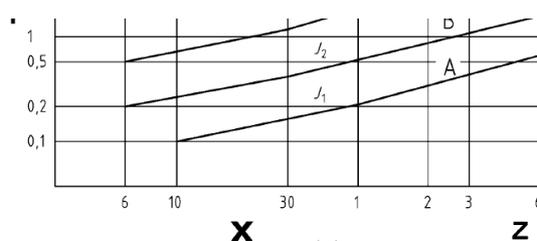
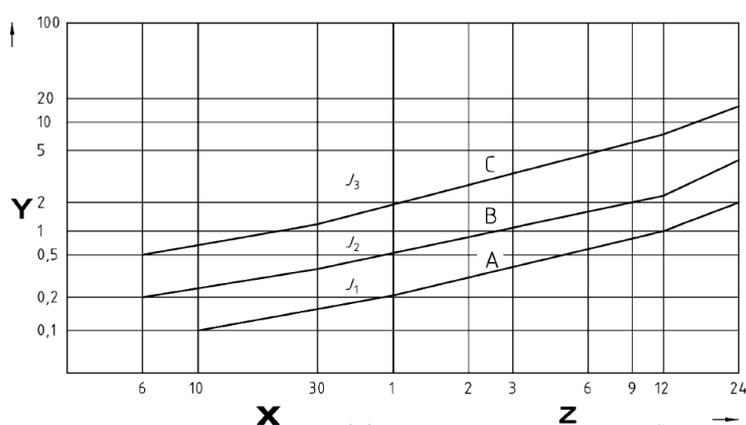
### Sviluppo delle resistenze meccaniche del calcestruzzo giovane (fino a 24 ore).

In questo caso sono previste tre classi di sviluppo di resistenza in base al valore raggiunto dal calcestruzzo a determinate scadenze temporali come indicato nella norma EN 14487.

Energia di deformazione assorbita.

In questo caso si valuterà l'assorbimento dell'energia di deformazione secondo il procedimento indicato nella norma EN 14488-

Dalla piastra oggetto di punzonamento dovrà essere ricavata una coppia di carote per la successiva determinazione del contenuto di fibre secondo UNI EN 14487



**Key**

X Minutes

Y Compressive strength  $f_G$  in  $\frac{N}{mm^2}$

Z Hours

Sviluppo delle resistenze del calcestruzzo proiettato a breve termine

**1.6.12.1.2 Caratteristiche dei componenti**

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

Per ciascun componente, ad esclusione degli inerti lapidei, deve essere disponibile una scheda tecnica e una scheda di sicurezza redatte in conformità alle prescrizioni della Direttiva CEE 91/155.

Cemento

Si rimanda a quanto indicato ai paragrafi precedenti e alla norma UNI EN 14487-

Il minimo contenuto di cemento nella miscela base non deve essere minore di 300 kg/mc

Aggiunte per la miscela base

Qualora si debbano impiegare pigmenti quali aggiunte, questi non devono indurre reazioni nocive con la pasta cementizia o con gli additivi; l'efficacia e il dosaggio devono essere verificati mediante prove preliminari in condizioni analoghe a quelle operative.

L'utilizzo di fibre, sintetiche e o metalliche, deve essere stabilito in relazione ai requisiti prestazionali e di durabilità previsti per il calcestruzzo proiettato; le specifiche di progetto devono definire il tipo di fibra, la sua forma, il dosaggio e la modalità d'immissione che deve essere tale da assicurare una distribuzione omogenea nella massa di calcestruzzo.

Su ogni singola confezione deve essere stampigliata la marcatura CE con il riferimento alla norma EN 14889-1 per le fibre metalliche ed EN 14889-2 per le fibre polimeriche, la sigla commerciale, la massa contenuta, la data e il luogo di produzione e il riconoscimento della partita al fine di individuare univocamente il materiale. La marcatura dovrà altresì riportare :

- la tipologia di fibra con la destinazione d'uso;
- materiale costituente la fibra;
- la classe (fibre polimeriche) rif EN 14889-2 o il gruppo (fibre di acciaio) rif EN 14889- ;
- la lunghezza, il diametro medio delle fibre e il rapporto di aspetto;
- la resistenza a trazione ed il modulo elastico delle fibre;
- gli effetti sulla lavorabilità in funzione del contenuto di fibre;

- gli effetti sulla resistenza in funzione del contenuto di fibre;

Dovrà essere fornita la documentazione tecnica a supporto dei valori riportati sulla marchiatura CE.

#### a) Fibre metalliche

Il dosaggio e il caricamento delle fibre devono avvenire per mezzo di un impianto automatico, provvisto di sbrogliatore nel caso di fibre sciolte, collegato al computer della centrale di betonaggio in grado di permettere la stampa in automatico di ogni singolo carico sulla bolla di consegna. Per la determinazione del contenuto di fibre nella miscela si deve fare riferimento al procedimento indicato nella norma EN 14488-

#### b) Fibre sintetiche

Possono essere usate fibre sintetiche, anche in aggiunta alle fibre metalliche.

Per la determinazione del contenuto di fibre nella miscela si deve fare riferimento al procedimento indicato nella norma EN 14488-

Per tali fibre devono essere dichiarati i trattamenti chimici e fisici o i rivestimenti superficiali utilizzati per migliorare la dispersione nel cls.

#### Aggregati

La dimensione massima dei granuli deve essere scelta in funzione del tipo di applicazione.

Per i calcestruzzi proiettati di classe TN o PN può essere utilizzata la gunita (miscela con aggregati aventi  $D_{max} = 4 \text{ mm}$ ).

Per le altre classi (Permanente strutturale e Temporaneo strutturale) la miscela deve essere realizzata con inerti aventi un diametro massimo nominale,  $D_{max}$ , non maggiore di 10 mm. Essi devono inoltre rispondere ai requisiti richiamati ai paragrafi precedenti e la fornitura deve essere costituita da almeno due classi granulometriche separate.

#### Acqua

Si rimanda a quanto indicato ai paragrafi precedenti

#### Additivi per la miscela base

## DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI

---

I riferimenti normativi sono indicati ai punti precedenti al quale si rimanda.

Quando si prevede l'utilizzo di additivi particolari quali inibitori temporanei di presa o coadiuvanti di pompaggio, l'efficacia ed il dosaggio di questi deve essere determinato mediante prove preliminari in condizioni analoghe a quelle operative.

### Additivi acceleranti di presa e/o indurimento per la proiezione

L'eventuale impiego deve essere limitato ad un dosaggio non maggiore del % per additivi acceleranti alcalini mentre per additivi acceleranti "alkali free" il dosaggio massimo è pari al % in massa sul contenuto di cemento, garantendo un valore per la resistenza a compressione, a 28 giorni, maggiore o uguale alla minima richiesta dal progetto, nonché al 75% di quella misurata sui provini di calcestruzzo di riferimento.

L'eventuale calo di resistenza indotto dall'additivo non deve pregiudicare il mantenimento delle prescritte resistenze minime a compressione nel tempo e, nel caso di calcestruzzo proiettato temporaneo, con garanzia a 180 giorni dalla proiezione.

L'efficacia e il dosaggio di tali additivi devono essere determinati mediante prove preliminari in condizioni analoghe a quelle operative.

L'additivo deve avere un contenuto in alcali equivalente ( $\text{Na}_2\text{O} + 0,65\text{K}_2\text{O}$ ) minore dell'1% in massa e un contenuto di cloruri inferiore al 0.1%.

Nei calcestruzzi proiettati esposti ad attacco solfatico la quantità totale di alluminati contenuti negli additivi acceleranti di presa (espressi come  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) deve essere minore dello 0,6% in massa del contenuto di cemento. Nel caso di acceleranti privi di alcali tale limite può essere incrementato a 1%.

Gli acceleranti non devono contenere più dell' % di solfati (espressi come  $\text{SO}_3$ ) sulla massa del cemento, mentre la quantità totale di solfati nella massa del calcestruzzo deve essere minore di 4,5%.

### **1.6.12.1.3 Produzione**

#### Impianti di betonaggio

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

In aggiunta a quanto prescritto ai paragrafi precedenti, dosaggio e caricamento delle fibre devono essere effettuati in un impianto di betonaggio automatizzato, provvisto di sbrogliatore collegato al computer della centrale, in grado di permettere la stampa in automatico di ogni singolo carico sul report di consegna.

Deve essere dichiarata la sequenza di miscelazione raccomandata dal produttore e quella effettivamente utilizzata dal confezionatore all'impianto di betonaggio, per l'immissione delle fibre in fase di confezionamento

E' consentito l'uso di fibre di lunghezza non superiore al     % del diametro delle tubazioni

**Campo prova**

Per i calcestruzzi proiettati di tipo strutturale permanente e per quelli eseguiti come rivestimento di prima fase delle gallerie, deve essere condotta una preliminare sperimentazione in condizioni analoghe a quelle della prevista applicazione allo scopo di definire il mix ottimale con particolare riguardo alle caratteristiche ed ai dosaggi di aggiunte e additivi, nonché le modalità di proiezione.

L'ESECUTORE deve orientare lo studio di qualifica verso la scelta di una miscela in grado di raggiungere i valori di resistenza indicati nel progetto, tenendo anche conto della necessità operativa di ottenere uno sviluppo rapido della resistenza nel breve periodo nel rispetto delle classi di resistenza a breve termine esplicitate nella norma EN 14487-

Per quanto riguarda la resistenza a compressione, le prove devono essere condotte su carote prelevate in sito e da cassette. Per queste ultime il prelievo deve comprendere campioni di calcestruzzo ottenuti sia parallelamente che ortogonalmente alla direzione di getto.

Per i calcestruzzi fibrorinforzati dovranno essere effettuate anche prove per la determinazione della classe di assorbimento energetico con le modalità riportate nella norma EN 14488-

**Preparazione dei pannelli di prova**

Per la preparazione dei pannelli si devono utilizzare casseforme di acciaio o di analogo materiale rigido non assorbente.

## DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI

---

Le dimensioni minime della cassaforma sono 60x60x15 cm con inclinazione delle pareti di 45° circa. Le casseforme durante la proiezione devono essere appoggiate possibilmente sulla parete da rivestire, con inclinazione massima di 20° sulla verticale, e riempite con la medesima attrezzatura, tecnica di proiezione, spessore unitario per passata e distanza di proiezione adottate durante il normale lavoro.

Le casseforme di prova riempite devono essere conservate nelle stesse condizioni ambientali delle pareti rivestite e devono essere siglate per la successiva identificazione (mix, luogo di proiezione, data, nome dell'operatore).

Le casseforme non devono essere movimentate per almeno 16 ore dopo la proiezione e durante il trasporto

devono essere protette da urti e/o perdite di umidità. I pannelli, una volta rimossi dalle casseforme, devono essere conservati in condizioni normalizzate o nelle stesse condizioni ambientali delle pareti rivestite in relazione agli accordi stabiliti prima dell'inizio dei lavori.

### Confezione della miscela nel processo per via secca

Nel caso di utilizzo del processo per via secca l'umidità della sabbia non deve essere maggiore del %

Inoltre, nel caso di utilizzo di cementi a presa rapida e ultrarapida essa non deve superare il  $3,5 \pm 0,5\%$ . Nel caso di premiscelati, l'umidità degli aggregati prima della miscelazione non deve essere maggiore di , % Deve inoltre essere utilizzato un premiscelatore per l'abbattimento delle polveri e per favorire la miscelazione dell'acqua con gli altri costituenti

### Posizionamento dell'armatura e inserti

Le eventuali reti di armatura devono essere fissate con almeno 3 chiodi/m su un primo strato di conglomerato proiettato dello spessore di almeno 2-3 centimetri per evitare movimenti o distacchi durante la successiva proiezione.

Qualora per motivi progettuali od operativi sia necessario realizzare uno spessore di calcestruzzo proiettato maggiore di 15 centimetri deve essere prevista una seconda armatura da fissare con almeno 3 chiodi/m sul doppio strato già in opera, in modo tale da garantire un copriferro finale di almeno 4 centimetri.

Nel caso di impiego di reti di armatura disposte in più strati, la distanza fra gli strati deve essere compresa fra 30 e 50 mm in relazione al diametro massimo degli aggregati. La distanza fra le reti deve essere assicurata da idonei distanziatori in numero adeguato o mediante presagomature delle reti stesse.

Gli inserti, quali a esempio le canalette di drenaggio, casseforme a perdere e altri dispositivi che debbano essere inglobati nel calcestruzzo, devono essere saldamente fissati e lo spessore del loro ricoprimento deve superare i 4 cm.

#### Modalità esecutive

Per quanto non espressamente prescritto nei presenti paragrafi o indicato da DL/ACEA, per la posa in opera del calcestruzzo proiettato si dovranno osservare le modalità esecutive indicate nella norma UNI EN

- L'operatore alla lancia (lancista) deve essere in possesso di un attestato rilasciato sulla base di un corso di formazione e di un relativo esame teorico pratica, che ne certifichi capacità e competenze.

#### **1.6.12.1.4 Controlli sulla miscela**

Le frequenze minime di riferimento per l'esecuzione dei controlli sono quelle indicate nella tabella di seguito riportata:

- Campionamento da calcestruzzo fresco e calcestruzzo indurito (norma EN-  
- .
- Resistenza alla compressione del calcestruzzo giovane laddove richiesta secondo EN 14488-2 e EN  
-
- Resistenza a compressione del calcestruzzo indurito con le modalità di cui alla norma EN 12504-1 alle scadenze previste (elaborati progettuali/capitolato), con valutazione della classe di resistenza secondo la norma EN 13791
- Determinazione energia assorbita (norma EN 14488- .
- Spessore del calcestruzzo (norma EN 14488- .

- Contenuto di fibre nel calcestruzzo proiettato fresco e indurito (norma EN 14488-7 metodo a e metodo b).
- Resistenza a compressione del calcestruzzo indurito (norma EN 12504-1) con valutazione della classe di resistenza secondo la norma EN 13791.
- Penetrazione dell'acqua in pressione (norma EN - .

PROVA	Temporaneo non strutturale	Permanente non strutturale	Permanente strutturale / Temporaneo strutturale	Limiti di accettabilità
<i>Spessore (media di 4 saggi)</i>	<i>ogni 3000 m<sup>2</sup></i>	<i>ogni 1000 m<sup>2</sup></i>	<i>ogni 500 m<sup>2</sup></i>	<i>Valore progetto</i>
<i>Contenuto di fibre nel calcestruzzo fresco (*)</i>	<i>ogni 3000 m<sup>2</sup></i>	<i>ogni 3000 m<sup>2</sup></i>	<i>ogni 100 m<sup>3</sup> o ogni 500 m<sup>2</sup></i>	<i>Valore progetto</i>
<i>Dosaggio dell'additivo per la proiezione</i>	<i>(-)</i>	<i>ogni 2000 m<sup>2</sup></i>	<i>ogni 1000 m<sup>2</sup></i>	<i>&lt;12% (con alcali)</i>
<i>Resist. a compress. (stima) del cls giovane (+)</i>	<i>ogni 5000 m<sup>2</sup> e almeno 1 volta ogni 2 mesi</i>	<i>ogni 5000 m<sup>2</sup> e almeno 1 volta ogni 2 mesi</i>	<i>ogni 2500 m<sup>2</sup> e almeno 1 volta al mese</i>	<i>Classe J progetto</i>
<i>Resistenza a compressione del cls indurito</i>	<i>ogni 1000 m<sup>3</sup> e almeno 1 volta al mese</i>	<i>ogni 1000 m<sup>3</sup> e almeno 1 volta a settimana</i>	<i>In base alle frequenze stabilite dal DM 17/01/18 per i controlli di legge e</i>	<i>Valore progetto</i>
<i>Contenuto di fibre nel calcestruzzo indurito (*)</i>	<i>ogni 2000 m<sup>3</sup> o ogni 10000 m<sup>2</sup></i>	<i>ogni 2000 m<sup>3</sup> o ogni 10000 m<sup>2</sup></i>	<i>ogni 400 m<sup>3</sup> o ogni 2000 m<sup>2</sup></i>	<i>≤10 %</i>
<i>Penetrazione dell'acqua sotto pressione</i>	<i>(-)</i>	<i>(-)</i>	<i>(-)</i>	<i>&lt; 40 mm</i>
<i>Assorbimento di energia (Tenacità) (*)</i>	<i>ogni 2000 m<sup>3</sup> o ogni 10000 m<sup>2</sup></i>	<i>ogni 2000 m<sup>3</sup> o ogni 10000 m<sup>2</sup></i>	<i>ogni 400 m<sup>3</sup> o ogni 2000 m<sup>2</sup></i>	<i>Valore progetto</i>

**(\*) Solo per conglomerato cementizio fibrorinforzato (+) Se richiesto in funzione della tipologia di opera**

**(-) Se richiesto e con la frequenza prescritta dal progetto o su richiesta del Direttore Lavori**

Sulla miscela allo stato fresco devono essere eseguite almeno le seguenti prove con le frequenze minime indicate o quelle più restrittive disposte da DL/ ACEA:

REQUISITO	frequenza min.	valore limite/tolleranza
<i>rapp. a/c</i>	<i>250 mc</i>	<i>a/c<sub>max</sub> progetto, +0,02</i>
<i>Massa volumica</i>	<i>250 mc</i>	<i>97% valore qualifica</i>
<i>Consistenza (slump test o tavola a scosse)</i>	<i>ogni prelievo/50 mc</i>	<i>classe progetto</i>
<i>Mantenimento lavorabilità</i>	<i>semestrale</i>	<i>Valore progetto, ≥60 min</i>
<i>Aria inglobata</i>	<i>250 mc</i>	<i>max 3%</i>
<i>Contenuto accelerante</i>	<i>ogni proiezione</i>	<i>Valore qualifica ±10%</i>
<i>Contenuto di fibre</i>	<i>1/50 mc o 1/250 mq</i>	<i>Valore qualifica ±10%</i>
<i>Acqua essudata</i>	<i>250 mc</i>	<i>&lt; 0,1%</i>
<i>Contenuto di cloruri</i>	<i>1/500 mc</i>	<i>&lt; 0,2%</i>

DL/ ACEA potrà richiedere prove e verifiche aggiuntive sul calcestruzzo allo stato fresco o indurito.

#### **1.6.12.2 Calcestruzzo rinforzato con fibre di acciaio**

L'impiego è consentito se previsto da progetto con le modalità e specifiche indicate nella norma UNI -

#### **1.6.12.3 Calcestruzzo autocompattante**

L'impiego è consentito se previsto da progetto con le modalità e specifiche indicate nella norma EN

: In fase di progetto può essere preso a riferimento il documento "The European Guidelines for Self-Compacting Concrete (BIBM-CEMBUREAU-ERMCO-EFCA-EFNARC "

### **1.6.13 TOLLERANZE COSTRUTTIVE**

Si riportano nelle sottostanti tabelle le tolleranze dimensionali che L'ESECUTORE è tenuto a rispettare negli elementi realizzati in calcestruzzo armato e precompresso, oltre a quelle, eventuali, riportate nei disegni di progetto.

Per quanto non previsto dal presente Capitolato si può fare utile riferimento alla norma UNI EN 13670.

OGGETTO DEL CONTROLLO	DESCRIZIONE E PARAMETRO DI CONTROLLO	TOLLERANZA (mm)	ULTERIORE LIMITAZIONE
1- Fondazioni: plinti, platee, solettoni ecc.	Posizionamento rispetto alle coordinate di <del>solette</del>	±30	
	Dimensioni in pianta	-	
	Dimensione in altezza(superiore)	-	
	Quota altimetrica estradosso	-	
2- Strutture in elevazione: pile, spalle, muri ecc. Gli scostamenti dimensionali non devono ridurre i copriferri minimi prescritti.	Posizionamento rispetto alle coordinate degli <del>allineamenti di solette</del>	±20	
	Dimensione in pianta(anche per pila piena)	-	
	Spessori muri,pareti, pile cave o spalle	-	
	Quota altimetrica sommità	-	
	Verticalità per $< H \leq m$	±20	
	Verticalità per $< H \leq m$	± H/0,3	
3- Solette e solettoni per impalcati,solai in genere.	Spessore	-	
	Quota altimetrica estradosso	±10	
4- Vani, cassette, inserterie.	Posizionamento e dimensionamento vani e <del>cassette</del>	±15	
	Posizionamento inserti(piastre e boccole)	±10	
5- Travi prefabbricate (misurazioni sul cassero)	Lunghezza "L"	± L/2000	
	Generica dimensione "D" della sezione retta	± D/200	
6- Travi prefabbricate (misurazione sulla trave)	Posizionamento appoggi:direzione longitudinale <del>(trave di base) "L"</del>	± L/2000	
	Posizionamento appoggi: direzione trasversale	± 10	
	Posizionamento altimetrico appoggi(assoluto)	±	
	Posizionamento altimetrico appoggi(relativo ad <del>altri appoggi della stessa trave o sulla stessa pila</del> )	± 2,5	
	Parallelismo-trasversale-tra contropiastra trave e <del>contropiastra base</del>	± 0,003	
	Lunghezza "L" trave	L/1000	
	Dimensione globale "G" della sezione retta (es. <del>almeno lunghezza L</del> )	G/200	
7- Armatura Nota: le tolleranze qui indicate non possono ridurre i valori indicati nelle	Lunghezza barra rettilinea	± 25	

OGGETTO DEL CONTROLLO	DESCRIZIONE E PARAMETRO DI CONTROLLO	TOLLERANZA(mm)		ULTERIORE LIMITAZIONE
(*) In ogni metro di manufatto il numero di barre/staffe deve essere quello di progetto. (**) Nel caso di sezione di fine manufatto deve comunque essere rispettato il copriferro prescritto.	Copriferro(elementi prefabbricati)	-		
	Copriferro(solette)	-		
	Copriferro	-		
	Interasse staffe	± 20 (*)		
	Interasse barre	± 20 (*)		
	Armatura di precompressione (cavi e barre): posizionamento(verticale/orizzontale)	± 10		
	Armatura di precompressione (trefoli): posizionamento(verticale/orizzontale)	± 5		
	Punto terminale di barra rettilinea	± 50 (**)		
	Lunghezza di sovrapposizione o di ancoraggio	-		
	Piastra di ancoraggio trefoli:inclinazione			

#### **1.6.14 INTERVENTI DI RIPRISTINO E/O RINFORZO DI STRUTTURE DEGRADATE IN CALCESTRUZZO**

Gli interventi di ripristino di strutture in calcestruzzo, cemento armato o cemento armato precompresso, che presentino danni che diminuiscono il livello di durabilità della struttura e quindi della sua vita di esercizio, devono essere affrontati avendo come obiettivo la cessazione dei processi di deterioramento o, quando questo non risulti possibile per condizioni al contorno, il rallentamento consistente dei processi in atto.

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

Per raggiungere tale obiettivo è indispensabile eseguire un piano d'indagini mirato al riconoscimento delle cause dei fenomeni di degrado, alla definizione delle aree su cui intervenire e degli spessori di calcestruzzo incoerente o contaminato da asportare.

Interventi di ripristino di strutture degradate sono frequentemente affiancati o divengono parte complementare di rinforzi strutturali o di adeguamenti. È pertanto molto utile poter utilizzare, quanto più possibile, materiali che possano avere requisiti idonei ad entrambe le categorie d'intervento cioè il ripristino ed il rinforzo. Un caso esplicativo e abbastanza frequente è la necessità nella stessa costruzione di ricostituire la sezione in alcuni elementi strutturali (ripristino) e in altri di realizzare il ringrosso della sezione (rinforzo- adeguamento).

Sia che si eseguano ricostituzioni della sezione originaria che ringrossi è necessario garantire:

- la monoliticità tra il vecchio calcestruzzo ed il materiale con cui vengono realizzati gli interventi;
- una elevatissima durabilità dei materiali utilizzati nei riguardi di agenti aggressivi dell'ambiente o di sostanze con cui vengano a contatto;
- l'assenza di stati fessurativi sulle superfici delle strutture, in modo da combattere l'ingresso di sostanze aggressive.

Per garantire durabilità agli interventi è necessario:

1. scegliere le tecniche più idonee in relazione agli spessori e al tipo di elemento su cui intervenire;
2. prescrivere i materiali da utilizzare indicando requisiti, metodi di prova e prestazioni;
3. descrivere in modo dettagliato tutte le procedure di realizzazione;
4. verificare, prima dell'inizio dei lavori, che i materiali proposti dall'impresa forniscano le prestazioni specificate nel presente Capitolato in riferimento alle lavorazioni dello specifico progetto L'impresa dovrà presentare le schede tecniche e i certificati di laboratori ufficiali che attestino la marcatura CE e le prestazioni dei prodotti che intende utilizzare;

verificare, prima dell'inizio dei lavori, che le attrezzature che verranno utilizzate nelle varie fasi realizzative siano idonee e che l'intero processo realizzativo sia corrispondente a quanto previsto in progetto. Sarà compito della DL far eseguire campioni per accertare l'efficacia di ogni fase realizzativa.

#### **1.6.14.1 Indagini**

Il successo e la durabilità dell'intervento di ripristino non possono prescindere da un piano di indagine che consenta d'individuare i processi di degrado in atto in modo da definire tutte le procedure realizzative idonee a bloccarli o rallentarli.

È fondamentale definire il piano d'indagini in modo da verificare le condizioni degli elementi costituenti la struttura che molto raramente presentano gradi di degrado omogenei. Il piano d'indagini e la corretta interpretazione dei risultati sono elementi fondamentali per il progetto esecutivo dell'intervento, infatti consentono di definire:

- le aree su cui si deve intervenire;
- gli spessori d'intervento;
- le tecniche da utilizzare.

La fase successiva è la scelta prestazionale dei materiali in funzione dello specifico elemento da ripristinare e dei requisiti definiti necessari dal progettista.

La causa di degrado più ricorrente è generalmente la corrosione delle armature. Essa può avvenire per carbonatazione del calcestruzzo, per penetrazione di cloruri o per la presenza di correnti vacanti.

Il calcestruzzo carbonatato non è più in grado di passivare le armature, pertanto se il calcestruzzo è carbonatato per uno spessore superiore allo spessore del copriferro possono crearsi le condizioni per l'innescarsi nelle armature di processi di corrosione. L'attacco in questo caso si presenta uniformemente distribuito sull'intera superficie dell'armatura.

Se la corrosione è causata dalla penetrazione di cloruri fino a raggiungere i ferri d'armatura (il tenore critico è pari a 0,2 o 0,4 % rispetto al peso del cemento a seconda che si tratti di strutture con armature lente o strutture precomprese) la corrosione è di tipo localizzato.

A seguito di tali considerazioni le indagini più ricorrenti sono volte a determinare la profondità di carbonatazione e/o la concentrazione dei cloruri.

Altre indagini utili possono essere:

- determinazione sui diversi elementi strutturali dei reali spessori di copriferro, informazione fondamentale per stabilire se le armature siano a rischio di corrosione;
- misura del potenziale di corrosione delle armature (Norma UNI 9535) per verificare l'eventuale presenza di fenomeni di corrosione in atto e avere una prima informazione sulla loro entità
- analisi chimico-fisiche per verificare se siano in atto processi di degrado del calcestruzzo causati per esempio da problemi di alcali reazione, attacco solfatico, attacco acido ecc.

#### **1.6.14.2 Stato di conservazione delle strutture**

L'entità del degrado relativo ad ogni singolo elemento della struttura, derivante dall'interpretazione dei dati ottenuti dal piano d'indagine, può essere classificato come segue:

- Inesistente.
- In fase d'innescio, non si è evidenzia alcun tipo di danno.
- Superficiale, gli spessori da ripristinare sono pari a 1-10 mm.
- Medio, gli spessori da ripristinare sono pari a 10-50 mm.
- Profondo, gli spessori da ripristinare sono pari a 60-100 mm.
- Molto profondo, gli spessori da ripristinare sono > 100 mm.

Avendo definito il grado di degrado, individuato l'estensione delle aree su cui intervenire e gli spessori d'intervento è possibile definire la tecnica realizzativa più appropriata (protezione, rasatura, rinzafo o spruzzo, colaggio, incamiciatura) in relazione al tipo di elemento sui cui si deve intervenire.

L'entità del degrado relativo ad ogni singolo elemento della struttura, derivante dall'interpretazione dei dati ottenuti dal piano d'indagine, può essere classificato come segue:

	LIVELLO DEGRADO	TECNICA
	Inesistente	PROTEZIONE
	In fase d'innescio, non si evidenzia alcun tipo di danno	PROTEZIONE
	Superficiale, gli spessori da ripristinare sono pari a 1-10 mm	RASATURA
4 a	Medio, gli spessori da ripristinare sono pari a 10-50 mm elementi verticali	RINZAFFO SPRUZZO
4 b	Medio, gli spessori da ripristinare sono pari a 10-50 mm elementi orizzontali	COLAGGIO
	Profondo, gli spessori da ripristinare sono pari a 60-100 mm	COLAGGIO- INCAMICIATURA

### **1.6.14.3 Materiale per il ripristino/rinforzo – criteri generali**

I materiali da utilizzare per il ripristino e/o il rinforzo devono possedere la marcatura CE secondo la UNI EN 1054 parte 3, specifica per la ricostituzione o il ringrosso di sezioni di strutture in calcestruzzo.

Tale normativa indica i requisiti di base ai quali il progettista può affiancare ulteriori requisiti necessari per realizzare l'intervento specifico

La scelta del materiale più idoneo per realizzare lo specifico intervento deve essere effettuata confrontando i requisiti e le prestazioni richieste in fase progettuale con i requisiti e le prestazioni fornite dai prodotti disponibili sul mercato.

I fondamentali macro requisiti che un materiale per la riparazione, il ripristino o il rinforzo di strutture in c.a. deve garantire possono essere così sintetizzati:

- a. Massima compatibilità con il calcestruzzo;
- b. Monoliticità con il supporto;

- c. Durabilità;
- d. Semplicità e rapidità di esecuzione.

Compatibilità con il calcestruzzo

I materiali cementizi assicurano caratteristiche generali molto simili a quelle del calcestruzzo quali per esempio il processo d'invecchiamento (entrambi inorganici , moduli elastici e coefficienti di dilatazione termici dello stesso ordine di grandezza.

I materiali a base di resina vengono generalmente utilizzati per interventi di ripristino particolari quali: l'iniezione di fessure, la protezione da sostanze aggressive con sistemi filmogeni o per incollaggi e inghisaggi

Monoliticità con il supporto

I prodotti "normali tradizionali" a base cementizia sono caratterizzati da fenomeni di ritiro a lungo termine (ritiro igrometrico) che li rendono inadatti (fessurazioni, perdita di aderenza con il supporto) ad essere utilizzati per gli interventi di ripristino e/o rinforzo.

Per garantire la monoliticità in modo semplice ed affidabile sono ormai in uso da anni prodotti cementizi premiscelati che garantiscono una fase espansiva (anche quando sono maturati a contatto con l'ambiente, condizione reale di utilizzo), che compensi il ritiro igrometrico a lungo termine che se non compensato genererebbe perdite di aderenza e stati fessurativi di una certa entità. È indispensabile che l'espansione non si sviluppi liberamente, ma che venga contrastata in questo modo si creano le condizioni per una precompressione chimica.

Il contrasto all'espansione viene realizzato mediante:

- un opportuno irruvidimento del supporto, operazione che comunque deve essere effettuata allo scopo di asportare il materiale degradato, contaminato o incoerente;
- l'utilizzo di materiali contenenti fibre inorganiche (idonei sia per applicazioni a spruzzo o per colaggio) o metalliche (idonei esclusivamente per applicazioni per colaggio) che consentono il contrasto all'espansione anche per interventi di spessore superiore a 30 mm.

Il requisito della capacità di fornire un'espandere contrastata con maturazione in aria è facilmente verificabile con una prova specifica la UNI 8147 parte seconda che prevede la maturazione dei provini in aria e non in acqua e, disponendo della semplice attrezzatura prevista. Tale verifica potrà essere eseguita anche in cantiere.

### Durabilità

I materiali cementizi, utilizzati per la riparazione, il ripristino o il consolidamento devono essere totalmente o quasi totalmente premiscelati, così da garantire un'elevata durabilità, e caratterizzati da una bassissima porosità capillare e caratteristiche fisico-meccaniche che garantiscono elevata:

- Resistenza alla carbonatazione;
- Impermeabilità;
- Resistenza ai cloruri;
- Resistenza gelo – disgelo;
- Resistenza ai solfati.

Un'ulteriore fondamentale requisito per garantire elevata durabilità all'intervento ed aumentare di conseguenza la vita utile della struttura è quello di combattere la formazione di stati fessurativi, questi diverrebbero vie d'accesso preferenziali per l'ingresso di sostanze aggressive che potrebbero innescare nuovamente processi di degrado.

La fessurazione a breve termine è generata dal ritiro in fase plastica e deve essere combattuta:

- utilizzando malte cementizie premiscelate contenenti un numero elevatissimo di piccolissime fibre in poliacrilonitrile che costituiscono una armatura diffusa omogeneamente distribuita all'interno della massa. La natura acrilica della fibra consente di utilizzare fibre di ridottissima lunghezza che, anche se utilizzate in quantità elevate, non pregiudichino le caratteristiche reologiche delle malte;
- realizzando anche una opportuna frattazzatura delle superfici.

## DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI

La fessurazione a lungo termine è generata dal ritiro igrometrico il cui effetto viene eliminato realizzando una precompressione chimica basata sul principio dell'espansione contrastata con maturazione in aria

### Semplicità e rapidità di esecuzione

La grande maggioranza degli interventi vengono realizzati con le strutture in esercizio, molto spesso sotto traffico, in condizioni ambientali non ideali. È quindi fondamentale utilizzare materiali:

- semplici da miscelare e mettere in opera;
- non eccessivamente influenzati da condizioni di temperatura, umidità e ventilazione;
- che sviluppino buone prestazioni meccaniche ed aderenze a stagionature anche brevi.

A seguito delle considerazioni precedenti i principali requisiti possono essere riassunti dalla seguente tabella:

Bleeding, UNI (*)
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-
Resistenza a compressione, UNI EN 12190
Resistenza a trazione per flessione, UNI EN 196/ (*)
Modulo elastico, UNI EN 13412
Espansione contrastata con stagionatura in aria ad 1 giorno, UNI 8147
Espansione contrastata con stagionatura in acqua ad 1 giorno, UNI 8147
Resistenza alla fessurazione (O Ring Test) (*)
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542 dopo 50 cicli di gelo disgelo secondo UNI EN 13687/1
Resistenza al taglio, UNI EN 12615 (*)
Resistenza alla carbonatazione, UNI EN 13295
Porosità capillare, UNI EN 13057 (*)

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**


---

Resistenza alla permeazione dell'acqua in pressione diretta, UNI EN
---

Reazione al fuoco UNI EN 1504-3 art. 5.5
--

Parte dei requisiti sopra elencati sono richiesti per la marcatura CE secondo la UNI EN 1504-3, altri (contrassegnati con (\*)) sono necessari per una maggiore ingegnerizzazione della scelta dei materiali in relazione alle specifiche esigenze dell'intervento.

**1.6.14.4 Sintesi del processo progettuale**

È possibile sintetizzare il processo dell'intervento nella seguente tabella che consente di avere una visione complessiva delle situazioni che si possono presentare, collegate con la definizione dei materiali utilizzabili.

**TECNICI**

STATO DEL DEGRADO	SPESSORE	INTERVENTO TECNICA	MODALITA' APPLICATIVA	DESCRIZIONE PRODOTTO
Degrado superficiale/leggero	1-10 mm	Rasatura	Sabbatura Idrosabbatura	malta cementizia, premiscelata, tixotropica, polimeromodificata, monocomponente, a granulometria fine, contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico.. Spessori da 1 a 3 mm.
				malta cementizia, premiscelata, tixotropica, a granulometria media, polimeromodificata, bicomponente, contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico. Spessori da 4 a 20 mm.
Degrado medio struttura <u>verticale</u>	10-50 mm	Spruzzo	Idrodemolizione Fresatura Martelletti meccanici	malta cementizia, premiscelata, tixotropica, contenente fibre inorganiche necessarie, insieme alla ruvidità del supporto, a garantire il meccanismo dell'espansione contrastata con stagionatura aria (requisito ottenibile con l'aggiunta in fase di miscelazione della malta di uno specifico componente liquido). Contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico. Spessori da 10 a 50 mm.
				malta cementizia, premiscelata, tixotropica, a granulometria media, polimeromodificata, bicomponente, contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico. Spessori da 10 a 50 mm.
Degrado medio struttura <u>orizzontale</u>	10-50 mm	Colaggio	Idrodemolizione Fresatura Martelletti meccanici	malta cementizia, premiscelata, fluida, contenente fibre inorganiche necessarie a garantire, insieme alla ruvidità del supporto, il meccanismo dell'espansione contrastata con stagionatura aria (requisito ottenibile con l'aggiunta in fase di miscelazione della malta di uno specifico componente liquido). Contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico. Spessori da 10 a 50 mm.
Degrado profondo	60-100 mm	Colaggio, incamiciatura	Idrodemolizione Fresatura Martelletti meccanici	betoncino, cementizio, premiscelato, fluido, contenente fibre inorganiche necessarie a garantire, insieme alla ruvidità del supporto, il meccanismo dell'espansione contrastata con stagionatura aria (requisito ottenibile con l'aggiunta in fase di miscelazione della malta di uno specifico componente liquido). Contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico. Spessori da 60 a 100 mm.
				betoncino cementizio, ottenuto aggiungendo circa il 35 % in peso di aggregato selezionato, privo di impurità, ben lavato ed avente diametro minimo di circa 6 mm, diametro massimo di circa 10 mm ad una malta cementizia, premiscelata, fluida, contenente fibre inorganiche necessarie a garantire, insieme alla ruvidità del supporto, il meccanismo dell'espansione contrastata con stagionatura aria (requisito ottenibile con l'aggiunta in fase di miscelazione della malta di uno specifico componente liquido). Contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico. Spessori da 60 a 100 mm.
Interventi rapidi	10-150 mm	Colaggio rapido	Idrodemolizione Fresatura Martelletti meccanici	malta cementizia, premiscelata, fluida, a rapido sviluppo delle resistenze meccaniche anche a basse temperature fino a -5°C. Contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico. Spessori da 10 a 150 mm.

Nei paragrafi successivi si forniranno per ogni entità di degrado i requisiti e le prestazioni che dovranno garantire i materiali utilizzabili e la descrizione del processo esecutivo relativo alla singola tecnica d'intervento.

#### **1.6.14.5 Livello di degrado – tecnica d'intervento - caratterizzazione prestazionale dei materiali**

Il progettista, avendo individuato la causa del processo di degrado, il livello di degrado, per interrompere i processi di degrado ed evitare che non si presentino in futuro indicherà le aree su cui intervenire, gli spessori di calcestruzzo degradato, contaminato o incoerente da eliminare e stabilirà gli spessori di materiale da applicare prescrivendo la tecnica più appropriata.

**1.6.14.6 Degrado superficiale – spessori 1 -10 mm - rasatura**

La rasatura è la tecnica utilizzata per ripristinare superfici caratterizzate da un degrado superficiale limitato a qualche millimetro di spessore o per sanare superfici di calcestruzzo faccia a vista che presentino difetti realizzativi quali armature affioranti o copriferri ridottissimi, vespai, vaiolature, sbeccature, assenza di planarità.

Le fasi realizzative possono essere così riassunte:

1. Preparazione della superficie mediante sabbiatura o idrosabbiatura.
2. Pulizia e pulizia delle armature eventualmente scoperte al fine di asportare eventuali porzioni di armatura ossidate in fase di distacco e successiva passivazione.
3. Pulizia e lavaggio della superficie di supporto.
4. Miscelazione che dovrà avvenire secondo le indicazioni riportate nella scheda tecnica del prodotto prescelto.
5. Applicazione utilizzando macchine spruzzatrici o manuale mediante spatola dentata.
6. Finitura superficiale a frattazzo.

Per la buona riuscita dell'intervento è necessario attenersi scrupolosamente alle fasi applicative descritte nella scheda tecnica del prodotto prescelto che garantisca le caratteristiche e prestazioni sotto indicate.

Spessori di applicazione 1-3 mm - malta cementizia, tixotropica, premiscelata, polimeromodificata, monocomponente

Si utilizzerà una malta cementizia, premiscelata, tixotropica, polimeromodificata, monocomponente, a granulometria fine, contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico.

Applicabile su supporto sabbiato o idrosabbiato.

Tale malta dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+, essere conforme alla norma UNI EN 1504 parte 3 e fornire le seguenti prestazioni:

Bleeding, UNI 8998	Assente
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17	≤ 0.05%
Resistenza a compressione, UNI EN 12190	1 giorno ≥ 10MPa 7 giorni ≥ 25MPa 28 giorni ≥ 35 MPa
Resistenza a trazione per flessione, UNI EN 196/1	1 giorno ≥ 2 7 giorni ≥ 5
Modulo elastico, UNI EN 13412	15 ÷ 18 GPa
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542	≥ 2 MPa
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542 dopo 50 cicli di gelo disgelo, UNI EN 13687/1	≥ 2 MPa
Resistenza alla carbonatazione, UNI EN 13295	Prova superata
Porosità capillare, UNI EN 13057	≤ 0, kg x m <sup>-2</sup> x h <sup>-0,5</sup>
Resistenza alla permeazione dell'acqua in pressione diretta, UNI EN 12390/8	≤ 1 mm
Reazione al fuoco, UNI EN 1504-3 art. 5.5	Classe E

Spessori di applicazione 4-10 mm - malta cementizia, tixotropica, premiscelata, polimeromodificata, bicomponente

Si utilizzerà una malta cementizia, premiscelata, tixotropica, a granulometria media, polimeromodificata, bicomponente, contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico.

Applicabile su supporto sabbato o idrosabbato.

Tale malta dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+, essere conforme alla norma UNI EN 1504 parte 3 e fornire le seguenti prestazioni:

Bleeding, UNI 8998	Assente
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17	≤ 0.05%
Resistenza a compressione, UNI EN 12190	1 giorno ≥ 1 MPa 7 giorni ≥ 2 MPa 28 giorni ≥ 3 MPa
Resistenza a trazione per flessione, UNI EN 196/1	1 giorno ≥ 2 MPa 7 giorni ≥ 3 MPa 28 giorni ≥ MPa
Modulo elastico, UNI EN 13412	14 ÷ 18 GPa
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542	≥ 2 MPa

Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542, dopo 50 cicli di gelo disgelo secondo UNI EN 12697/1	≥ 2 MPa
Resistenza al taglio, UNI EN 12615	≥ 6 MPa
Resistenza alla carbonatazione, UNI EN 13295	Prova superata
Porosità capillare, UNI EN 13057	≤ 0, kg x m <sup>-2</sup> x h <sup>-0,5</sup>
Resistenza alla permeazione dell'acqua in pressione diretta, UNI EN 12290/2	≤ 1 mm
Reazione al fuoco, UNI EN 1504-3 art. 5.5	Classe E

#### **1.6.14.7 Degradato medio – spessore 10-50 mm - strutture verticali o "sopratesta"- spruzzo o rinzaffo**

La ricostituzione o il ringrosso di sezioni di elementi verticali in spessore minimo pari a 10 mm e massimo pari a 50 mm si realizza utilizzando malte cementizie premiscelate tixotropiche, espansive in aria o polimero modificate, applicate meccanicamente mediante macchine spruzzatrici non a ciclo continuo o mediante applicazione manuale a rinzaffo con cazzuola. L'applicazione manuale è consentita solo nel caso d'interventi di limitata estensione.

Le fasi realizzative possono essere così riassunte:

1. Asportazione del calcestruzzo degradato, contaminato o incoerente mediante martelletti leggeri alimentati ad aria compressa, macchine idrodemolitrici, frese.
2. Posa in opera di eventuali armature strutturali aggiuntive avendo cura di garantire un copriferro di almeno 20 mm.
3. Pulizia delle armature eventualmente scoperte al fine di asportare eventuali porzioni di armatura ossidate in fase di distacco.
4. Pulizia e saturazione con acqua in pressione della superficie di supporto.
5. Accurata miscelazione che dovrà avvenire secondo le indicazioni riportate nella scheda tecnica del prodotto prescelto.
6. Applicazione utilizzando macchine spruzzatrici o manuale a rinzaffo o mediante cazzuola.
7. Finitura superficiale a frattazzo.

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

Per la buona riuscita dell'intervento è necessario attenersi scrupolosamente alle fasi applicative descritte nella scheda tecnica del prodotto prescelto che garantisca le caratteristiche e prestazioni sotto indicate.

Malta cementizia, tixotropica, premiscelata, ad espansione contrastata con stagionatura in aria, contenente fibre inorganiche

Si utilizzerà una malta cementizia, premiscelata, tixotropica, contenente fibre inorganiche necessarie, insieme alla ruvidità del supporto, a garantire il meccanismo dell'espansione contrastata con stagionatura aria (requisito ottenibile con l'aggiunta in fase di miscelazione della malta di uno specifico componente liquido. Contiene fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico.

Applicabile su supporto macroscopicamente irruvidito con macchine idrodemolitrici, con frese, o martelletti meccanici.

Tale malta dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+, essere conforme alla norma UNI EN 1504 parte 3 e fornire le seguenti prestazioni:

Bleeding, UNI 8998	Assente
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17	≤ 0,05%
Resistenza a compressione, UNI EN 12190	1 giorno ≥ 20 MPa 7 giorni ≥ 0 MPa 28giorni ≥ 60 MPa
Resistenza a trazione per flessione, UNI EN 196/1	1 giorno ≥ 4 MPa 7 giorni ≥ 7 MPa
Modulo elastico, UNI EN 13412	26 ÷ 30 GPa
Espansione contrastata con stagionatura in aria ad 1 giorno, UNI 8147 parte seconda	≥ 0,04%
Resistenza alla fessurazione (O Ring Test)	Nessuna fessura
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542	≥ 2 MPa
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542 dopo 50 cicli di gelo disgelo secondo UNI EN 13687/1	≥ 2 MPa
Resistenza alla carbonatazione, UNI EN 13295	Prova superata
Porosità capillare, UNI EN 13057	≤ 0,30 kg x m <sup>-2</sup> x h <sup>-0,5</sup>
Resistenza alla permeazione dell'acqua in pressione diretta, UNI EN 12390/8	≤ mm
Reazione al fuoco, UNI EN 1504-3 art 5.5	Classe A1

Malta cementizia, tixotropica, premiscelata, polimeromodificata, bicomponente

Si utilizzerà malta cementizia, premiscelata, tixotropica, polimero modificata, bicomponente, contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico.

Applicabile su supporto irruvidito con macchine idrodemolitrici, con frese, o martelletti meccanici; può essere applicata, oltre che su supporti macroscopicamente ruvidi, anche su supporti solamente sabbiati od irruviditi con acqua in pressione a circa 300-500 bar in funzione degli spessori da realizzare.

Tale malta dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+, essere conforme alla norma UNI EN 1504 parte 3 e fornire le seguenti prestazioni:

Bleeding, UNI 8998	Assente
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17	≤ 0.05%
Resistenza a compressione, UNI EN 12190	1 giorno ≥ 20 MPa 7 giorni ≥ 40 MPa 28 giorni ≥ MPa
Resistenza a trazione per flessione, UNI EN 196/1	1 giorno ≥ 3 MPa 7 giorni ≥ 6 MPa
Modulo elastico, UNI EN 13412	23 ÷ 27 GPa
Resistenza alla fessurazione (O Ring Test)	Nessuna fessura
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542	≥ 2 MPa
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542 dopo 50 cicli di gelo disgelo, UNI EN 13687/1	≥ 2 MPa
Resistenza alla carbonatazione, UNI EN 13295	Prova superata
Porosità capillare, UNI EN 13057	≤ 0, kg x m <sup>-2</sup> x h <sup>-0.5</sup>
Resistenza alla permeazione dell'acqua in pressione diretta, UNI EN 12390/8	≤ 1 mm
Reazione al fuoco, UNI EN 1504-3 art. 5.5	Classe E

#### **1.6.14.8 Degradato medio – spessori 10-50 mm - strutture orizzontali – colaggio**

La ricostituzione o il ringrosso di sezioni di elementi orizzontali in spessore minimo pari a 10 mm e massimo pari a 50 mm si realizza utilizzando malte cementizie premiscelate fluide, espansive in aria, applicate meccanicamente attraverso pompaggio o manualmente mediante colaggio in entrambe le modalità si dovrà far in modo di garantire la continuità del getto per facilitarne la messa in opera e la

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

compattazione. Le superfici esposte all'aria dovranno essere accuratamente stagionate per combattere la veloce evaporazione dell'acqua d'impasto ed il conseguente rischio di fessurazioni

Le fasi realizzative possono essere così riassunte:

1. Asportazione del calcestruzzo degradato, contaminato o incoerente mediante martelletti leggeri alimentati ad aria compressa, macchine idrodemolitrici, frese.
2. Posa in opera di eventuali armature strutturali aggiuntive avendo cura di garantire un copriferro di almeno 20 mm.
3. Pulizia delle armature eventualmente scoperte al fine di asportare eventuali porzioni di armatura ossidate in fase di distacco.
4. Pulizia e saturazione con acqua in pressione della superficie di supporto.
5. Accurata miscelazione che dovrà avvenire secondo le indicazioni riportate nella scheda tecnica del prodotto prescelto.
6. Eliminazione di eventuale acqua libera presente sul supporto.
7. Applicazione meccanica per pompaggio o manuale per colaggio.
8. Finitura superficiale con vibrofinitrice o con frattazzo in caso di superfici ridotte.
9. Stagionatura delle superfici esposte all'aria con specifici antievaporanti che non creino film di distacco a eventuali successive lavorazioni (impermeabilizzazione, protezione), acqua nebulizzata (da evitare in inverno), teli (da evitare in estate).

Per la buona riuscita dell'intervento è necessario attenersi scrupolosamente alle fasi applicative descritte nella scheda tecnica del prodotto prescelto che garantisca le caratteristiche e prestazioni sotto indicata.

Malta cementizia, fluida, premiscelata, ad espansione contrastata con stagionatura in aria, contenente fibre inorganiche

Si utilizzerà una malta cementizia, premiscelata, fluida, contenente fibre inorganiche necessarie a garantire, insieme alla ruvidità del supporto, il

meccanismo dell'espansione contrastata con stagionatura aria (requisito ottenibile con l'aggiunta in fase di miscelazione della malta di uno specifico componente liquido). Contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico.

Applicabile su supporto irruvidito con macchine idrodemolitrici, con frese, o martelletti meccanici.

Tale malta dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+, essere conforme alla norma UNI EN 1504 parte 3 e fornire le seguenti prestazioni:

Bleeding, UNI 8998	Assente
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17	≤ 0.05%
Resistenza a compressione, UNI EN 12190	1 giorno ≥ 20 MPa 7 giorni ≥ 50MPa 28 giorni ≥ 60 MPa
Resistenza a trazione per flessione, UNI EN 196-1	1 giorno ≥ 4 MPa 7 giorni ≥ 7 MPa
Modulo elastico, UNI EN 13412	26 ÷ 30 GPa
Espansione contrastata con stagionatura in aria ad 1 giorno, UNI 8147 parte seconda	≥ 0,04%
Resistenza alla fessurazione (O Ring Test)	Nessuna fessura
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542	≥ 2 MPa
Adesione al calcestruzzo (UNI EN 1542) dopo 50 cicli di gelo disgelo secondo UNI EN 13687-1	≥ 2 MPa
Resistenza alla carbonatazione, UNI EN 13295	Prova superata
Porosità capillare, UNI EN 13057	≤ 0,30 kg x m <sup>-2</sup> x h <sup>-0.5</sup>
Resistenza alla permeazione dell'acqua in pressione diretta, UNI EN 12390-8	≤ mm
Reazione al fuoco, UNI EN 1504-3 art. 5.5	Classe A1

#### **1.6.14.9 Degradato profondo – strutture orizzontali/verticali – spessori 60-100 mm – colaggio / incamiciatura**

La ricostituzione o il ringrosso di sezioni di elementi orizzontali o verticali in spessore minimo pari a 60 mm e massimo pari a 100 mm si realizza utilizzando betoncini cementizi fluidi, caratterizzati da un diametro massimo dell'inerte pari a mm applicate meccanicamente attraverso pompaggio o manualmente mediante colaggio anche entro casseri, in entrambe le modalità si dovrà far in modo di garantire la

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

continuità del getto per facilitarne la messa in opera e la compattazione. Le superfici esposte all'aria dovranno essere accuratamente stagionate per combattere la veloce evaporazione dell'acqua d'impasto ed il conseguente rischio di fessurazioni.

Le fasi realizzative possono essere così riassunte:

1. Asportazione del calcestruzzo degradato, contaminato o incoerente mediante martelletti leggeri alimentati ad aria compressa, macchine idrodemolitrici, frese.
2. Posa in opera di eventuali armature strutturali aggiuntive avendo cura di garantire un copriferro di almeno 20 mm.
3. Pulizia delle armature eventualmente scoperte al fine di asportare eventuali porzioni di armatura ossidate in fase di distacco.
4. Corretto posizionamento delle casseformi qualora il getto avvenga entro cassero.
5. Pulizia e saturazione con acqua in pressione della superficie di supporto.
6. Accurata miscelazione che dovrà avvenire secondo le indicazioni riportate nella scheda tecnica del prodotto prescelto.
7. Eliminazione di eventuale acqua libera presente sul supporto.
8. Applicazione meccanica per pompaggio o manuale per colaggio.
9. Finitura delle superfici esposte all'aria con vibrofinitrice o con frattazzo in caso di superfici ridotte;
10. Stagionatura delle superfici esposte all'aria con specifici antievaporanti che non creino film di distacco ad eventuali successive lavorazioni (impermeabilizzazione, protezione), acqua nebulizzata (da evitare in inverno), teli (da evitare in estate).

Per la buona riuscita dell'intervento è necessario attenersi scrupolosamente alle fasi applicative descritte nella scheda tecnica del prodotto prescelto che garantisca le caratteristiche e prestazioni sotto indicate.

Betoncino cementizio, fluido, premiscelato, ad espansione contrastata con stagionatura in aria

Si utilizzerà un betoncino, cementizio, premiscelato, fluido, contenente fibre inorganiche necessarie a garantire, insieme alla ruvidità del supporto, il meccanismo dell'espansione contrastata con stagionatura aria (requisito ottenibile con l'aggiunta in fase di miscelazione della malta di uno specifico componente liquido). Contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico.

Applicabile su supporto irruvidito con macchine idrodemolitrici, con frese, o martelletti meccanici.

Tale betoncino dovrà possedere la marcatura CE con sistema di	Assente
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17	≤ 0.0 %
Resistenza a compressione, (UNI EN 12390/3)	1 giorno ≥ 20 MPa 7 giorni ≥ 0MPa 28 giorni ≥ 60 MPa
Resistenza a trazione per flessione, (UNI EN 12390/5)	1 giorno ≥ 3 MPa 7 giorni ≥ MPa 28 giorni ≥ 7 MPa
Modulo elastico, (UNI 6556)	26 ÷ 30 GPa
Espansione contrastata con stagionatura in aria ad 1 giorno, (UNI 8148)	≥ 0,04%
Resistenza alla fessurazione, (O Ring Test)	Nessuna fessura
Adesione al calcestruzzo, (UNI EN 1542)	≥ 2 MPa rottura del CLS
Adesione al calcestruzzo (UNI EN 1542) dopo 50 cicli di gelo disgelo, UNI EN 13687/1	≥ 2 MPa rottura del CLS
Resistenza alla carbonatazione, (UNI EN 13295)	Prova superata
Porosità capillare, (UNI EN 13057)	≤ 0,30 kg x m <sup>-2</sup> x h <sup>-0,5</sup>
Resistenza alla permeazione dell'acqua in pressione diretta (UNI EN 12390/8)	≤ mm
Reazione al fuoco, UNI EN 1504-3 art. 5.5	Classe A1

Betoncino fluido espansivo ottenuto aggiungendo alla malta di cui ai paragrafi precedenti, aggregato di diametro massimo pari a 10 mm

Si utilizzerà un betoncino cementizio, ottenuto aggiungendo circa il 35 % in peso di aggregato selezionato, privo di impurità, ben lavato ed avente diametro minimo di circa 6 mm, diametro massimo di circa 10 mm ad una malta cementizia,

premiscelata, fluida, contenente fibre inorganiche necessarie a garantire, insieme alla ruvidità del supporto, il meccanismo dell'espansione contrastata con stagionatura aria (requisito ottenibile con l'aggiunta in fase di miscelazione della malta di uno specifico componente liquido). Contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico.

Deve essere applicato su supporto irruvidito con macchine idrodemolitrici, con frese, o martelletti meccanici ed in presenza di armatura strutturale e/o di rete elettrosaldata opportunamente ancorata al supporto. La malta definita sopra alla quale sarà aggiunto il 35% di aggregato dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+, essere conforme alla norma UNI EN 1504 parte 3 e fornire le seguenti prestazioni.

Bleeding, UNI 8998	Assente
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17	≤ 0,05%
Resistenza a compressione, UNI EN 12190	1 giorno ≥ 20 MPa 7 giorni ≥ 0MPa 28 giorni ≥ 60 MPa
Resistenza a trazione per flessione, UNI EN 196-1	1 giorno ≥ 4 MPa 7 giorni ≥ 7 MPa
Modulo elastico, UNI EN 13412	26 ÷ 30 GPa
Espansione contrastata con stagionatura in aria ad 1 giorno, UNI 8147 parte seconda	≥ 0,04%
Resistenza alla fessurazione (O Ring Test)	Nessuna fessura
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542	≥ 2 MPa
Adesione al calcestruzzo (UNI EN 1542) dopo 50 cicli di gelo disgelo secondo UNI EN 13687-1	≥ 2 MPa
Resistenza alla carbonatazione, UNI EN 13295	Prova superata
Porosità capillare, UNI EN 13057	≤ 0,30 kg x m <sup>-2</sup> x h <sup>-0,5</sup>
Resistenza alla permeazione dell'acqua in pressione diretta, UNI EN 12390-8	≤ mm
Reazione al fuoco, UNI EN 1504-3 art. 5.5	Classe A1

#### **1.6.14.10 Interventi per rapido colaggio**

La ricostituzione o il ringrosso di sezioni di elementi orizzontali in tempi molto rapidi anche in presenza di temperature ambientali fino a -5°C e in spessore minimo pari a 10 mm e massimo pari a 150 mm si realizza utilizzando malta cementizia,

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

premiscelata, fluida, contenente fibre in poliacrilonitrile, a rapido sviluppo delle resistenze meccaniche anche a basse temperature fino a -5°C. Deve essere garantire un buon mantenimento della lavorabilità per consentire la messa in opera di opportune quantità di malta.

Le fasi realizzative possono essere così riassunte:

1. Asportazione del calcestruzzo degradato, contaminato o incoerente mediante martelletti leggeri alimentati ad aria compressa, macchine idrodemolitrici, frese.
2. Posa in opera di eventuali armature strutturali aggiuntive avendo cura di garantire un copriferro di almeno 20 mm.
3. Pulizia delle armature eventualmente scoperte al fine di asportare eventuali porzioni di armatura ossidate in fase di distacco.
4. Pulizia e saturazione con acqua in pressione della superficie di supporto, in condizioni di bassa temperatura l'acqua deve essere riscaldata.
5. Accurata miscelazione che dovrà avvenire secondo le indicazioni riportate nella scheda tecnica del prodotto prescelto, le quantità impastate devono essere correlate alle tempistiche di messa in opera e alle temperature ambientali.
6. Eliminazione di eventuale acqua libera presente sul supporto.
7. Applicazione manuale per colaggio.
8. Finitura superficiale con vibrofinitrice o con frattazzo in caso di superfici ridotte.
9. Stagionatura delle superfici esposte all'aria con specifici antievaporanti che non creino film di distacco ad eventuali successive lavorazioni (impermeabilizzazione, protezione), acqua nebulizzata (da evitare in inverno), teli (da evitare in estate).

Per la buona riuscita dell'intervento è necessario attenersi scrupolosamente alle fasi applicative descritte nella scheda tecnica del prodotto prescelto che garantisca le caratteristiche e prestazioni sotto indicate.

Malta cementizia, premiscelata, fluida a rapido indurimento

Si utilizzerà malta cementizia, premiscelata, fluida, , a rapido sviluppo delle resistenze meccaniche anche a basse temperature fino a -5°C. Contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico.

Deve essere applicata su supporto irruvidito con macchine idrodemolitrici, con frese, o martelletti meccanici, per spessori superiori a 50 mm deve essere messa in opera in presenza di armatura strutturale e/o di rete elettrosaldata ben ancorata al supporto.

Tale malta dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+, essere conforme alla norma UNI EN 1504 parte 3 e fornire le seguenti prestazioni:

Bleeding, UNI 8998	Assente				
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17	≤ 0.0 %				
Resistenza a compressione espressa in MPa, UNI EN 12190		-5°C	0°C	5°C	20°C
	<b>4h</b> ≥	10	20	25	35
	<b>8h</b> ≥	20	30	35	45
	<b>24h</b> ≥	45	55	60	65
	<b>28g</b> ≥	70	75	80	85
Resistenza a trazione per flessione, UNI EN 196/1	1g ≥ 3 MPa 7g ≥ MPa				
Modulo elastico, UNI EN 13412	28-32 MPa				
Resistenza alla fessurazione (O Ring Test)	Nessuna fessura				
Resistenza allo sfilamento (con carico di 75 KN), UNI EN 1881	≤ 0, mm				
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542	≥ 2 MPa				
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542 dopo 50 cicli di gelo disgelo secondo, UNI EN 12687/1	≥2 MPa				
Resistenza alla carbonatazione, UNI EN 13295	Prova superata				
Porosità capillare, UNI EN 13057	≤ 0,30 kg x m-2 x h -0,5				
Resistenza alla permeazione dell'acqua in pressione diretta, UNI EN 12390/8	≤ mm				
Reazione al fuoco, UNI EN 1504-3 art 5.5	Classe A1				

**\*\*Le prestazioni relative a -5°C sono ottenute avendo portato il prodotto e l'acqua d' impasto a + °C Fasi applicative**

### 1a - Preparazione delle superfici in presenza di degrado superficiale

E' necessario asportare le parti di calcestruzzo superficialmente incoerenti mediante sabbiatura o idrosabbiatura. Il supporto così preparato si presenterà leggermente ruvido, integro e privo di qualsiasi sostanza che possa inficiare l'aderenza con il materiale di riparazione

### 1b. Preparazione delle superfici in presenza di degrado medio o profondo

E' necessario asportare tutto il calcestruzzo degradato e contaminato non soltanto quello incoerente mediante macchine idrodemolitrici manuali o robbottizzate, idonee frese idrauliche o martelletti meccanici. Il supporto dovrà risultare perfettamente integro e caratterizzato da una ruvidità di 3-5 mm.

### 2. Pulizia delle armature eventualmente scoperte

Dalle eventuali armature portate in superficie nella fase di asportazione del calcestruzzo dovranno essere asportati tutte le parti ossidate ed in fase di distacco mediante sabbiatura, idrosabbiatura o spazzolatura meccanica.

### 3. Posa in opera di eventuali armature strutturali aggiuntive

Le eventuali armature da aggiungere dovranno essere posizionate in modo da consentire il passaggio del materiale di riparazione dietro le armature stesse e da garantire uno spessore di copriferro di almeno 20 mm.

### 4. Corretto posizionamento delle casseformi qualora il getto avvenga entro cassero

Le casseforme dovranno essere non assorbenti per non sottrarre l'acqua d'impasto al materiale da riparazione. Dovranno inoltre essere perfettamente fissate e sigillate per resistere alla spinta di prodotti molto fluidi e per scongiurare la fuoriuscita di boiacca.

### 5. Pulizia e saturazione con acqua in pressione della superficie di supporto

Poco prima dell'applicazione del materiale di riparazione è necessario pulire e saturare il calcestruzzo di supporto utilizzando preferibilmente acqua in pressione a circa 50- atm L'utilizzo di acqua in pressione aumenta l'affidabilità dell'intervento perché consente di eliminare i residui dell'idrodemolizione o, qualora si fossero

utilizzati frese o martelletti meccanici, di asportare dalla superficie del supporto parti in microfessurate e/o non perfettamente aderenti.

#### 6. Miscelazione del materiale di riparazione

La miscelazione dopo aver verificato che le temperature dell'ambiente e del supporto siano in linea con i limiti di applicazione del prodotto utilizzato. La miscelazione dovrà essere eseguita secondo le istruzioni riportate nella scheda tecnica del prodotto, ponendo particolare attenzione al quantitativo d'acqua d'impasto previsto.

#### 7. Applicazione

L'applicazione dei prodotti tixotropici avverrà manualmete per piccole superfi d'intevento mediante macchine spruzzatrici nel caso di superfici estese.

- L'applicazione manuale dovrà avvenire proiettando il prodotto con energia evitando assolutamente di spalmarlo per evitare che si inglobi aria all'interfaccia con il supporto Si consiglia di effettuare un primo rinzafo e di applicare il resto del prodotto fino a raggiungere lo spessore prescritto.
- L'applicazione meccanica avverrà utilizzando macchine spruzzatrici a pistone o coclea, non devono essere utilizzate macchine a ciclo continuo. Qualora sia necessario applicare spessori maggiori di 50 mm è necessario applicare il prodotto in due-tre strati, applicando gli strati successivi a distanza di 24 ore da quello precedente.

L'applicazione di prodotti fluidi dovrà avvenire per colaggio o pompaggio anche entro cassero

Prima dell'applicazione su superfici orizzontali è necessario asportare eventuale acqua libera rimasta sul supporto. Il getto dovrà avvenire con continuità senza interruzioni per ottenere il massimo scorrimento dell'impasto

#### 8. Finitura delle superfici

Terminata l'applicazione si dovrà provvedere a rifinire la superficie per renderla planare. Nel caso di prodotti tixotropici si dovrà procedere alla frattazzatura della superficie per combattere la formazione di cavillature dovute alla prima

evaporazione dell'acqua d'impasto. Nel caso di getti per colaggio le superfici dovranno essere rifinite, nel caso di aree estese, con macchine finitrici.

### 9 Stagionatura delle superfici esposte all'aria

Le superfici appena ripristinate esposte a forte insolazione e/o a forte ventilazione o in presenza di clima secco dovranno essere opportunamente stagionate per evitare una troppo rapida evaporazione dell'acqua d'impasto secondo quanto riportato nella scheda tecnica del prodotto utilizzato

#### **1.6.14.11 Prove e controlli**

La normativa europea UNI EN 1504 prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture in calcestruzzo nella parte 10 si occupa della messa in opera dei prodotti, della corretta esecuzione di tutte le fasi realizzative e del controllo di qualità complessivo dei lavori.

L'insieme dei controlli si articolano in tre fasi successive: preliminari prima dell'inizio dei lavori, in corso d'opera e sulle opere finite. Questi tre fasi di controlli consentono di perseguire la durabilità dell'intervento in modo diretto e progressivo con l'obiettivo di prevenire ogni possibile incomprensione e mal interpretazione del capitolato d'appalto

#### **1.6.14.12 Controlli preliminari**

L'obiettivo è quello di verificare prima dell'inizio dei lavori che:

- i materiali proposti dall'impresa forniscano le prestazioni indicate nel presente Capitolato in riferimento alle lavorazioni dello specifico progetto. L'impresa dovrà presentare le schede tecniche e i certificati di laboratori ufficiali che attestino la marcatura CE e le prestazioni dei prodotti che intende utilizzare;
- le attrezzature che verranno utilizzate siano idonee ad eseguire tutte le varie fasi realizzative previste e che l'intero processo realizzativo sia corrispondente a quanto previsto in progetto. Sarà compito della DL far eseguire campioni per accertare l'efficacia di ogni fase realizzativa.

La qualifica dei materiali, una volta verificato che le schede tecniche, i certificati e le dichiarazioni dei produttori soddisfino i requisiti e le prestazioni indicate in questo Capitolato e nei documenti progettuali, verrà eseguita controllando:

- la consistenza del prodotto ottenuta con il dosaggio d'acqua prescritto sulla scheda tecnica deve essere quella effettivamente utilizzata nella fase di applicazione del prodotto;
- le resistenze meccaniche a 1, 7 e 28 giorni, secondo la EN 12190 per le malte o la EN 12390 per i betoncini, ottenute con impasti aventi la consistenza precedentemente verificata;
- la compensazione del ritiro mediante prova di espansione contrastata secondo UNI 8147 parte prima o parte seconda per le malte o 8148 per i betoncini;
- l'adesione al supporto eseguita su un'area campione rappresentativa dell'intervento da eseguirsi

#### **1.6.14.13 Controlli in corso d'opera**

Le verifiche in corso d'opera prima e durante l'applicazione prevedono controlli sulle condizioni del supporto, la verifica delle condizioni termo-igrometriche e delle condizioni operative.

La frequenza e il tipo di controllo deve essere valutato in funzione della complessità dell'intervento

##### Condizioni del supporto dopo la preparazione e prima dell'applicazione

La DL si dovrà accertare in particolare che siano state eseguite correttamente ed in conformità a quanto prescritto nel presente Capitolato le seguenti fasi che precedono l'applicazione del prodotto di riparazione:

- asportazione del calcestruzzo degradato negli spessori previsti;
- corretta ruvidità del supporto in funzione degli spessori da applicare;
- pulizia delle armature eventualmente scoperte e oggetto di fenomeni di corrosione;

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

- corretto posizionamento delle eventuali armature aggiuntive;
- corretto posizionamento di eventuali casseforme;
- pulizia e saturazione del supporto.

**Controlli in fase applicativa**

La DL dovrà effettuare il controllo di conformità riguardante:

- la temperatura dell'ambiente e quella del supporto;
- l'acqua d'impasto e che il corretto dosaggio sia eseguito in modo accurato;
- le resistenze meccaniche delle malte/betoncini. Per il controllo della resistenza a compressione da parte di ACEA vale quanto riportato in ai paragrafi precedenti del presente capitolato, con l'accortezza di utilizzare casseformi in acciaio quando si utilizzano prodotti ad espansione contrastata. Le dimensioni delle caseformi debbono essere pari a 4x4x16 cm per il collaudo di malte. Per i betoncini La geometria delle casseforme deve essere cubica di lato pari a 150 mm o cilindrica con diametro pari a 150 mm ed altezza pari a 300 mm al . Le modalità di prova devono essere conformi a quanto riportato nella norma UNI EN 12390/3 per le malte o nella UNI EN 12390/1 per i betoncini;
- l'umidità del supporto;
- l'espansione contrastata secondo quanto indicato dalla norma UNI modificata per le malte e la UNI 8148 modificata per i betoncini.

**Controllo sul ripristino eseguito**

- verifica qualitativa dell'aderenza dei materiali di riparazione al supporto mediante battitura a campione delle superfici;
- verifica quantitativa dell'aderenza dei materiali di riparazione al supporto mediante una prova di aderenza per trazione diretta in maniera analoga alle prove di laboratorio della EN 1542 prova di pull-off. La norma UNI EN 1504-10:2005 precisa che i valori di aderenza riscontrati in sito mediante la prova di pull-off dovranno essere opportunamente interpretati: l'aderenza

del materiale di riparazione può variare, ma non può mai essere maggiore della resistenza a trazione superficiale del supporto. Pertanto si accettano valori in sito che rientrino nell'intervallo compreso tra 1,2 e 1,5 MPa per la riparazione strutturale, e un valore minimo di 0,7 MPa per la riparazione non strutturale;

- verifica a campione degli spessori applicati.

### **1.6.15      PROTEZIONE DELLE STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO**

Gli elementi di una struttura che:

- non presentino alcun degrado;
- sono interessati da processi di degrado nella fase iniziale che non hanno ancora determinato danni evidenti;
- sono sede di processi di degrado avanzati le cui cause non possono essere eliminate ma è possibile solo cercare di rallentare al massimo l'evolversi dei fenomeni,

possono essere protetti utilizzando sistemi filmogeni che, facendo da barriera all'ingresso ed al contatto di aggressivi con il calcestruzzo, aumentano la durabilità e di conseguenza la vita utile.

Il livello di protezione e quindi di durabilità deve essere determinato in relazione al grado di aggressione dell'ambiente, dell'elemento da proteggere e dalle condizioni di esercizio

L'efficacia della protezione è fortemente dipendente anche dallo spessore di film secco applicato, tale dato deve essere indicato in maniera chiara nel progetto. È sempre opportuno realizzare lo spessore previsto applicando due strati di prodotto in direzione 0-90°.

I sistemi protettivi, in funzione del grado di aggressione e o dell'utilizzo specifico si diversificano dal punto di vista della composizione chimica che generalmente può essere a base poliuretanica, acrilica, metacrilica, epossidica o mista.

Sono poi disponibili, nell'ambito della stessa natura chimica, formulati rigidi o più o meno elastici, questi ultimi vengono utilizzati quando è richiesta la capacità da fare da ponte a stati fessurativi più o meno impegnativi.

#### **1.6.15.1 Scelta prestazionale dei sistemi protettivi**

La scelta del sistema filmogeno protettivo più idoneo per la situazione specifica deve essere effettuata in funzione dei requisiti che risultano fondamentali, il progettista deve specificare i requisiti e le prestazioni che devono essere garantite, non limitandosi a prescrivere solamente la natura chimica del formulato.

Spesso la scelta del sistema protettivo più appropriato è il frutto di un ponderato compromesso tra prestazioni ritenute necessarie ma a volte in contrapposizione tra loro.

I requisiti principali che caratterizzano un sistema protettivo sono:

- Adesione al calcestruzzo
- Impermeabilità all'acqua
- Impermeabilità alla CO<sub>2</sub>
- Impermeabilità allo ione cloruro
- Permeabilità al vapore d'acqua
- Resistenza chimica a sostanze aggressive
- Resistenza cicli gelo-disgelo
- Resistenza UV
- Capacità di far da ponte a stati fessurativi (Crack bridging ability)
- Resistenza all'abrasione
- Contatto permanente con acqua
- Resistenza chimica per contatto con sostanze aggressive.

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

La parte 2 della normativa UNI EN 1054 è il riferimento per ottenere la marcatura CE dei sistemi protettivi. È opportuno inoltre ricordare che i requisiti e le prestazioni necessarie per ottenere la marcatura CE.

Le fasi realizzative possono essere così riassunte:

- Preparazione del supporto con sabbiatura, idrosabbiatura o acqua in pressione per ottenere una superficie leggermente ruvida e per eliminare qualsiasi elemento che possa pregiudicare l'aderenza
- Pulizia delle superfici su cui intervenire con lavaggio o con aria compressa, al momento dell'applicazione il supporto deve risultare asciutto.
- Verificare che le condizioni ambientali e del supporto siano idonee all'applicazione
- Applicazione del promotore di adesione (primer) quando faccia parte del sistema.
- La miscelazione deve avvenire con idonea attrezzatura e per un tempo che garantisca l'omogeneità del prodotto. Nel caso di prodotti bicomponenti è fondamentale rispettare con estrema esattezza i rapporti di miscelazione.
- Applicazione del primo strato di finitura rispettando i tempi di sovrapposizione con l'eventuale primer
- Applicazione del secondo strato di finitura rispettando i tempi di sovrapposizione rispetto allo strato precedente.

Per la buona riuscita dell'intervento è necessario attenersi scrupolosamente alle fasi applicative descritte nella scheda tecnica del prodotto prescelto che garantisca le caratteristiche e prestazioni sotto indicate.

**1.6.15.2 Protezione elevatissima – sistema protettivo filmogeno elastico a base poliuretanica- spessore di film secco 200 micron**

Sistema protettivo filmogeno, elastico, bicomponente, a base di resine poliuretaniche in solvente che consente di fare da ponte a stati fessurativi derivanti da ritiro plastico o igrometrico. Applicabile manualmente con rullo, pennello o

meccanicamente con sistema airless, in spessore minimo di film secco pari a 200 micron.

È un sistema elastico, caratterizzato da buona capacità di crack bridging, da un elevatissimo effetto barriera, elevatissima resistenza all'aggressione degli agenti ambientali e dei cloruri, da un'ottima resistenza ai Raggi UV, da ottima permeabilità al vapore d'acqua

Tale protettivo dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+ essere conforme alla normativa UNI EN 1504 parte 2 e fornire le seguenti prestazioni riferite ad uno spessore di film secco di 200 µm:

Aderenza al calcestruzzo, UNI EN 1542	> 2,0 MPa - rottura tipo A
Determinazione della permeabilità al biossido di carbonio, UNI EN 1062-6 method A	Sd >120 m
Determinazione del grado di trasmissione del vapore acqueo UNI EN ISO 7783-1	Sd < 3 m
Resistenza alla fessurazione (Crack Bridging Ability), EN 1062-7	Statico A1 Dinamico B1
Assorbimento capillare e permeabilità all'acqua, EN 1062-3	0,007 (kgxm2xh-0.5)
Compatibilità termica (cicli gelo-disgelo con sali disgelanti) misurata come adesione, EN 1542 dopo 50 cicli	> 2,0 MPa - rottura tipo A
Resistenza all'esposizione agli agenti atmosferici artificiali (radiazioni UV e condensa), UNI EN 1062/11	Nessun rigonfiamento, nessuna fessurazione, nessuna scollatura

**1.6.15.3 Protezione elevata – sistema protettivo filmogeno elastico a base acrilica per strutture a contatto non permanente con acqua spessore di film secco 200 micron**

Sistema protettivo filmogeno, elastico, monocomponente, a base di resina acrilica dispersa in acqua, applicabile manualmente con rullo, pennello o meccanicamente con sistema airless, in spessore minimo di film secco pari a 200 micron .

È un sistema elastico caratterizzato da buona capacità di crack bridging, da un elevato effetto barriera, da un'ottima resistenza ai Raggi UV, da ottima permeabilità al vapore Non deve essere applicato per la protezione di strutture a costante contatto con acqua. Essendo un prodotto in emulsione acquosa soffre l'applicazione a basse temperature

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

Tale protettivo dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+, essere conforme alla normativa UNI EN 1504 parte 2 e fornire le seguenti prestazioni riferite ad uno spessore di film secco di 200 µm:

Aderenza al calcestruzzo, UNI EN 1542	>1,0 MPa - Rottura tipo A
Determinazione della permeabilità al biossido di carbonio, UNI EN 1062-6 method A	Sd > 130 m
Determinazione del grado di trasmissione del vapore acqueo UNI EN ISO 7783-1	Sd < 0,5 m
Resistenza alla fessurazione (Crack Bridging Ability), EN 1062-7	Statico A1 Dinamico B1
Assorbimento capillare e permeabilità all'acqua, EN 1062-3	0,08 (kg·m <sup>2</sup> ·h <sup>-0.5</sup> )
Compatibilità termica (cicli gelo-disgelo con sali disgelanti) misurata come adesione, EN 1542, dopo 50 cicli	> 0,8 MPa - rottura tipo A
Resistenza all'esposizione agli agenti atmosferici artificiali (radiazioni UV e condensa) UNI EN 1062/11	Nessun rigonfiamento, nessuna fessurazione, nessuna scagliatura

**1.6.15.4 Protezione elevata – sistema protettivo filmogeno rigido a base metacrilica spessore di film secco 80-150 micron**

Sistema protettivo filmogeno, rigido, monocomponente, a base di resine metacriliche in solvente applicabile manualmente con rullo, pennello o meccanicamente con sistema airless, in spessore minimo di film secco pari a 80 micron e massimo pari a 150 micron.

È un sistema rigido, caratterizzato da un elevato effetto barriera, elevata resistenza all'aggressione degli agenti ambientali e dei cloruri, da un'ottima resistenza ai Raggi UV, da buona permeabilità al vapore d'acqua

Tale protettivo dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+, essere conforme alla normativa UNI EN 1504 parte 2 e fornire le seguenti prestazioni riferite ad uno spessore di film secco di 150 µm:

Aderenza al calcestruzzo, UNI EN 1542	> 2,0 MPa - rottura tipo A
Determinazione della permeabilità al biossido di carbonio, UNI EN 1062-6 method A	SD > 200 m
Determinazione del grado di trasmissione del vapore acqueo UNI EN ISO 7783-1	SD < 2,5 m
Assorbimento capillare e permeabilità all'acqua, EN 1062-3	0,005(kgxm <sup>2</sup> xh <sup>-0.5</sup> )
Compatibilità termica (cicli gelo-disgelo con sali disgelanti) misurata come adesione secondo EN 1542, dopo 50 cicli	> 2,0 MPa - rottura tipo A

Resistenza all'esposizione agli agenti atmosferici artificiali (radiazioni UV e condensa)	Nessun rigonfiamento, nessuna
UNI EN 1062-11 dopo 2000 ore di esposizione	fessurazione, nessuna scagliatura

### Controlli preliminari

L'obiettivo è quello di verificare prima dell'inizio dei lavori che:

- i sistemi protettivi proposti dall'impresa forniscano le prestazioni indicate nel presente Capitolato in riferimento alle lavorazioni dello specifico progetto L'ESECUTORE dovrà presentare le schede tecniche e i certificati di laboratori ufficiali che attestino la marcatura verificare, prima dell'inizio CE e le prestazioni dei prodotti che intende utilizzare;
- le attrezzature che verranno utilizzate siano idonee ad eseguire tutte le varie fasi realizzative previste e che l'intero processo realizzativo sia corrispondente a quanto previsto in progetto Sarà compito della DL far eseguire campioni per accertare l'efficacia di ogni fase realizzativa

### Controlli in corso d'opera

Le verifiche in corso d'opera prima e durante l'applicazione prevedono controlli sulle condizioni del supporto, la verifica delle condizioni termo-igrometriche e delle condizioni operative.

La frequenza e il tipo di controllo deve essere valutato in funzione della complessità dell'intervento

### Condizioni del supporto dopo la preparazione e prima dell'applicazione

La DL si dovrà accertare in particolare che il supporto:

- sia stato preparato opportunamente mediante sabbiatura, idrosabbiatura o acqua in pressione per ottenere una superficie leggermente ruvida e per eliminare qualsiasi elemento che possa pregiudicare l'aderenza
- sia stato perfettamente pulito mediante lavaggio o con aria compressa,
- al momento dell'applicazione risulti asciutto

### Controlli in fase applicativa

La DL dovrà effettuare il controllo di conformità riguardante:

- la temperatura dell'ambiente e quella del supporto;
- l'umidità del supporto;
- i rapporti di miscelazione dei componenti A e B dei formulati bicomponenti siano rispettati;
- l'applicato il primer correlato allo specifico sistema protettivo;
- il tempo di ricopertura del primer con il sistema protettivo;
- la corretta applicazione in due strati del sistema protettivo;
- lo spessore di fil secco del sistema protettivo.

## **1.6.16 ANCORAGGI E INGHISAGGI**

### **1.6.16.1 Ancoraggi con materiali cementizi**

L'ancoraggio di barre ad aderenza migliorata, tirafondi, barre filettate a strutture in calcestruzzo può essere realizzato utilizzando materiali cementizi espansivi, caratterizzati da un processo espansivo contrastato per confinamento dalla tasca o dal foro di ancoraggio. La fase espansiva deve iniziare al termine della fase di presa cioè quando il materiale inizia quella d'indurimento. Lo spessore di ancoraggio minimo è di circa 5 mm quando si utilizza una boiacca espansiva e di circa 10 mm quando si utilizza una malta.

È possibile realizzare ancoraggi molto rapidi utilizzando malte cementizie che assicurano un velocissimo sviluppo delle resistenze meccaniche anche a temperature basse fino a -5°C. I materiali cementizi devono essere messi in opera su supporti umidi, condizione facilmente realizzabile, contrariamente a formulati a base di resina che temono l'umidità dei supporti.

La normativa di riferimento per ottenere la marcatura CE è la 1504 parte 6.

I requisiti principali che contraddistinguono un prodotto cementizio utilizzato per l'ancoraggio sono:

- Elevata fluidità, consente una veloce, semplice ed affidabile messa in opera per colaggio, fornendo all'impasto grandissima scorrevolezza e

massima capacità di riempimento e di compattazione.

- Elevata aderenza, consente il corretto trasferimento delle sollecitazioni. L'elevata aderenza è garantita nel tempo grazie alle caratteristiche espansive del prodotto che annullano i ritiri a lungo termine, propri dei normali conglomerati cementizi.
- Ottime prestazioni meccaniche, consentono di resistere ad elevate sollecitazioni statiche e dinamiche ed a cicli di fatica.
- Elevata resistenza ai cicli di gelo disgelo, requisito fondamentale per la durabilità di ancoraggi eseguiti all'esterno.
- Ottima impermeabilità all'acqua, garantisce la durabilità dell'ancoraggio.
- Ottima resistenza agli olii lubrificanti, consente l'impiego in ambienti industriali

Per la buona riuscita dell'intervento è necessario attenersi scrupolosamente alle fasi applicative descritte nella scheda tecnica del prodotto prescelto che garantisca le caratteristiche e prestazioni sotto indicate.

Malta cementizia, premiscelata, fluida, ad espansione contrastata con stagionatura in acqua

Si utilizzerà una malta cementizia, premiscelata, fluida, ad espansione contrastata con stagionatura in acqua. Contenente fibre in poliaccrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico.

Applicabile per colaggio manualmente o tramite pompa in spessore minimo di 10 mm.

Tale malta dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+ essere conforme alla normativa UNI EN 1503 parte 6 e fornire le seguenti prestazioni:

Bleeding UNI 8998	Assente
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17	≤ 0.0 %

Resistenza a compressione UNI EN 12190	1 giorno $\geq 30$ MPa 7 giorni $\geq 0$ MPa 28 giorni $\geq 60$ MPa
Resistenza a trazione per flessione UNI EN 196/1	1 giorno $\geq 3$ MPa 7 giorni $\geq$ MPa 28 giorni $\geq 7$ MPa
Modulo elastico UNI EN 13412	26-30 MPa
Espansione in fase plastica UNI 8996 a 20°C, U.R. 65%	$\geq 0,3\%$
Espansione contrastata ad 1 giorno UNI 8147 parte prima	$\geq 0,03\%$
Resistenza allo sfilamento (con carico di 75 kN) UNI EN 1881	$\leq 0$ , mm
Adesione al calcestruzzo UNI EN 1542	$\geq 2$ MPa
Compatibilità termica, adesione dopo i cicli di gelo-disgelo UNI EN 13687/1	$\geq 2$ MPa
Resistenza alla permeazione dell'acqua in pressione diretta (UNI EN 12390/8)	$\leq$ mm
Assorbimento capillare UNI EN 13057	$\leq 0,30$ kg x m-2 x h -0,5
Resistenza alla carbonatazione UNI EN 13295	Specificata superata
Reazione al fuoco UNI EN 1504-3 art. 5.5	Classe A1

Malta cementizia, premiscelata, fluida a rapido indurimento

Si utilizzerà una malta cementizia, premiscelata, fluida, a rapido sviluppo delle resistenze meccaniche anche a basse temperature fino a -5°C. Contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico. Tale malta dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+, essere conforme alla normativa UNI EN 1503 parte 6 e fornire le seguenti prestazioni:

Bleeding, UNI 8998	Assente				
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17	$\leq 0.0$ %				
Resistenza a compressione espressa in MPa, UNI EN 12190		-5°C	0°C	5°C	20°C
	<b>4h</b> $\geq$	10	20	25	35
	<b>8h</b> $\geq$	20	30	35	45
	<b>24h</b> $\geq$	45	55	60	65
	<b>28g</b> $\geq$	70	75	80	85
Resistenza a trazione per flessione, UNI EN 196/1	1g $\geq 3$ MPa 7g $\geq$ MPa				
Modulo elastico, UNI EN 13412	28-32 MPa				
Resistenza alla fessurazione (O Ring Test)	Nessuna fessura				

Resistenza allo sfilamento (con carico di 75 kN), UNI EN 1881	$\leq 0$ , mm
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542	$\geq 2$ MPa
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542 dopo 50 cicli di gelo disgelo secondo, UNI EN 12697/1	$\geq 2$ MPa
Resistenza alla carbonatazione, UNI EN 13295	Prova superata
Porosità capillare, UNI EN 13057	$\leq 0,30$ kg x m-2 x h -0,5
Resistenza alla permeazione dell'acqua in pressione diretta, UNI EN 12390/8	$\leq$ mm
Reazione al fuoco, UNI EN 1504-3 art 5.5	Classe A1

*Le prestazioni relative a - °C sono ottenute avendo portato il prodotto e l'acqua d'impasto a + 15°C.*

### **1.6.16.2 Ancoraggi con materiali a base di resina**

Gli ancoraggi realizzati con materiali a base epossidica quando sono in gioco sollecitazioni e tensioni di aderenza elevate.

Tali formulati garantiscono prestazioni meccaniche elevatissime nettamente superiori ai materiali cementizi. Utilizzando materiali a base resina è opportuno ricordare che tali formulati soffrono l'umidità del supporto

Esiste inoltre la Linea guida europea ETAG per l'ottenimento del benessere tecnico europeo per gli ancoranti metallici nel calcestruzzo utilizzabili anche in caso di carichi sismici la cui parte 5 è specifica per gli ancoranti chimici.

Per la buona riuscita dell'intervento è necessario attenersi scrupolosamente alle fasi applicative descritte nella scheda tecnica del prodotto prescelto che garantisca le caratteristiche e prestazioni sotto indicate.

#### **1.6.16.2.1 Inghisaggi chimici con resina epossidica in cartuccia**

Si utilizza un adesivo in cartuccia, tixotropico, bicomponente, a base di resina epossidica pura, privo di ritiro. Tale prodotto dovrà essere conforme alle linee guida ETAG 001-5 e TR023 e fornire, a titolo non esaustivo, le seguenti prestazioni:

Calcestruzzo	Tipologia barra	Diametro	Carico ultimo medio a trazione	Carico ultimo medio a taglio	Carico consigliato a trazione	Carico consigliato a taglio
			N <sub>Rum</sub> [kN]	V <sub>Rum</sub> [kN]	N <sub>rec</sub> [kN]	V <sub>rec</sub> [kN]

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

C20/25	≥ 8.8	M8	29,20	17,6	8,14	8,4
C20/25	≥ 8.8	M10	44,05	27,8	11,96	13,3
C20/25	≥ 8.8	M12	61,91	40,5	20,05	19,3
C20/25	≥ 8.8	M16	95,27	75,4	31,49	35,9
C20/25	≥ 8.8	M20	144,07	117,6	47,51	56,0
C20/25	≥ 8.8	M24	197,81	169,4	62,10	80,7

**1.6.17 INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA**

È fondamentale definire gli obiettivi da perseguire negli interventi di ripristino e/o rinforzo tenendo conto delle peculiarità di ogni costruzione in muratura. Risulta indispensabile utilizzare prodotti specifici per il ripristino e il rinforzo delle murature che siano compatibili con le tecniche ed i materiali originali.

Un approccio corretto è articolato nelle seguenti fasi:

- Ricerca storica che indagli anche su le differenti fasi di progettazione e realizzazione compresi eventuali successivi interventi di ripristino/rinforzo.
- Rilievo dei dissesti statici.
- Rilievo ed entità dei degradi dei materiali.
- Tecniche d'intervento.
- Scelta prestazionale dei materiali.

**1.6.17.1 Ancoraggi con materiali a base di resina**

I requisiti ed i limiti prestazionali che debbono caratterizzare i materiali da utilizzare sono da correlare con il tipo d'intervento da realizzare; è possibile comunque evidenziare i requisiti assolutamente necessari:

- impermeabilità all'acqua;
- limitata capillarità;
- porosità elevata;
- elevata permeabilità al vapore;
- basso contenuto di sali;

- prestazioni meccaniche (resistenze e moduli elastici diversificate in relazione al tipo d'intervento ma congruenti con la muratura;
- adesione;
- tempi di presa ed indurimento in linea con le modalità esecutive;
- compatibilità con i materiali originari o utilizzati in precedenti interventi;
- innocuità del materiale utilizzato al fine di non innescare nuovi meccanismi di degrado alle murature;
- resistenza ai cicli di gelo disgelo.

Una importante normativa di riferimento è la UNI EN 998 parte 1 e parte 2.

### **1.6.17.2 Interventi**

#### **1.6.17.2.1 Ristillatura di giunti di malta**

La malta che costituisce i giunti tra conci di muratura può deteriorarsi sia per cause chimiche che fisiche. L'intervento di risarcimento-stilatura è volto a preservare le cortine murarie e a restituire la continuità alla tessitura murari impedendo l'evolversi di fenomeni di degrado che potrebbero determinare il decadimento delle caratteristiche meccaniche.

L'intervento consiste nell'integrazione delle porzioni di malta mancanti e/o nella sostituzione delle parti deteriorate non più coerenti.

- a) Opera muraria realizzata con malta a base di calce idraulica

Se l'opera muraria è stata realizzata con malta a base di calce idraulica naturale, per eseguire l'intervento di risarcimento-stilatura si dovrà utilizzare una malta da muratura, premiscelata, tixotropica, a base di calce idraulica naturale, applicabile manualmente, caratterizzata da elevata permeabilità al vapore, ottima adesione alla muratura, resistenze meccaniche compatibili con quelle della malta preesistente, basso assorbimento capillare, buona stabilità dimensionale e che non rilasci sali.

Tale malta dovrà avere la marcatura CE ed essere classificata, secondo la norma EN 998-2, di classe non inferiore a M5 (ai sensi del §11.10.2 del DM 17/01/18) come "Malta da muratura a composizione prescritta per scopi generali per l'utilizzo esterno in elementi soggetti a requisiti strutturali", e fornire, a titolo non esaustivo, le seguenti prestazioni:

Tempo di lavorabilità	60 Minuti
Permeabilità al vapore, EN 1745 (valore tabulato)	$\mu \leq 35$
Assorbimento capillare, UNI EN 1015-	$\leq$ , Kg (m x min <sup>-1</sup> )
Adesione al supporto, UNI EN 1015-	$\geq$ , MPa
Coefficiente di conducibilità termica, EN 1745 (valore tabulato)	$\lambda =$ , W/mK
Reazione al fuoco, EN 13501-	Classe A1

b) Opera muraria realizzata con malta a base di cemento

Se l'opera muraria è stata realizzata con malta a base di cemento, per eseguire l'intervento di risarcimento- stitatura si dovrà utilizzare una malta da muratura, premiscelata, tixotropica, a base di cemento, applicabile manualmente, ottima adesione alla muratura, resistenze meccaniche compatibili con quelle della malta preesistente, basso assorbimento capillare e buona stabilità dimensionale.

Tale malta dovrà avere la marcatura CE ed essere classificata, secondo la norma la norma EN 998-1 come GP "Malta per scopi generali per intonaci interni esterni" di categoria CS IV e secondo la norma EN -2 come G "Malta da muratura a composizione prescritta per scopi generali per l'utilizzo esterno in elementi soggetti a requisiti strutturali" di classe M Dovrà fornire le seguenti prestazioni:

Tempo di lavorabilità	45 Minuti
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-	$\leq$ %
Permeabilità al vapore, UNI EN 1015-	$\mu \leq$
Assorbimento capillare, UNI EN 1015-	$\leq$ , Kg (m x min <sup>-1</sup> )
Adesione al supporto, UNI EN 1015-	$\geq$ , MPa
Coefficiente di conducibilità termica, EN 1745 (valore tabulato)	$\lambda =$ , W/mK

Resistenza a compressione, UNI EN 1015-	giorno $\geq$ MPa giorni $\geq$ MPa
Resistenza a flessione, UNI EN 1015-	giorno $\geq$ MPa giorni $\geq$ MPa
Modulo elastico, UNI EN 13412	11.000 ÷ 13.000 MPa
Reazione al fuoco, EN 13501-	Classe A1

In entrambi i casi di cui sopra, le fasi applicative, possono essere così riassunte, e comunque devono rispettare quanto previsto dalla scheda tecnica del prodotto prescelto:

#### 1- Preparazione del supporto

La malta poco resistente o addirittura in fase di distacco deve essere asportata mediante scalpellatura leggera. Si dovranno eliminare mediante spazzola metallica eventuali efflorescenze, muffe e qualsiasi sostanza che possa ridurre l'aderenza

#### 2- Pulizia e lavaggio della muratura

Si devono eliminare la polvere ed i residui della scalpellatura e della spazzolatura mediante aria compressa. Prima della posa in opera della malta con cui si eseguirà il risarcimento-stilatura è necessario bagnare il supporto per evitare che sottragga acqua con conseguente riduzione di aderenza. Al momento dell'applicazione la superficie della muratura deve risultare satura ma senza velo d'acqua in superficie. Qualora la malta originaria è a base di calce idraulica, se sul supporto sono presenti efflorescenze si devono effettuare ripetuti lavaggi con acqua a bassa pressione per favorire la migrazione dei sali verso l'esterno e per consentire la loro eliminazione mediante spazzolatura.

#### 3- Miscelazione

La miscelazione non si deve iniziare se la temperatura ambientale non garantisce che l'applicazione avvenga ad una temperatura compresa tra +5 e + 35°C. Dovrà eseguirsi rispettando le indicazioni riportate sulle schede tecniche del prodotto utilizzato.

#### 4- Applicazione

Si applicherà, mediante una cazzuola a punta tonda, un quantitativo di malta leggermente in eccesso rispetto alla capienza delle fughe, esercitando una leggera pressione con la punta tonda della cazzuola per costipare la malta e, dopo che la malta ha acquisito un po' di consistenza, si dovrà eseguire l'asportazione della malta in eccesso e la finitura superficiale lisciando o "segnandola" leggermente con una spazzola di saggina.

#### 5- Stagionatura

Le superfici esposte a forte insolazione, ventilazione e bassa umidità relativa dovranno essere stagionate mediante stagionatura umida. In caso di pioggia le superfici su cui si è appena intervenuti dovranno essere protette.

#### **1.6.17.3 Iniezioni di massa**

La tecnica delle iniezioni a bassa pressione consiste nell'immettere all'interno della muratura una boiaccia fluida allo scopo di consolidare fondazioni, paramenti murari, volte, archi ecc. ripristinandone le originali caratteristiche meccaniche. La boiaccia consente di rigenerare le vecchie malte, di rafforzare i legami tra la malta e gli elementi lapidei, di riempire eventuali micro e macro vuoti e di saldare lesioni.

L'esecuzione di iniezioni di massa sono particolarmente efficaci nel caso di murature a sacco. Nel caso di muratura piena ad unico paramento l'intervento è meno efficace. Una boiaccia da iniezione eseguita su una muratura ad unico paramento ha un assorbimento variabile ma molto vicino all' % rispetto al volume dell'intera struttura mentre, se fosse a sacco e quindi a più paramenti, l'assorbimento rispetto al volume sarebbe attorno al 20%.

#### a) Opera muraria realizzata con malta a base di calce idraulica

Si utilizzerà una boiaccia premiscelata da iniezione a base di calce idraulica naturale di resistenza meccanica compatibile con quella della malta preesistente, ad elevata fluidità, elevato mantenimento della lavorabilità, priva di bleeding, elevata permeabilità al vapore e a basso rilascio di sali solubili.

La boiaccia deve avere la marcatura CE secondo la norma EN 998-2, , e fornire le seguenti prestazioni:

Bleeding 8998	Assente
Tempo di lavorabilità	$\geq$ Minuti
Fluidità della boiacca - Cono di Marsh (UNI EN 445 punto 3.2.2)	Iniziale $\leq$ secondi dopo ' $\leq$ secondi dopo ' $\leq$ secondi
Permeabilità al vapore, UNI EN 1745	$\mu \leq$
Coefficiente di conducibilità termica, EN 1745	$\lambda =$ , W/mK
Contenuto Sali idrosolubili	$<$ , %
Temperatura d'idratazione, camera adiabatica	$\leq$ °C
Adesione al supporto per taglio, UNI EN 998-	$\geq$ ,
Reazione al fuoco, EN 13501-	Classe A1

**b) Opera muraria realizzata con malta a base di cemento**

Si utilizzerà una boiacca cementizia realizzata utilizzando come legante uno speciale legante espansivo, con una consistenza compatibile con l'assorbimento della muratura

Le prestazioni e le caratteristiche del legante, a titolo non esaustivo, sono di seguito riportate:

Bleeding, UNI 8998	Assente
Resistenza a compressione, UNI EN 12190	giorno $\geq$ MPa giorni $\geq$ MPa
Resistenza a trazione per flessione, UNI EN 196/1	giorno $\geq$ MPa giorni $\geq$ MPa
Espansione contrastata con stagionatura in acqua ad 1 giorno, UNI 8147	$\geq$ , %
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542	$\geq$ , MPa

In entrambi i casi, le fasi applicative possono essere così riassunte: 1- Preparazione del supporto

É necessario:

- asportare tutte le parti d'intonaco che risultano distaccate;
- eseguire la stilatura di tutti i giunti la cui malta risulti poco consistente o

friabile;

- sigillare tutte le fessure per evitare la fuoriuscita della boiaccia d'iniezione.

#### 2- Realizzazione dei fori

Dovranno essere realizzati, leggermente inclinati verso il basso, fori di diametro di 2-4 cm mediante strumento a sola rotazione. La lunghezza sarà pari a circa i 2/3 dello spessore della muratura se l'iniezione verrà eseguita da un solo lato, pari a circa la metà dello spessore se invece l'iniezione avverrà da entrambi i lati della muratura.

I fori dovranno essere realizzati a vertici sfalsati con maglia a triangolo equilatero. la distanza tra i fori dovrà essere determinata con delle prove d'iniezione preliminari che consentano di determinare la penetrazione della boiaccia nella specifica muratura. Tale capacità di penetrazione si determina praticando un foro da cui sarà iniettata la boiaccia e una serie di fori a distanza crescente. Quando la boiaccia fuoriesce dal foro più vicino a quello di iniezione si provvede a chiuderlo e si continua così in progressione. Si assume come lato della maglia a triangolo equilatero, secondo cui si disporranno i fori, la distanza tra il foro da cui è fuoriuscita la boiaccia che risulta più distante dal foro d'iniezione. Si fisseranno in perfetta aderenza con i fori d'iniezione tubicini in plastica. In pratica si dovrà garantire la l'effettiva sovrapposizione delle aree iniettate.

#### 3- Pulizia e lavaggio della muratura

ore prima di iniettare la boiaccia d'iniezione è necessario, quando non esistano specifiche controindicazioni, lavare la muratura iniettando dai fori acqua a bassissima pressione per consentire la fuoriuscita di piccole parti incoerenti e della polvere e per consentire la saturazione in modo che la muratura non sottragga acqua alla boiaccia e ne limiti così la penetrazione e l'aderenza.

#### 4- Miscelazione

La miscelazione non si deve iniziare se la temperatura ambientale non garantisce che l'applicazione avvenga ad una temperatura compresa tra +5 e + 35°C. Dovrà eseguirsi rispettando le indicazioni riportate sulle schede tecniche del prodotto utilizzato.

## 5- Applicazione

La boiaccia deve essere iniettata con pressione compatibile con la tipologia muratura, per non provocare dissesti nella muratura, utilizzando pompe meccaniche o manuali predisposte per le iniezioni. L'iniezione si esegue attraverso i tubicini precedentemente fissati partendo dalla fila inferiore, quando la boiaccia fuoriesce dal foro immediatamente superiore si provvede a chiudere il tubicino più basso, si procede con questa sequenza fino alla fuoriuscita della boiaccia dall'ultimo foro della fila più in alto.

### **1.6.17.4 Iniezioni armate**

Le iniezioni armate consentono di realizzare per esempio rinforzi delle murature d'angolo, ricongiungimenti di parti lesionate, ammorsamenti di muri ortogonali e connettori per ringrossi di sezioni. Le iniezioni armate sono in pratica delle cuciture realizzate inghisando, all'interno di fori generalmente inclinati di 45° praticati

nella muratura, armature metalliche. Il numero dei fori, la distanza tra di loro, il diametro e la lunghezza sono definite nel documento progettuale.

Il materiale d'iniezione dovrà essere:

- a) nel caso di cucitura di lesioni particolarmente profonde (si prefigura un intimo contatto tra la boiaccia d'iniezione e la muratura) una boiaccia di calce idraulica naturale marcata CE secondo la norma EN 998-2, essere classificata malta di tipo M15, e fornire le seguenti prestazioni:

Bleeding 8998	Assente
Tempo di lavorabilità	$\geq$ Minuti
Fluidità della boiaccia - Cono di Marsh (UNI EN 445 punto	Iniziale $\leq$ secondi dopo ' $\leq$ secondi dopo ' $\leq$ secondi
Resistenza a compressione, UNI EN 1015- (classe M15 – EN	giorni $\geq$ MPa
-	
Permeabilità al vapore, UNI EN 1745	$\mu \leq$
Coefficiente di conducibilità termica, EN 1745	$\lambda =$ , W/mK
Contenuto Sali idrosolubili	$<$ , %
Temperatura d'idratazione, camera adiabatica	$\leq$ °C

Adesione al supporto per taglio, UNI EN 998-	$\geq$ ,
Reazione al fuoco, EN 13501-	Classe A1

- b) nel caso di fori eseguiti in murature non fessurate o quando i volumi d'iniezione sono limitati praticamente al volume del foro il materiale d'iniezione dovrà essere una boiaccia realizzata con uno speciale legante espansivo, ad elevata fluidità che garantisca le seguenti prestazioni seguenti prestazioni:

Bleeding, UNI 8998	Assente
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-	$\leq$ %
Resistenza a compressione, UNI EN 12190	giorno $\geq$ MPa giorni $\geq$ MPa giorni $\geq$ MPa
Resistenza a trazione per flessione, UNI EN 196/1	giorno $\geq$ MPa giorni $\geq$ MPa
Espansione contrastata con stagionatura in acqua ad 1 giorno, UNI 9147	$\geq$ , %

- c) nel caso di iniezioni sopra-testa e per volumi pari al solo volume del foro il materiale d'inghisaggio dovrà essere un adesivo in cartuccia, tixotropico, bicomponente, a base di resina epossidica pura, privo di ritiro, conforme alle linee guida ETAG 001-5 e TR023.

Le fasi applicative possono essere così riassunte: 1- Preparazione del supporto

E' necessario:

- eseguire la stilatura di tutti i giunti la cui malta risulti poco consistente o friabile,
  - sigillare tutte le fessure per evitare la fuoriuscita della boiaccia d'iniezione
- 2- Realizzazione dei fori

Dovranno essere realizzati mediante strumento a sola rotazione, generalmente inclinati di circa 45°. Il numero dei fori, la distanza tra di loro, il diametro e la lunghezza sono definite nel documento progettuale.

### 3- Pulizia dei fori

Si dovranno asportare utilizzando aria in pressione tutti i residui generatisi nella fase di esecuzione del foro. Nel caso di utilizzo di boiaccia come prescritto al punto a e b il foro dovrà anche essere preventivamente inumidito e l'acqua in eccesso eliminata mediante aria compressa. Nel caso c) (utilizzo di resine) la superficie del foro deve essere asciutta prima dell'applicazione del prodotto

### 4- Miscelazione

La miscelazione non si deve iniziare se la temperatura ambientale non garantisce che l'applicazione avvenga ad una temperatura compresa tra +5 e + 35°C. Dovrà eseguirsi rispettando le indicazioni riportate sulle schede tecniche del prodotto utilizzato.

### 5- Applicazione

Il materiale d'iniezione dovrà essere iniettato a bassa pressione nel caso di cuciture di lesioni, oppure colato o estruso (resina in cartuccia entro il foro Terminata l'iniezione si inserisce la barra di armatura Infine si esegue la finitura superficiale.

## **1.6.17.5 Scuci e cuci**

L'intervento di scuci e cuci consiste nella ricostituzione della muratura degradata, dissestata o mancante effettuando la sostituzione della vecchia muratura con la nuova operando per zone limitate e procedendo dall'alto verso il basso e per zone alternate

Le malte da utilizzare dovranno essere compatibili con quelle struttura muraria esistente; le tipologie e le prestazioni delle stesse sono le medesime di quelle prescritte per gli interventi di ristilatura dei giunti di malta.

Le fasi applicative possono essere così riassunte: 1- Demolizione della vecchia muratura

Dovrà eseguirsi utilizzando mezzi manuali in modo da non danneggiare le zone di muratura limitrofe. Si procederà per zone limitate, procedendo dall'alto verso il basso e per zone alternate in modo da non indebolire l'intera muratura

### 2- Pulizia e saturazione delle superfici

## DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI

---

Le superfici che verranno a contatto con la nuova muratura dovranno essere pulite con aria compressa e successivamente saturate di acqua.

Al momento dell'applicazione la superficie della muratura deve risultare satura ma senza velo d'acqua in superficie.

### 3- Miscelazione

La miscelazione non si deve iniziare se la temperatura ambientale non garantisce che l'applicazione avvenga ad una temperatura compresa tra +5 e + 35°C. Dovrà eseguirsi rispettando le indicazioni riportate sulle schede tecniche del prodotto utilizzato.

### 4- Applicazione

La malta di allettamento e di collegamento dei conci dovrà essere applicata per uno spessore tale da ricostruire correttamente l'allineamento dei conci con la muratura esistente di circa -2 cm in finzione al tipo di muratura. Dopo che la malta avrà acquisito un po' di consistenza, si dovrà eseguire l'asportazione della malta in eccesso e la finitura superficiale lisciando o "segnandola" leggermente con una spazzola di saggina.

### 5- Stagionatura

Le superfici esposte a forte insolazione, ventilazione e bassa umidità relativa dovranno essere stagionate mediante stagionatura umida. In caso di pioggia le superfici su cui si è appena intervenuti dovranno essere protette.

#### **1.6.17.6 Lastra armata**

Il consolidamento effettuato realizzando lastre armate consente d'intervenire con efficacia nei casi di elementi in muratura che presentino fenomeni di schiacciamento e o un diffuso stato fessurativo. L'intervento può prevedere la realizzazione della lastra armata su una sola faccia o su entrambe le facce del paramento murario.

Nel caso d'intervento su entrambe le facce le lastre sono collegate mediante opportune iniezioni armate

- d) Il consolidamento di una muratura storica costruita con malta di calce realizzato utilizzando la tecnica della lastra armata dovrà essere eseguito utilizzando una malta premiscelata a base di calce idraulica naturale, ad alta resistenza (classe M15), traspirante. Applicabile a mano o meccanicamente a spruzzo.

Tale malta dovrà avere la marcatura CE ed essere classificata, secondo la norma la norma EN 998-1 come GP "Malta per scopi generali per intonaci interni esterni" di categoria CS IV e secondo la norma EN 998-2 come G "Malta da muratura a composizione prescritta per scopi generali per l'utilizzo esterno in elementi soggetti a requisiti strutturali" di classe M Dovrà fornire le seguenti prestazioni:

Tempo di lavorabilità	30 minuti
Permeabilità al vapore, UNI EN 1015-	$\mu \leq$
Assorbimento capillare, UNI EN 1015-	$\leq$ , Kg (m x min <sup>-1</sup> )
Adesione al supporto, UNI EN 1015-	$\geq$ , MPa
Coefficiente di conducibilità termica, EN 1745 (valore tabulato)	$\lambda =$ , W/mK
Resistenza a compressione, UNI EN -	giorni $\geq$ MPa
Resistenza a flessione, UNI EN 1015-	giorni $\geq$ , MPa
Reazione al fuoco, EN 13501-	Classe A1

La malta dovrà essere armata secondo le indicazioni progettuali con armatura zincata per evitare fenomeni di ossidazione in quanto le malte di calce non sono in grado di passivare le armature.

- e) Il consolidamento di una muratura che non deve rispettare "vincoli" storici realizzato utilizzando la tecnica della lastra armata dovrà essere eseguito utilizzando una malta cementizia, tixotropica, premiscelata, polimero modificata, monocomponente, ad alta resistenza (classe Md con  $d > 20$ ), contenente fibre in poliacrilonitrile.

Tale malta dovrà avere la marcatura CE ed essere classificata, secondo la norma la norma EN 998-1 come GP "Malta per scopi generali per intonaci interni esterni" di categoria CS IV e secondo la norma EN -2 come G "Malta da muratura a

composizione prescritta per scopi generali per l'utilizzo esterno in elementi soggetti a requisiti strutturali" Dovrà fornire le seguenti prestazioni:

Tempo di lavorabilità	45 Minuti
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-	$\leq$ %
Assorbimento capillare, UNI EN 1015-	$\leq$ , Kg (m x min <sup>-1</sup> )
Adesione al supporto, UNI EN 1015-	$\geq$ , MPa
Coefficiente di conducibilità termica, EN 1745 (valore tabulato)	$\lambda =$ , W/mK
Resistenza a compressione, UNI EN 1015- (a 1-7- 28 gg)	In funzione della classe di resistenza della malta adottata
Resistenza a flessione, UNI EN 1015- (a 1-7-28 gg)	In funzione della classe di resistenza della malta adottata
Modulo elastico, UNI EN 13412	In funzione della classe di resistenza della malta adottata
Reazione al fuoco, EN 13501-	Classe A1

In entrambi i casi a) e b), le fasi applicative possono essere così riassunte: 1- Preparazione del supporto

Si dovrà asportare tutto l'eventuale intonaco e sostituire la malta di allettamento dei corsi di muratura che si presenta friabile e poco consistente.

#### 2- Pulizia e saturazione delle superfici

Si dovranno eliminare meccanicamente eventuali efflorescenze, muffe ecc. La superficie dovrà essere depolverata mediante aria compressa. Infine si dovrà eseguire il lavaggio della superficie utilizzando acqua a bassa pressione.

#### 3- Inserimento di armature di rinforzo

Le armature dovranno essere distanziate dal supporto di almeno 1 cm per permettere il passaggio della malta dietro l'armatura ed avere uno spessore di copriferro di almeno cm. Nel caso si utilizzino reti elettrosaldate queste dovranno essere collegate alla muratura mediante dei connettori.

#### 4- Miscelazione

La miscelazione non si dovrà iniziare se la temperatura ambientale non garantisce che l'applicazione avvenga ad una temperatura compresa tra +5 e + 35°C. Dovrà

## DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI

eseguirsi rispettando le indicazioni riportate sulle schede tecniche del prodotto utilizzato.

### 5- Applicazione

L'applicazione manuale si esegue, utilizzando una normale cazzuola, "proiettando" il prodotto con energia, senza mai spalmarlo sul supporto. È sempre consigliato eseguire un primo rinzaffo di 5-10 mm ed applicare il secondo strato al primo indurimento della malta. L'applicazione a spruzzo si realizzerà utilizzando macchine a pistone o coclea, non devono essere utilizzate macchine a ciclo continuo.

### 6- Lisciatura e frattazzatura

Poco dopo aver terminato la fase di applicazione la malta deve essere resa planare con una staggia di alluminio e successivamente lisciata con un frattazzo di plastica. Appena ha iniziato ad assumere una consistenza "gommosa", tale che si lasci sulla superficie una impronta con un dito, si deve procedere alla frattazzatura della superficie utilizzando un frattazzo di spugna. Questa operazione consente di prevenire la formazione di cavillature dovute alla prima evaporazione dell'acqua d'impasto.

### 7- Stagionatura

Le superfici esposte a forte insolazione, ventilazione e bassa umidità relativa dovranno essere stagionate mediante stagionatura umida. In caso di pioggia le superfici su cui si è appena intervenuti dovranno essere protetti.

## 1.7 OPERE IN ACCIAIO

### 1.7.1 CLASSI DI ESECUZIONE

Ai sensi della norma UNI EN 1090-2 del 2011, che individua quattro classi di esecuzione identificate da EXC1 a EXC4 e i relativi requisiti, le opere da realizzare, salvo diverse indicazioni di ACEA, sono classificate come specificato nella tabella seguente:

CLASSE DI ESECUZIONE	OPERE DA REALIZZARE
-------------------------	---------------------

Classe EXC4	Opere di grandi dimensioni
Classe EXC3	Fabbricati suscettibili di grande affollamento
Classe EXC2	Altre opere

definizione delle classi di esecuzione

## **1.7.2 REQUISITI E OBBLIGHI DELL'ESECUTORE**

### **1.7.2.1 Requisiti**

E' necessario che l'ESECUTORE sia iscritto all'Albo Nazionale dei Costruttori - categoria OS 18:

«Costruzione, assemblaggio e posa in opera di carpenteria metallica» e sia dotato di un'organizzazione interna che permetta una adeguata gestione di tutte le attività di costruzione e di saldatura in officina e/o in cantiere concorrenti alla realizzazione dell'opera

A tal fine l'ESECUTORE dovrà essere certificato in accordo alla UNI EN ISO 9001 e alla UNI EN ISO 3834 del 2006, in relazione alla classe di esecuzione di cui al punto precedente.

E' inoltre richiesto che il livello di conoscenza tecnica del personale di Coordinamento della saldatura, secondo la norma UNI EN ISO 14731-2007 (ex UNI EN 719- , sia di tipo "completo" per le classi di esecuzione EXC ed EXC e di tipo "specifico" per la classe di esecuzione EXC fatto salvo che non ricorrano le condizioni riportate al prospetto 14 della UNI EN 1090 (t > 50 mm) per le quali è richiesto anche per tale classe il tipo "completo"

### **1.7.2.2 Obblighi**

L'ESECUTORE dovrà, nel più breve tempo possibile e prima dell'inizio delle attività di costruzione, presentare ad ACEA:

- i disegni d'officina in duplice copia (di cui una su supporto informatico);

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

- il computo metrico;
- le distinte dei vari elementi costituenti la struttura metallica (comprese le vernici), corredate delle copie degli ordini e delle relative conferme d'ordine da parte delle singole ferriere o stabilimenti produttori.

Le distinte dovranno riportare:

- l'indicazione della qualità del materiale;
- le dimensioni;
- il numero dei pezzi;
- il peso;
- il numero del disegno di progetto a cui si riferisce, nonché il numero di posizione e marca d'officina, risultante dai disegni costruttivi d'officina.

Resta, altresì, inteso che l'eventuale errata ordinazione dei materiali alle ferriere o stabilimenti produttori non esonera l'ESECUTORE dalle conseguenze derivanti.

Infine, le eventuali varianti relative alla qualità dei materiali, ai profili e ai particolari strutturali che l'ESECUTORE intendesse apportare rispetto alle indicazioni contenute nei disegni approvati, dovranno essere preventivamente richieste e approvate da ACEA.

Fatto salvo quanto disposto al par. 4.2 della UNI EN 1090- in merito alla documentazione che l'ESECUTORE deve presentare, lo stesso dovrà inoltre provvedere alla stesura del Piano della Qualità e di un Piano di Controllo della Qualità. La documentazione suddetta dovrà essere presentata per l'approvazione ad ACEA che si riserva la facoltà di modificarla qualora non conforme alle proprie prescrizioni. Per quanto attiene gli obblighi connessi alla presentazione della documentazione inerente le saldature, si rimanda ai paragrafi successivi.

Al fine di verificare la rispondenza dei materiali e delle successive lavorazioni alle specifiche e agli standard prefissati, l'ESECUTORE deve eseguire o far eseguire a proprie spese tutte le prove e i controlli di legge, quelli previsti dalle presenti prescrizioni, nonché quelli integrativi richiesti da ACEA in base a motivate esigenze tecniche, ovvero dal Collaudatore statico e/o dalla Commissione di Collaudo. Le prove

## **DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI**

---

sui materiali debbono essere eseguite presso un Laboratorio Ufficiale o Autorizzato di cui all'art del DPR n.380/2001 alla presenza del personale di ACEA.

L'ESECUTORE deve inoltre fornire la manodopera e le attrezzature necessarie per permettere al personale incaricato da ACEA di eseguire controlli relativi a tutte le lavorazioni in officina nonché predisporre le eventuali opere provvisorie e ponteggi necessari per effettuare i controlli di premontaggio dell'opera in officina e/o in cantiere.

Tutti gli oneri diretti e indiretti derivanti dall'applicazione delle presenti prescrizioni sono compresi e compensati dai prezzi contrattuali.

A tale scopo dovranno essere presentati gli schemi di taglio con l'indicazione grafica, in opportuna scala, delle strisce e delle piastre che verranno ricavate da ciascuna lamiera, il numero, le dimensioni dei pezzi e le relative marche di officina.

Le convocazioni per il controllo dei materiali grezzi approntati sia presso le ferriere che presso lo stabilimento dell'ESECUTORE dovranno essere trasmesse ad ACEA, con un anticipo di almeno 15 (quindici) giorni, in modo che le stesse siano messe in grado di programmare gli interventi.

Per i controlli effettuati all'estero le spese di trasferta del personale incaricato (viaggio, soggiorno ecc) saranno a carico dell'ESECUTORE il quale dovrà presenziare con il proprio personale.

Al termine dell'attività di controllo, sia sui materiali che sulle lavorazioni, l'ESECUTORE è tenuto a trasmettere ad ACEA un dossier contenente la certificazione prodotta.

### **1.7.3 QUALITA' DEI MATERIALI DA IMPIEGARE**

#### **1.7.3.1 Profilati e lamiere**

E' consentito ricavare larghi-piatti, piastre, etc. di spessore superiore a 6 mm, solamente da lamiere da treno, restando quindi escluse quelle ottenute da nastri o rotoli.





Per tutti gli acciai sopra riportati, il valore del  $C_{eq}$  (Carbonio Equivalente) risultante dall'analisi chimica eseguita sul prodotto non dovrà essere maggiore di 0,02 rispetto al valore percentuale indicato per la colata nel certificato di controllo. Per gli altri elementi gli scostamenti ammessi sono quelli indicati nelle norme vigenti.

Sui certificati di controllo deve figurare il tenore degli elementi che figurano nella formula per il calcolo del valore equivalente di carbonio.

Sulle lamiere di spessore  $> 15$  mm interessate da saldatura e quando esplicitamente richiesto da ACEA per un particolare progetto, si dovrà eseguire il controllo ultrasonoro con le modalità della classe S2 + E3 ai sensi della norma UNI EN 10160.

Sulle lamiere di spessore  $\geq 25$  mm destinate alla composizione di profili composti mediante saldatura con cordoni a parziale e/o a piena penetrazione (escluse quelle composte con saldatura testa a testa), e/o soggette a sforzi nel senso trasversale alla direzione di laminazione (es. giunti a croce), dovrà essere eseguito il controllo della duttilità con prova di trazione perpendicolare alla superficie del prodotto secondo UNI EN 10164:2004, classe di qualità Z35.

Per elementi strutturali non destinati ad essere saldati valgono le indicazioni della norma UNI EN 10025 - 2 per l'acciaio S e S. E' ammessa in questo caso la calmatura al Silicio

Per le strutture secondarie e quant'altro non facente parte della struttura principale è ammesso l'impiego di materiale S275 JR e 355 JR UNI EN 10025 - 1 e 2.

Per quanto riguarda le condizioni superficiali e le caratteristiche dimensionali, il materiale dovrà rispettare le limitazioni riportate nella tabella seguente:

CLASSE DI ESECUZIONE	EXC3	EXC4
SPESSORE LAMIERE (UNI EN 10029)	Classe B	Classe B
PLANARITA' LAMIERE (UNI EN 10029)	Classe N	Classe S

<p>FINITURA SUPERFICIALE LAMIERE (UNI EN 10163-</p>	<p>Classe A/2</p>	<p>Classe B/3</p>
<p>FINITURA SUPERFICIALI PRODOTTI LUNGHI (UNI EN 10163- )</p>	<p>Classe C/1</p>	<p>Classe D/ 3</p>

### **1.7.3.2 Chiodi**

I chiodi da ribadire a caldo dovranno essere ricavati da tondi laminati di materiale S275 JR UNI EN 10025 provvisti di marcatura CE. Le dimensioni del prodotto finito devono corrispondere ai valori indicati nella UNI 136 (chiodi a testa tonda stretta) e nella UNI 139 (chiodi a testa svasata piana).

### **1.7.3.3 Bulloni**

Per le prescrizioni sui bulloni delle giunzioni di opere in classe di esecuzione EXC2 e delle giunzioni di elementi secondari di opere in classe di esecuzione EXC3 e EXC4 si rimanda a quanto indicato nel DM 17/01/2018. Per le restanti giunzioni, valgono le prescrizioni riportate di seguito.

I bulloni dovranno essere unicamente del tipo "ad alta resistenza" ai sensi delle seguenti norme:

- viti                                      secondo EN 14399-
- dadi                                        secondo EN 14399-
- rondelle (rosette) secondo EN 14399-
- piastrine                                secondo UNI 5715 -

La classe del bullone sarà selezionata in funzione del tipo di giunto da realizzare, ed in particolare:

per giunti con bulloni a taglio:

- Viti di classe 8.8    UNI EN ISO 898 -
- Viti di classe 10.9    UNI EN ISO 898 -
- Dadi di classe 8    UNI EN ISO 898 -

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

- Dadi di classe 10 UNI EN ISO 898 –

per giunti con bulloni ad attrito:

- Viti di classe 10.9 UNI EN ISO 898 -
- Dadi di classe 10 UNI EN ISO 898 –

Nel caso vengano utilizzati per i giunti a taglio bulloni della classe 10.9 gli stessi dovranno essere dimensionati come appartenenti alla classe 8.8.

Le tolleranze sulle dimensioni dei bulloni non dovranno essere superiori a quelle previste per la bulloneria di grado A UNI EN ISO parte (h , ovvero h se richiesto espressamente all'ordine, per diametro di gambo libero).

Per quanto riguarda le caratteristiche chimiche e meccaniche, si rimanda alle norme EN 14399-4 e 6, EN

-1 e 2, EN ISO 898-1 e 2.

In entrambe le tipologie di giunzione, rondelle e piastrine saranno in acciaio temprato e rinvenuto di durezza 300 – 370 HV.

Non è ammesso l'impiego di bulloni zincati nelle opere in classe di esecuzione EXC3 e EXC4.

Presentazione ed imballaggio

Viti, dadi e rondelle dovranno essere opportunamente contrassegnati come di seguito indicato:

- Indicazione del PRODUTTORE (marchio);
- Classe di resistenza;
- Sistema di assieme (HR e HV);
- Codice alfanumerico di identificazione che dovrà garantire la rintracciabilità del prodotto sulla base delle registrazioni di produzione e controllo.

Il contrassegno potrà essere eseguito per le viti sulla testa all'atto della ricalcatura, mentre per i dadi e le rondelle deve essere inciso su una delle facce di appoggio.

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

Tutta la bulloneria deve essere fornita in robusti contenitori di legno o metallo (sono da escludere contenitori di cartone) sigillati nelle modalità indicate dalla norma EN 14399-1 e protetti fino al loro impiego per non alterare le condizioni di lubrificazione che potrebbero modificare il valore del coefficiente K.

Su ogni contenitore deve essere apposto un cartellino sul quale dovranno essere riportati:

- Marcatura CE;
- Numero di identificazione dell'organismo di certificazione;
- La denominazione del fornitore;
- Normativa di riferimento;
- La classe di resistenza;
- Il sistema di assieme;
- K-class nonché il valore in Nm della coppia di serraggio ovvero coppia + rotazione;
- Il numero distintivo del lotto di appartenenza;
- Il numero dei pezzi contenuti e le loro dimensioni;
- Gli estremi dell'ordinazione

Nell'ambito della stessa opera i valori di K (K o K dovranno essere tali che la coppia o la coppia più rotazione sia la stessa per ciascun diametro. Questo per evidenti necessità di montaggio e manutenzione.

Prima del ciclo di verniciatura le parti esterne dei bulloni dovranno essere spazzolati e sgrassati con opportuni solventi compatibili con il tipo di acciaio utilizzato e con il tipo di pittura che dovrà impiegarsi.

**1.7.3.4 Connettori**

Dovranno utilizzarsi solamente prodotti provvisti di marcatura CE e delle tipologie di seguito descritte.

**Connettori a piolo**

L'acciaio deve essere idoneo al processo di formazione dei connettori e compatibile per saldatura con il materiale costituente l'elemento strutturale al quale verranno collegati; esso dovrà avere le seguenti caratteristiche meccaniche risultanti sul prodotto secondo EN ISO 13918 – UNI EN 10025 qualità S235 J2 G3 + C 450 o similari (ST 37 – 3K DIN 50049):

- $f_u/f_y \geq$  ,
- $f_y \geq 350$  N/mm
- $f_u \geq 450$  N/mm
  - Allungamento:  $\geq$  %
  - Strizione:  $\geq$  %
  - Composizione chimica  $C \leq$  ,  $Mn \leq$  ,  $S \leq$  ,  $P \leq$

Connettori realizzati da profili, lamiere ecc.

L'Acciaio deve essere equivalente a quello impiegato per la realizzazione dell'elemento strutturale a cui i connettori stessi sono saldati.

#### **1.7.4 PROVE DI ACCETTAZIONE DEI MATERIALI**

Su tutti i materiali da impiegare l'ESECUTORE dovrà effettuare, a sua cura e spesa, presso Laboratori Ufficiali o autorizzati, di cui all'art del DPR , le prove di seguito specificate. Le prove saranno eseguite alla presenza di un rappresentante di ACEA.

##### **1.7.4.1 Profilati e lamiere**

Saranno effettuate prove meccaniche e chimiche su tre campioni per unità di controllo secondo lo schema seguente:

CLASSE DI ESECUZIONE	UNITA' DI CONTROLLO
EXC2	Ogni 90 tonnellate o frazione
EXC3	Ogni 60 tonnellate o frazione per le altre opere
EXC4	Ogni 40 tonnellate o frazione

Ai fini della definizione dell'unità di controllo si precisa quanto segue:

- per appartenere alla stessa unità di controllo il materiale deve essere della stessa colata e aver subito lo stesso ciclo di lavorazione e lo stesso trattamento termico.
- Ogni unità di controllo può raggruppare solamente materiali aventi spessore che non differiscano fra loro più di 4 mm (per profilati a C, a T e a doppio T si fa riferimento allo spessore delle ali).

Se il numero degli elementi (travi, profili, lamiera ecc.) è minore o uguale a tre unità, si potrà prelevare un solo campione.

Nel caso di lamiera ricavate dalla stessa unità laminata, è consentito il prelievo di un unico campione anche se il numero degli elementi è maggiore di tre.

Su ciascun campione verranno ricavati i seguenti provini:

- n. 1 provino per la prova di trazione;
- n. 3 provini per la prova di resilienza;
- n. 3 provini per la strizione (ove specificato).

Inoltre su uno solo dei tre campioni prelevati verrà eseguita l'analisi chimica.

Su tutti i materiali impiegati dovrà inoltre eseguirsi il controllo delle condizioni superficiali e delle caratteristiche dimensionali nel rispetto delle UNI EN di riferimento, verificando altresì per ciascuna classe di esecuzione le caratteristiche di fornitura indicate nelle tabelle. Tale controllo, da effettuare anch'esso alla presenza di un rappresentante di ACEA, può essere eseguito, oltre che presso l'officina dell'ESECUTORE, anche presso il PRODUTTORE, sempre che siano disponibili aree e mezzi adeguati.

#### **1.7.4.2 Chiodi**

Limitatamente alle opere appartenenti alla classe di esecuzione EXC3 e EXC4 si dovranno eseguire, per ciascuna colata, le prove di seguito specificate su una serie di campioni prelevati dal lotto di chiodi approvvigionati.

Esame	Metodo di prova	Criterio di accettabilità
Controllo visivo e dimensionale	Visivo e strumentale	UNI 136 e UNI 139
Controllo superficiale mediante decapaggio	Immersione in acido (par.6.4.1 UNI -	Assenza di cricche dopo asportazione con lima
Prova di trazione	UNI EN 10025	UNI EN 10025
Prova di schiacciamento	(par. 6.2.2 UNI 7356-	Nessuna cricca o lesione
Composizione chimica	Quantometrica	UNI EN 10025

Programma delle prove, modalità di esecuzione e criteri di accettabilità dei chiodi stampati

Il controllo visivo e dimensionale dovrà essere eseguito su almeno il 5% dei chiodi approvvigionati.

Qualora la lunghezza dei chiodi non consenta di ricavare i provini per la prova di trazione dovranno eseguirsi in alternativa prove di durezza per una stima della resistenza.

Per lotti di chiodi della stessa colata, di quantità inferiori a 100 pezzi, e per le opere in classe di esecuzione EXC2, ACEA si riserva la facoltà di accettare il certificato 3.1 secondo UNI EN 10204, richiedendo a propria discrezione prove di durezza integrative.

#### **1.7.4.3 Bulloni**

Per le opere appartenenti alle classi di esecuzione EXC3 e EXC4 si dovranno eseguire, per ciascuna colata, le prove di seguito specificate su due serie di campioni prelevati dal lotto di bulloni approvvigionati.

Per i lotti di bulloni, della stessa colata, di quantità inferiori a 100 pezzi, ACEA si riserva la facoltà di accettare il certificato 3.1 secondo EN 10204, richiedendo a propria discrezione solamente prove di durezza.

Per le prove sui bulloni destinati a opere appartenenti alla classe di esecuzione EXC2 si farà riferimento a quanto prescritto dalla normativa tecnica nazionale vigente, fermo restando l'obbligo della certificazione ai sensi della citata norma.

Le prove, da eseguirsi ai sensi delle norme UNI richiamate, sono le seguenti:

Viti:

- prova di trazione su provetta (quando la lunghezza lo consente)
- prova di trazione su appoggio a cuneo
- prova di durezza
- prova di tenacità della testa
- prova di resilienza
- controllo della decarburazione
- prova di secondo rinvenimento
- analisi chimica
- controllo dimensionale ed esterno
- controllo coefficiente k

Dadi:

- prova di durezza
- carico di prova
- analisi chimica.
- esame dei difetti superficiali

Rondelle:

- prova di durezza

Qualora l'esito dei controlli non fosse positivo, i contenitori dei bulloni scartati dovranno essere opportunamente contrassegnati e tenuti a disposizione di ACEA fino al termine dei lavori, salvo autorizzazione in contrario, da richiedere specificatamente per iscritto.

Le unità di prodotto trovate difettose al montaggio, o nei successivi controlli, benché facenti parte di un lotto accettato, dovranno essere completamente sostituite.

**1.7.4.4 Chiavarde**

Il controllo visivo e dimensionale dovrà essere eseguito su almeno il 5% delle chiavarde approvvigionate e dovrà accertare il rispetto delle dimensioni indicate nel disegno ACEA n° 3313 del 2011.

**1.7.4.5 Connettori**

Per ciascuna colata dovranno eseguirsi, su campioni prelevati dal lotto di connettori approvvigionati, tre prove di trazione e un'analisi chimica facendo riferimento ai valori e alle norme riportate.

**1.7.5 LAVORAZIONI D'OFFICINA E PRESCRIZIONI****1.7.5.1 Generalità**

Gli elementi della struttura debbono essere prodotti rispettando le indicazioni progettuali e le tolleranze nel seguito indicate.

Le attrezzature impiegate nel processo di produzione debbono essere mantenute efficienti e operative al fine di garantire che l'usura e il danneggiamento non pregiudichi la qualità del processo di produzione.

**1.7.5.2 Tagli**

Per il taglio degli elementi potranno essere impiegati i seguenti procedimenti:

- fiamma ossiacetilenica,
- plasma,
- laser,
- dispositivo meccanico (sega, cesoia, etc...

Per le strutture in classe di esecuzione EXC e EXC è vietato l'uso della cesoia

Gli elementi principali (es. piattabande, anime, coprigiunti ecc.) dovranno essere ricavati in maniera tale che il senso di laminazione delle lamiere coincida con il senso dello sforzo predominante nei pezzi stessi.

La superficie dei tagli dovrà essere convenientemente rifinita mediante molatura in modo da eliminare difetti locali, sbavature e irregolarità. Si rimanda in proposito a quanto indicato nel prospetto 9 della EN 1090.

Inoltre, per i bordi degli elementi sui quali è previsto un trattamento superficiale per la protezione dalla corrosione, gli spigoli debbono essere arrotondati in conformità alla EN ISO 12944 - 3, che prevede un raggio di arrotondamento minimo maggiore di 2 mm.

Particolare cura dovrà essere posta nell'evitare aperture o tagli ad angolo vivo. Le aperture o tagli realizzati con una qualsiasi metodologia dovranno avere angoli ben raccordati; in alternativa e subordinatamente all'autorizzazione preventiva da parte di ACEA, i suddetti raccordi potranno essere sostituiti da fori eseguiti con trapano al vertice degli angoli.

### **1.7.5.3 Assemblaggio dei pezzi**

E' vietato l'uso di puntature per l'assemblaggio dei pezzi in officina e nella fase di premontaggio parziale o totale fatto salvo quando necessarie per l'assieme dei pezzi da saldare.

Nei pezzi da incurvare, l'incurvatura dovrà essere eseguita a caldo (rosso vivo lasciando poi raffreddare i pezzi lentamente. Si precisa che è proibito continuare a incurvare un pezzo quando esso non abbia più colore rosso.

Nel caso di accoppiamento di piatti e larghi-piatti (ovvero le strisce ricavate da lamiere) per la formazione di strutture composte (come ad esempio le travi a T), essi dovranno essere rifiniti convenientemente con opportune lavorazioni in modo da rispettare le quote previste dai disegni e le tolleranze prescritte.

Nei nodi principali delle strutture, realizzati attraverso giunzione flangiata, dovrà essere prevista adeguata lavorazione meccanica al fine di garantire una perfetta planarità delle superfici accoppiate, con una tolleranza pari a  $\pm 0,5$  mm.

### **1.7.5.4 Forature ed alesature**

Di regola, per accoppiamenti a taglio di precisione o ad attrito con tolleranze ridotte (laddove tale requisito è previsto da progetto), i fori dovranno realizzarsi a diametro convenientemente ridotto, almeno 2 mm, e successivamente alesati a diametro definitivo dopo che la struttura sarà stata completamente premontata con l'ausilio di idonei bulloni e spine di montaggio

Per tutti gli altri accoppiamenti è possibile forare a diametro definitivo.

Per le classi di esecuzione EXC3 e EXC4 tutte le forature dovranno essere eseguite al trapano o carotatrice, restando escluso l'uso del punzone

#### **1.7.5.5 Controllo dimensionale dei singoli pezzi**

ACEA si riserva la facoltà di verificare che le dimensioni dei singoli pezzi siano corrispondenti a quelle di progetto, tenuto conto delle tolleranze riportate nell'allegato D della norma UNI EN.

### **1.7.6 BULLONATURE**

#### **1.7.6.1 Generalità**

Per le prescrizioni sui bulloni delle giunzioni di opere in classe di esecuzione EXC2 e delle giunzioni di elementi secondari di opere in classe di esecuzione EXC3 e EXC4 si rimanda a quanto indicato nel DM 17/01/2018. Per le restanti giunzioni, valgono le prescrizioni riportate di seguito.

Le giunzioni bullonate sono da prevedersi mediante l'impiego dei seguenti procedimenti:

- bulloni a taglio con accoppiamento di precisione, con gioco foro-bullone, comprensivo delle rispettive tolleranze, non superiore a 0,3 mm per  $\varnothing \leq 20$  mm e non superiore a 0,5 mm per  $\varnothing > 20$  mm.
- bulloni ad attrito, con coefficiente d'attrito pari a 0.3 (con superfici delle giunzioni sabbiate al metallo bianco e protette sino al serraggio dei bulloni con gioco foro bullone non superiore a    mm per  $\varnothing \leq$     mm e non superiore a 1,5 mm per  $\varnothing > 20$  mm.

Nei bulloni a taglio, in considerazione delle tolleranze ristrette di accoppiamento, si dovranno scegliere opportunamente le tolleranze dimensionali sul diametro della vite.

Per quanto riguarda le giunzioni di elementi secondari ad esempio i parapetti, si prevedono giunti con bulloni a taglio di caratteristiche correnti, come riportato nel paragrafo 4.2.8.1.1 del D.M. 17/01/2018.

Su una stessa struttura potranno essere adottati bulloni di tipologie diverse, a taglio o ad attrito, purché gli stessi siano identificabili a vista ed inoltre siano chiaramente

indicate nei disegni di progetto e d'officina le diverse lavorazioni imposte per i fori e le relative tolleranze massime.

I bulloni con asse verticale dovranno essere montati in opera con la testa verso l'alto e con una rosetta posta sotto la testa della vite (smusso verso testa) ed una rosetta posta sotto il dado (smusso verso il dado).

I dadi debbono essere assemblati in modo tale da rendere visibile la marcatura per il controllo dopo il montaggio.

Per la stessa parte d'opera, i valori di K e della coppia di serraggio dovranno essere univoci per ciascun diametro e per tipologia di accoppiamento (attrito o taglio).

Dovrà essere posizionata in punti facilmente accessibili, idonea tabella in inox contenente l'indicazione del coefficiente K e del valore della coppia di serraggio nonché l'eventuale dispositivo anti svitamento adottato.

Sono ammessi bulloni con diametro 12 – 14 – 16 – 18 – 20 – 22 – 24 – 27 mm.

Non sono ammessi disassamenti dei fori che non consentano il passaggio del bullone previsto. In nessun caso sono ammesse ovalizzazioni dei fori ed in caso si dovrà procedere ad alesatura a diametro superiore con adeguata sostituzione dei bulloni interessati.

Per quanto riguarda l'ortogonalità tra asse del bullone e superficie bullonata, è consentito uno scostamento  $\leq 1^\circ$ .

#### **1.7.6.2 Giunzioni con bulloni a taglio**

La lunghezza delle viti dovrà essere calcolata in modo che non più di mezza spira ricada all'interno del pacchetto da serrare. Qualora resti compreso nel foro un tratto filettato se ne dovrà tenere adeguato conto nelle verifiche di resistenza.

Tutti i bulloni dovranno essere adeguatamente serrati ed in particolare:

- bulloni soggetti anche a carico assiale: serraggio al 100% del valore che garantisce i precarichi indicati nella tabella seguente;
- bulloni soggetti unicamente a taglio: è ammessa una riduzione del

serraggio all' % del valore che garantisce i precarichi riportati nella tabella seguente, purché si indichi nel contempo l'adeguato provvedimento contro l'auto svitamento del bullone approvato da ACEA.

Ø (mm)	Ares (mm )	NS (kN)	NS (kN)
		Classe 8.8	Classe 10.9
Ns = Precarico			

*tabella di riferimento per il serraggio dei bulloni a taglio*

Per quanto riguarda le attrezzature e le procedure di serraggio si richiama quanto riportato per le giunzioni ad attrito nel successivo paragrafo.

**1.7.6.3 Giunzioni con bulloni ad attrito**

Le superfici sabbiare a metallo bianco SA 2 e 1/2 dovranno essere protette con pellicole o altri mezzi che preservino la pulizia delle superfici fino al momento dell'accoppiamento in cantiere. In alternativa, previa autorizzazione di ACEA, potranno essere utilizzati idonei prodotti (zincanti inorganici, etc.) da applicare in officina per i quali sia stata prodotta idonea documentazione comprovante il coefficiente di attrito previsto in progetto.

Tutti i bulloni dovranno essere accuratamente serrati al 100% del valore tabellare previsto dal D.M. 17/01/2018 al paragrafo 4.2.8. e dalla circolare esplicativa.

#### **1.7.6.4      Modalita' di serraggio**

Prima di procedere all'assemblaggio di un giunto occorre rimuovere bave, impurità e accumuli di rivestimento che potrebbero causare depositi solidi.

Il giunto deve essere predisposto nella disposizione definitiva mediante un numero opportuno di "spine", in grado di impedire spostamenti relativi tra i pezzi da unire e consentire l'adeguata corrispondenza dei fori

Il serraggio deve essere eseguito mediante rotazione del dado eccetto quando non è possibile accedere dalla parte ove lo stesso è ubicato. Quando il serraggio avviene mediante la rotazione della vite, debbono essere eseguite apposite prove di taratura come indicato al par. 8.5.1 della EN 1090-

Il serraggio deve essere eseguito progressivamente dalla parte più rigida della giunzione alla parte meno rigida tenendo conto che per raggiungere l'uniformità del precarico potrebbero essere necessari più cicli di serraggio.

Sono previsti i seguenti metodi di serraggio:

- serraggio con il metodo della coppia;
- serraggio con il metodo combinato.

Le chiavi torsionometriche utilizzate in ogni fase del serraggio con il metodo della coppia, debbono avere un'accuratezza pari a  $\pm$  % in accordo con la norma EN ISO 6789. Per ogni chiave deve essere verificata l'accuratezza con frequenza almeno settimanale e, in caso di chiavi pneumatiche, ogni volta che varia la lunghezza della vite. Per chiavi torsionometriche utilizzate nella prima fase di serraggio con metodo combinato, si richiede un'accuratezza di  $\pm$  10 % e un controllo con periodicità annuale;

Il controllo della chiave deve essere effettuato anche a seguito di un incidente accaduto durante l'uso (ad es caduta della chiave, sovraccarico, ecc.) che possa comprometterne l'idoneità.

Se un assieme è stato serrato con il precarico richiesto e successivamente per qualsiasi motivo viene allentato, questo dovrà essere di regola rimosso e l'intero assieme (vite-dado-rondelle) sostituito. In fase di approvvigionamento dei bulloni,

l'ESECUTORE dovrà prevedere un'adeguata scorta di bulloni, sufficienti per le prove di serraggio.

#### **1.7.6.5 Serraggio con il metodo della coppia**

La coppia di serraggio deve essere applicata in continuo e in modo uniforme.

Il processo di serraggio per ogni bullone generalmente comprende almeno due fasi:

- una prima fase consiste nel serrare l'assieme fino al raggiungimento del % circa del valore della coppia richiesta. Questa prima fase deve essere completata per tutti gli assiemi prima di proseguire alla fase successiva;
- una seconda fase di raggiungimento del 100% del valore di coppia richiesta.

#### **1.7.6.6 Serraggio con il metodo combinato**

Il serraggio con il metodo combinato comprende due fasi:

- una fase di serraggio iniziale, che consiste nel serrare l'assieme fino al raggiungimento del % del valore della coppia richiesta, salvo più precise indicazioni fornite dal PRODUTTORE dei bulloni. Questa prima fase deve essere completata per tutti gli assiemi prima di proseguire alla fase successiva;
- una seconda fase di serraggio finale in cui viene messo in rotazione il componente dell'assieme che deve ruotare nella misura indicata dal PRODUTTORE. La posizione relativa del dado rispetto alla filettatura della vite deve essere contrassegnata con un pennarello indelebile al termine della prima fase, in modo tale che possa essere facilmente determinata la rotazione finale del dado rispetto al filetto della vite.

#### **1.7.6.7 Controllo del serraggio**

Tutti i collegamenti effettuati con bulloni precaricati debbono essere sottoposti a controllo visivo dopo accostamento iniziale sulla struttura abbinata e prima della fase di precarico.

Il controllo dei bulloni montati con i relativi metodi di installazione deve essere effettuato in funzione del metodo di serraggio utilizzato.

La scelta della giunzione su cui eseguire i controlli deve essere casuale assicurandosi che i campioni da controllare siano rappresentativi di: tipologia del collegamento, gruppo di collegamento di viti, lotto di viti, tipologia e dimensioni, attrezzature utilizzate.

La fase di pre-serraggio deve essere verificata attraverso controlli visivi della giunzione per assicurare che le stesse siano a "pacco"

Il controllo finale del serraggio prevede la verifica degli stessi assiami per verificare l'assenza di condizioni di sotto serraggio e di sovra serraggio.

Il controllo deve essere eseguito con chiave dinamometrica, o con altro idoneo dispositivo, che garantisca una precisione di  $\pm 4\%$ . Tale controllo dovrà essere eseguito su almeno il 20% dei bulloni, scelti in modo da interessare tutta l'estensione del giunto in esame. Se anche un solo bullone non rispondesse alle prescrizioni di serraggio, il controllo deve essere esteso al 100% del giunto.

#### **1.7.6.8 Controllo dei bulloni serrati con il metodo della coppia**

Per il controllo del serraggio si procederà nel modo seguente:

- Marcatura di dado, vite e lamiera per identificarne la posizione relativa;
- Allentamento del dado con una rotazione almeno pari a  $60^\circ$  prestando attenzione che non ruoti la vite nel qual caso occorre tenere ferma la testa dalla parte opposta;
- Serraggio del dado con la coppia prescritta e controllo del ritorno alla posizione originaria.

Nel caso in cui l'angolo di rotazione tra vite e dado dovesse risultare  $>$  di  $-15^\circ$  il bullone risulta sovra serrato. Tutti i bulloni del giunto dovranno essere sottoposti a prova e nel caso sostituiti.

Nel caso in cui l'angolo di rotazione tra vite e dado dovesse risultare  $>$  di  $15^\circ$  il bullone risulta sotto serrato. Tutti i bulloni del giunto dovranno essere riportati al corretto serraggio.

**1.7.6.9 Controllo dei bulloni serrati con il metodo combinato**

Per il controllo della fase di serraggio iniziale si procederà nello stesso modo descritto nel paragrafo precedente.

Nel caso in cui la rotazione tra vite e dado dovesse risultare  $>$  di  $-15^\circ$  il bullone risulta sovra serrato. Tutti i bulloni del giunto dovranno essere sottoposti a prova e l'angolo rilevato dovrà essere sottratto dall'angolo di rotazione prestabilito per la seconda fase di serraggio.

Nel caso in cui l'angolo di rotazione tra vite e dado dovesse risultare  $>$  di  $^\circ$  il bullone risulta sotto serrato. Tutti i bulloni del giunto dovranno essere riportati al corretto serraggio.

Prima dell'inizio della seconda fase di montaggio, bisogna verificare la presenza di tutti i contrassegni sul dado e sulle viti. Eventuali contrassegni mancanti debbono essere ripristinati.

Al termine della seconda fase di montaggio, i contrassegni devono essere verificati come segue:

- nel caso in cui l'angolo di rotazione è inferiore di più di  $^\circ$  dell'angolo prestabilito, l'angolo deve essere corretto (sotto serraggio).
- nel caso in cui l'angolo di rotazione è superiore di  $^\circ$  oltre l'angolo prestabilito, l'assieme deve essere smontato e sostituito con un assieme nuovo.

**1.7.7 SALDATURE****1.7.7.1 Oneri dell'esecutore**

Prima dell'inizio delle attività di fabbricazione, nel caso siano previste giunzioni saldate, L'ESECUTORE deve provvedere ad emettere il "quaderno delle saldature" all'interno del quale saranno contenute tutte le informazioni relative alle attività di saldatura quali:

- le procedure di saldatura WPS (Specificazione di procedura di saldatura) utilizzate da saldatori e operatori,

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

- le WPAR (Verbale di qualificazione di procedura di saldatura) che supportano e validano le WPS;
- il tipo di saldatura con i relativi dettagli;
- la rintracciabilità delle qualifiche di procedimento;
- le certificazioni dei saldatori.

Inoltre al documento saranno allegate tutte le procedure di lavoro correlate al processo di saldatura (il tipo e l'estensione dei controlli, il grado di accettabilità, le macchine e o gli impianti da utilizzare, i trattamenti termici, le sequenze di montaggio etc.).

Indicazioni puntuali sui vari punti citati sono riportate nel seguito della presente sezione di Capitolato.

Per l'approvazione del quaderno delle saldature e per lo svolgimento dei controlli l'ESECUTORE incaricherà un Ente di controllo, a sua cura e spese, che dovrà possedere i seguenti requisiti:

- costituire parte sicuramente indipendente per forma;
- avere svolto incarichi per conto di ACEA nell'ambito di quanto previsto dalla presente specifica;
- possedere un proprio laboratorio accreditato ACCREDIA secondo UNI EN ISO / IEC 17025: 2005, riconosciuto dal Ministero dei LL.PP.;
- avere un settore specificatamente dedicato alle attività di controllo non distruttivo delle strutture metalliche con un sistema di Gestione della qualità conforme alla UNI EN ISO 9001 ed avere in organico personale certificato di livello 3 e di livello 2 secondo UNI EN ISO 9712.
- avere in organico proprio personale con i requisiti di "Coordinatori di saldatura" secondo quanto indicato nella norma UNI EN ISO 14731:2007 certificato al livello CIWE (Certified International Welding Engineer e CIWT (Certified International Welding Technologist) con almeno 7 anni di esperienza (15 per il Responsabile) nella fabbricazione e controllo delle strutture

metalliche;

- avere in organico proprio personale con la qualifica di ispettori della saldatura certificati come CIWI-C (Certified International Welding Inspector – Comprehensive Level) e CIWI-S (Certified International Welding Inspector – Standard Level) con almeno 10 anni di esperienza nella fabbricazione e controllo delle strutture metalliche;
- avere ottenuto, per l'opera soggetta a controllo, l'autorizzazione, da parte della struttura emettente il presente documento, ad eseguire i controlli richiesti dalla presente sezione di Capitolato;

Laddove necessario, ACEA si riserva la facoltà di eseguire, con proprio personale qualificato, i compiti attribuiti all'Ente designato.

#### **1.7.7.2 Tipologie di saldatura**

Per l'unione mediante saldatura degli elementi strutturali possono essere previste le seguenti tipologie di giunto:

- giunto testa a testa a piena penetrazione;
- giunti a T a piena penetrazione;
- giunti a T a parziale penetrazione (con smusso pari ad almeno 1/3 dello spessore minimo impiegato e lato del cordone al piede  $\geq \frac{1}{2}$  del medesimo spessore)
- giunti a T a cordoni d'angolo;
- giunti a sovrapposizione con cordoni d'angolo

#### **1.7.7.3 Procedimenti di saldatura applicabili**

I procedimenti di saldatura applicabili negli ambiti della presente sezione di Capitolato sono:

- manuale con elettrodi rivestiti;
- automatico ad arco sommerso;
- semiautomatico ed automatico a filo continuo animato e con anima metallica con protezione di gas;

- semiautomatico a filo continuo pieno con protezione di gas (solamente per la saldatura degli elementi secondari,
- manuale, semiautomatico o automatico per la saldatura dei connettori;

In generale, saranno da preferirsi procedimenti di saldatura di tipo automatico per le maggiori garanzie offerte nei riguardi della costanza della qualità.

Altri procedimenti potranno essere autorizzati in casi particolari, preve specifiche prove di qualifica, definizione dei controlli non distruttivi ed approvazione da parte di ACEA.

A tal fine l'ESECUTORE deve presentare precise proposte tecniche relative alle modalità di qualifica e di controllo per il caso particolare considerato.

#### **1.7.7.4 Specifiche di procedura di saldatura**

Le specifiche di procedura di saldatura (WPS saranno elaborate a cura dell'ESECUTORE per ogni giunto da eseguire in produzione. Le modalità di elaborazione delle procedure di saldatura saranno conformi alle indicazioni della Norma UNI EN ISO 15607 e della Norma UNI EN ISO 15609-

Tutte le procedure di saldatura dovranno risultare qualificate fatta eccezione per il procedimento di saldatura manuale con elettrodi rivestiti su acciai di classe di resistenza fino a 510 N/mm . L'ESECUTORE indicherà sui disegni costruttivi o su altro documento i riferimenti alle procedure di saldatura (WPS) e alle preparazioni dei lembi che intende utilizzare per la realizzazione dei giunti saldati.

#### **1.7.7.5 Prescrizioni sui materiali d'apporto**

Dovranno essere utilizzati materiali di apporto che garantiscano un deposito di caratteristiche meccaniche per quanto possibile simili a quelle del materiale base. In particolare, nel caso di impiego di materiale base tipo S355 o di carico di snervamento superiore, il valore minimo della tensione di snervamento del materiale di apporto non dovrà risultare maggiore di 100 N/mm del corrispondente valore minimo del materiale base; nel caso di impiego di materiale base tipo S275 tale differenza non dovrà superare i 150 N/mm .

La tenacità del materiale base e del giunto saldato dovrà essere valutata mediante lo stesso tipo di prova tecnologica. Il valore della tenacità della zona fusa e della zona termicamente alterata del giunto saldato ad una temperatura stabilita dovrà risultare almeno pari a quella minima tabellare del materiale base.

In generale, la composizione chimica del deposito dovrà essere per quanto possibile simile a quella del materiale base.

Sugli acciai aventi caratteristiche di resistenza migliorata alla corrosione atmosferica dovranno essere usati materiali di apporto con caratteristiche migliorate di resistenza alla corrosione atmosferica, non inferiori a quelle del materiale base. ACEA si riserva di effettuare prelievi di materiale d'apporto per verificare la composizione chimica.

#### **1.7.7.6 Procedimento manuale ad arco con elettrodi rivestiti**

Per gli acciai di tipo S275 e S355 dovranno essere rispettivamente impiegati elettrodi basici della serie E44 ed E52 di classe di qualità 4, secondo UNI EN ISO 2560, con tenore di idrogeno non superiore ad H5.

Tali elettrodi dovranno risultare contrassegnati con il simbolo secondo UNI EN ISO 2560:2010 e UNI EN ISO 18275:2012 che assicuri un valore di resilienza Kv garantito almeno alla temperatura minima di prova del materiale base.

L'ESECUTORE è tenuto ad indicare la denominazione commerciale degli elettrodi che intende adottare sulle procedure di saldatura.

#### **1.7.7.7 Procedimento di saldatura automatica ad arco sommerso**

Il procedimento automatico ad arco sommerso potrà essere utilizzato nella versione con una testa saldante con un filo singolo o con due fili (twin arc) o con più teste saldanti, nelle versioni a testa singola o a teste contrapposte. Saranno impiegati fili e flussi classificati secondo UNI EN ISO 14174.

Le procedure di saldatura dei giunti da realizzare con il procedimento ad arco sommerso dovranno contemplare, oltre alle caratteristiche generali come per gli altri procedimenti, anche quanto necessario ad identificare l'impianto, il numero e la disposizione dei fili per saldatura e la collocazione delle teste saldanti rispetto al giunto.

**1.7.7.8 Procedimento di saldatura con filo animato con protezione di gas**

Di regola è richiesto l'uso di fili animati basici o ad anima metallica per la saldatura in posizioni piano e piano

- frontale; negli altri casi è possibile usare fili rutilici.

E' richiesto l'uso di fili animati con tenore di idrogeno diffusibile su deposito minore di 5ml/100g (secondo ISO 3690). In ogni caso, potrà essere richiesta da ACEA una verifica sul materiale impiegato in officina.

Il gas di protezione dovrà essere una miscela del tipo M1 o M2 secondo ISO 14175 con punto di rugiada non inferiore a - 0°C. Potrà essere ammesso l'uso di CO puro se consigliato dal PRODUTTORE del materiale d'apporto

**1.7.7.9 Procedimento di saldatura dei connettori**

I pioli dovranno essere saldati alle piattabande con procedimento automatico per piolatura, utilizzando esclusivamente la metodologia di saldatura con capsula disossidante all'estremità del piolo e ferula ceramica e innesco a sollevamento.

In caso di necessità di ripristino della saldatura automatica dei pioli, tale operazione dovrà essere eseguita con procedimento manuale con elettrodi a rivestimento basico, previo esito favorevole di una prova preliminare su un campione atto a simulare le difficoltà operative, costituito da tre pioli per ogni diametro interessato dalla riparazione, su cui saranno eseguite sezioni macrografiche (su ogni piolo) per la verifica della fusione del vertice del piolo. Il saggio dovrà essere eseguito da ciascun saldatore impiegato.

Per altre tipologie di connettori potranno essere usati i procedimenti: semiautomatico a filo continuo animato o ad anima metallica con protezione di gas e manuale con elettrodo rivestito.

La superficie della piattabanda in corrispondenza della zona di saldatura dei connettori dovrà risultare pulita come qualunque altro lembo di saldatura.

**1.7.7.10 Qualificazione delle specifiche di procedura di saldatura**

Le specifiche di procedura della saldatura dovranno essere qualificate e certificate in accordo ai requisiti della Normativa UNI EN ISO 15614- :

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

Nel caso sia richiesta anche l'esecuzione di talloni di "pre-produzione", per giunti particolari per i quali le prove standard non sono ritenute esaustive, la qualificazione dovrà essere completata con prove condotte secondo UNI EN ISO 15613.

La certificazione delle procedure di saldatura dovrà essere rilasciata da un Ente di Certificazione dotato di accreditamento ACCREDIA secondo ISO 17065 che sostituisce la EN 45011. ACEA si riserva comunque la facoltà di eseguire ulteriori prove.

Per quanto attiene alle modalità di qualifica del procedimento di piolatura, valgono in toto le prescrizioni della norma UNI EN ISO 14555.

Per la qualificazione delle specifiche di procedura di saldatura da utilizzare per le opere in classe di esecuzione EXC2 vale quanto indicato nella norma UNI EN 1090-2. Per quelle utilizzate per le opere in classe di esecuzione EXC3 e EXC4 valgono le ulteriori prescrizioni di seguito indicate.

**Apporto termico**

Le saldature saranno eseguite impiegando un apporto termico specifico (HI), valutato con la formula:  $HI = k \cdot 0.06 \cdot I \cdot V / v$  (kJ/mm)

dove:

- I = corrente di saldatura (A),
- V = tensione di saldatura (V),
- v = velocità di traslazione della sorgente termica (mm/min)
- k= fattore di correzione apporto termico in funzione del processo di saldatura (ved. UNI EN 1011 parte pari a per l'arco sommerso e a, per elettrodo rivestito e filo continuo con protezione di gas

Di regola l'apporto termico massimo sarà 2.8 kJ/mm mentre quello minimo non dovrà risultare inferiore a

0.8 kJ/mm.

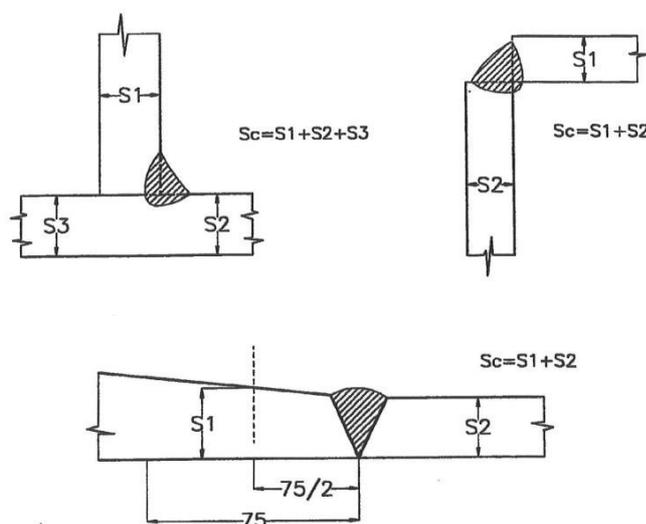
Durante la produzione non devono ottenersi apporti termici che si discostino più del 15% dal valore misurato durante l'esecuzione dei saggi per la qualifica dei procedimenti di saldatura.

### Durezze

I valori di durezza per l'acciaio S non devono risultare superiori a HV mentre per i rimanenti acciai non superiori a 350 HV30. Le durezze saranno misurate in zona fusa, in zona termicamente alterata e sul materiale base.

### Temperature di preriscaldamento e interpass

L'applicazione del preriscaldamento su un giunto saldato prima della sua esecuzione ed il mantenimento in temperatura durante la saldatura sono alcuni dei fattori che determinano il ciclo termico di saldatura, insieme allo spessore di tutti gli elementi strutturali che costituiscono il giunto saldato (spessore combinato della sottostante figura ed all'apporto termico specifico.



A sua volta il ciclo termico produce strutture metallurgiche diverse nella zona fusa e nella zona termicamente alterata di un giunto in funzione della composizione chimica dei materiali base e di apporto. Un utile indice dell'influenza di tale composizione è il carbonio equivalente (CEQ) valutato con la formula indicata.

Nella tabella seguente sono riportati, a titolo indicativo, i valori delle temperature minime di preriscaldamento ( $T_{pr}$ ) e massime di interpass ( $T_i$ ), in funzione del valore di CEQ per un determinato materiale base, del valore minimo di apporto termico (HI) previsto nella procedura di saldatura approvata per un giunto saldato e dello spessore combinato del giunto ( $Sc$ ) (vedere UNI EN 1011- L'adeguatezza di tali indicazioni dovrà essere verificata in sede di qualificazione dei procedimenti di saldatura e su talloni di pre-produzione o di produzione, con riferimento ai valori massimi della durezza indicati dalla procedura di certificazione. Pertanto, i preriscaldi stabiliti possono essere anche variati, purché venga garantito il rispetto dei limiti di durezza. Le variazioni devono essere concordate preventivamente in fase di qualifica del procedimento.

	HI (elett./filo an.)	$Sc \leq$ (mm)	$30 < Sc < 50$ (mm)	$5 \leq Sc \leq$ (mm)
CEV < 0.37	1.2 kJ/mm	-	-	75°
CEV = 0.38 ÷		-	50°	100°
CEV = 0.43 ÷		-	75°	125°
CEV = 0.46 ÷		50°	125°	175°
	HI (arco sommerso)	$Sc \leq$ (mm)	$30 < Sc < 50$ (mm)	$5 \leq Sc \leq$ (mm)
CEV < 0.37	2 kJ/mm	-	-	-
CEV = 0.38 ÷		-	-	75°
CEV = 0.43 ÷		-	-	100°
CEV = 0.46 ÷		-	50°	150°

E' da notare però che i preriscaldi indicati sulla specifica di saldatura devono essere maggiorati di °C per la puntatura dei pezzi e l'operazione di scricatura

In ogni caso dovrà essere garantita l'asciugatura dei lembi con un preriscaldamento a °C

Il preriscaldamento deve essere eseguito in modo tale che la temperatura richiesta interessi circa 75 mm di materiale base per ciascun lato del giunto.

Il controllo della temperatura di preriscaldamento e di interpass potrà essere eseguito mediante l'impiego di termocolori o di altri dispositivi atti allo scopo.

### **1.7.7.11 Qualificazione degli addetti alle procedure di saldatura**

#### **1.7.7.11.1 Addetti al coordinamento**

Gli addetti al coordinamento delle attività di saldatura dovranno avere conoscenze specifiche con riferimento alla Norma UNI EN ISO 14731:2007, con esperienza evidente nel campo della costruzione delle strutture metalliche L'ESECUTORE dovrà individuare il "Coordinatore di saldatura" che costituirà l'interlocutore tecnico responsabile nei confronti di ACEA per tutte le attività riguardanti la saldatura.

#### **1.7.7.11.2 Saldatori e Operatori di saldatura**

I saldatori impegnati nelle applicazioni di saldatura manuale e semiautomatica, dovranno essere qualificati in accordo alla Norma UNI EN ISO 9606-1: 2013 per i procedimenti utilizzati e per le varie posizioni di lavoro. I saldatori che dovranno operare nell'ambito del presente documento dovranno eseguire, in ogni caso, come saggio di prova, anche un giunto a T con cordone d'angolo da valutare secondo i criteri previsti dalla sopra citata norma.

Gli addetti agli impianti di saldatura automatici e a quelli robotizzati e di piolatura dovranno essere certificati secondo UNI EN ISO 14732:2013.

L'abilitazione dei saldatori dovrà risultare dall'esibizione di apposito certificato di qualifica effettuata da un Ente accreditato ACCREDIA secondo UNI EN 17024.

Il Coordinatore di saldatura dell'ESECUTORE dovrà riportare in apposito registro il nominativo dei saldatori abilitati e degli operatori, aggiornandolo sulla base delle eventuali variazioni delle qualifiche (estensione di classe, mantenimento della validità ed eventuale prolungamento). Sul registro dovranno inoltre essere riportati i periodi di inattività di ciascun saldatore e/o operatore relativamente ad un determinato procedimento.

Sia il registro che i certificati di qualifica dovranno essere reperibili presso l'ESECUTORE ed esibiti agli incaricati di ACEA dietro loro richiesta.

ACEA ha, inoltre, la facoltà di richiedere eventuali riprove di qualifica ogni qualvolta l'esame delle saldature mostri sistematica difettosità attribuibile ad insufficiente capacità operativa.

Ciascun saldatore e/o operatore dovrà essere individuato da una lettera o un numero, che sarà riportato su di un punzone, mediante il quale il saldatore stesso marcherà le saldature eseguite.

### **1.7.7.12 Prescrizioni costruttive**

#### **1.7.7.12.1 Generalità**

Se la temperatura ambiente risulta inferiore a - 5°C, dovranno essere prese particolari precauzioni per garantire le temperature minime del materiale base da saldare precedentemente indicate.

L'officina dell'ESECUTORE deve essere dotata di magazzino per deposito dei materiali di saldatura (elettrodi, fili, flussi) perfettamente chiuso e con umidità relativa costante non superiore al 50%.

I flussi e gli elettrodi, una volta aperti gli imballi originali, dovranno essere essiccati alla temperatura di 350° -

° C per due ore e conservati in forno alla temperatura di ° fino al momento dell'uso. L'essiccamento deve avvenire sia per gli elettrodi che per i flussi in strati non superiori a 4 cm (a meno che per i flussi non siano usati i "forni a caduta")

I saldatori dovranno essere dotati di fornelli portatili funzionanti alla temperatura di circa 100° nei quali verranno mantenuti gli elettrodi, prelevati dal forno di mantenimento, per un tempo massimo corrispondente alla durata del turno di lavoro. Alla fine del turno, gli elettrodi non utilizzati dovranno essere ritirati e stoccati in un apposito contenitore. Potranno essere impiegati dopo ulteriore essiccamento con le stesse modalità; tale trattamento, in generale, non potrà essere effettuato per più di due volte, salvo diversa indicazione del fabbricante.

Il flusso non fuso potrà essere recuperato e riutilizzato miscelato con flusso nuovo (miscela con 30% di flusso già utilizzato e 70% di flusso nuovo). Alla fine del turno di lavoro, il flusso non utilizzato dovrà essere ritirato dalle macchine e stoccato in

un apposito contenitore. Potrà essere ulteriormente impiegato dopo essiccamento con le modalità di cui sopra.

L'efficienza delle procedure di essiccazione e conservazione degli elettrodi e dei flussi per arco sommerso potrà essere controllata, su richiesta di ACEA, attraverso verifiche del contenuto di idrogeno diffusibile condotte su deposito, con le modalità di prova previste dalla norma AWS A4.3, tecnica a colonna di mercurio (valore richiesto < 5 ml/100g).

Nel caso di elettrodi in confezioni "vacuum pack" queste dovranno essere aperte al momento dell'uso e depositati nei fornetti; a fine turno di lavoro gli elettrodi rimasti dovranno essere conservati in forno a 150°C.

#### **1.7.7.12.2 Controlli preventivi**

Prima di iniziare la saldatura, i lembi delle parti da collegare e le zone adiacenti per una larghezza di 100 mm saranno controllati con esame visivo e strumentale per accertare l'assenza di eventuali cricche o sfogliature e le corrette condizioni di preparazione. Sui lembi e sulle zone adiacenti suddette non sono di regola ammesse riparazioni mediante saldatura. Sono ammesse molature ben raccordate fino a profondità di 3mm.

Le superfici dei lembi da saldare degli elementi principali saranno esaminate preventivamente con magnetoscopia o con liquidi penetranti.

Nel caso di giunti a croce a piena penetrazione, si dovrà effettuare sulla zona di lamiera intermedia interessata dai giunti (almeno mm per parte del giunto uno specifico controllo ultrasonoro per verificare l'assenza di sfogliature o di eccessive segregazioni (UNI EN 10160:2001). Detto controllo ultrasonoro può essere omesso per lamiere di acciaio con strizione garantita nel senso dello spessore ( Z 35).

#### **1.7.7.12.3 Assiemaggio dei pezzi**

Particolare cura dovrà essere posta nella fase di assiemaggio dei pezzi, prevedendo modalità di puntatura che salvaguardino dal pericolo di strappi sui materiali base o difetti in saldatura. In particolare, ove possibile, verranno utilizzati cavallotti di assiemaggio; la rimozione dei cavallotti avverrà di regola molando i relativi cordoni

## DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI

---

di saldatura; è ammessa la rimozione con taglio di fiamma purché venga lasciato un sovrametallo di almeno 3mm da rimuovere con successiva molatura. In ogni caso la superficie dovrà essere esaminata visivamente e con magnetoscopia per verificare l'assenza di strappi o cricche sulla superficie

I giunti potranno essere assiemati per mezzo di tratti di saldatura, di regola, di lunghezza non inferiore a 50 mm e da asportare nel corso della esecuzione del giunto saldato.

In un giunto saldato testa a testa da solcare a rovescio, i punti verranno depositati a rovescio, dal lato della ripresa.

Eventuali punti da inglobare nel giunto saldato dovranno essere depositati da saldatori certificati, molati alle estremità ed esaminati prima dell'esecuzione della saldatura; i punti difettosi dovranno tassativamente essere eliminati. I punti depositati da saldatori non certificati dovranno essere comunque rimossi.

Nel caso di saldatura su piatto ceramico il piatto dovrà essere montato immediatamente prima di saldare e non si dovranno effettuare puntature in cianfrino.

### **1.7.7.12.4 Preparazione dei lembi**

La preparazione dei lembi da saldare dovrà essere definita a cura e responsabilità dell'ESECUTORE, con parere favorevole dell'Ente di controllo incaricato, e comparire sui disegni e/o sulla tavola delle preparazioni visionata dal Progettista, approvata da ACEA e resa disponibile in officina. In linea di massima la preparazione dei lembi sarà conforme alla UNI EN 9692.

Le attrezzature previste per la preparazione dei lembi dovranno comparire sulle procedure di saldatura; è raccomandato l'impiego di procedimenti di taglio termico (ossitaglio o plasma automatici oppure di macchine utensili tipo pialle e frese indispensabili per la realizzazione di smussi a U, J, ecc E' ammesso l'impiego dell'ossitaglio manuale e automatico o di altre metodologie, purché la superficie venga successivamente rifinita mediante accurata molatura, che dovrà conseguire la completa rimozione delle strie da taglio e di tutte le altre irregolarità.

**1.7.7.12.5 Processo di saldatura**

L'accensione degli elettrodi o dei fili dovrà essere fatta su apposito tallone di lamiera ausiliaria appoggiato o puntato ad entrambe le estremità oppure in cianfrino.

L'uso dei talloni di estremità è comunque obbligatorio per l'esecuzione dei giunti testa a testa e per i giunti eseguiti con procedimenti automatici.

E' compito del saldatore e dell'operatore di saldatura esaminare la superficie di ogni passata per assicurarsi dell'eliminazione della scoria, dei difetti di profilo e delle irregolarità superficiali; se l'esito dell'esame non è soddisfacente si dovrà fare ricorso ad una preliminare operazione di molatura prima di deporre la passata successiva.

In tutte le saldature testa - testa e d'angolo a piena penetrazione si dovrà effettuare in linea di principio la solcatura al rovescio e successiva ripresa. In subordine, potranno essere usati il piatto di sostegno o la saldatura senza solcatura e senza sostegno a cura di saldatori in possesso dell'idonea qualifica. In quest'ultimo caso è necessaria comunque l'autorizzazione di ACEA e dell'Ente di controllo designato.

La saldatura non dovrà essere interrotta fino a quando non si sia riempito almeno metà spessore. Limitatamente alle strutture sollecitate a fatica, l'utilizzo del piatto di sostegno metallico dovrà essere preventivamente autorizzato da ACEA, solo quando non si potrà procedere diversamente.

**1.7.7.12.6 Raddrizzatura**

Le strutture deformate a seguito della saldatura devono essere raddrizzate mediante l'applicazione di riscaldamenti localizzati o a caldo con mezzi meccanici ovvero con entrambi i sistemi. L'ESECUTORE è tenuto a predisporre una procedura di raddrizzatura nella quale vengano definiti almeno:

- il campo di temperatura da ottenere;
- il metodo di applicazione dei riscaldamenti localizzati ;
- il metodo e le attrezzature per il controllo della temperatura;
- i metodi di raddrizzatura meccanica;

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

- il personale impiegato nelle operazioni di raddrizzatura;
- il tipo, la classe di resistenza e lo stato di fornitura (normalizzato, termomeccanico, ecc) dell'acciaio al quale la procedura si riferisce;
- le prove sperimentali di qualificazione della procedura di raddrizzatura convalidate da un Ente Ufficiale e visionate da ACEA.

I giunti saldati degli elementi sottoposti a raddrizzatura e di quelli adiacenti, saranno esaminati dopo la raddrizzatura con controlli non distruttivi adeguati, per estensione e tipologia, al tipo di giunto.

La temperatura dell'area riscaldata (in generale intorno a °C va definita in funzione dello stato di fornitura del materiale base.

Le parti riscaldate per la raddrizzatura devono essere sostanzialmente libere da sollecitazioni e da forze esterne, eccetto quelle risultanti dai mezzi meccanici usati in concomitanza con l'applicazione dei riscaldi

**1.7.7.12.7 Saldatura dei pioli**

Per la saldatura automatica dei pioli ogni volta che si inizi una fase di saldatura su una membratura, da parte di ogni saldatore, dovranno essere esaminati i primi due pioli saldati; se trovati soddisfacenti all'esame visivo, verranno piegati a colpi di mazza a 45°. Dopo piegamento verranno raddrizzati e non dovranno mostrare alcuna incrinatura o mancanza di fusione.

Se questa prova da' esito negativo, l'ESECUTORE è tenuto a rimettere a punto la tecnica di saldatura su piastre ausiliarie e a ripetere le prove sui primi due pioli saldati di nuovo sulla medesima membratura.

La saldatura dei pioli sia in officina che in cantiere dovrà essere eseguita esclusivamente da personale certificato secondo UNI EN 14732:2013.

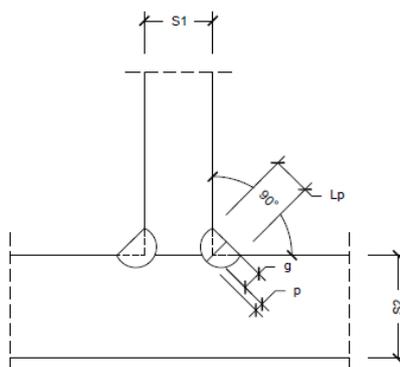
**1.7.7.13 Prescrizioni concernenti i particolari strutturali**

Nei cordoni d'angolo dovrà essere ottenuta la completa fusione del vertice e la forma del cordone o della prima passata, nei giunti a passate multiple, dovrà rispettare la relazione:

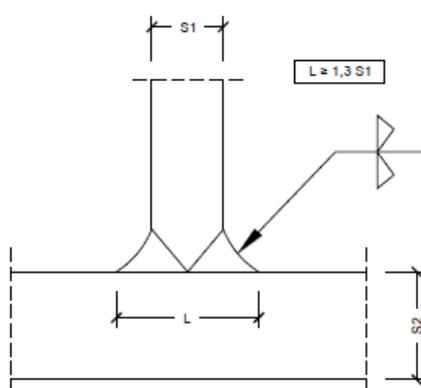
$$L_p \leq g \quad p \leq L_p$$

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

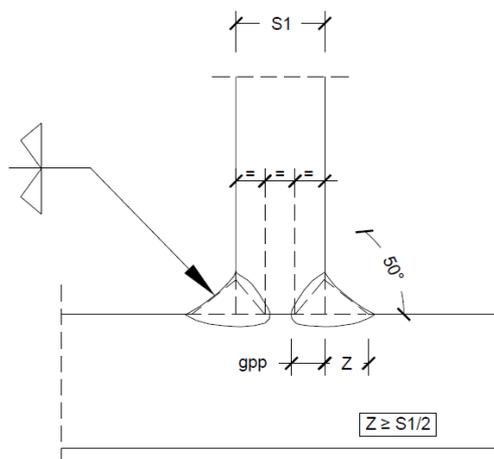
tra la larghezza ( $L_p$ ) e la profondità ( $g+p$ ) dove  $p$  è la profondità di penetrazione e  $L_p$  è il lato obliquo del cordone di saldatura.



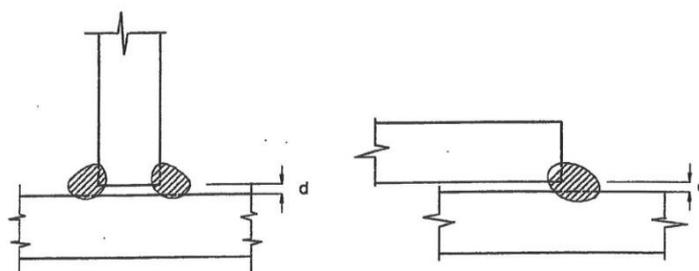
Per i giunti a T a piena penetrazione deve essere previsto un graduale allargamento della saldatura la cui larghezza  $L$  deve essere almeno pari ad 1.3 volte lo spessore  $S_1$  (spessore minimo impiegato) in corrispondenza della lamiera su cui viene ad innestarsi.



Per i giunti a T a parziale penetrazione l'angolo di apertura del cianfrino non dovrà essere inferiore a  $90^\circ$  e l'altezza della sezione resistente sarà assunta pari alla profondità del cianfrino  $g_{pp}$ .



Nella realizzazione di giunti a T od a sovrapposizione mediante saldatura d'angolo, deve ottenersi una buona aderenza tra le superfici previste a contatto. Potrà essere tollerata in questi giunti la distanza massima «d», nei limiti indicati dalla UNI EN ISO 5817 (nel rispetto del relativo livello di qualità). Per la saldatura ad arco sommerso il distacco massimo dovrà essere contenuto in 1 mm.

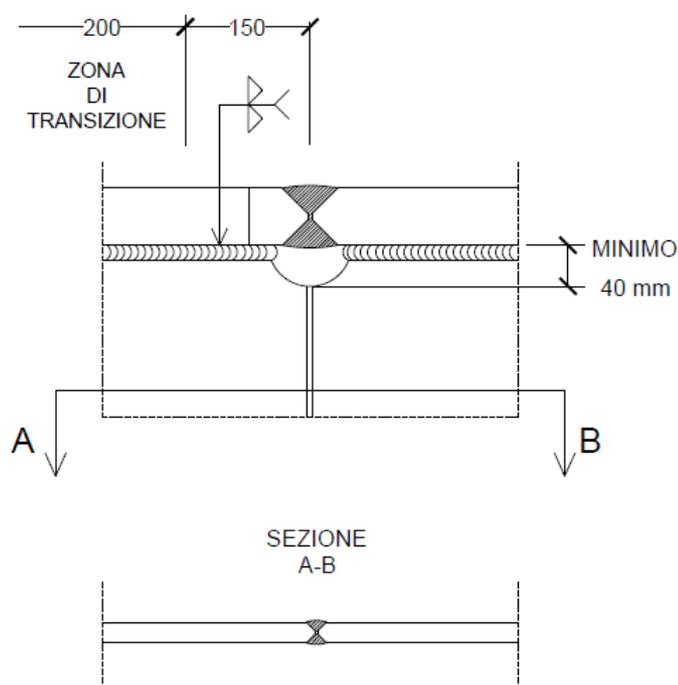


Qualora si verificano distacchi superiori a quelli sopra indicati, potrà essere prevista l'imbruttatura delle superfici per ripristinare la distanza corretta oppure potrà essere proposta ad ACEA una diversa preparazione dei lembi. Si dovrà tenere conto dell'eventuale necessità di incrementare le dimensioni dei cordoni d'angolo.

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

Il tratto terminale dei giunti tra anima e piattabanda di travi a T ed a doppio T, non dovrà di regola essere saldato prima della realizzazione dei giunti testa a testa fra le travi, se presenti.

Per consentire la corretta realizzazione dei giunti testa a testa dei profili, nel caso che i giunti anima piattabanda risultassero completi, è necessario eliminare un tratto di saldatura anima - piattabanda di circa 150 mm da entrambi i lati del giunto (scucitura).



Per la realizzazione dei giunti testa a testa si procederà di regola con la sequenza di operazioni nel seguito descritta:

- preparazione dei lembi da saldare e dello scarico alle estremità dell'anima;
- assembraggio e puntatura degli elementi strutturali (luce del giunto d'anima maggiore della luce del giunto di piattabanda di 2-3 mm);
- saldatura delle piattabande preferibilmente in contemporanea o eseguendo riempimenti parziali alternativamente sulle due piattabande;

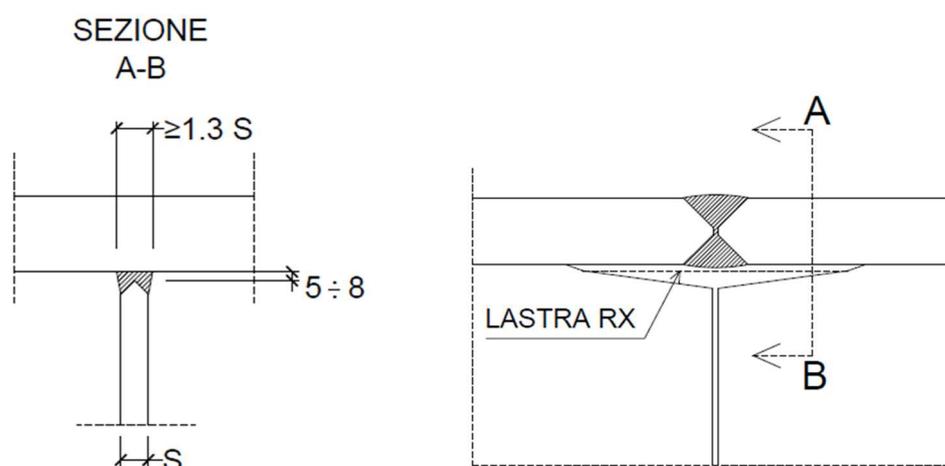
- saldatura dell'anima;
- saldatura tra anima e piattabanda nei tratti scuciti.

Elementi uniti in modo errato devono di regola essere tagliati e risaldati.

Quando si debbano unire di testa fra loro elementi di trave a doppio T o a T il giunto della piattabanda e dell'anima giaceranno di regola sulla medesima sezione

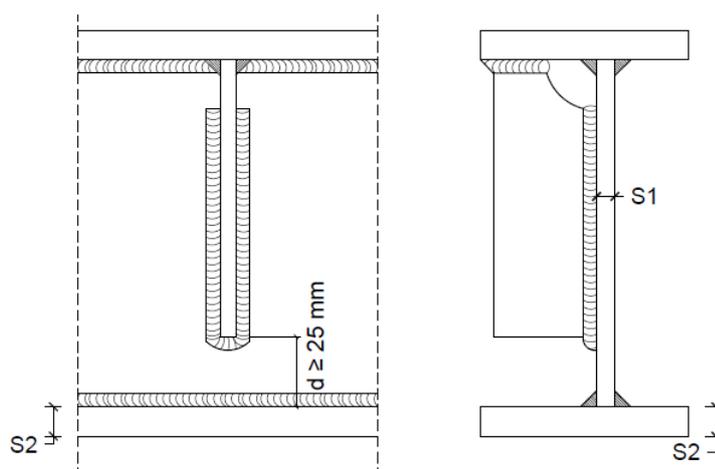
Per la realizzazione delle saldature di testa delle piattabande è necessario predisporre sull'anima una lunetta allo scopo di garantire ovunque l'accesso al giunto saldato durante le fasi di esecuzione e di controllo

A tal fine potrà essere prevista sull'anima una normale lunetta semicircolare con estremità ad arco di cerchio (raggio minimo pari a 40mm e almeno pari allo spessore dell'anima più 15 mm) ben lavorata e raccordata con fresa portatile. In presenza di severe sollecitazioni di fatica o comunque in corrispondenza di applicazione di carico diretto sulla piattabanda, verrà adottata una lunetta di forma allungata e cianfrinata in modo da poter essere richiusa con saldatura a piena penetrazione dopo l'esecuzione dei giunti di anima e di piattabanda e dei relativi controlli non distruttivi (vedi fi.



In ogni caso, in presenza di anime e/o piattabande saldate testa - testa, prima della composizione della trave, è necessario, dopo l'esecuzione dei prescritti controlli non distruttivi, spianare la zona di saldatura della piattabanda o dell'anima interessate, prima di assemblare gli elementi della trave per l'esecuzione delle saldature d'angolo per consentire la corretta aderenza

Nel caso di incrocio di tre o più elementi strutturali (ad esempio in una trave composta saldata all'incrocio tra anima, piattabanda e nervature di irrigidimento), dovranno essere previsti scarichi di grandezza adeguata (raggio minimo pari allo spessore della lamiera più 15mm) per consentire la corretta esecuzione ed il controllo dei giunti. (vedi fig e 8)



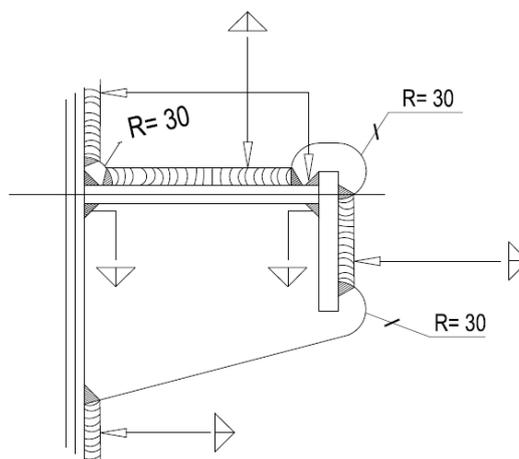
Gli scarichi dovranno essere ad arco di cerchio o, comunque, di forma ben avviata e privi di qualsiasi intaglio o irregolarità. Dopo eventuali lavorazioni di fresa, la rugosità dovrà risultare  $ra \leq \mu\text{m}$ .

I cordoni di saldatura che raggiungono il lembo dello scarico saranno fatti girare intorno avendo cura di evitare che la saldatura incida il lembo dello scarico. Inoltre i cordoni si faranno egualmente girare intorno ai lembi liberi di fazzoletti o squadrette saldate.

Il cordone di saldatura che collega l'irrigidente all'anima della trave dovrà, in corrispondenza del lembo aderente a tale anima, essere accuratamente molato in

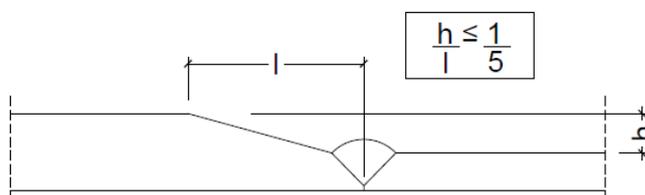
**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

modo da eliminare ogni traccia di incisione locale per un'altezza non inferiore al % dell'altezza della trave, con un massimo di 100 mm, a partire da entrambe le estremità.



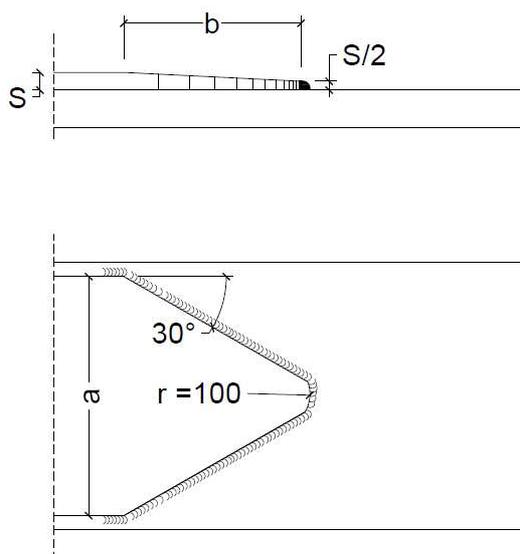
Qualora il Progettista non ritenga applicabile l'uso degli "scarichi" sopra indicati per problemi di fatica, si dovranno realizzare scarichi che seguano il profilo del cordone sottostante, con un distacco massimo di 1mm. In questo caso la saldatura delle nervature non verrà interrotta e seguirà il profilo dello scarico.

Nella saldatura testa - testa di due elementi principali di diverso spessore, lo spessore maggiore dovrà essere gradualmente rastremato sino a raggiungere lo spessore minore. Il tratto rastremato dovrà risultare, in generale, non inferiore a 5 volte la differenza di spessore degli elementi collegati, a partire dall'asse del giunto



Nel caso di sovrapposizione di piattabande, in corrispondenza della sezione terminale della piattabanda sovrapposta, si dovrà garantire un adeguato raccordo tra la doppiatura e la piattabanda, prevedendo comunque di eseguire un cordone d'angolo di chiusura che abbia altezza di gola pari almeno alla metà dello spessore

della piattabanda stessa e raccordato ai cordoni laterali. Tale cordone dovrà essere regolarizzato mediante asportazione con mola del materiale eccedente; è raccomandata la soluzione seguente:



#### **1.7.7.14 Modalità esecutive dei controlli non distruttivi**

##### **1.7.7.14.1 Prescrizioni generali**

I giunti saldati verranno controllati visivamente e con attrezzature adeguate al tipo di giunto, alla tipologia dei difetti da rilevare ed al luogo di lavoro, secondo quanto riportato nel seguito.

Di regola, i controlli strumentali saranno quello magnetoscopico, radiografico e ultrasonoro sul giunto completato ed il controllo con liquidi penetranti solo sulle superfici di solcatura al rovescio dei giunti a piena penetrazione. I controlli strumentali finali saranno di regola successivi a quello visivo soddisfacente.

I metodi di controllo da impiegare saranno scelti in base alle tipologie di unione e agli spessori dei materiali sulla base delle indicazioni fornite dalla norma UNI EN ISO

Il personale addetto all'esame non distruttivo dei giunti saldati e del materiale base deve essere certificato almeno di livello 2 in accordo alla norma UNI EN

ISO 9712:2012 da un Organismo di Certificazione accreditato ACCREDIA in accordo all'UNI EN ISO

Per l'esecuzione dell'esame visivo si raccomanda l'impiego di personale certificato come EWI (European Welding Inspector)/ IWI (International Welding Inspector).

#### **1.7.7.14.2 Modalità di esecuzione dei controlli**

##### Esame visivo

Il controllo verrà eseguito in conformità alla norma UNI EN ISO 17637.

##### Controllo magnetoscopico

Il controllo verrà eseguito in conformità alla norma UNI EN ISO 17638.

##### Controllo con liquidi penetranti

Il controllo verrà eseguito in conformità alla norma UNI EN ISO 3452-

##### Controllo radiografico

Prima dell'esecuzione del controllo verrà compilato, a cura dell'ESECUTORE, uno schizzo da allegare al verbale di controllo radiografico in cui risultino gli sviluppi dei giunti saldati e le sigle dei saldatori o degli operatori che li hanno eseguiti; su di esso saranno indicate, dall'incaricato di ACEA o dell'Ente designato, le posizioni da radiografare distinte con lettere e/o numeri, quando tali posizioni non si evincano dai documenti di progetto. Tali elementi dovranno comparire sulle corrispondenti pellicole e serviranno per la loro identificazione.

Gli incaricati di ACEA si riservano la facoltà di accertare mediante controllo diretto l'effettiva corrispondenza della ubicazione della pellicola sul giunto radiografato. A tal fine è vietata la rasatura del sovrametallo dei giunti testa a testa a filo lamiera se non dopo l'accettazione dei giunti da parte di ACEA o dell'Ente di controllo designato

Su ogni pellicola dovrà essere posto un indicatore di qualità d'immagine (penetramento); la radiografia dovrà avere sensibilità tale da rilevare l'elemento del penetramento corrispondente al % della somma degli spessori attraversati dai raggi (potere risolutivo).

Il controllo radiografico deve essere eseguito secondo le regole delle norme UNI EN ISO 17636-1:2013 applicando la classe B per le opere in classe di esecuzione EXC3 e EXC4 e la classe A per i restanti casi. Il controllo gammagrafico, in luogo di quello radiografico, può essere consentito a seguito di motivata richiesta ad ACEA.

#### Controllo ultrasonoro

Il controllo verrà eseguito in conformità alla norma UNI EN ISO 17640 livello almeno B. Per la caratterizzazione delle indicazioni sarà applicata la norma UNI EN ISO 23279.

Per il controllo di giunti particolari ACEA o l'Ente di controllo designato, potrà richiedere una specifica dedicata con validazione mediante appositi blocchi con difetti artificiali opportunamente posizionati.

#### Controllo della piolatura

Per quanto attiene alle modalità di controllo delle saldature dei pioli, valgono le seguenti prescrizioni:

Tutti i pioli saldati saranno sottoposti a esame visivo. Questo esame deve accertare la presenza continua e la regolarità del collarino di base. Tutti i pioli trovati con collarino incompleto saranno sottoposti a prove di piegamento a colpi di mazza per un angolo pari a 30°; questa stessa prova di piegamento verrà estesa almeno al % dei pioli che hanno superato l'esame visivo

Per ogni piolo rotto nel corso di quest'ultimo esame ne verranno piegati altri due. Se il numero dei pioli rotti raggiunge, al termine dell'esame, il % dei pioli appartenenti alla membratura, tutti i pioli della stessa verranno piegati con piegamento alla mazza.

I pioli difettosi devono essere rimossi. La parete di acciaio cui erano uniti potrebbe essere interessata da strappi provocati dalla rimozione dei pioli. Le zone danneggiate devono essere riparate mediante molatura eseguendo scavi ben raccordati al materiale base circostante, fino alla scomparsa di ogni traccia di difetto.

Nelle parti da riparare la necessità di ripristinare o meno lo spessore primitivo mediante riporto di saldatura sarà giudicata dal Progettista. Nel caso di ripristino mediante saldatura l'intervento dovrà essere eseguito con procedimento manuale con elettrodi a rivestimento basico di diametro 3,25 mm da un saldatore certificato. Tali saldature dovranno essere eseguite con tutte le modalità previste per gli elementi strutturali (pulizia dei lembi, preriscaldamento, controlli).

#### **1.7.7.14.3 Estensione dei controlli**

Prima di procedere all'esecuzione dei controlli da parte di ACEA e o dell'Ente di controllo designato, l'ESECUTORE dovrà presentare ai soggetti sopra indicati la documentazione dei controlli direttamente eseguiti, compresa la verifica del corretto assemblaggio. L'estensione dei controlli non distruttivi dei giunti saldati è quella di seguito specificata.

##### Esame visivo

Di regola tutte le saldature dovranno essere esaminate visivamente al 100%, sia dall'ESECUTORE che dall'Ente terzo incaricato dei controlli.

##### Giunti con cordoni d'angolo o a parziale penetrazione

Il controllo magnetoscopico sarà effettuato a cura dell'ESECUTORE sul 100% dei giunti del ponte, esibendo i relativi verbali. La percentuale di estensione si riferisce a ogni saldatura; in caso di giunti di lunghezza inferiore a 0,5 metri è ammesso il controllo al 100% del 50% dei giunti.

In sede di collaudo da parte di ACEA o di altro Ente incaricato, tale controllo sarà limitato al 30% della lunghezza di ogni cordone di ciascun giunto sia a cordoni d'angolo che a parziale penetrazione; tale estensione sarà suscettibile di aumento in relazione al tipo di procedimento di saldatura ed ai risultati del controllo stesso.

##### Giunti a piena penetrazione

Il controllo magnetoscopico sarà effettuato a cura dell'ESECUTORE sul 100% dei giunti a piena penetrazione testa a testa o a T. Inoltre, verrà effettuato dall'ESECUTORE l'esame radiografico e/o ultrasonoro su almeno il 50% della lunghezza di ogni giunto.

Estensioni diverse dovranno comunque essere approvate da ACEA.

Per giunti di fondamentale importanza per la statica della struttura o particolarmente sollecitati, ovvero in particolari casi in relazione alla natura ed all'entità delle sollecitazioni gli esami dovranno essere estesi al %

In sede di collaudo ACEA o l'Ente incaricato eseguirà il controllo magnetoscopico al % della lunghezza delle saldature ed il controllo ultrasonoro al 100% nonché la lettura delle lastre radiografiche.

#### Verifiche sui talloni di produzione

In tutte le travi saldate in officina dovranno essere previste opportune espansioni (talloni d'estremità) dello stesso materiale costituente le travi stesse. ACEA si riserva di richiedere, ove possibile, l'applicazione dei talloni anche sui giunti eseguiti in cantiere

Sui talloni di produzione si dovrà misurare la durezza in zona fusa, in zona termicamente alterata e nel metallo base su almeno il 5% dei giunti delle travi saldate, nonché valutare la corretta penetrazione della saldatura, la forma del cordone e l'assenza di difetti inaccettabili, in relazione a quanto indicato nella tabella

Le modalità e le estensioni dei controlli macrografici sui talloni d'estremità saranno definite dall'ESECUTORE mediante un'appropriata procedura da sottoporre ad approvazione da parte di ACEA, previo parere favorevole dell'Ente designato. Di norma tale controllo sarà previsto su un campione almeno pari al % dei giunti realizzati in officina.

La procedura dovrà di norma prevedere l'esecuzione di macrografie su adeguati talloni anche nei casi seguenti:

- applicazione da parte dell'ESECUTORE di procedure di saldatura per le quali non abbia una consolidata esperienza applicativa;
- durante le fasi iniziali di applicazione di procedimenti automatici o robotizzati.

Le prove di durezza saranno eseguite in almeno tre punti di una stessa zona (materiale base, zona fusa, zona termicamente alterata) e dovranno accertare che

## DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI

---

in nessun punto la durezza Vickers (HV30) ecceda i limiti indicati nella procedura di certificazione.

Il taglio del tallone va effettuato previa punzonatura a cura del personale di ACEA o dell'Ente di controllo incaricato.

Nei casi in cui le travi prevedano un tratto non saldato alle estremità della giunzione anima-piattabanda, al fine di favorire la corretta esecuzione delle saldature testa a testa in cantiere, si dovrà ricorrere alla saldatura di talloni di riproduzione con i seguenti criteri.

- Per ciascuna tipologia di trave saldata saranno realizzati dei talloni di saldatura in accordo alle specifiche di procedimento previste per la produzione e qualificate in accordo alla presente sezione di capitolato, utilizzando materiali di commessa;
- Le differenti tipologie di travi saranno individuate per qualità del materiale base, spessori delle lamiere, tipo e dimensioni dei giunti, processo ed impianto di saldatura utilizzato.

I saggi, della lunghezza minima di 500 mm, saranno sottoposti al controllo macrografico su tre sezioni (ad inizio, centro e fine del tallone) per la verifica della geometria e delle dimensioni del giunto, in accordo alla norma UNI EN ISO 5817 livello di qualità funzione della classe di esecuzione, ed il controllo delle durezza secondo le indicazioni della norma UNI EN ISO 15614-

I talloni saranno realizzati prima dell'inizio della produzione. Eventuali esecuzioni di ulteriori talloni durante la fabbricazione e/o il montaggio in opera potranno essere richiesti da ACEA.

### **1.7.7.14.4 Intensificazione dei controlli per esito negativo**

Qualora vengano rilevate delle anomalie con i controlli strumentali eseguiti a campione, i controlli verranno intensificati. Di regola verrà esaminato un tratto di saldatura a cavallo della zona difettosa non inferiore a 1000 mm, oppure, nel caso di giunti corti, due giunti adiacenti a quello difettoso eseguiti dallo stesso saldatore o operatore. In caso di ulteriori difetti il controllo verrà esteso al 100% della saldatura

## DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI

(o delle saldature simili per giunto corti Nel caso di difetti planari l'estensione al % sarà immediata

Per l'estensione verrà utilizzato almeno il medesimo metodo che ha rilevato il difetto

Nel caso in cui il numero delle riparazioni sia elevato oppure vengano riscontrati difetti inaccettabili con carattere di sistematicità, gli elementi strutturali od i giunti in questione saranno scartati.

Quando la presenza di difetti sistematici non sia attribuibile a cattiva modalità esecutiva oppure ad imperizia del saldatore o dell'operatore della macchina, l'ESECUTORE dovrà ripetere il procedimento di qualifica.

In ogni caso l'ESECUTORE provvederà al rifacimento dei giunti scartati; i nuovi giunti dovranno essere ricontrollati con il medesimo metodo che ha rilevato il difetto, con estensione percentuale doppia rispetto a quella inizialmente prescritta.

### **1.7.7.15 Qualità delle saldature**

Tutte le saldature devono essere regolari, ben raccordate al materiale base e senza eccesso di sovrametallo. I criteri di accettabilità dei difetti sono precisati nella tabella di seguito riportata.

Classi di esecuzione	Livelli di qualità ai sensi della UNI EN ISO 5817
EXC2	C
EXC3	B
EXC4	B+

Per livello di qualità B+ si intende il livello di qualità B con gli ulteriori requisiti di cui al prospetto 17 della UNI EN 1090.

La qualità delle saldature esaminate visivamente, con liquidi penetranti e con controllo magnetoscopico deve essere rispondente in generale ai criteri di accettabilità stabiliti nella precedente tabella.

ACEA si riserva la facoltà di stabilire criteri e valori diversi da quelli riportati nella suddetta norma qualora lo ritenessero opportuno in fase di approvazione del progetto delle saldature.

I criteri di accettabilità dei difetti rilevati con l'esame radiografico sono quelli stabiliti dalla norma UNI EN 12517 livello 1.

I criteri di accettabilità dei difetti da applicare alle indicazioni rilevate al controllo ultrasonoro dovranno rispettare le prescrizioni della norma UNI EN 1712 livello 2 con la precisazione che non sono ammessi difetti planari (valutati in accordo alla UNI EN 1713).

#### **1.7.7.16 Modalità di riparazione**

##### **1.7.7.16.1 Riparazione senza nuove saldature**

Difetti superficiali e di profilo potranno essere eliminati anche senza eseguire altre saldature purché la profondità dei difetti non superi il 10% dello spessore interessato e comunque con un massimo di 2 mm.

L'eliminazione del difetto verrà ottenuta mediante molatura; ciò dovrà essere verificato con accurato esame visivo e, in caso dubbio, con esame magnetoscopico e/o liquidi penetranti; la superficie dello scavo dovrà risultare ben raccordata col materiale contiguo.

##### **1.7.7.16.2 Riparazione con saldatura**

L'ESECUTORE dovrà redigere una o più procedure di riparazione dei giunti saldati a mezzo saldatura, e sottoporle ad approvazione come le procedure di esecuzione delle saldature.

Tali procedure dovranno contenere almeno le modalità e i mezzi da adottare per gli scavi, la temperatura di preriscaldamento e tutto quanto attiene al procedimento di saldatura previsto che dovrà essere qualificato.

Nel caso in cui una riparazione debba essere ripetuta più di due volte l'ESECUTORE dovrà provvedere a redigere una non conformità e informare l'Ente di controllo incaricato. Il caso verrà esaminato al fine di capire i motivi dell'insuccesso (errata valutazione della posizione del difetto, scarsa abilità dei saldatori impiegati,

parametri del procedimento di saldatura impiegato scorretti, problemi di accessibilità al giunto... e di valutare la necessità di prove e/o indagini particolari sul giunto in questione.

#### **1.7.7.16.3 Esecuzione degli scavi**

Gli scavi saranno eseguiti con mola oppure con elettrodo di carbone e soffio d'aria compressa (arc-air,) seguita da molatura di regolarizzazione e asportazione dello strato carburato L'uso dell'arc - air dovrà essere preceduto dall'applicazione di un preriscaldamento di °C superiore rispetto a quello previsto per la saldatura del giunto oggetto dell'intervento. Le superfici dello scavo dovranno soddisfare i requisiti già descritti al punto precedente.

#### **1.7.7.16.4 Modalità esecutive delle riparazioni**

La temperatura di preriscaldamento sarà, come per la puntatura, di °C superiore a quella prevista, per l'esecuzione del giunto, dalla procedura di saldatura approvata.

Il procedimento di saldatura da adottare sarà di norma quello manuale con elettrodi a rivestimento basico, di caratteristiche chimiche e meccaniche simili a quelle del materiale base.

Potrà essere utilizzato il procedimento a filo continuo animato per riparare giunti saldati con scavi di lunghezza superiore a 250 mm.

Per tutto quanto attiene alla conservazione dei materiali di apporto ed alla tecnica esecutiva valgono le indicazioni già espresse per le saldature di produzione.

Non è ammesso l'uso di cordoncini molto tirati (apporto termico specifico  $HI < KJ$  mm per riempire scavi od incisioni per evitare eccessive durezza locali. Le riparazioni dovranno dare luogo a superfici lisce e ben raccordate con il materiale adiacente; se necessario, i cordoni di riporto o riparazione verranno lisciati con mola o fresa a bottone.

A titolo di esempio potranno essere seguite modalità di riparazione come quelle di seguito indicate:

per eliminare difetti non accettabili tipo "overlap" o eccessiva convessità: ridurre l'eccesso di metallo depositato rimuovendolo mediante mola;

- per eliminare difetti non accettabili tipo eccessiva concavità, crateri, cordoni sottodimensionati o incisioni: molatura di raccordo e saldatura fino ad ottenere un corretto profilo. La saldatura apportata per compensare il cordone sottodimensionato deve essere depositata con le prescrizioni delle riparazioni;
- per eliminare difetti non accettabili come inclusioni di scoria o eccessiva porosità: rimuovere i tratti difettosi con "arc - air" seguito da molatura e riportare saldatura fino ad ottenere un corretto profilo;
- per eliminare difetti non accettabili tipo cricche in saldatura o in zona termicamente alterata: rimuovere il tratto difettoso per una lunghezza, oltre le estremità della cricca, pari almeno alla lunghezza della cricca stessa con un massimo di 50 mm, curare la correttezza della forma dello scavo e procedere alla saldatura con le modalità di cui ai paragrafi precedenti.

#### **1.7.7.16.5 Controlli dopo la riparazione**

Ogni riparazione eseguita con o senza saldatura dovrà essere ricontrollata almeno con il medesimo metodo che ha rilevato il difetto; le zone sulle quali sono stati rilevati difetti inaccettabili con i controlli radiografici o ultrasuoni dovranno essere nuovamente controllati con lo stesso metodo che ha rilevato i difetti, in caso di dubbi i due metodi potranno essere integrati.

#### **1.7.7.16.6 Resoconto delle attività di saldatura**

Dovrà essere compilato, a cura dell'ESECUTORE e secondo la UNI EN ISO 3834, un diario dei lavori di saldatura dal quale risultino tutte le particolarità e le circostanze secondo cui i lavori si svolgono.

I diari dovranno contenere un elenco di tutte le saldature eseguite, le riparazioni, i nomi dei saldatori, il procedimento di saldatura (parametri, materiali, preriscaldi, ecc.) gli eventuali controlli intermedi e quant'altro possa ritenersi utile di particolare registrazione.

I diari dovranno essere firmati dal Coordinatore di saldatura dell'ESECUTORE che si rende garante della loro esattezza.

Essi dovranno essere esibiti in visione agli incaricati del controllo alla fine dei lavori; copia dei diari sarà consegnata all'incaricato di ACEA per gli usi di collaudo e per essere conservata nell'incartamento del lavoro.

#### **1.7.7.16.7 Controllo della geometria dei profili composti saldati**

I controlli sulla geometria degli elementi dovranno essere eseguiti e certificati dall'ufficio qualità dell'ESECUTORE

Per quanto riguarda le tolleranze geometriche, si farà riferimento a quanto indicato nell'appendice D della norma UNI EN 1090-

### **1.7.8 MONTAGGIO IN OPERA**

#### **1.7.8.1 Prescrizioni generali**

L'ESECUTORE, dovrà inviare ad ACEA il programma e il progetto particolareggiato secondo il quale intende provvedere alle operazioni di montaggio e posa in opera della struttura metallica tenendo conto che dovrà essere sempre previsto un piano inferiore alla struttura per la sicurezza degli operai e per un agevole controllo dei lavori della struttura assemblata.

Detto programma e progetto dovrà riportare l'approvazione di ACEA che si riservano di introdurre tutte le modifiche per assicurare, con la più ampia garanzia, la perfetta riuscita delle operazioni di montaggio e o dell'eventuale varo se previsto

In caso di strutture interessanti l'esercizio ferroviario, tutte le operazioni ed i macchinari da utilizzare non dovranno interferire con la regolarità e la sicurezza dell'esercizio

Durante la fase di montaggio in opera, oltre le verifiche da effettuare già descritte nel precedente par. (se attinenti al tipo di opera), dovranno essere controllati i lavori onde verificare che non avvengano difetti del tipo frequentemente riscontrati quali quelli appresso indicati:

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

- inversione o scambio di posizione degli elementi;
- correzioni di forma con fiamma e conseguente forzatura degli elementi;
- mancato inserimento di imbottiture previste in progetto;
- superfici da coprigiuntare non pulite;
- chiodi non ribaditi correttamente;
- bulloni non serrati correttamente;
- sequenze operative non rispettate per la chiodatura e bullonatura (es. dall'interno verso l'esterno dei coprigiunti);
- esecuzione e/o allargamento di fori con fiamma;
- elementi assemblati fuori squadra (orizzontale e verticale);
- fori non corrispondenti;
- sostegni provvisori della struttura non stabili;
- assiemaggio degli elementi con punti di saldature;
- saldature in opera non previste e non eseguite correttamente;
- saldature eseguite su superfici ossidate, verniciate, zincate o comunque non preparate adeguatamente;
- inserimento di imbottiture di dimensioni non adeguate (ad esempio solo tra le superfici a vista -parti esterne);
- non ripristino della verniciatura delle superfici sottostanti alle zone piolate;
- saldatura dei connettori senza adeguato preriscaldamento del materiale e senza preparazione delle superfici;
- inserimento di bulloni di dimensioni e lunghezze non conformi al progetto;
- sostituzione di elementi deformati, inservibili o comunque mancanti con altri con caratteristiche meccaniche e chimiche non certe;
- riparazione di elementi con operazioni che ne compromettono la integrità;
- saldature in opera non autorizzate;

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

- saldature incomplete dei connettori (collarini);
- vernici non aderenti al supporto;
- verniciature eseguite in opera in difformità del ciclo approvato;
- adozione di procedimenti di saldatura non idonei in fase di montaggio;
- mancata pulizia dei fori di scarico delle acque;
- puntature di tondi per c.a. sui connettori o sulle piattabande delle strutture miste acciaio-calcestruzzo;
- mancata complanarità degli appoggi definitivi;
- movimentazione di materiale con dispositivi tali da deformare e/o incidere il materiale
- (es. incisioni da pinze ammorsatrici);
- mancata pulizia (sabbiatura) della superficie delle piattabande superiori nelle strutture miste acciaio- calcestruzzo;
- difetti conseguenti ad un non corretto trasporto in opera dei materiali;
- difetti e distorsioni in alcuni elementi strutturali a seguito di una errata posa in opera delle strutture, in particolare modo nei vari.

Al termine del montaggio in opera ACEA rilascerà apposito benestare affinché si possa dar corso all'applicazione delle successive mani di pittura previste dal ciclo di verniciatura richiesto

**1.7.8.2 Saldature in fase di montaggio in cantiere**

Nel piano di controllo della qualità si dovrà prevedere la presenza di un rappresentante di ACEA e/o dell'Ente di Controllo designato, durante la saldatura in cantiere dei giunti testa a testa degli elementi strutturali più significativi.

Per le saldature in fase di montaggio in cantiere valgono tutte le prescrizioni concernenti i particolari strutturali, le procedure di saldatura e le modalità di conservazione dei materiali base e di apporto, le modalità esecutive, il personale impegnato nelle attività di saldatura, nonché la qualità dei giunti saldati ed il loro collaudo indicati ai punti precedenti.

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

Particolare riguardo andrà posto alla protezione dei lembi del cianfrino dalla ossidazione ed alla predisposizione di opportuni ripari durante le fasi di saldatura, prevedendo l'uso di idonee attrezzature; quest'ultima esigenza acquista maggiore rilevanza quando sia previsto l'impiego di procedimenti di saldatura diversi dall'elettrodo rivestito; in tal caso verrà preparata, a cura dell'ESECUTORE, un'adeguata procedura che dovrà descrivere le modalità di protezione dagli agenti atmosferici delle zone interessate dall'esecuzione delle saldature.

Dovrà essere posta la massima cura nello studio e nella realizzazione dell'assieme dei giunti e nella preparazione dei lembi, al fine di consentire la corretta esecuzione dei giunti stessi. In ogni caso, prima della saldatura, dovrà essere eseguito dall'Ente designato il controllo del cianfrino con rilievo della luce del giunto da saldare in opera per la verifica della corrispondenza con quanto riportato nel quaderno delle saldature approvato.

Il procedimento di saldatura previsto per le saldature al montaggio sarà generalmente quello manuale con elettrodi rivestiti basici omologati, simili, per caratteristiche meccaniche e chimiche, al materiale base. Altri procedimenti dovranno essere autorizzati preventivamente da ACEA.

I saldatori dovranno essere qualificati per la posizione di saldatura di lavoro. Potrà essere richiesta una verifica dell'abilità operativa in cantiere, specie in presenza di giunzioni particolarmente importanti o da eseguirsi in posizioni non agevoli, mediante la realizzazione di talloni di pre - produzione.

I giunti eseguiti in cantiere verranno controllati con modalità analoghe a quelle previste per i giunti di officina; valgono i medesimi criteri sull'estensione dei controlli per esito sfavorevole. Comunque, i giunti testa a testa delle strutture principali eseguiti in opera dovranno essere controllati con metodo magnetoscopico, radiografico ed ultrasonoro.

Sui giunti in acciaio di classe di resistenza S355 o inferiore, i controlli non distruttivi dovranno essere eseguiti non prima di ore dopo l'ultimazione delle operazioni di saldatura se lo spessore combinato  $S_c$  è maggiore di 100 mm. Per gli acciai a

resistenza superiore i controlli dovranno essere eseguiti in ogni caso non prima di ore dopo l'ultimazione delle operazioni di saldatura

## **1.7.9 TRATTAMENTI SUPERFICIALI**

### **1.7.9.1 Generalita'**

Il presente capitolo definisce i requisiti relativi al processo di protezione contro la corrosione delle opere metalliche nuove, nonché per la manutenzione di quelle esistenti attraverso impiego di sistemi di verniciatura o rivestimenti metallici (es.: zincatura). Le prescrizioni riportate nel seguito si applicano a tutte le classi di esecuzione indicate ad eccezione dei componenti metallici realizzati in acciaio inossidabile.

### **1.7.9.2 Zincatura a caldo**

La zincatura a caldo è un processo, che permette la formazione di un rivestimento di zinco su oggetti di acciaio attraverso un processo d'immersione a caldo. Questo tipo di protezione permette la formazione di uno strato di lega intermedio zinco-ferro con proprietà di durezza e resistenza maggiori di quella del ferro.

La zincatura a caldo dovrà essere effettuata in conformità alla EN ISO 1461, nella quale vengono definiti gli spessori di rivestimento minimi previsti, riportati in forme tabellare in funzione dei differenti spessori del manufatto di acciaio zincato, per diversi tipi di pezzi trattati. Vengono parimenti indicati i metodi di prova per le verifiche di tali spessori ed la procedura di campionatura relativa. Inoltre, vengono stabiliti l'aspetto e le caratteristiche finali che la zincatura deve possedere. Sul rivestimento infatti dovranno essere assenti bolle, punte, aree scoperte, eccessiva ruvidità, residui di fluxante; eventuali presenze di ceneri o gocce di zinco, che dovranno necessariamente essere contenute per quanto le difficoltà di lavorazione lo permettano, devono trovarsi in posizioni tali da non interferire con l'efficace utilizzo del manufatto. Piccole rugosità superficiali, piccoli noduli di zinco saranno di norma tollerati. Eventuali parti taglienti che possono costituire un rischio, dovranno essere rimosse.

La norma UNI EN ISO 14713 rappresenta il riferimento generale per le proprietà del rivestimento di zincatura in termini di ambienti di utilizzo, durabilità e progettazione, nonché la qualità degli acciai da sottoporre a zincatura.

Di regola, tutti gli acciai da costruzione possono essere zincati a caldo. Tuttavia alcuni elementi derivanti dal ciclo di produzione dell'acciaio possono alterare la formazione della lega ferro-zinco, come ad esempio silicio e fosforo.

La zincatura a caldo di acciai che presentano percentuali di silicio e fosforo fuori dai limiti potrebbe risultare con:

- aspetto non brillante
- colore opaco-scuro
- puntinatura
- presenza di macchie, retinatura
- sovrassessore del rivestimento di zinco con conseguente infragilimento e sfogliatura

Nei casi di strutture scatolari è necessario che durante l'immersione nel bagno di zinco esso possa penetrare liberamente e rapidamente all'interno dei profilati facendo in modo che nello stesso tempo venga eliminata del tutto l'aria all'interno delle strutture stesse. Ogni profilato dovrà permettere quindi, nello stesso momento l'entrata dello zinco e l'uscita dell'aria da apposite aperture praticate sul profilato stesso.

#### **1.7.9.2.1 Preparazione superficiale**

Per la rimozione di chiazze e strati contaminati, quali ruggine e calamina, prodotti dell'ossidazione ed altre sostanze estranee come saponi, oli, vernici, scorie di saldatura e residui di lavorazioni precedenti, di regola si dovrà sottoporre il pezzo da zincare a trattamenti chimici di sgrassaggio e decapaggio.

In casi particolari, in cui i pezzi si presentino particolarmente contaminati o sporchi, si potrà ricorrere alla pulizia meccanica, attraverso molatura, spazzolatura o sabbiatura.

Relativamente alle lavorazioni di taglio e arrotondamento degli spigoli, valgono le prescrizioni precedenti.

### **1.7.9.3 Verniciatura**

#### **1.7.9.3.1 Prescrizioni e controlli in fase di applicazione**

#### **1.7.9.3.2 Prescrizioni generali**

Si definisce ciclo di verniciatura un sistema composto da uno o più prodotti vernicianti applicati in progressione secondo specifiche condizioni. Il ciclo di verniciatura da applicare sulle opere oggetto del presente capitolato dovrà essere scelto dall'ESECUTORE tra quelli omologati da ACEA L'elenco di suddetti cicli potrà essere richiesto alla Struttura che ha emanato il presente Capitolato.

Il ciclo dovrà essere scelto in funzione dell'ambiente atmosferico cui l'opera è destinata, sulla base delle indicazioni fornite al riguardo dal progettista dell'opera, salvo diverse indicazioni di ACEA. Nella seguente tabella sono indicate le classi di corrosività relative ai vari ambienti atmosferici con il corrispondente spessore minimo del film protettivo.

Descrizione dell'ambiente	Classe di corrosività	Spessore nominale del film secco
Ambienti con basso livello di inquinamento (ad esempio, le aree rurali). Ambienti urbani e industriali, con modesto inquinamento da anidride solforosa. Zone costiere con bassa salinità.	C3	200 $\mu\text{m}$ ( $\mu\text{m}$ con primer zincante)
Aree industriali e zone costiere con moderata salinità.	C4	280 $\mu\text{m}$ (240 $\mu\text{m}$ con primer zincante)
Aree industriali con alta umidità e atmosfera aggressiva (distanza da aree	C5-I	320 $\mu\text{m}$
Zone costiere con alta salinità (distanza dalla costa inferiore a 500 m)	C5-M	320 $\mu\text{m}$

*Classi di corrosività e requisiti minimi per cicli di verniciatura su substrato in acciaio*

Relativamente ai cicli di verniciatura su substrato in acciaio zincato a caldo, di seguito si riportano i requisiti minimi di spessore in funzione delle classi di corrosività:

Classe di corrosività	C3	C4	C5-M e C5- I
Spessore nominale del film secco	µm	µm	µm

*Classi di corrosività e requisiti minimi per cicli di verniciatura su substrato in acciaio zincato a caldo*

Per quanto non specificato nella presente norma per i cicli di verniciatura su substrato in acciaio zincato a caldo, si rimanda al prospetto A.9 della norma UNI EN ISO 12944-

I cicli di verniciatura su substrato in acciaio dovranno avere una durabilità, intesa come durata dell'efficacia di una verniciatura protettiva fino al primo intervento importante di manutenzione, "alta" (durata superiore a     anni) ai sensi di quanto indicato nella norma UNI EN ISO 12944-1. I cicli di verniciatura per la protezione di strutture zincate a caldo e quelli per apparecchi d'appoggio dovranno invece avere almeno una durabilità "media" (durata compresa tra     e     anni

Per tutti i cicli di verniciatura è previsto un limite superiore del numero di mani, pari a 3.

In tutti i lavori di manutenzione di opere esistenti, l'ESECUTORE dovrà utilizzare esclusivamente un ciclo di verniciatura di tipo manutentivo, tra quelli omologati da ACEA.

I prodotti vernicianti dovranno provenire da PRODUTTORE in possesso delle certificazioni UNI-EN ISO 9001 e UNI EN ISO 14001.

Le prove e i controlli dovranno essere svolte alla presenza di un ispettore di ACEA, presso laboratori accreditati in conformità alla norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025 (per le singole tipologie di prove da effettuare) da Organismi autorizzati dallo Stato a svolgere attività di accreditamento. L'interpretazione degli esiti delle prove dovrà essere effettuata da un ispettore qualificato NACE o FROSIO, interno al laboratorio o incaricato a spese del laboratorio stesso.

#### **1.7.9.3.3 Condizioni di fornitura**

I prodotti vernicianti dovranno essere forniti in condizioni tali da essere pronti per l'impiego seguendo le modalità di applicazione specificate nelle relative schede tecniche.

Per ciascuna fornitura l'ESECUTORE dovrà consegnare a ACEA, unitamente alla bolla di consegna, la dichiarazione del PRODUTTORE attestante la conformità della pittura a quella corrispondente omologata.

#### **1.7.9.3.4 Modalità di stoccaggio**

Se non diversamente specificato nelle istruzioni del PRODUTTORE o nelle specifiche dei lavori, i prodotti vernicianti dovranno essere immagazzinati, in ambienti chiusi o quantomeno coperti, a temperature comprese tra °C e °C Particolare attenzione dovrà essere rivolta ai prodotti a base d'acqua che il gelo può rendere inutilizzabili.

I prodotti vernicianti stoccati in luoghi freddi dovranno essere posti, 24 ore prima del loro utilizzo, in un locale con temperatura di almeno 15°C, onde evitare che vengano utilizzati con viscosità inadeguata e con tempi di reticolazione eccessivamente lunghi.

I prodotti dovranno essere conservati nei contenitori originali sigillati fino al momento dell'impiego ed essere accessibili ai rappresentanti di ACEA per gli opportuni controlli.

#### **1.7.9.3.5 Preparazione delle superfici**

Il profilo superficiale dei substrati influenza l'adesione del rivestimento, pertanto sarà necessario preparare adeguatamente le superfici da verniciare, garantendo

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

una rugosità superficiale riconducibile ad un profilo "medio G" per le strutture nuove oppure "medio S" per le esistenti, come definiti nella norma UNI EN ISO

Prima di procedere alla preparazione delle superfici, si dovrà eliminare: olio, grasso, sali, impurezze e altri contaminanti con metodi appropriati (vedi appendici A e C all'UNI EN ISO -

Di seguito si riportano le diverse preparazioni superficiali per ciascuna tipologia e condizione del substrato.

**Strutture metalliche nuove**

La preparazione superficiale consiste nella rimozione della ruggine e della calamina mediante sabbiatura con abrasivo sintetico o metallico di adeguata granulometria, privo di silice libera, sino al raggiungimento del grado Sa 2½ (metallo quasi bianco) ai sensi della norma UNI EN ISO 8501. Dovranno essere eliminati, preliminarmente con molatura, tutte le eventuali incisioni presenti sia sulle superfici degli elementi che sui bordi, provocate dall'ossitaglio

**Strutture metalliche nuove zincate a caldo**

La preparazione superficiale consiste nello sgrassaggio con idonei detergenti biodegradabili e nella spazzolatura, smerigliatura e carteggiatura mediante utensili manuali o meccanici.

Ove possibile, a giudizio di ACEA, la preparazione delle superfici zincate potrà essere effettuata mediante sabbiatura di spazzolatura (Norma 12944-4) usando un abrasivo non metallico.

**Strutture metalliche esistenti**

La preparazione superficiale consiste nella spazzolatura, smerigliatura e carteggiatura mediante utensili manuali o meccanici, per la rimozione di ruggine, calamina, vecchie pitture non aderenti e vescicature sino al raggiungimento del grado St 3 ai sensi della norma UNI EN ISO 8501.

La preparazione delle superfici potrà anche essere effettuata mediante sabbiatura sino al raggiungimento del grado Sa 2 ai sensi della norma UNI EN ISO 8501, salvo diverse indicazioni del PRODUTTORE o da ACEA.

Strutture metalliche esistenti zincate a caldo

La preparazione superficiale di superfici zincate a caldo, di norma sarà effettuata attraverso idrolavaggio a bassa pressione (<350 bar) per non intaccare lo spessore della zincatura.

**1.7.9.3.6 Controlli**

Non potrà procedersi alle operazioni di verniciatura in assenza della verifica di conformità dei prodotti vernicianti con quelli omologati. A tale scopo, l'ESECUTORE ha l'obbligo di approvvigionare tempestivamente tutti i prodotti per la verniciatura, in modo da consentire a ACEA il prelievo di due campioni di ciascun prodotto (ai sensi della norma UNI EN ISO 1512) per la suddetta verifica di conformità. Tali prove dovranno effettuarsi presso un laboratorio, da individuare in base alle indicazioni fornite, a cura e spese dello stesso ESECUTORE.

ACEA apporrà su ogni barattolo, contenente la pittura o il relativo catalizzatore, il nome, il codice e il lotto di fornitura del prodotto. Tali informazioni dovranno essere riportate anche sulla lettera di accompagnamento, redatta dall'ESECUTORE, per l'invio dei campioni.

Sul campione prelevato si dovrà effettuare:

- analisi qualitativa attraverso spettrofotometria infrarossa, con la quale avere informazioni qualitative sui gruppi funzionali presenti nelle molecole che formano il campione e quindi, indirettamente, sulle molecole stesse. L'analisi dovrà essere effettuata di regola sul prodotto base e sul catalizzatore. ACEA si riserva la possibilità di effettuarla anche sul prodotto catalizzato.
- Analisi quantitativa al fine di determinare la composizione del prodotto.

Lo spettro infrarosso ottenuto dal campione prelevato dovrà essere corrispondente in termini di posizione, intensità e forma della banda di assorbimento a quello depositato presso ACEA in fase di omologazione. Relativamente alle determinazioni quantitative, non saranno ammessi scostamenti maggiori del 5% tra i dati ottenuti dal campione prelevato e quelli depositati presso ACEA in fase di omologazione.

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

La composizione del prodotto verniciante, salvo ulteriori più severe prescrizioni, dovrà comunque essere esente da ammine aromatiche, da metalli pesanti (sono ammesse lievi impurezze non superiori allo 0.05%) e da cianuri. In particolare, dovranno risultare assenti: ossidi e sali di piombo e di cromo, solventi clorurati e benzene (legge n° 245 del 5.3.63). Per i carbonati è ammessa la presenza di tracce come impurezza (< 3% sulla pittura).

Si fa presente che al fine di produrre risultati analitici accettabili le campionature di vernici dovranno essere analizzate entro un tempo massimo di mesi dall'invio al laboratorio e comunque entro la data di scadenza apposta sul barattolo.

Oltre ai controlli preventivi sui materiali descritti in precedenza, ACEA potrà effettuare a proprio insindacabile giudizio i seguenti controlli su ogni fase dei lavori di verniciatura, in particolare:

**Prima dell'applicazione**

- accertamento, mediante una lunga spatola, che il prodotto verniciante nel contenitore si presenti privo di alterazioni irreversibili quali gelatinizzazione della massa, sedimento duro indisperdibile, geletti di resina o grumetti di pigmento non disperdibili, pelle superficiale;
- accertamento visivo della corretta preparazione della superficie da trattare;
- verifica della rispondenza dei mezzi e delle apparecchiature alle prescrizioni delle schede tecniche; Sul film essiccato
- accertamento visivo dell'assenza di colature, festonature, bolle, raggrinzimenti, macchie, disuniformità di tinta o di brillantezza;
- controllo dello spessore delle singole mani e totale, secondo UNI EN ISO 2808. Il valore "medio" dello spessore rilevato non deve essere inferiore a quello nominale di omologazione e ciascun "singolo" valore rilevato non deve essere inferiore all' % del valore nominale di omologazione;
- controllo dell'aderenza effettuato mediante pull-off secondo UNI EN 4624. Come requisito, non è ammessa nessuna rottura a meno che i valori di trazione siano 4 MPa o maggiori.

Il numero dei controlli sarà effettuato a discrezione di ACEA in relazione all'entità del lavoro ed all'esito dei primi accertamenti.

#### **1.7.9.3.7 Applicazione dei prodotti**

I prodotti vernicianti dovranno essere impiegati solamente previa autorizzazione di ACEA a seguito dell'esito positivo delle prove.

Al momento dell'apertura del contenitore, il prodotto verniciante dovrà presentarsi senza difetti, degradamenti di sorta, quali sedimentazione irreversibile del pigmento, formazione di pelli, impolmonimento, gelatinizzazione, addensamento, presenza di mucillagine etc. E' comunque sempre indispensabile omogeneizzare la massa, preferibilmente con agitatori meccanici, e poi procedere alla filtrazione con apposite reti per allontanare qualsiasi eventuale grumo. Nel caso di pitture a due componenti si dovranno omogeneizzare separatamente base ed induritore e mescolarli successivamente fra loro, tassativamente nelle proporzioni indicate dal fornitore.

La diluizione è consentita solo se prescritta dal colorificio: in tal caso dovrà essere effettuata esclusivamente con i diluenti prescritti, nella percentuale e con le modalità indicate dallo stesso e comunque sempre in modo tale da ottenere, per ogni singola mano, gli spessori richiesti a film secco.

Per assicurare la protezione richiesta alla verniciatura, le condizioni ambientali del sito dovranno essere controllate per verificare la loro conformità ai requisiti forniti dalla scheda tecnica del PRODUTTORE per quel particolare prodotto verniciante.

Durante i lavori di verniciatura si dovrà prestare attenzione che non vi siano influenze esterne che possano provocare una riduzione della qualità del film protettivo. I lavori di verniciatura dovranno essere effettuati in una zona separata da quella adibita a lavori di altro tipo (sabbatura, saldatura, etc...). Se durante l'applicazione sopravvengono condizioni atmosferiche avverse, occorre sospendere i lavori e proteggere quanto meglio è possibile le zone verniciate di fresco.

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

Le temperature minime e massime ammissibili della superficie da verniciare e dell'aria circostante dovranno essere conformi a quelle specificate nella scheda tecnica del PRODUTTORE.

Fatto salvo quanto detto, in ogni caso non potranno effettuarsi i lavori in condizioni diverse da quelle sotto elencate:

- temperatura dell'aria e delle superfici da verniciare comprese tra +5° C e +35° C;
- umidità relativa non superiore all' %;
- assenza di vento con particelle o polveri in sospensione, di fumi o di vapori aggressivi. Inoltre:
  - le superfici devono essere completamente asciutte,
  - la verniciatura deve essere programmata in modo che polvere, intemperie, condensa ed altri contaminanti non cadano sulle superfici appena verniciate.

L'applicazione delle pitture dovrà essere eseguita da personale specializzato con mezzi adeguati alla tipologia di lavoro da eseguire e secondo le prescrizioni del PRODUTTORE e nel rispetto delle condizioni climatiche e di sicurezza fornite nelle schede tecniche e definite da ACEA; la prima mano dovrà essere applicata non oltre 12 ore dall'ultimazione dell'operazione di preparazione e/o pulitura per evitare fenomeni di flash rust.

Ciascuna mano dovrà essere applicata con lo spessore per essa indicato nel ciclo omologato e pertanto l'operatore dovrà disporre di spessimetri ad umido per verificare la corretta applicazione.

L'applicazione non dovrà dar luogo a colature e sgocciolamenti, che dovranno eventualmente essere tempestivamente eliminati a film ancora bagnato.

Ciascuna mano dovrà essere essiccata prima di applicare la mano successiva; i tempi di sovrapposizione sono quelli riportati nelle schede tecniche relative.

Dopo l'applicazione dell'ultimo strato di finitura il supporto deve presentarsi completamente ricoperto, di tonalità omogenea e di aspetto uniforme.

Per i cicli su strutture nuove la prima mano di fondo sarà applicata in officina e le successive mani, a completamento del ciclo, in cantiere una volta completato il montaggio.

Dopo l'applicazione della mano di fondo, sarà possibile immagazzinare in officina le nuove strutture per un periodo massimo di sei mesi, dopo il quale, qualora non sia ancora possibile procedere con il montaggio in opera e con l'applicazione delle mani residue, si dovrà procedere ad una nuova applicazione della mano di fondo, previa preparazione superficiale.

#### **1.7.9.3.8 Colore**

Il colore di ciascuna mano del ciclo di verniciatura deve essere tale da distinguersi dal precedente e dovrà corrispondere a quello indicato da ACEA.

#### **1.7.9.3.9 Protezione per la spedizione**

La movimentazione, l'accatastamento e la spedizione degli elementi pitturati dovranno essere effettuate con tutte le precauzioni necessarie a non arrecare danni ad essi ed alla loro protezione.

Le corde per imballaggio non dovranno essere in contatto con il materiale; ove possibile tra i due dovrà essere interposto uno spessore di legno o altri elementi che impediscano danni allo strato di protezione.

Se durante il carico per la spedizione, lo stato protettivo in alcune parti si deteriorasse queste dovranno essere nuovamente protette.

#### **1.7.9.3.10 Ritocchi**

Durante il montaggio dovranno essere tempestivamente eseguiti i ritocchi necessari per ripristinare tutte le parti verniciate, danneggiate da saldature, escoriazioni o altro.

Di norma i ritocchi saranno eseguiti preparando la superficie mediante spazzolatura fino al grado ST 3 secondo la norma UNI EN ISO 8501. I prodotti da impiegare per i ritocchi saranno gli stessi del ciclo applicato sia nel numero

delle mani che negli spessori; eventuali modalità diverse dovranno essere sottoposte al preventivo benestare di ACEA.

L'esecuzione dei ritocchi, sia in fase di preparazione della superficie che in fase di pitturazione, non dovrà causare alcun danno alle superfici limitrofe; i ritocchi vanno estesi in modo tale da eliminare qualsiasi traccia di corrosione sotto pellicolare.

### **1.7.9.3.11 Garanzia**

L'ESECUTORE, per la durata indicata nel contratto e comunque per un periodo non inferiore a cinque anni, è tenuto a garantire che sia i materiali sia l'applicazione siano esenti da vizi, difetti o difformità. Per tutelare tale garanzia, ACEA potrà chiedere all'appaltatore una polizza assicurativa indennitaria a copertura della garanzia richiesta.

La durata della garanzia, in accordo con le Condizioni Generali di Contratto, decorre dall'emissione del certificato di regolare esecuzione.

Durante detto periodo di garanzia l'ESECUTORE sarà tenuto a riparare o a rifare, a propria cura e spese, quelle parti che risultassero non eseguite a perfetta regola d'arte o difettose per inadeguatezza di preparazione delle superfici, di applicazione delle pitture o insufficiente resistenza di queste agli agenti atmosferici, mostrando difetti quali distacchi, screpolature, scagliature, colature, insaccature o affioramenti di ruggine.

Al fine di ripristinare il buon aspetto estetico dell'opera, se i lavori di ritocco eseguito nel periodo di garanzia superano il 20% della superficie totale, l'ESECUTORE sarà tenuto ad eseguire, a propria cura e spese, una totale successiva mano di verniciatura.

<i>Classe di corrosività come definita nella ISO 12944-</i>	<i>Prova di invecchiamento artificiale in nebbia salina</i>
C3	480 h
C4	720 h
C5-I	1440 h
C5-M	1440 h

*Prospetto della durata della prova di invecchiamento artificiale*

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

Non è ammessa propagazione della corrosione oltre i    mm dall'intaglio e il grado di blistering sarà ritenuto accettabile solo se uguale o superiore a " medium" ai sensi della norma ASTM D714. Dopo il processo di invecchiamento artificiale, è prevista la valutazione dello stato della superficie del provino ai sensi della norma UNI EN ISO e il requisito da soddisfare dovrà essere l'assenza di fenomeni di vescicamento, arrugginimento, screpolatura e sfogliamento.

Dopo un ricondizionamento di 24 h (in atmosfera normale a circa 23 °C e 50 % di umidità relativa), dovrà essere effettuata una prova di aderenza ai sensi della norma UNI EN ISO 2409 (metodo della quadrettatura) e il requisito da soddisfare è il raggiungimento del grado di classificazione sul primer e sull'intero ciclo, ai sensi della citata norma. Come in precedenza, se lo spessore della pellicola secca della verniciatura è maggiore di 200 µm, dovrà essere effettuata la prova di aderenza per trazione ai sensi della norma UNI EN ISO 4624 (Pull-off) invece della prova prevista nella norma UNI EN ISO 2409. Come requisito, non è ammessa nessuna rottura, a meno che i valori di trazione siano 4 MPa o maggiori.

## **2 PARATIE**

### **2.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE**

La presente sezione è parte integrante del Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili.

#### **2.1.1 CAMPO DI APPLICAZIONE**

La presente sezione del capitolato si applica alle seguenti tipologie di paratie:

- Pali accostati/secanti
- Diaframmi in c.a.
- Palancole metalliche ed in c.a. prefabbricate.

L'utilizzo di palancole in acciaio è limitato alle sole opere provvisoriale; per opere permanenti si farà ricorso a diaframmi in c.a. o paratie di pali, sempre in c.a.

Si precisa che per le possibili modalità di gestione dei materiali di risulta relativi alla realizzazione delle opere di cui alla presente sezione in qualità di sottoprodotti e/o in qualità di rifiuti, si rimanda ai documenti specialistici di riferimento (progetto e documenti contrattuali) nonché a quanto disciplinato dalla normativa ambientale vigente.

#### **2.1.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO**

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo.

Si elencano di seguito la principale normativa e documentazione di riferimento. Costituiscono oggetto di riferimento normativo, da intendersi non esaustivo. In ogni caso viene considerata valida l'edizione della norma vigente al momento del ritiro dei documenti di gara, nonché l'eventuale aggiornamento intercorso a valle di questo

purché concordato tra le parti; in caso di discordanza tra diverse normative, vale l'interpretazione più favorevole per ACEA.

### **2.1.2.1 NORMATIVA NAZIONALE**

- D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni"
- Circolare 17 gennaio 2019 n° 7/ C.S.LL.PP. "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018"
- D.Lgs.03 aprile 2006 n° 152"Norme in materia ambientale"
- UNI EN 1536:2010 "Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Pali trivellati"
- UNI EN 1537:2013 "Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Tiranti di ancoraggio"
- UNI EN 1538:2010 "Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Diaframmi"
- UNI EN 10248-1:1997 "Palancole laminate a caldo di acciai non legati – Condizioni tecniche di fornitura"
- UNI EN 10248-2:1997 "Palancole laminate a caldo di acciai non legati – Tolleranze dimensionali e di forma"
- UNI EN 10249-1:1997 "Palancole profilate a freddo di acciai non legati – Condizioni tecniche di fornitura"
- UNI EN 10249-2:1997 "Palancole profilate a freddo di acciai non legati – Tolleranze dimensionali e di forma"
- UNI EN 12063:2002 "Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Palancole"

## **2.2 DEFINIZIONI**

**Contratto:** contratto di appalto o di concessione avente per oggetto l'acquisizione di servizi, o di forniture, ovvero l'esecuzione di opere o lavori, posti in essere dalla stazione appaltante;

**Direzione lavori:** ufficio preposto alla direzione ed al controllo tecnico, contabile e amministrativo dell'esecuzione dell'intervento nel rispetto degli impegni contrattuali;

**Direttore dei lavori:** soggetto che ha la responsabilità del coordinamento e della supervisione dell'attività di tutto l'ufficio di direzione dei lavori, ed interloquisce in via esclusiva con l'esecutore in merito agli aspetti tecnici ed economici del contratto. Cura che i lavori siano eseguiti a regola d'arte ed in conformità al progetto e al contratto.

**ESECUTORE:** Soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor, Contraente Generale)

**Prova:** forma di verifica che si effettua in ragione del contratto, delle disposizioni normative, delle disposizioni di ACEA.

**Pali accostati/secanti:** elementi di paratia (o di fondazione) realizzati dalla superficie secondo le specifiche di costruzione dei pali di cui alla Sezione "Pali e micropali" del presente Capitolato. Possono essere affiancati o secanti secondo gli interessi di progetto (in una o più file).

**Diaframmi:** elementi di paratia o di fondazione, realizzati dalla superficie sostituendo il terreno con un conglomerato cementizio armato. Lo scavo ed il getto sono di solito eseguiti per elementi singoli (pannelli).

**Palancolato:** elemento di una paratia realizzato mediante l'infissione nel terreno di profilati metallici i cui bordi longitudinali sono sagomati in modo da realizzare un'opportuna guida all'infissione e una tenuta dell'elemento adiacente, oppure da elementi in c.a. rinforzati in punta mediante taglienti in acciaio di adeguati spessori e forme, in relazione al tipo di terreno attraversato.

## **2.3 ABBREVIAZIONI**

**PVC:** Cloruro Polivinile

**SLE:** Stati Limite di Esercizio

## **2.4 ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI**

L'ESECUTORE, fermo restando quanto previsto dalle "Disposizioni generali" del presente Capitolato, che devono intendersi totalmente richiamate, se non diversamente prescritto, dovrà:

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

- verificare che le prescrizioni indicate per i Pali e micropali del presente Capitolato siano tutte soddisfatte, intendendo riferito ad ogni singolo pannello quanto previsto per il palo/micropalo;
- presentare alla DIREZIONE LAVORI una relazione con il progetto del campo prova (ove questo sia previsto dal progetto) di cui ai successivi punti, in cui siano indicati la stratigrafia dell'area, le attrezzature utilizzate e la planimetria con ubicati gli elementi di paratia (nel caso non sia previsto il campo prova tali informazioni devono confluire nella relazione di cui al punto successivo);
- presentare alla DIREZIONE LAVORI insieme alla relazione tecnica finale del campo prova una relazione tecnico – operativa, che dovrà pertanto contenere:
  - una planimetria riportante la posizione di tutti gli elementi di paratia, (con indicazione di quelli da attrezzare con una specifica strumentazione di prova), contrassegnati da un numero progressivo indicativo di ciascun elemento; le date ed il programma delle prove dovranno essere altresì comunicati a ACEA con almeno 7 giorni di anticipo sulle date di inizio;
  - il programma di esecuzione delle opere, nel quale sia indicata la successione cronologica prevista per tutti gli elementi di paratia;
  - tutte le caratteristiche delle attrezzature, gli utensili e le modalità di scavo previste, in modo da assicurare il raggiungimento delle profondità di progetto, l'attraversamento di strati di terreno lapidei o cementati, l'eventuale ammorsamento nel sub-strato roccioso, la rimozione di massi di scogliere, trovanti, materiali metallici o altro che possa ostacolare la costruzione. Inoltre nella relazione andranno descritte le modalità e le attrezzature necessarie all'infissione delle palancole;
- provvedere a tutte le operazioni preliminari, quali la formazione di piazzole di lavoro nonché la costruzione e la successiva demolizione dei cordoli di guida;
- rimuovere tutte le palancole e segnalare preventivamente alla DIREZIONE LAVORI quelle che non potranno a qualsiasi titolo essere recuperate;

- verificare (e documentare) tutte le caratteristiche e funzionalità dei fanghi utilizzati per il sostegno dello scavo;
- ripristinare qualunque perdita di fango stabilizzante e segnalare alla DIREZIONE LAVORI l'eventuale maggior impiego di calcestruzzo conseguente alla rimozione dei suddetti eventuali ostacoli o al ritrovamento di cavità.

### **2.4.1 CAMPO DI PROVA**

Prima dell'inizio delle lavorazioni dovrà essere eseguito, ove previsto dal progetto, un idoneo campo prova "fuori opera" per verificare la funzionalità delle attrezzature e delle metodologie operative. Dovranno essere realizzati o infissi almeno 3 elementi di paratia.

Nel caso di pannelli o pali, questi dovranno essere tutti attrezzati con tubi idonei per l'esecuzione di prove soniche; nel caso in cui sia previsto il contatto fisico tra tutti i pannelli, le prove dovranno interessare anche il giunto.

Le gabbie di armatura dovranno essere attrezzate con tubi inclinometrici, (4 per i pannelli e 2 per i pali) per la verifica della loro verticalità.

Le scanalature dei tubi inclinometrici dovranno essere parallele agli assi principali del pannello.

La lettura inclinometrica dovrà essere eseguita sulle 4 guide con sonda biassiale e prima di queste dovranno essere eseguite le opportune misure di spirality.

## **2.5 MATERIALI**

### **2.5.1 ARMATURE E CONGLOMERATO CEMENTIZIO**

Per quanto concerne le caratteristiche delle armature e dei conglomerati cementizi, si rimanda alle prescrizioni di cui ai capitoli per le Opere in Conglomerato Cementizio e ai capitoli per Pali e micropali del presente Capitolato.

## 2.5.2 FANGHI STABILIZZANTI

Allo scopo di garantire il sostegno delle pareti dello scavo, durante l'esecuzione dei diaframmi/pali l'ESECUTORE dovrà utilizzare fluidi di supporto rappresentati da sospensione di bentonite che soddisfino i requisiti di accettazione previsti nella norma EN 1538 e EN 1536 e richiamati nella seguente tabella.

In condizioni normali la sospensione dovrà rispettare le seguenti caratteristiche

PROPRIETA'	STADI		
	Fresca	Pronta per il riutilizzo	Prima della posa in opera del calcestruzzo
Densità in g/ml	< 1,10	<1,25	<1,15
Valore Marsh in sec	da 32 a 50	da 32 a 60	da 32 a 50
pH	da 7 a 11	da 5 a 12	n.a.*
Contenuto in sabbia in %	n.a.*	n.a.*	<4
Strato di fango dovuto alla filtrazione (filtercake) in mm	<3	<6	n.a.*

\* n.a.: non applicabile

In condizioni particolari (alta permeabilità, cavità, alti livelli piezometrici, ecc.) i valori della precedente tabella potranno essere modificati.

In questo caso dovrà essere presentata una relazione tecnica alla DIREZIONE LAVORI in cui siano indicate le nuove caratteristiche della sospensione.

Le soluzioni polimeriche, possibilmente con aggiunta di bentonite, potranno essere utilizzate come fluidi di supporto dopo autorizzazione della DIREZIONE LAVORI, comunque solo in presenza di terreni coesivi previa presentazione di uno studio idoneo e l'esecuzione di prove in sito su scala naturale.

## 2.5.3 PALANCOLE METALLICHE

Le palancole devono essere conformi alle seguenti norme:

UNI EN 10248-1, UNI EN 10248-2, UNI EN 10249-1, UNI EN 10249-2.

## 2.5.4 MODALITA' ESECUTIVE

### 2.5.4.1 PARATIE DI PALI

Per le modalità esecutive dei pali si rimanda alla Sezione per i Pali e micropali del presente Capitolato.

## 2.5.5 DIAFRAMMI

### 2.5.5.1 Prescrizioni generali

L'ESECUTORE fermo restando quanto previsto dal paragrafo "Oneri e Prescrizioni generali", se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- nell'esecuzione dei diaframmi siano adottati tutti gli accorgimenti necessari a realizzare l'opera conformemente ai requisiti progettuali, in particolare per quanto riguarda il rispetto della verticalità, la complanarità e l'impermeabilità dei giunti;
- lo scavo sia eseguito con l'ausilio di idonea strumentazione in grado di verificare le eventuali deviazioni rispetto alla verticalità, nonché la rotazione della benna;
- lo scavo di un pannello non sia iniziato prima che il calcestruzzo del pannello o dei pannelli adiacenti abbia raggiunto una resistenza sufficiente ad impedire eventuali danni ai pannelli realizzati;
- qualora in fase di completamento della perforazione fosse accertata l'impossibilità di eseguire rapidamente il getto (sosta notturna, mancato trasporto del calcestruzzo), sarà necessario interrompere la perforazione alcuni metri prima ed ultimarla solo nell'imminenza del getto;
- qualora sia previsto dal progetto il contatto fisico tra i pannelli, la sequenza da realizzare deve essere prevista secondo lo schema: costruzione pannelli primari – successiva costruzione pannelli secondari. Non è pertanto consentita la realizzazione in successione progressiva di pannelli di paratia adiacenti.

La perforazione "a secco", senza impiego di fanghi di stabilizzazione, non è di norma ammessa; in casi particolari potrà essere adottata, previa approvazione di ACEA, solo in terreni fortemente cementati o argillosi caratterizzati da valori della coesione non

drenata  $c_u$  ( $c_u$ ) che alla generica profondità di scavo  $H$  soddisfino la seguente condizione.

$$c_u \geq \gamma H/3$$

Dove:

$\gamma$  = peso dell'unità di volume del terreno; per i terreni fortemente cementati il valore della coesione sarà determinato con prova di compressione semplice.

La perforazione "a fango" in terreni molto aperti, privi di frazioni medio-fini ( $D_{10} > 4$  mm), può richiedere l'esecuzione preliminare di bonifiche o intasamenti.

La tenuta idraulica fra i diversi pannelli, ove richiesto dal progetto, dovrà essere ottenuta mediante idonei giunti da realizzare nelle posizioni di minor sollecitazione.

#### **2.5.5.2 Piani di lavoro**

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto dal progetto, dovrà verificare che:

- le attrezzature di perforazione e di servizio operino da un piano di lavoro preventivamente realizzato, in modo da evitare variazioni di assetto delle attrezzature durante il loro funzionamento;
- la quota dei piani di lavoro sia posta almeno 3,0 m sopra la massima quota dei livelli piezometrici della falda acquifera presente nel terreno. Qualora per il livello di falda non si possa rispettare tale franco, dovranno essere utilizzati fluidi di supporto che garantiscano lo stesso grado di sicurezza. In questo caso dovrà essere presentata alla DIREZIONE LAVORI una relazione tecnica specifica comprensiva di tutti i dettagli di cui ai punti precedenti.

#### **2.5.5.3 Cordoli guida**

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto dal progetto, dovrà verificare che:

- gli assi longitudinali dei diaframmi siano materializzati mediante coppie di cordoli-guida (corree), paralleli e contrapposti;
- la distanza netta tra i muri guida sia dai 20 mm ai 50 mm più grande dello spessore di progetto del diaframma (UNI EN 1538);

- la parte superiore dei cordoli guida sia orizzontale ed abbia la stessa elevazione su entrambi i lati della trincea;
- i cordoli siano realizzati in conglomerato cementizio armato e siano adeguatamente marcati con chiodi e strisce di vernice in corrispondenza degli estremi di ciascun pannello di diaframma da eseguire;
- lo spessore dei cordoli sia minimo di 0.35 m, con una profondità compresa tra 0.7 m e 1.5 m a seconda delle condizioni del terreno; l'armatura sia continua (UNI EN 1538);
- nella realizzazione dei cordoli si abbia cura di posizionare con precisione le cassature, in modo da ottenere che la linea mediana delle corree non si discosti dalla posizione planimetrica del diaframma in misura superiore alla tolleranza ammessa.

#### **2.5.5.4     Perforazione**

Prima dell'inizio dei lavori l'ESECUTORE deve trasmettere alla DIREZIONE LAVORI una planimetria con indicati i pannelli numerati, e la sequenza di esecuzione degli stessi.

Per la perforazione l'ESECUTORE utilizzerà la tecnologia di scavo prevista dal progetto:

- scavo con benna mordente;
- scavo con idrofresa.

##### Scavo con benna mordente

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto dal progetto, dovrà:

- eseguire lo scavo con benna mordente in presenza di fango stabilizzante;
- far posizionare topograficamente un picchetto ben visibile e solidale con il cordolo indicante il centro pannello;
- installare nella parte superiore del corpo benna una dima o carter (con lunghezza > di 1 m) avente le stesse dimensioni della massima apertura della benna;

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

- utilizzare idonea strumentazione per la verifica della profondità di scavo, delle deviazioni e delle rotazioni, e registrare la deviazione finale cumulata. A fine scavo questi parametri registrati dovranno essere consegnati alla DIREZIONE LAVORI;
- nel caso di uso di benne mordenti con aste di guida tipo Kelly verificare, ad inizio perforazione, la loro verticalità;
- nel caso di superamento della deviazione ammessa, che sarà progressiva in funzione della profondità secondo il criterio esposto nel capitolo Tolleranze di costruzione, intraprendere tutte le azioni necessarie per il recupero della verticalità. Nello scavo dei pannelli adiacenti (pannelli secondari) si dovrà avere cura di pulire, mediante opportuni raschiatori, le superfici laterali dei pannelli primari. I raschiatori dovranno essere utilizzati a fine perforazione, fissandoli rigidamente sull'utensile di scavo;
- durante la perforazione, far mantenere il livello del fango costantemente al di sopra della base del cordolo guida. Nel caso di improvviso franamento, con o senza perdita di fango stabilizzante, lo scavo dovrà essere immediatamente riempito con un volume supplementare di fluido di supporto, possibilmente contenente materiali sigillanti, o con calcestruzzo magro che sarà scavato successivamente;
- durante l'esecuzione dello scavo prendere tutti gli accorgimenti ragionevoli al fine di prevenire la fuoriuscita del fango stabilizzante al di là delle immediate vicinanze della zona di scavo;
- al termine della perforazione procedere all'accurata rimozione dei detriti rimasti sul fondo nonché alla sostituzione parziale o totale del fango per ricondurlo alle caratteristiche prescritte per l'esecuzione del getto. Al termine della perforazione dovrà essere verificato il contenuto in sabbia del fluido di supporto; il valore dovrà essere registrato così come il tempo necessario a ricondurlo ai limiti previsti nella tabella per i fanghi stabilizzanti.

**Scavo con idrofresa**

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto dal progetto, dovrà verificare che:

- nelle prime fasi di scavo sia previsto l'utilizzo della benna mordente, almeno fino al raggiungimento della profondità necessaria per il funzionamento della pompa di circolazione del fango incorporata nell'idrofresa. La seconda attrezzatura (idrofresa) sia impiegata in successione, per profondità di scavo superiori, fino al raggiungimento della quota di progetto;
- sia registrata la deviazione rispetto alla verticalità;
- periodicamente siano verificate e registrate le caratteristiche della sospensione;
- sia registrata la velocità di avanzamento e il valore della coppia delle frese.

#### **2.5.5.5 Dispositivi per la formazione dei giunti**

L'ESECUTORE, nel caso il progetto preveda la formazione dei giunti tramite tubi-spalla o palancole, dovrà verificare che:

- si abbia cura di pulire adeguatamente i tubi-spalla o palancole prima del loro impiego;
- i tubi-spalla siano messi in opera, controllandone la verticalità con sistemi ottici, non appena completata la perforazione, e per tutta la profondità del pannello;
- ad avvenuta presa del getto si provveda alla loro rimozione, utilizzando un opportuno estrattore a morsa idraulica; se necessario, la superficie del tubo-spalla potrà essere preventivamente trattata con vernici disarmanti.

Nel caso di utilizzo di tubi in PVC posti in opera solidarizzandoli con l'armatura, questi dovranno essere rotti con apposito strumento.

Nello scavo dei pannelli adiacenti (pannelli secondari) si abbia cura di pulire con estrema cura l'impronta lasciata dal tubo-spalla, mediante opportuni raschiatori, la cui forma è ricalcata su quella del tubo spalla utilizzato. I raschiatori dovranno essere utilizzati a fine perforazione, fissandoli rigidamente sull'utensile di scavo.

Qualora sia utilizzata l'idrofresa, l'ESCUTORE potrà realizzare i giunti senza impiego dei tubi-spalla, provvedendo ad alesare i pannelli primari già gettati.

#### **2.5.5.6 Armature**

L'ESECUTORE, oltre a quanto richiesto, se non diversamente previsto dal progetto, dovrà verificare che:

- sulle gabbie di armatura siano posizionati opportuni distanziatori non metallici a sezione cilindrica atti a garantire la centratura dell'armatura ed un copriferro netto minimo finale di 6 cm;
- i distanziatori in plastica, al fine di garantire la solidarietà col calcestruzzo, abbiano la superficie forata per almeno il 25%. I distanziatori saranno posizionati sul perimetro del pannello a distanza di circa 3 metri. Ulteriori distanziatori saranno posizionati sulla faccia del pannello in modo tale che la spaziatura degli stessi, sia in orizzontale che in verticale, sia non superiore a 3 metri;
- qualora sia prevista la tirantatura del pannello, siano posizionati nell'armatura dei tubi guida, aventi diametro maggiore della perforazione necessaria per la posa in opera del tirante, passanti in tutto lo spessore del pannello medesimo. Le relative cassette, nelle quali posizionare le piastre di ripartizione del tirante, dovranno essere predisposte con l'inclinazione prevista dal progetto;
- l'armatura sia nella posizione progettuale prevista, misurando le coordinate planimetriche di almeno due spigoli contrapposti (certificazione topografica);
- per la verifica della verticalità dell'armatura siano eseguite prove sui tubi inclinometrici installati. Prima dell'esecuzione della lettura inclinometrica dovrà essere eseguita la misura di spiratura. La lettura sarà effettuata con sonda biassiale con letture coniugate sulle 4 guide.

#### **2.5.5.7 Getto del calcestruzzo**

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto dal progetto, dovrà verificare che:

- prima del getto i valori del contenuto in sabbia rientrino nel limite previsto nella tabella dei fanghi stabilizzanti;

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

- il getto del calcestruzzo avvenga impiegando il tubo di convogliamento. Esso dovrà essere costituito da sezioni avente diametro interno  $20 \div 26$  cm. L'interno del tubo dovrà essere pulito, privo di irregolarità e strozzature;
- le giunzioni tra sezione e sezione del tubo getto siano del tipo filettato, senza manicotto (filettatura in spessore) o con manicotti esterni che comportino un aumento di diametro non superiore a 2,0 cm; sono escluse le giunzioni a flangia;
- il tubo sia provvisto, all'estremità superiore, di una tramoggia di carico avente una capacità di almeno 0,5- 0,6 mc e sia mantenuto sospeso da un mezzo di sollevamento;
- prima di installare il tubo getto sia eseguita un'ulteriore misura del fondo foro; qualora lo spessore del deposito superi i 20 cm si provveda all'estrazione della gabbia d'armatura e alle operazioni di pulizia;
- il tubo di convogliamento sia posto in opera arrestando il suo piede a  $30 \div 60$  cm dal fondo della perforazione; prima di iniziare il getto, è opportuno disporre entro il tubo, in prossimità del suo raccordo con la tramoggia, un tappo (ad es. in polistirolo, o costituito da un involucro di carta, riempito con materiale arido), in modo da provocare la caduta istantanea del primo calcestruzzo gettato, ed evitare azioni di contaminazione o dilavamento del calcestruzzo stesso;
- durante il getto il tubo convogliatore sia opportunamente manovrato per un'ampiezza di  $20 \div 30$  cm, in modo da favorire l'uscita e la risalita del calcestruzzo;
- previa verifica del livello raggiunto, utilizzando uno scandaglio metallico a fondo piatto, il tubo di convogliamento sia accorciato per tratti successivi nel corso del getto, sempre conservando un'immersione minima nel calcestruzzo di 2,5 m e massima di 6 m;
- la misura del livello raggiunto sia registrata e riportata su una scheda che sarà consegnata alla DIREZIONE LAVORI;

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

- all'inizio del getto si disponga di un volume di calcestruzzo pari a quello del tubo di getto e di almeno 4 m di pannello. È prescritta una cadenza di getto non inferiore a 25 mc/ora;
- il getto di un pannello sia completato in un tempo tale che il calcestruzzo rimanga sempre lavorabile nella zona di rifluimento;
- in presenza di pannelli di lunghezza superiore a 4 m, o forma tale da richiedere l'impiego di due o più tubi getto al fine di limitare la distanza orizzontale che il calcestruzzo deve percorrere, questi siano alimentati in modo sincrono per assicurare la risalita uniforme del calcestruzzo;
- per nessuna ragione il getto sia sospeso prima del totale riempimento del pannello. A pannello riempito il getto sia proseguito fino alla completa espulsione del calcestruzzo contaminato dal fango stabilizzante. Qualora la misura della risalita del calcestruzzo evidenzii valori anomali, ne dovrà essere data evidenza nella scheda da consegnare alla DIREZIONE LAVORI e dovranno essere evidenziate le azioni da intraprendere:
  - nel caso di risalite maggiori dovranno essere sviluppate prove per verificare che il copriferro sia quello previsto e non ci siano stati franamenti del terreno che possano aver interrotto la continuità del calcestruzzo.
  - Nel caso di assorbimenti maggiori del 10 % del calcestruzzo previsto dovrà essere verificato, analizzando le schede di perforazione, che non ci siano stati franamenti durante lo scavo del pannello. Qualora il maggior volume sia indice di cavità che possono rappresentare un pericolo per la sicurezza delle lavorazioni, queste dovranno essere sospese e dovrà essere eseguita un'indagine di dettaglio (carotaggi, tomografie sismiche ad alta risoluzione con onde di compressione e di taglio, ecc.) per la comprensione del fenomeno avvenuto e per il progetto degli interventi di messa in sicurezza.

#### **2.5.5.8 PALANCOLATI**

#### **2.5.5.9 Prescrizioni generali**

L'ESECUTORE fermo restando quanto previsto dal paragrafo "Oneri e Prescrizioni generali, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- nella realizzazione dei palancolati provvisori e definitivi vengano adottati tutti i provvedimenti necessari perché l'opera abbia, senza eccezioni, i requisiti progettuali, in particolare per quanto riguarda la verticalità, la complanarità ed il mutuo incastro degli elementi costitutivi, la capacità di resistere ai carichi di progetto;
- l'attrezzatura d'infissione e di estrazione abbia caratteristiche conformi allo scopo di assicurare il raggiungimento della profondità d'infissione richiesta nel contesto stratigrafico locale e la possibilità di estrazione degli elementi non definitivi;
- lo stoccaggio e la movimentazione delle palancole in cantiere siano conformi a quanto indicato nella norma UNI EN 12063.

#### **2.5.5.10 Infissione**

L'ESECUTORE, prima dell'inizio della infissione, dovrà comunicare alla DIREZIONE LAVORI il programma cronologico di infissione per tutte le palancole.

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- l'infissione per battitura avvenga con l'uso di un battipalo perfettamente efficiente e prosegua 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'ESECUTORE potrà, previa approvazione della DIREZIONE LAVORI, ricorrere a delle iniezioni di acqua in pressione per facilitare il superamento di livelli granulari addensati, procurando la discesa della palanca per peso proprio con l'ausilio di una modesta battitura. Modalità, pressioni e portata del getto d'acqua 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'ESECUTORE dovrà dare immediata informazione alla DIREZIONE LAVORI e concordare con la stessa gli interventi da eseguire.

#### **2.5.5.11 Estrazione**

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che ad estrazione avvenuta, la palancola sia esaminata ed il suo stato brevemente descritto, annotando la presenza di distorsioni, deformazioni o danni.

### **2.5.6 CONTROLLI FINALI**

Sono previste le seguenti tipologie di prove:

- Prove di carico
- assiale (non distruttiva): con carichi di prova  $P_{max} \geq 1,5$  volte l'azione di progetto  $P_r$ , utilizzata per le verifiche SLE (combinazione rara);
- laterale (non distruttiva): lo sviluppo di tale prova può essere eseguito anche su pannelli strumentati secondo quanto eventualmente previsto dal progetto.
  - Prova sonica
  - Controllo della verticalità, da eseguirsi con l'ausilio di tubi inclinometrici annegati nel getto di calcestruzzo, secondo le prescrizioni di progetto.

Le prove di carico assiali verranno eseguite solo per gli elementi di paratia soggetti ad azioni prevalentemente verticali. In particolare nel caso di paratie di pali, realizzati con pali contigui, si precisa che l'ESECUTORE dovrà sottoporre a prova di carico statico assiale singoli pali nel caso di pali tangenti, o più pali nel caso di pali secanti, qualora questi siano in progetto "assimilati a pali di fondazione" ed effettivamente soggetti ad azioni assiali verticali (associate ai soli carichi accidentali) tali da ricondurre il tasso di lavoro del materiale (calcestruzzo del palo) ad un valore superiore ad 1 MPa. Le prove di carico relative ai diaframmi saranno espressamente indicate dal progetto.

## DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI

Le prove dovranno essere riportate nella documentazione di controllo, in accordo alle modalità e prescrizioni che seguono.

Prova sonica (cross-hole). Non prima di 28 gg. dal getto	Vengono attrezzati tutti i pannelli ed eseguite prove su almeno 1/3 di questi a scelta della DIREZIONE LAVORI.
---	--

In presenza di risultati non soddisfacenti delle prove cross-hole si dovrà sviluppare un piano di indagini specifiche sui pannelli (carotaggi meccanici, ulteriori indagini, etc.), che dovrà essere presentato sotto forma di relazione e approvato dalla DIREZIONE LAVORI. I risultati della campagna di indagine dovranno fornire gli elementi per la stesura finale della relazione che individuerà gli interventi necessari per la risoluzione della anomalia riscontrata.

Tutti i diaframmi da sottoporre a prove dovranno essere concordati con la DIREZIONE LAVORI.

### **2.5.6.1 PROVE DI CONTROLLO SONICO**

Si tratta di controlli basati su prove soniche, la cui esecuzione richiede che i pannelli siano attrezzati con tubazioni metalliche/pvc poste ai quattro vertici del pannello stesso, annegate nel getto di calcestruzzo.

L'ESECUTORE dovrà attrezzare con tubi tutti i diaframmi; il 10% dei pannelli sarà attrezzato con tubi inclinometrici solidali all'armatura idonei anche per l'esecuzione delle prove cross-hole.

Le prove verranno eseguite non prima di 28 giorni dal termine delle operazioni di getto su 1/3 dei pannelli attrezzati, a scelta della DIREZIONE LAVORI.

Data la forma geometrica rettangolare della sezione dei pannelli, le prove di controllo sonico saranno eseguite con la metodologia "cross-hole".

Per il controllo dei giunti, laddove progettualmente deve essere garantita la continuità, dovranno essere eseguite prove cross-hole anche tra i tubi di pannelli contigui.

Per quanto concerne le prove di controllo sonico su pali si rimanda ai pragrafi del presente Capitolato

### **2.5.6.2     Modalità di prova**

Il numero dei tubi e delle prove sarà definito dall'ESECUTORE e comunicato alla DIREZIONE LAVORI, in base anche alle dimensioni del pannello. Le misure di cross-hole (impulso su percorso orizzontale) sonico consistono nella registrazione delle modalità di propagazione di un impulso sonico nel calcestruzzo interposto tra i tubi di misura.

Prima dell'esecuzione della prova i tubi devono essere riempiti con acqua dolce.

I tubi sono utilizzati a coppie; in uno viene introdotta la sonda emettitrice, nell'altro (o negli altri) quella ricevente.

Le due sonde vengono contemporaneamente fatte scorrere all'interno dei due tubi, ad intervalli regolari di profondità, la sonda emettitrice genera un impulso sonico che raggiunge l'altra sonda dopo aver attraversato il calcestruzzo.

Le misure debbono essere eseguite almeno ogni 10 cm di avanzamento delle sonde nelle tubazioni predisposte.

Il segnale sonico modula il pennello elettronico di un oscilloscopio la cui traccia sincronizzata sull'istante di emissione, viene fatta traslare della stessa quantità ad ogni emissione di impulso.

L'esito delle prove sarà registrato con strumentazione digitale.

Nel caso si individuassero anomalie, le misure saranno ripetute con le sonde a quote diverse tra loro, al fine di stabilire se l'anomalia riscontrata è dovuta ad un piano di discontinuità oppure è provocata da cavità o inclusioni nel getto di calcestruzzo.

### **2.5.6.3     Documentazione della prova**

L'esito delle prove soniche sarà registrato in una apposita scheda in cui saranno indicati, per ogni pannello:

- i dati identificativi del pannello rispetto alla planimetria;
- la data di esecuzione delle varie operazioni di prova;
- il tipo di sonda sonica impiegata;

- le registrazioni digitali effettuate ad ogni avanzamento della sonda nonché le rappresentazioni grafiche dei parametri registrati.

## **2.5.7 TOLLERANZE DI COSTRUZIONE**

### **2.5.7.1 OBIETTIVI**

Il presente capitolo indica i valori delle tolleranze di costruzione ritenute significative per stabilire l'accettazione di opere/parti d'opera realizzate dall'Esecutore.

Valori riscontrati, eccedenti i limiti indicati, comportano l'apertura di non conformità e il relativo trattamento (demolizione, rilavorazione, riparazione, accettazione tal quale con eventuale detrazione o deprezzamento).

### **2.5.7.2 DEFINIZIONI**

- Valore teorico: il valore di un parametro indicato in progetto;
- Valore effettivo: il valore del parametro richiesto misurato sul manufatto costruito;
- Tolleranza: intervallo entro il quale deve essere compreso il valore effettivo di un certo parametro per ritenere il manufatto conforme e remunerabile secondo contratto;
- Precisione: minima entità della misura che si deve essere in grado di rilevare, ovvero livello di apprezzamento strumentale.
- Valore nominale: prescrizione contrattuale (progetto, capitolato)

### **2.5.7.3 TOLLERANZE DI COSTRUZIONE: MODALITÀ DI LETTURA**

Le tolleranze non sono cumulative. In caso di più di una indicazione, è sempre vincolante quella più restrittiva. Con precisione della misura viene indicato il livello di apprezzamento (strumentale) della grandezza.

Una tolleranza positiva (+) aumenta il valore o la dimensione alla quale essa è applicata o alza la quota di un livello.

Una tolleranza negativa (-) diminuisce il valore o la dimensione alla quale essa è applicata o abbassa la quota di un livello.

Una tolleranza priva di segno è da intendersi positiva (+) e negativa (-).

Ove è precisata una tolleranza con un singolo segno positivo (+) o negativo (-) non esiste limite nel campo restante.

OGGETTO DEL CONTROLLO	DESCRIZIONE PARAMETRO DI CONTROLLO		UNITA' DI MISURA	PRECISIONE	VALORE NOMINALE	TOLLERANZA	
1 - DIAFRAMMI	1.1	Posizionamento planimetrico cordoli guida	mm	5	di progetto	20	
	1.2	Posizionamento altimetrico cordoli guida	mm	2	di progetto	20	
	1.3	Profondità "L" diaframma	mm	2	di progetto	+L/100	
	1.4	Verticalità diaframma (generico)	%	0.4	di progetto	0.5	
	1.5	Verticalità diaframma (realizzato con idrofresa)	%	0.4	di progetto	0.4	
	1.6	Copriferro armatura metallica	mm	1	60	-10	
	1.7	Passo di posizionamento distanziatori	mm	10	30	+100	
2 - PALANCOLATI	2.1	Posizionamento planimetrico palancolato	mm	5	di progetto	50	
	2.2	Profondità d'infissione palancolato	mm	5	di progetto	50	

Relativamente ai diaframmi l'Esecutore dovrà verificarne la verticalità rispettando il seguente schema:

- 1) controllo con applicazione della tolleranza suddetta complessivamente su un primo tratto di 10 m di profondità (quindi con un delta di  $\pm 5$  cm in tale fascia);
- 2) controllo progressivo del gradiente di deviazione con applicazione della tolleranza suddetta metro per metro, per il restante tratto di pannello in profondità (quindi con un delta di  $\pm 0.5$  cm per ogni metro di avanzamento).

Per quanto riguarda i valori di tolleranze sulle paratie di pali, si deve fare riferimento a quanto specificato alla Sezione "Pali e micropali" del presente Capitolato.

## **3 PALI E MICROPALI**

### **3.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE**

La presente sezione è parte integrante del Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili

#### **3.1.1 CAMPO DI APPLICAZIONE**

La presente sezione del Capitolato si applica a tutte le opere di fondazione ove sono previsti pali e micropali.

Per l'utilizzo dei pali nelle opere di sostegno valgono le prescrizioni contenute nella Sezione "Paratie di pali, diaframmi e palancole" del presente Capitolato.

I PALI sono distinti, con riferimento alle loro dimensioni, in pali di medio e grande diametro. Nel presente documento si utilizza la seguente classificazione:

- pali di medio diametro:  $300 \text{ mm} \leq D \leq 600 \text{ mm}$
- pali di grande diametro:  $D > 600 \text{ mm}$

I "MICROPALI" sono perforazioni trivellate aventi diametro  $D < 300 \text{ mm}$ , costituiti da malte o miscele cementizie e da idonee armature d'acciaio.

Si precisa che per le modalità di gestione dei materiali di risulta, derivanti dalla realizzazione delle opere di cui alla presente sezione in qualità di sottoprodotti e/o in qualità di rifiuti, si rimanda ai documenti specialistici di riferimento (progetto e documenti contrattuali) nonché a quanto disciplinato dalla normativa ambientale vigente.

#### **3.1.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO**

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo. Si elencano di seguito la normativa e documentazione di riferimento.

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

Costituiscono oggetto di riferimento normativo, da intendersi non esaustivo. In ogni caso viene considerata valida l'edizione della norma vigente al momento del ritiro dei documenti di gara, nonché l'eventuale aggiornamento intercorso a valle di questo purché concordato tra le parti; in caso di discordanza tra diverse norme, vale l'interpretazione più favorevole per ACEA.

**3.1.2.1 NORMATIVA NAZIONALE**

- D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni"
- Circolare 17 gennaio 2019 n° 7/ C.S.LL.PP. "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018"
- D.lgs. 03 aprile 2006 n° 152 "Norme in materia ambientale"

**3.1.2.2 NORMATIVA EUROPEA E NORMATIVA TECNICA**

- EN 1990:2006 "Eurocode - Basis of structural design"
- EN 1997-2:2007 "Eurocode 7- Geotechnical design - Part 2: Ground investigation and testing"
- UNI EN 1536:2010 "Esecuzione di lavori geotecnici speciali - Pali trivellati"
- UNI EN 10025-1:2005 "Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 1: Condizioni tecniche generali di fornitura"
- UNI EN 10025-2:2005 "Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura di acciai non legati per impieghi strutturali"
- UNI EN 10080:2005 "Acciaio d'armatura per calcestruzzo - Acciaio d'armatura saldabile - Generalità"
- UNI EN 10210-1:2006 "Profilati cavi finiti a caldo di acciai non legati e a grano fine per impieghi strutturali - Parte 1: Condizioni tecniche di fornitura"
- UNI EN 10210-2:2006 "Profilati cavi finiti a caldo di acciai non legati e a grano fine per impieghi strutturali - Parte 2: Tolleranze, dimensioni e caratteristiche del profilo"

- UNI EN 10219-1:2006 "Profilati cavi saldati formati a freddo per impieghi strutturali di acciai non legati e a grano fine - Parte 1: Condizioni tecniche di fornitura"
- UNI EN 10219-2:2006 "Profilati cavi saldati formati a freddo per impieghi strutturali di acciai non legati e a grano fine - Parte 2: Tolleranze, dimensioni e caratteristiche del profilo"
- UNI EN 12699:2002 "Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Pali eseguiti con spostamento del terreno"
- UNI EN 12794:2007 "Prodotti prefabbricati di calcestruzzo - Pali da fondazione"
- UNI EN 14199:2005 "Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Micropali"

### **3.2 DEFINIZIONI**

**Contratto:** contratto di appalto o di concessione avente per oggetto l'acquisizione di servizi, o di forniture, ovvero l'esecuzione di opere o lavori, posti in essere dalla stazione appaltante;

**Direzione lavori:** ufficio preposto alla direzione ed al controllo tecnico, contabile e amministrativo dell'esecuzione dell'intervento nel rispetto degli impegni contrattuali;

**Direttore dei lavori:** soggetto che ha la responsabilità del coordinamento e della supervisione dell'attività di tutto l'ufficio di direzione dei lavori, ed interloquisce in via esclusiva con l'esecutore in merito agli aspetti tecnici ed economici del contratto. Cura che i lavori siano eseguiti a regola d'arte ed in conformità al progetto e al contratto.

**ESECUTORE:** Soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor, Contraente Generale)

**Micropali a iniezione multipla selettiva:** micropali realizzati attrezzando le perforazioni di piccolo diametro con tubi metallici dotati di valvole di non ritorno, connessi al terreno circostante mediante iniezioni cementizie eseguite a pressione e volumi controllati.

**Micropali a semplice cementazione:** micropali realizzati inserendo entro una perforazione di piccolo diametro un'armatura metallica e solidarizzati mediante il getto di una malta o di una miscela cementizia.

**Pali infissi gettati in opera:** pali realizzati riempiendo con calcestruzzo lo spazio interno vuoto di un elemento tubolare metallico fatto penetrare nel terreno mediante battitura o per vibrazione, senza asportazione del terreno medesimo.

I pali infissi gettati in opera si distinguono in:

- pali con rivestimento definitivo in lamiera d'acciaio, corrugata o liscia, chiusi alla base con un fondello d'acciaio. I pali vengono realizzati infiggendo per battitura il rivestimento tubolare. Dopo l'infissione e la eventuale ispezione interna del rivestimento, il palo viene completato riempiendo il cavo del rivestimento con calcestruzzo armato o non armato;
- pali realizzati tramite infissione nel terreno di un tubo-forma estraibile, in genere chiuso alla base da un fondello a perdere. Terminata l'infissione, il palo viene armato con gabbia in acciaio e completato con getto di calcestruzzo, con o senza la formazione di un bulbo espanso di base. Durante il getto, il tubo-forma viene estratto dal terreno.

**Pali infissi prefabbricati:** pali realizzati mediante battitura di manufatti, senza asportazione di terreno, ed eventualmente con l'ausilio di un getto d'acqua in pressione che fuoriesce dalla punta attraverso un foro centrale longitudinale.

A seconda che i pali siano prefabbricati in stabilimento od in cantiere, saranno adottate le seguenti tipologie costruttive:

- pali prefabbricati in stabilimento: in calcestruzzo centrifugato ed eventualmente precompresso, di norma a sezione circolare, di forma cilindrica, tronco-conica o cilindro-tronco-conica;
- pali prefabbricati in cantiere: in calcestruzzo vibrato, di norma a sezione quadrata.

**Pali trivellati:** I pali trivellati sono costruiti in opera, eseguendo il getto di calcestruzzo all'interno di un foro, dopo l'introduzione di una gabbia di armatura,

quando prevista. Si differenziano essenzialmente per i metodi di perforazione, sostegno delle pareti e getto del calcestruzzo.

**Pali trivellati tradizionali:** Si definiscono pali trivellati tradizionali quelli ottenuti per asportazione del terreno e sua sostituzione con calcestruzzo armato. Durante la perforazione la stabilità dello scavo può essere garantita con l'ausilio di fanghi stabilizzanti ovvero tramite l'infissione di un rivestimento metallico provvisorio.

**Pali trivellati ad elica continua:** Si definiscono pali trivellati ad elica continua i pali realizzati mediante infissione per roto-traslazione 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. L'eventuale gabbia di armatura viene posta in opera una volta completato il getto di calcestruzzo.

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

**Prova:** forma di verifica che si effettua in ragione del contratto, delle disposizioni normative, delle disposizioni di ACEA.

### **3.3 ABBREVIAZIONI**

Cls: calcestruzzo

DL: Direzione Lavori

SLE: Stati Limite di Esercizio

WBS: Work Breakdown Structure

### **3.4 ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI**

L'ESECUTORE, fermo restando quanto previsto dalle "Disposizioni generali" del presente Capitolato, che devono intendersi totalmente richiamate, se non diversamente prescritto, prima di dare inizio alle lavorazioni, dovrà:

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

- presentare alla DIREZIONE LAVORI una relazione tecnico – operativa;
- presentare alla DIREZIONE LAVORI una relazione finale delle risultanze del campo prova al fine di concordare l'esecuzione di eventuali prove per la taratura dei parametri geotecnici;
- eseguire il tracciamento preliminare dei pali identificando la posizione sul terreno mediante infissione di appositi picchetti in corrispondenza dell'asse di ciascun palo, e accertare che su ogni picchetto sia riportato il numero progressivo del palo in conformità alla planimetria presentata ed accettata dalla DIREZIONE LAVORI.

All'inizio e durante le lavorazioni, l'ESECUTORE, se non diversamente prescritto, dovrà:

- mantenere la piazzola di lavoro pulita e sgombra, anche al fine di consentire il costante controllo della quota di testa-palo;
- per eventuali variazioni delle metodologie esecutive precedentemente approvate, presentare un' ulteriore relazione tecnico-operativa sulle nuove metodologie, da sottoporre all'approvazione della DIREZIONE LAVORI, la quale potrà, a sua discrezione, richiedere l'esecuzione di prove tecnologiche (campo prova) al fine di verificare l'idoneità delle nuove metodologie esecutive;
- comunicare alla DIREZIONE LAVORI anomalie e/o differenze rispetto alla stratigrafia prevista, e comunque ogni qual volta le condizioni reali risultino sensibilmente differenti da quelle di progetto;
- eseguire tutte le prove, previste nella relazione tecnico operativa, in situ e/o di laboratorio, e allegare i certificati alla specifica documentazione di controllo elaborata per ciascuna opera. Detto laboratorio potrà essere di cantiere (per le prove per cui è attrezzato), o qualificato ed approvato dalla DIREZIONE LAVORI, od ancora un Laboratorio Ufficiale autorizzato;;
- curare che lo stoccaggio in cantiere delle gabbie di armatura avvenga in apposita area preliminarmente individuata, verificando che le gabbie non siano a contatto diretto con il terreno e siano provviste di idoneo contrassegno

- indicante gli estremi della fornitura dell'opera o porzione di opera per cui è previsto l'impiego (WBS), del numero del palo e della posizione della gabbia;
- provvedere alla scapitozzatura delle teste di tutti i pali con martello demolitore, di peso operativo non superiore a 170 kg e diametro della punta adeguato alla geometria della struttura, fino alla quota di progetto (piano d'imposta della fondazione sovrastante), provvedendo altresì alla sistemazione e ripulitura dei ferri d'armatura e della testa del palo con aria in pressione;
  - provvedere, al completamento dei lavori e nel rispetto delle scadenze fissate contrattualmente, alla redazione e trasmissione della documentazione finale "as-built" prevista da contratto;
  - indicare, per ciascun palo, i mc gettati da ogni betoniera e la corrispondente quota raggiunta dal cls nel foro, onde poter riscontrare le eventuali difformità tra i valori gettati e quelli attesi, verificare che tali dati siano registrati in specifici documenti di controllo resi disponibili alla DIREZIONE LAVORI, ed accertare che le eventuali anomalie siano comunicate tempestivamente alla DIREZIONE LAVORI e riportate nella documentazione "as-built".

L'ESECUTORE dovrà dare evidenza delle attività di controllo effettuate per garantire la conformità alle prescrizioni della presente sezione attraverso la redazione di specifica documentazione di registrazione, elaborata per ciascun palo/micropalo.

### **3.4.1 RELAZIONE TECNICO – OPERATIVA**

La relazione tecnico operativa che l'ESECUTORE deve presentare alla DIREZIONE LAVORI dovrà contenere:

- il rilievo stratigrafico del terreno individuato dal progetto;
- una planimetria riportante la posizione di tutti gli elementi, (con indicazione di quelli da attrezzare con una specifica strumentazione di prova), contrassegnati da un numero progressivo distintivo di ciascun elemento; le date ed il programma delle prove dovranno essere altresì comunicati a ACEA con almeno 7 giorni di anticipo sulle date di inizio;

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

- l'elenco e la descrizione tecnica delle apparecchiature da utilizzare, con indicate le modalità di esecuzione e le seguenti caratteristiche:

per i pali infissi (nel caso di utilizzo di battipalo):

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

Per i pali trivellati

- Y caratteristiche, numero, potenza e capacità operativa delle attrezzature, in funzione delle condizioni ambientali, litologiche e idrogeologiche dei terreni da attraversare nonché delle dimensioni dei pali da eseguire;
- Y caratteristiche dei macchinari da utilizzare nel caso di presenza nel terreno di trovanti lapidei o di strati cementati o nel caso si voglia conseguire un adeguato ammorsamento in sub-strati di roccia dura;
- Y in caso di impiego di fanghi stabilizzanti, le modalità operative di utilizzo degli stessi e le caratteristiche tecniche dell'impianto di trattamento cui devono essere soggetti;
- Y il programma di esecuzione delle opere nel quale sia indicata la successione cronologica prevista per la realizzazione dei pali/micropali;
- Y la programmazione di un eventuale specifico campo prova (pali/micropali "pilota" esterni all'opera) al fine di verificare l'idoneità di tutte le attrezzature e l'adeguatezza delle modalità esecutive, nelle particolari condizioni stratigrafiche e in relazione all'importanza dell'opera o a particolari soggezioni ambientali;
- Y l'indicazione, mediante adeguati contrassegni, di tutti gli elementi (tubi-forma, gabbie d'armatura, pali, funi) allo scopo di effettuare i necessari controlli.

## 3.5 PALI DI MEDIO E GRANDE DIAMETRO

### 3.5.1 MATERIALI

L'ESECUTORE, fermo restando quanto previsto nel paragrafo "Oneri e Prescrizioni generali" della presente Sezione, deve intendere le prescrizioni che seguono, relativamente alle armature metalliche e ai conglomerati cementizi, come integrative di quelle della Sezione "Opere in Conglomerato Cementizio" del presente Capitolato. Queste ultime si intendono integralmente applicabili.

#### 3.5.1.1 Armature metalliche

L'ESECUTORE può ricorrere alla saldatura (puntatura) delle staffe, delle spirali, o degli anelli irrigidenti ai ferri longitudinali, al fine di rendere le gabbie d'armatura in grado di sopportare le sollecitazioni di movimentazione; in questo caso L'ESECUTORE deve verificare che la saldatura non abbia indotto riduzioni di resistenza nelle barre, mediante l'esecuzione di prove a trazione su elementi sottoposti a saldatura. A tal fine L'ESECUTORE dovrà prelevare all'estremità delle gabbie 3 campioni di barra longitudinale con staffa/spirale (ogni 500 ml di gabbia) e ripristinare l'armatura aggiungendo barre e staffe/spirale con sovrapposizione di 40 diametri.

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- le armature siano pre-assemblate fuori opera in "gabbie";
- i collegamenti tra armatura longitudinale e trasversale siano ottenuti con doppia legatura in filo di ferro o con morsetti, o con saldatura - puntatura, e che le sporgenze ricadano sempre all'interno della gabbia senza intralciare l'inserimento del tubo getto;
- le armature elicoidali siano fissate solidamente a tutte le armature longitudinali intersecate e che l'interasse delle staffe ed il passo della spirale non sia superiore a 20 cm ed il diametro dei ferri non inferiore a 12 mm
- l'interasse fra le barre longitudinali non sia in alcun caso inferiore a 7,5 cm;
- sulle gabbie di armatura, nella fase di stoccaggio in cantiere, siano stati posizionati opportuni distanziatori non metallici atti a garantire la centratura

dell'armatura ed un copriferro netto minimo di 4 cm rispetto al rivestimento definitivo o, nel caso di pali trivellati di grande diametro, di 6 cm rispetto al diametro nominale del foro;

- i distanziatori in plastica, al fine di garantire la solidarietà col calcestruzzo, abbiano la superficie forata per almeno il 25%;
- i distanziatori siano posti a gruppi di 3-4 regolarmente distribuiti sul perimetro e con spaziatura verticale di 2-3 m;
- l'armatura sia mantenuta in posizione senza essere poggiata sul fondo del foro, secondo la metodologia indicata nella relazione tecnico-operativa.

### **3.5.1.2 Rivestimenti metallici**

L'ESECUTORE se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- la tipologia di rivestimento per ogni palo, nonché le caratteristiche geometriche del rivestimento stesso, sia provvisorio che definitivo, siano conformi alle prescrizioni di progetto;
- i tubi di rivestimento siano in acciaio, di qualità, forma e spessore tali da sopportare, senza danni o deformazioni, tutte le sollecitazioni agenti durante il trasporto, il sollevamento e l'infissione e tali da impedire distorsioni o collassi conseguenti alla pressione del terreno o alla infissione di pali vicini;
- i rivestimenti definitivi dei pali infissi e gettati in opera siano chiusi alla base mediante una piastra d'acciaio di spessore minimo di 8 mm, e comunque proporzionato al diametro del rivestimento. Tale piastra deve essere saldata per l'intera circonferenza al tubo di rivestimento in modo da resistere alle sollecitazioni di battitura e di ribattitura, evitare infiltrazioni di acqua e non avere sporgenze esterne. E' ammesso l'impiego di rivestimenti a sezione variabile, con raccordi opportunamente saldati o flangiati.

Nel caso di tubo-forma estraibile, questo deve essere costituito da un cilindro chiuso inferiormente da un piattello metallico a perdere con un bordo che fa tenuta sul tubo impedendo l'ingresso all'interno di acqua o terreno.

Per pali di particolare lunghezza è ammessa la saldatura in opera di spezzoni di rivestimento, il primo dei quali già infisso. Gli eventuali altri spezzoni, nel corso della saldatura, saranno mantenuti in posizione fissa da un'adeguata attrezzatura di sostegno.

### **3.5.1.3 Conglomerati cementizi**

Per i conglomerati cementizi l'ESECUTORE dovrà rispettare quanto prescritto dal progetto e dalla Sezione "Opere in Conglomerato Cementizio" del presente Capitolato e dovrà verificare, se non diversamente previsto, che la dimensione massima degli inerti, sia tale che  $D_{max} < i_{min}/2,5$  dove  $i_{min}$  è il valore minimo del passo fra le barre longitudinali.

### **3.5.1.4 Fanghi per il sostegno dello scavo**

Allo scopo di garantire il sostegno delle pareti dello scavo, durante l'esecuzione di pali trivellati tradizionali è consentito all'ESECUTORE l'uso di sostanze quali bentonite e/o polimeri che soddisfino i requisiti di accettazione previsti nella norma UNI EN 1536:2010: "Esecuzione di lavori geotecnici speciali - Pali trivellati".

## **3.5.2 MODALITÀ ESECUTIVE**

### **3.5.2.1 Pali infissi**

#### **3.5.2.1.1 Pali infissi gettati in opera**

##### Tecniche ed attrezzature per l'infissione del rivestimento

Nel caso di infissione mediante battitura l'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- l'infissione dei rivestimenti avvenga tramite battitura, senza estrazione di materiale, eventualmente mediante fasi intermedie, in conformità al progetto e/o alla relazione tecnico-operativa approvata dalla DIREZIONE LAVORI;
- venga eseguito e registrato il conteggio dei colpi d'avanzamento: nel corso dell'infissione verrà conteggiato il numero di colpi per avanzamenti di 1 m;

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

- venga registrato il grafico dei colpi relativi agli ultimi 4 metri: in corrispondenza degli ultimi 4 m o più se richiesto dalla DIREZIONE LAVORI, si conteggerà il numero di colpi per l'infissione di tratte successive di 10 cm;
- venga registrato il tempo necessario per l'infissione;
- per i rivestimenti definitivi, nel caso di utilizzo di mandrino di acciaio questo sia inserito nel rivestimento;
- nel caso il mandrino sia espanso, questo sia mantenuto del tutto solidale al tubo-forma per l'intera durata dell'infissione, al termine della quale sarà estratto;
- l'inserimento del mandrino nel rivestimento sia eseguito, se necessario, con l'ausilio di un "palo-pozzo" di diametro superiore a quello dei pali di esercizio. Il "palo-pozzo" potrà essere trasformato in palo di esercizio, solo previa accettazione della DIREZIONE LAVORI.

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

L'ESECUTORE dovrà verificare che l'infissione dei rivestimenti sia arrestata quando è soddisfatta una delle seguenti condizioni:

- raggiungimento della quota di progetto;
- rifiuto della battitura. Si intende raggiunto il rifiuto quando l'infissione corrispondente a 10 colpi di battipalo efficiente è inferiore a 2 cm.

In questo ultimo caso, la DIREZIONE LAVORI avrà facoltà di chiedere all'ESECUTORE la ribattitura del palo dopo 24 ore di attesa, se motivata da ragioni geotecniche particolari (es. forti sovrappressioni interstiziali).

L'ESECUTORE, previa comunicazione alla DIREZIONE LAVORI, potrà eseguire dei prefori di guida all'infissione per evitare o ridurre i problemi di vibrazione o il danneggiamento di opere o pali già esistenti. Il preforo avrà diametro massimo

inferiore di almeno 20 mm rispetto a quello esterno della tubazione di rivestimento. Di norma la profondità sarà inferiore ai 2/3 della profondità del palo, e comunque tale da non raggiungere lo strato portante (se esistente). Il preforo potrà anche essere richiesto per il raggiungimento delle quote di progetto nel caso di livelli superficiali molto addensati o cementati.

*a) Vibro-infissione*

Per quanto riguarda la vibro-infissione, ferme restando le prescrizioni per l'infissione del precedente paragrafo, L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che sia utilizzato un vibratore a masse eccentriche regolabili, a funzionamento idraulico o elettrico. Le caratteristiche del vibratore (momento di eccentricità, numero di vibrazioni per minuto, forza centrifuga all'avvio, ampiezza ed accelerazione del minimo) saranno verificate dall'ESECUTORE in relazione alle prestazioni da ottenere, a seguito di prove tecnologiche preliminari (campo prova su elementi sacrificali).

*b) Armature*

L'ESECUTORE, oltre a quanto richiesto, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- prima del posizionamento delle gabbie d'armatura si abbia cura di rimuovere eventuali corpi estranei presenti nel cavo;
- l'eventuale presenza di acqua entro il tubo di rivestimento non superi il limite di 15 cm.

*c) Getto del calcestruzzo*

I conglomerati cementizi dovranno essere conformi a quanto prescritto dal progetto e rispondere ai requisiti richiesti nella Sezione "Opere in Conglomerato Cementizio" del presente Capitolato.

L'ESECUTORE, accertata la conformità alle prescrizioni riportate nella sezione, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- nel caso di realizzazione di pali con utilizzo di morsa idraulica il mix del calcestruzzo sia opportunamente dimensionato al fine di garantire, nelle condizioni specifiche di temperatura, un ritardo della presa in relazione alla

lunghezza del palo, per ovviare ad eventuali inconvenienti che potrebbero prolungare il tempo di estrazione del tubo forma; tali accorgimenti non dovranno modificare la resistenza finale del calcestruzzo;

- il getto sia effettuato ad iniziare dal fondo foro, utilizzando un tubo convogliatore metallico di diametro di 20-26 cm, in spezzoni di circa 3 m, dotato in sommità di una tramoggia di carico della capacità di almeno 0.5-0.6 mc e mantenuto sospeso da un mezzo di sollevamento;
- il getto del calcestruzzo avvenga impiegando il tubo di convogliamento (tubo-getto);
- l'interno del tubo-getto sia pulito, privo di irregolarità e strozzature. Le giunzioni tra sezione e sezione saranno del tipo filettato, senza manicotto (filettatura in spessore) o con manicotti esterni che comportino un aumento di diametro non superiore a 2.0 cm; sono escluse le giunzioni a flangia;
- il tubo di convogliamento sia posto in opera arrestando il suo piede a 30÷60 cm dal fondo della perforazione; prima di iniziare il getto, è opportuno disporre entro il tubo, in prossimità del suo raccordo con la tramoggia, un tappo (ad es. in polistirolo, o costituito da un involucro di carta, riempito con materiale arido), in modo da provocare la caduta istantanea del primo calcestruzzo gettato, ed evitare azioni di contaminazione o dilavamento del calcestruzzo stesso;
- all'inizio del getto si disponga di un volume di calcestruzzo pari a quello del tubo getto e/o di almeno 3 ÷ 4 m di palo;
- le operazioni di getto avvengano senza soluzione di continuità; in particolare, per i pali di grande diametro, si prescrive una cadenza di getto non inferiore a 15 mc/ora;
- durante le operazioni di getto, al termine dello scarico di ogni betoniera, utilizzando uno scandaglio costituito da un grave metallico, del peso di circa 0,05 kN, di forma cilindrica con fondo piatto, corredato di un filo di sospensione metrato, sia verificata la quota di riempimento del palo al fine di avere un

immediato raffronto fra la quota teorica e la quota raggiunta, per valutare eventuali dispersioni;

- nel corso del getto, il tubo di convogliamento sia accorciato per tratti successivi, sempre conservando un'immersione minima nel calcestruzzo, di 2.0 m. Per diametro del palo  $\geq 1,2$  m l'immersione dovrà essere almeno di 2,5 m;
- la quota di fine getto sia portata ad almeno 0.5-1.0 m al di sopra della quota di progetto prevista per la testa palo (scapitozzatura).

#### *c.1) Getto in presenza di tubo-forma estraibile*

Per quanto riguarda il getto in presenza di tubo-forma estraibile, ferme restando le prescrizioni riportate nel paragrafo precedente, L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- prima di installare il tubo-getto sia eseguita un'ulteriore misura del fondo foro; qualora lo spessore del deposito superi i 20 cm si dovrà provvedere alle operazioni di pulizia mediante air-lifting;
- il getto sia eseguito provvedendo altresì alla contemporanea estrazione del tubo-forma provvisorio, la cui scarpa dovrà restare sotto un battente di calcestruzzo non inferiore a 2 m e non superiore a 5 m;
- ogni manovra di accorciamento del rivestimento esterno e del tubo convogliatore sia preceduta dalla misurazione della quota raggiunta dal calcestruzzo.

### **3.5.2.1.2 Pali infissi prefabbricati**

#### *a) Prefabbricazione dei pali*

La prefabbricazione dei pali potrà avvenire in stabilimento di produzione o in cantiere. In entrambi i casi, L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- i pali siano realizzati con calcestruzzo di caratteristiche conformi alle prescrizioni riportate nella Sezione "Opere in Conglomerato Cementizio" del Capitolato. La stagionatura potrà essere naturale in ambiente umido oppure a vapore; in ogni caso i pali dovranno raggiungere caratteristiche di resistenza

alla compressione e all'urto tali da permetterne l'infissione nelle condizioni stratigrafiche del sito senza lesioni e rotture;

- nel caso di palificate da realizzare in ambienti aggressivi, qualora non previsto dal progetto, siano adottati opportuni accorgimenti tra i quali la definizione di un idoneo mix-design del cls e/o l'incremento del copriferro; altri accorgimenti, quali ad esempio vernici protettive, rivestimenti autoprotetti per proteggere la superficie esterna del palo, dovranno essere sottoposti all'approvazione preliminare della DIREZIONE LAVORI.

*b) Giunzione dei pali*

Nel caso di pali di lunghezza superiore a 16 m, è ammesso il ricorso alla giunzione di 2 o più elementi. L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- il giunto sia costituito da un anello di acciaio con armatura longitudinale, solidale con ciascuno degli spezzoni di palo da unire;
- gli anelli vengano saldati fra loro e protetti con vernici bituminose o epossidiche.

*c) Protezione della punta*

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- la punta dei pali sia protetta con una puntazza metallica formata da un cono di lamiera con angolo al vertice di 60°, resa solidale al fusto del palo tramite spezzoni di tondino saldati alla puntazza ed annegati nel calcestruzzo. In terreni poco compatti, l'uso della puntazza potrà essere evitato;
- in terreni molto compatti, la puntazza sia rinforzata con massello di ghisa o sostituita con uno spezzone di profilato in acciaio a doppio T (nel caso di roccia).

*d) Tecniche ed attrezzature per l'infissione del palo*

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- nel caso di strati granulari addensati, in cui è stato concordato con la DIREZIONE LAVORI l'utilizzo di iniezioni d'acqua per facilitare l'infissione, la discesa del palo avvenga per peso proprio o con l'ausilio di una modesta battitura;

- le iniezioni d'acqua siano interrotte non appena superato lo strato granulare e comunque non oltre 2 m prima del raggiungimento della quota di progetto, e che le modalità, le pressioni e la portata del getto d'acqua siano comunicate alla DIREZIONE LAVORI;
- nel caso di esecuzione di prefori, al fine di ridurre le vibrazioni, o in alternativa all'uso delle iniezioni d'acqua, questi abbiano diametro inferiore di almeno 20 mm alla minima sezione del palo;
- il preforo non raggiunga lo strato portante, se esistente, e si fermi comunque almeno a 2/3 della profondità di progetto.
- l'infissione dei pali sia arrestata quando si registri il raggiungimento di una delle seguenti condizioni:
  - Y arrivo alla quota di progetto;
  - Y misurazione del rifiuto alla battitura (si intende raggiunto il rifiuto quanto l'infissione, corrispondente a 10 colpi di battipalo efficiente, è inferiore a 2 cm).

In quest'ultimo caso, la DIREZIONE LAVORI ha facoltà di chiedere all'ESECUTORE la ribattitura del palo dopo 24 ore di attesa, per tratti anche superiori a 0,5 m, se motivata da ragioni geotecniche particolari (es. forti sovrappressioni interstiziali).

### **3.5.2.1.3 Pali trivellati**

#### **3.5.2.1.3.1 Pali trivellati tradizionali**

##### *a) Tecniche ed attrezzature per la perforazione*

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

- la perforazione "a secco" senza rivestimento, di norma, non è ammessa; solo previa autorizzazione della DIREZIONE LAVORI, L'ESECUTORE potrà utilizzarla in caso di terreni fortemente cementati o argillosi caratterizzati da valori della coesione non drenata ( $c_u$ ) che alla generica profondità di scavo (H) soddisfino la seguente condizione:

$$c_u \geq \gamma H/3$$

Dove:

$\gamma$  = peso dell'unità di volume del terreno

Per i terreni fortemente cementati il valore della coesione sarà determinato con prova di compressione semplice.

### **3.5.2.1.3.2 Pali trivellati con fanghi stabilizzanti**

#### *a) Preparazione del fango stabilizzante*

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che il fango stabilizzante sia preparato ed utilizzato in accordo alle modalità indicate ai punti precedenti della presente sezione.

#### *b) Perforazione*

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- qualora in fase di completamento della perforazione fosse accertata l'impossibilità di eseguire rapidamente il getto (sosta notturna, mancato trasporto del calcestruzzo), sia interrotta la perforazione alcuni metri prima ed ultimata solo nell'imminenza del getto;
- in corrispondenza di ciascun palo sia infisso nel terreno un avampozzo provvisorio di lamiera d'acciaio con funzioni di guida dell'utensile, di riferimento per la posizione plano-altimetrica della sommità del palo o di difesa dall'erosione del terreno nelle fasi di immissione e risalita dell'utensile di perforazione. Tale avampozzo dovrà avere diametro e profondità adeguati in relazione alla natura dei terreni attraversati, alle loro caratteristiche idrogeologiche ed ai macchinari utilizzati;
- una volta raggiunte le profondità previste dal progetto, si provveda alla sostituzione del fango di perforazione fino al raggiungimento dei prescritti valori del contenuto in sabbia, ed alla eventuale pulizia del fondo foro con gli utensili più adatti (es. clearing bucket o air-lifting);

- dopo aver raggiunto la quota prevista in progetto e immediatamente prima del getto, lo spessore dei depositi sul fondo non superi i 20 cm.

*c) Armature*

L'ESECUTORE, oltre a quanto richiesto nei paragrafi precedenti, se non diversamente previsto, dovrà verificare che, nel caso che il palo attraversi strati di sede in falda acquifera in movimento, con pericolo di dilavamento del calcestruzzo in fase di getto e di maturazione, in corrispondenza di questi strati la gabbia sia avvolta da una camicia tubolare di lamierino in acciaio di 8÷10 mm.

*d) Getto del calcestruzzo*

L'ESECUTORE, dopo aver accertato la conformità a quanto richiesto nei paragrafi precedenti, se non diversamente previsto, dovrà verificare che l'assorbimento reale di calcestruzzo non ecceda il valore teorico, riferito al diametro nominale del palo, in misura maggiore del 10÷20 %.

### **3.5.2.1.3.3 Pali trivellati con rivestimento provvisorio (tubo-forma estraibile)**

*a) Infissione del tubo-forma e perforazione terreno*

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- il tubo-forma sia costituito da tubi di acciaio, di diametro esterno pari al diametro nominale del palo, suddivisi in spezzoni 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. E' ammessa la giunzione per saldatura degli spezzoni, purché non risultino varchi nel tubo che possano dar luogo all'ingresso di terreno o acqua;
- l'infissione della tubazione di rivestimento sia ottenuta imprimendole un movimento rototraslatorio mediante attrezzatura rotary e/o morsa azionata da comandi oleodinamici oppure, in terreni poco o mediamente addensati privi di elementi grossolani e prevalentemente non coesivi, applicandole in sommità un vibratore. In questo secondo caso la tubazione potrà essere suddivisa in

spezzoni oppure potrà essere costituita da un unico pezzo di lunghezza pari alla profondità del palo;

- la perforazione da realizzarsi in presenza di trovanti, strati lapidei, murature esistenti, sia eseguita, per la sola parte interessata all'interno del tubo-forma, imprimendo un movimento rototraslatorio mediante una morsa azionata da comandi oleodinamici. Le caratteristiche dei martinetti e del circuito idraulico di funzionamento dovranno essere in grado di sviluppare spinta, momento torcente e serraggio della colonna, adeguati al diametro e alla lunghezza del palo da realizzare;
- l'infissione sotto-scarpa della colonna di rivestimento sia sufficiente ad evitare rifluimenti a fondo foro;
- la perforazione all'interno del tubo di rivestimento sia eseguita mediante:
  - Y benna automatica con comando a fune o azionata da motore oleodinamico;
  - Y secchione (bucket) manovrato da un'asta rigida telescopica;

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

- la perforazione non sia approfondita al di sotto della parte terminale del tubo forma;
- nel caso di presenza di falda, il foro sia costantemente tenuto pieno d'acqua (o eventualmente di fango stabilizzante) con un livello non inferiore a quello della piezometrica della falda e lo scavo all'interno sia approfondito sino alla quota di progetto.

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

#### *b) Armature*

L'ESECUTORE, dovrà rispettare le prescrizioni riportate ai paragrafi precedenti della presente sezione.

#### *c) Getto del calcestruzzo*

L'ESECUTORE, dovrà rispettare le prescrizioni riportate ai paragrafi precedenti della presente sezione.

#### **3.5.2.1.3.4 Pali trivellati ad elica continua**

##### *a) Tecniche ed attrezzature per la perforazione*

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- si utilizzino escavatori equipaggiati con rotary a funzionamento idraulico o elettrico montato su asta di guida, e dotati di dispositivo di spinta;
- l'altezza della torre e le caratteristiche della rotary (coppia, spinta) siano commisurate alla profondità da raggiungere;
- la perforazione sia eseguita mediante una trivella ad elica continua, di lunghezza e diametro corrispondenti alle caratteristiche geometriche dei pali da realizzare;
- il macchinario di perforazione sia dotato di dispositivo automatico di registrazione in continuo del volume di calcestruzzo gettato in funzione della profondità e del diametro del palo;
- l'anima centrale dell'elica sia cava in modo da consentire il successivo passaggio del calcestruzzo;
- all'estremità inferiore dell'anima dell'elica sia posta una punta a perdere, avente lo scopo di impedire l'occlusione del condotto;
- la perforazione avvenga di norma regolando coppia e spinta in modo da avere condizioni di infissione prossime al perfetto avvitamento;
- il volume di terreno estratto per caricamento della trivella sia 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'ESECUTORE, con l'accordo della DIREZIONE LAVORI potrà eseguire prefori di diametro inferiore al diametro nominale dei pali allo scopo di agevolare la perforazione.

**b) Getto del calcestruzzo**

I conglomerati cementizi dovranno essere conformi a quanto prescritto dal progetto e rispondere ai requisiti richiesti nella Sezione "Opere in Conglomerato Cementizio" del presente Capitolato.

L'ESECUTORE dovrà sottoporre alla DIREZIONE LAVORI per l'approvazione le caratteristiche prestazionali del calcestruzzo, sia allo stato fresco che allo stato indurito; in ogni caso, la tecnica di posa in opera dell'armatura (a getto ultimato), richiede l'uso di un calcestruzzo che conservi per tutta la durata del riempimento del palo la classe di consistenza S4. L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- l'inizio del getto avvenga solo quando sia assicurata la fornitura del calcestruzzo necessario al completamento dell'intero palo. La cadenza di getto deve assicurare la continuità della colonna di conglomerato;
- il calcestruzzo venga pompato entro il cavo dell'asta di perforazione che verrà progressivamente estratta, di norma senza rotazione;
- l'estrazione dell'asta di trivellazione sia effettuata ad una velocità congruente con la portata di calcestruzzo pompato, adottando tutti gli accorgimenti necessari ad evitare sbulbature eccessive, ovvero a evitare interruzioni del getto;
- il circuito di alimentazione del getto sia provvisto di un manometro di misura della pressione;
- la pressione sia mantenuta costante entro l'intervallo di pressione previsto in relazione al tipo di terreno.

**c) Armature**

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- la gabbia di armatura sia costruita in conformità con il disegno di progetto e nel rispetto delle specifiche del presente documento;

- siano adottati tutti gli accorgimenti atti ad assicurare il centramento della gabbia d'armatura entro la colonna di calcestruzzo appena formata e, se necessario, che la gabbia sia opportunamente irrigidita;
- l'inserimento della gabbia avvenga immediatamente dopo l'ultimazione del getto, prima che abbia inizio la presa.
- Variazioni a tale metodologia dovranno essere approvate dalla DIREZIONE LAVORI.

### **3.5.2.1.3.5 Pali con morsa giracolonna**

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

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

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

La perforazione all'interno del tubo di rivestimento potrà essere eseguita mediante:

- benna automatica con comando a fune o azionata da motore oleodinamico;
- secchione (bucket) manovrato da un'asta rigida telescopica;
- in entrambi i casi si dovrà conseguire la disgregazione del terreno e l'estrazione dei detriti dal foro.

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

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

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

## **3.6 MICROPALI**

### **3.6.1 Tipologie**

Si tratta di pali che hanno un piccolo diametro (diametro del fusto minore di 300 mm per pali trivellati e diametro del fusto o estensione della massima sezione trasversale non maggiore di 150 mm per pali infissi).

Le principali applicazioni secondo le scelte previste dal progetto sono riferibili a:

- opere di fondazioni speciali o sottofondazioni;
- opere di sostegno, paratie di micropali (berlinesi a sbalzo o tirantate);
- interventi di stabilizzazione di pendii o fronti di scavo in genere;
- sostegno di reti paramassi o cucitura di rocce fessurate.

Nella presente Sezione del Capitolato sono trattati i micropali utilizzati nelle opere di fondazione.

I micropali dal punto di vista esecutivo si suddividono in:

- micropali cementati mediante iniezioni multiple selettive; IRS: injection répétitive et sélective (tipo "Tubfix");
- micropali a semplice cementazione. IGU: injection globale unique (tipo "Radice").

#### **3.6.1.1 Micropali cementati mediante iniezioni multiple selettive**

Sono ottenuti attrezzando le perforazioni di piccolo diametro con tubi metallici dotati di valvole di non ritorno e connessi al terreno circostante mediante iniezioni cementizie eseguite a pressione e volumi controllati.

### **3.6.1.2 Micropali a semplice cementazione**

Sono realizzati inserendo entro una perforazione di piccolo diametro un'armatura metallica e connessi al terreno mediante il getto di una malta o di una miscela cementizia.

L'armatura metallica (continua su tutta l'altezza) può essere costituita in genere:

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

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

### **3.6.2 MATERIALI**

L'ESECUTORE, fermo restando quanto previsto dal paragrafo "Oneri e Prescrizioni generali" della presente sezione, deve intendere le prescrizioni che seguono, relativamente alle armature metalliche e ai conglomerati cementizi, come integrative di quelle della Sezione "Opere in Conglomerato Cementizio" del presente Capitolato, che si intendono integralmente applicabili.

L'armatura metallica è costituita da:

- Profilati cavi finiti a caldo conformi alla norma UNI EN 10210;
- Profilati cavi saldati formati a freddo conformi alla norma UNI EN 10219;
- Profilati metallici a doppio piano di simmetria conformi alla norma UNI EN 10025;
- Barre di armatura (eventualmente integrativa) conformi alla norma UNI EN 10080.

Le norme sopra richiamate sono esplicitate al capitolo "Documentazione di Riferimento" della presente Sezione.

L'ESECUTORE dovrà effettuare almeno un prelievo per partita omogenea (colata) di tutti i profilati approvvigionati in cantiere al fine di verificarne le caratteristiche meccaniche in conformità a quanto richiesto dal progetto esecutivo approvato.

La DIREZIONE LAVORI potrà richiedere all'ESECUTORE diverse frequenze di prelievo del materiale in base all'importanza dell'opera.

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- le giunzioni siano realizzate a mezzo di manicotto filettato esterno;
- le caratteristiche delle giunzioni (filettatura, lunghezza, sezioni utili) consentano una trazione pari al 100% del carico a compressione di progetto allo SLE. È previsto un prelievo di tubazione giuntata, per fornitura omogenea, in modo da poter effettuare le prove di verifica a trazione;
- le valvole di iniezione, ove previste, siano del tipo a "manchette", ovvero costituite da una guarnizione in gomma, tenuta in sede da due anelli metallici saldati esternamente al tubo, sul quale, in corrispondenza di ciascuna valvola, sono praticati almeno 2 fori  $\Phi$  8 mm;
- i profilati siano costituiti da elementi unici;
- il mix relativo alle malte e miscele cementizie di iniezione sia preventivamente approvato dalla DIREZIONE LAVORI e contenga le prescrizioni relative a cemento, aggregati, acqua e additivi, in conformità a quanto contenuto nella Sezione "Opere in Conglomerato Cementizio" del presente Capitolato.

### **3.6.3 MODALITA' ESECUTIVE**

#### **3.6.3.1 Tecniche ed attrezzature per la perforazione**

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, oltre al rispetto di quanto previsto dal presente documento, dovrà verificare che:

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

- le perforazioni siano eseguite in presenza di rivestimento, con circolazione di fluidi di perforazione per l'allontanamento dei detriti e per il raffreddamento dell'utensile;
- i fluidi di perforazione consistano in:
  - Y acqua;
  - Y fanghi;
  - Y aria, nel caso di perforazione a rotopercolazione con martello a fondo foro o in altri casi proposti dall'ESECUTORE ed approvati dalla DIREZIONE LAVORI;
- sia comunicata alla DIREZIONE LAVORI l'adozione della perforazione senza rivestimenti, con impiego di fanghi stabilizzanti;
- la perforazione sia 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 siano utilizzate pompe a pistoni con portate e pressioni adeguate. Si richiedono valori minimi di 200 l/min. e 25 bar, rispettivamente;
- nel caso di perforazione a rotopercolazione con martello a fondo foro si utilizzino compressori di adeguata potenza; le caratteristiche minime richieste sono:
  - Y portata > 10 mc /min;
  - Y pressione 8 bar.

La perforazione "a secco" senza rivestimento di norma non è ammessa; solo previa autorizzazione della DIREZIONE LAVORI, L'ESECUTORE potrà utilizzarla in caso di terreni fortemente cementati o argillosi caratterizzati da valori della coesione non drenata ( $c_u$ ) che, alla generica profondità di scavo (H), soddisfino la seguente condizione:

$$c_u \geq \gamma H/3$$

Dove:

$\gamma$  = peso dell'unità di volume del terreno.

Per i terreni fortemente cementati il valore della coesione sarà determinato con prova di compressione semplice.

### **3.6.3.2 Micropali cementati mediante iniezioni multiple selettive**

#### *a) Allestimento del micropalo*

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- completata la perforazione, si provveda 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;
- venga quindi inserita l'armatura tubolare valvolata, munita di centratori, fino a raggiungere la profondità di progetto; sono preferibili i centratori non metallici;
- il tubo sia prolungato fino a fuoriuscire a bocca foro per un tratto adeguato a consentire le successive operazioni di iniezione;
- si proceda immediatamente alla cementazione del micropalo (guaina);
- la messa in opera delle armature di frettaggio, ove previste, sia eseguita successivamente all'iniezione.

#### *b) Formazione della guaina*

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- non appena completata la messa in opera del tubo valvolato di armatura, si provveda 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 la parete esterna dell'armatura tubolare;
- contemporaneamente si proceda alla estrazione dei rivestimenti provvisori, quando utilizzati, e si effettuino i necessari rabbocchi di miscela cementizia;
- completata l'iniezione di guaina, si provveda a lavare con acqua il cavo interno del tubo di armatura.

*c) Iniezioni selettive a pressioni e volumi controllati*

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- trascorso un periodo di 12 - 24 ore (tempo in cui la miscela di guaina dovrà raggiungere la resistenza richiesta dal progetto esecutivo approvato) dalla formazione della guaina, si dia luogo alla esecuzione delle iniezioni selettive per la formazione del bulbo di ancoraggio;
- si proceda 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 superi il limite di 60 bar (6 MPa); in caso contrario la valvola deve essere abbandonata;
- ottenuta l'apertura della valvola, si dia luogo all'iniezione in pressione fino ad ottenere i valori dei volumi di assorbimento e di pressione prescritti dal progetto (per pressione di iniezione si intende il valore minimo che si stabilisce all'interno del circuito);
- l'iniezione sia tassativamente eseguita utilizzando portate non superiori a 30 l/min, nel rispetto dei valori di progetto, 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 siano 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 sia nuovamente iniettata, trascorso un periodo di 12 - 24 ore;
- fino alla conclusione delle operazioni di iniezione, al termine di ogni fase si proceda al lavaggio interno del tubo d'armatura.

**3.6.3.3      Micropali a semplice cementazione**

**3.6.3.3.1    Riempimento a gravità**

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- il riempimento del foro, dopo la posa delle armature, avvenga 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 aggregati sabbiosi, ovvero con peso di volume superiore a quello degli eventuali fanghi di perforazione, il tubo convogliatore sia dotato superiormente di un imbuto o tramoggia di carico; si potrà anche procedere al getto attraverso l'armatura, se tubolare e di diametro interno > 80 mm;
- il riempimento sia proseguito fino a che la malta immessa risalga in superficie senza inclusioni o miscele con il fluido di perforazione;
- venga accertata la necessità o meno di effettuare rabbocchi, da eseguire preferibilmente tramite il tubo di convogliamento.
- Nel caso di malta con aggregati fini o di miscela cementizia pura, senza aggregati, 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.

#### **3.6.3.3.2 Riempimento a bassa pressione**

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- il foro sia interamente rivestito;
- la posa della malta o della miscela avvenga in un primo momento entro il rivestimento provvisorio tramite un tubo di convogliamento come descritto al paragrafo precedente;
- successivamente venga applicata 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 smonti la sezione superiore del rivestimento e si applichi la testa di pressione al tratto residuo di rivestimento, previo rabboccamento dall'alto per riportare a livello la malta;
- si proceda analogamente per le sezioni successive fino a completare l'estrazione del rivestimento.

### **3.7 CONTROLLI**

I controlli da effettuare dopo la realizzazione e prima dell'utilizzo, per assicurare che i pali/micropali in esame diano le garanzie di resistenza e rispetto delle caratteristiche prestazionali richieste dal progetto esecutivo approvato, si distinguono in tre tipi:

- controlli di resistenza meccanica sotto carico;
- controlli di integrità mediante prove di ammettenza meccanica (solo per i pali);
- controlli di integrità mediante prove di controllo sonico (solo per i pali).

L'esecuzione di tutte le prove previste dovrà essere descritta dall'ESECUTORE preliminarmente nella relazione tecnico-operativa.

L'ESECUTORE per ogni opera dovrà presentare alla DIREZIONE LAVORI, una relazione tecnica contenente il resoconto di tutte le prove eseguite in accordo alle prescrizioni riportate nella presente sezione.

#### **3.7.1 PROVE IN CORSO D'OPERA**

Si definiscono prove in corso d'opera, le prove effettuate su pali e micropali della fondazione, dei quali non bisogna compromettere l'integrità; il carico massimo da raggiungere nel corso della prova ( $P_{max}$ ) è  $\geq 1,5$  volte l'azione di progetto  $P_r$ , utilizzata per le verifiche SLE (combinazione rara).

La finalità della prova in corso d'opera è quella di verificare che:

- non esistano gravi deficienze esecutive nel palo/micropalo;
- il palo/micropalo abbia un comportamento conforme alle previsioni progettuali sotto le azioni di progetto;

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

- non vi sia eccessiva disomogeneità di comportamento tra i pali/micropali di una stessa palificata.

*a) Estensione delle prove*

L'ESECUTORE dovrà effettuare per ogni opera, avente caratteristiche strutturali e geotecniche omogenee, prove di carico assiale sui pali e micropali di progetto adottando almeno le seguenti frequenze di prova:

- n. 1 prova se il numero di pali è inferiore o uguale a 20;
- n. 2 prove se il numero di pali è compreso tra 21 e 50;
- n. 3 se il numero di pali è compreso tra 51 e 100;
- n. 4 se il numero di pali è compreso tra 101 e 200;
- n. 5 se il numero di pali è compreso tra 201 e 500;
- il numero intero più prossimo al valore  $5 + n/500$ , se il numero n di pali è superiore a 500.

E' consentito ridurre il numero di prove statiche minimo sopra indicato fino al limite dell'1% dei pali realizzati, con un minimo di 2. In tale caso deve essere garantita l'effettuazione delle prove cross-hole sul 100% delle predisposizioni, ferme restando le rimanenti prescrizioni di cui al paragrafo 6.4.3.7.2 del D.M Infrastrutture 17 gennaio 2018 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni".

L'individuazione dei pali/micropali da sottoporre a prova sarà sempre concordata con la DIREZIONE LAVORI, la quale, in considerazione dell'omogeneità dei terreni in cui è ubicato il lotto di pali/micropali e dei risultati delle eventuali prove a carico limite eseguite per pali/micropali dello stesso diametro, potrà modificare la scelta dei pali/micropali da sottoporre a prova di carico.

*b) Attività preliminari alle prove*

Prima della prova l'ESECUTORE dovrà verificare, in accordo con le relative prescrizioni contenute nella presente sezione, e con quanto preliminarmente approvato dalla DIREZIONE LAVORI, che concorrano le seguenti condizioni:

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

- corretta predisposizione della testa del palo/micropalo;
- corretta disposizione dei dispositivi per l'applicazione e la misura del carico.
- All'atto della prova l'ESECUTORE dovrà poi controllare la corretta applicazione del carico, in accordo con la documentazione presentata ed approvata dalla DIREZIONE LAVORI e con quanto specificato nella presente sezione.

*c) Modalità di prova*

L'ESECUTORE eseguirà tutte le prove di carico sui pali/micropali in accordo con tutte le prescrizioni richiamate nelle norme di riferimento indicate.

Salvo diverse indicazioni di progetto le prove di carico statico dovranno essere eseguite effettuando n.2 cicli di carico-scarico, raggiungendo nel primo ciclo il carico assiale pari all'azione di progetto utilizzata per le verifiche SLE (combinazione rara) e nel secondo ciclo il carico massimo di prova, ovvero il medesimo carico assiale moltiplicato per 1,5 volte. Le modalità di applicazione del carico dovranno essere effettuate mediante incrementi e decrementi graduali in accordo con le indicazioni della DIREZIONE LAVORI.

*d) Resoconto delle prove*

Alla fine delle prove l'ESECUTORE dovrà redigere una scheda che contenga, per ogni palo/micropalo, i seguenti dati:

- il numero di identificazione del palo rispetto alla planimetria e le caratteristiche nominali del palo (lunghezza, diametro);
- la stratigrafia del terreno rilevata durante la perforazione (pali trivellati);
- le caratteristiche della prova (dispositivo di contrasto, travi portamicrometri, carico applicato);
- la disposizione, le caratteristiche ed i certificati di taratura della strumentazione;
- la scheda tecnica del palo, redatta all'atto dell'esecuzione;
- l'ora di esecuzione delle varie operazioni di prova;

- la temperatura riscontrata all'atto delle prove;
- il tempo progressivo di applicazione del carico;
- le corrispondenti misurazioni di ogni comparatore e i relativi valori medi;
- le note e le eventuali osservazioni;
- le tabelle ed i diagrammi completi delle letture tempo-carico-cedimento con le indicazioni dei singoli comparatori e la loro media aritmetica; Sono richieste anche le fotocopie chiaramente leggibili della documentazione originale di cantiere ("verbale")
- interpretazione dei risultati della prova in relazione ai valori di progetto.

### **3.7.2 PROVE SU PALI STRUMENTATI**

Quando richiesto dal progettista, le prove di carico assiali, oltre che di definire la curva carico-cedimento alla testa del palo, avranno lo scopo di valutare l'entità e la distribuzione del carico assiale e la curva di mobilitazione dell'attrito lungo il palo. Pertanto dovranno essere predisposte preliminarmente una serie di sezioni strumentate nel fusto e alla base del palo stesso, in conformità alle indicazioni di progetto.

In tale circostanza, previa approvazione da parte della DIREZIONE LAVORI, il massimo carico assiale di prova potrà essere posto pari a 1,2 volte l'azione di progetto utilizzata per le verifiche SLE.

### **3.7.3 PROVE DI CONTROLLO SONICO**

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, per le attrezzature, i dispositivi e le metodologie di prova, dovrà verificare la conformità con quanto di seguito descritto.

Le prove di controllo sonico consistono in:

- carotaggio sonico;
- prove cross-hole.

### **3.7.3.1 Carotaggio sonico**

#### **3.7.3.1.1 Descrizione della prova**

Il metodo di prova consiste nella esecuzione di un carotaggio nel palo già eseguito e nella registrazione delle modalità di propagazione di un impulso sonico nel calcestruzzo circostante, seguendo un percorso parallelo all'asse del palo.

La sonda sonica è composta da un elemento emettitore ed uno ricevitore, distanziati normalmente di 0,50 m in verticale.

#### **3.7.3.1.2 Frequenza di esecuzione**

La DIREZIONE LAVORI potrà richiedere l'esecuzione di carotaggi meccanici, verticali o comunque inclinati, per l'esecuzione di prove soniche. In tal caso le prove potranno essere richieste fino al limite del 5% dei pali realizzati. Nel caso di anomalie o risultati non soddisfacenti, il numero di prove potrà essere aumentato a giudizio della DIREZIONE LAVORI. I fori eseguiti per i suddetti carotaggi dovranno essere reintegrati con iniezioni di malta di cemento di adeguata densità ed addizionata con additivo anti-ritiro in modo da ottenere la completa cementazione dei fori stessi.

La sonda viene fatta scorrere all'interno del foro ad intervalli regolari di profondità, almeno ogni 5 cm; l'elemento emettitore genera un impulso che raggiunge il ricevitore dopo essersi propagato nel calcestruzzo.

Il risultato delle misure è una diagrafica a "densità variabile" che visualizza lo stato di integrità oppure la presenza di anomalie del calcestruzzo.

A giudizio della DIREZIONE LAVORI, in alternativa alla prova come sopra descritta, si potrà procedere a prove del tipo vibrazionale eseguite dalla testa del palo.

#### **3.7.3.1.3 Documentazione della prova**

L'esito delle prove sarà registrato in una apposita scheda in cui saranno indicati, per ogni palo:

- dati identificativi del palo rispetto alla planimetria ;
- l'ora di esecuzione delle varie operazioni di prova;

- la temperatura riscontrata all'atto delle prove;
- il tipo di sonda sonica impiegata ed i relativi certificati di taratura;
- le misurazioni effettuate ad ogni avanzamento della sonda;
- il diagramma completo con tutte le misurazioni in funzione degli avanzamenti;

### **3.7.3.2 Prove cross-hole**

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, per le attrezzature, i dispositivi e le metodologie di prova, dovrà verificare la conformità con quanto di seguito descritto.

#### **3.7.3.2.1 Descrizione della prova**

Le misure di cross-hole sonico (impulso su percorso orizzontale) consistono nella registrazione delle modalità di propagazione di un impulso sonico nel calcestruzzo interposto tra tubi di misura.

Per l'esecuzione della prova è necessario aver predisposto tre tubi (solidali alla gabbia d'armatura) all'interno del palo prima dell'esecuzione del getto (per i pali trivellati ad elica continua, i tre tubi dovranno essere comunque solidali alla gabbia d'armatura e calati nel foro subito dopo il getto).

#### **3.7.3.2.2 Frequenza delle prove**

L'ESECUTORE dovrà predisporre, prima dell'esecuzione del getto e secondo le indicazioni della DIREZIONE LAVORI, il 30% dei pali non in alveo per l'effettuazione del controllo dell'esecuzione con il metodo "cross hole". Per i pali in alveo e in zone golenali questa predisposizione dovrà essere estesa al 100% dei pali.

L'attrezzaggio dovrà essere eseguito mediante la predisposizione di almeno tre tubazioni metalliche o in PVC a 120° preassemblate sull'armatura del palo, aventi diametro interno non inferiore ad 1 pollice e mezzo. L'utilizzo di tubazioni in PVC è subordinato all'approvazione della DIREZIONE LAVORI.

Prima dell'esecuzione della prova i tubi devono essere riempiti con acqua dolce.

La prova dovrà essere eseguita sui pali indicati dalla DIREZIONE LAVORI, e dovrà riguardare 1/3 dei pali predisposti. Nel caso di anomalie o risultati non soddisfacenti il numero di prove potrà essere aumentato a giudizio della DIREZIONE LAVORI.

In uno dei fori predisposti viene introdotta la sonda emettitrice, nell'altro quella ricevente. Le due sonde vengono contemporaneamente fatte scorrere all'interno dei due tubi; ad intervalli regolari di profondità la sonda emettitrice genera un impulso sonico che raggiunge l'altra sonda dopo aver attraversato il calcestruzzo. L'esito delle prove sarà registrato con strumentazioni digitali.

### **3.7.3.2.3 Documentazione della prova**

L'esito delle prove sarà registrato in una apposita scheda in cui saranno indicati, per ogni palo:

- dati identificativi del palo rispetto alla planimetria ;
- l'ora di esecuzione delle varie operazioni di prova;
- la temperatura riscontrata all'atto delle prove;
- il tipo di sonda sonica impiegata ed i relativi certificati di taratura;
- le misurazioni effettuate ad ogni avanzamento della sonda;
- il diagramma completo con tutte le misurazioni in funzione degli avanzamenti;

### **3.7.3.3 PROVE DI AMMETTENZA MECCANICA (TRANSIENT DYNAMIC RESPONSE TEST)**

L'ESECUTORE se non diversamente previsto, per le attrezzature, i dispositivi e le metodologie di prova, dovrà verificare la conformità con quanto di seguito descritto.

Le prove di ammettenza meccanica, anche dette ecometriche, potranno essere eseguite, a discrezione della DIREZIONE LAVORI, su pali non sottoposti ad altra prova (a meno di quelle necessarie per le correlazioni con i risultati delle cross hole) ed aventi caratteristiche (dimensioni, materiali, terreno, ecc.) identiche a quelle di pali assoggettati alla prova di carico assiale. Lo scopo è verificare, in modo non distruttivo, la profondità e l'eventuale presenza di difetti lungo l'altezza dei pali.

#### **3.7.3.3.1 Descrizione della prova**

Il principio su cui si basano le prove ecometriche, è quello dell'analisi della propagazione delle onde elastiche all'interno di un mezzo continuo. Il palo viene messo in vibrazione da una forza impulsiva assiale esercitata mediante l'impiego di

un semplice martello. L'onda di compressione generata dal colpo del martello sull'estremità superiore del palo si propaga verso il basso all'interno del palo stesso; giunta alla base in assenza di discontinuità, l'onda subisce una parziale riflessione verso l'alto ed alla testa del palo essa è rilevata da un geofono.

#### **3.7.3.3.2 Modalità di esecuzione**

Il palo deve essere preparato mediante spianamento e regolarizzazione della testa; lo spessore della malta deve essere non superiore a 5 cm.

Nel caso di impiego di eccitatore a masse eccentriche, occorre inserire nella testa del palo dei tirafondi di ancoraggio.

Vengono inseriti i dati riguardanti il palo da investigare e si impostano i fattori di elaborazione del segnale (filtri, amplificazione del segnale, velocità di propagazione, ecc.). Il sensore (geofono), collegato alla centralina, viene posto a contatto con la testa del palo da investigare, e con il martello si batte un colpo. L'onda d'urto prodotta e la risposta del palo vengono registrati ed elaborati dalla centralina elettronica e quindi visualizzati sul display.

L'eccitazione dinamica può essere ottenuta anche mediante un eccitatore a masse eccentriche, in grado di applicare una forza oscillante secondo una sinusoide di frequenza nota, variabile in genere da 20 a 100 Hz.

La risposta fornisce un "riflessogramma" mediante la cui analisi si diagnostica la presenza di eventuali difetti nel palo e la sua lunghezza.

#### **3.7.3.3.3 Documentazione della prova**

Oltre a quanto indicato ai paragrafi precedenti e ai dati generali identificativi del palo e delle condizioni di esecuzione della prova, devono essere riportati nella documentazione tutti i diagrammi e i risultati delle misure effettuate.

### **3.8 TOLLERANZE DI COSTRUZIONE**

### **3.8.1 OBIETTIVI**

Il presente paragrafo indica i valori delle tolleranze di costruzione ritenute significative per stabilire l'accettazione di opere/parti d'opera realizzate dall'Esecutore.

Il rispetto delle tolleranze indicate significa conformità dell'opera al progetto.

Valori riscontrati eccedenti i limiti di seguito indicati comportano l'apertura di non conformità e il relativo trattamento (demolizione, rilavorazione, riparazione, accettazione tal quale con eventuale detrazione o deprezzamento).

### **3.8.2 DEFINIZIONI**

- Tolleranza: intervallo entro il quale deve essere compreso il valore effettivo di un certo parametro per ritenere il manufatto conforme e remunerabile secondo contratto.
- Valore teorico: valore di un parametro indicato in progetto.
- Valore effettivo: valore del parametro richiesto misurato sul manufatto costruito.
- Precisione: minima entità della misura che si deve essere in grado di rilevare, ovvero livello di apprezzamento strumentale.
- Valore nominale: prescrizione contrattuale (progetto, capitolato).

### **3.8.3 MODALITÀ DI LETTURA**

Le tolleranze non sono cumulative. In caso di più di una indicazione, è sempre vincolante quella più restrittiva.

Una tolleranza positiva (+) aumenta il valore o la dimensione alla quale essa è applicata o alza la quota di un livello.

Una tolleranza negativa (-) diminuisce il valore o la dimensione alla quale essa è applicata o abbassa la quota di un livello.

Una tolleranza priva di segno è da intendersi positiva (+) e negativa (-).

Ove è precisata una tolleranza con un singolo segno positivo (+) o negativo (-) non esiste limite nel campo restante.

Nella colonna "ulteriore limitazione" viene indicato il limite massimo della tolleranza ammessa in valore assoluto.

OGGETTO DEL CONTROLLO	DESCRIZIONE PARAMETRO DI CONTROLLO		UNITA' DI MISURA	PRECISIONE	VALORE NOMINALE	TOLLERANZA		ULTERIOR E LIMITAZIONE	
1- PALO TRIVELLATO	1.1	Coordinate planimetriche centro palo (generico)	mm	5	di progetto	10% $\Phi$		75	
	1.2	Coordinate planimetriche centro palo (paratia di pali)	mm	5	di progetto	5% $\Phi$		50	
	1.3	Verticalità (palo in gruppo, completamente interrato)	%	0.4	0	2			
	1.4	Verticalità (paratia di pali)	%	0.4	0	1			
	1.5	Inclinazione (palo inclinato)	%	0.4	di progetto	4			
	1.6	Lunghezza "L" palo	mm	20	di progetto	L/100			
	1.7	Diametro " $\Phi$ " palo finito	mm	5	di progetto	-2% $\Phi$	+5% $\Phi$		
	1.8	Quota testa palo	mm	10	di progetto	50			
	1.9	Interasse "i" staffe palo	mm	5	di progetto	-20% i	+10% i		
	1.10	Copriferro armatura metallica palo	mm	1	60	-10			
	1.11	Spessore lamierino di protezione	mm	0.1	di progetto	-0.5			
2- MICROPALO	2.1	Coordinate planimetriche centro micropalo	mm	5	di progetto	10% $\Phi$		20	
	2.2	Verticalità micropalo	%	0.4	0	2			
	2.3	Direzione asse micropalo (inclinato)	%	1/250	di progetto	4			
	2.4	Lunghezza micropalo	mm	10	di progetto	L/100			
	2.5	Diametro " $\Phi$ " micropalo finito	mm	5	di progetto	-2% $\Phi$	+5% $\Phi$		
	2.6	Quota testa palo	mm	10	di progetto	50			
3-PALO BATTUTO IN	3.1	Dimensione sezione retta	mm	1	di progetto	-1	6		
	3.2	Deviazione dalla linearità (misurata su 3 m di lunghezza)	mm	1	0	6			

**TECNICI**

CLS	3.3	Distanza del centro di una generica sezione retta, dalla linea retta congiungente i centri delle due sezioni estreme (distanti "L")	mm	1	0	L/500	L/500		
-----	-----	---	----	---	---	-------	-------	--	--

## 4 GALLERIE

### 4.1 SCOPO E CAMPO D'APPLICAZIONE

Le presenti prescrizioni si intendono integrative, ove non in contrasto, delle Norme di Legge vigenti in materia di esecuzione e collaudo di gallerie.

#### 4.1.1 CAMPO DI APPLICAZIONE

Le prescrizioni si applicano alle gallerie naturali di nuova costruzione - realizzate con scavo tradizionale o meccanizzato - alle gallerie artificiali ed alle relative opere ad esse connesse (nicchie, nicchioni, cameroni, cunicoli, etc).

Le gallerie naturali sono quelle realizzate a "foro cieco" in sotterraneo, mentre le artificiali sono i manufatti realizzati totalmente o parzialmente dall'esterno e successivamente ritombati.

Lo scavo a foro cieco delle gallerie naturali può essere suddiviso nelle seguenti categorie di lavoro:

- 1) *Scavo a foro cieco con sistema tradizionale:*
  - e) con mezzi meccanici (martellone, ripper, escavatore, etc);
  - f) con esplosivo;
  - g) con fresa ad attacco puntuale.
- 2) *Scavo a foro cieco con sistema meccanizzato:*
  - h) con TBM (Tunneling Boring Machines)

Nel Capitolato sono riportate le prescrizioni relative ai materiali, alle opere, ed alle modalità esecutive generalmente impiegati per la realizzazione di una galleria naturale o artificiale.

Per tutto ciò che non è indicato nel presente Capitolato è necessario fare riferimento al progetto e, qualora allegato al contratto, al Capitolato Speciale.

In relazione all'interazione delle strutture col terreno, le modalità esecutive sono definite nel progetto e ne rappresentano parte integrante. È quindi attività tipicamente progettuale la definizione delle sezioni di scavo, delle caratteristiche del prerivestimento e dei sostegni del cavo, nonché delle fasi e dei vincoli di realizzazione

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

dei diversi componenti del rivestimento definitivo (calotta, piedritti, murette, arco rovescio).

L'ESECUTORE deve rispettare tutte le indicazioni contenute nei documenti progettuali in particolare per quanto attiene alle geometrie degli interventi di consolidamento e rivestimento, alle caratteristiche dei materiali da impiegare, alla sequenza ed alla successione delle fasi.

Preventivamente alla realizzazione degli interventi, è necessario verificare il comportamento tenso-deformativo dell'ammasso durante lo scavo, con particolare riferimento al comportamento del fronte. Tale valutazione viene effettuata attraverso il confronto tra le previsioni progettuali e le informazioni ricavate dall'attività di monitoraggio che l'ESECUTORE eseguirà in corso d'opera in modo aderente al progetto, organizzando i dati raccolti in un quadro sintetico.

Nel corso della realizzazione dell'opera si dovrà inoltre tener conto, quando necessario, che l'adeguamento del progetto alle reali condizioni del terreno riscontrate durante lo scavo è di competenza del progettista.

**4.1.1.1 ONERI GENERALI**

L'ESECUTORE dovrà provvedere all'esecuzione di tutte le prove ed i rilievi previsti dal progetto o dalle prescrizioni del Capitolato ed eventualmente richieste dalla Direzione Lavori. Avrà inoltre l'onere di provvedere alla registrazione e archiviazione di tutti i dati e alla segnalazione tempestiva, alla Direzione Lavori, di tutte le anomalie riscontrate.

Per gli interventi di miglioramento, rinforzo e stabilizzazione la Direzione Lavori potrà richiedere la realizzazione di adeguati campi prova per tarare i parametri esecutivi al fine di garantire i requisiti di progetto. Le prove preliminari, ove previste, non costituiscono certificazione di qualità dei lavori, ma hanno soltanto lo scopo di provare la fattibilità e l'efficacia degli interventi previsti in progetto. Gli oneri diretti e indiretti connessi con la realizzazione dei campi prova sono compresi e compensati nei prezzi delle opere. Solo nel caso in cui, a seguito delle risultanze delle prove eseguite, si

## **DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI**

---

ritenesse di non adottare gli interventi di progetto, saranno compensati all'ESECUTORE, a misura, i soli interventi eseguiti e sottoposti a verifica.

Sono a carico dell'ESECUTORE l'installazione e la gestione dei cantieri necessari a realizzare l'opera per la parte di sua competenza. L'ESECUTORE è, inoltre, tenuto al controllo delle aree di cantiere ed alla regolamentazione degli accessi.

L'ESECUTORE dovrà provvedere alla realizzazione e manutenzione di strade di accesso alle opere in costruzione adeguate al transito dei mezzi di lavoro e dei mezzi di locomozione per il personale.

L'ESECUTORE dovrà garantire la presenza continua del personale necessario alla conduzione, manutenzione e guardiania degli impianti di servizio necessari per la sicurezza e operabilità dei cantieri in sotterraneo.

E' onere dell'ESECUTORE mettere a disposizione tutte le attrezzature ed il personale richieste dalla Direzione Lavori per l'esecuzione di prove o controlli in opera, inclusa l'adeguata illuminazione e ventilazione dei luoghi.

L'ESECUTORE dovrà adottare tutti gli accorgimenti necessari, sia definitivi che provvisori, atti ad evitare il prosciugamento di pozzi e sorgenti, nonché danni ai fabbricati, alle sedi stradali e alle opere e sottoservizi interferenti con i lavori.

È a carico dell'ESECUTORE, quando necessario, il trattamento delle acque provenienti dalla galleria prima del loro scarico all'esterno.

## **4.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO**

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo.

Si elencano di seguito la principale normativa e documentazione di riferimento.

### **4.2.1 NORMATIVA NAZIONALE**

- Circolare esplicativa del 17 gennaio 2019 n.7/C.S.LL.PP;

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

- Nuove norme tecniche per le costruzioni DM Infrastrutture 17/01/2018;
- DPR 380/2001 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia"
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3431 del 3/05/05. Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003. Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3316 del 2/10/2003. Modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003.
- Decreto Ministeriale LL.PP. 16/01/1996. Norme tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica della sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
- Decreto Ministeriale LL.PP. 16/01/1996. Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.
- Decreto Ministeriale LL.PP. 9/01/1996. Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- Decreto Ministeriale LL.PP. 11/03/1988. Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- Legge 5/11/1071 n.1086 "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica."

#### 4.2.2 NORMATIVA EUROPEA

- UNI EN 13252:2014 - Geotessili e prodotti affini - Caratteristiche richieste per l'impiego nei sistemi drenanti.
- UNI EN 13256:2014 - Geotextiles and geotextile-related products - Characteristics required for use in the construction of tunnels and underground structures.
- UNI EN 1537 (2013). Esecuzione di lavori geotecnici speciali - Tiranti di ancoraggio
- UNI EN 1992-1 (2005). Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo
- UNI EN 1997-1 (2005). Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte1: Regole generali.
- UNI EN 1998-5 (2005). Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

##### **Avanzamento con scavo meccanizzato**

- UNI EN 12110:2008 : Macchine per scavo meccanizzato di gallerie - Accesso alla zona in pressione - Requisiti di sicurezza.
- UNI EN 12111:2010 : Macchine per scavo meccanizzato di gallerie - Frese, minatori continui e impacts rippers - Requisiti di sicurezza.
- UNI EN 12336:2009 : Macchine per scavo meccanizzato di gallerie - Scudo meccanizzato, spingitubo meccanizzato, spingitubo meccanizzato con estrattore a coclea, erettori di conci - Requisiti di sicurezza.
- EVS-EN 815:1999+A2:2008: Safety of unshield Tunnel Boring Machines and rodless Shaft Boring Machines for rock (Specifies the essential safety requirements for design, construction and maintenance when used in non-explosive atmospheres, together with methods of verification).

- DIN EN 12021:1998 (già DIN EN 3188). Respiratory protective devices - Compressed air for breathing apparatus.

#### **4.2.3 DOCUMENTAZIONE TECNICA**

##### **Avanzamento con scavo tradizionale**

- AICAP-AGI (2012). Ancoraggi nei terreni e nelle rocce. Raccomandazioni
- AGI (2012). Jet Grouting. Raccomandazioni.
- SIG (1997). Linee guida per la progettazione, l'appalto e la costruzione di opere in sotterraneo.
- AGI (1994). Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio.
- AFTES - Groupe de travail n°7, Tunnel support and lining. Recommendations for use of convergence – confinement method.
- ITA (1988). Guidelines for the design of tunnels.
- AGI (1977). Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.

##### **Avanzamento con scavo meccanizzato**

- ITA/AITES – International Tunnelling Association: Recommendations and Guidelines for Tunnel Boring Machines (TBMs) Year 2000 - Working Group : WG 14 « Mechanized Tunnelling »
- SIG – Linee guida per la scelta delle TBM (5/1997)
- DAUB - German Tunnelling Committee (ITA/AITES): Recommendations for selecting tunnel boring machines (10/2010)
- DAUB - German Tunnelling Committee (ITA/AITES): Recommendations for Design and Operation of Shield Machines (6/2000)
- DAUB - German Tunnelling Committee (ITA/AITES): Recommendations for selecting and evaluating tunnel boring machines (5/1997)

- STUVA - (Germany - Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen - Società per lo studio infrastrutture sotterranee) : Recommendations for the Use of Gaskets for sealing segmental Linings (2/2006)
- STUVA - (Germany - Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen - Società per lo studio infrastrutture sotterranee): Recommendations for Testing and Application of sealing Gaskets in segmental Linings (8/2005).

### **4.3 DEFINIZIONI**

**ESECUTORE:** Soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor, Contraente Generale).

**Additional Face Support System (AFSS):** Sistema addizionale di regolazione e controllo, automatico e manuale, della contropressione al fronte nel sistema di scavo con l'EPBs, mediante iniezione di bentonite o polimero nella camera di scavo per compensare il rilassamento delle pressioni del materiale nonché del livello all'interno della camera di scavo.

**Ammasso roccioso:** roccia in sito, considerata assieme alle discontinuità strutturali proprie delle condizioni naturali.

**Arco rovescio:** arco in calcestruzzo semplice o armato che chiude l'anello di rivestimento definitivo.

**Avanzamento:** scavo al fronte con eventuali interventi di stabilizzazione eseguiti sul contorno del cavo o davanti al fronte.

**Back-up:** sistema di carri posto dietro lo scudo su cui sono alloggiare tutte le attrezzature del sistema di scavo ed avanzamento, come i motori dei vari componenti della TM, i trasformatori, i quadri elettrici, il sistema di ventilazione, la cabina comando, il sistema di allontanamento del materiale di scavo (con nastro trasportatore o per via idraulica), il sistema di traslazione dei conci prefabbricati, l'impianto di iniezione a tergo ed altri impianti supplementari in relazione alla tipologia di macchina.

**Bentonite:** materiale impiegato per rendere il fronte di scavo impermeabile all'aria compressa, per sopperire alle eventuali carenze di frazione granulometrica fine del terreno, per lubrificare gli utensili di scavo.

**Bicomponente:** miscela liquida a presa rapida per l'iniezione a tergo del rivestimento. È composta da due componenti A e B, il primo consiste in una miscela di materiale solidificante a base di cemento, bentonite e acqua, il secondo costituito da un accelerante.

**Bullone di ancoraggio:** tipico ancoraggio da roccia. È caratterizzato da un elemento resistente a trazione (armatura) costituito da barre in acciaio o vetroresina, non connesso strutturalmente al terreno nel tratto libero, posto generalmente in opera in senso radiale alla sezione di scavo.

**Campo di variazione di un parametro:** intervallo di valori entro il quale varia un parametro geotecnico riferibile ad una zona geotecnicamente omogenea. Entro tale campo sono compresi il valore atteso ed i valori limite, superiore ed inferiore.

**Caratterizzazione geotecnica:** individuazione, lungo il tracciato della galleria, delle zone geotecnicamente omogenee e dei parametri geotecnici significativi che si prevede di utilizzare per il progetto e per il controllo dell'opera nel suo insieme ed in rapporto al terreno.

**Chiodo di ancoraggio:** ancoraggio costituito da barre integralmente connesse al terreno ed operanti in un dominio di trazione e taglio; le barre sono in acciaio o in altri idonei materiali (ad esempio, vetroresina, fibre di carbonio o similari); la connessione al terreno può essere ottenuta con cementazione mediante miscele cementizie o chimiche o con mezzi meccanici.

**Circuito fanghi:** impianto idraulico costituito da due tubazioni e relative pompe per il trasporto dei fanghi di entrata e di uscita nel sistema Slurry/Hydroshield.

**Classe di scavo:** classificazione secondo i parametri geomeccanici di riferimento dei terreni/rocce incontrati durante lo scavo.

**Coclea di estrazione:** vite senza fine per l'estrazione del materiale dalla camera di scavo sino al nastro trasportatore.

**Coda scudo:** parte terminale del mantello dello scudo dove avviene la posa del rivestimento.

**Concentration Factor (CF: fattore di concentrazione):** nel sistema EPBs è la concentrazione dell'additivo schiumogeno. È il rapporto tra la quantità di agente schiumogeno e la quantità di liquido o soluzione schiumogena espresso in %. Tale rapporto varia normalmente da 0,5% a 5%.

**Conci:** segmenti prefabbricati in calcestruzzo armato che assemblati costituiscono l'anello di rivestimento.

**Concio di chiave:** elemento a forma trapezoidale dell'anello che viene montato per ultimo. Conci di controchiave: sono i due elementi dell'anello direttamente a contatto della chiave. Consolidamento : insieme degli interventi di stabilizzazione dei terreni.

**Convergenza:** deformazione del terreno a seguito dello scavo, in senso radiale, verso l'interno della galleria; esprime la variazione di distanza tra due punti sulle pareti opposte del cavo.

**Cunicolo:** galleria di piccola sezione. Il termine è in utilizzato genere riferito al cunicolo pilota, quando questo precede l'allargamento alla sezione di scavo della galleria in progetto.

**Cutter:** disco tagliante per lo scavo in rocce molto dure.

**Dente:** utensile di scavo per rocce tenere o per terreni.

**Doppioscudata (DSM):** Scudo telescopico dotato di un doppio sistema di spinta, costituito dai grippers posti all'interno della parte anteriore dello scudo e dai martinetti idraulici longitudinali posti all'interno della parte centrale dello scudo, che permette l'avanzamento continuo. La macchina offre la possibilità di effettuare il ciclo di lavoro continuo grazie alla capacità di scavare simultaneamente al montaggio del rivestimento in conci prefabbricati, il che permette di abbassare notevolmente il ciclo di scavo ed aumentare l'avanzamento.

**Drenaggio:** intervento volto a modificare il regime delle pressioni neutre nel terreno intorno alla sezione di scavo; è da attuare rispettivamente in direzione radiale rispetto alla sezione di scavo o in avanzamento davanti al fronte.

**Durabilità (della galleria):** requisito della struttura che, per il periodo di vita richiesto, esplica le sue funzioni risultando resistente e stabile, quindi idonea all'esercizio.

**Earth Pressure Balance Shield (EPBs):** macchina che realizza una contropressione attiva nella camera di scavo attraverso lo stesso materiale scavato che è mantenuto in pressione attraverso i martinetti di spinta dello scudo che trasferiscono la pressione al diaframma di separazione tra scudo e camera di scavo e quindi al terreno scavato. Durante lo scavo vengono iniettati attraverso degli ugelli posti sul diaframma e sulla testa fresante degli additivi quali bentonite o schiume per realizzare una membrana impermeabile sul fronte di scavo e rendere plastico il terreno scavato. L'estrazione del terreno avviene per mezzo di una coclea. Il campo di impiego è costituito dai terreni con un'alta percentuale di argilla o limo e bassa permeabilità all'acqua.

**Erettore:** braccio meccanico solitamente ad anello per la movimentazione e montaggio dei singoli conci costituenti l'anello.

**Estrusione:** fenomeno di deformazione del fronte di avanzamento, caratterizzato da un movimento del fronte di scavo, in senso longitudinale verso l'interno dello scavo.

**Foam Expansion Rate (FER: rapporto espansione schiume):** nel sistema EPBs è il rapporto tra il volume delle schiume (costituito da liquido schiumogeno e aria) iniettate e volume del liquido schiumogeno (acqua + agente schiumogeno). Il range di variabilità del rapporto è compreso tra 5 e 30

**Foam Injection Rate (FIR: rapporto iniezione schiuma):** nel sistema EPBs è il volume di schiuma iniettata per metro cubo di terreno abbattuto espresso in percentuale. Dipende dalla porosità del terreno.

**Frantoio:** dispositivo eventuale collocato nella parte bassa della camera di scavo degli Slurry/Hydroshield utilizzato per frantumare blocchi di dimensioni tali da non passare attraverso la tubazione di aspirazione dello smarino.

**Grasso coda:** lubrificante che si inietta continuamente in pressione e volume controllato tra le file di spazzole in modo da costituire delle camere di grasso in pressione che impediscono l'entrata di acqua e solido dall'esterno.

**Gripper:** organi di propulsione e contrasto costituiti da una o più coppie di piastre, le quali vengono spinte dai rispettivi martinetti idraulici (facenti parte del corpo della macchina) contro le pareti della galleria (che ovviamente risulta di sezione circolare). Sono applicate alle TBM aperte da roccia.

**Guarnizione antiriflusso:** lamiera metalliche sovrapposte disposte sul bordo esterno della coda per impedire il riflusso nell'intercapedine tra estradosso scudo e profilo di scavo della miscela cementizia e/o del ghiaietto di riempimento nella camera di scavo.

**Guarnizione di tenuta di coda:** sistema di tenuta idraulica costituita da più file di spazzole in fili di acciaio armonico, fissata sull'intradosso della parte terminale dello scudo ("coda") per impedire l'entrata di acqua e di solido nell'intercapedine tra l'estradosso del rivestimento e l'intradosso del mantello.

**Hydroshield (HS):** macchina che realizza nella camera di scavo una contropressione attiva mediante un fluido viscosizzante e impermeabilizzante (bentonite). L'evacuazione del materiale avviene per via idraulica attraverso una tubazione di "ritorno o d'aspirazione" che trasporta il materiale ad un impianto di separazione collocato all'esterno e che provvede a separare la parte solida da quella liquida, quest'ultima in parte è recuperata e inviata al fronte tramite una tubazione di "mandata". È particolarmente adatta per terreni sciolti, dai banchi di sabbia fine alle ghiaie a grana grossa con alta permeabilità all'acqua.

**Indagini geognostiche:** metodologie di acquisizione dei dati geologici e geotecnici necessari per integrare le conoscenze acquisite preliminarmente e volte alla ricostruzione del modello geologico e geotecnico.

**Infilaggio:** intervento di presostegno del cavo realizzato in avanzamento, con tubi metallici o in vetroresina, a partire da fronte di scavo.

**Jet-grouting sub-orizzontale:** intervento di stabilizzazione da attuare in avanzamento davanti al fronte; le colonne di jet-grouting possono essere eseguite: (a) al contorno della sezione di scavo, a costituire un arco di terreno consolidato a geometria tronco-conica; (b) isolate, a consolidare il terreno al fronte; (c)

subverticali, al piede delle murette o al di sotto dell'arco rovescio. L'intervento non è utilizzato in terreni francamente argillosi e/o a comportamento rigonfiante.

Luce libera di scavo: massima lunghezza, non sostenuta, di scavo in avanzamento.

**Macchine combinate speciali (CSM):** macchine che si possono adattare alle variabilità geologiche dell'ammasso modificando opportunamente alcuni sistemi principali (ad es. il sistema di supporto del fronte, gli utensili di scavo, il sistema di estrazione del marino).

**Metodo di scavo:** tecnologia esecutiva finalizzata all'esecuzione di scavi a foro cieco in terreni e rocce.

**Miglioramento:** modificazione della costituzione e delle caratteristiche fisico-meccaniche del terreno ottenibile con o senza materiale di apporto.

**Modello geotecnico:** schema rappresentativo delle condizioni stratigrafiche, del regime delle pressioni interstiziali e della caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce comprese nel volume significativo finalizzato all'analisi quantitativa di uno specifico problema geotecnico

**Monitoraggio:** attività di controllo e misurazione del comportamento tensio-deformativo del terreno e dei rivestimenti, a seguito dello scavo. Comporta l'installazione di strumenti di misura sia in fase di scavo che di esercizio della galleria, tanto al suo interno che esternamente; sono comprese la lettura, l'interpretazione dei dati e l'archiviazione informatica dei dati stessi.

**Overcutter:** sistema per realizzare un sovrascavo variabile mediante utensile di scavo azionato idraulicamente a controllo continuo dalla cabina di comando e controllo della TBM.

**Polimero:** agente stabilizzante della miscela bentonitica e delle schiume.

**Portelloni di brandaggio:** piastre metalliche attivate tramite pistoni solo a scudo fermo montate o sui bracci della testa fresante o sul diaframma di tenuta e spinti in avanti sino a contatto del fronte per contrastare la spinta del terreno.

**Precontenimento (intervento di):** intervento di stabilizzazione eseguito davanti al fronte di scavo; esempio tipico di intervento di precontenimento è quello effettuato

con tubi o elementi strutturali in VTR (semplicemente cementati o iniettati) o con colonne di jet grouting sub orizzontali.

**Prerivestimento:** insieme degli elementi resistenti (bulloni, centine e calcestruzzo proiettato, di regola armato con rete elettrosaldato o fibre metalliche) posto in opera subito dopo lo scavo. Ha funzioni strutturali e inibisce l'alterazione dell'ammasso roccioso contribuendo a preservarne le caratteristiche meccaniche.

**Presostegno (intervento di):** intervento di sostegno eseguito davanti al fronte di scavo; esempio tipico di intervento di presostegno è quello degli infilaggi davanti al fronte di avanzamento.

**Profilo geotecnico/geomeccanico:** elaborato che sintetizza le determinazioni progettuali a partire dalla fase di caratterizzazione geotecnico/geomeccanica fino alla definizione delle sezioni tipo di avanzamento per tratta omogenea di galleria.

**Programmable Logic Controller (PLC):** computer specializzato nella gestione e/o controllo dei processi industriali. Raggio plastico: distanza dal centro della galleria, in senso radiale, del confine fra zona a comportamento plastico e zona in condizioni elastiche.

**Rivestimento definitivo:** anello di rivestimento in conglomerato cementizio, armato o non armato, gettato in opera o eseguito in conci prefabbricati, in ragione della funzione strutturale prevista in sede di progetto.

**Rock Quality Designation (RQD):** indice che misura l'integrità della roccia, previa esecuzione di carotaggi. È definito dalla percentuale di recupero del carotaggio, riferita alla somma degli spezzoni di carota che presentano lunghezza  $l \geq 10$  cm.

**Scavi:** insieme delle tecnologie esecutive finalizzate alla effettuazione di scavi foro cieco in terreni, rocce o materiali di qualsiasi natura.

**Scavo meccanizzato con fresa a piena sezione:** scavo a foro cieco con attrezzatura completamente meccanizzata a piena sezione con sostegno delle pareti mediante scudo metallico, eventuale presostegno del fronte e posa del rivestimento in segmenti prefabbricati in c.a.

**Scavo in modalità aperta:** scavo che avviene senza realizzare nella camera di lavoro una contropressione attiva sul fronte.

**Scavo in modalità chiusa:** scavo che avviene realizzando nella camera di lavoro una contropressione attiva sul fronte.

**Schiuma (Foam):** prodotto che, nel sistema EPBs, si inietta sul fronte, nella camera di scavo e nella coclea per condizionare, plasticizzare e impermeabilizzare il terreno scavato. È ottenuto per miscelazione di acqua, tensioattivo ed aria in misura variabile in ragione del tipo di terreno e del tipo di schiuma utilizzata.

**Scudo articolato:** scudo dotato di pistoni longitudinali attivi o passivi installati tra la parte anteriore e quella centrale del mantello per migliorare la guidabilità della macchina e per affrontare curve strette.

**Shield Machines:** macchine scudate in cui l'abbattimento del fronte e lo scavo avvengono con l'impiego di uno o più mezzi puntuali.

**Sezione tipo:** insieme degli interventi che definiscono la modalità di avanzamento della galleria (preconsolidamenti, scavo, rivestimenti).

**Smarino:** materiale di risulta proveniente dallo scavo della galleria.

Sostegno (intervento di): insieme degli interventi eseguiti sul contorno del cavo in modo "passivo", che impediscono lo sviluppo di una risposta deformativa non controllata.

**Sostegno attivo del fronte:** realizzazione nella camera di scavo di una contropressione attiva allo scopo di contrastare la pressione del terreno e dell'acqua di falda ottenuta con aria compressa, o con un fluido viscosizzante (bentonite) con proprietà impermeabilizzanti o con una pasta di terra ottenuta dallo stesso materiale di scavo opportunamente condizionato con additivi che riempie la camera di lavoro.

**Sostegno meccanico del fronte:** ottenuta con portelloni di brandaggio che vengono attivati con un sistema automatico di comando e controllo dalla cabina di comando, o manuale dalla camera di scavo, durante i fermi della macchina per contrastare la pressione del terreno e consentire gli eventuali interventi in camera di scavo in sicurezza.

**Spritzbeton:** conglomerato cementizio proiettato.

**Stabilità del fronte di scavo:** condizione individuata in relazione allo sviluppo di possibili fenomeni di instabilità per estrusione o scivolamento lungo superfici di geometria più o meno complessa.

**Stabilizzazione dei terreni (intervento di):** insieme degli interventi di precontenimento e di miglioramento.

**Terreno:** terra o roccia nella sua sede naturale, entro cui viene scavata la galleria.

**Tirante di ancoraggio:** elemento strutturale in barre o trefoli operante in **Trazione.**  
**Tunnel Boring Machines:** macchine scudate o non scudate dotate di una testa rotante di scavo a piena sezione.

**Tunnelling Machines:** tutte le macchine per lo scavo a piena sezione di gallerie.

**Vita di esercizio:** periodo di tempo entro il quale non dovranno manifestarsi riduzioni significative della funzionalità dell'opera, in termini di integrità o tali da comportare il ricorso a eccessive manutenzioni.

**Vuoto anulare:** spazio che si crea tra l'estradosso del rivestimento ed il profilo dello scavo della galleria realizzato dalla testa fresante.

**Zone geotecnicamente omogenee:** tratti di galleria con caratteristiche considerate omogenee in termini di copertura, caratteristiche geolitologiche, stratigrafiche e tettoniche, stato di sollecitazione naturale e modello geotecnici

## 4.4 ABBREVIAZIONI

**AFSS:** Additional Face Support System CF: Concentration Factor

**Chiodi:** tiranti passivi

**CLS:** calcestruzzo

**CSM:** Convertible Shield Machine

**DL:** Direzione Lavori

**DSM:** Double Shield Machine

**EPBs:** Earth Pressure Balance Support ETBM: Extension Tunnel Boring Machine FER:  
Foam Expansion Rate

**FIR:** Foam Injection Rate

**HS:** Hydroshield

**PVC:** Polivinilcloruro

**RQD:** Rock Quality Designation

**SM-C:** Shield Machine partial excavation

**TBM:** Tunnel Boring Machine TM: Tunnelling Machines VTR: vetroresina

**VP:** velocità onde sismiche primarie

**RQD:** Rock Quality Designation

**RD:** RQD medio tra due sondaggi

## **4.5 GALLERIE NATURALI CON AVANZAMENTO TRADIZIONALE**

Con il termine „avanzamento tradizionale“ si intende l'insieme delle tecnologie esecutive finalizzate alla esecuzione di scavi a foro cieco con avanzamento discontinuo, ovvero con esplosivo o con mezzo meccanico (escavatore, martellone, fresa puntuale), senza l'impiego di macchine di scavo continuo ed integrale.

Gli scavi potranno essere effettuati in terreni di qualsiasi natura, durezza e consistenza costituiti anche da materiali eterogenei e comunque sciolti.

Lo scavo potrà essere effettuato solo a seguito della messa in sicurezza dell'imbocco della galleria.

Sarà in ogni caso cura dell'ESECUTORE provvedere, in accordo al progetto, ai lavori di consolidamento e sostegno delle pareti dello scavo, allo smaltimento delle acque (qualunque ne sia l'importanza, la portata e la pressione), all'adozione di tutte le cautele necessarie ad evitare danni di qualsiasi natura.

L'ESECUTORE al termine dello scavo del campo di avanzamento e della sua messa in sicurezza è tenuto a verificare che il profilo di intradosso coincida con il profilo di progetto; in caso contrario, dovrà procedere alle eventuali ribattiture o al riempimento dei vuoti o delle cavità come indicato nei paragrafi seguenti.

A tal proposito si precisa che non è ammessa alcuna riduzione di spessore del rivestimento definitivo.

Rientrano fra gli oneri dell'ESECUTORE i ritardi e in generale i condizionamenti di qualsiasi natura legati alla posa in opera dell'impermeabilizzazione dell'arco rovescio, prevista in progetto o richiesta dalla Direzione Lavori, sulla base di quanto riportato nei paragrafi successivi.

#### **4.5.1 SCAVO IN TRADIZIONALE**

##### **4.5.1.1 Scavo con esplosivo**

Quando si affronta lo scavo in una formazione lapidea non convenientemente scavabile con mezzi meccanici si può rendere necessario l'abbattimento con esplosivo.

Convenzionalmente per determinare se una formazione rocciosa sia da abbattere con esplosivo (roccia da mina) si dovrà procedere con la seguente metodologia:

- a) sul fronte di avanzamento dovranno essere eseguiti due fori a carotaggio continuo, aventi diametro non inferiore a 80 mm e lunghezza di 10 metri, in direzione sub-orizzontale, paralleli fra loro e a un interasse di 5 metri. L'interasse tra i due fori dovrà essere accuratamente accertato per tenere conto del possibile sghebo.
- b) Tra i due fori dovranno essere rilevate delle serie di misure sismiche in foro secondo la tecnica del "Cross-hole". L'energizzazione dovrà avvenire all'interno di uno dei due fori ogni 50 cm mentre nel foro adiacente verrà rilevato il corrispondente tempo di arrivo dell'onda di compressione. Saranno disponibili, pertanto, almeno 20 valori di velocità di propagazione delle onde dirette e da questi verrà ricavata la velocità media di propagazione, indicata con VP ed espressa in metri al secondo.

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

- c) Sul materiale estratto dai due sondaggi a carotaggio continuo si dovrà rilevare l'indice RQD riferito all'intera lunghezza di ciascun sondaggio

La media dei due valori di RQD ricavati, espressa in decimali, verrà indicata con RD.

Un ammasso roccioso lapideo verrà considerato "da mina" quando il valore dell'indice  $M = VP \times RD$  sarà maggiore o uguale a 2000.

Le prove dovranno essere eseguite in contraddittorio con la Direzione Lavori e i risultati dovranno essere verbalizzati. Sul verbale dovranno essere anche indicati i presunti tratti da scavare con caratteristiche analoghe.

Tutti gli oneri, diretti e indiretti, connessi con l'esecuzione di dette prove saranno a carico dell'ESECUTORE.

L'utilizzo dello scavo con esplosivo non è consentito in tutti i casi in cui in progetto sono previsti interventi di preconsolidamento in avanzamento del fronte e/o del contorno.

È onere e responsabilità dell'ESECUTORE la richiesta di tutte le autorizzazioni di legge per l'acquisto, trasporto, custodia e l'impiego dell'esplosivo.

Tutte le operazioni di caricamento e sparo devono essere condotte da personale in possesso delle abilitazioni prescritte dalla legge.

Negli scavi eseguiti con impiego di esplosivo dovrà essere adottato il sistema di sparo a profilatura controllata, con adeguata perforazione sul profilo ed uso di microritardi, così da ottenere sezioni di scavo regolari e ridurre al tempo stesso il disturbo ai materiali circostanti.

L'ESECUTORE dovrà predisporre un elaborato con gli schemi di volata previsti per ciascuna sezione tipo e per ciascuna fase di abbattimento nel quale vengano descritti:

- metodo di perforazione, diametro dei fori, lunghezza e inclinazione di ciascun foro;

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

- tipo, energia, quantità in termini di massa e numero di cartucce dell'esplosivo inserito in ciascun foro, in relazione a ciascun tempo di ritardo e complessivo nella volata;
- distribuzione della carica nel foro e sequenza di caricamento tipo, sequenza e numero dei ritardi, schema dei collegamenti elettrici per gli inneschi con le caratteristiche delle linee elettriche, tipo dell'apparecchiatura di innesco;
- intasamento dei fori e protezione della zona di sparo;
- la qualificazione, adeguatamente dimostrata e certificata, di tutti gli addetti alle operazioni di caricamento, collegamento, innesco e sparo della volata.

L'ESECUTORE è responsabile di qualunque danno, a cose e persone ed all'ambiente circostante, causato direttamente e indirettamente dall'impiego dell'esplosivo.

L'accettazione degli schemi di volata e degli eventuali provvedimenti di sicurezza, non comporta una condivisione di responsabilità da parte della Direzione Lavori.

Tra gli oneri dell'ESECUTORE ricade anche il monitoraggio dei livelli di rumore e vibrazione prodotti dallo sparo. Le attrezzature per il monitoraggio devono essere poste in opera in accordo al progetto e comunque, anche se non previste, in tutti i casi in cui nei pressi della galleria vi siano preesistenze.

Il responsabile delle operazioni di "sparo", a termine di ogni volata, deve compilare una scheda di registrazione dei materiali impiegati, delle variazioni apportate allo schema di volata presentato e degli eventuali effetti anomali sullo scavo, come cavità, rilasci e fuori sagoma.

La scheda sarà registrata e conservata a cura dell'ESECUTORE e ne sarà trasmessa una copia alla Direzione Lavori.

Contemporaneamente alla rimozione dello smarino al fronte l'ESECUTORE dovrà procedere all'accurato disgiungimento dei blocchi instabili, sia in prossimità del fronte di scavo che a distanza da esso, e alla posa dei sostegni di prima fase previsti nel progetto.

Qualora la sezione di scavo risultasse inferiore a quella di progetto, l'ESECUTORE dovrà riprendere lo scavo a sua cura e spese con fori e cariche di esplosivo rapportate all'ottenimento della sezione di progetto, o con qualsiasi altro mezzo ritenuto idoneo.

Eccezionalmente e previo accordo con la Direzione Lavori, solo in presenza di roccia consistente e non alterabile e quando è previsto un rivestimento di prima fase, potranno essere ammesse protuberanze puntuali all'interno della sezione di scavo. Queste non dovranno superare lo spessore del calcestruzzo spruzzato e non dovranno, di conseguenza, comportare alcuna riduzione dello spessore del rivestimento definitivo e dovranno permettere una corretta posa in opera dell'impermeabilizzazione.

Tali protuberanze non sono ammesse laddove sia prevista la posa in opera di centine più calcestruzzo proiettato come rivestimento definitivo.

#### **4.5.1.2 Scavo in presenza di limitazione dei sistemi di produzione**

Si definisce come scavo con "limitazione dei sistemi di produzione" quello in cui per la compattezza e resistenza della roccia, si dovrebbe operare con l'abbattimento del materiale roccioso mediante esplosivo ma al contrario si utilizzano metodologie di scavo alternative quali ad esempio microcariche o la fresa ad attacco puntuale. La Direzione Lavori può richiedere una limitazione ai sistemi di abbattimento della roccia, allorché si manifestino particolari situazioni, non previste in progetto, in cui debbano essere controllate le vibrazioni ed il rumore.

#### **4.5.1.3 Scavo in presenza d'acqua**

Le acque, che si raccolgono negli scavi in galleria, dovranno essere convenientemente raccolte e completamente estratte, a cura e onere dell'ESECUTORE, mettendo in opera tutti i mezzi necessari al fine di mantenere i cantieri perfettamente liberi dall'acqua, così che non ne derivi nessun intralcio al normale svolgimento dei lavori e nessun danno alle opere.

In particolare, dovrà essere evitata la formazione di ristagni d'acqua, di qualunque provenienza, al piede degli scavi ed in corrispondenza delle zone di appoggio del prerivestimento o di parte dei rivestimenti definitivi per evitare Per i tratti in discesa

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

o quando sia necessario allontanare l'acqua proveniente da tratti in discesa, l'ESECUTORE dovrà installare tutti gli impianti elettrici e le postazioni fisse e mobili necessarie per la sua eduazione all'esterno prevedendo:

- stazioni di pompaggio anche se da ubicare in appositi nicchie;
- gruppi elettrogeni di adeguata potenza e tali da garantire, nel caso di interruzioni di energia elettrica dovute a qualsiasi causa anche di forza maggiore, il funzionamento immediato e contemporaneo degli impianti di pompaggio;
- un adeguato numero di pompe mobili del tipo sommerso al fronte di avanzamento;
- tubazioni e impianti idraulici necessari per l'eduazione dell'acqua dall'interno della galleria e/o dagli eventuali attacchi intermedi in discenderia o a pozzo e per lo smaltimento all'esterno;
- la continua vigilanza diurna e notturna delle pompe e degli impianti in genere e quant'altro occorra per garantire, in ogni momento, il regolare funzionamento degli impianti stessi.

La capacità totale delle pompe per ciascun attacco in discesa dovrà garantire lo smaltimento di una volta e mezzo la quantità di acqua di infiltrazione più quella utilizzata per il funzionamento delle attrezzature di perforazione al fronte.

Se necessario l'ESECUTORE dovrà mettere in opera (o avere la disponibilità di) uno o più apparecchi, per misurare la quantità di acqua edotta e smaltita all'esterno, sia all'inizio dei tratti da eseguire in discesa, che all'inizio di ciascun tratto servito da attacco intermedio in discenderia o a pozzo.

Per ogni giorno di funzionamento l'ESECUTORE dovrà redigere un rapporto di constatazione con la Direzione Lavori, nel quale riportare:

- la quantità di acqua edotta (l/sec);
- la temperatura;
- la progressiva di avanzamento del fronte;

## DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI

---

- estremi dell'eventuale prelievo per la determinazione delle caratteristiche chimico- fisiche dell'acqua;

In presenza di venute d'acqua, l'ESECUTORE è tenuto a eseguire prelievi sistematici al fronte di scavo per analizzare l'eventuale aggressività delle acque stesse comunicandone tempestivamente l'esito alla Direzione Lavori.

La valutazione dei provvedimenti da adottare dovrà tenere conto sia dell'esito delle suddette analisi sia della situazione idrogeologica della zona interessata dagli scavi con particolare riguardo alla permeabilità dei terreni e alle possibili modifiche dei flussi idrici sotterranei conseguenti alla costruzione della galleria.

L'ESECUTORE dovrà installare appositi impianti di depurazione delle acque provenienti dalla galleria prima dello scarico all'esterno.

Per venute d'acque cospicue, inoltre, la Direzione Lavori potrà richiedere all'ESECUTORE di prendere adeguati provvedimenti per irregimentare l'acqua e scaricarla all'esterno evitando che questa venga a contatto con il piano di lavoro caricandosi di impurità.

### **4.5.1.4 Scavo in presenza di gas (nocivo ed esplosivo)**

Qualora, in base alle preventive indagini geologiche, alle caratteristiche genetiche stratigrafiche e tettoniche, alle esperienze maturate nel corso di precedenti scavi di gallerie prossime a quella da eseguire venga prevista la possibile presenza di gas, diffusa o concentrata, nell'ammasso interessato dagli scavi, l'ESECUTORE dovrà adottare durante lo scavo tutti i provvedimenti per assolvere agli obblighi di legge in merito alla sicurezza dei lavori ed alla incolumità delle persone.

### **4.5.1.5 Prescrizioni per la sicurezza**

Per l'effettuazione dei lavori in sotterraneo l' ESECUTORE dovrà adottare tutti gli accorgimenti e le cautele atte a garantire la sicurezza del personale addetto ai lavori. A tal fine dovrà osservare e far osservare scrupolosamente le prescrizioni delle leggi vigenti e, in particolare, le prescrizioni del piano di sicurezza.

Il progetto garantisce la stabilità in condizioni statiche e pertanto L' ESECUTORE nelle fasi dinamiche di lavoro al fronte (scavo di avanzamento, perforazioni, consolidamento, posa centine), dovrà perseguire quanto di seguito riportato:

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

- utilizzare sempre mezzi di lavoro e macchinari non solo pienamente rispondenti alle norme di prevenzione, ma anche idonei ed adeguati allo specifico lavoro da effettuare in concreto;
- preallertare ed istituire le maestranze riguardo le norme di sicurezza da rispettare;
- istituire delle zone di rispetto al fine di mantenere il personale non indispensabile lontano dal fronte e comunque evitare che vi sosti per periodi di tempo eccessivamente lunghi;
- tenere sempre sotto controllo visivo diretto il fronte di scavo, prevedendo in tal senso la presenza di un responsabile durante la permanenza del personale presso il fronte stesso;
- provvedere, qualora il fronte presentasse fenomeni di instabilità con locali distacchi, alla sua stabilizzazione temporanea con uno strato di spritzbeton fibrorinforzato di spessore pari o superiore a 5cm, prima che il personale si avvicini;
- Porre in opera, qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un tempo di circa 24 ore, uno strato di spritzbeton di 10 cm al fronte. Se il fermo delle lavorazioni risultasse superiore alle 72 ore, il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con i consolidamenti (qualora presenti) appena eseguiti ed eventualmente incrementati, se necessario, con il fronte protetto da uno strato di spritz-beton di spessore non inferiore a 15 cm e la posa dientine e spritzbeton a ridosso del fronte stesso.

Di norma l'ESECUTORE, per non interrompere la continuità delle lavorazioni, dovrà sviluppare le lavorazioni su 3 turni prevedendo anche sabato e domenica.

**4.5.2 INTERVENTI DI STABILIZZAZIONE DEI TERRENI****4.5.2.1 Premessa**

Il fronte e le pareti dello scavo possono presentare caratteristiche di autosostegno non adeguate, con la possibilità di innesco di fenomeni deformativi che, se non immediatamente controllati, potrebbero condurre a rotture locali o generalizzate

estese al fronte ed alla calotta. Si rende quindi spesso necessario ricorrere ad interventi di stabilizzazione dei terreni per prevenire l'insorgenza di tali fenomeni.

#### **4.5.2.2 Attività propedeutiche**

Le modalità di controllo dei fenomeni deformativi sono di norma rappresentate nel progetto esecutivo, pertanto prima dell'inizio dei lavori l'ESECUTORE dovrà inviare alla Direzione Lavori:

- la descrizione dei materiali e dei macchinari che verranno impiegati nell'esecuzione degli interventi comprendente anche tutte le prescritte certificazioni di controllo e di qualità dei fornitori e dei prodotti;
- la descrizione dei metodi di posa degli interventi di stabilizzazioni con le eventuali prescrizioni del fornitore.

Durante la realizzazione l'ESECUTORE dovrà redigere e mantenere aggiornato giornalmente un registro, a disposizione anche della Direzione Lavori, nel quale indicare;

- tipo, quantità e progressiva dei sostegni installati;
- eventuali anomalie riscontrate durante la posa in opera;
- verifica delle deformazioni o lesioni anomale nei sostegni che dovranno essere immediatamente comunicate alla Direzione Lavori.

#### **4.5.2.3 Definizioni**

Gli interventi di stabilizzazione dei terreni si suddividono in:

##### **Interventi di miglioramento**

- iniezioni;
- jet grouting sub orizzontale;
- congelamento;
- drenaggi.

##### **Interventi di precontenimento e presostegno**

- infilaggi metallici;
- colonne di jet grouting al contorno della galleria semplici od armate;
- tubi e/o elementi strutturali eseguiti al fronte e al contorno della galleria (semplicemente cementati o iniettati).

#### **Interventi di contenimento (prerivestimento)**

- centine metalliche;
- conglomerato cementizio proiettato (spritzbeton);
- bulloni ad ancoraggio puntuale;
- bulloni ad ancoraggio continuo (ad espansione meccanica , cementati, autoperforanti, ecc);

#### **4.5.2.4 Interventi di miglioramento**

Si definiscono metodi di miglioramento tutti quegli interventi atti a migliorare le caratteristiche di resistenza meccanica, di rigidità o di permeabilità dell'ammasso roccioso. Appartengono a tale categoria:

- le iniezioni;
- il jet grouting;
- il congelamento;
- i drenaggi.

##### **4.5.2.4.1 Iniezioni**

Le iniezioni per permeazione modificano le caratteristiche meccaniche e le caratteristiche idrauliche di terreni porosi e di rocce fessurate o fratturate, per effetto dell'immissione attraverso fori di piccolo diametro, di idonee miscele di fluidi (sospensioni, soluzioni, emulsioni) dotate di proprietà reologiche inizialmente idonee alla penetrazione nel mezzo poroso o fratturato, e che raggiungono in seguito le caratteristiche meccaniche adeguate agli scopi del trattamento.

##### **4.5.2.4.2 Jet grouting**

Con il Jet grouting si intendono gli interventi di consolidamento e miglioramento dei terreni, mediante mescolazione in sito con leganti cementizi, iniettati a pressioni elevate (40 - 60 MPa) con l'impiego dei sistemi jetting (ad uno o più fluidi). Dopo la perforazione del 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 miscele cementizie aventi la stessa composizione della miscela di iniezione.

I trattamenti colonnari jetting, in funzione delle modalità di iniezione della miscela, si distinguono in:

**A** - Sistemi jetting monofluido;

**B** - Sistemi jetting a due fluidi;

**C** - Sistemi jetting a tre fluidi.

#### **4.5.2.4.3 Congelamento**

Il congelamento è una tecnica solitamente utilizzata durante l'esecuzione di scavi superficiali o di aperture sotterranee, in terreni granulari al di sotto del livello di falda.

Il congelamento del terreno è ottenuto utilizzando un fluido frigorifero asperso nel terreno mediante sonde congelatrici collocate in apposite perforazioni.

Il metodo di congelamento del terreno può essere del tipo:

- diretto, che utilizza un liquido a bassissima temperatura che vaporizza nelle sonde congelatrici e viene successivamente disperso nell'atmosfera;

- indiretto, che utilizza un liquido frigorifero che percorre senza interruzione un circuito frigorifero chiuso;
- misto, che utilizza in fasi diverse o complementari, i due procedimenti sopra descritti.

Nel metodo diretto il liquido utilizzato è l'azoto allo stato liquido ottenuto per mezzo della distillazione frazionata dell'aria, ed è trasportato in cantiere in apposite cisterne in cui è mantenuto ad una temperatura di -196 °C. L'immissione nel circuito avviene attraverso un tubo di distribuzione collegato alle sonde congelatrici disposte tra loro in serie, in modo diretto utilizzando come spinta la pressione stessa formatasi all'interno delle cisterne. L'ultima sonda di ogni serie è dotata di uno scarico attraverso il quale l'azoto viene liberato nell'atmosfera. Ogni sonda congelatrice è costituita da due tubi in acciaio coassiali, collegati tra loro da una testa speciale, che consente il passaggio del fluido proveniente dal circuito di distribuzione al tubo interno più piccolo. L'azoto risale successivamente nell'intercapedine tra i due tubi per raggiungere la sonda successiva.

Nel metodo indiretto il liquido refrigerante generalmente utilizzato è una soluzione satura di cloruro di calcio in acqua utilizzato ad una temperatura variabile fra -25 °C e -30 °C che è garantita da un circuito frigorifero primario. Le sonde congelatrici sono della stessa tipologia utilizzate per il metodo diretto. Ogni gruppo di sonde è, invece, alimentato in parallelo da un collettore di distribuzione.

Le modalità di realizzazione, in aggiunta alle prescrizioni di progetto, sono riportate nel capitolato speciale di appalto.

#### **4.5.2.4.4 Drenaggi**

Sono tecnologie il cui obiettivo è quello di asportare, anche solo parzialmente, l'acqua degli ammassi convogliandola, in modo controllato, verso il cavo.

La tecnologia utilizzata è quella dei microdreni o tubi drenanti microfessurati.

I microdreni sono costituiti da fori appositamente realizzati nel terreno mediante sonde di perforazione ed attrezzati con tubi parzialmente o totalmente filtranti.

I tubi microfessurati dovranno essere in pvc rigido con unioni a manicotti, avere un diametro interno non inferiore a 50 millimetri e spessore non inferiore a 4 millimetri ed essere rivestiti esternamente con idoneo materiale filtrante.

#### **4.5.2.5 Interventi di precontenimento e presostegno**

Si definiscono interventi di presostegno tutte quelle opere che prevedono l'“inserimento nell'”ammasso roccioso di elementi strutturali resistenti sul profilo della galleria e in avanzamento rispetto al fronte così da creare una struttura di presostegno del cavo. Appartengono a tale categoria:

- infilaggi metallici (presostegno);
- colonne di jet grouting al contorno dello scavo (precontenimento);
- chiodatura longitudinale con tubi o elementi strutturali in VTR (precontenimento).

##### **4.5.2.5.1 Infilaggi**

Gli infilaggi sono tubi portanti iniettati, posti in opera preventivamente dal fronte di scavo sull'estradosso della sezione di avanzamento in calotta.

I tubi dovranno essere di tipo valvolato e verranno connessi al terreno mediante iniezione a bassa pressione nella cavità anulare tra il tubo e le pareti del preforo; successivamente, saranno iniettati in più fasi in pressione attraverso le valvole dall'“interno dei tubi.

##### **4.5.2.5.2 Colonne di jet grouting sub orizzontale**

Questo intervento consiste nella realizzazione in calotta di un ombrello tronco conico di colonne di jet grouting, armate, generalmente di diametro nominale pari a 600 mm, realizzate con gettoiniezione monofluida. Tale tecnica di presostegno è solitamente utilizzata nel caso di scavi in terreni con caratteristiche geomeccaniche scadenti che necessitano di interventi massivi di presostegno durante la fase di scavo.

##### **4.5.2.5.3 Chiodatura longitudinale con tubi o elementi strutturali in VTR**

La chiodatura longitudinale è realizzata mediante tubi in vetroresina forniti e posti in opera entro prefori eseguiti in avanzamento compreso il loro inghisaggio con iniezione di miscela cementizia a bassa pressione.

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

La distribuzione dei tubi sul fronte di scavo, il loro orientamento e la loro lunghezza dovranno essere conformi alle previsioni di progetto ed alle prescrizioni della Direzione Lavori.

### **4.5.3 PRERIVESTIMENTO**

#### **4.5.3.1 Scopo e campo di applicazione**

La fase realizzativa del prerivestimento, immediatamente successiva allo scavo, è necessaria per sostenere temporaneamente lo scavo in attesa del getto del rivestimento definitivo ed evitare problemi di rilascio di materiale della calotta.

A seconda della tipologia dei terreni interessati dallo scavo, il prerivestimento viene generalmente realizzato con la posa in opera di

- centine metalliche;
- bulloni di ancoraggio;
- calcestruzzo proiettato – spritzbeton – (eventualmente armato con rete elettrosaldata o fibre).

#### **4.5.3.2 Centine metalliche**

Le centine, sia in acciaio profilato sia reticolari, dovranno avere caratteristiche geometriche, meccaniche ed interasse di messa in opera conformi alle sezioni tipo del progetto previste per le varie tratte o a quanto ordinato dalla Direzione Lavori.

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

Le centine in acciaio dovranno essere sagomate e collegate nei punti di giunzione tramite piastre saldate e bullonate, essere dotate di elementi di unione, catene distanziatrici, piastre di base, collegamenti e quanto altro occorrente per assicurare una perfetta continuità strutturale. Quando sono presenti giunzioni bullonate, dovrà essere curato il perfetto collegamento tra le piastre ed il serraggio di tutti i bulloni.

Tutte le centine dovranno essere attrezzate con attacchi per il montaggio dei distanziatori posti ad interasse non superiore ad 1 m.

Salvo diverse prescrizioni di progetto, le centine devono essere montate in posizione verticale e collegate con i distanziatori alle centine adiacenti con la frequenza indicata nel progetto; questa dovrà essere integrata, a cura dell'ESECUTORE o secondo le indicazioni della Direzione Lavori, per mantenere il cavo in sicurezza in tutte le condizioni in cui ciò si dovesse rendere necessario.

Inoltre, al fine di assicurare l'appoggio e la messa in carico della centina dovranno essere particolarmente curati la realizzazione ed il posizionamento della piastra di appoggio al piede, l'allettamento e le stabilità della superficie d'appoggio e il contatto delle centine alla superficie di scavo.

Quando le centine metalliche sottendono l'armatura troncoconica costituita da infilaggi o trattamenti colonnari armati dovranno essere posizionate a contatto delle armature e pertanto dovranno essere calandrate a profilo variabile, anche a gruppi, per assicurare una adeguata trasmissione dei carichi. Prima del getto dello spritzbeton dovrà essere verificato il corretto montaggio delle centine.

I vuoti presenti a tergo delle centine, dovuti ad irregolarità del profilo di scavo, dovranno essere riempiti con conglomerato cementizio lanciato a pressione o con idonei spessori o cunei di calcestruzzo, di acciaio o di altro materiale idoneo e non degradabile al fine di garantire che le centine stesse aderiscano completamente alle pareti dello scavo.

Quando lo spessore di eventuali vuoti a tergo delle centine supera i 20 cm e la loro estensione è tale da interessare più di una centina, la Direzione Lavori può richiedere che l'ESECUTORE, dopo la messa in sicurezza del cavo predisponga, all'estradosso

delle centine stesse, un cassero a perdere a delimitazione delle cavità per poi procedere al successivo intasamento mediante tubi predisposti.

Qualora venisse adottata un'armatura centinata reticolare costituita da barre in acciaio elettrosaldate o tralicciate, queste dovranno essere opportunamente sagomate e collegate tra loro mediante distanziatori in acciaio saldati alle barre.

#### **4.5.3.2.1 Materiali e controlli**

Le centine in acciaio profilato a doppio T dovranno essere in acciaio di qualità almeno di tipo S235.

Le centine in acciaio reticolare dovranno essere costituite, qualora non indicato diversamente nel progetto, da barre d'acciaio del tipo B450 C.

Le lamiere dovranno essere in acciaio di qualità almeno di tipo S235 (UNI EN 10025/05) I bulloni dovranno essere di classe non inferiore alla 8.8 della UNI EN ISO 898-1/01.

Prima dell'inizio dei lavori l'ESECUTORE dovrà fornire:

- i dettagli completi di fabbricazione, le caratteristiche degli acciai e le caratteristiche geometriche;
- le modalità di installazione;
- i dettagli delle giunzioni, collegamenti saldature ecc.;
- i certificati di conformità dei materiali.

#### **4.5.3.3 Bulloni di ancoraggio**

Si tratta di elementi strutturali che, in esercizio, sono sollecitati a trazione, e che sono in grado di assorbire anche eventuali sollecitazioni taglienti; sono caratterizzati dall'assenza di guaine e da una lunghezza generalmente non superiore a 12 m.

Possono essere generalmente suddivisi in:

- bulloni ad aderenza continua in barre d'acciaio, realizzati mediante barre in acciaio di diametro non inferiore a 24 mm; la cementazione dovrà essere effettuata mediante iniezioni di boiaccia di cemento antiritiro ovvero con fialoidi di resina epossidica, con tutti gli accorgimenti e i materiali necessari per

assicurare il completo riempimento dei fori e l'aderenza del bullone al terreno per tutta la sua lunghezza.

- bulloni ad espansione meccanica con tubo di acciaio sagomato ad "omega"; i bulloni ad espansione meccanica sono realizzati con un tubo di acciaio espandibile, preresinato e sagomato ad omega. La preresinatura sarà eseguita mediante immersione, dopo opportuna pulizia e sgrassatura, in una vernice gommosa monocomponente a base di bitume modificato (ciclizzato) e componenti attivi allo zinco. Il foro di alloggiamento del tubo avrà diametro opportuno per ottenere la massima resistenza allo sfilamento, e l'espansione del tubo avverrà tramite acqua iniettata a pressione.
- bulloni ad espansione meccanica con barra di acciaio e testa di ancoraggio espandibile; i bulloni ad espansione meccanica con testa di ancoraggio espandibile saranno realizzati con barre di acciaio. Qualora fosse ritenuto necessario, l'intasamento del foro dovrà essere fatto con iniezioni di malte cementizie o altre miscele idonee.
- bulloni costituiti da lamiera, barre o profilati infissi a pressione senza perforazione preventiva; le lamiere, barre o profilati, di acciaio o di vetroresina, saranno infisse a pressione senza perforazione preventiva mediante spinta con macchinario idoneo. In particolare, il macchinario dovrà applicare una spinta continua all'elemento ed impedire lo svergolamento dello stesso, e sarà dotato di un sistema per la registrazione continua della spinta applicata per l'infissione.

#### **4.5.3.3.1 Materiali e controlli**

#### **4.5.3.4 Calcestruzzo proiettato (Spritzbeton)**

La tecnica dello Spritzbeton, o calcestruzzo proiettato, è utilizzata per la formazione del guscio di prerivestimento delle gallerie, al fine di aumentare artificialmente la coesione superficiale degli ammassi rocciosi, evitando l'allentamento, il rilascio e la caduta di cunei, o per il contenimento di formazioni scarsamente coese e spingenti, prevenendo l'ossidazione delle superficie scavate e esposte all'aria.

La composizione della miscela dovrà essere studiata dall'ESECUTORE ed essere sottoposta alla preventiva accettazione di ACEA. La distanza fra le armature del conglomerato cementizio lanciato a pressione dovrà essere uguale o superiore a 15 cm (barre o rete elettrosaldata). Dovrà essere particolarmente curato il fissaggio delle armature, con almeno 2 punti di fissaggio a metro quadrato, su un primo strato di conglomerato proiettato dello spessore di almeno 2-3 cm, per evitare movimenti o distacchi durante la successiva proiezione.

Le modalità di realizzazione, in aggiunta alle prescrizioni di progetto, sono descritte nella sezione del Capitolato di costruzione "Opere in conglomerato cementizio".

#### **4.5.4 RIEMPIMENTO DI VUOTI O CAVITÀ**

È onere dell'ESECUTORE provvedere al riempimento dei vuoti e cavità che si rinvenissero sia in fase di scavo all'estradosso del profilo di scavo stesso sia dopo l'inizio dei lavori.

Fermo restando quanto specificato al paragrafo precedente relativamente al contatto centine terreno, le modalità di riempimento e le caratteristiche dei calcestruzzi o delle miscele da utilizzare devono essere proposte dall'ESECUTORE e approvate dalla Direzione Lavori. In questa fase l'ESECUTORE dovrà anche specificare se, compatibilmente con le prescrizioni di progetto, il riempimento sia da eseguire prima, dopo o contestualmente all'esecuzione del rivestimento definitivo.

Non è ammesso il riempimento dei vuoti o delle cavità contestualmente al getto del rivestimento definitivo quando il loro spessore massimo, misurato nel piano della sezione trasversale della galleria, supera il 50% di quello del rivestimento definitivo stesso.

Il progetto di riempimento dovrà essere predisposto dal progettista quando i vuoti o le cavità presentassero una superficie superiore a un quarto della sezione di scavo (misurata nel piano della sezione trasversale della galleria) o comunque a giudizio della Direzione Lavori.

I progetti di riempimento dovranno, in ogni caso, rispettare le seguenti prescrizioni:

- in primo luogo dovrà essere eseguito un riempimento parziale con miscele cementizie, pompate e additivate con fluidificanti per favorire il perfetto spandimento della miscela e il riempimento di vuoti anche di piccole dimensioni;
- successivamente sarà eseguito il riempimento di intasamento tramite perforazioni e iniezioni in pressione di miscele cementizie a ritiro compensato. Le iniezioni dovranno essere continuate, per qualsiasi assorbimento, se non altrimenti disposto dal progettista, fino a ottenere il completo rifiuto del foro.

Gli oneri del riempimento ricadranno sull'ESECUTORE salvo che nel caso di differenti ed impreviste caratteristiche del terreno o cavità preesistenti di dimensioni superiori a quelle indicate come possibili dai vari documenti di progetto in quanto caratteristiche della formazione o della zona (imprevisto geologico). Quando la cavità si sia formata durante lo scavo a seguito di un fornello o di un rilascio accidentale connesso a responsabilità dell'ESECUTORE, rientreranno tra gli oneri dell'ESECUTORE stesso anche il consolidamento del terreno o della roccia nelle aree adiacenti e l'eventuale ripristino superficiale.

#### **4.5.4.1 Controlli**

Per quanto riguarda i controlli in corso d'opera, dovranno essere effettuati almeno i seguenti controlli sulle iniezioni di intasamento:

- corretta ubicazione planimetrica dei fori, in accordo ai progetto,
- controllo delle dimensioni minime della perforazione (75 mm). Questo controllo sarà eseguito a campione, in funzione delle condizioni di lavoro e comunque, almeno uno ogni 50 fori effettuati,
- corretto dosaggio in cemento della miscela, e in additivi, secondo le indicazioni dei progettista. Tale controllo avverrà per ogni partita di miscela cementizia preparata.
- verifica, prima di ogni iniezione, che la pressione di iniezione sia quella specificata dal progettista

## 4.5.5 IMPERMEABILIZZAZIONE

### 4.5.5.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

Per l'impermeabilizzazione delle gallerie si può operare una distinzione tra sistemi di protezione idraulica senza pressione idrostatica e sistemi che devono resistere a pressioni idrostatiche significative. Nel primo caso è in genere sufficiente una protezione con un „sistema ad ombrello“; in presenza di acqua in pressione o in terreni che presentino all'atto dello scavo venute d'acqua nella zona dei piedritti o dell'arco rovescio, sarà necessario eseguire un'impermeabilizzazione dell'opera con un sistema di impermeabilizzazione completo, cioè chiuso ad anello intorno al rivestimento.

Nel caso di sistemi ad ombrello le acque di falda o d'infiltrazione devono essere convogliate nel punto più basso della sezione, raccolte per mezzo di elementi di drenaggio e di smaltimento delle acque e quindi scaricate.

Nel caso del sistema completo, l'acqua di falda o d'infiltrazione non vengono in genere drenate e la sezione strutturale è dimensionata per sostenere la piena pressione idrostatica.

Qualora, in sistemi progettati ad ombrello, emergesse la necessità di una chiusura dell'impermeabilizzazione sull'intero anello, la Direzione Lavori dovrà coinvolgere il progettista per valutare la necessità di collegare l'impermeabilizzazione al sistema di drenaggio e definire i dettagli di tale collegamento, ovvero per valutare le conseguenze dal punto di vista statico in relazione ai possibili aumenti di carico legati alla risalita della falda.

Di norma, in linea con le previsioni progettuali, la calotta sarà impermeabilizzata sistematicamente.

L'impermeabilizzazione dovrà essere disposta all'intradosso del rivestimento di prima fase in modo da risultare compresa, a opera finita, tra il prerinvestimento e il rivestimento definitivo e dovrà essere estesa fino alla quota indicata dal progetto.

In questi casi il Direzione Lavori dovrà coinvolgere il progettista per valutare la necessità di collegare l'impermeabilizzazione al sistema di drenaggio e definire i

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

dettagli di tale collegamento, ovvero per valutare le conseguenze, dal punto di vista statico, in relazione ai possibili aumenti di carico legati alla risalita della falda.

La Direzione Lavori potrà richiedere la realizzazione di sondaggi in avanzamento per indagare l'eventuale presenza di falda acquifera

La struttura di impermeabilizzazione dovrà essere costituita da una membrana termoplastica impermeabile dello spessore non inferiore a 2 mm in cloruro di polivinile (PVC) e da uno strato di protezione, applicato in aderenza al conglomerato cementizio proiettato, costituito da un geotessile non tessuto avente le caratteristiche riportate successivamente.

In alternativa al geotessile potrà essere utilizzata una struttura ad alto potere filtrante che dovrà, comunque, essere approvata dalla Direzione Lavori.

Lo strato di protezione dovrà essere scelto per assolvere alle funzioni di:

- captazione e drenaggio delle acque di infiltrazione;
- protezione meccanica della membrana contro il punzonamento statico esercitato dal supporto durante il getto del rivestimento finale.

L'ESECUTORE, 60 giorni prima dell'inizio della realizzazione dei sistemi d'impermeabilizzazione, deve consegnare alla Direzione Lavori per approvazione, un'istruzione operativa che descriva dettagliatamente:

- tipo dell'impermeabilizzazione;
- materiali impiegati e loro certificazione
- macchinario impiegato e modalità d'impiego;
- qualifiche professionali del personale operativo;
- modalità di qualifica del processo operativo.

Successivamente all'approvazione, da parte della Direzione Lavori, dell'istruzione operativa, l'ESECUTORE dovrà eseguire la qualifica del processo di "posa della impermeabilizzazione" secondo quanto indicato nell'istruzione approvata.

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

L'ESECUTORE redigerà un Dossier di qualificazione con l'esito dei controlli e loro certificazione, che consegnerà alla Direzione Lavori per approvazione.

La posa dell'impermeabilizzazione non potrà iniziare prima dell'approvazione del Dossier di qualifica del processo.

La posa in opera dell'impermeabilizzazione potrà essere eseguita solo dopo che l'ESECUTORE avrà verificato che il profilo di intradosso del rivestimento di prima fase sia conforme al progetto e garantisca la possibilità di gettare il rivestimento definitivo senza sottospessori. A tal fine verranno eseguiti rilievi in continuo tramite scanner ottico dopo il completamento del prerivestimento. In ogni caso prima delle operazioni di posa dell'impermeabilizzazione deve essere verificato che le convergenze si siano stabilizzate. A tale proposito si precisa che, su richiesta della Direzione Lavori o se previsto in progetto, il sistema di monitoraggio delle convergenze dovrà essere ripristinato, a cura dell'ESECUTORE, dopo l'installazione dell'impermeabilizzazione.

La documentazione relativa a tali controlli deve essere consegnata alla Direzione Lavori prima dell'inizio della posa.

Per ridurre il rischio di danneggiamento accidentale, l'installazione dell'impermeabilizzazione dovrà essere programmata in modo tale che il rivestimento definitivo venga gettato entro 20 giorni dalla posa dell'impermeabilizzazione stessa. In ogni caso, prima del getto deve essere eseguito un controllo delle sue condizioni e, a cura dell'ESECUTORE, dovranno essere eseguite tutte le eventuali riparazioni fino ad arrivare, se richiesto dalla Direzione Lavori, alla sua completa sostituzione.

Di norma un numero di difetti pari o superiore a 5 ogni 200 m<sup>2</sup> deve comportare la completa sostituzione dell'impermeabilizzazione.

**4.5.5.2 CARATTERISTICHE DEI COMPONENTI  
DELL'IMPERMEABILIZZAZIONE****4.5.5.2.1 Strato di protezione**

Lo strato di protezione potrà essere costituito da un geotessile o da una struttura ad alto potere filtrante integrati, localmente o sull'intera superficie impermeabilizzata, da lastre semirigide ad alta capacità drenante.

#### 4.5.5.2.2 Geotessile non tessuto

Il foglio di geotessile non tessuto, in polipropilene 100%, dovrà essere non rigenerato, coesionato meccanicamente mediante agugliatura, esente da trattamenti chimici o termici, rispondente ai requisiti delle norme UNI EN 13256:2014 ed UNI EN 13252:2014, ed avente le caratteristiche minime riportate in tabella.

CARATTERISTICHE	VALORI LIMITE	NORME DI RIF.
Massa areica	$\geq 500 \text{ g}/\mu^2$	EN ISO 9864
Spessore a 2 KPa a 20 kPa	$\geq 4 \text{ }\mu\text{m}$ $\geq 3 \text{ }\mu\text{m}$	EN ISO 9863-1
Resistenza a trazione longitudinale e trasversale	$\geq 30 \text{ KN}/\mu$	EN ISO 10319
Allungamento a rottura longitudinale e trasversale	30 KN/m	EN ISO 10319
Resistenza al punzonamento statico	5 KN	EN ISO 12236
Permeabilità all'acqua nel piano a 2 KPa a 100 KPa	$5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sec}$ $1.5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sec}$	EN ISO 12958
Apertura caratteristica	$\leq 80 \text{ }\mu\text{m}$	EN ISO 12956

*Caratteristiche minime e limiti di accettabilità dei geotessili per drenaggi*

I rotoli di geotessile dovranno essere opportunamente protetti durante il periodo di stoccaggio del materiale ed i tempi di copertura dopo la posa in opera dovranno essere inferiori a quelli indicati dal produttore; in caso di stoccaggio non conforme o di posa in opera successiva alla data indicata, l'ESECUTORE dovrà effettuare tutte le prove e i controlli atti a garantire i requisiti richiesti dal presente Capitolato.

Le prove per la verifica delle caratteristiche sopracitate dovranno essere eseguite ogni 15.000 mq di tessuto non tessuto posto in opera.

#### 4.5.5.2.3 Geocomposito ad alto potere filtrante

Il tipo di geocomposito da utilizzare sarà definito negli elaborati progettuali.

Nel seguito si riporta un esempio di tipologia utilizzabile: geocomposito costituito da una membrana cuspidata prodotta per estrusione di polietilene ad alta densità (HDPE) senza aggiunta di additivi espandenti. Alla struttura così ottenuta viene termosaldato un geotessile non tessuto in polipropilene (PP) da 180 g/m<sup>2</sup>.

CARATTERISTICHE	VALORI LIMITE	NORME DI RIF
Peso unitario	≥ 1380 (180 Kg/m <sup>3</sup> geotessile) Kg/m <sup>3</sup>	
Spessore a 20 Kpa a 200 Kpa	≥ 8 mm ≥ 5.7 mm	EN ISO 9863
Resistenza a trazione longitudinale e trasversale	≥ 15 KN/m	EN ISO 10319
Allungamento a rottura longitudinale e trasversale	≥ 60%	EN ISO 10319
Resistenza al punzonamento statico	≥ 5 KN	EN ISO 12236
Portata idraulica ( 1- 100 Kpa)	3.90 l/s/m	EN ISO 12958
Resistenza chimica	Tutte le sostanze	

*Caratteristiche del geocomposito ad alto potere filtrante*

#### 4.5.5.2.4 Lastre semirigide ad alta capacità drenante

##### 4.5.5.2.4.1 Lastre grecate in PVC semirigido autoestinguento

Le lastre grecate in PVC semirigido autoestinguento, del tipo bi-orientato, dovranno avere spessore minimo di 1.2 mm, larghezza di 1.0 m circa con profilo grecato di almeno 70 mm di larghezza e 18 mm di profondità ed essere costituite da materiale avente le caratteristiche riportate nella tabella seguente:

CARATTERISTICHE	VALORI LIMITE	NORME RIFER.
-----------------	---------------	--------------

Massa volumica (gr/cm <sup>3</sup> )	1.40 ± 0.05	ISO R 11/83
Durezza Shore – D	≥ 80	ISO R 868
Modulo di elasticità (N/mm <sup>2</sup> )	3200 ± 200	ISO R 527
Resilienza in trazione a 0 °C (KJ/m <sup>2</sup> )	≤ 1500	DIN-53488
Resistenza a trazione a rottura (N/mm <sup>2</sup> )	≥ 80	ISO R 527
Allungamento a rottura (%)	≥ 80	

*Caratteristiche delle lastre grecate*

#### **4.5.5.2.4.2 Lastre alveolari di polietilene ad alta densità (HDPE)**

Le lastre alveolari di polietilene a alta densità aventi spessore minimo di 1.0 mm in elementi bugnati con rilievi troncoconici d'altezza non inferiore a 18 mm, dovranno avere le caratteristiche riportate nella tabella seguente.

<b>CARATTERISTICHE</b>	<b>VALORI LIMITE</b>	<b>NORME RIFER.</b>
Resistenza alla compressione	≥ 150 KN/m <sup>2</sup>	
Capacità di drenaggio	≥ 10 l/m/s	EN ISO 12958
Volume d'aria occlusa dalla lastra	≥ 14 l/m <sup>2</sup>	

*Caratteristiche delle lastre alveolari*

Sia le lastre grecate che quelle alveolari dovranno essere sormontate tra loro e fissate al supporto con tasselli a espansione in nylon e anima in acciaio.

I fissaggi dovranno essere applicati, in corrispondenza delle sovrapposizioni, con interasse non superiore a 85 cm.

#### **4.5.5.2.5 Membrana impermeabile in PVC**

La membrana impermeabile dovrà essere costituita da cloruro di polivinile (PVC) e dovrà soddisfare le caratteristiche indicate nella tabella seguente.

La membrana dovrà essere a doppio strato o signal layer, composta da due strati di colore contrastante ma costituenti un corpo omogeneo. Lo strato sulla superficie in vista dovrà essere di colore contrastante con quello dello strato inferiore, al fine di consentire una più agevole individuazione di eventuali strappi o danni arrecati in fase

di produzione, trasporto, installazione, oppure dalle attività di cantiere successive alla posa in opera e antecedenti o concomitanti con la fase di getto del rivestimento.

Le termosaldature per la giunzione dei fogli non dovranno provocare fenomeni di distacco fra gli strati componenti.

Prima dell'inizio della posa dovranno essere eseguite saldature campione al fine di verificare la regolare esecuzione delle stesse (planarità, tenuta, uniformità della saldatura, uniformità del colore, assenza di bruciature, ecc.) ed il perfetto funzionamento delle attrezzature.

Salvo casi eccezionali e sporadici, provocati dalla presenza di vistosi fuori - sagoma o di riprese dovute a esigenze costruttive quali nicchie, nicchioni, cameroni, fori passanti, ecc., la lunghezza di ogni rotolo dovrà essere almeno uguale o superiore allo sviluppo della sezione trasversale da rivestire. Il produttore dovrà fornire dimostrazione che nessun componente della membrana in PVC, migrando dalla massa, nel lungo termine, provochi effetti degradanti su:

- membrana in PVC stessa;
- geotessile di drenaggio ed eventuali strati protettivi;
- altri materiali plastici o in PVC quali waterstop, ecc.

CARATTERISTICHE	REQUISITO MINIMO	NORME RIFERIM.
Spessore (mm)	≥ 2.0 (escluso strato di segnalazione)	EN 1849 - 2
Spessore strato di segnalazione (mm)	≤ 0.2	EN 1849 - 2
Resistenza a trazione nelle due direzioni ( longitudinale e trasversale) (N/mm <sup>2</sup> )	≥ 15	EN ISO 527 – 3 EN 12311-2
Allungamento a rottura nelle due direzioni (%)	≥250	EN ISO 527 – 3 EN 12311-2
Resistenza alla lacerazione (N/mm)	≥ 50	EN 12310-2
Permeabilità all'acqua (24 ore 0.5 MPa)	Impermeabile	EN 1928 met b
Resistenza della giunzione	≥ 10.5	EN 12317-2
Flessibilità a freddo	≥ -20	EN 495/5
Stabilità a caldo a + 70C per 2 ore	stabile	EN 1110

**TECNICI**

Resistenza a soluzioni acide ed alcaline per 28 gg a 23° (variazione allungamento)	$\leq \pm 20\%$	DIN 16726
Comportamento al fuoco	Classe E	EN 13501-1

*Caratteristiche minime della membrana impermeabile in PVC*

Nella prova riguardante la perdita dei plastificanti della membrana, per immersione in acqua calda a 60°C per un periodo di dieci giorni, la perdita in peso non dovrà essere maggiore dell'uno per cento.

#### **4.5.5.2.6 Membrana impermeabile polimerica a spruzzo**

Quando problematiche costruttive rendono difficoltosa la realizzazione dello strato impermeabilizzante in PVC è possibile realizzare l'impermeabilizzazione con l'applicazione spray-on a freddo di una membrana polimerica elastica.

Questa tipologia di impermeabilizzazione deve essere utilizzata, di norma, su indicazione del progettista. La realizzazione avviene come strato sandwich, di spessore minimo pari a 3 mm, all'interno di strati di calcestruzzo proiettato, sia senza che con fibre di armatura, in modo da ottenere uno strato complessivo collaborante del tipo "single shell".

Per evitare battenti d'acqua elevati, in genere l'adozione è limitata a sistemi impermeabilizzati „ad ombrello“; è buona norma prevedere l'adozione di una griglia di membrane bugnate o di materassini drenanti per deviare le acque e per evitare pressioni idriche locali troppo elevate.

Nel caso fossero previste zone di interfacciamento tra teli (PVC o drenanti) e membrana spruzzabile, nella zona di sovrapposizione potrà essere prevista una malta di livellamento sotto il telo in PVC (che andrà steso accuratamente), con lo scopo di regolarizzare la superficie di sovrapposizione dei due sistemi. Successivamente potrà essere applicata la membrana a spruzzo sopra il telo e sopra la testa d'ancoraggio di quest'ultimo, il tutto per una larghezza d'intervento di 40-50 cm. L'area di ricoprimento dovrà essere asciutta ed il telo ben pulito.

La membrana applicata dovrà soddisfare i requisiti definiti nella tabella seguente:

CARATTERISTICHE	REQUISITO MINIMO	NORME RIFERIM.
Spessore (mm)	≥ 3 mm	EN ISO 9864
Resistenza a pressione idraulica (bar)	15	EN ISO 14150
Resistenza a trazione nelle due direzioni ( longitudinale e trasversale) (N/mm <sup>2</sup> )	≥ 15	EN ISO 527 – 3
Allungamento di rottura (a 20°C, 28 gg.)	>100%	EN ISO 527
Adesione su calcestruzzo minima (MPa)	1.0	EN ISO 9532

*Caratteristiche minime della membrana impermeabilizzante polimerica a spruzzo*

#### **4.5.5.2.7 Tubo di drenaggio longitudinale a tergo dell'impermeabilizzazione**

I tubi dovranno essere in PVC rigido del diametro nominale non inferiore a 110 mm, uno spessore non inferiore a 3 mm e avere le pareti corrugate e forate e la suola di base liscia e stagna ed essere ispezionabili. Nel caso si sia riscontrata la presenza di acqua incrostata, la Direzione Lavori dovrà coinvolgere il progettista per verificare il rischio di ostruzione a lungo termine.

#### **4.5.5.2.8 Waterstop idroespansivo**

Sarà costituito da cordoli di forma quadrata di dimensioni di 25x25 mm o rettangolare. Dietro esplicita approvazione della Direzione Lavori, potranno essere utilizzati anche elementi composti da bentonite di sodio preidratata estrusa sotto vuoto additivata con polimeri stabilizzanti e antisale. I cordoli dovranno essere fissati con chiodatura in acciaio almeno ogni 25 cm alla struttura già gettata che dovrà presentare la superficie di ripresa del getto, preventivamente sottoposta a idropulizia, perfettamente liscia, pulita, esente da impurità, alveoli, nidi di ghiaia, parti staccate o staccabili che possano impedire la regolare espansione ed adesione a tenuta in presenza d'acqua. Il waterstop quando disposto in corrispondenza della smorza di calotta dovrà essere dotato di apposita retina per il fissaggio.

Il materiale dovrà possedere le seguenti caratteristiche fisico-meccaniche:

- espansione libera in acqua distillata pari ad almeno sei volte il volume iniziale senza perdita di coesione di massa;

- massa maggiore di 1.10 kg/m;
- pressione di rigonfiamento dopo 48 ore maggiore di 600 KPa;
- pressione di rigonfiamento dopo 6 ore minore di 100 KPa;
- stabilità alle soluzioni saline ed aggressive e resistenza all'azione inibente degli ioni calcio e magnesio

La giunzione fra due cordoli deve essere effettuata mediante l'accostamento delle estremità per almeno 30 cm. L'utilizzo dovrà essere preventivamente autorizzato dalla Direzione Lavori a valle dell'esecuzione di prove preliminari eseguite in cantiere o presso il laboratorio di cantiere, volte a verificare la rispondenza ai requisiti qui indicati.

#### **4.5.5.2.9 Giunto iniettato a tenuta idraulica per riprese di getto**

Si tratta di una giunto a tenuta idraulica tra le superfici di ripresa di getto in calcestruzzo, che prevede la posa in opera, in mezzera della ripresa tra due cordolini idroespansivi, di un tubo flessibile che permette l'iniezione dopo l'esecuzione del getto di resine idroespandenti fino a pressione di 6.0 MPa.

Il tubo flessibile dovrà essere costituito da:

- Un' anima in polietilene avente diametro interno superiore a 6 mm, a doppia spirale, in modo da consentire, alla pressione di iniezione, la fuoriuscita della resina in modo uniforme e continuo sia radialmente che longitudinalmente;
- un rivestimento in foglio di gomma neoprenica, anch'esso spiralato, con funzione di valvola di non ritorno, atto a impedire il reflusso della resina, all'interno dell'anima, in caso di pressione negativa (dall'esterno verso l'interno), che può verificarsi, a esempio, durante le operazioni di lavaggio e svuotamento del tubo con la pompa da vuoto;
- una calza esterna realizzata in treccia di rayon, avente funzione protettiva e di contenimento, atta a consentire il deflusso del materiale in modo uniforme.

Il tubo flessibile sarà posato sulla superficie di calcestruzzo già indurito, contro il quale dovrà avvenire il getto di ripresa, in corrispondenza della mezzera del giunto

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

e per tratti di lunghezza non maggiore di 6 metri, fissato con apposite staffe semicircolari almeno ogni 20 cm, in modo da realizzare la massima aderenza alla superficie del getto.

La superficie indurita, preparata con idropulizia in pressione, dovrà essere perfettamente liscia, pulita, asciutta, esente da impurità, alveoli, nidi di ghiaia, parti staccate o staccabili.

Per i tratti di lunghezza maggiore a 6 metri si dovrà garantire la sovrapposizione dei tubi per almeno 20 cm. Non dovranno essere sovrapposti tratti di tubo di iniezione ma le estremità realizzate con tronchetti di tubo di alimentazione collegati al tubo principale con manicotti termorestringenti. Detti collegamenti dovranno essere posizionati a distanza maggiore di 15 cm dalle superfici del calcestruzzo.

Per l'iniezione dovrà essere utilizzata resina acrilica bicomponente avente viscosità non maggiore di 100 Pa\*s e Massa Volumica maggiore di 1.08 g/cm<sup>3</sup>, idroespandente dopo il consolidamento, atossica.

La miscelazione dei componenti, in rapporto 1:1, con un agitatore di almeno 1500 giri al minuto, dovrà avvenire al momento dell'inizio dell'iniezione al fine di prevenire fenomeni di alterazione delle caratteristiche del composto. Lo stesso composto dovrà comunque avere un tempo di latenza, prima del consolidamento, di almeno 60 minuti a 20 °C.

L'iniezione della resina, da effettuare non prima di 20 giorni dal getto, dovrà avvenire lentamente fino alla fuoriuscita dall'altra estremità del tubo. A quel punto, chiusa ermeticamente la suddetta estremità, si dovrà portare il circuito a una pressione costante compresa tra i 3.0 e 4.0 MPa da mantenere per almeno 5 minuti.

Al fine di garantire eventuali iniezioni in tempi successivi, si dovrà procedere all'immediato lavaggio e aspirazione della resina rimasta all'interno del tubo.

**4.5.5.3 CONFEZIONAMENTO, TRASPORTO E STOCCAGGIO DEI MATERIALI****4.5.5.3.1 Confezionamento e Trasporto**

## DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI

---

Ciascun carico pervenuto in cantiere dovrà essere accompagnato dal certificato di origine del produttore sul quale saranno riportate le caratteristiche tecniche e dimensionali del prodotto.

Tutti i materiali dovranno essere adeguatamente imballati nello stabilimento di produzione e protetti in modo da non venire danneggiati o deteriorati durante il trasporto.

Ciascun rotolo dovrà pertanto essere imballato con polietilene scuro o nero per evitare l'esposizione prolungata ai raggi ultravioletti e garantire una tenuta ermetica durante il trasporto.

Su ciascun imballaggio dovranno essere chiaramente leggibili i seguenti dati:

- il nome del produttore;
- le dimensioni caratteristiche;
- il numero del tipo o la sigla;
- la data di fabbricazione.

I materiali dovranno riportare stampigliata sul bordo, almeno ogni 3 (tre) metri, la sigla identificativa del prodotto, come risultante dai cataloghi di produzione.

I materiali non rispondenti alle prescrizioni suddette dovranno essere identificati, segregati e tempestivamente rimossi dal luogo di stoccaggio a totale carico dell'ESECUTORE.

### **4.5.5.3.2 Stoccaggio**

Tutti i materiali dovranno essere immagazzinati in luogo asciutto e ben ventilato.

Il magazzino e le modalità di stoccaggio dovranno essere conformi alle indicazioni del produttore e approvati dalla Direzione Lavori.

Nel caso i materiali dovessero sostare temporaneamente all'esterno, dovranno essere adeguatamente coperti e protetti in modo di evitare qualsiasi deterioramento.

I materiali deteriorati non potranno essere utilizzati e dovranno essere identificati, segregati e tempestivamente rimossi dal luogo di stoccaggio a totale carico dell'ESECUTORE.

#### **4.5.5.4 DOCUMENTAZIONE E CONTROLLI DI CONFORMITÀ**

L'ESECUTORE dovrà inviare almeno 60 (sessanta) giorni prima dell'inizio dei lavori di posa dell'impermeabilizzazione i seguenti documenti ed elaborati che dovranno essere approvati dalla Direzione Lavori:

a) Elementi sulla produzione dei materiali:

- cataloghi dei prodotti, numero del modello e loro idoneità per l'impiego previsto (in lingua originale con eventuale traduzione in italiano);
- caratteristiche dei materiali e metodi di prova per la relativa verifica;
- caratteristiche di resistenza delle giunzioni a seguito di termosaldatura.

I valori dichiarati dovranno essere omologati da organismi di controllo autorizzati.

b) Dichiarazioni dell'ESECUTORE sull'utilizzo del materiale proposto:

L'ESECUTORE dovrà fornire una chiara relazione descrittiva riguardante:

- le modalità produttive e le procedure di installazione del geotessile non tessuto e della membrana impermeabile che dovranno comprendere anche la metodologia utilizzata per l'esecuzione delle giunzioni, delle riparazioni e delle prove di collaudo;
- le modalità di collegamento tra il rivestimento della galleria artificiale e quella a foro cieco con allegate le tavole illustrative del sistema;
- i sistemi di fissaggio del geotessile e di sostegno della struttura d'impermeabilizzazione;
- i particolari costruttivi per il raccordo dell'impermeabilizzazione con tubazioni, pezzi speciali od altri elementi passanti del sistema di drenaggio.

c) Campionature

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

Prima dell'inizio dei lavori l'ESECUTORE dovrà fornire alla Direzione Lavori i campioni dei materiali proposti sui quali far eseguire le prove previste al precedente paragrafo e/o altre prove che verranno indicate dalla Direzione Lavori medesima in base a motivate richieste.

Tali campioni consisteranno almeno in:

- n° 1 campione di geotessile non tessuto di 4 m<sup>2</sup>;
- n° 1 campione di membrana impermeabile di 4 m<sup>2</sup>;
- n° 1 campione di lastra semirigida a elevata capacità drenante (se utilizzata);
- n° 1 campione di rondella di fissaggio in PVC con risega centrale per l'alloggiamento a scomparsa del relativo chiodo (antipunzonamento della membrana);
- n° 1 campione di saldatura fra due membrane in PVC della lunghezza di un metro;
- n° 1 campione completo della struttura completa costituente l'impermeabilizzazione;
- n° 1 campione di waterstop (se utilizzato).

I campioni dovranno essere inviati ad un laboratorio ufficiale o autorizzato.

I materiali potranno essere impiegati solo dopo che i risultati delle prove sui campioni avranno dimostrato la conformità degli stessi alle prescrizioni.

I materiali forniti che non saranno conformi, anche solo in parte, alle presenti prescrizioni non potranno essere utilizzati e dovranno essere identificati, segregati e tempestivamente rimossi dal luogo di stoccaggio a totale carico dell'ESECUTORE.

**4.5.5.5 MODALITÀ ESECUTIVE**

L'applicazione della membrana impermeabile dovrà avvenire solo in presenza di atmosfera non tossica, in condizioni di buona visibilità ed in assenza di fumi in calotta.

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

L'ESECUTORE dovrà mantenere il luogo di lavoro pulito, privo d'acqua, fango, residui oleosi, ecc

Tutte le operazioni di montaggio dei componenti dell'impermeabilizzazione dovranno essere eseguite da personale altamente specializzato sotto la guida di assistenti tecnici qualificati che opereranno anche in base alle raccomandazioni dei produttori dei materiali utilizzati e secondo le procedure preventivamente approvate dalla Direzione Lavori.

Gli operai che eseguono l'applicazione dovranno essere muniti di abilitazione all'esecuzione di termosaldatura manuale rilasciata da un organismo riconosciuto o da attestati rilasciati che dimostrino l'organizzazione sistematica di corsi di abilitazione del personale.

L'applicazione dei componenti dell'impermeabilizzazione dovrà avvenire esclusivamente mediante attrezzature specifiche progettate per questo scopo.

Al fine d'assicurare le massime condizioni di sicurezza al personale preposto all'applicazione, anche in caso d'urto da parte di mezzi in transito, i ponteggi, dovranno essere del tipo a portale, semoventi, dotati di dispositivo estensibile a navetta che consentirà lo svolgimento e l'applicazione controvolta della struttura impermeabile per tutto lo sviluppo della sezione trasversale.

L'attrezzatura di posa dovrà essere preventivamente accettata dalla Direzione Lavori.

La documentazione dovrà essere corredata dai certificati di controllo emessi da un organismo riconosciuto.

**4.5.5.5.1 Preparazione della superficie di posa**

La struttura impermeabile dovrà essere applicata su una superficie regolare, con asperità superficiali minori di 10 mm, pulita, priva di materiali inconsistenti e di corpi estranei quali chiodi, elementi sporgenti, fibre metalliche ecc.

Bulloni, teste dei tiranti, piastre di ripartizione, tubi e altri elementi in acciaio dovranno essere regolarizzati mediante riporto di malta cementizia ad alta adesione, previo eventuale taglio.

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

Quando si impiega calcestruzzo proiettato rinforzato con fibre metalliche, con lo scopo di evitare che queste danneggino il telo in PVC, potrà essere necessario applicare tra questo e lo spritz un doppio strato di geotessile avente le caratteristiche di cui al punto successivo.

L'impiego di questo geotessile è soggetto alla preventiva approvazione della Direzione Lavori a valle dell'esecuzione, a carico dell'ESECUTORE, di prove preliminari eseguite in cantiere o presso il laboratorio di cantiere volte a verificare che le caratteristiche meccaniche del geotessile siano tali da impedire l'accidentale foratura del telo impermeabilizzante da parte delle fibre stesse.

Le prove consisteranno nell'applicare su una cassetta nella quale sia stato spruzzato il cls proiettato impiegato per la galleria e sulla quale siano stati applicati, nel corretto ordine, i teli di geotessile e ed il telo impermeabilizzante, un carico paragonabile a quello che, secondo il progetto, agirà sul rivestimento verificando, dopo un opportuno tempo di applicazione, che il telo impermeabilizzante non risulti danneggiato.

I dettagli della prova devono essere definiti con la Direzione Lavori alla quale spetta l'approvazione delle modalità esecutive. Devono essere eseguite 3 prove in fase di qualifica, quindi prima della prima applicazione. Le stesse prove devono essere eseguite ogni volta che vengono modificate le caratteristiche dello spritz o del geotessile stesso.

Un'altra modalità, applicabile solo dietro esplicita approvazione della Direzione Lavori, consiste nel ricoprire lo spritzbeton contenente fibre metalliche con uno strato di 1 - 2 cm di calcestruzzo proiettato senza fibre ma con i medesimi requisiti di base di quello sottostante.

Tutte le eventuali protuberanze o cavità del supporto dovranno avere un raggio di curvatura non inferiore a 0.30 m e un rapporto saetta/corda pari a 0.10 (1/10).

Qualora la Direzione Lavori riscontri il mancato rispetto di quanto sopra indicato l'ESECUTORE dovrà procedere all'applicazione di uno strato di regolarizzazione di calcestruzzo proiettato al fine di garantire il rispetto delle suddette prescrizioni.

Prima dell'applicazione dell'impermeabilizzazione l'ESECUTORE, avvisando la Direzione Lavori per la sua eventuale partecipazione, dovrà redigere un verbale in contraddittorio con il responsabile delegato dell'ESECUTORE nel quale riportare lo stato della superficie del supporto ed eventualmente descrivere i provvedimenti da adottare per eliminare i difetti.

Nei punti o zone in cui vi siano infiltrazioni d'acqua di particolare intensità si dovrà applicare sul conglomerato cementizio proiettato uno strato drenante, con le caratteristiche indicate al precedente punto.

Lo strato drenante dovrà essere collegato al sistema di drenaggio situato alla base dei piedritti o direttamente ai condotti principali di smaltimento, con tubi in PVC non fessurati.

La scelta del materiale da utilizzare sarà subordinata all'entità dell'infiltrazione.

In caso di forti infiltrazioni d'acqua lo strato drenante dovrà essere ricoperto da conglomerato cementizio proiettato armato con rete elettrosaldata opportunamente ancorata al supporto.

L'ESECUTORE dovrà comunque motivare formalmente la scelta alla Direzione Lavori.

#### **4.5.5.5.2 Sistema drenante al piede dei piedritti**

La captazione parziale o totale delle acque a tergo dell'impermeabilizzazione sarà realizzata in modo da garantire il loro smaltimento controllato, evitando, cioè, il versamento sulla piattaforma.

Pertanto, la circolazione d'acqua dai drenaggi alla piattaforma e da questi alla canaletta centrale è consentita solo per le percolazioni limitate e/o saltuarie.

Il tubo drenante posto alla base dei piedritti dovrà essere contenuto nella impermeabilizzazione e collegato con derivazioni ai condotti principali di smaltimento.

Tutto il sistema drenante dovrà essere ispezionabile in modo agevole dalle nicchie di ricovero o, in mancanza di queste, da tubi ispezionabili dal marciapiede.

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

I fori praticati nelle membrane per il passaggio delle tubazioni di raccordo dovranno essere sigillati con appositi elementi in PVC termosaldati alla membrana stessa e ai tubi di raccordo in conformità ai particolari costruttivi sottoposti alla approvazione della Direzione Lavori.

Il tubo drenante microfessurato alla base dell'impermeabilizzazione dovrà essere realizzato con le seguenti caratteristiche:

- curve con raggio non inferiore a 50 cm;
- andamento longitudinale che non dovrà discostarsi in alcun tratto da quello di progetto;
- piano di appoggio o di applicazione predisposto topograficamente, mediante realizzazione di livellette ben visibili, tracciate sul supporto;
- assenza di corde molli tali da dar luogo a frecce maggiori di 3 cm su un tratto di 2.0 m.

Inoltre, dopo il getto e la maturazione di ogni concio o, a giudizio della Direzione Lavori, di gruppi di conci, l'ESECUTORE, a suo carico ed alla presenza della Direzione Lavori che redigerà un verbale in contraddittorio, dovrà verificare la piena funzionalità del drenaggio attraverso una prova idraulica o pneumatica. L'ESECUTORE potrà sottoporre alla Direzione Lavori soluzioni alternative che comunque dovranno tenere conto della necessità di dotare il sistema, di regolari ed equidistanti pozzetti di ispezione e pulizia per l'eliminazione di eventuali sedimenti o depositi di acque incrostanti.

L'ESECUTORE dovrà garantire che il sistema di drenaggio non subisca variazioni dell'assetto e delle pendenze previste durante le operazioni di getto e che il sistema di fissaggio dell'impermeabilizzazione non consenta la penetrazione di malte cementizie che potrebbero otturare o impedire il deflusso delle acque.

Per migliorare le capacità di convogliamento al piede, il sistema dovrà essere completato con applicazione, sotto il geotessile a partire dal tubo di drenaggio longitudinale per uno sviluppo non inferiore a 100 cm di cui almeno 50 di risolto in

parete, di un materiale di elevata capacità drenante, rispondente alle caratteristiche riportate nelle Tabelle precedenti.

#### **4.5.5.5.3 Applicazione del geotessile**

Il geotessile non tessuto dovrà essere applicato sulla superficie in conglomerato cementizio proiettato e fissato, in via preliminare, mediante chiodi e rondelle in acciaio.

Il geotessile dovrà essere installato in aderenza al supporto in conglomerato cementizio proiettato; ciascun elemento applicato trasversalmente e adeguatamente sovrapposto non dovrà presentare più di una saldatura trasversale.

Il geotessile dovrà avvolgere completamente il tubo drenante alla base della membrana in PVC.

Tutti i fissaggi del geotessile, indipendenti dal sistema di ancoraggio della membrana in PVC, dovranno essere protetti o ricoperti dallo stesso geotessile al fine d'evitare eventuali fenomeni di punzonamento che potrebbero interessare la membrana impermeabile

#### **4.5.5.5.4 Applicazione della membrana impermeabile in PVC**

La membrana impermeabile dovrà essere fissata al supporto ed accoppiata al geotessile secondo il procedimento di fissaggio puntuale eseguito mediante speciali rondelle in PVC compatibile del tipo a frattura preferenziale, oppure mediante listoni in PVC.

Le rondelle o i listoni in PVC dovranno avere un diametro (o larghezza) non inferiore a 100 mm e dovranno essere dotati di un alloggiamento per la scomparsa della testa del chiodo e rondella in acciaio utilizzati per il fissaggio alla superficie di calcestruzzo proiettato al fine d'impedire eventuali fenomeni di punzonamento.

I chiodi non perfettamente infissi e/o mobili, che potrebbero danneggiare la membrana durante la fase del getto, dovranno essere rimossi.

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

Le rondelle (o i listoni) dovranno essere collocate in prossimità del fondo di eventuali cavità del supporto e dovranno essere disposte in numero variabile in funzione della loro posizione rispetto alla verticale.

Nella zona centrale della calotta per una larghezza di 6,8 m circa dovranno essere posizionate almeno 4 (quattro) rondelle per ciascun metro quadrato e/o un listone ogni 75 cm;

In corrispondenza delle reni e dei piedritti dovranno essere posizionate almeno 2 (due) rondelle per metro quadrato e/o un listone ogni 1,5 m.

La membrana impermeabile dovrà essere applicata in aderenza al geotessile e ancorata mediante termosaldatura alle rondelle fissate in precedenza.

Il fissaggio dovrà essere più debole della resistenza allo strappo fornita dalla membrana.

La sovrapposizione delle membrane, prima della giunzione, dovrà essere non minore di 100 mm.

Le giunzioni saranno di tipo piano, ottenute per semplice sovrapposizione delle membrane, e dovranno essere realizzate mediante speciali apparecchiature funzionanti a cuneo caldo o ad aria calda, dotate di rulli opportunamente frizionati atti ad assicurare una doppia saldatura piana e parallela con interposto canale per la prova in pressione.

Nell'eseguire la saldatura dovrà essere posta particolare cura affinché il geotessile non subisca danneggiamenti tali da comprometterne la rispondenza ai requisiti richiesti dal presente Capitolato.

Ciascuna saldatura dovrà avere una larghezza non inferiore a 10 mm e lo spazio fra le saldature dovrà risultare minore di 15 mm.

Tutte le saldature dovranno essere sistematicamente sottoposte, per la loro intera estensione, alla prova di tenuta pneumatica. Queste prove dovranno essere eseguite dall'ESECUTORE che dovrà riportarne gli esiti sia sulla giunzione stessa (data, ora, esito), in modo indelebile, sia nell'apposito verbale.

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

Durante l'esecuzione, ogni 5.000 m<sup>2</sup> di impermeabilizzazione posata, si dovrà prelevare un campione della giunzione stessa che verrà sottoposta a prova di trazione a rottura secondo la Norma DIN 16726. Nel caso di presenza di acque aggressive, il 30% delle prove sarà eseguito in contraddittorio.

Nel caso di presenza di riparazioni per interruzioni del canale di prova provocate da cadute di tensione delle apparecchiature o da errori di saldatura, il canale di prova, ostruito in corrispondenza della riparazione, dovrà essere collaudato nei due tratti. La zona riparata dovrà essere evidenziata in sito e il tutto riportato nell'apposito verbale.

Tutte le saldature, prive del canale di prova, eseguite mediante speciale dispositivo erogatore di aria calda, verranno accettate solo per le riparazioni o per eventuali interventi particolari che dovranno essere registrati sul verbale delle prove di controllo della tenuta.

Le giunzioni dovranno essere realizzate in modo da ottenere ai margini della saldatura, per azione combinata dell'aria calda e della pressione manuale di uno speciale rullino in gomma siliconica, un cordolo di collegamento per fuoriuscita del PVC allo stato pastoso.

La verifica della continuità della saldatura manuale per l'applicazione della membrana sovrastante dovrà essere effettuata mediante apposito sondino secondo la procedura descritta nel seguito. La membrana non dovrà presentare giunzioni incrociate; in caso contrario l'ESECUTORE dovrà termosaldare sulle intersezioni un elemento quadrato di PVC, avente lato non inferiore a 20 cm, la cui tenuta dovrà essere verificata mediante l'apposito sondino.

Ogni lacerazione passante o foro dovrà essere riparato mediante applicazione di una nuova membrana che dovrà avere una sovrapposizione perimetrale non inferiore a 10 cm. La verifica della continuità della saldatura manuale dovrà essere effettuata mediante apposito sondino o mediante campana Vacuum.

La membrana non potrà essere applicata e termosaldata a temperature inferiori a +5 °C.

Infine dovranno essere predisposti i tubi per le iniezioni di intasamento di eventuali vuoti residui tra l'impermeabilizzazione e il rivestimento finale dopo l'esecuzione del getto.

#### **4.5.5.5.5 Protezioni particolari del rivestimento impermeabile**

In corrispondenza delle testate di ciascun anello del rivestimento definitivo, nel punto di applicazione della smorza, l'impermeabilizzazione dovrà essere protetta dalle azioni di punzonamento e/o danni accidentali dovuti al contatto con gli elementi della smorza stessa.

Tale protezione dovrà essere realizzata mediante preventiva applicazione sulla membrana in PVC di una speciale banda in PVC, della larghezza di 500 mm, resistente alla perforazione o mediante applicazione di altri dispositivi che dovranno essere approvati dalla Direzione Lavori.

La membrana dovrà essere accuratamente protetta fino al termine del getto del rivestimento definitivo e durante le operazioni di rimozione degli elementi della smorza.

Prima della chiusura della cassaforma di getto l'ESECUTORE dovrà redigere, un verbale in contraddittorio con la Direzione Lavori sulle condizioni dell'impermeabilizzazione.

In corrispondenza delle zone in cui la membrana sia stata installata dovranno essere rimossi o adeguatamente protetti eventuali ferri emergenti o altri elementi che potrebbero danneggiarla.

Nel caso in cui il rivestimento definitivo debba essere armato con barre o rete elettrosaldata, l'armatura dovrà essere mantenuta in posizione mediante speciali distanziatori plastici o elementi metallici pre-piegati idonei ad assicurare l'integrità dell'impermeabilizzazione.

#### **4.5.5.5.6 Applicazione della membrana impermeabile polimerica a spruzzo**

La distanza di proiezione dovrà rimanere entro i 2.00 ÷ 2.50 m dalla parete di applicazione.

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

La superficie dovrà consentire un'adeguata aderenza della membrana spruzzata e la continuità di spruzzaggio della stessa. A tale scopo dal supporto andranno rimosse cavità, punti angolosi, asperità, ecc. mediante bocciardatura meccanica e/o manuale, idrodemolizione o, preferibilmente, mediante l'applicazione di uno strato di malta spruzzata o calcestruzzo proiettato. In tale caso la malta o il calcestruzzo proiettato non necessiteranno di frattazzatura prima della applicazione della membrana, ma attenzione andrà posta dall'esecutore nella definizione del mix design con preferenza a un diametro massimo dell'inerte compreso tra 4 e 8 mm.

Il grado di finitura della superficie su cui verrà spruzzata la membrana impermeabile dovrà risultare quindi quello più idoneo a ridurre il consumo di materiale (maggiore sarà il diametro del materiale proiettato, maggiore sarà il consumo) e a consentire la migliore aderenza (sufficiente grado di ruvidità).

Prima dell'applicazione della membrana la superficie del supporto dovrà essere omogeneamente pulita e pre- inumidita mediante uso di aria compressa e acqua.

Nel caso in cui la superficie presentasse polvere indurita, presenza di residui di gas di scarico, calcestruzzo degradato e/o incoerente, tracce di agenti disarmanti, di stagionanti, ecc., si procederà con una pulizia con acqua ad alta pressione.

Al momento dell'applicazione della membrana non vi dovrà essere acqua stagnante né percolante né in pressione. Eventuali venute d'acqua possono essere trattate in diversi modi per rendere possibile l'applicazione e la perfetta polimerizzazione della membrana, mediante drenaggi, iniezione di resine o sigillatura rapida superficiale (primering).

In ogni caso, prima dell'applicazione, la superficie andrà inumidita. L'applicazione della membrana deve cominciare dalla parte bassa della parete di supporto e continuare progressivamente verso l'alto, verso la calotta della galleria.

L'applicazione del calcestruzzo proiettato sulla membrana dovrà avvenire non appena possibile onde evitare danni alla membrana stessa data l'attività di cantiere. La membrana dovrà essere assolutamente protetta in caso di gelo.

Durante l'applicazione si procederà a campione alla valutazione dello spessore applicato mediante un misuratore di profondità; solo in caso di dubbi sullo spessore

applicato potrà essere calcolato il peso di prodotto applicato su un'area preventivamente definita mediante il taglio della membrana applicata su aree di 5 x 5 cm, dopo che la membrana stessa avrà raggiunto una sufficiente stagionatura. Le zone ispezionate saranno ripristinate con una nuova applicazione a mano della membrana.

#### **4.5.5.6 IMPERMEABILIZZAZIONE DELL'ARCO ROVESCIO**

Il telo impermeabile in arco rovescio deve essere sempre collegato a quello applicato in calotta in modo da formare un anello impermeabile chiuso e, salvo diverse prescrizioni progettuali, deve essere collegato allo stesso sistema di drenaggio.

Prima dell'installazione dell'impermeabilizzazione deve essere realizzato un piano di posa in spritzbeton o magrone che risponda ai requisiti riportati nel paragrafo relativo.

L'impermeabilizzazione deve essere protetta all'estradosso con uno strato di geotessile o geocomposito di spessore non inferiore a 10 mm il quale ha lo scopo di impedire il contatto diretto con il piano di posa.

Se l'arco rovescio è armato, prima del montaggio dell'armatura, deve essere anche posto in opera uno strato superiore di geotessile e, successivamente, deve essere realizzato uno strato protettivo di magrone dello spessore non inferiore a 10 cm.

In ogni caso, invece, sia per arco rovescio armato che non armato, quando, per qualunque motivo, si prevede il transito di mezzi sull'arco rovescio prima del getto del calcestruzzo, il "pacchetto" formato dai due strati di geotessile e dall'impermeabilizzazione deve essere protetto da uno strato di magrone spesso almeno 30 cm.

Gli strati protettivi di magrone, quando previsti, devono essere gettati immediatamente dopo la posa del secondo strato di geotessile e non devono in nessun caso comportare una riduzione delle spessore dell'arco rovescio richiedendo, quindi, l'esecuzione di un apposito sovrascavo.

Il traffico su questo strato sarà consentito quando il conglomerato cementizio avrà raggiunto una resistenza di 10 N/mm<sup>2</sup>.

Per consentire la giunzione dell'impermeabilizzazione della calotta e quella dell'arco rovescio, in corrispondenza dell'attacco muretta-arco rovescio la membrana e la sua protezione (geotessile o geocomposito) dovranno debordare di almeno 1 m rispetto al getto di prima fase o ai ferri d'attesa.

In caso di sospensione dei getti dell'arco rovescio per una durata superiore a sette giorni il bordo della membrana dovrà essere protetto con un'altra membrana di PVC, della larghezza di 40 cm, ripiegata e saldata a tenuta in corrispondenza dei due lati della membrana da proteggere.

Nei tratti di arco rovescio ove sono presenti infiltrazioni di acqua in pressione dovrà essere posizionato sotto il geotessile, in corrispondenza della generatrice inferiore, un drenaggio di servizio ad alta capacità drenante.

Il drenaggio di servizio dovrà essere compartimentato almeno ogni 200 m e collegato al sistema di convogliamento e deflusso principale della galleria.

Per le caratteristiche dei materiali, le modalità di installazione, le protezioni e le modalità di raccordo e saldatura valgono le specifiche riportate nei paragrafi precedenti.

#### **4.5.5.7 CONTROLLI E PROVE**

##### **4.5.5.7.1 Prove per la verifica delle caratteristiche dei materiali**

Ogni 20.000 m<sup>2</sup> in opera dovranno essere prelevati, almeno 4 (quattro) m<sup>2</sup> di geotessile, di membrana impermeabile ed eventualmente degli altri materiali utilizzati, al fine di verificare la conformità delle caratteristiche indicate nei precedenti paragrafi.

##### **4.5.5.7.2 Prova di verifica delle termosaldature per pressione**

Il canale compreso fra le due saldature parallele della giunzione delle membrane in PVC dovrà essere provato mediante immissione di aria in pressione da una estremità, dopo aver proceduto alla occlusione dell'altra estremità. La pressione di prova dovrà essere registrata con idoneo dispositivo dotato di manometro.

Dovrà essere raggiunta la pressione stabilizzata di 200 kPa che verrà mantenuta per un tempo di 10 (dieci) minuti.

Il collaudo risulterà favorevole nel caso in cui il valore non subisca una caduta superiore al 20%.

Al termine della prova il manometro dovrà essere azzerato procedendo all'apertura dell'occlusione sul lato opposto.

Nel caso che una prova di tenuta della saldatura dia esito negativo e non possa essere ripristinata l'ESECUTORE dovrà provvedere a suo carico o alla sostituzione del materiale adiacente alla saldatura o al completo ricoprimento di tutta la saldatura stessa con una banda della larghezza di 15 cm che dovrà essere sottoposta a prova VACUUM.

#### **4.5.5.7.3 Prova per depressione mediante campana Vacuum**

La campana Vacuum dovrà essere posizionata su parte del tratto da controllare i cui contorni verranno visibilmente delimitati.

La depressione dovrà essere portata fino al valore di 20 kPa e rimanere stabile per 5 (cinque) minuti. La prova successiva dovrà sovrapporre la precedente di almeno 20 mm.

In caso di risultato negativo il punto di infiltrazione dovrà essere individuato applicando acqua saponata sulla zona sottoposta a prova.

#### **4.5.5.7.4 Prova delle saldature manuali con sondino ricurvo**

La prova deve essere eseguita in corrispondenza del perimetro delle giunzioni che sono state realizzate manualmente con l'impiego del dispositivo erogatore di aria calda (riparazioni, raccordi a tubi passanti, ecc.).

La prova si esegue con un apposito sondino (punteruolo con parte terminale della lunghezza di circa 2 cm piegata di 90° e punta arrotondata) il quale viene utilizzato per esercitare manualmente una pressione costante in corrispondenza del cordolino di PVC presente ai margini della giunzione.

L'assenza del cordolino, o la penetrazione del sondino fra i lembi della giunzione, implicano la necessità di procedere al completo ripristino della saldatura.

#### **4.5.6 RIVESTIMENTO DEFINITIVO**

Le prescrizioni di seguito riportate si intendono integrative a quelle contenute nella sez. "Opere in conglomerato cementizio" del presente Capitolato.

A queste ultime si rimanda, quindi, per tutti gli aspetti non trattati nel seguito ed in particolare per ciò che riguarda le caratteristiche delle miscele in funzione dell'aggressività dell'ambiente e le problematiche connesse con i getti massivi e con i tempi di maturazione.

##### **4.5.6.1 CASSEFORME**

Le casseforme devono essere soggette all'approvazione della Direzione Lavori all'inizio dei lavori. È inoltre onere dell'ESECUTORE mantenere in buono stato di manutenzione l'attrezzatura per il getto ed il cassero. La Direzione Lavori, a seguito di verifiche periodiche, potrà richiedere la sostituzione degli elementi che non riterrà più idonei a garantire gli standard di qualità richiesti.

In ogni caso, qualunque modifica al sistema di getto o alle casseforme deve essere preventivamente sottoposta all'approvazione della Direzione Lavori.

Per i getti del rivestimento di calotta dovranno essere impiegate casseforme metalliche montate su carro portaforme, munite di sistema di movimentazione autonoma.

La struttura dovrà essere opportunamente irrigidita e controventata, dimensionata per non subire deformazioni sotto il carico del conglomerato cementizio qualunque sia la sua consistenza.

La superficie a contatto con il conglomerato cementizio dovrà assicurare ai getti una rifinitura perfettamente regolare e conforme al profilo di progetto.

Il cassero per il getto della calotta deve essere provvisto di adeguate bocchette di ispezione e di manicotti per il pompaggio del calcestruzzo ad altezze intermedie.

Il cassero deve essere attrezzato con almeno un vibratore a parete ogni 4 m<sup>2</sup>.

Le smorze potranno essere anche in legno e dovranno essere rimosse a maturazione avvenuta prima del getto del concio successivo.

Le casseforme a sostegno del getto del rivestimento non dovranno interferire con i sostegni dello scavo.

#### **4.5.6.2 ARMATURA**

Per quanto riguarda le prescrizioni relative all'armatura, si rimanda alle prescrizioni riportate nella sezione del Capitolato (Opere in conglomerato cementizio) che si intendono interamente applicabili.

#### **4.5.6.3 GETTO DEL RIVESTIMENTO DEFINITIVO**

##### **4.5.6.3.1 Verifiche e operazioni preliminari dell'arco rovescio**

Prima del getto e della posa delle armature l'ESECUTORE dovrà procedere alla preparazione e alla pulizia delle superfici con le quali il rivestimento dovrà venire a contatto ed alla irregimentazione di tutte le venute d'acqua.

Dovrà inoltre redigere, in contraddittorio con la Direzione Lavori, un verbale che riporti la verifica dello spessore del getto e la verifica delle armature, se previste. Il verbale dovrà riportare i riferimenti alle verifiche delle superfici di intradosso della galleria, eseguite di norma con rilievo con scanner ottico.

Se la sezione è armata, la verifica deve essere eseguita prima della applicazione dell'armatura.

Dopo il posizionamento del cassero dovranno essere inoltre eseguite misure di spessore in corrispondenza delle sue estremità ed in corrispondenza delle bocchette di ispezione.

La verifica delle armature sarà eseguita secondo le indicazioni riportate nella sez. del capitolato "Opere in conglomerato cementizio".

Deve inoltre essere controllato che siano stati predisposti i giunti impermeabili secondo le prescrizioni dei capitoli successivi.

Nell'esecuzione del getto dell'arco rovescio si dovrà garantire che:

- le superfici di contatto con i piedritti siano poste su piani radiali e simmetrici rispetto all'asse della galleria;
- venga assicurata la continuità strutturale con i piedritti stessi secondo le prescrizioni indicate nel seguito. Quando l'arco rovescio non è armato, il getto può essere eseguito sul materiale in posto verificando, però, che sia stato asportato tutto il materiale mosso.

Fatto salvo quanto previsto ai paragrafi precedenti per il caso in cui sia prevista l'impermeabilizzazione in arco rovescio, prima del getto l'ESECUTORE dovrà procedere, a suo onere, alla rimozione del materiale smosso ed al getto di un piano di posa e di lavoro costituito da uno strato di magrone di spessore non inferiore a 10 cm.

La presenza di questo strato non deve comportare alcuna riduzione dello spessore dell'arco rovescio; per la sua realizzazione è quindi necessario provvedere preliminarmente all'esecuzione di un apposito sovrascavo. Eventuali maggiori sovrascavi dovranno essere riempiti con magrone.

Salvo diversa prescrizione del progetto approvato il getto dell'arco rovescio dovrà avvenire in anticipo a quello dei piedritti/calotta e comprendere la muretta.

I giunti tra elementi successivi di calotta, muretta e arco rovescio devono essere sfalsati a quinconce salvo diverse prescrizioni progettuali.

#### **4.5.6.3.2 Getto dell'arco rovescio**

Il calcestruzzo deve essere sempre vibrato.

Quando, in accordo alle prescrizioni del progetto, l'arco rovescio viene realizzato successivamente alle murette, le operazioni di getto devono essere eseguite in modo da realizzare un perfetto contatto tra i due elementi.

Il calcestruzzo, in assenza di armatura passante in corrispondenza di tutti i giunti di costruzione, deve essere sagomato in modo da disporsi su di un piano radiale rispetto all'asse galleria.

Per i getti da eseguirsi in presenza d'acqua, l'ESECUTORE dovrà provvedere ad attuare idonei sistemi di smaltimento.

Il transito dei mezzi sull'arco rovescio e sul riempimento potrà essere autorizzato quando la resistenza a compressione del conglomerato cementizio avrà raggiunto almeno 10 N/mm<sup>2</sup>. Qualora, per esigenze connesse con lo sviluppo dei lavori, non fosse possibile sospendere il transito dei mezzi per il tempo necessario a raggiungere la prescritta resistenza l'ESECUTORE dovrà provvedere all'installazione di opportune strutture che consentano ai mezzi di scavalcare i getti dell'arco rovescio appena conclusi senza danneggiare la maturazione del calcestruzzo.

#### **4.5.6.3.3 Verifiche e operazioni preliminari piedritti/calotta**

Prima del getto e della posa delle armature l'ESECUTORE dovrà procedere alla preparazione e alla pulizia delle superfici con le quali il rivestimento dovrà venire a contatto ed alla irregimentazione di tutte le venute d'acqua.

Dovrà inoltre redigere, in contraddittorio con la Direzione Lavori, un verbale che riporti la verifica dello spessore del getto e la verifica delle armature, se previste. La verifica dello spessore del getto deve essere eseguita con sistemi ottici o facendo transitare per il tratto in cui sarà gettato il concio una dima metallica i cui profili di intradosso e di estradosso seguano i corrispondenti profili di progetto del rivestimento definitivo.

La dima può essere attrezzata con aste estensibili regolabili in modo da ricostruire il profilo di estradosso del rivestimento al variare del suo spessore.

Se la sezione è armata, la verifica deve essere eseguita prima della applicazione dell'armatura.

Per ciò che riguarda i conci di calotta, inoltre, si prescrive che il volume del calcestruzzo da gettare venga determinato attraverso misurazioni in campo e non sulla base della sezione teorica della galleria.

Dopo il posizionamento del cassero dovranno essere inoltre eseguite misure di spessore in corrispondenza delle sue estremità ed in corrispondenza delle bocchette di ispezione.

La verifica delle armature sarà eseguita secondo le indicazioni riportate nella sez. del capitolato "Opere in conglomerato cementizio".

Deve inoltre essere controllato che siano stati predisposti i giunti impermeabili e che siano stati installati i tubi per le iniezioni del calottino.

#### **4.5.6.3.4 Getto di piedritti e calotta**

Il conglomerato cementizio per il rivestimento totale, eventualmente armato, dovrà essere gettato e vibrato in opera secondo le fasi stabilite dal progetto approvato. Tutti i rivestimenti in conglomerato cementizio dovranno essere eseguiti mediante pompa con esclusione dell'impiego di pompe ad aria compressa.

Il getto del conglomerato cementizio nelle casseforme dovrà avvenire in strati non superiori a 50 cm, simmetricamente sui due lati, onde evitare qualsiasi deformazione all'apparato di centinatura della cassaforma, per mezzo di tubi muniti all'estremità di appositi elementi retraibili in modo da permettere l'adduzione del conglomerato a bocca sommersa.

Il getto dovrà avvenire senza soluzione di continuità, rialzando gradualmente le bocche del tubo adduttore utilizzando i manicotti predisposti nella cassaforma, fino alla zona del calottino.

Il conglomerato cementizio, durante le prime fasi del getto dovrà essere vibrato sia con vibrator a parete che con vibrator a immersione attraverso apposite finestre lasciate nei pannelli delle casseforme. Nelle fasi conclusive, quando il getto raggiunge la chiave di calotta, non essendo possibile l'impiego di vibrator a immersione, dovranno essere utilizzati vibrator a parete.

All'atto dell'esecuzione del rivestimento si dovrà procedere al completo recupero delle eventuali armature provvisorie in legno.

Ciascun concio del rivestimento dovrà essere gettato durante una ininterrotta fase di lavoro con un intervallo massimo di 45 minuti tra un getto ed il successivo. Nel caso di interruzioni forzate od accidentali, dovute a guasti o ad altra causa, le superfici dei getti prima della ripresa, dovranno essere riportate su piani radiali e simmetrici rispetto all'asse della galleria.

## **DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI**

---

Dopo lo scasseramento, la superficie finita del calcestruzzo dovrà essere esente da qualsiasi danno o difetto.

In particolare, per l'accettazione del concio, le superfici dovranno essere prive di vespai e di irregolarità nelle riprese di getto.

La superficie del concio dovrà inoltre essere regolare e con profilatura secondo progetto.

Nessun ripristino o stuccatura potrà essere eseguito dopo il disarmo del concio senza il preventivo controllo del Direttore dei Lavori, che dovrà autorizzare i materiali e la metodologia, proposti dal Progettista, da utilizzare per l'intervento.

A seguito di tali interventi, il Direzione Lavori potrà richiedere, per motivi estetici, la ripulitura o la verniciatura con idonei prodotti delle superfici del concio.

### **4.5.6.4 RIVESTIMENTO DEFINITIVO IN SPRITZBETON**

Quando esplicitamente previsto dal progetto, il rivestimento definitivo può essere realizzato con spritzbeton.

Per le prescrizioni esecutive si rimanda alla sezione del presente Capitolato "Opere in conglomerato cementizio" sottolineando che, anche in questo caso, deve essere posta particolare attenzione alle prescrizioni relative alla "durabilità" del calcestruzzo.

### **4.5.6.5 IMPERMEABILIZZAZIONE DEI GIUNTI**

Tutti i giunti di costruzione dovranno essere impermeabilizzati con un cordolo bentonitico o un giunto iniettato a tenuta idraulica che rispondano alle prescrizioni contenute nel capitolo "Impermeabilizzazione".

Il cordolo deve essere fissato sulla superficie di calcestruzzo indurito contro la quale sarà eseguito il nuovo getto prima della sua esecuzione e dovrà essere posto ad una distanza dalla superficie libera del manufatto tale da non indurre rotture legate alla sua pressione di rigonfiamento

Il raccordo tra due cordoli deve essere realizzato con una sovrapposizione di almeno 30 cm.

**4.5.6.6 INTASAMENTO IN CHIAVE DI CALOTTA**

Per i primi campi di getto si dovrà procedere alla verifica sistematica dell'assenza di vuoti in chiave di calotta. Nel caso in cui si dovesse riscontrare l'assenza del completo intasamento tra rivestimento e impermeabilizzazione si opererà come di seguito indicato.

Prima dell'inizio delle operazioni di getto di ciascun concio del rivestimento definitivo, dovranno essere posizionati in chiave di calotta, attraverso opportuni fori predisposti nella smorza o nella cassaforma, tubi in PVC o altro materiale idoneo e di adeguata resistenza meccanica aventi diametro non inferiore a 40 mm, dotati di sfiato, fessurati se disposti orizzontali e con l'estremità superiore sigillata e distanziata di qualche centimetro dall'impermeabilizzazione se verticali.

Dovrà essere realizzato il completo intasamento tra rivestimento e impermeabilizzazione, dopo la verifica della resistenza raggiunta dal conglomerato cementizio a 28 giorni. La miscela o malta cementizia, iniettata con pressione non superiore a 400 KPa, dovrà avere altissima fluidità e rapporto a/c non superiore a 0.45.

Perché sia possibile eseguire le iniezioni anche dopo il getto dei conci successivi, il tubo deve essere posizionato in modo che la sua estremità scenda al disotto dell'intradosso del concio stesso o di quello adiacente.

Le iniezioni possono essere eseguite solo in presenza della Direzione Lavori.

L'ESECUTORE dovrà presentare alla Direzione Lavori, 30 giorni prima dell'inizio delle operazioni di getto, una relazione che descriva:

- lo schema d'intasamento
- le caratteristiche delle miscele, allo stato fluido e indurito
- il macchinario impiegato

Le operazioni di getto non potranno iniziare senza l'approvazione, in forma scritta, delle modalità d'intasamento.

Questa relazione può essere inclusa nell'istruzione o rapporto sulle modalità di posa del calcestruzzo del rivestimento definitivo.

#### **4.5.6.7 MATURAZIONE**

Per le prescrizioni relative alla maturazione del calcestruzzo, si rimanda a quanto riportato nella sezione del Capitolato "Opere in conglomerato cementizio armato".

#### **4.5.7 NICCHIE E NICCHIONI**

Lo scavo per la eventuale realizzazione di nicchie o nicchioni sarà eseguito prima della realizzazione del rivestimento definitivo; qualora per giustificati motivi tecnici o di programmazione lavori ciò non fosse possibile, nel rivestimento della galleria verranno lasciati appositi spazi delle dimensioni della sagoma dell'estradosso del rivestimento della nicchia. Nel progetto saranno indicati gli eventuali provvedimenti per garantire la continuità dell'impermeabilizzazione e del rivestimento.

Lo scavo della cavità per costruire la nicchia sarà effettuato con mezzi meccanici, è assolutamente vietato l'impiego d'esplosivo, indipendentemente dallo stato di maturazione del calcestruzzo del rivestimento dell'opera principale.

#### **4.5.8 OPERE DI FINITURA**

##### **4.5.8.1 PREMESSA**

Tutte le prescrizione riportate nel seguito sono da considerarsi ad integrazione di quelle riportate nella sezione "Opere in conglomerato cementizio" che si intendono interamente applicabili.

##### **4.5.8.2 CANALETTE PORTA CAVI**

All'interno delle gallerie, sia naturali che artificiali, dovranno essere posate canalette prefabbricate portacavi in calcestruzzo armato, dalla forma e con le caratteristiche dei componenti definite negli elaborati di progetto. Le canalette dovranno essere complete di coperchio calpestabile e conforme ai disegni di progetto.

La posa del coperchio, quando questo è calpestabile, deve essere realizzata con particolare accuratezza in modo che le superficie risultante sia regolare e che non vi sia, tra spigoli adiacenti, una differenza di livello superiore a 2 mm.

### **4.5.8.3 COPERTURE TUBAZIONE ANTINCENDIO, CUNICOLI E CANALETTE DI DRENAGGIO**

Le cunette, i cunicoli o simili dovranno essere adeguatamente coperti con lastre o lastroni in conglomerato cementizio armato prefabbricato carrabili.

Nel caso la canaletta sia destinata ad accogliere la tubazione antincendio, se la condotta di alimentazione dell'impianto idrico antincendio è realizzata in PEAD, in alternativa all'acciaio zincato, la stessa dovrà essere inglobata, per protezione meccanica, all'interno di un getto di calcestruzzo dello spessore minimo di 20 cm. Tale spessore, puramente indicativo, deve essere verificato al fine di garantire una resistenza al fuoco della condotta posata a terra pari a R60.

Nel caso in cui la condotta debba essere ancorata alle pareti della galleria (gallerie esistenti), essa dovrà essere realizzata in acciaio zincato e protetta in modo da garantire una resistenza al fuoco pari a R120. La predetta resistenza al fuoco dovrà essere garantita anche per gli elementi di protezione e di sostegno della condotta. La condotta idrica, soprattutto nel caso che sia aerea e riempita d'acqua (acqua morta), dovrà essere adeguatamente protetta contro le fuoriuscite d'acqua che possono raggiungere la T.E. e causare il suo tensionamento.

Per le canalette di drenaggio devono, inoltre, essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- il sormonto laterale del coperchio deve essere di almeno 5 cm;
- il varco tra due canalette successive deve essere al massimo pari a 2 cm e comunque tale da evitare la caduta di elementi del ballast nella canaletta.

In caso di elementi calpestabili da porre sul marciapiede, gli spigoli adiacenti di due elementi successivi non dovranno presentare una differenza di quota superiore a 2 mm.

### **4.5.8.4 SEGNALETICA**

#### **4.5.8.4.1 Strisce segnaletiche di sicurezza**

La segnaletica di sicurezza in galleria potrà essere realizzata:

## DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI

---

- mediante applicazione a pennello o a rullo di vernice bianca a base di resine sintetiche, da porre in opera con più mani sovrapposte.

Dovrà essere realizzata una fascia di 20 cm di larghezza, longitudinalmente inclinata, con vertici alternativamente in alto e in basso. Questi ultimi individueranno le nicchie per il ricovero del personale il cui contorno dovrà essere analogamente verniciato con una fascia di pari larghezza. Prima dell'applicazione della vernice la superficie sarà lavata, raschiata, preferibilmente con idropulitrice, e trattata con un primer.

- mediante applicazione di strisce segnaletiche in vetroresina di colore bianco latte.

Queste dovranno avere altezza di 20 cm e lunghezza non inferiore a 300 cm, fissate al rivestimento con chiodi e rondelle di acciaio zinco-cromato almeno ogni 50 cm. Le sovrapposizioni tra due strisce adiacenti non dovranno essere inferiori a 20 cm. Sulle strisce dovranno essere applicati elementi rifrangenti bifacciali, con supporto di alluminio di 20/10 di mm, fissati con 4 viti e completi di 2 catadiottri bianchi in metacrilato, applicati ogni 3 metri nelle strisce correnti e ogni 60 cm ai lati delle nicchie.

### **4.5.8.4.2 Tabelle segnaletiche**

Le tabelle segnaletiche in alluminio dovranno avere lo spessore di 20/10 di mm e essere predisposte per qualsiasi tipo di fissaggio compreso l'eventuale incollaggio su superfici metalliche.

Le tabelle dovranno essere del tipo fotoluminescente, cioè ricoperti di una pellicola che consenta la visibilità del cartello, oltre che nelle normali condizioni di illuminazione, anche in condizioni di oscurità secondo la DIN 67510.

Le tabelle poste all'interno delle nicchie dovranno risultare aderenti ai rivestimenti di qualsiasi natura essi siano anche se con superfici irregolari. Dovranno essere perforate per evitare danneggiamenti alla pellicola catadiottrica in fase di fissaggio alla parete.

## **DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI**

---

Il fissaggio alla parete dovrà essere realizzato mediante tasselli a espansione rapida, con corpo in Polyamide PA-6 e anima in acciaio zincato galvanicamente.

I tasselli, provvisti anche di una rondella aggiuntiva in acciaio inox di mm 20, dovranno avere le seguenti caratteristiche:

- lunghezza minima mm 50;
- spessore massimo fissabile mm 5;
- profondità minima di posa mm 45;
- diametro del colletto-rondella mm 10.

I tasselli dovranno essere posti in opera in quantità minima di n° 4 (quattro) per ogni tabella e comunque in numero tale da garantire il perfetto ancoraggio della tabella alla parete in presenza delle azioni indotte dal transito dei treni (effetti aerodinamici).

### **4.5.8.5 ALLOGGIAMENTI PER CONTRAPPESI**

L'alloggiamento dei contrappesi per la regolazione automatica della tensione della linea T.E dovrà essere ricavato in apposite scanalature che devono essere ottenute in fase di getto del rivestimento mediante l'inserimento nel cassero di apposite sagome.

La realizzazione di eventuali scanalature e nicchie con demolizione del rivestimento non è ammesso se non in lavori di ripristino di gallerie già realizzate. In quel caso, la demolizione dovrà essere eseguita con modalità e mezzi idonei per evitare il danneggiamento del rivestimento stesso e dovrà comprendere anche il ripristino delle pareti laterali e di fondo con malte a ritiro compensato ad altissima aderenza.

### **4.5.8.6 CORRIMANO**

Il corrimano dovrà essere di forma rotondeggiante e priva di spigoli taglienti, essere facilmente afferrabile e di facile pulizia. Le parti terminali dovranno essere arrotondate per non costituire pericolo per le persone.

Il corrimano, fissato a parete con ancoraggi almeno ogni 2 m, deve essere installato ad un'altezza compresa tra 90 cm ed un metro dal piano di calpestio del marciapiede ed a una distanza dal piedritto della galleria almeno pari a 4 cm. In pianta, l'ingombro

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

sul marciapiede non deve eccedere gli 8 cm. Deve svilupparsi longitudinalmente in modo tale da essere il più possibile parallelo al binario.

Il corrimano dovrà essere realizzato anche in corrispondenza delle nicchie, evitando soluzioni di discontinuità nelle zone di transizione tra sezione corrente e nicchia.

Il montaggio dovrà essere diretto a parete e realizzato mediante supporti aventi superfici arrotondate, idonei a permettere al corrimano di sopportare un carico orizzontale di 1,5 KN/m ed un carico verticale non concomitante di 0,7 KN/m. I supporti dovranno essere posizionati nella parte inferiore del corrimano in modo da non creare ostruzioni quando questo viene scorso con la mano.

Di norma il sistema sarà costituito da:

- 1 Tubolare realizzato con materiale resistente, isolante, non metallico di lunghezza non inferiore a 6m, avente le seguenti caratteristiche:
  - classe di reazione al fuoco di cui al D.M. 26/06/84 "Classificazione di reazione al fuoco ed omologazione dei materiali ai fini della prevenzione incendi" non superiore a 1,
  - classe di reazione al fuoco di cui all'EN 13501-1:2002 "Classificazione al fuoco dei prodotti e degli elementi da costruzione - Parte 1: Classificazione in base ai risultati delle prove di reazione al fuoco" pari a (A2- s1,d0) o (A2-s2,d0) o (A2-s1,d1) o (B-s1,d0) o (B-s2,d0) o (B-s1,d1);
- 2 sistema di ancoraggio a muro dei suddetti tubi, costituito da:
  - staffa di ancoraggio del tubolare a muro,
  - barre filettate in acciaio inossidabile (almeno M16) della lunghezza minima di 200 mm e relativi accessori,
  - resina bicomponente in cartucce, per il bloccaggio delle barre filettate a muro;
- 3 tappi di chiusura alle estremità del corrimano

**4.5.9 MONITORAGGIO**

Durante lo scavo di una galleria deve essere sempre eseguito un monitoraggio con lo scopo di:

- verificare la validità delle previsioni progettuali e adeguare gli interventi attraverso un confronto sistematico, in corso d'opera, tra le stesse previsioni e le prestazioni/comportamento del terreno nell'intorno della galleria e delle strutture di rivestimento;
- assicurare che l'opera sia in grado di esplicare le sue funzioni nel tempo, risultando idonea all'esercizio, resistente e stabile senza riduzioni significative della sua integrità o necessità di interventi di manutenzione straordinaria;
- verificare che lo stato di sollecitazione del rivestimento rimanga entro i limiti fissati dal progetto anche nella fase di esercizio.

Le verifiche vengono eseguite dalla Direzione Lavori insieme ai progettisti sulla base dei dati forniti dall'ESECUTORE. Quest'ultimo è comunque tenuto all'esame dei risultati sulla base della sua esperienza in modo da essere in grado di individuare per tempo eventuali situazioni potenzialmente pericolose e porvi rimedio.

Il sistema di monitoraggio deve essere installato e gestito secondo le indicazioni progettuali.

La Direzione Lavori può, comunque, richiedere che l'ESECUTORE integri il sistema con l'installazione di ulteriori sezioni strumentate e/o di strumentazione aggiuntiva. In questi casi la Direzione Lavori può anche chiedere che venga modificata la distribuzione o la composizione delle sezioni previste in progetto in modo da posizionarle nelle zone risultate di maggiore interesse senza aumentare il loro numero.

#### **4.5.9.1    PRESCRIZIONI**

Sono a carico dell'ESECUTORE:

- la predisposizione, nei tempi previsti dal contratto, degli elaborati di dettaglio del progetto di monitoraggio che devono riportare:
  - l'ubicazione delle sezioni strumentate secondo la distribuzione prevista dal progetto;
  - l'elenco completo e le caratteristiche di tutti gli strumenti e di tutta l'attrezzatura prevista;

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

- le schede tecniche relative a ciascuno strumento che attestino la conformità alle specifiche di progetto;
- i dettagli delle modalità di installazione e collegamento;
- la frequenza delle letture;
- la modalità di presentazione dei dati;
- la fornitura della strumentazione, che deve essere preventivamente approvata dalla Direzione Lavori, e la sua custodia in modo idoneo fino all'installazione;
- l'installazione e il collaudo di ogni strumento e la verifica della sua funzionalità prima e dopo l'installazione;
- il mantenimento in efficienza del sistema e degli strumenti fino al collaudo o per la durata indicata dal progetto;
- la lettura e la presentazione dei dati secondo le specifiche riportate negli elaborati di dettaglio;
- la restituzione dei dati di monitoraggio che dovrà essere fornita in relazione al tempo ed alla distanza dal fronte;
- l'esame tecnico dei risultati e la redazione di una nota di commento da consegnare, assieme ai risultati, o entro breve termine dalla loro consegna, alla Direzione Lavori.

Tutti gli elaborati sopra descritti devono essere approvati dalla Direzione Lavori insieme agli strumenti ed alla attrezzatura prevista.

Prima dell'installazione degli strumenti, l'ESECUTORE deve predisporre un'Istruzione Tecnica Operativa nella quale vengano descritte la modalità di installazione, lettura, gestione e manutenzione di ogni strumento. Tale Istruzione deve essere trasmessa, per conoscenza, alla Direzione Lavori.

Tutte le operazioni devono essere eseguite da personale qualificato.

L'ESECUTORE prima dell'inizio delle attività comunicherà alla Direzione Lavori il nome del tecnico Responsabile delle attività di monitoraggio.

L'ESECUTORE deve inoltre disporre di un laboratorio ufficiale o autorizzato presso il quale eseguire le prove geotecniche richieste dal progetto di monitoraggio.

#### **4.5.9.2 SPECIFICHE RELATIVE AGLI STRUMENTI DI MISURA**

Queste specifiche sono da intendersi valide salvo più dettagliate prescrizioni progettuali.

##### **4.5.9.2.1 Prescrizioni generali**

Tutti gli strumenti devono essere tarati prima dell'installazione.

Il corretto funzionamento di ogni strumento deve essere verificato prima dell'installazione ed a montaggio avvenuto.

Gli strumenti che nel corso del collaudo svolto dopo l'installazione risultassero non perfettamente funzionanti dovranno essere tempestivamente sostituiti a cura dell'ESECUTORE anche attraverso l'installazione di nuovi strumenti in posizione prossima a quelli difettosi.

Le sezioni previste per il monitoraggio in esercizio devono essere consegnate perfettamente funzionanti. La Direzione Lavori potrà quindi richiedere di sostituire gli strumenti non funzionanti (o, se non accessibili, di installarne di nuovi) o potrà richiedere che l'ESECUTORE proceda all'installazione di una nuova sezione se sono difettosi più del 20% degli strumenti in essa installati.

Per tutti gli strumenti, il fondo scala deve essere adeguato alle grandezze previste.

##### **4.5.9.2.2 Prescrizioni particolari**

L'installazione delle stazioni di convergenza dovrà avvenire a ridosso del fronte di scavo e comunque non oltre i 3 m dal fronte di scavo e la lettura di zero dovrà essere effettuata immediatamente dopo la loro posa in opera e comunque prima della ripresa delle operazioni di scavo

#### **4.5.10 TOLLERANZE DI COSTRUZIONE**

Il presente capitolo indica i valori delle tolleranze di costruzione ritenute significative per stabilire l'accettazione di opere/parti d'opera realizzate dall'ESECUTORE.

Il rispetto delle tolleranze indicate significa conformità dell'opera al progetto.

#### **4.5.10.1 DEFINIZIONI**

**Precisione:** Minima entità della misura che si deve essere in grado di rilevare, ovvero livello di apprezzamento strumentale.

**Tolleranza:** Intervallo entro il quale deve essere compreso il valore effettivo di un certo parametro per ritenere il manufatto conforme e remunerabile secondo contratto;

**Valore effettivo:** Il valore del parametro richiesto misurato sul manufatto costruito;

**Valore nominale:** prescrizione contrattuale (progetto, capitolato)

**Valore teorico:** Il valore di un parametro indicato in progetto;

#### **4.5.10.2 MODALITÀ DI LETTURA**

Le tolleranze non sono cumulative.

In caso più di una indicazione, è sempre vincolante quella più restrittiva.

Con la precisione della misura viene indicato il livello di apprezzamento (strumentale) della grandezza

Una tolleranza positiva (+) aumenta il valore o la dimensione alla quale essa è applicata o alza la quota di un livello.

Una tolleranza negativa (-) diminuisce il valore o la dimensione alla quale essa è applicata o abbassa la quota di un livello.

Una tolleranza priva di segno è da intendersi positiva (+) e negativa (-).

Ove è precisata una tolleranza con un singolo segno positivo (+) o negativo (-) non esiste limite nel campo restante.

Nella colonna "ulteriori limitazioni" viene indicato il limite massimo della tolleranza ammessa in valore assoluto.

#### **4.5.10.3 SCHEDA DELLE TOLLERANZE**

La tabella riportata di seguito indica le tolleranze costruttive:

**TECNICI**

OGGETTO CONTROLLO		Parametri controllo	U.M.	precisione	Riferimento normativo	Tolleranza	Limitazioni ulteriori	
1. POSA MEMBRANA PVC	1.1	Altezza massima asperità della superficie	mm	1	10	RFI	+0	
	1.2	Sovrapposizione della membrana sul giunto	mm	5	100		-0	+100
	1.3	Spessore saldatura	mm	1	10		-0	
	1.4	Larghezza canale tra saldature	mm	1	15		-0	+20
2. CANALETTA	2.1	Sormonto laterale del coperchio	mm	5	50	RFI	-0	
	2.2	Varco tra canalette successive	mm	1	20		-20	+0
3. GETTO CLS (+)	3.1	Raggio esterno calotta (irregolarità superfici)	mm	10	di progetto	RFI	-0	+100
	3.2	Spessore rivestimento definitivo (piedritti - calotta)	mm	10	di progetto		-0	+100
	3.3	Spessore arco rovescio (non armato)	mm	10	di progetto		-0	+100
	3.4	Spessore arco rovescio (armato)	mm	10	di progetto		-0	+50
	3.5	Pendenza trasversale piattaforma convogliamento acque	%	0,1	di progetto		-0.5	+1
4. PRERIVESTIMENTO	4.1	Quota centina	mm	10	di progetto	RFI	50	
	4.2	Posizionamento longitudinale centina	mm	10	di progetto		50	
	4.3	Posizionamento trasversale centina	mm	10	di progetto		50	
5. RIVESTIMENTO DEFINITIVO	5.1	Posizionamento planimetrico / altimetrico cassero muretta	mm	1	di progetto	RFI	20	
	5.2	Posizionamento planimetrico / altimetrico calotta	mm	1	di progetto		30	
	5.3	Quota altimetrica intradosso solettone di regolamento	mm	1	di progetto		30	

(+) PER TOLLERANZE POSA ARMATURA si faccia riferimento alla sez. "Opere Conglomerato Cementizio"

*Tolleranze costruttive gallerie in tradizionale*

## 4.6 GALLERIE NATURALI CON SCAVO MECCANIZZATO

Nel seguito si riportano i principali requisiti e le specifiche tecniche per le gallerie naturali realizzate in scavo meccanizzato a piena sezione. In particolare saranno

analizzate le macchine di scavo monoscudate a piena sezione, con o senza contropressione attiva sul fronte. Sono escluse dall'approfondimento le macchine aperte, scudate e non, le frese puntuali e le macchine per il microtunneling.

Con il termine Tunnelling Machines (TM) s'intende l'insieme di tutte le macchine per lo scavo a piena sezione di gallerie.

#### **4.6.1 PRINCIPALI TIPOLOGIE DI MACCHINE PER LO SCAVO DI GALLERIE**

##### **4.6.1.1 Tunnelling Machines (TM)**

In linea di principio le Tunneling Machines sono costituite dalle seguenti parti essenziali:

- 1) Un sistema di abbattimento meccanico del fronte di scavo;
- 2) Un sistema di propulsione e guida per fare avanzare la macchina;
- 3) Un sistema per lo sgombero e allontanamento del materiale di scavo;
- 4) Un sistema per realizzare il sostegno immediato dello scavo (rivestimento) che tuttavia può non essere adottato se le buone caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso da attraversare lo permettono e la macchina è in grado di avanzare indipendentemente dalla costituzione del rivestimento (macchine aperte per rocce dure).

Le TBM si distinguono essenzialmente in TBM (Tunnel Boring Machines) e in SM (Shield Machines).

### **TBM (Tunnel Boring Machines)**

Sono macchine dotate di una testa rotante di scavo a piena sezione, in cui l'avanzamento avviene con un sistema che può essere costituito da grippers espansi contro la parete di scavo o da martinetti longitudinali che si appoggiano sul rivestimento appena montato, spingendo la macchina in avanti per contrasto.

Nel primo caso le TBM sono sprovviste di scudo oppure dotate di tettuccio protettivo di alcune parti della macchina e quindi non è prevista l'immediata posa del rivestimento.

Nel secondo caso invece sono dotate di scudo cilindrico protettivo e necessitano per l'avanzamento del rivestimento; a seconda della tipologia possono scavare in roccia o in terreno soffice.

In presenza di terreno scadente e falda esistono tipologie di TBM scudate configurate per contrastare il fronte con una contropressione attiva (aria compressa, fanghi o terra).

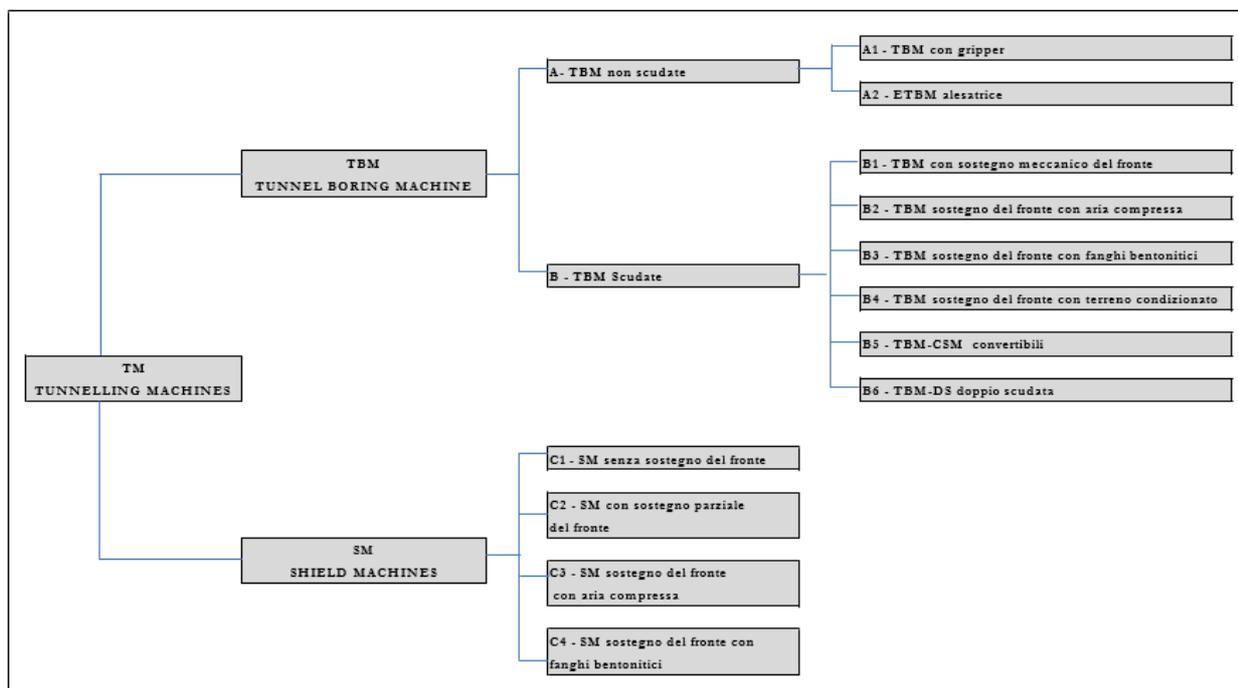
## **SM (Shield Machines)**

Le SM sono macchine scudate in cui l'abbattimento del fronte e lo scavo avviene con l'impiego di uno o più mezzi puntuali, operano in rocce tenere, in terreni coerenti e parzialmente coerenti in assenza di falda. L'avanzamento in questo caso è consentito con i martinetti longitudinali che si poggiano sul rivestimento posto in opera dalla macchina stessa e per contrasto la spingono in avanti.

Per terreni scadenti con limitata capacità di autosostegno e falda esistono tipologie di SM configurate per realizzare un sostegno attivo del fronte (con aria compressa o fanghi).

### **4.6.1.2 Principali suddivisioni delle TM**

Lo schema seguente riporta, sinteticamente, le varie tipologie di TM suddividendole per famiglie tipologiche in relazione al campo d'impiego previsto (condizioni geologiche e caratteristiche geotecniche-geomeccaniche, condizioni progettuali). In seguito si descrivono sinteticamente la loro costituzione ed i principi operativi di funzionamento.



*Schema di classificazione delle TM*

In fondo al capitolo sono riportate le rappresentazioni schematiche delle principali TM (Allegato 11.6-1)

#### **4.6.1.3 Descrizione sintetica delle tipologie di Macchine**

Sulla base dello schema di classificazione riportato nella figura precedente si descrivono sinteticamente le principali caratteristiche di alcune TM.

Nel successivo paragrafo sono approfondite alcune classi (B1, B3 e B4) delle TBM scudate, in quanto di utilizzo più comune nelle esperienze consolidate nello scavo di gallerie.

##### **4.6.1.3.1 TBM non scudate**

#### **TBM con gripper non scudate**

Sono macchine aperte, cioè sprovviste di scudo o mantello di protezione, quindi non richiedono l'installazione continua di un rivestimento in elementi prefabbricati a cui appoggiarsi per la spinta e la coppia occorrenti per lo scavo.

**Principio operativo:** l'avanzamento avviene in ammassi rocciosi con buone caratteristiche meccaniche utilizzando la reazione di grippers espansi contro le pareti dello scavo. All'occorrenza in presenza di locali instabilità possono montare sostegni di tipo tradizionale (centine, bulloni, spritzbeton) a pochi metri dal fronte per realizzare un sufficiente contrasto ai grippers. In presenza di ammassi instabili e acqua possono entrare in crisi venendo a mancare un contrasto laterale efficace per i grippers e per l'inidoneità della testa allo scavo in tali terreni. La testa fresante è normalmente armata con taglienti a disco in grado di affrontare rocce con resistenza alla compressione monoassiale sino a 250 MPa. Le prestazioni, in termini di velocità di avanzamento, in condizioni ideali (rocce dure e stabili, assenza di acqua), possono essere elevate. Le TBM aperte, a seconda dei modelli, possono essere dotate di una coppia o due coppie di grippers.

### **Alesatrici (Extension Tunnel Boring Machine – ETBM)**

Sono macchine che permettono l'allargò (alesaggio) di un foro realizzato in precedenza con una piccola TBM. Principio operativo: è identico al principio operativo di una TBM non scudata dotata di grippers di fissaggio.

**Costituzione della macchina:** il dispositivo d'allargò è essenzialmente costituito da:

- L'elemento di lavoro traslante costituito dalla testa di alesaggio, sulla quale sono localizzati gli utensili di scavo (dischi, denti, picchi, coltelli), e dal sistema di smarino costituito da un nastro trasportatore;
- Un elemento stazionario localizzato all'interno del foro da allargare in posizione antistante la testa di alesaggio, che contrasta i martinetti di tiro della testa attraverso due coppie di grippers; tale elemento oltre a supportare l'intero peso della macchina costituisce l'elemento di reazione alla spinta ed alla coppia necessaria allo scavo;
- Un corpo posteriore contenente i motori, gli organi di guida e gli elementi di servizio.

Direttamente dietro l'alesatrice segue il dispositivo per il montaggio del nuovo rivestimento in elementi prefabbricati. Tale dispositivo è essenzialmente costituito da uno scudo aperto dotato di:

- Camicia metallica, di diametro pari al diametro dell'alesatore, all'interno della quale viene montato l'anello in conci prefabbricati e sono alloggiati i martinetti di spinta;
- Erettore per il montaggio degli elementi prefabbricati;
- Back-up costituito da una serie di carri dove sono alloggiati i motori del sistema di spinta, gli organi di guida, il sistema di traslazione dei conci, le pompe per l'iniezione a tergo e gli elementi di servizio.

Alesatrice e scudo con back-up avanzano parallelamente. Mano a mano che il dispositivo di scavo compie una sezione di avanzamento nella galleria esistente, pari alla corsa dei martinetti dell'elemento stazionario, lo scudo avanza della stessa lunghezza nel tratto già allargato e monta l'anello di rivestimento.

Lo spazio tra l'estradosso del rivestimento e il profilo di scavo viene riempito con idonee miscele attive o inerti attraverso i conci o tramite un sistema integrato nello scudo, in modo da solidarizzare definitivamente l'anello di rivestimento al terreno.

#### **4.6.1.3.2 TBM scudate (TBMs)**

##### **TBMs da roccia monoscudate**

Hanno un campo di applicazione superiore a quello delle TBM aperte, potendo operare anche in rocce tenere e/o fessurate oltre che in rocce dure. La necessità tuttavia di montare un rivestimento in conci prefabbricati, che avviene in fase alterna allo scavo, riduce la produttività rispetto alle TBM aperte.

**Principio operativo:** come quello delle macchine scudate.

**Costituzione della macchina:** testa di scavo rotante armata con cutters, scudo che può essere monolitico (guida della macchina attraverso il sistema di spinta e/o la testa porta utensili), oppure articolato (guida della macchina attraverso il sistema di spinta e/o l'articolazione dello scudo);

## **TBM monoscudate per lo scavo di gallerie in terreni sciolti**

Sono macchine adatte a lavorare in terreni soffici in falda. Tuttavia possono anche operare in ammassi rocciosi in falda, nel qual caso la testa fresante deve essere configurata per installare cutters da roccia.

**Principio operativo:** come quello delle macchine scudate. Creano una contropressione attiva sul fronte. Per ottenere ciò un setto d'acciaio isola ermeticamente la camera di scavo dal resto dello scudo. L'accesso nella camera di lavoro per ispezioni, riparazioni e sostituzione degli utensili di scavo, avviene attraverso una camera iperbarica.

**Costituzione delle macchine:** scudate, testa rotante portautensili. Gli utensili sono generalmente costituiti da denti, all'occorrenza anche da cutters, è possibile una configurazione mista denti e cutters in funzione delle caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso. La configurazione della testa rotante può presentarsi molto aperta, oppure parzialmente chiusa o completamente chiusa.

### **Tipologie di macchine:**

- **TBM ad aria compressa (B2):** La tecnica di scavo sotto falda consiste nel tenere l'aria nella camera di scavo ad una pressione che sia superiore a quella idrostatica in modo da impedire che l'acqua invada la camera stessa. Il materiale fresato viene estratto dalla camera di scavo pressurizzata attraverso una valvola sferica rotativa e da qui convogliato verso il sistema di smarino primario. È una tecnica, adoperata in passato anche nelle gallerie in scavo tradizionale, che oggi è sempre meno utilizzata.
- **TBM-HS o Hydroshield (B3):** si basa sull'uso di una sospensione di bentonite o argilla in acqua che riempie una camera di lavoro pressurizzata garantendo il trasferimento della contropressione al fronte di scavo.
- **TBM-EPBs (B4):** il sostegno del fronte avviene per mezzo dello stesso terreno scavato che è mantenuto in pressione all'interno della camera di scavo attraverso i martinetti di spinta dello scudo che trasferiscono la pressione al

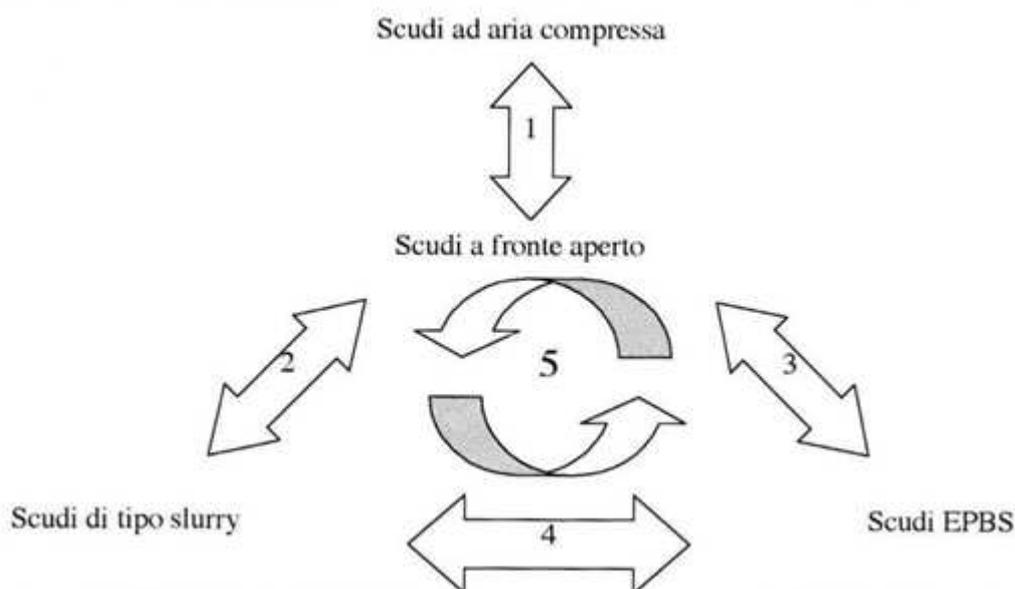
diaframma di separazione tra scudo e camera di scavo e quindi al terreno scavato.

Nella figura seguente è riportato il grafico della curva granulometrica per l'individuazione dei campi di applicazione per le macchine con fronte in pressione, in particolare dell'Hydroshield e dell'EPB.

## TBM-CSM combinate

Sono macchine che si possono adattare alle variabilità geologiche dell'ammasso, che peraltro devono essere già note in fase di progettazione, modificando opportunamente alcuni sistemi principali (ad es. il sistema di supporto del fronte, gli utensili di scavo, il sistema di estrazione del marino).

Nella seguente schema sono riportate le diverse combinazioni possibili



*Schema di possibili TBM combinate*

## TBM doppio scudate (TBM-DS)

Hanno un campo di applicazione analogo a quello delle macchine monoscudate da roccia.

**Principio operativo e costituzione della macchina:** testa di scavo rotante armata con cutters. Scudo telescopico dotato di un doppio sistema di spinta, costituito dai grippers posti all'interno della parte anteriore dello scudo e dai martinetti idraulici longitudinali posti all'interno della parte centrale dello scudo, che permette l'avanzamento continuo. In relazione alle caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso attraversato può essere usato uno o l'altro dei sistemi di spinta e conseguentemente può essere o meno applicato il rivestimento prefabbricato. In presenza di roccia con caratteristiche meccaniche da ottime a discrete l'avanzamento può avvenire solo con i grippers mentre nel frattempo viene montato il rivestimento in conci prefabbricato utilizzando i martinetti di spinta orizzontali solo per accostare il nuovo anello a quello precedente. Oppure può essere prevista solo una chiodatura radiale e la successiva posa di prerivestimento in spritzbeton ed eventualmente con centine. In presenza invece di terreno scadente, dove i grippers non troverebbero impiego, l'avanzamento avviene in fase alterna al montaggio del rivestimento, come nella monoscudo. Back-up con tutte le attrezzature ausiliarie

#### **4.6.1.3.3 Scudi aperti**

### **SM Scudi aperti senza sostegno del fronte**

Sono adatte per l'avanzamento in ammassi rocciosi di caratteristiche scadenti o anche in terreni coerenti o autoportanti in genere.

**Costituzione delle macchine:** come le macchine scudate.

**Principio operativo:** lo scavo avviene con mezzi puntuali come escavatori o frese puntuali montati anche su più livelli e con un sistema di scarico e smarino automatico.

### **SM Scudi aperti a supporto meccanico del fronte**

Sono adatte per l'avanzamento in rocce deboli, terreni coerenti o parzialmente coerenti, terreni autoportanti in genere, assenza di falda idrica.

Sono analoghi agli scudi aperti, ma sono dotati di piastre metalliche, collocate nella parte superiore del tagliente dello scudo, per sostenere il fronte.

### **SM Scudi aperti sostegno del fronte con aria compressa**

Hanno un'applicazione analoga a quello degli scudi chiusi ad aria compressa

**Principio operativo:** come gli scudi chiusi ad aria compressa.

Lo scavo avviene con mezzi puntuali come escavatori o frese puntuali. Il marino viene estratto dalla camera di scavo pressurizzata per mezzo di una valvola sferica rotativa.

### **SM Scudi aperti a contropressione di fango**

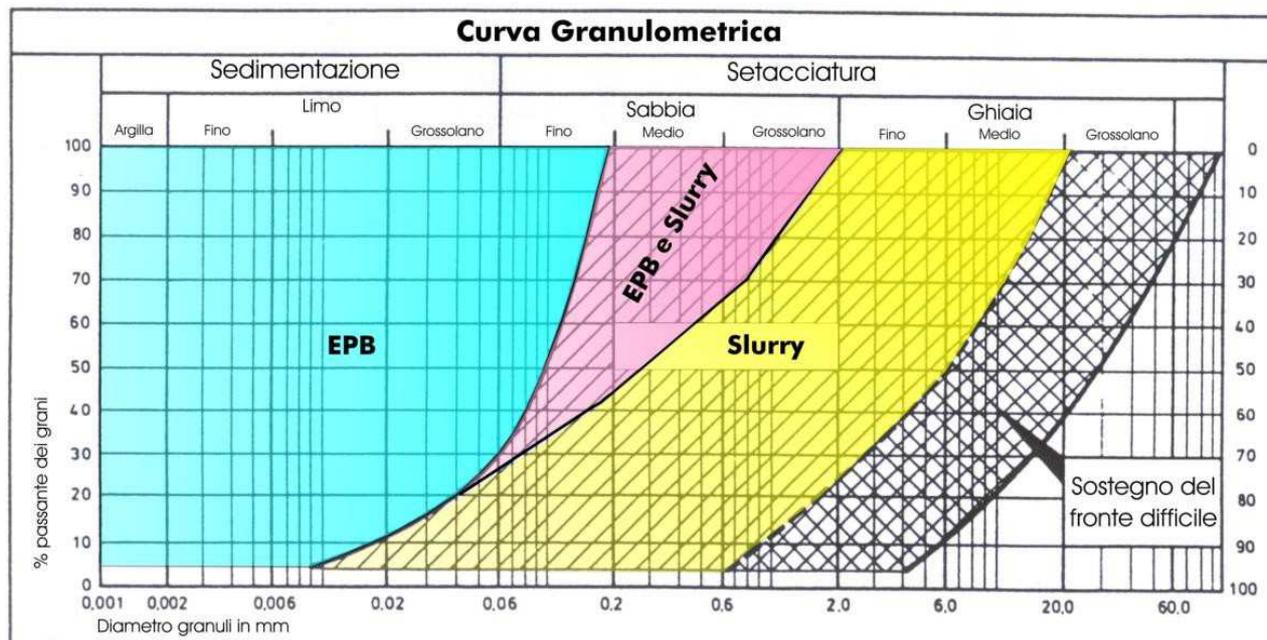
Hanno un campo di applicazione analogo a quello degli scudi chiusi a fanghi.

**Principio operativo:** come quello degli scudi chiusi a fanghi. L'abbattimento però è eseguito con mezzi puntuali (scavatori o frese puntuali). L'evacuazione dello smarino è analogo a quello degli scudi chiusi a fanghi. Necessita di impianto di separazione collocato all'esterno.

## **4.6.2 TBM SCUDATE**

In questo capitolo sono analizzate le TBM monoscudate da roccia (B1) e le macchine che invece possono operare anche nei terreni, esercitando una contropressione attiva sul fronte, cioè le TBM-HS (B3) e le TBM-EPBs (B4).

Per quanto riguarda queste ultime, la scelta del tipo di TBM è influenzato soprattutto dalla granulometria dei terreni attraversati. Nel grafico seguente sono riportati i campi di applicazione delle macchine HS e EPB in funzione della curva granulometrica dei terreni.



### *Campo di applicazione dell'EPB e dell'Slurry/HS*

Lo Slurry/HS è particolarmente adatta per terreni sciolti, dai banchi di sabbia fine alle ghiaie a grana grossa con alta permeabilità all'acqua. I limiti di applicazione si raggiungono in terreni argillosi, con comportamento coesivo, dove la tendenza al riaddensamento crea un incremento della coppia necessaria alla rotazione della testa.

Il campo di impiego dell'EPB è costituito dai terreni con un'alta percentuale di argilla o limo e bassa permeabilità all'acqua.

### **Confronto EPB - Slurry/HS**

L'EPB dovendo impastare materiale più solido rispetto allo Slurry/Hydroshield ha una maggiore potenza installata sulla testa fresante e questo comporta:

- maggior peso;
- maggiori consumi;
- maggiori dimensioni del cuscinetto;
- maggiori difficoltà di accesso al fronte.

Per contro è una macchina più robusta e può affrontare più facilmente terreni più consistenti eventualmente intercettati.

Lo Slurry/Hydroshield offre i seguenti vantaggi rispetto all'EPB:

- più rapido ed efficace mantenimento della pressione al fronte tramite il cuscino di aria compressa;
- possibilità di pulizia rapida del fronte tramite la pompa di smerino per permettere l'accesso al personale.

Lo Slurry/HS presenta lo svantaggio di dover lavorare con un impianto di trattamento dei fanghi bentonitici che condiziona la capacità produttiva dello scudo soprattutto in presenza di terreno coesivo (argille) e richiede una superficie di ingombro abbastanza ampia.

#### **4.6.2.1 Descrizione generale**

Le TBM monoscudate (B) sono costituite da un cilindro di acciaio (scudo o mantello) collegato ad una serie di carri di servizio (back-up).

Lo scudo può essere monolitico, a forma leggermente tronco-conica, o articolato per affrontare meglio le curve di tracciato.

Il diametro dello scudo è leggermente inferiore a quello dello scavo ed ha la funzione di sostegno e tenuta idraulica nel tratto di galleria dove non è ancora in opera il rivestimento in conci prefabbricati. Può considerarsi diviso in tre parti che differiscono per rigidità e funzioni:

- La parte anteriore che deve garantire una distribuzione uniforme delle pressioni esercitate per la spinta in avanti. Qui è ubicata la camera di "lavoro o scavo" e il sistema di scavo e abbattimento costituito da una testa fresante a piena sezione e raccolta del materiale scavato.
- La parte intermedia, denominata "tronco", dove sono alloggiati: il sistema di propulsione per l'avanzamento dello scudo, costituito da martinetti idraulici longitudinali che, poggiandosi sull'ultimo anello di rivestimento messo in opera, per contrasto lo spingono in avanti, il riduttore principale della fresa ed eventuali altri equipaggiamenti come motorizzazioni idrauliche e/o elettriche

della fresa, cabina di guida o macchinari speciali (per es. per il sostegno del fronte per le macchine che esercitano una pressione attiva sul fronte).

- La parte terminale, denominata "coda", dove avviene la posa del rivestimento, costituito da elementi prefabbricati realizzati in calcestruzzo armato, tramite un braccio meccanico, chiamato erettore, azionato con radiocomando che scorre su un ponte longitudinale.

L'intercapedine tra il profilo di scavo realizzato dallo scudo e l'estradosso del rivestimento viene riempito con materiale drenante e/o con malta cementizia, secondo modalità di iniezione che variano in relazione alla tipologia di macchina utilizzata ed all'ammasso da attraversare, allo scopo di fissare definitivamente l'anello al terreno e ripristinare le condizioni di equilibrio precedenti lo scavo.

La coda è la parte meno spessa dell'involucro in quanto, proprio per la funzione a cui è destinata, non può essere adeguatamente rinforzata come le altre parti. La lunghezza della coda è determinata dalla larghezza degli anelli di rivestimento prefabbricati, in genere all'interno della coda trovano posto un anello e mezzo.

La coda è dotata di una speciale guarnizione di tenuta a più file di spazzole di acciaio armonico, confinanti le camere di grasso per contenere la miscela di intasamento a tergo, iniettata durante l'avanzamento dello scudo, e, nel caso dell'HS (B3) e dell'EPB (B4) le possibili eventuali venute di fango bentonitico o di schiume qualora si creasse una via di comunicazione tra la camera di scavo e la coda.

La tendenza attuale è quella di limitare il più possibile la lunghezza dello scudo, compatibilmente con gli spazi occorrenti per l'equipaggiamento, non superando la dimensione del diametro dello scudo deriva dalla necessità di ridurre al minimo gli attriti del terreno sul mantello.

Il mantello dello scudo è anche provvisto di feritoie con tubi guida per il passaggio delle aste di perforazione al contorno del fronte di scavo per effettuare sia sondaggi esplorativi che iniezioni di consolidamento oltre il fronte medesimo qualora, in quest'ultimo caso, le condizioni instabili del terreno le rendessero necessarie.

Dietro lo scudo è agganciato il treno del back-up costituito da più carri su cui sono alloggiare tutte le attrezzature del sistema di scavo ed avanzamento, come i motori

dei vari componenti dello scudo, i trasformatori e i quadri elettrici, il sistema di ventilazione, la cabina comando, il sistema di allontanamento del materiale di scavo (con nastro trasportatore o per via idraulica), il sistema di traslazione dei conci prefabbricati, l'impianto di riempimento a tergo ed altri impianti supplementari in relazione alla tipologia di macchina.

Il ciclo di lavoro è discontinuo e comprende:

- scavo e avanzamento per una lunghezza pari alla corsa effettiva dei martinetti di spinta; contemporaneamente si effettua il riempimento dell'intercapedine a tergo dell'anello e l'allontanamento del materiale abbattuto;
- posa dell'anello di rivestimento;
- ripresa dell'avanzamento

#### **4.6.2.2 Principali requisiti e prescrizioni**

##### **4.6.2.2.1 Corpo dello scudo**

Costruzione saldata in acciaio, le cui singole sezioni sono imbullonate e/o saldate per facilitare il trasporto, il montaggio e lo smontaggio delle singole parti dello scudo all'inizio e alla fine dello scavo.

##### **1) Lunghezza e forma geometrica**

La lunghezza del mantello deve, possibilmente, non essere superiore al diametro dello scudo al fine di ridurre l'attrito con il terreno. Lo scudo deve essere di forma troncoconica, ed eventualmente, se ritenuto necessario, anche dotato di martinetti di articolazione per consentire una migliore manovrabilità della macchina in curva, soprattutto per raggi di curvatura ridotta.

##### **2) Irrigidimenti (ovalizzazione, spinte longitudinali).**

Carichi ovalizzanti e possibili fenomeni di instabilità dovranno essere considerati dal fornitore dello scudo secondo consuetudine e in funzione delle possibili situazioni di utilizzo della TBM (blocco, curva etc.).

##### **3) Lubrificazione del mantello**

Deve essere dotato di fori per iniettare liquidi lubrificanti al fine di diminuire l'attrito tra mantello e terreno in situazioni critiche (per es. materiale rigonfiante).

#### **4) Feritoie di passaggio**

Devono essere previste feritoie e tubi di guida, per il passaggio delle aste di perforazione (per sondaggi in avanzamento e trattamenti di consolidamento al contorno del fronte di scavo) disposte sulla semicirconferenza superiore del mantello.

#### **5) Camera di scavo**

Nelle TBM che esercitano una pressione attiva sul fronte deve essere presente una parete divisoria della camera di carico della testa con il resto dello scudo dove lavorano gli operatori. Tale parete deve essere munita di finestre per il passaggio dell'attrezzatura di perforazione per eseguire fori in avanzamento attraverso il fronte.

#### **6) Frantoio**

All'occorrenza negli Slurry/Hydroshiled può essere previsto un frantoio per la frantumazione di blocchi di roccia sino alle dimensioni massime di 50 cm di diametro e con resistenza alla compressione di almeno 20MPa. La pezzatura massima di lavoro del frantoio deve essere determinata dal fabbricante in funzione delle aperture di carico e delle caratteristiche di lavoro della macchina. La pezzatura massima di uscita dal frantoio deve essere determinata dal fabbricante in funzione delle caratteristiche del sistema di carico e di allontanamento del marino (tubo di aspirazione).

#### **7) Coda dello scudo**

La coda deve includere le guarnizioni di tenuta realizzate da una serie di spazzole (costituite da fili di acciaio armonico) il cui numero è stabilito in fase di progettazione della macchina, le linee di ingrassaggio delle suddette guarnizioni, le linee di iniezioni per l'intasamento a tergo.

Devono essere previste finestre per facilitare l'operazione di pulizia delle tubazioni di iniezione a tergo in caso di otturazione delle medesime, fornite di portelli chiusi ma facilmente apribili.

Deve essere dotata di guarnizioni antiriflusso alloggiato sul bordo d'uscita per evitare il passaggio della miscela d'iniezione nella camera di scavo.

#### **4.6.2.2.2 Sistema di scavo**

##### **1) Testa o ruota fresante**

Deve essere dotata di idonei utensili di scavo (dischi, denti) per affrontare i tipi di terreno e/o roccia previsti in progetto.

Deve essere prevista la sostituzione degli utensili di scavo solo da dietro la ruota fresante, senza dover accedere al fronte.

In relazione al tipo di macchina e dei terreni da scavare deve avere la possibilità di intercambiare i picchi o dischi o scalpelli nelle sedi di fissaggio senza dover procedere ad alcuna modifica della testa.

La ruota deve avere la possibilità di eseguire un sovrascavo variabile mediante l'installazione di almeno due "overcutter", sia per terreno tenero, sia per roccia. La posizione dei denti extrascavo deve essere regolata mediante un sistema idraulico a controllo continuo assistito dall'esterno, senza impiego di personale nella camera di scavo. Lo stato di estensione deve essere segnalato o registrato sul monitor posto in cabina di comando e controllo. Il sistema deve essere in grado di funzionare anche per considerevoli tratte di avanzamento dello scavo.

La testa deve essere equipaggiata di un sistema idraulico che permette lo spostamento verticale e orizzontale del sistema di scavo completo per aumentare l'extrascavo qualora ciò si dovesse rendere necessario, per es. per eventuali correzioni di rotta rispetto al tracciato di progetto.

La superficie e i bordi dei bracci ("razze") della ruota devono essere dotate di protezione antiusura.

La testa deve essere movimentata con motori a variazione continua, elettrici o idraulici. I motori devono fornire la coppia richiesta. Il sistema di trasmissione della rotazione e di controllo di potenza dei motori deve assorbire gli shock generati da un eventuale blocco della rotazione.

Per le macchine tipo EPB e HDS, la testa fresante deve avere la possibilità di ruotare in entrambi i sensi (dx-sx) per correggere il rollio della macchina.

## 2) **Cuscinetto principale**

Deve essere permanentemente lubrificato con sistema automatico in pressione e trafilatura continua di grassi e oli lubrificanti. Per evitare l'introduzione, in presenza di liquido in pressione, di materiali contaminanti il cuscinetto dovrà risultare un organo perfettamente stagno attraverso più stadi di guarnizioni a pressione differenziale.

Deve essere garantito per un numero di ore (durata di vita utile) che copra ampiamente il periodo di scavo previsto, tenendo conto delle massime sollecitazioni e delle condizioni di scavo più gravose previste.

Deve essere possibile la sostituzione all'interno dello scudo delle guarnizioni di tenuta in caso di danneggiamento delle medesime. Dovrà pertanto essere messa a punto una corretta procedura di sostituzione delle guarnizioni da parte del costruttore.

### **4.6.2.2.3 Sistema di spinta**

La macchina dovrà disporre di una spinta adeguata per superare gli attriti tra terreno e mantello e avere una riserva di potenza sufficiente a superare situazioni critiche (per es. nel caso di fermi tecnici prolungati in terreni rigonfianti).

I martinetti di spinta devono essere posizionati in modo uniforme attorno al corpo dello scudo per permettere il posizionamento del numero dei conci di rivestimento e del concio di chiave previsti in progetto.

La corsa di avanzamento deve essere dipendente dalla forma e lunghezza del concio di progetto.

Per ciascun martinetto deve essere consentita la regolazione manuale del livello di pressione mediante potenziometri posizionati sul pannello di controllo installato nella cabina di comando.

La spinta deve essere distribuita su un numero adeguato di settori per consentire la migliore manovrabilità dello scudo.

Almeno un martinetto di ciascun settore deve essere equipaggiato con un misuratore di corsa elettronico collegato direttamente al quadro comandi. La velocità di allungamento deve essere espressa in mm/sec.

L'estremità di ogni martinetto deve essere equipaggiata con un cuscinio ammortizzatore montato su un manicotto a sfera e di collegamento e coperto con poliuretano per assicurare un contatto soffice e uniforme con l'anello di rivestimento.

#### **4.6.2.2.4 Sistema per la movimentazione e la posa del rivestimento prefabbricato in cls armato**

##### **1) Movimentazione conci**

Il trasporto dei conci all'interno della galleria avviene con mezzi di trasporto su rotaia o su gomma sino al punto di scarico e carico su apposito convogliatore.

Il sistema per la movimentazione e posa del rivestimento prefabbricato può variare a seconda della configurazione adottata dal costruttore. Il sistema può essere composto da una gru, omologata, che solleva ciascun concio e lo deposita su un convogliatore che immagazzina un set completo di anello, collocato sopra un carro del back-up a ridosso dello scudo. Da qui ogni concio viene traslato ad una tavola di trasferimento che trasferisce ciascun segmento alla posizione di presa dell'erettore.

Un altro sistema può essere costituito da un alimentatore conci posto all'altezza dei binari di servizio, a ridosso della coda dello scudo, sul quale, tramite un ponte gru, vengono posati tutti i segmenti dell'anello. Da qui con un movimento di traslazione i conci vengono posti uno a uno sotto la posizione di presa dell'erettore.

##### **2) Erettore**

Deve avere la capacità di movimentare conci di dimensioni e peso previsti in progetto.

I sistemi di movimento dell'erettore devono essere comandati idraulicamente e devono permettere diverse possibilità: movimento assiale per lo smontaggio degli ultimi due anelli (di cui il primo lato fronte completamente risulta dentro la coda, il secondo invece solo per una parte), erezione, rotazione del concio attorno al suo asse maggiore e lenti movimenti finali in qualsiasi direzione. La trave di scorrimento dell'erettore deve essere di lunghezza tale che possa permettere la rimozione del

penultimo anello posato in caso di rottura dell'anello stesso o di problemi alle guarnizioni di tenuta della coda.

Il sistema di aggancio è legato alle modalità costruttive del concio può essere realizzato secondo diversi schemi: con pinze che stringono verso l'interno o verso l'esterno di una maschera metallica preventivamente imbullonata sulla superficie interna del concio, o con accoppiamento a vite su una femmina inglobata nel calcestruzzo, realizzata, a sua volta, in materiale plastico o con sistema a vuoto d'aria omologato. L'erettore deve essere dotato di sistema automatico di sicurezza che impedisce il sollevamento del concio nel caso di imperfetto aggancio.

Il controllo dell'erettore deve essere consentito sia tramite una stazione radio comandata sia da una stazione fissa con controllo a distanza.

#### **4.6.2.2.5 Guarnizione di tenuta sul giunto di coda**

La guarnizione di coda consiste in più file di spazzole in acciaio, stabilite dal costruttore in relazione alle caratteristiche idrogeologiche dei terreni attraversati, fissate sulla coda e protette su ogni lato da piastre in metallo.

Lo spazio ad anello che si crea tra le file delle spazzole deve essere permanentemente riempito con uno speciale grasso ad effetto stagno iniettato tramite delle pompe a flusso regolabile montate su un carro del back-up.

Ogni anello (spazio) deve essere rifornito da tubi montati nella coda attraverso i quali viene distribuito il grasso.

L'iniezione del grasso deve essere continua e controllata da rilevatori di pressioni su ognuno dei punti d'iniezione. La portata deve essere controllata dalla cabina di comando e controllo.

#### **4.6.2.2.6 Sistema di riempimento a tergo dei conci**

Il sistema è costituito principalmente da un serbatoio, dalle pompe per iniezione e dalle linee di alimentazione, queste ultime installate nella coda dello scudo.

Il serbatoio, provvisto di agitatore, e le pompe sono installate su un carro del back-up.

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

La miscela d'iniezione viene solitamente fornita da un serbatoio mobile che viaggia su rotaia o su gomma, in relazione al sistema di trasporto adottato in galleria, anche questo provvisto di agitatore che deve stare continuamente in movimento.

Il riempimento del serbatoio fisso si ottiene con tubature installate tra quest'ultimo e il serbatoio mobile.

La miscela d'iniezione può essere costituita da una malta cementizia o da una miscela liquida a presa rapida detta "bicomponente".

Deve essere previsto un numero adeguato di pompe per l'iniezione, complete di centraline idrauliche, quadri elettrici etc. Ciascuna pompa deve assicurare una portata oraria dimensionata alla velocità massima teorica di avanzamento dello scudo.

Nel caso di utilizzo di una malta cementizia le pompe devono essere installate il più vicino ai punti d'iniezione per evitare l'eventuale ma possibile otturazione sia delle tubazioni flessibili di collegamento sia delle canne di iniezione integrate nella coda.

Deve eventualmente essere previsto un serbatoio supplementare, con agitatore, montato sul back-up e riempito mediante tubature flessibili che lo collegano al serbatoio mobile.

Ciascun punto d'iniezione deve essere previsto con doppio foro (se circolari di diametro interno di almeno 50 mm, ellittici di sezione equivalente), per ottenere una doppia linea di alimentazione (di cui una di riserva) realizzata nella coda. Le linee d'iniezione devono essere equamente distribuite lungo tutta la circonferenza.

Deve essere previsto un sistema di controllo continuo in fase di pompaggio di volumi di miscela iniettati e monitoraggio della pressione d'iniezione (v. III.1.21.5).

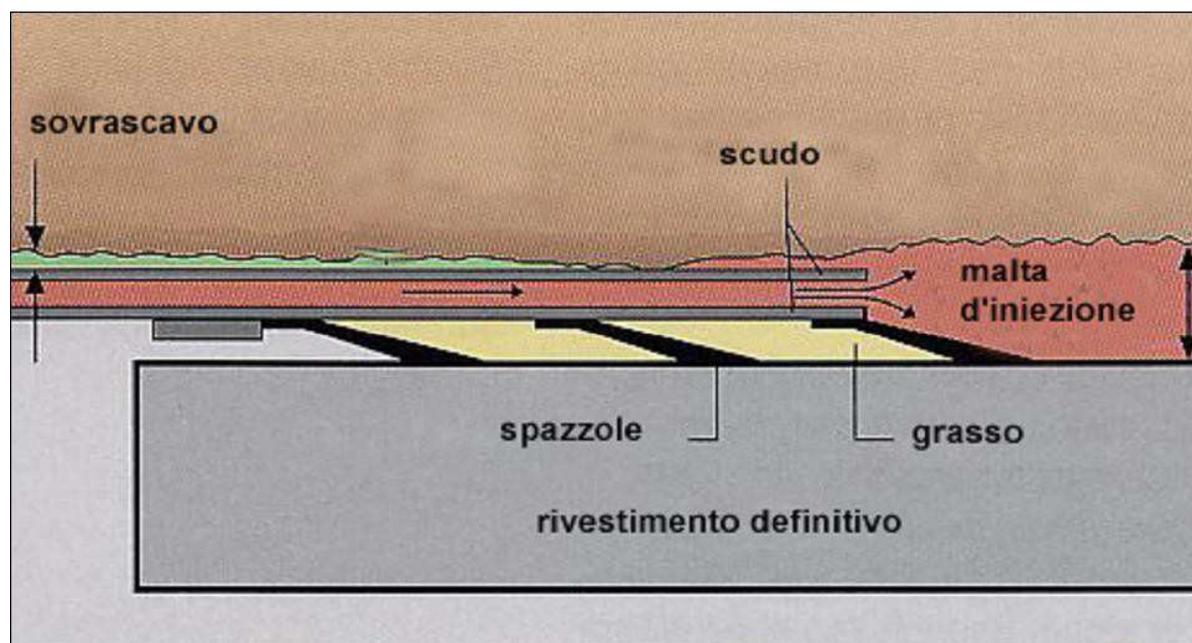
Ciascun punto d'immissione della miscela nella coda della macchina deve essere dotato di un trasduttore di pressione per misurare la pressione d'iniezione.

Le linee di alimentazione devono essere dotate di portelli per facilitare l'operazione di pulizia delle tubazioni in caso d'otturazione delle medesime.

Il sistema d'iniezione deve essere sincronizzato con la velocità di scavo della macchina, di modo che in caso di improvviso arresto di quest'ultima anche le pompe

si interrompono al raggiungimento del valore di massima pressione impostato secondo progetto.

Per le TBM (B1) da roccia, il riempimento a tergo viene, di solito, realizzato con ghiaietto monogranulare ("pea gravel") e miscela cementizia o boiaccia.



*Schema illustrativo dell'iniezione longitudinale dalla coda dello scudo TBM*

#### 4.6.2.2.7 Attrezzature speciali di perforazione

La TBM deve essere attrezzata con una macchina di perforazione polivalente, in grado di eseguire fori in avanzamento per sondaggi esplorativi e per iniezioni di consolidamento attraverso elementi strutturali in VTR/PVC valvolati, dalle feritoie e tubi di guida predisposti nel mantello.

In presenza di carichi idraulici i tubi guida devono essere muniti di speciali valvole tipo "Preventer" per evitare entrate incontrollate di materiale e acqua.

#### 4.6.2.2.8 Cabina di comando e controllo TBM

La cabina di comando e controllo deve essere climatizzata e deve alloggiare:

- Posto di guida con tutta la strumentazione di controllo e visualizzazione dei dati della TBM. Nel caso dell'HS, anche dei dati dell'impianto di separazione,

del circuito fanghi e i relativi quadri sinottici. Nel caso dell'EPB anche i dati del sistema di iniezione delle schiume e relativo quadro sinottico.

- I computer di registrazione dei dati di avanzamento e dei parametri fondamentali del sistema, compresi i dati degli impianti dell'HS (densità e portate dei fanghi), e degli impianti dell'EPB (schiume).
- Sistema di monitoraggio video dei punti nevralgici della TBM, del back-up (scarico del materiale dalla coclea sul nastro e dal nastro nei vagoni), e per l'HS del circuito fanghi e dell'impianto di separazione.

#### **4.6.2.2.9 Back-up**

I carri che compongono il back-up devono essere strutture metalliche con robustezza e rigidità necessaria richiesta per le sollecitazioni trasmesse dai diversi componenti presenti sullo stesso.

I carri sono montati su ruote e possono correre su binari fissati su una piattaforma o su una sezione speciale. Queste strutture consistono in un telaio e piattaforme, queste ultime sostengono l'equipaggiamento necessario per il funzionamento della macchina.

L'intera struttura deve essere progettata per essere smontabile e trasportabile, in particolare modo all'interno di strutture realizzate a pozzo.

La geometria dei carri deve essere idonea per affrontare le curve plano-altimetriche di progetto.

Il Back-up deve essere attrezzato con tutti i dispositivi adeguati per la movimentazione, trasporto e stoccaggio dei materiali e macchinari necessari per la costruzione della galleria (attrezzature per la movimentazione e posa delle rotaie di servizio dei treni di servizio se è previsto questo sistema di trasporto, attrezzatura per lo scarico o sollevamento movimentazione ed alimentazione dei conci sino all'ereatore, eventuale serbatoio per lo stoccaggio della malta d'iniezione, pompe d'iniezione, eventuale serbatoio per lo stoccaggio di fanghi speciali, additivati con polimeri o con segatura, completo di impianto di pompaggio, trasformatori, quadri elettrici, avvolgicavi per la

M.T. e B.T., sistema di lubrificazione della coda, sistema di allungamento dei tubi, officine, attrezzatura per la movimentazione, stoccaggio e posa della linea di ventilazione etc.).

Le piattaforme devono essere provviste di passaggi pedonali, guardavia e scale che assicurano un movimento sicuro e facile del personale di bordo.

Le piattaforme devono consentire adeguati spazi per i condotti di ventilazione.

#### **4.6.2.2.10 Impianto di ventilazione**

Il sistema di ventilazione deve essere costituito da un impianto principale, collocato in prossimità dell'imbocco, e da un impianto secondario installato sul back-up.

L'impianto esterno deve essere costituito da due ventilatori, di cui uno di emergenza, che interviene in caso di guasto di quello in esercizio, dimensionati per assicurare una ventilazione igienica, secondo la normativa vigente, e di sicurezza o antitossica, per annullare o ridurre gli effetti tossici di sostanze gassose, polveri eventualmente contenute nell'atmosfera. La quantità minima di aria fresca da immettere in galleria, durante il normale svolgimento delle attività, dovrà tenere conto del fabbisogno di ciascun addetto ai lavori che opera in sotterraneo e della necessità di diluizione dei gas prodotti dai motori Diesel secondo valutazioni che saranno fornite dall'ESECUTORE. In galleria, soprattutto in corrispondenza delle zone più calde (scudo e back-up), deve essere garantita una temperatura non superiore a 25° C. L'impianto deve essere insonorizzato per annullare o ridurre l'inquinamento acustico entro i limiti di tolleranza richiesti secondo la normativa vigente.

L'aria sarà inviata sino alla coda dello scudo con una tubazione circolare flessibile di diametro determinato in base alle portate necessarie.

In coda al back-up dello scudo deve essere posizionato un ventilatore elettrico, a portata variabile e registrabile, per fornire la portata d'aria necessaria sino in prossimità dello scudo. Il ventilatore dovrà avere la portata necessaria per mantenere pressione e velocità dell'aria richiesta secondo la normativa vigente per i lavori in sotterraneo. In particolare modo deve essere garantita una temperatura

non superiore a 25°. Tale ventilatore deve essere silenziato e deve presentare una griglia di protezione sull'aspirazione.

#### **4.6.2.2.11 Sistema di guida e controllo della TBM**

Il computer di bordo deve consentire la gestione della guida, dei controlli, degli allarmi e dei difetti della macchina e del sistema di scavo in genere.

I dati del monitoraggio devono essere registrati in tempo reale con una frequenza idonea per ogni tipologia di dato.

#### **4.6.2.3 Monitoraggio dei parametri della macchina e sistema di acquisizione e gestione dati.**

Nel seguito per ogni componente della macchina sono individuati i principali parametri da verificare e registrare.

Il sistema di registrazione ed elaborazione dei dati deve permettere la rappresentazione dei risultati mediante grafici immediatamente comprensibili con unità di misura e scala dei tempi opportuna.

Il software di gestione dei dati deve permettere ulteriori operazioni matematiche sulla serie di misure per agevolarne l'interpretazione.

Nel caso dell'Hydroshield il sistema deve permettere il monitoraggio continuo della portata effettiva scavata, mediante la misurazione e registrazione automatica delle densità e portate dei fanghi in entrata ed uscita e il volume teorico scavato dedotto dagli allungamenti dei pistoni. Il dato relativo al peso specifico del materiale scavato sarà imputato di volta in volta in relazione alle tratte geotecniche omogenee attraversate.

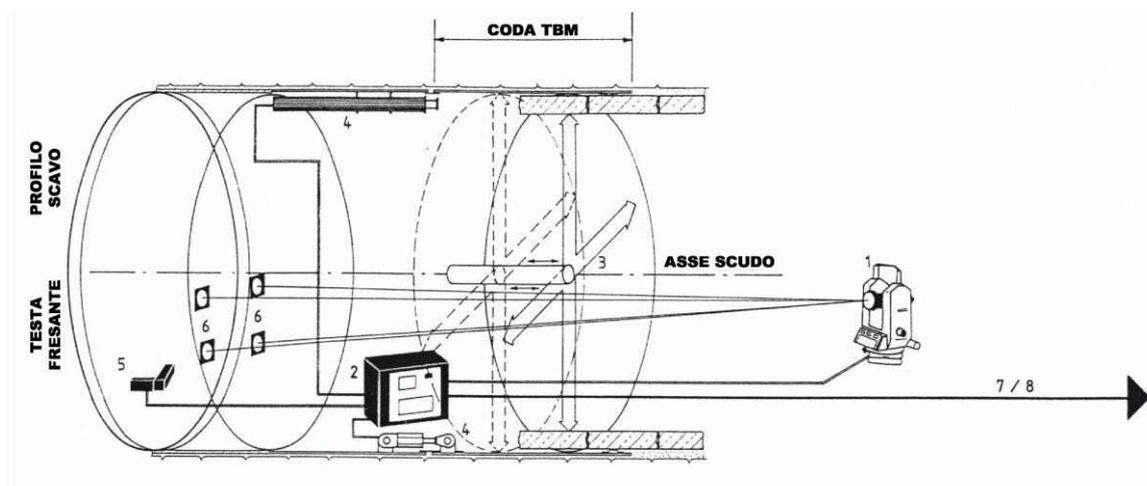
#### **A - Scudo**

Lo scudo deve essere fornito di un sistema di controllo a guida laser e di registrazione dei parametri spaziali della macchina in rapporto all'asse teorico della galleria, basato sull'impiego di raggio laser, di sistemi di rilevamento del punto laser sulla sezione di scavo, di un sistema inclinometrico dell'assetto assiale e trasversale del corpo macchina, di un elaboratore dei dati strumentali, di uno schermo di lettura

degli scostamenti attuali e previsti dell'asse plano-altimetrico reale dello scavo rispetto all'asse teorico.

Devono essere fornite almeno le seguenti informazioni sotto forma grafica direttamente leggibile dall'operatore su apposito monitor:

- Posizione altimetrica rispetto all'asse teorico
- Posizione planimetrica rispetto a quella teorica
- Inclinazione verticale ed orizzontale rispetto all'asse teorico
- Tendenza (sia verticale sia orizzontale) rispetto all'asse teorico
- Rullaggio dello scudo (rotazione intorno al proprio asse)
- Rilevamento in coordinate della posizione dello scudo
- Rilevamento della progressiva d'avanzamento riferita al bordo anteriore dello scudo



**SCHEMATICO SISTEMA DI CONTROLLO GUIDA TBM**

- 1) Servoteodolite con unità di controllo e guida
- 2) Controllo remoto con PC
- 3) Sensori per la misura distanza dei conci
- 4) Misura allungamento pistoni di spinta e di scudo
- 5) Misura pendenza e rollio scudo
- 6) Target riflettori
- 7) Cavi collegamento per la trasmissione dati all'esterno

*Schematico sistema di controllo guida TBM*

Di seguito si riportano gli ulteriori parametri da registrare:

## **B - Testa fresante e camera di scavo**

- Momento torcente della ruota di scavo;
- Pressione di spinta della ruota di scavo;
- Velocità di rotazione della ruota di scavo;
- Penetrazione testa fresante
- Direzione di rotazione della testa fresante
- Consumo corrente testa fresante
- Profilo della sezione di extrascavo
- Posizione degli eventuali portelloni di brandaggio

### **B1) per l'HS**

- Pressione e portata dell'aria compressa applicata al fronte e in fase di manutenzione.
- Pressione del fango misurata in camera di scavo su almeno tre livelli: in calotta, in asse scudo e a livello dell'arco rovescio. Le misurazioni delle pressioni devono essere registrate graficamente con una frequenza variabile da secondi a minuti.
- Livello dei fanghi al fronte per mezzo di due sonde applicate sul primo diaframma con lettura per mezzo di LED sul quadro sinottico della cabina di guida.

### **B2) per l'EPB:**

- Pressione dei sensori nella camera di scavo
- Pressione e portata aria compressa in fase di manutenzione
- Pressione e portata bentonite in fase di macchina ferma con camera piena

## **C - Sistema di spinta**

- Pressione dei martinetti di spinta
- Corsa martinetti di spinta per gruppi e singolo

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

- Velocità d'avanzamento
- Forza totale di avanzamento

**D - Sistema estrazione materiali (per l'EPB)**

- Velocità di rotazione della coclea
- Pressione di lavoro coclea
- Coppia impegnata
- Pressione di terra all'entrata, all'uscita e in un punto intermedio della coclea
- Misura della corsa portello della coclea
- Misura pressione portello coclea
- Peso del materiale scaricato, attraverso due bilance installate sul nastro
- Volume del materiale scaricato, attraverso scanner installato sul nastro
- Pressione telescopismo coclea
- Misura gas metano all'uscita della coclea
- Forza di tiro

**E - Sistema iniezioni additivi (per l'EPB)**

- Quantità, pressione e tipologia additivi iniettati per ogni linea della testa fresante;
- Quantità, pressione e tipologia additivi iniettati per ogni linea della camera di scavo;
- Quantità, pressione e tipologia additivi iniettati per ogni linea della coclea;
- Per ogni tipologia di additivo le sue caratteristiche fisiche/meccaniche principali;
- Per ogni generatore di schiuma: FIR (Foam Injection Rate), FER (Foam Expansion Rate), Cf (Concentrazione agente schiumogeno), Q (portata schiuma prodotta)

**F - Sistema iniezione malta (per EPB e HS)**

## **DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI**

---

- Pressione linee d'iniezione misurata nel punto d'iniezione
- Volume miscela nelle linee d'iniezione

### **G - Sistema iniezione grasso**

- Pressione grasso coda scudo
- Quantità grasso coda scudo

### **H - Sistema circolazione fanghi (per l'HS)**

- Densità di fango inviata nella camera di scavo
- Densità di fango inviata all'impianto di separazione
- Portata di fango inviata nella camera di scavo
- Portata di fango inviata all'impianto di separazione
- Pressioni pompe per invio fango in camera di scavo e all'impianto di separazione
- Intensità di corrente e differenza di potenziale delle stazioni di pompaggio per l'invio dei fanghi al fronte e all'impianto di separazione

### **I - Altre misure**

- Temperature e livelli degli oli relativi ai singoli sistemi oleodinamici della macchina (sistema di scavo, sistema di spinta, erettore, coclea, nastro trasportatore, convogliatore conci, etc.) evidenziando i valori di soglia d'attenzione e d'allarme;
- Pressione sistema aria compressa (per l'EPB e l'HS);
- Monitoraggio condizioni ambientali in galleria (temperatura, umidità, ...);
- Portata sistema di ventilazione;
- Dati relativi all'eventuale perforazione al contorno/in avanzamento, in particolare spinta, la velocità d'avanzamento, l'energia assorbita.

### **J - Registrazione dati PC**

Devono essere registrati almeno i seguenti dati:

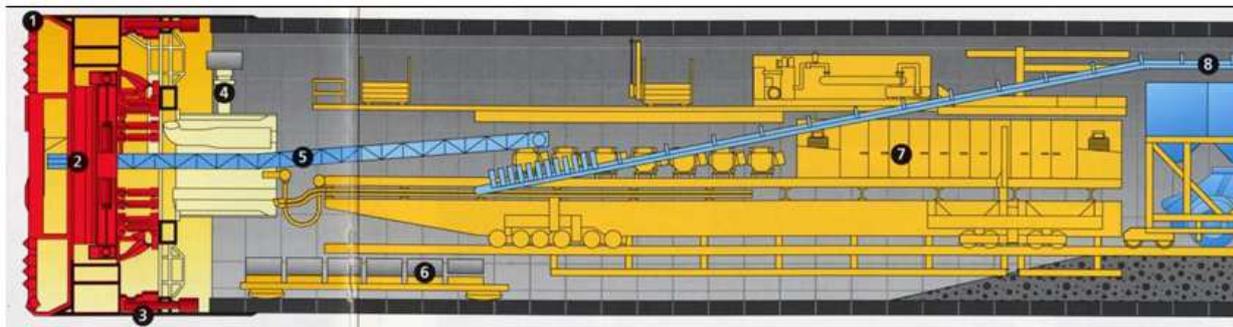
- Coppia testa fresante coppia coclea forza totale avanzamento
- Forza totale contatto
- Messaggi errore
- Numero anello
- Penetrazione della testa fresante
- Tempo data di completamento anello
- Tempo totale di assemblaggio concio
- Tempo totale di fermo
- Tempo totale in avanzamento
- Tempo totale per anello
- Tempo/data d'inizio anello
- Velocità di avanzamento
- Volume scavato

Tutti i dati sopra elencati devono essere messi in relazione con i dati provenienti dal monitoraggio in superficie, in modo da modificare i parametri della lavorazione per minimizzare i cedimenti in superficie.

Tutti i dati relativi ai parametri di scavo, ai parametri operativi della macchina nel suo complesso, alle deformazioni indotte sia in profondità che in superficie, dovranno essere messi a disposizione della Direzione Lavori e del Progettista, in modo assolutamente trasparente. Tali dati dovranno essere disponibili in continuo o con la periodicità indicata, sia in cantiere che in ogni altra sede, compreso all'interno della macchina stessa, sotto forma di grafici immediatamente leggibili, strutturati ed elaborati secondo quanto indicato dalla Direzioni Lavori o dal Progettista.

#### **4.6.2.4 TBM scudata da roccia (B1)**

##### **4.6.2.4.1 Rappresentazione schematica**



*Schema di una TBM-S da roccia.*

- 1) la ruota fresante che porta gli utensili di scavo
- 2) il corpo motore (cuscinetto e motori)
- 3) il corpo dello scudo (mantello, camera di scavo, alloggiamento dei martinetti di spinta, coda etc.)
- 4) l'erettore per il montaggio del rivestimento
- 5) l'apparato di raccolta dello smarino dalla camera di scavo, tramite nastro primario, che scarica sul nastro trasportatore secondario (8)
- 6) il posizionatore dei conci prefabbricati
- 7) una serie di carri (treno back-up) che seguono lo scudo sui quali sono installate le apparecchiature elettriche, idrauliche ed ausiliarie per il funzionamento del sistema
- 8) il nastro trasportatore secondario che scarica il materiale su vagoni o autocarri oppure prosegue sul paramento della galleria trasportando il materiale sino all'imbocco

a) Corpo dello scudo

Come riportato nei paragrafi precedenti

b) Sistema di scavo

Come riportato nei paragrafi precedenti

c) Sistema di spinta

Come riportato nei paragrafi precedenti

d) Sistema di allontanamento del materiale

Il carico del marino sui nastri deve avvenire dalla testa per il tramite di un a tramoggia, che deve essere fornita di sistema di chiusura attivabile in ogni momento e in ogni condizione di lavoro senza manovre di arretramento del nastro dalla testa.

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

Il nastro di scarico della testa deve essere retrattile per procedere rapidamente ad ogni manutenzione o intervento necessario.

Deve essere predisposto un sistema di sollevamento dalla zona dell'arco rovescio al nastro di smarino per evacuare detriti o scarti vari.

La portata del nastro deve essere monitorata tanto in peso quanto in volume. Il rapporto tra quantità scavata (trasportata dal nastro) e avanzamento deve essere permanentemente sotto controllo. In caso di marcato incremento del fattore d'aumento tra volume del marino trasportato e volume di roccia in posto (volume teorico scavato dedotto dagli allungamenti dei pistoni), è richiesto l'arresto immediato della rotazione della testa e la ricognizione sullo stato del fronte. Deve essere evitato lo sviluppo di cavità al fronte a causa dell'asportazione eccessiva di materiale.

e) Sistema per la movimentazione e la posa del rivestimento prefabbricato  
Come riportato nei paragrafi precedenti

f) Guarnizione di tenuta sui giunti di coda  
Come riportato nei paragrafi precedenti

g) Sistema per il riempimento a tergo del rivestimento  
Nello scavo in modalità "aperta" è previsto l'intasamento a tergo con malta cementizia per l'arco-rovescio e di ghiaietto sul resto dell'anello.

Deve pertanto essere previsto un doppio sistema di riempimento:

- un sistema per l'iniezione di malta cementizia e boiaccia costituito da pompe a doppia mandata, tubazioni integrate nella coda in corrispondenza dell'arco-rovescio e per la boiaccia tubazioni flessibili collegate ai fori di iniezione predisposti nei conci;
- un sistema per l'insufflamento del ghiaietto è costituito da pompe pneumatiche e tubazioni flessibili collegate ai fori predisposti nei conci.

h) Attrezzature speciali di perforazione  
Come riportato nei paragrafi precedenti

i) Cabina di comando e controllo

Come riportato nei paragrafi precedenti

j) Back-up

Come riportato nei paragrafi precedenti

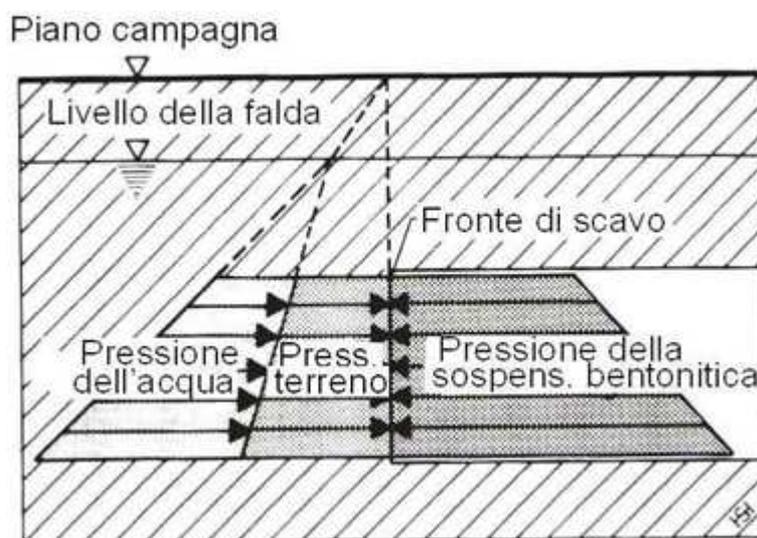
k) Impianto di ventilazione

Come riportato nei paragrafi precedenti

#### 4.6.2.5 Sistema di scavo Hydroshield (B3)

##### 4.6.2.5.1 Principio di funzionamento

Il sistema si basa sull'uso di una sospensione di bentonite o argilla in acqua che riempie una camera di scavo pressurizzata penetrando nel terreno a formare il "filter cake", ovvero la membrana impermeabile che garantisce il trasferimento della contropressione al fronte di scavo (v. fig. seguente).



*Principio della contropressione al fronte con fanghi bentonitici*

Un diaframma metallico stagno (denominato "setto di tenuta") divide la zona in pressione da quella non pressurizzata dove lavorano gli operatori. Nella camera di scavo è presente un secondo diaframma, detto "sommerso", posto davanti a quello stagno, con un'apertura nella parte inferiore (v. fig. precedente).

La funzione di questo secondo diaframma è quella di permettere il principio dei vasi comunicanti per l'applicazione della pressione al fango bentonitico (v. fig. precedente).

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

Tra i due diaframmi infatti si crea, nella parte superiore, una camera parzialmente riempita d'aria, collegata ad un compressore, che esercita la pressione sui fanghi ("cuscino d'aria compressa") e quindi sul fronte (v. fig. precedente).

Ogni fluttuazione di pressione al fronte derivante da oscillazioni di volume dei fanghi è controbilanciata dal cuscino d'aria compressa tramite l'immediata immissione di altra aria.

La presenza del cuscino d'aria per il mantenimento della pressione al fronte durante lo scavo migliora la sensibilità e la rapidità d'intervento soprattutto nei casi di cambiamento di condizioni al fronte.

La ruota fresante, che lavora completamente immersa in fango bentonitico in pressione, fresa il terreno e mischia simultaneamente il materiale fresato con la sospensione di bentonite che viene pompato tramite una condotta di aspirazione fino ad un impianto di separazione posto all'esterno del tunnel.

Qui viene separato dalla sospensione che poi viene immessa nuovamente nel circuito tramite una condotta di alimentazione.

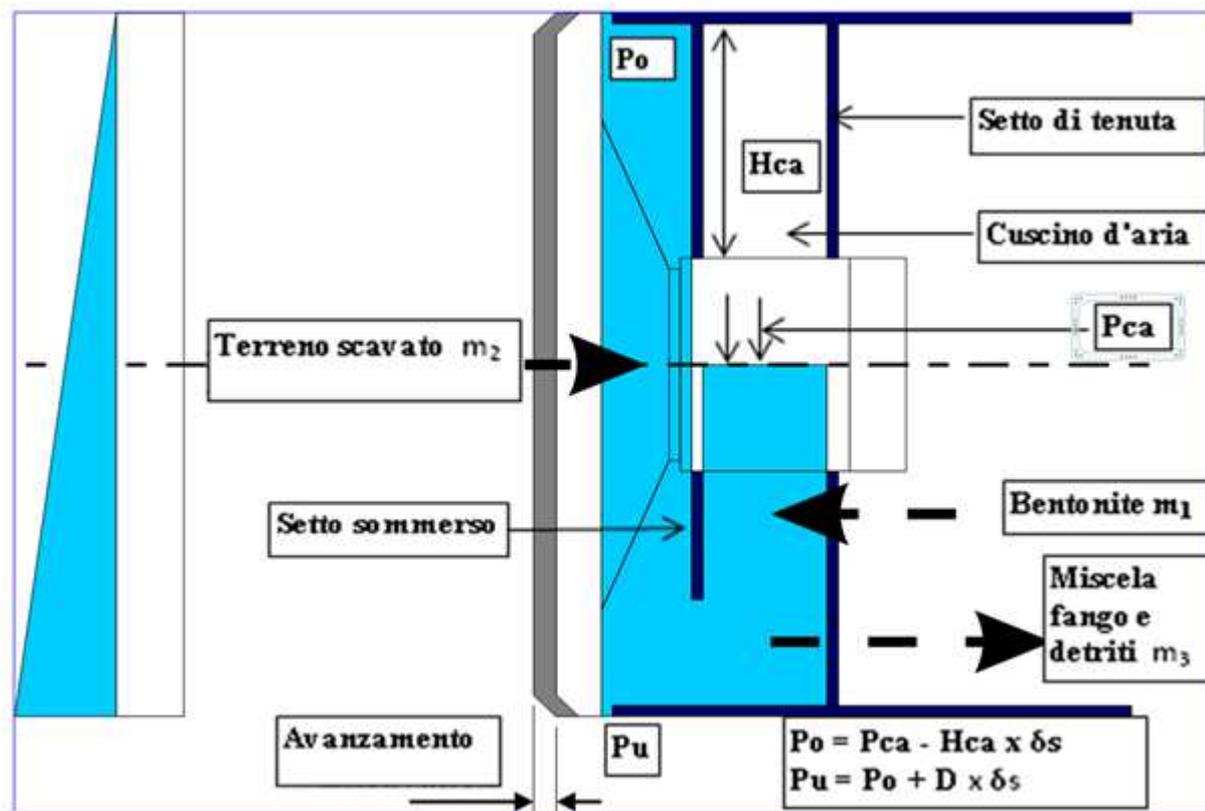
La sospensione di bentonite quindi oltre a svolgere la funzione stabilizzante è anche un mezzo di convogliamento del materiale scavato.

Davanti al tubo di aspirazione dello smarino, collocato nella parte inferiore della camera di scavo, può essere necessaria l'installazione di una griglia metallica, per escludere i blocchi fuori misura, e di un frantumatore idraulico per ridurre le dimensioni dei massi a misure idonee per passare attraverso la condotta.

Per permettere l'accesso al fronte tramite la camera iperbarico il fango bentonitico viene estratto mediante la pompa di smarino mentre il fronte stesso, impermeabilizzato da uno strato di bentonite, viene sostenuto dall'aria compressa.

Sistemi di gestione e controllo automatico provvedono a regolare sia le pressioni applicate sul fronte di scavo sia a bilanciare le quantità di fango bentonitico immerso ed aspirato ("fluido di veicolazione").

I principi di funzionamento del sistema "Hydroshield" sono rappresentati nella seguente figura.



*Principio funzionamento sistema Hydroshield*

$P_u$  = pressione al piede

$P_{ca}$  = pressione cuscino d'aria

$H_{ca}$  = altezza camera cuscino d'aria

$D$  = diametro di scavo

$\delta_s$  = densità fango estratto

Volume bentonite:  $m_1 = q_1 \times \delta_1$

Volume terreno estratto:	$m_2 = q_2 \times \delta_2$
Volume fango estratto:	$m_3 = q_3 \times \delta_3 =$ $q_1 \times \delta_1 + q_2 \times \delta_2$
Portata fango estratto	$q_3 = q_3 + q_1$
Densità fanghi estratti	$\delta_3 = \frac{(q_1 \times \delta_1) + (q_2 \times \delta_2)}{q_1 + q_2}$
Volume dei fanghi in entrata	$q_1 = q_2 \times \frac{(\delta_2 - \delta_3)}{\delta_3 - \delta_1}$

#### 4.6.2.5.2 Principali caratteristiche della miscela bentonitica

Le caratteristiche fisico-meccaniche della miscela bentonitica da utilizzare devono essere regolate in funzione della permeabilità e della granulometria dei terreni da attraversare.

L'impiego della bentonite deve consentire di dare al fluido di veicolazione le seguenti principali caratteristiche:

- viscosità, deve cioè presentare un "potere coesivo" che leghi le particelle del terreno (sabbia, limo, argille);
- capacità lubrificante per evitare impastamenti e deve essere facilmente trattabile (tramite vagli e cicloni) per facilitare il suo riutilizzo;
- capacità impermeabilizzante del fronte;
- capacità sospensivante per evitare sedimentazioni di detrito durante le operazioni di smarino.

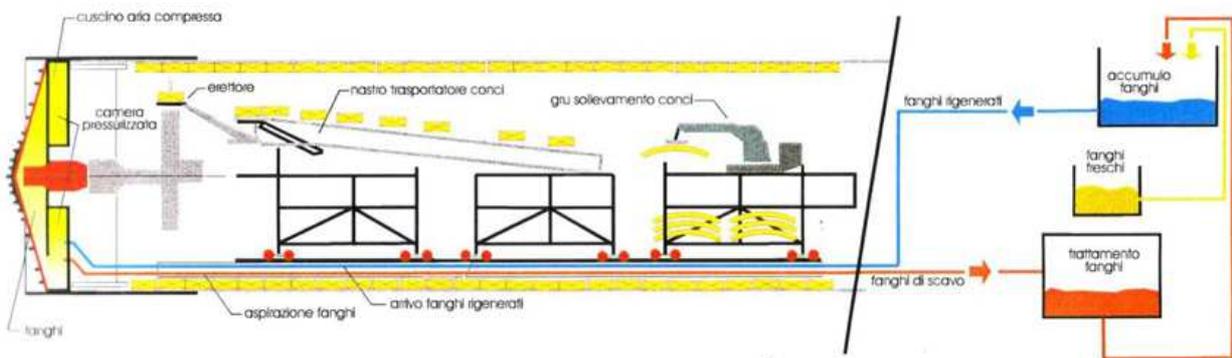
La composizione del fluido deve quindi essere studiata appositamente rispetto alle caratteristiche sia della fresa sia del terreno da attraversare.

#### 4.6.2.5.3 Descrizione generale del sistema Hydroshield

Il sistema "Hydroshield" comprende i seguenti principali componenti:

1. Macchina di scavo

2. Impianto circolazione fanghi
3. Impianto di separazione e trattamento fanghi



*Schema sistema Hydroschild*

### 1. Macchina di scavo

È composta dai seguenti principali elementi:

- a) Corpo dello scudo (mantello, camera di scavo alloggiamenti dei martinetti di spinta, coda etc.)
- b) Sistema di scavo (testa fresante)
- c) Sistema di spinta (avanzamento)
- d) Erettore conci
- e) Sistema di trasporto conci
- f) Sistema di supporto del fronte e svuotamento dei fanghi
- g) Camera iperbarica, impianto e sistema di regolazione dell'aria compressa
- h) Sistema d'iniezione a tergo dei conci
- i) Attrezzature speciali di perforazione
- j) Cabina di comando e controllo
- k) Back-up
- l) Impianto di ventilazione

- a. Corpo dello scudo

Come riportato ai paragrafi precedenti

- b. a1) Camera di scavo

Il diaframma metallico di tenuta stagna che separa la camera di scavo dal resto della macchina deve comprendere tutte le prese necessarie per: le camere di

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

decompressione, il cuscinetto principale, le tubazioni di alimentazione e scarico, gli ugelli per l'iniezione della bentonite, il frantoio, i dispositivi di misura e di controllo del livello e della pressione dei fanghi, i passaggi per acqua, i cavi elettrici, i punti luce, i collegamenti telefonici con la cabina di comando e controllo, etc.

Tale diaframma dovrà essere dimensionato per pressioni pari ad almeno 1,5 volte la massima pressione prevista in progetto, e in ogni caso per una pressione non inferiore a 3,5 bar.

Il secondo diaframma metallico, detto "sommerso", con un'apertura nella parte inferiore per permettere la comunicazione del fango bentonico in pressione, deve comprendere finestre in numero adeguato per la visione del fronte e l'accesso alla camera di scavo, scale e appigli per scendere sul fondo. L'ampiezza delle aperture deve consentire il passaggio di un uomo e delle attrezzature leggere per gli interventi di manutenzione e/o riparazione. Le finestre devono essere munite di portelli stagni che rimangono chiusi durante le operazioni di scavo, ma facilmente accessibili e apribili secondo necessità.

c. A2) Portelloni di brandaggio

In presenza di terreni fortemente instabili lo scudo deve poter disporre di portelloni di brandaggio azionati attraverso un sistema idraulico, sia dall'esterno (cabina di comando e controllo), che dall'interno della camera di scavo, con registrazione della posizione di apertura o chiusura dei medesimi sul monitor della cabina comando.

Tali portelloni possono essere applicati sulle razze, per permettere sia una maggiore chiusura parziale della testa in fase di avanzamento o totale a scudo fermo, o fissati sul setto anteriore e, mediante pistoni idraulici, traslarli sino a contatto del fronte. Tale configurazione si adotta solo a macchina ferma per consentire al personale di effettuare in sicurezza le operazioni di controllo, manutenzione e/o riparazioni all'interno della camera di scavo.

d. Sistema di scavo

Come riportato ai paragrafi precedenti

e. Sistema di spinta

Come riportato ai paragrafi precedenti

f. Sistema per la movimentazione e la posa del rivestimento prefabbricato  
Come riportato ai paragrafi precedenti

g. Sistema di supporto del fronte e di svuotamento dei fanghi  
Il sistema di supporto del fronte deve essere costante ed immediato e deve essere garantito dalla sospensione pressurizzata di fanghi che riempie la camera di scavo.

Il livello di sospensione dei fanghi dietro il diaframma deve essere costantemente controllato da un dispositivo ultrasonico con una sonda di minimo e una di massimo che trasmettono i segnali per la regolazione della pompa di alimentazione in modo da assicurare, in caso di eventuale perdita di bentonite nel terreno, l'immediato reintegro dei fanghi senza interessare il bilanciamento della pressione al fronte.

L'operazione di svuotamento dei fanghi dal fronte e la contemporanea sostituzione del liquido con l'aria compressa, per continuare a mantenere la contropressione sul fronte, deve essere eseguita tramite un sistema di regolazione pneumatico azionato dall'operatore direttamente dalla cabina di comando e controllo dello scudo. Su apposito quadro sinottico presente nella cabina si rilevano i livelli del fango misurati da sonde ultrasoniche poste nella camera di scavo. Il sistema di azionamento manuale, comunque previsto e presente nella zona del cuscino d'aria, deve essere utilizzato solo in caso di guasto del sistema precedente non immediatamente riparabile e nella necessità di dover assolutamente entrare in camera di scavo.

In presenza di materiale di scavo ad elevata permeabilità si deve ricorrere, a volte, a miscele di densità più elevata, miste per es. a segatura, per creare lo strato impermeabile sul fronte e mantenere la stabilità del medesimo a scudo fermo, sia durante le normali interruzioni per il montaggio dell'anello, sia per le eventuali ispezioni e/o manutenzioni e riparazioni nella camera di scavo previo svuotamento dei fanghi e immissione di aria compressa. In tal caso è necessario prevedere in galleria un serbatoio per i fanghi speciali e di un idoneo impianto di pompaggio per consentire l'intervento in tempi ridotti. Poiché tali fanghi hanno una notevole resistenza al pompaggio, e quindi difficilmente può essere utilizzato l'impianto di circolazione fanghi, essi devono essere trasportati in galleria con idonee cisterne per alimentare il serbatoio fisso posto sul back-up.

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

h. Camera iperbarica, impianto e sistema di regolazione dell'aria compressa

i. g1) Camera iperbarica

La camera iperbarica per il personale dovrà essere omologata secondo le leggi vigenti in materia e deve consentire l'accesso al fronte nel modo più sicuro, agevole e rapido. Dovrà prevedere le seguenti principali caratteristiche:

- Camera principale per almeno 3 persone
- Camera di soccorso per almeno 2 persone
- Pressione: deve essere dimensionata per valori di almeno 1,5 volte la pressione massima prevista in progetto e in ogni caso per una pressione non inferiore a 3,5 bar.

Tali camere, collocate nella parte superiore della struttura intermedia ("tronco") dello scudo, devono essere completamente equipaggiate con porte, oblò ed equipaggiamento interno. Le porte d'accesso devono permettere il passaggio di una lettiga per il trasporto delle persone. Ogni scomparto deve essere dotato di tutte le attrezzature necessarie e regolamentari per l'aria compressa, l'illuminazione comunicazione ed i meccanismi di compressione e decompressione, sistema antincendio a pioggia d'acqua, sistema d'emergenza per decompressione con ossigeno e finestre fisse per guardare all'interno.

Deve inoltre essere prevista una camera iperbarica terapeutica installata nell'infermeria di cantiere con gli stessi accorgimenti progettuali sopra indicati.

Infine deve essere prevista una camera iperbarica per la movimentazione di materiali ed utensili collocata nella parte inferiore del diaframma di tenuta.

j. g2) Impianto e sistema di regolazione dell'aria compressa

Il sistema di regolazione dell'aria compressa nella camera di scavo deve essere costituito, per motivi di sicurezza, da due impianti di regolazione, inseriti nel circuito dell'aria compressa, completi di stazioni di misura, sensori di pressione, riduttori di pressione, valvole di carico e scarico con regolazione di sicurezza elettronica a sovrappressione.

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

Una linea di alimentazione dovrà stare sempre in esercizio, mentre la seconda rimarrà in "stand-by" pronta ad entrare in funzione, attraverso un commutatore, in caso di guasto della prima condotta.

Le due linee dovranno essere collegate tra di loro attraverso una condotta dotata di valvola di ritegno per impedire il travaso da una linea all'altra.

Le indicazioni di pressione per i due condotti di alimentazioni devono trovarsi nella cabina di comando e controllo.

La pressione dell'aria deve essere regolata con una pressione di  $\pm 0,05$  bar.

La qualità dell'aria compressa generata dai compressori deve essere trattata e filtrata per assicurare aria respirabile e deve corrispondere ai requisiti indicati dalla normativa europea DIN EN 12021 (già DIN EN 3188).

L'impianto di produzione di aria compressa deve garantire il mantenimento costante della pressione dei fanghi nella camera di scavo. Deve essere composto da almeno due elettrocompressori, uno per ciascuna linea di alimentazione, installati all'esterno, dotati di potenza e capacità adeguata a fornire il volume d'aria richiesto. Tali compressori dovranno essere tutti collegati in automatico in modo da intervenire immediatamente a qualsiasi calo di pressione. Inoltre sul back-up deve essere prevista l'installazione di un elettrocompressore d'emergenza per eventuali utilizzi collegati all'accesso del personale in ambiente iperbarico.

k. Guarnizioni di tenuta sul giunto di coda

Come riportato ai paragrafi precedenti

l. Sistema di iniezione a tergo dei conci

Come riportato ai paragrafi precedenti

m. Attrezzature speciali di perforazione

Come riportato ai paragrafi precedenti

n. Cabina di comando e controllo

Come riportato ai paragrafi precedenti

o. Back-up

Come riportato ai paragrafi precedenti

p. Impianto di ventilazione

Come riportato ai paragrafi precedenti

## **2. Impianto di circolazione fanghi**

È costituito principalmente da:

- due tubazioni per il trasporto idraulico, rispettivamente per l'invio del fluido di veicolazione al fronte di scavo (acqua o acqua + bentonite) e per l'evacuazione della miscela fluido-detriti di scavo dal fronte all'impianto di separazione. Il diametro di tali tubazioni viene determinato in funzione del dimensionamento (portata oraria) dell'impianto di separazione.
- stazioni di pompaggio per l'invio del fluido al fronte e per l'evacuazione del fluido con il materiale di scavo dal fronte all'impianto di separazione;
- misuratori di portata e di densità del fluido montati su entrambe le tubazioni che inviano le informazioni in tempo reale alla cabina di comando e controllo del sistema installato sulla TBM.

Il sistema "Hydroshield" si può considerare, in teoria, come un sistema a circuito chiuso dove il fluido utilizzato segue il seguente ciclo: accumulo-pompaggio alla camera di scavo, smarino-separazione-accumulo.

Tuttavia la mancanza di correzioni della densità di fluido di veicolazione nel processo di scavo porterebbe a un aumento della densità del fluido medesimo (fango estratto), a causa dello scioglimento della particelle più fini del materiale estratto, fino a valori intollerabili per il sistema.

La buona pratica indica che la densità del fluido in uscita non deve superare 12,5 kN/m<sup>3</sup> considerando in entrata una densità del fluido di 10,2-10,5 kN/m<sup>3</sup>. La proporzione tipica di bentonite varia da 30 a 60 kg/m<sup>3</sup> di miscela bentonitica.

La regolazione della densità del fluido di veicolazione risulta pertanto l'operazione più importante di tutto il processo di separazione dei materiali.

Occorre pertanto eliminare dal circuito chiuso una parte di fluido e reintegrarlo con acqua e bentonite.



È costituito da un vaglio primario e da un sistema di ciclonaggio, a semplice o a doppio stadio (in relazione alla minore o maggiore percentuale del materiale fino presente nel terreno) con vaglio vibroasciugatore.

Il fango bentonitico misto al materiale scavato viene pompato dalla camera di scavo sino al vaglio primario che consente di separare la frazione grossolana di dimensioni maggiori, normalmente di 5 mm, che viene scaricata in un deposito per essere successivamente caricato su autocarri e allontanato.

Il fluido, contenente materiale detritico di dimensioni inferiori, viene scaricato in una tramoggia, posta sotto il vaglio primario, e da qui viene pompato ad un doppio stadio di ciclonaggio che separa le sabbie fino ai limiti di progetto, che normalmente si spingono fino alla granulometria di 30-40 micron. Prima di essere scaricate a deposito tali sabbie sono asciugate attraverso un vaglio vibrante (vibroasciugatore). Termina qui la separazione fisica.

La parte di terreno rimasto nel fluido di veicolazione è costituito da particelle di dimensioni inferiori al diametro di taglio del ciclonaggio di secondo stadio, materiale che tende a sciogliersi (limi ed argille) nel fluido medesimo. Questo fenomeno porta ad un continuo aumento del peso specifico del fluido di veicolazione fino a valori incompatibili per il corretto funzionamento del sistema, potendo generare otturazioni della camera di scavo e/o della tubazione dello smarino.

Per evitare tale fenomeno e correggere la densità del fluido di veicolazione occorre pertanto sottrarre al circuito del fluido di veicolazione una porzione di portata di fango di densità maggiore di quella normalmente utilizzata per lo scavo e inviarla alla sezione di disidratazione (linea fanghi). Il fluido restante invece viene rinviato nel circuito di veicolazione e quindi ripompato allo scudo previa opportuna integrazione di acqua e bentonite per conferirgli i corretti parametri di progetto (peso specifico, viscosità e capacità impermeabilizzante).

#### **b. Impianto di trattamento dei fanghi**

Consiste nella disidratazione per via meccanica dei fanghi e nella successiva chiarificazione delle acque di filtrazione.

I fanghi in eccesso sono inviati all'impianto di disidratazione costituito da centrifughe o filtropresse a nastro. Queste ultime funzionano in base al principio della filtrazione meccanica continua. Preliminarmente all'invio alle nastropresse i fanghi sono condizionati, mediante passaggi successivi, con un coagulante inorganico, calce idrata e polielettrolita organico.

I reattivi chimici adoperati non presentano problematiche legate all'inquinamento ambientale e sono comunemente utilizzati nei processi di potabilizzazione delle acque.

All'uscita delle nastropresse si ottiene un materiale sufficientemente asciutto, palabile e trasportabile al sito di destinazione finale.

Le acque di risulta della disidratazione dei fanghi vengono inviate ad un chiarificatore per il processo di abbattimento e sedimentazione dei solidi rimasti ancora sospesi al fine di poterle scaricare in un corpo idrico ricettore nel rispetto delle vigenti leggi.

### **c. Dimensionamento**

Il dimensionamento dell'impianto di separazione deve partire innanzitutto dall'attento esame delle caratteristiche geotecniche dei terreni attraversati, con particolare riguardo alla granulometria: infatti quest'ultima determina l'accentuazione particolare dell'impianto stesso, ossia la minore o maggiore importanza da attribuirsi alla disidratazione fanghi, che risulta essere la fase più delicata di tutto il processo.

In terreni granulari incoerenti si avrà una separazione per via fisica in percentuale elevata, mentre in presenza di limi e/o argille aumenterà, anche in maniera considerevole, la quantità di terreno destinata a sciogliersi in acqua e in definitiva ad arricchire sempre più il peso specifico del fluido di veicolazione.

## **Descrizione dei principali elementi dell'impianto**

### **Separazione fisica**

#### ***Vaglio primario***

Funzione: separare dal fluido di veicolazione i detriti di scavo con dimensioni maggiori di 5 mm.

#### ***Gruppo di ciclonaggio di 1° e 2° stadio***

Funzione: separazione del materiale grossolano e sabbie sino a 30-40 micron.

***Vibroasciugatore costituito da un vaglio piano a vibrazioni unidirezionali***

Funzione: asciugare la sabbia separata dai ciclonaggi 1° e 2° stadio.

***Serbatoio di smistamento con agitatore meccanico fanghi*** per omogeneizzazione impedire la sedimentazione dei solidi, misuratore di densità, pompa di spillamento per il trasferimento dei fanghi di densità maggiore all'accumulo vasche fanghi destinati alla disidratazione.

Funzione: crocevia tecnico fra le portate:

- ingresso dai ciclonaggi
- uscita allo spillamento
- uscita all'accumulo fluido di veicolazione

***Serbatoi di accumulo fluido di veicolazione, completi di agitatore, misuratore di livello.***

Funzione: vasca polmone per fluido di veicolazione

***Impianto per la preparazione della bentonite*** completo di serbatoio di accumulo con agitatore, silos per la bentonite in polvere, impianto di fluidificazione, coclea di estrazione, pompa di miscelazione, turbomescolatore, etc.

Funzione: preparare la miscela di bentonite fresca

***Serbatoio di accumulo bentonite fresca***

Funzione: vasca polmone per la sospensione colloidale di bentonite. Da tale serbatoio si preleva per correggere il fluido di veicolazione.

***Serbatoi per l'acqua di reintegro***

Funzione: riserva idrica per il reintegro di acqua fresca nell'accumulo fluido di veicolazione per correggere la densità nelle vasche di accumulo fluido di veicolazione.

**Trattamento dei fanghi**

***Serbatoi di accumulo fanghi spillati***, completi di agitatore, misuratori di livelli, pompe. Funzione: accumulare i fanghi spillati in attesa di esser inviati alla disidratazione.

**Nastropresse** a doppio telo filtrante per la disidratazione in continuo dei fanghi, complete di reattori fanghi. Funzione: disidratare i fanghi spillati sino alla palabilità.

**Serbatoio di raccolta acque di filtrazione**

Funzione: raccolta delle torbide di filtrazione fanghi e lavaggio teli delle nastropresse

**Chiarificatore**

Funzione: depurare le acque torbide di filtrazione entro i limiti previsti dalla legge vigente per lo scarico di acque industriali attraverso il sistema fognante.

**Serbatoio per l'acqua chiarificata**

Funzione: serbatoio di raccolta acque chiarificate, funziona da riserva idrica per le pompe di lavaggio teli delle nastro presse.

**Stazione di preparazione e dosaggio del polielettrolita completo** di dosatori, pompe, misuratori di livello etc: Funzione: per la flocculazione dei fanghi

**Stazione lo stoccaggio del coagulante** (regolatore del ph) completo di serbatoi, pompe dosatrici etc

**Gruppo autoclave** completo di pompe, tubazioni, valvole, quadri elettrici, compressori, pressostati etc;

**Impianto per la preparazione della calce idrata**, necessaria per il trattamento chimico dei fanghi, completo di serbatoio, agitatore, pompe, misuratore di portata, silos;

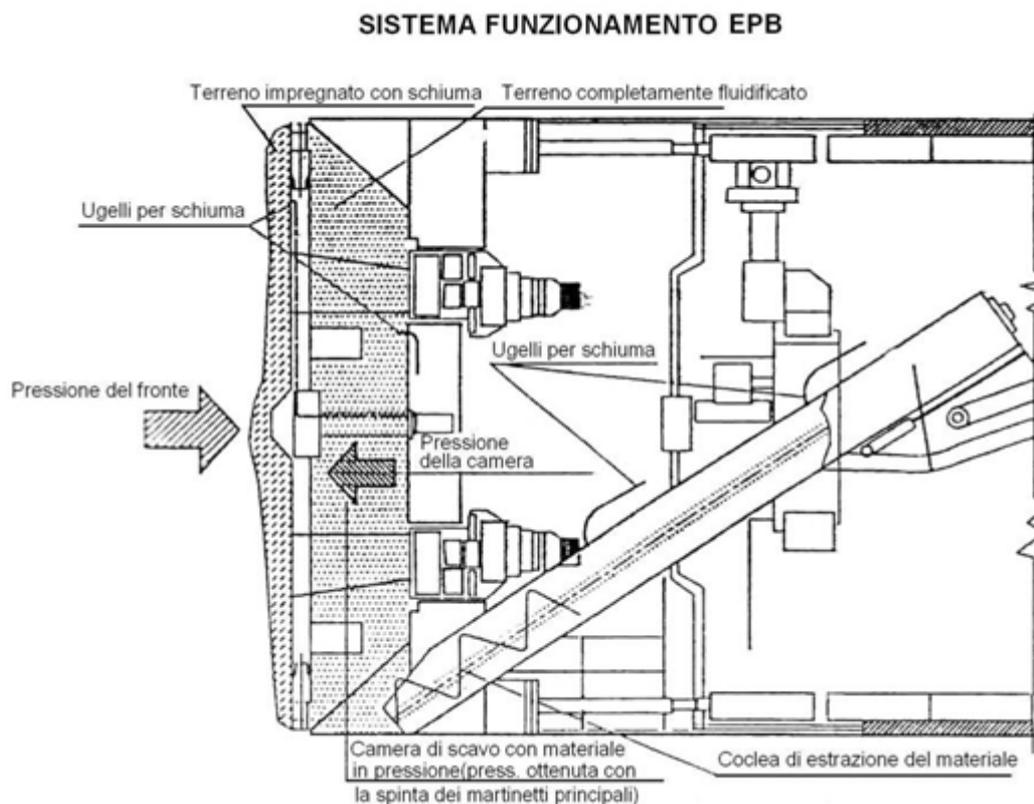
L'intero impianto deve essere completato del capannone di insonorizzazione, della carpenteria, dei macchinari (pompe, motori, quadri elettrici, strumentazioni di misura e controllo), valvole, tubazioni etc.

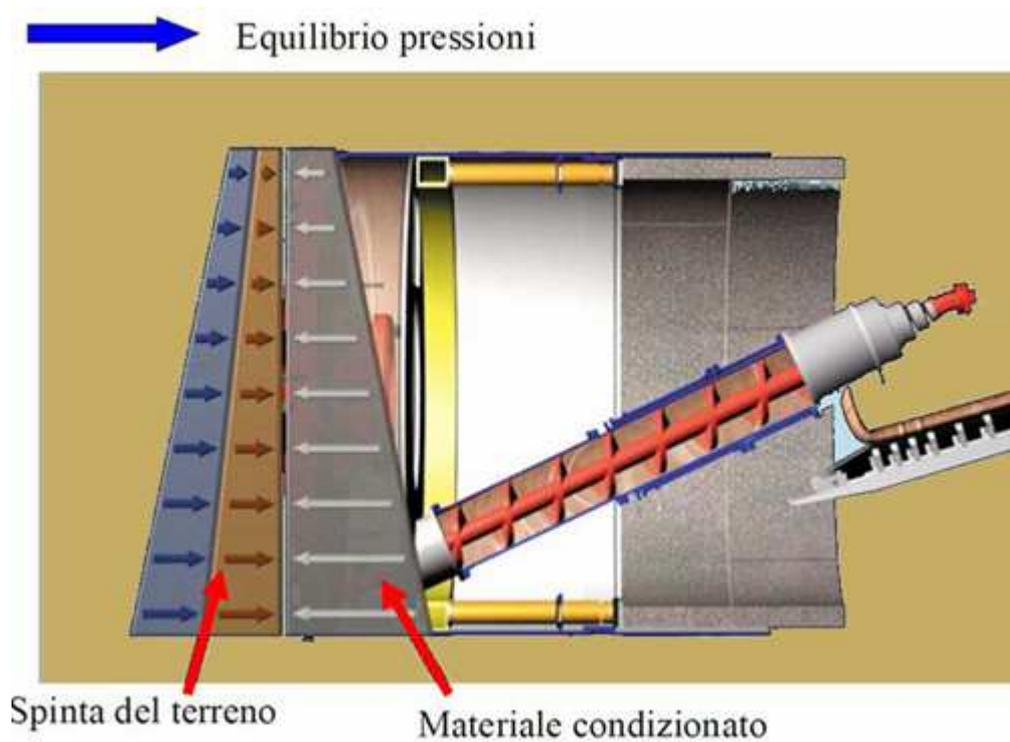
#### **4.6.2.6 Sistema di scavo EPB - Earth Pressure Balance Shield (B4)**

##### **4.6.2.6.1 Principio di funzionamento**

Il campo di impiego è costituito dai terreni con un'alta percentuale di argilla o limo e bassa permeabilità all'acqua. Il sistema si basa sugli stessi terreni scavati per produrre una pressione di terra in camera di scavo in grado di contrastare la spinta

del terreno davanti al fronte e la pressione dell'acqua di falda. Il terreno scavato è mantenuto in pressione all'interno della camera di scavo attraverso i martinetti di spinta dello scudo che trasferiscono la pressione al diaframma di separazione tra scudo e camera di scavo e quindi al terreno scavato. Durante lo scavo vengono iniettati attraverso degli ugelli posti sul diaframma e sulla testa fresante degli additivi quali bentonite o schiume per realizzare una membrana impermeabile sul fronte di scavo e rendere plastico il terreno scavato. L'estrazione del terreno avviene per mezzo di una coclea (pompa a vite) che permette lo "spillamento" controllato del materiale dalla camera di scavo e al mantenimento della pressione in camera di scavo, quindi prosegue su nastri trasportatori, vagoncini su rotaia o camion.





*Principio della contropressione di terra con l'EPB*

#### **4.6.2.6.2 Descrizione generale**

La macchina è composta dai seguenti principali elementi:

- a) Corpo dello scudo (mantello, camera di scavo alloggiamenti dei martinetti di spinta, coda etc.)
- b) Sistema di scavo (testa fresante)
- c) Sistema di estrazione ed allontanamento del materiale
- d) sistema di iniezione additivi
- e) Sistema di spinta (avanzamento)
- f) Erettore conci
- g) Sistema di trasporto conci
- h) Camera iperbarica, impianto e sistema di regolazione dell'aria compressa
- i) Sistema di iniezione a tergo dei conci
- j) Sistema AFSS
- k) Attrezzature speciali di perforazione
- l) Cabina di comando e controllo
- m) Back-up

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

- n) Impianto di ventilazione
- o) Impianto idraulico (serbatoi fluido idraulico, refrigeratori del fluido idraulico, filtri del circuito, centraline idrauliche, dispositivi di controllo etc.)
- p) Impianto elettrico, sistema di controllo, illuminazione scudo, luci di emergenza etc.
  - a. Corpo dello scudo

Come riportato ai paragrafi precedenti

b. a1) Camera di scavo

La camera di scavo deve essere dotata di un diaframma metallico a tenuta stagna che separa la camera stessa dal resto della macchina dove lavorano gli operatori.

Deve comprendere tutte le prese necessarie per:

- le camere iperbariche;
- il cuscinetto principale;
- l'apertura per l'alimentazione della vite della coclea, con porte azionate idraulicamente per la chiusura ermetica della camera in caso di ritiro della vite all'interno del corpo dello scudo;
- dispositivi di misura della pressione all'interno della camera di scavo, collegati al sistema automatico d'operazione e controllo dello scudo, con un numero di sensori adeguato disposti ad intervalli di quota regolari, con due sensori quanto più possibile posizionati in chiave calotta, in modo da poter valutare correttamente lo stato di riempimento della camera di scavo e la densità del materiale;
- ugelli per l'iniezione di prodotti specifici per migliorare le condizioni del terreno all'interno della camera stessa (schiume, polimeri, fanghi bentonitici, acqua, etc.), in numero adeguato, opportunamente distribuiti;
- valvola di sfiato in calotta per lo spurgo di eventuale accumulo di schiume o bolle d'aria;
- ugelli per l'iniezione di bentonite per il mantenimento della pressione nella camera di scavo in caso di macchina ferma e camera piena;

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

- barre rimovibili per il mescolamento del terreno fissate sul diaframma metallico;
- fori per consentire il passaggio delle aste di perforazione per i sondaggi e gli eventuali interventi al fronte;
- passaggi per tubazioni dell'acqua e cavi elettrici, agganci ed alloggiamenti specifici per scale, piattaforme, etc;
- punti di collegamento per comunicare all'esterno, punti di collegamento illuminazione a bassa tensione (24V), punti per l'approvvigionamento dell'aria compressa ad uso industriale, sistema per l'ingresso dell'aria compressa respirabile, etc.
- Il diaframma metallico dovrà essere dimensionato per valori di pressione pari ad almeno 1,5 volte la pressione massima prevista in progetto ed in ogni caso per una pressione non inferiore a 3,5 bar.

c. Sistema di scavo

Come riportato ai paragrafi precedenti

d. Sistema di estrazione e allontanamento del materiale

Il materiale è estratto con una coclea e allontanato con un nastro trasportatore.

e. d1) Estrazione con coclea

Tale sistema è costituito da una coclea posizionata sull'asse della macchina di scavo che dal fondo della camera di scavo in pressione, per mezzo delle eliche, obbliga il materiale a passare lungo tutta la struttura sino a raggiungere il punto di scarico a pressione ambiente. La coclea deve poter essere ritirata idraulicamente per effettuare le operazioni di controllo e manutenzioni sulla medesima. Sul diaframma in pressione, in corrispondenza dell'apertura per il passaggio della coclea, devono essere predisposte due porte stagne azionate idraulicamente per chiudere tale apertura ed evitare perdite di pressione nella camera di scavo. Lo stesso sistema può essere utilizzato in caso di soste prolungate per evitare fughe di pressione.

La coclea deve possedere un dispositivo per invertire il senso di rotazione in caso di bloccaggio per evitare danni sulla struttura della stessa.

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

La velocità di rotazione deve essere regolabile, in modalità sia manuale che automatica, in funzione della velocità d'avanzamento dello scudo, delle pressioni nella camera di scavo e della coppia della testa fresante.

La regolazione della velocità di rotazione della coclea deve essere associata con l'apertura del vano di scarico del materiale per consentire di controllarne la fuoriuscita e per creare un'azione di confinamento e pressurizzazione del fronte.

L'uscita del materiale dalla coclea è consentita da una porta a ghigliottina con apertura regolabile.

Lungo la coclea devono essere installati ugelli (almeno 3 unità) per permettere l'iniezione di prodotti specifici per il trattamento del materiale (schiume, fanghi bentonitici, etc.) e almeno 3 sensori per il controllo della pressione.

L'elica e l'interno della camicia devono essere rivestite con materiale antiusura.

Sia l'elica che la coclea, in caso di grave danneggiamento, devono poter essere sostituite dall'interno della galleria.

La coclea deve essere dimensionata (portata oraria) per garantire le prestazioni di avanzamento della TBM prevista in progetto.

Il tratto iniziale della coclea, in prossimità della camera di scavo, deve essere attrezzato con una pompa a pistoncini per l'evacuazione di eventuale materiale liquido fino al nastro trasportatore secondario ad andamento altimetrico sub-orizzontale.

f. d2) Nastro trasportatore

Il materiale estratto dalla coclea deve essere scaricato su un nastro trasportatore primario inclinato e uno secondario sub-orizzontale, che deve assicurare il trasferimento e lo scarico nei vagoni del treno di servizio o nei camion in sosta sotto il back-up, oppure su un altro nastro trasportatore installato su un paramento lungo tutta la galleria.

La struttura del nastro deve essere progettata per affrontare le curve e le pendenze di progetto e dimensionata per garantire le rese produttive richieste in progetto. Deve essere dotato di tutti i sistemi di pulizia necessari in relazione ai terreni che si incontreranno nello scavo.

Il nastro deve essere fornito di una bilancia per la pesatura del materiale di scavo per il controllo del peso estratto, installate quanto più vicino possibile al fronte e in modo che risentano il meno possibile di effetti dinamici. La misura deve essere costantemente relazionata all'avanzamento della fresa per il controllo immediato di eventuali flussi di terreno in camera, ed evitare così l'innesco di pericolosi fornelli o la formazione di cavità. Le bilance dovranno essere sottoposte a taratura periodicamente, secondo una chiara procedura illustrata e condivisa dalla Direzione Lavori.

Il nastro trasportatore deve essere fornito di uno scanner volumetrico per rilevare in continuo il volume del materiale estratto, installato quanto più possibile vicino al fronte. La misura deve essere costantemente relazionata all'avanzamento della fresa per il controllo immediato di eventuali flussi di terreno in camera non provenienti dal fronte, ed evitare così l'innesco di pericolosi fornelli o la formazione di cavità. Lo scanner dovrà essere sottoposto a taratura periodicamente, secondo una chiara procedura illustrata e condivisa dalla D.L.

g. Sistema di iniezione additivi

Lo scudo deve essere dotato di un impianto completo per l'iniezione di diversi prodotti (schiume, polimeri, fanghi bentonitici) per il condizionamento del terreno scavato. Questi additivi sono necessari per migliorare la stabilità del fronte di scavo, ridurre la coppia necessaria alla testa fresante, ridurre l'abrasività del terreno, migliorare la fluidità e ridurre la permeabilità del materiale scavato, facilitare l'evacuazione del materiale scavato ed evitare possibili intasamenti del materiale plastico.

L'iniezione avviene attraverso ugelli installati sulla testa fresante, nella camera di scavo e nella coclea.

Il sistema deve essere progettato specificamente per le caratteristiche geotecniche del materiale interessato dallo scavo. Per valutare il reale effetto dei vari prodotti di iniezione, e quindi mettere a punto le miscele e le quantità da utilizzare nei vari tratti dello scavo, si deve procedere ad una serie di prove in laboratorio o direttamente in sito con il materiale direttamente proveniente dallo scavo.

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

Tutti gli additivi utilizzati devono essere biodegradabili, non devono essere classificabili come "rifiuti tossici o pericolosi" e comunque devono condizionare il terreno in modo tale che sia possibile trasportarlo a discarica senza particolari accorgimenti.

L'impianto deve comprendere sistemi per la generazione di schiuma, di rifornimento di acqua e di aria compressa completi degli apparati di regolazione, consolle di comando, tubazioni e cavi elettrici.

I generatori devono essere installati il più vicino possibile ai punti d'iniezione, in modo da evitare il deterioramento dell'additivo nella fase di trasporto. Deve essere garantito un controllo visivo del processo di generazione della schiuma.

Le linee d'iniezione devono alimentare: la testa, la camera di scavo e la coclea. Tutte le linee devono essere indipendenti, in modo da poter diversificare a seconda delle esigenze la tipologia di additivo nelle varie posizioni.

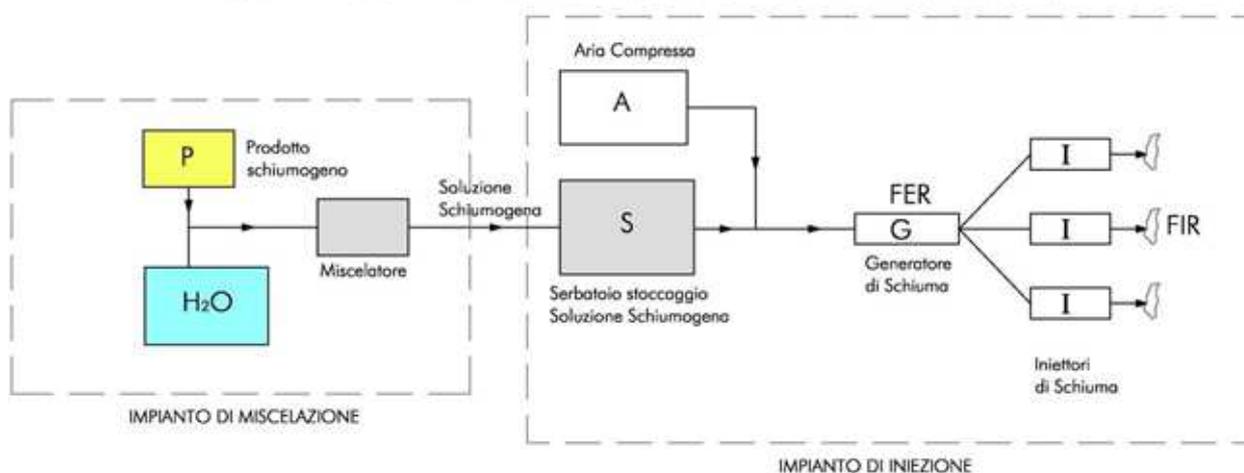
La portata totale d'iniezione della soluzione schiumosa, la portata massima per ogni linea e gli altri parametri del sistema d'iniezione vengono definite nelle fasi di progettazione.

L'insieme di stoccaggio/trasferimento/miscelazione deve essere installato sul back-up.

#### h. g1) Descrizione dell'impianto

Di seguito è descritto il funzionamento di un impianto di miscelazione e di iniezione schiume con riferimento allo schema a blocchi riportato nella figura seguente

## SCHEMATICO IMPIANTO DI MISCELAZIONE E DI INIEZIONE SCHIUME



*Schema impianto iniezione schiume*

Le schiume sono normalmente confezionate utilizzando un agente schiumogeno (tensioattivo) ed un agente stabilizzante (polimero) che compongono il prodotto schiumogeno (P).

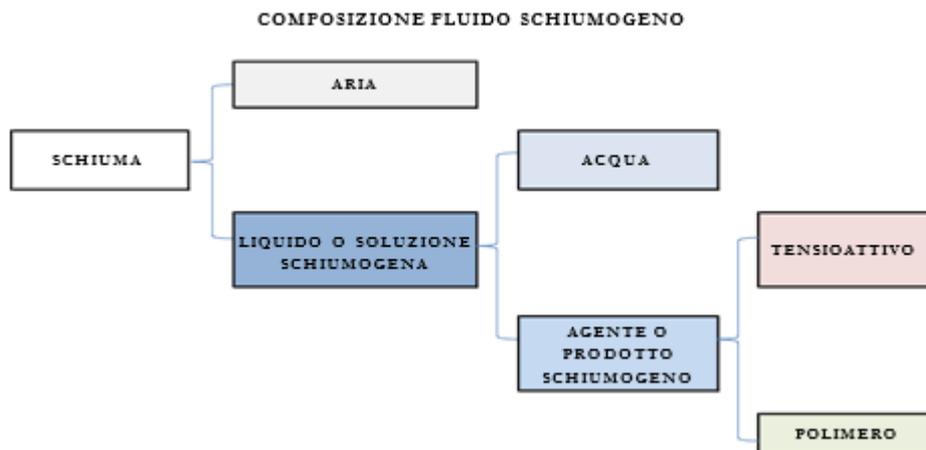
Questi due additivi vengono disciolti in acqua a dei dosaggi calcolati in base alle prestazioni da ottenere.

La soluzione ottenuta (soluzione schiumogena) viene stoccata in un serbatoio S e poi pompata in un sistema di generatori di schiuma (G) dove incontra l'aria compressa (A).

Infine la schiuma viene iniettata tramite degli iniettori posizionati in punti particolari della TBM (coclea, camera di pressione, testa di scavo).

i. g2) Composizione schiuma

Nel seguente schema a blocchi è riportata la composizione del fluido schiumogeno



*schema composizione fluido schiumogeno*

j. g3) Parametri principali per determinare la quantità di schiuma

Si considerano i seguenti parametri

$$1) \text{ FIR (Foam Injection Rate) } = \frac{\text{Volume di schiume iniettate } (Q_{\text{foam}})}{\text{Volume di terreno abbattuto } (Q_{\text{soil}})} \cdot 100 (\%)$$

$$(Q_{\text{foam}}) = \text{FIR} \times Q_{\text{soil}}$$

$$(Q_{\text{soil}}) = A_{\text{face}} \times V_{\text{TBM}}$$

La percentuale si aggira normalmente sul 30-60%

$$2) \text{ FER (Foam Expansion Rate) } = \frac{\text{Volume di schiume iniettate } (Q_{\text{foam}})}{\text{Volume liquido schiumogeno } (Q_{\text{liquid}})}$$

Il range di variabilità del rapporto è compreso tra 10 e 30

$$3) \text{ CF (Concentration Factor) } = \frac{\text{Quantità in peso dell'agente schiumogeno}}{\text{Quantità in peso della soluzione schiumogena}} \cdot 100 (\%)$$

La percentuale di additivo nella soluzione acquosa varia normalmente da 0,5 a 5.

La scelta del prodotto specifico, l'individuazione dei vari parametri d'applicazione (concentrazione dell'additivo nella soluzione acquosa, FER e FIR) dipendono dalle caratteristiche geomeccaniche del terreno attraversato durante lo scavo.

La messa a punto del sistema viene raggiunto dopo una serie di prove sia in laboratorio che sul campo.

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

Come dato di partenza si considera la % di vuoti nel terreno (considerando anche quella parte che potrebbe essere riempita d'acqua di falda) da riempire con le schiume per raggiungere dopo una serie di prove i parametri principali.

k. Sistema di spinta

Come riportato ai paragrafi precedenti

l. Sistema per la movimentazione e la posa del rivestimento prefabbricato

Come riportato ai paragrafi precedenti

m. Camera iperbarica e sistema di regolazione aria compressa

Come riportato ai paragrafi precedenti

n. guarnizione di tenuta sul giunto di coda

Come riportato ai paragrafi precedenti

o. Sistema iniezione a tergo dei conci

Come riportato ai paragrafi precedenti

p. Sistema AFSS

La macchina deve essere equipaggiata con un sistema addizionale di regolazione e controllo AFSS ("Additional Face Support System"), automatico e manuale, che prevede l'iniezione di bentonite nella camera di scavo per compensare il rilassamento delle pressioni del materiale nonché del livello all'interno della camera di scavo. Tale sistema deve operare nel seguente modo:

- Durante lo scavo: se dalla camera di scavo viene estratto per errore una quantità di materiale superiore a quella preventivata, riducendo conseguentemente la pressione, non appena questa raggiunge un valore di allarme, deve essere immediatamente iniettata all'interno della camera bentonite, fino a ristabilire il valore di pressione corretta. Contemporaneamente la TBM dovrà avanzare senza estrarre materiale dalla camera di scavo.
- Durante i periodi di fermo (fine settimana, manutenzione, imprevisti): se il materiale condizionato all'interno della camera di scavo si assesta riducendo il proprio volume e quindi anche la pressione esercitata sul fronte, appena il

valore di quest'ultima scende sotto un valore di allarme deve essere immediatamente iniettata bentonite fino a ristabilire valori di pressione superiori al valore critico.

q. Attrezzature speciali di perforazione

Come riportato ai paragrafi precedenti

r. Cabina di comando e controllo

Come riportato ai paragrafi precedenti

s. Back-up

Come riportato ai paragrafi precedenti

t. Impianto di ventilazione

Come riportato ai paragrafi precedenti

### **4.6.3 RIVESTIMENTO**

#### **4.6.3.1 Caratteristiche e requisiti**

Il rivestimento della galleria deve creare un sostegno stagno che deve essere messo in opera all'interno del mantello dello scudo immediatamente a seguito della macchina di scavo.

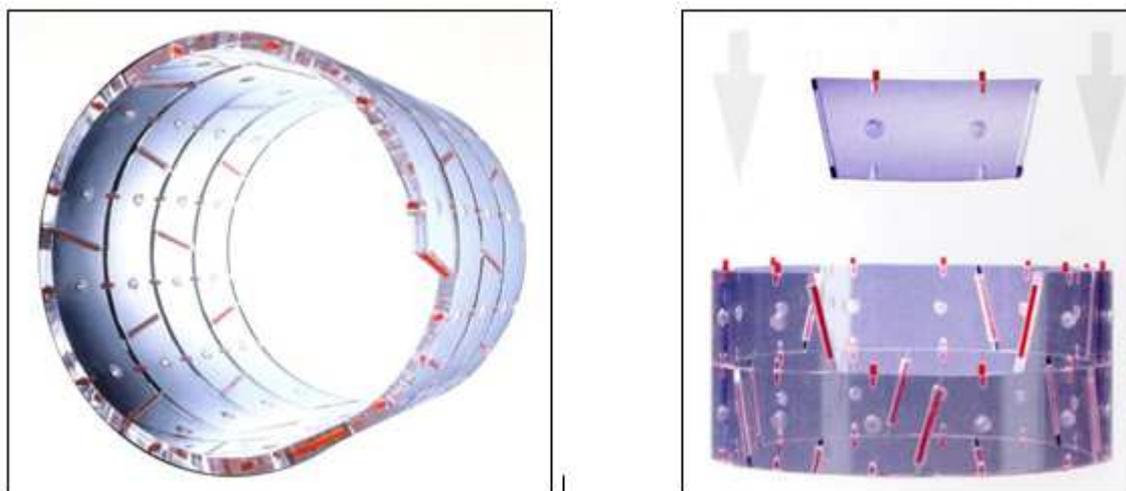
Per sopportare gli sforzi d'avanzamento dello scudo, gli elementi in calcestruzzo devono avere un'elevata resistenza meccanica e una precisione geometrica (di realizzazione e posa in opera) indispensabili per evitare lo sviluppo di sforzi che possono portare fino allo schiacciamento ed alla rottura.

La tenuta idraulica del rivestimento deve essere garantita da guarnizioni impermeabili montate sul perimetro esterno dei conci e, ove previsto dal progetto, disposte in doppio ordine, sia all'intradosso che all'estradosso dell'anello prefabbricato.

Ad ulteriore garanzia di tenuta idraulica, dove previsto dal progetto, si dovranno adottare guarnizioni in EPDM equipaggiate con un apposito cordino idroespansivo.

#### 4.6.3.2 Descrizione dei conci

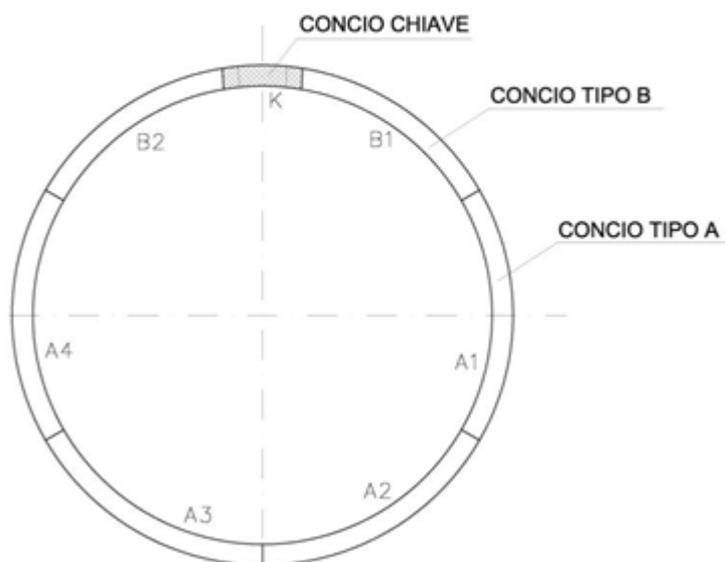
Il rivestimento definitivo consiste in anelli prefabbricati in calcestruzzo armato della lunghezza e spessore indicati in progetto.



Ogni anello è costituito da un set di elementi (conci) comprendenti:

- il concio di chiave (K)
- due conci di controchiave (B)
- conci generici (A)

SCHEMA UNIONE ANELLO CONCI



I conci devono essere equipaggiati con guarnizioni impermeabili in EPDM di tipo ancorato (annegate nel getto di calcestruzzo), di dimensioni indicate in progetto e eventualmente munite di un apposito cordino idroespansivo, ad ulteriore garanzia di tenuta idraulica.

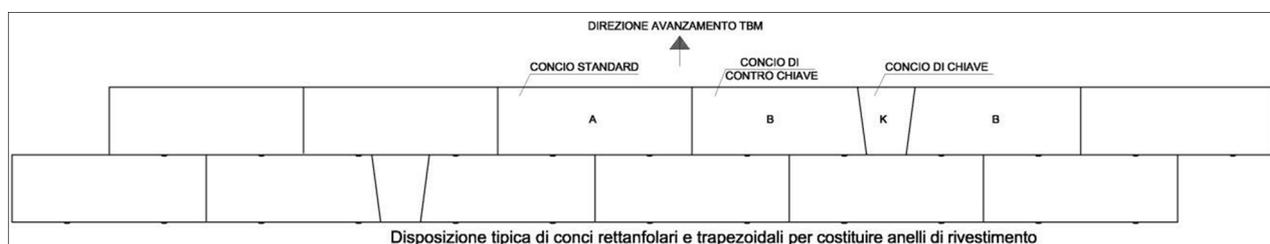
La geometria del concio e quindi dell'anello devono tenere conto dell'andamento plano-altimetrico di tracciato previsto in progetto.

Ogni concio, esclusa la chiave, deve essere munito di una valvola per l'eventuale iniezione supplementare della miscela di riempimento a tergo del rivestimento.

#### **4.6.3.3 Modalità esecutive di montaggio**

I singoli conci vengono montati tra loro e collegati all'ultimo anello, già in opera, all'interno del mantello.

Nel montare un nuovo anello bisognerà assicurarsi che non ci siano giunti longitudinali allineati con l'anello precedente già montato. Bisognerà per ogni anello tenere nota della posizione del concio di chiave.



*Disposizione dei conci per costituire anelli di rivestimento*

L'anello di tipo universale, consente, mediante la semplice rotazione attorno al proprio asse di un anello rispetto al precedente, di sfalsare i giunti longitudinali e di seguire l'andamento plano-altimetrico del tracciato e di apportare le eventuali necessarie correzioni in corso d'opera, senza ricorrere ad elementi speciali.

I conci devono essere assemblati, sia in senso circonferenziale che longitudinale, o mediante bulloni d'acciaio zincato che possono essere recuperati dopo 50-100 m circa dal fronte, oppure mediante perni longitudinali, tra conci di anelli contigui, e barre guida posizionate sulle facce di contatto dello stesso anello montati prima del posizionamento del concio.

#### **4.6.3.4 Trasporto e montaggio dei conci**

I conci saranno trasportati in galleria su appositi carrelli su binario o idonei dumper e scaricati sul convogliatore, installato sul back-up, che a sua volta provvederà ad avvicinarli all'area di montaggio.

La movimentazione all'interno della galleria avverrà con un erettore ad anello munito d'idoneo sistema di aggancio dotato di tutte le sicurezze necessarie.

#### **4.6.3.5 Caratteristiche dei materiali**

##### **a) Calcestruzzo**

Il calcestruzzo deve soddisfare la classe di resistenza minima C25/30 per le classi di comportamento al fronte tipo A e rivestimenti gettati in opera, e C35/45 per le classi di comportamento al fronte B e C per i rivestimenti prefabbricati in genere, e comunque come disciplinato nel progetto.

Il calcestruzzo deve essere confezionato in un impianto di produzione con controlli automatici degli inerti, del cemento, dell'acqua e degli additivi.

La composizione e le caratteristiche fisico-meccaniche del calcestruzzo devono essere individuate mediante idonee prove approvate e controllate dalla D.L.

##### **b) Armatura**

Deve essere del tipo B 450 C.

Il copriferro minimo deve essere di 40 mm.

##### **c) Sistema di impermeabilizzazione**

La tenuta stagna tra i giunti dovrà essere garantita da guarnizioni in EPDM, opportunamente disposte e precaricate dal serraggio dei bulloni.

Deve essere garantita la piena tenuta sotto la pressione indicata in progetto. Le guarnizioni devono essere resistenti agli agenti atmosferici (raggi solari UV e calore) cui sono soggette durante lo stoccaggio dei conci all'aperto.

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

Le guarnizioni dovranno essere di tipo ancorato, incluse nel getto dei conci prefabbricati in calcestruzzo armato, per evitare in ogni modo fenomeni di distacco in fase di stoccaggio, di movimentazione e di posa in opera.

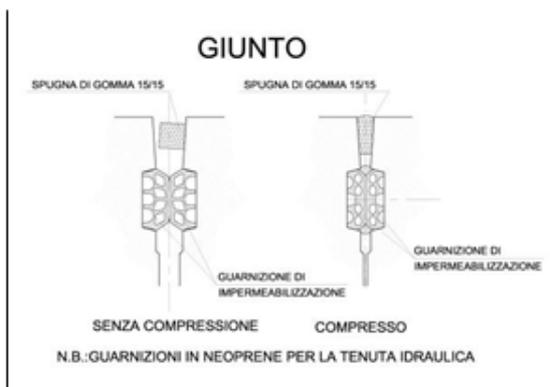
Le dimensioni e il profilo della guarnizione, come anche l'elastomero da utilizzare e le caratteristiche fisico- meccaniche della gomma, vengono definite in fase di progetto in base alle condizioni più gravose a cui verrà posta la guarnizione.

Devono essere valutate la pressione idrostatica, il tipo di aggressione chimica, la temperatura, la dielettricità, la tipologia dell'anello, la forza di spinta dei pistoni della fresa sull'anello, il sistema di connessione dei conci, le tolleranze dei conci e degli anelli, la presenza o meno di cuscini di ripartizione del carico e altri dati relativi all'utilizzo finale.

Per quanto riguarda i tests da eseguire sulle guarnizioni e la modalità di applicazione delle medesime sui conci si rinvia alle raccomandazioni redatte da STUVA (Germania), citate nella documentazione correlata, che al momento rappresentano il principale riferimento tecnico sull'argomento.



*Magazzino conci con le guarnizioni di tenuta idraulica montate*



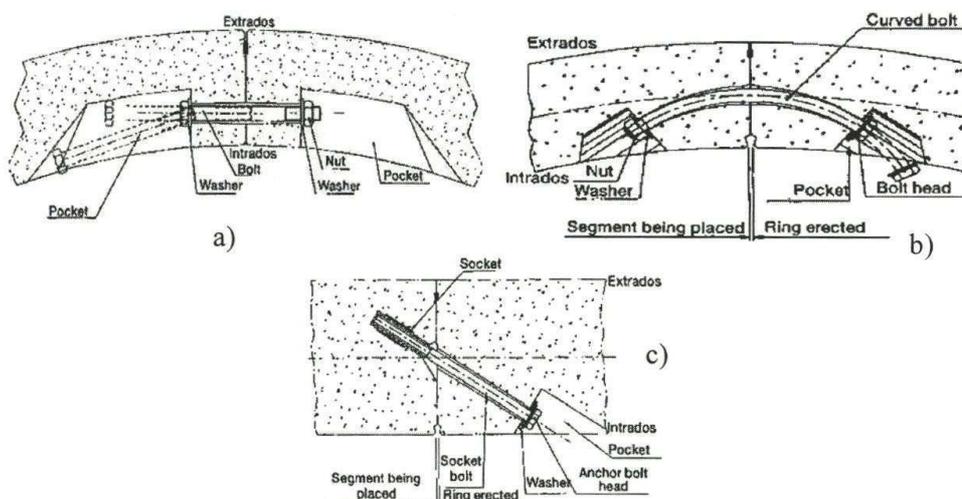
#### 4.6.3.6 Accessori per conci

##### a) Connessione tra i conci

Il collegamento tra conci dello stesso anello e tra un anello e il successivo, montati in corrispondenza dei giunti, devono:

- garantire l'allineamento dei conci
- assicurare la compressione delle guarnizioni di tenuta idraulica all'atto del montaggio dell'anello
- resistere agli sforzi dovuti alla reazione di decompressione della guarnizione, restando in campo elastico. Il collegamento può essere ottenuto mediante:

1. bullonature, che possono essere di diverso tipo: rette, curve, inclinate (v. figura seguente)



### *Sistemi di bullonatura*

Usualmente vengono utilizzate le bullonature inclinate che sono costituite da bulloni filettati ancorati su tassello in polietilene. Vengono inseriti in fori praticati sull'intradosso del rivestimento che attraverso delle "tasche" collegano i due conci. Fori e tasche sono realizzati in fase di fabbricazione del concio. Una volta inseriti, i bulloni devono essere serrati correttamente mediante apposite avvitatrici sino al valore della coppia di serraggio prevista in progetto. I bulloni possono essere eventualmente recuperati quando il fronte di scavo risulta sufficientemente lontano (di solito a fine back-up).

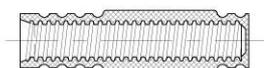
BULLONE DI COLLEGAMENTO



PERNO

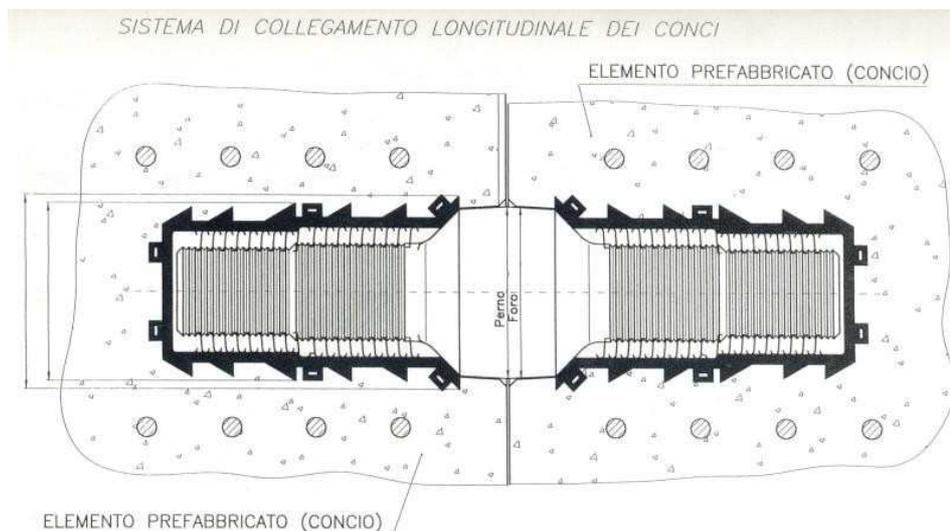


TASSELLO IN POLIETILENE



#### 2. perni o spinotti "a perdere":

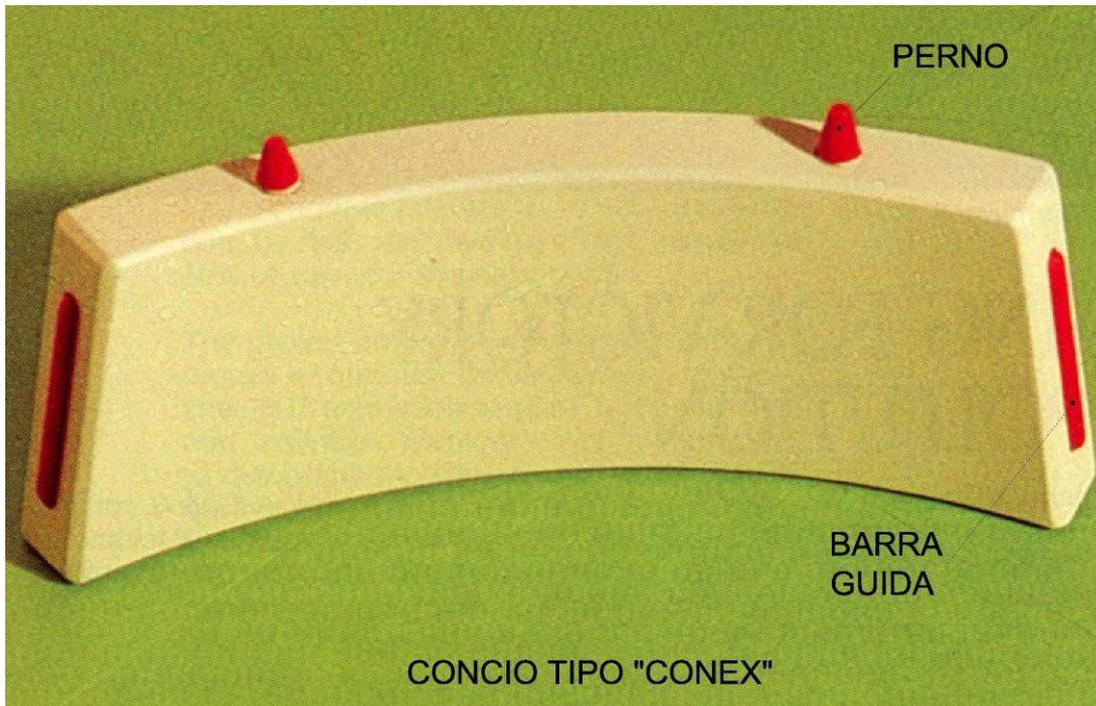
Sono realizzati con speciali materie plastiche ad alta resistenza, con eventuale anima d'acciaio. Tali perni vengono inseriti in appositi alloggiamenti (cuffie costituite da materiali plastici resistenti agli urti e all'abrasione che vengono annegate nel calcestruzzo) disposti sulla faccia libera del concio in fase di montaggio e trovano riscontro nell'ultimo anello posato in identici alloggiamenti. I pistoni di spinta provvedono poi all'inserimento forzato.



### *Perno longitudinale*

#### **b) Barre guida**

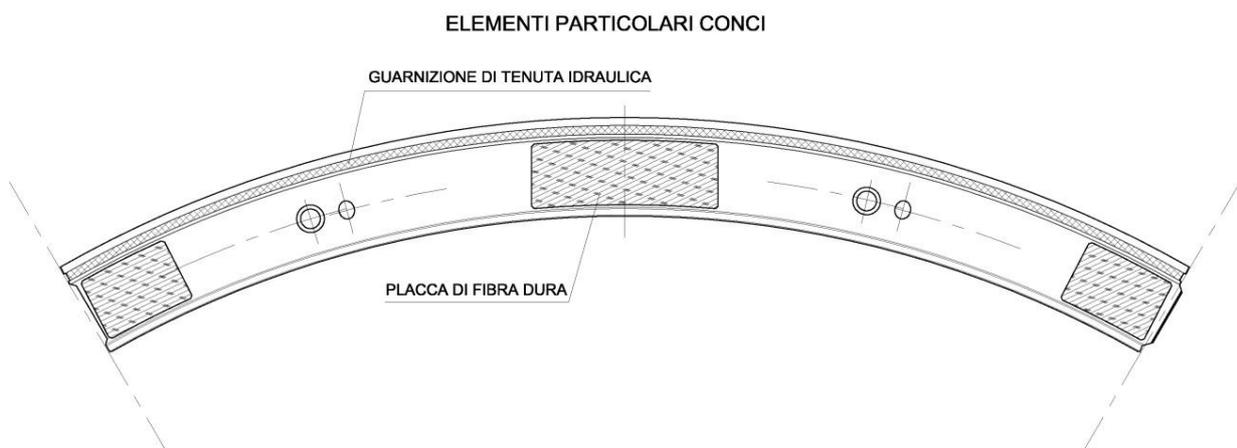
Il sistema di connessione con i perni prevede l'impiego di barre guida incollate tra concio e concio di uno stesso anello, per garantire il corretto posizionamento e il centraggio circonferenziale dei conci. Le barre guida sono prodotte in speciali materie plastiche infrangibili ad alto snervamento e sono perciò in grado di sopportare elevati sforzi di taglio.



*Concio con perni longitudinali e barra guida*

**c)** Guarnizioni per la ripartizione delle pressioni

Nella sezione di contatto dei giunti deve essere presente una striscia di elastomero al fine di assicurare la corretta ripartizione delle pressioni.



*Guarnizioni per ripartizione conci*

**d)** Guarnizioni di gomma piuma

Lungo i bordi dell'estradosso del concio devono essere montate strisce di gommapiuma che hanno lo scopo di impedire l'entrata della miscela d'intasamento nei giunti fra i singoli elementi.

#### **4.6.4 RIEMPIMENTO A TERGO DEL RIVESTIMENTO**

##### **4.6.4.1 Miscela d'intasamento per TBM-EPB e TBM-HDS**

###### **4.6.4.1.1 Modalità esecutive**

Il vuoto tra l'estradosso del rivestimento e il profilo dello scavo sarà riempito con una miscela di adeguate caratteristiche, in modo da mettere in contatto il rivestimento con il terreno e quindi fissare definitivamente l'anello.

L'iniezione dovrà essere eseguita attraverso tubazioni inglobate o fissate nella parte terminale dello scudo ("coda"), e interessare ogni singolo anello che fuoriesce dal mantello durante la spinta.

Le operazioni di iniezione devono avvenire con continuità mentre il singolo anello fuoriesce dalla coda.

I punti d'iniezione dovranno essere in numero adeguato, equamente distribuiti sulla circonferenza della coda, prevedendo l'installazione di doppie canne per ciascun punto, in modo da averne sempre qualcuna di riserva in caso d'intasamento e quindi il momentaneo non utilizzo di alcune di quelle in uso.

Deve essere prevista una modalità accessoria per eseguire l'eventuale intasamento supplementare (o secondario) attraverso i conci per mezzo di inserti passanti muniti di valvole di ritegno qualora si registrassero dei vuoti a tergo del rivestimento.

###### **4.6.4.1.2 Monitoraggio**

Volumi e pressioni d'iniezione dovranno essere fissati preventivamente e misurati in corso d'opera su tutti i punti d'iniezione attraverso i trasduttori di pressione montati in corrispondenza dei punti d'iniezione nella coda e il numero di colpi degli stantuffi delle pompe che inviano i segnali al PLC di bordo che a sua volta provvede ad elaborare i dati e a visualizzarli sullo schermo.

In corso d'opera dovranno essere effettuati, nei tempi e quantità da stabilire in progettazione costruttiva, carotaggi sul rivestimento per il prelievo di campioni di miscela consolidata, al fine di verificare il completo riempimento dello spazio anulare tra anello e terreno. Nel caso si riscontrassero dei vuoti questi dovranno essere prontamente riempiti mediante l'iniezione secondaria.

#### **4.6.4.1.3 Miscela d'iniezione**

##### **Malta d'iniezione**

##### **a) Materiali**

- sabbia (granulometria 0,2mm - 6.0mm)
- cemento
- filler o fly ashe
- bentonite
- additivi stabilizzanti e ritardanti
- acqua

La miscela può essere diversamente composta, variando la quantità dei materiali.

##### **b) Caratteristiche e requisiti**

Deve essere sufficientemente lavorabile per venire pompata con continuità;

Deve garantire tempi di presa compatibili con i livelli produttivi della macchina di scavo. Comunque il processo di presa dovrà svilupparsi entro 8÷12 h dalla messa in opera;

Deve avere una viscosità tale da non disperdersi nel terreno, e tale comunque da consentire il pompaggio senza provocare otturazioni delle tubazioni.

Deve avere una composizione tale da permettere di riempire completamente il vuoto anulare tra concio e profilo di scavo;

Deve tenere in conto le esigenze operative, in modo che la sua messa in opera non penalizzi l'ottimale ciclo di lavorazione;

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

Deve risultare idonea alla funzione definitiva di solidarizzazione, stabilizzazione dei conci e riempimento dei vuoti;

Deve essere confezionata preferibilmente direttamente in cantiere, e comunque da un impianto dedicato, onde evitare accidentale contaminazione con inerti non idonei che possono intasare e ostruire le linee di iniezione.

Affinché possano procedere con regolarità le operazioni di iniezione, molte prove preliminari devono essere effettuate al fine di evitare il più possibile l'intasamento delle tubazioni.

Una volta definita la miscela d'impasto essa deve essere controllata nel tempo facendo in modo di rimanere costante la qualità dei componenti utilizzati (in particolare le sabbie).

Per ottenere la migliore lavorabilità ed evitare l'intasamento delle tubazioni risulta necessario confezionare malte con contenuto di "fine" superiore a 500 kg/m<sup>3</sup> considerando in esso il contributo derivante dal cemento, dal filler, dalla bentonite e dalla frazione fine della sabbia.

Alla malta non sono richieste elevate resistenze meccaniche a 28 giorni in quanto essa ha lo scopo di ripristinare il terreno scavato in più oltre il profilo esterno del rivestimento. Indicativamente tali valori possono variare da 0,15- 0,2 N/mm<sup>2</sup> a 24h sino a 35-50 kg/cm<sup>2</sup> a 28gg.

**Malta Bicomponente**

Il sistema di iniezione con "bicomponente" consiste nell'eseguire un'iniezione di miscela liquida a presa rapida.

**a) Caratteristiche del materiale**

La miscela bi-componente è costituita da due sostanze "A" e "B" che, iniettate separatamente, a contatto tra loro formano un gel leggero che raggiunge prontamente una certa consistenza e viscosità. La consistenza varierà in funzione delle diverse quantità "A" e "B" impiegate.

Il componente "A" è una miscela composta da materiale solidificante (cemento), bentonite, additivo stabilizzatore ed acqua.

Il componente liquido "B" consiste di un additivo acceleratore di indurimento di buone proprietà di aggregazione con il componente "A" e viene iniettato per ultimo.

Entrambi i componenti "A" e "B" devono possedere un grado di viscosità sufficientemente basso da consentire il pompaggio su lunghe distanze.

La miscela può essere diversamente composta, variando la quantità di particolari materiali, ad esempio acceleratori e stabilizzatori.

#### **b) Materiali**

Materiali solidificanti: sono costituiti da cemento con una base di scoria del tipo alluminato

Stabilizzatore: è impiegato per il controllo del tasso di reazione tra gli altri materiali componenti. Può essere liquido o in polvere.

Accelerante: materiale in silicato di sodio costituito da acido silicico e alcali, impiegato allo scopo di provocare la reazione chimica tra i materiali costituenti.

Tempo di gelificazione: variabile in relazione alle quantità dei componenti (normalmente è compresa tra 10" e 25").

#### **4.6.4.1.4 Miscela di intasamento a tergo per le TBMs da roccia**

Come già detto per lo scavo in "modalità aperta", l'intasamento a tergo dei conci viene effettuato con malta cementizia sotto l'arco-rovescio e con ghiaietto ("pea gravel") sul resto dell'anello.

Per quanto riguarda la malta cementizia valgono i requisiti e caratteristiche indicate nel precedente paragrafo.

##### **4.6.4.1.4.1 Modalità esecutive**

L'inghisaggio dei conci avviene in tre distinte fasi di intasamento:

1. realizzazione del letto di malta cementizia su 90°-120° all'arco rovescio, effettuato immediatamente al momento dell'uscita dei conci dalla coda attraverso le canne di iniezione integrate nella stessa.

2. Intasamento della parte restante con ghiaietto ("pea gravel"). L'intasamento deve avvenire attraverso dei fori radiali predisposti nei conci, per mezzo di pompe ad aria compressa, a partire dal primo anello fuori la coda. Le operazioni d'intasamento con "pea gravel" devono essere completate entro 4 m dall'uscita dei conci dalla coda dello scudo.
3. Iniezione dell'anello di ghiaietto per l'inghisaggio definitivo dei conci con boiaccia a base di cemento, con rapporto a/c non superiore a 1.0 e con l'aggiunta di additivi superfluidificanti (è tassativamente escluso l'uso di bentonite). La pressione a boccaforo varia in funzione della copertura del terreno.

L'iniezione del "pea-gravel" con boiaccia cementizia deve avvenire entro 30m dal fronte, da fori radiali predisposti nei conci stessi.

#### **4.6.4.1.4.2 Caratteristiche e requisiti del ghiaietto**

Il ghiaietto di intasamento deve essere monogranulare, di diametro 6-8mm, pulito e di forma rotonda non appiattita ("pea-gravel"). Inoltre deve essere costituito da elementi omogenei derivante da rocce sane e resistenti

### **4.6.5 CONTROLLI E PROVE**

#### **4.6.5.1 Procedure di scavo**

##### **4.6.5.1.1 Procedura di scavo con TBM-EPB in condizioni normali**

In questo paragrafo si definiscono le principali operazioni che devono essere effettuate per avanzare correttamente con La TBM-EPB in condizioni normali, nonché le modalità ed i controlli dello scavo medesimo.

Tale procedura è relativa in particolare allo scavo di gallerie naturali realizzate in ambiente urbano.

Si applica a ciascun ciclo produttivo costituito dallo scavo di avanzamento, durante il quale avviene l'intasamento a tergo del rivestimento e dal montaggio dell'anello di rivestimento.

Le condizioni anomale che si possono verificare durante lo scavo dovranno essere gestite con una specifica procedura, messa a punto dall'ESECUTORE e condivisa dal

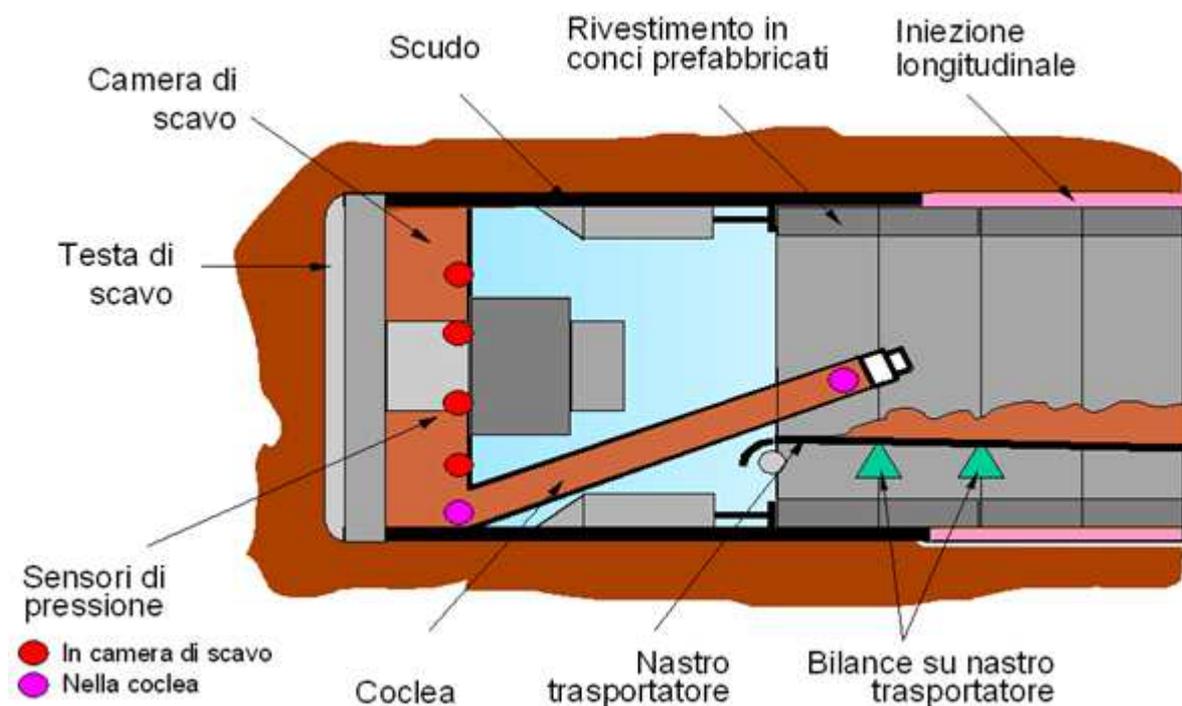
Progettista e dalla Direzione Lavori, che dovrà riportare la metodologia operativa da adottare in funzione della specifica anomalia manifestatasi.

#### **4.6.5.1.2 Mezzi operativi (componenti TBM)**

I mezzi/macchinari necessari alle azioni oggetto della procedura sono tutti quelli che compongono la TBM con Back-Up relativo ed in particolare:

- Testa di scavo TBM;
- Camera di scavo TBM - ospita il terreno proveniente dal fronte fornendogli un supporto;
- Coclea di estrazione - evacua il materiale (terreno naturale + additivi) dalla camera di scavo;
- Bilance su nastro trasportatore - forniscono il valore del peso cumulato per ciascuno scavo e la portata istantanea del nastro;
- Sensori di pressione - forniscono i valori della pressione di supporto del fronte come pressione di terra nella camera di scavo;
- Erettore dei conci di rivestimento - opera il posizionamento dei conci di rivestimento consentendo il montaggio dell'anello di rivestimento.

Nella figura seguente si riporta la schematizzazione dei componenti TBM sopra elencati.



*Schema concettuale di una TBM-EPB con evidenza dei principali componenti che intervengono nel processo di scavo*

#### **a) Controllo Monitoraggi e Parametri di Macchina.**

I controlli riguardano i monitoraggi di superficie e la misura dei cedimenti e l'analisi dei parametri di macchina e dei dati di monitoraggio per progettazione di dettaglio ciclica. Tra questi ultimi vanno evidenziati almeno:

- pressione di supporto del fronte (valore della pressione del materiale presente nella camera di scavo fornito dai sensori di terra);
- pressione e volume della malta di intasamento del vuoto anulare compreso tra l'estradosso del rivestimento in conci prefabbricati ed il profilo di scavo;
- peso del materiale estratto con i relativi valori di attenzione e allarme.

I risultati di questi controlli dovranno essere confrontati con i valori indicati negli elaborati di monitoraggio del progetto. Nel caso di superamento di tali valori, è necessario adottare le opportune misure correttive.

#### **b) Materiali impiegati**

I principali materiali oggetto della presente procedura sono quelli necessari per il condizionamento del terreno, il grasso di coda e la malta di intasamento:

**Schiuma derivata da tensioattivo**, impiegata per il trattamento del terreno sul fronte di scavo e/o nella camera di scavo e/o nella coclea di estrazione, con lo scopo di ridurre:

- plasticità e collosità del terreno;
- coppia sulla testa di scavo;
- permeabilità del terreno nella camera di scavo;
- coppia sulla coclea di estrazione
- attrito sulla testa di scavo.

**Bentonite**, normalmente impiegata per:

- rendere il fronte di scavo impermeabile alla aria compressa e quindi permettere lo svuotamento della camera al fine delle operazioni di manutenzione straordinaria;
- il mantenimento delle pressioni di progetto in camera di scavo durante i fermi più o meno prolungati;
- sopperire alle eventuali carenze di frazione granulometrica fine del terreno.

**Polimero**, aggiunto alla bentonite a/o alla schiuma con funzione di stabilizzante della miscela.

**Grasso di coda**, pompato nell'intercapedine tra manto e spazzole per garantirne la tenuta.

**Malta cementizia o miscela bi componente**, impiegata per intasare lo spazio tra l'estradosso del rivestimento in conci prefabbricati ed il profilo di scavo.

#### **4.6.5.1.3 Parametri di controllo dello scavo**

Nell'avanzamento in condizioni normali, le principali operazioni che compongono il ciclo produttivo sono:

- scavo di avanzamento
- intasamento con malta cementizia a tergo del rivestimento (avviene contemporaneamente allo scavo);
- montaggio dell'anello di rivestimento in conci prefabbricati.

I principali parametri da verificare, attraverso sensori ed attrezzature di rilevamento, sono i seguenti:

**a) Scavo di avanzamento**

la velocità di rotazione della coclea deve essere regolata in funzione della velocità di penetrazione della TBM, per mantenere la pressione di progetto, il flusso di materiale che fuoriesce dalla coclea dovrà essere pari al flusso di materiale che entra nella camera di scavo (terreno naturale + additivi).

**b) Intasamento con malta cementizia a tergo del rivestimento.**

Durante l'intera fase di scavo e continuativamente con l'avanzare della TBM, deve essere iniettata la miscela a tergo del rivestimento. Tramite le pompe a doppia uscita poste sul back-up si inietta la miscela attraverso le linee costituite da tubazioni terminanti oltre le serie di spazzole metalliche montate sulla circonferenza dello scudo e tra le quali è iniettato con continuità grasso. L'iniezione avviene in corrispondenza dell'estremità dello scudo, direttamente sulla superficie esterna del rivestimento galleria in conci prefabbricati. Le linee di iniezione installate sullo scudo devono essere dotate di una seconda tubazione (di riserva) sulla quale deviare il flusso della miscela in caso di blocco della tubazione in uso.

Il controllo dei volumi di miscela iniettata a tergo dei conci è fondamentale per il controllo degli assestamenti del terreno in superficie. Il volume teorico da iniettare deve essere calcolato con i denti di scavo all'100% di utilizzo. Tale valore è pertanto quello max.

In funzione della lunghezza realmente scavata, riferita al singolo anello, del tracciato se è dritto o in curva, del comportamento del materiale scavato, del consumo dei denti perimetrali, la quantità reale potrà variare. La variabile più importante può

essere il consumo dei denti, per cui un consumo dei denti perimetrali fa diminuire il volume di riempimento a tergo del rivestimento. Stabilito pertanto il max. consumo teorico dei denti si determina il volume di miscela corrispondente che costituisce il valore min.

Il serbatoio della miscela deve essere caricato considerando il valore max. del volume di riempimento; l'agitatore nel serbatoio deve essere sempre in funzione e si deve sempre accertare che non ci sia nel fondo materiale che possa compromettere il successivo pompaggio della miscela.

In caso di mancanza di miscela per consumo maggiore del teorico, lo scavo in avanzamento deve essere interrotto e si deve ordinare la quantità di miscela necessaria prima di completare lo scavo.

Completato lo scavo, si deve continuare il pompaggio fino a raggiungere la pressione di riferimento minima per ogni singola posizione. Il sistema di pompaggio è dotato di una valvola di massima pressione che interrompe il funzionamento della pompa al raggiungimento del valore massimo di sicurezza, mentre non c'è ripresa automatica del pompaggio al calare della pressione.

valori di pressione minimi e massimi validi per ciascuna tratta omogenea devono essere forniti insieme ai valori di pressione di sostegno al fronte in un apposito documento progettuale. Per l'iniezione della miscela di intasamento devono essere forniti valori di pressione differenziati in funzione della posizione dei punti di iniezione e quindi in funzione del carico litostatico ed idraulico qualora presente.

#### **4.6.5.1.4 Piano dei controlli**

Durante lo scavo devono essere eseguiti i controlli almeno dei seguenti parametri:

- pressione di supporto dei fronte di scavo;
- densità del materiale nella camera di scavo;
- pressione e volume della miscela iniettata;
- peso e volume del materiale scavato;
- condizionamento del terreno

**a) Pressione di supporto del fronte di scavo**

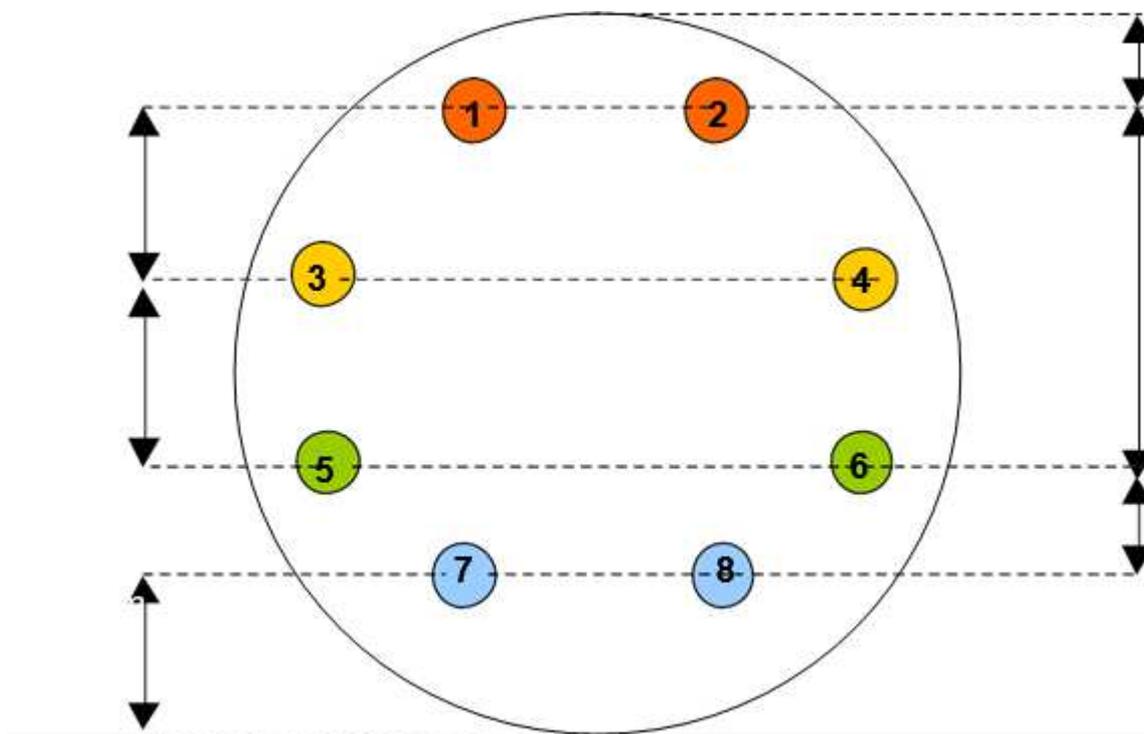
valore della contropressione da applicare in camera di scavo a supporto del fronte (Pfronte) è calcolato sulla base di:

- dati di progetto ed eventuali prescrizioni contrattuali;
- unità geotecniche e relative caratteristiche previste lungo il tracciato (con particolare riferimento ai terreni che interesseranno la sezione di scavo e la fascia al di sopra della calotta);
- condizioni particolari e potenziali interferenze presenti lungo il tracciato;
- esperienza di avanzamento con TBM – EPB maturata nelle tratte precedenti (condizioni operative, parametri TBM, risposta deformativa degli ammassi: volumi persi e subsidenze, ecc.);

I sopra elencati elementi saranno parte di uno specifico documento di progetto in corso d'opera finalizzato a fornire i valori di Pfronte, congiuntamente ai valori di soglia (attenzione: Pfronte att. ed allarme: Pfronte all.), per tratte discrete di galleria. Tale documento dovrà essere aggiornato per tratte successive sulla base dell'esperienza di avanzamento con TBM-EPB raccolta durante lo scavo delle tratte precedenti).

Il valori di soglia devono essere valutati in modo che le contropressioni corrispondenti garantiscano comunque un adeguato coefficiente di sicurezza.

valori di Pfronte da controllare sono quelli relativi ai sensori di terra posti alla quota più vicina alla calotta della galleria (sensori n°1 e 2: si veda la figura seguente).



*Posizione dei sensori di controllo della pressione*

Quando vengono superati i valori di soglia bisognerà fare riferimento al documento che gestisce le "Condizioni di scavo anomale".

Il controllo di Pfronte da parte dell'Operatore deve avvenire in modo continuo durante tutto il tempo necessario all'effettuazione dello scavo.

#### **b) Densità del materiale nella camera di scavo**

La presenza in camera di scavo di un "miscuglio terra-schiuma-aria" cioè di un materiale avente densità variabile comporta una Pfronte che, pur potendo essere pari a quella di progetto, non garantisce il sostegno del fronte. In particolare si possono manifestare vuoti nella parte superiore della camera di scavo in seguito a fermi prolungati per assestamento del materiale per effetto del suo peso.

Conseguenza di quanto sopra è l'indispensabilità di verificare che la densità apparente del materiale ( $\rho$ ) presente nella camera di scavo a diverse quote sia costante, per far ciò si controllano le differenze di pressione tra le coppie di sensori ( $P_{sens.sup} - P_{sens.inf}$ ) dividendo il risultato ottenuto per la distanza verticale tra le stesse coppie ( $D h_{sup.-inf}$ ):

$$\gamma = (P_{\text{sens.sup}} - P_{\text{sens.inf}}) / D h_{\text{sup.-inf.}} \text{ [kN/m}^3\text{]}$$

### **c) Pressione e volume di iniezione della miscela a tergo del rivestimento**

Se alla fine dello scavo non si sono raggiunti i valori prefissati di quantità e/o pressione di iniezione della miscela di riempimento a tergo del rivestimento, si continuerà a pompare anche durante il montaggio dell'anello, fino al raggiungimento della pressione minima. Se ciò non dovesse accadere prima dell'inizio del nuovo scavo, dovranno essere presi gli opportuni provvedimenti, se necessario prorogando l'inizio dello scavo della successiva spinta.

La procedura d'iniezione risulta corretta se la pressione di iniezione, per ciascun ciclo di pompaggio, raggiunge il massimo previsto e ridiscende a valori minimi.

La pressione d'iniezione della malta è misurata mediante appositi sensori di pressione montati sulle linee di iniezione vicino all'innesto nello scudo. La pressione d'iniezione ed i volumi iniettati sono indicati sul pannello di controllo a disposizione dell'operatore e trasmessi via PLC su monitor. È così possibile controllare in continuo i due parametri.

Se il volume di malta è diverso dai valori previsti, cioè se è maggiore dei valori di soglia superiore e inferiore dovranno essere presi gli opportuni provvedimenti. Un volume di malta decisamente superiore al volume teorico di riempimento del "gap" tra rivestimento e profilo di scavo può indicare un sovrascavo o una dispersione di malta verso cavità naturali. Viceversa un volume di malta decisamente inferiore può significare che manca il momentaneo effetto arco del terreno e che ci possono essere ripercussioni in superficie in termini di cedimenti.

Al superamento di uno dei due limiti, superiore o inferiore, dovranno essere effettuati uno o più carotaggi/perforazioni per la verifica del corretto intasamento a tergo del rivestimento. Se necessario dovranno essere effettuate, in accordo con la Direzione Lavori, iniezioni secondarie dalla galleria attraverso i fori presenti nei conci di rivestimento.

### **d) Controllo del peso e del volume del terreno scavato**

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

Il controllo della quantità di materiale estratto mediante la coclea dalla camera di scavo è aspetto dello scavo di fondamentale importanza potendo, tramite esso, controllare la possibilità che si producano sovrascavi o sottoscavi.

La portata di materiale estratto dalla coclea (tonnellate/ora) è effettuato tramite la bilancia collocata sul nastro trasportatore a valle dell'uscita della coclea. Tramite PLC viene calcolato il peso cumulato per ciascun avanzamento e quindi il peso cumulato totale. Il peso cumulato va confrontato con il valore teorico derivante dal prodotto dei metri avanzati e della densità relativa al materiale di scavo (g in situ).

Nel caso di mal funzionamento della bilancia, sullo stesso nastro deve essere montata una bilancia volumetrica di riserva, che verrà presa in considerazione solo nel caso di pesate anomale.

Si evidenzia la necessità di tenere conto del peso degli additivi introdotti in camera di scavo per il condizionamento.

Il valore di riferimento del g in situ da porre a base dei calcoli deve essere proposto dall'ESECUTORE in sede di riunioni periodiche con la Direzione Lavori e ratificato di comune accordo, sulla base anche delle risultanze di prove granulometriche e di densità del marino raccolto dal nastro di scarico.

Tramite il PLC l'operatore conosce il peso cumulato per ciascun avanzamento e può quindi tenere costantemente sotto controllo la quantità di materiale estratto.

Se si perviene a valori vicini ai limiti di allarme si dovrà operare per rientrare nei valori "normali" agendo sulla velocità di rotazione della coclea o sulla velocità di avanzamento della TBM (attraverso la pressione di spinta) o su entrambe.

Se la situazione di attenzione perdura o se si arriva alla soglia di allarme lo scavo deve essere immediatamente sospeso e si dovrà fare riferimento al documento che gestisce le "Condizioni di scavo anomale".

Se il trasporto dello smarino all'interno della galleria sino all'imbocco è effettuato tramite vagoni, un controllo ulteriore del volume di terreno scavato può essere effettuato per mezzo del grado di riempimento dei vagoni di smarino.

Allo scopo nei limiti del possibile si opererà in modo che i vagoni vengano riempiti uno alla volta e che si passi al successivo solo dopo aver effettivamente riempito il precedente.

Nel calcolo bisogna tenere conto del volume utile di ciascun vagone e del coefficiente di passaggio dal volume in banco al volume sciolto del materiale da scavare.

### **e) Controllo del condizionamento del terreno**

Il condizionamento, del terreno durante lo scavo avviene per mezzo di schiuma, polimero, bentonite.

#### **Schiuma**

Il tensioattivo mescolato con acqua e aria in misura variabile in ragione del tipo di terreno e del tipo di schiuma utilizzata dà luogo alla schiuma.

Il grado di trattamento del terreno è definito dal F.I.R. (Foam Injection Rate): volume di schiuma iniettata per metro cubo di terreno abbattuto (espresso in percentuale). Le proprietà della schiuma dipendono invece dal F.E.R. (Foam Expansion Rate): rapporto tra il volume d'aria e volume della fase liquida;

Per dosaggio si intende la percentuale di tensioattivo nell'acqua.

Tali parametri possono essere variati in qualsiasi momento quando si valuta la necessità di modificare l'entità del condizionamento del terreno. Il controllo è di tipo visivo direttamente sul marino fuoriuscente dalla coclea.

#### **Polimero**

Si può addizionarlo alla schiuma per stabilizzarla chimicamente. Il suo impiego potrà infatti garantire, qualora necessario, una maggiore durata delle proprietà della schiuma in particolare riducendo gli effetti di assorbimento dell'acqua della schiuma da parte del terreno (contenuto d'acqua naturale nel terreno molto basso).

#### **Bentonite**

Può parzialmente sostituire la schiuma nel trattamento del terreno in particolari casi

#### 4.6.5.1.5 Fermi macchina

Si possono verificare le seguenti situazioni di fermo macchina:

- 1) Fermo che non prevede lo svuotamento della camera di scavo.
- 2) Fermo di qualsiasi natura che include lo svuotamento parziale o totale della camera di scavo.

In funzione della presenza o meno della falda dovranno essere adottate per ogni tipo di fermo le procedure riportate di seguito.

##### 1) **Fermo senza svuotamento della camera di scavo**

###### **In presenza di falda**

Si completa la realizzazione dell'ultima spinta nelle condizioni di pressioni di scavo previste per ogni tratta nell'elaborato di dettaglio.

Durante il fermo la pressione al fronte deve rimanere all'interno dell'intervallo prefissato; se necessario, quando la pressione dovesse scendere per effetto del normale "rilassamento" al di sotto del valore di attenzione, si dovrà provvedere a pompare bentonite (sistema "AFSS") fino a riportare il valore a quello di riferimento. Questa operazione verrà ripetuta tutte le volte che sarà necessario, curando che la pressione non scenda mai sotto Patt.

La ripartenza inizierà girando la testa ed eventualmente contemporaneamente spingendo sul fronte prima d'attivare la coclea, per aumentare la pressione sui sensori fino a raggiungere la situazione prevista per lo scavo, solo in quel momento potrà iniziare l'avanzamento.

###### **In assenza di falda**

Si completa la realizzazione dell'ultima spinta nelle condizioni di pressioni di scavo previste per ogni tratta nell'elaborato di dettaglio. Durante gli ultimi giri si dovrà usare eventualmente bentonite o aumentare la quantità di schiuma additivata con polimeri per aiutare a mantenere le pressioni durante il fermo.

Durante il fermo la pressione al fronte deve rimanere all'interno dell'intervallo prefissato. Si procederà all'iniezione di bentonite nella camera per compensare l'eventuale "rilassamento" delle pressioni del materiale all'interno della camera di scavo e si continuerà a farlo tutte le volte che verrà raggiunto il valore di attenzione inferiore.

La ripartenza inizierà girando la testa ed eventualmente contemporaneamente spingendo sul fronte senza attivare la coclea, per aumentare la pressione sui sensori fino al valore previsto per lo scavo da effettuare.

## 2) **Fermo con svuotamento della camera di scavo:**

### **In presenza di falda**

Nel caso in cui non si possa evitare d'intervenire nella testa, si mescola bentonite al terreno in modo da ottenere una pasta il più possibile omogenea ed impermeabile, poi si inizia a svuotare la testa fino al livello necessario per l'attività da eseguire. Contemporaneamente allo svuotamento si riempie il vuoto che si crea con aria in pressione ai valori indicati nel progetto di dettaglio, in modo da garantire la stabilità del fronte. In questo caso, per effettuare l'intervento nella testa, si dovrà fare uso della camera iperbarica.

La ripartenza avviene effettuando il riempimento della camera di scavo con una sospensione di bentonite e/o con una miscela di sabbia, acqua e bentonite.

In alternativa si potrà iniziare a scavare senza asportare terreno in modo che, aprendo le valvole per la fuoriuscita dell'aria all'interno della fresa, il vuoto venga progressivamente riempito dal terreno.

La scelta tra i due metodi avverrà previo accordo con la Direzione Lavori.

La coclea verrà aperta, e quindi si inizierà lo smarino, quando la pressione dei sensori superiori risulta di poco superiore a quella di riferimento.

### **In assenza di falda**

Si completa l'ultima spinta nelle condizioni di pressioni di scavo previste per ogni tratta nell'elaborato di dettaglio.

Poi si farà funzionare la coclea, svuotando dalla testa la quantità di marino necessaria per raggiungere il livello ottimale che permetta di eseguire l'intervento nella camera di scavo.

Prima della ripartenza si riempirà la camera di scavo con inerti (sabbie) fino al livello della porta d'ingresso della camera iperbarica, iniettando poi bentonite fino al raggiungimento della pressione media di riferimento.

Raggiunta la pressione media di riferimento, si mescola il materiale in ingresso con la sabbia e bentonite, con coclea chiusa in modo da mantenere le pressioni. Quindi si apre la coclea e s'inizia a smarinare il terreno misto che mano a mano lascerà lo spazio al terreno naturale.

### 3) **Fermi lunghi**

Procedura da adottare nel caso l'iniezione a tergo avvenga con malta cementizia. Il fermo avviene come nei casi precedenti.

Al termine dell'ultima spinta, dopo aver atteso qualche ora funzione del tempo di presa della malta di iniezione, si procederà ad avanzare la macchina di qualche centimetro (p. es. 5 cm) e si inietterà bentonite (invece che malta) nei tubi di riempimento a tergo del rivestimento, fino a riempire il vuoto creato con l'avanzamento: ciò per evitare che la malta faccia presa nelle spazzole, rischiandone il danneggiamento.

La ripartenza avviene come già indicato nei casi precedenti.

#### **4.6.5.2 Attrezzature speciali di perforazione**

La TBM deve essere attrezzata con una macchina di perforazione polivalente.

Durante la perforazione, se del caso, dovranno essere rilevati, con opportuni sensori, i parametri di funzionamento dell'attrezzatura di perforazione quali la spinta, la velocità d'avanzamento, l'energia assorbita, che forniscono la resistenza e quindi la consistenza dell'ammasso.

#### **4.6.5.3 Prove di laboratorio della miscela bentonitica**

Quando si utilizza la miscela bentonitica, sia nel sistema Slurry/Hydroshield che nel sistema EPB, nel corso dei lavori, in relazione alle caratteristiche dei terreni

attraversati, dovranno essere eseguite apposite prove di laboratorio al fine di valutare l'ottimale composizione dei fanghi, eseguendo in particolare le seguenti prove, secondo un programma di monitoraggio definito in fase di progettazione:

- misura della densità: per la misura della densità si userà una bilancia tipo Baroid. La misura sarà la media del risultato di tre prove;
- misura della viscosità: per la misura della viscosità si userà cono di Marsh. La misura sarà la media del risultato di tre prove.

Tali prove dovranno essere eseguite presso un laboratorio qualificato.

#### **4.6.5.4 Prove sui connettori**

##### **4.6.5.4.1 Tipo di prova**

Si sottopone a prove di flesso-trazione (pull-out) e taglio il perno o collettore allo scopo di simulare il collegamento tra un concio a sbalzo in calotta e un anello già installato, garantendone la stabilità.

##### **4.6.5.4.2 Scopo della prova**

Scopo della prova è verificare la resistenza allo sfilamento dei connettori per effetto del peso proprio del concio, qualora il concio stesso, in fase di montaggio, restasse accidentalmente collegato all'anello precedente senza il sostegno dei martinetti di spinta.

##### **4.6.5.4.3 Campioni di prova**

I campioni in prova sono costituiti da due cilindri in acciaio nei quali sono inghisate due cuffie collegate tramite il perno e relativo allineatore, a simulare le reali condizioni di esercizio. Il sistema viene inserito nell'attrezzatura di prova raffigurato nei due schemi.

##### **4.6.5.4.4 Certificazione**

La prova deve essere condotta da un riconosciuto laboratorio tecnico abilitato, per ottenere la necessaria certificazione.

#### **4.6.5.5 Malta di iniezione a tergo del rivestimento**

##### **4.6.5.5.1 Prove di laboratorio sulla miscela cementizia**

Le prove a cui vengono sottoposti i provini di miscela cementizia realizzati in cubettiere dimensioni 15x15x15 cm sono:

- il tempo di inizio presa con ago di "Vikat";
- l'indice slump con il cono di "Abrahams";
- la determinazione della resistenza a rottura a 24-48 h, 7 e 28 gg mediante prova di compressione.

Tali prove dovranno essere eseguite con frequenza bisettimanale in un riconosciuto laboratorio tecnico. I risultati di tali prove dovranno essere confrontati con i dati di progetto.

##### **4.6.5.5.2 Controlli di laboratorio sulle sabbie**

Con frequenza stabilita dalla Direzione dei Lavori sui campioni di sabbia prelevati devono essere determinati i seguenti parametri per raffrontarli a quelli della miscela adottata:

- Umidità %
- Peso specifico
- porosità
- indice dei vuoti
- Composizione granulometrica e relativa curva

##### **4.6.5.5.3 Controlli in corso d'opera**

Ogni 100m di galleria rivestita dovranno essere eseguiti carotaggi in calotta con prelievo di campioni di malta cementizia indisturbata per verificare l'effettivo livello di riempimento a tergo.

Dovranno essere effettuati almeno 3 carotaggi di cui uno verticale e gli altri due compresi tra il piano dei centri e la verticale.

Qualora si riscontrassero dei vuoti si dovranno intensificare i carotaggi nella tratta interessata ogni 20m estendendoli anche nella parte bassa dei paramenti e possibilmente in arco rovescio.

I vuoti rilevati dovranno essere riempiti mediante la stessa miscela.

#### 4.6.6 TOLLERANZE DI COSTRUZIONE

##### 4.6.6.1 Tracciato - Spostamenti ammissibili plano-altimetrici

Gli spostamenti ammissibili plano-altimetrici dell'asse reale rispetto a quello teorico potranno avere una tolleranza non superiore a +/- 10 cm e, in ogni caso, dovranno rispettare la tolleranza prevista in progetto e dovrà essere sempre garantito l'intradosso di progetto.

##### 4.6.6.2 Regolazione dell'aria compressa nell'Hydroshield

La pressione del cuscino d'aria compressa posizionato tra i due diaframmi per il controllo della pressione dell'impasto liquido deve essere garantito da un cuscino d'aria compressa posizionato tra i due diaframmi, nella parte alta, e deve essere regolata con una tolleranza del sistema di +/- 0,05 bar.

##### 4.6.6.3 Rivestimento

###### 4.6.6.3.1 Casseforme e precisione dei conci

I casseri dei conci prefabbricati devono essere dimensionati in maniera da assicurare una tolleranza nella forma pari ad un millimetro in qualsiasi punto della superficie dei conci stessi.

Allo stesso tempo si dovrà garantire uno scostamento massimo di ortogonalità fra le superfici di contorno e paramento interno inferiore a 1/10 di grado.

Le deviazioni limite a una temperatura di 15° dei conci sono illustrate di seguito:

	Deviazione limite (mm)	Tolleranza (mm)
Rialzo	$\pm 0.5$	1.0 planarità
Larghezza	$\pm 0.5$	1.0 forma
Scanalature per guarnizioni	$\pm 0.5$ lunghezza	0.6 lunghezza
	+ 0.3 larghezza	0.3 larghezza

Raggi, corda dell'arco	$\pm 1.0$	2.0 lunghezza
Lunghezza dell'arco	$\pm 1.0$	2.0 forma
Pezzi infissi	$\pm 1.0$	2.0 posizione
Cassette	$\pm 1.0$	2.0 posizione
Spessore dei conci	$\pm 2.0$	4.0 forma

*Tolleranze costruttive rivestimento gallerie in meccanizzato*

#### 4.6.6.3.2 Controllo della precisione dei conci e dei casseri

La precisione dei conci e dei casseri dovrà essere controllata periodicamente. Se i valori richiesti non verranno raggiunti, il concio dovrà essere segregato ed eliminato.

I controlli sui conci dovranno essere effettuati ogni 10 conci.

La precisione dei conci dovrà essere controllata mediante un sistema che permetta la misurazione di un concio con la precisione di 0,1mm. Tali sistemi di controllo sono di tipo industriale, di tipo ottico ovvero di tipo a videogrammetria digitale.

I casseri devono essere controllati prima della produzione dei conci. Ulteriori controlli per verificare il mantenimento della forma devono essere effettuati dopo il primo, quinto ed il decimo concio. Se non si riscontrano deviazioni oltre le tolleranze imposte, i controlli verranno eseguiti periodicamente ogni 50 getti di concio.

Le dimensioni di ogni cassero devono essere controllate con almeno 3 misurazioni di dimensioni principali (6 punti) e, se la precisione richiesta non è raggiunta, il cassero dovrà essere eliminato o corretto.

## 4.7 GALLERIE ARTIFICIALI

### 4.7.1 PREMESSA

Questa sezione del Capitolato si applica alle gallerie realizzate in "artificiale", manufatti costruiti in conglomerato cementizio armato, con operazioni di scavo effettuate completamente o parzialmente a cielo aperto. Le prescrizioni contenute nel seguito devono essere integrate con quelle riportate in altre sezioni di capitolato

ed afferenti ai procedimenti costruttivi utilizzati, in dipendenza dal sistema di costruzione adottato.

Di norma le gallerie artificiali si differenziano a seconda della modalità costruttiva:

1) **casserate e gettate in opera**

Si individuano due tipologie principali:

**sezione policentrica**

Questa soluzione è di norma utilizzata nei tratti terminali delle gallerie naturali e comunque in genere nei casi in cui lo spessore del terreno di ricoprimento (distanza fra l'estradosso della copertura e la quota di sistemazione del piano di campagna di progetto) risulti superiore a 6 metri. La geometria policentrica con sezione interna è di regola identica a quella utilizzata per le gallerie naturali; la sezione strutturale è anulare e dotata di arco rovescio.

**sezione scatolare**

La tipologia scatolare, con orizzontamenti piani e piedritti, è di norma adottata per le gallerie artificiali isolate, nei casi in cui lo spessore del terreno di ricoprimento sia inferiore a 6 metri.

Di regola questa soluzione non prevede la realizzazione dell'impalcato di copertura con travi o predalle in C.A.P.

2) **con paratie di pali (o diaframmi) e solettoni**

Nel caso di gallerie artificiali realizzate tra paratie si parlerà di scavi eseguiti completamente o parzialmente a cielo aperto, a seconda che la realizzazione del solettone di testa preceda o segua lo scavo all'interno delle paratie. La seconda metodologia è utilizzata quando i vincoli esterni non consentono l'esecuzione dello scavo dal piano di campagna fino al piano di imposta delle fondazioni, preventivamente alla realizzazione del solettone di copertura. Parte dello scavo andrà quindi realizzato successivamente all'esecuzione dell'impalcato di copertura, con asportazione (a foro cieco) della porzione di terreno contenuta tra le paratie laterali, l'impalcato e la platea di fondo.

Anche in questo caso, lo spessore massimo ammissibile per il ricoprimento è di 6 metri. Nel caso in cui la distanza tra l'estradosso dell'impalcato di copertura e il piano di campagna sia maggiore di 6 m si potrà eventualmente valutare una variazione della quota del piano di campagna finito oppure l'introduzione di una o più solette intermedie, in modo da realizzare una galleria artificiale a doppia altezza.

Anche in tale caso non si prevede la realizzazione dell'impalcato di copertura con travi o predalle in C.A.P. Dovrà invece essere sempre prevista la realizzazione di una controfodera in c.a. a contatto con la paratia laterale, ancorata alla paratia, alla platea di fondo e all'impalcato di copertura.

#### **4.7.2 GALLERIE ARTIFICIALI REALIZZATE TRA PARATIE**

Nel caso di gallerie artificiali realizzate tra paratie di pali o diaframmi, sia nel caso in cui le paratie costituiscano parte integrante della galleria, sia nel caso in cui assolvano esclusivamente al compito di sostegno dello scavo e non entrino quindi a far parte della struttura finita, è necessario che l'ESECUTORE tenga conto dei possibili errori di verticalità e posizionamento nell'esecuzione dei pali o dei diaframmi caratteristici delle proprie attrezzature in modo da evitare qualunque riduzione della sagoma della galleria o degli spessori delle pareti di rivestimento.

##### **4.7.2.1 Tolleranza**

Alle gallerie artificiali realizzate tra paratie non sono applicabili le tolleranze sul posizionamento dei pali e dei diaframmi indicate nelle sezioni 7 e 8 del capitolato, che si riferiscono a strutture di fondazione.

#### **4.7.3 CONGLOMERATO CEMENTIZIO**

Per le modalità di confezionamento trasporto e posa in opera del conglomerato cementizio, in aggiunta alle prescrizioni esecutive riportate nella sezione del presente capitolato ("Opere in conglomerato cementizio") che si intendono integralmente richiamate, vale quanto di seguito riportato.

Tutti i rivestimenti in conglomerato cementizio dovranno essere eseguiti mediante pompa, ad esclusione di quella ad aria compressa. Il getto del conglomerato

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

cementizio nelle casseforme dovrà avvenire in maniera simmetrica sui due lati in strati non superiori a 50 cm per evitare deformazioni al sistema di contenimento del getto la differenza massima della quota del getto tra i due lati dovrà essere indicata dal progettista.

Nelle gallerie a sezione policentrica ciascun concio del rivestimento dovrà essere gettato durante una ininterrotta fase di lavoro.

Particolare attenzione deve essere posta alla qualità della posa in opere del cls nella zona di calotta fuori cassero affinché si realizzi una efficace protezione delle armatura dalla corrosione.

Il transito dei mezzi sull'arco rovescio potrà essere autorizzato quando la resistenza a compressione del conglomerato cementizio abbia raggiunto almeno 10 N/mm<sup>2</sup>.

Qualora, per esigenze connesse con lo sviluppo dei lavori, non fosse possibile sospendere il transito dei mezzi per il tempo necessario a raggiungere la prescritta resistenza l'ESECUTORE dovrà provvedere all'installazione di opportune strutture che consentano ai mezzi di scavalcare i getti dell'arco rovescio appena conclusi.

I getti di fondazione dovranno essere realizzati su uno strato di calcestruzzo magro conforme alle specifiche e lisciato, dello spessore minimo di 10 cm.

Per i getti della struttura in elevazione dovranno essere impiegate casseforme metalliche. La struttura dovrà essere opportunamente irrigidita e controventata, dimensionata per non subire deformazioni sotto il carico del conglomerato cementizio, qualunque sia la classe di consistenza.

Per le casseforme valgono inoltre le indicazioni riportate nella parte relativa alle gallerie naturale in trasdizionale della presente sezione e quelle contenute nella sezione del Capitolato "opere in conglomerato cementizio armato".

La superficie delle casseforme a contatto con il conglomerato cementizio dovrà assicurare ai getti una rifinitura perfettamente regolare e conforme al profilo di progetto.

Di norma devono essere evitati i getti contro terra delle strutture in elevazioni. Qualora particolari situazioni non previste in progetto rendano inevitabile il ricorso a

getti contro terra, prima della loro esecuzione l'ESECUTORE dovrà ottenere la preventiva autorizzazione dalla Direzione Lavori.

Prima della posa delle armature e dei getti l'ESECUTORE dovrà procedere alla preparazione e alla pulizia delle superfici con le quali i rivestimenti dovranno venire a contatto e redigere un verbale in contraddittorio con la Direzione Lavori.

#### **4.7.4 IMPERMEABILIZZAZIONE**

##### **4.7.4.1 Descrizione**

Di norma la struttura di impermeabilizzazione potrà essere realizzata con uno dei due seguenti sistemi:

- con una membrana termoplastica impermeabile a doppio strato in cloruro di polivinile (PVC) dello spessore non inferiore a 2 mm e da due strati di protezione, costituiti da geotessile non tessuto.
- In alternativa al geotessile potrà essere utilizzata sul lato esterno a contatto con il terreno una struttura ad alto potere filtrante, che dovrà, comunque, essere approvata dalla Direzione Lavori. Lo strato di protezione dovrà essere scelto per assolvere alle funzioni di captazione e drenaggio delle acque di infiltrazione e di protezione meccanica della membrana in PVC contro il punzonamento statico esercitato dal materiale di riinterro.
- utilizzando, in alternativa al PVC, una guaina bituminosa prefabbricata; in tal caso non è prescritta l'applicazione del geotessile sul lato interno a contatto con la struttura. Tale soluzione può essere applicata esclusivamente sull'estradosso del solettone di copertura delle gallerie scatolari.

Altri sistemi di impermeabilizzazione potranno essere previsti dal progettista che dovrà definirne le caratteristiche dei materiali, le modalità di posa in opera, le prove di accettazione ed i controlli in corso d'opera.

Quando nella realizzazione di gallerie policentriche o scatolari si riscontrasse un'interferenza tra la falda e l'arco rovescio, l'impermeabilizzazione dovrà essere estesa all'intera sezione della galleria anche se ciò non è previsto in progetto. Tale prescrizione non si applica alle gallerie nelle quali le pareti laterali sono costituite da

elementi di sostegno dello scavo quali paratie, nel qual caso si dovrà prestare particolare cura nella realizzazione del giunto tra queste pareti ed il solettone di fondo. Per la realizzazione dell'impermeabilizzazione sono compresi i seguenti oneri a carico dell'ESECUTORE:

- il montaggio e smontaggio delle attrezzature e dei ponteggi;
- l'esecuzione di tutte le prove previste nelle presenti prescrizioni e delle eventuali prove aggiuntive previste dal progettista e/o richieste dalla Direzione Lavori in corso d'opera, per motivate esigenze;
- la disponibilità continua in cantiere delle attrezzature necessarie alle prove di controllo.

#### **4.7.4.2 Caratteristiche dei componenti dell'impermeabilizzazione**

Per lo strato di protezione si devono rispettare le prescrizioni già illustrate per le gallerie naturali in tradizionale e contenute nel capitolo (Impermeabilizzazione) del presente capitolato, con specifico riferimento alla tabella per il geotessile, alla tabella per il geocomposito ad altro potere filtrante e alla tabella per lamembrana impermeabile in PVC.

Per le guaine bituminose si riportano in tabella le relative prescrizioni:

DESCRIZIONE	VALORI LIMITE	NORMA DI RIF.
Spessore	4 mm	UNI 8202/6
resistenza a punzonamento statico	$\geq 350$ N	UNI 8202/11
resistenza a trazione L/T	1200-1000 N	UNI 8202/8
flessibilità a freddo	5 cm	UNI 8202/15
	-10° C	UNI 8202/30
resistenza a trazione della giunzione rispetto al valore della resistenza a trazione su striscia (UNI 8202/8)	$\geq 70$ %	

*Caratteristiche della membrana impermeabile prefabbricata a base di bitume distillato selezionato e modificato con resine propileniche armata con poliestere da filo continuo (spunbound) ad elevate resistenze meccaniche*

DESCRIZIONE	VALORI LIMITE	NORMA DI RIF.
-------------	---------------	---------------

**TECNICI**

Spessore	4 mm	UNI 8202/6
massa areica	4 Kg/mq	UNI 8202/7
resistenza a trazione L/T	800-600 N/cm	UNI 8202/8
flessibilità a freddo	-15 °C	UNI 8202/15
resistenza alle radici	supera la prova	UNI 8202/24
resistenza a trazione della giunzione rispetto al valore della resistenza a trazione su striscia (UNI 8202/8)	> 70 %	UNI 8202/30

*Caratteristiche della membrana impermeabile prefabbricata a base di bitume distillato selezionato e modificato con plastomeri elastomeri ed addizionato con additivo che rende il prodotto inattaccabile, dall'azione perforante della radici, armata con tessuto non tessuto di poliestere da filo continuo (spunbound) ad elevate prestazioni meccaniche aventi le seguenti caratteristiche tecniche*

**4.7.4.3 Confezionamento, trasporto e stoccaggio dei materiali**

Si farà riferimento alle prescrizioni contenute nell'omologo paragrafo delle gallerie naturali.

**4.7.4.4 Documentazione e controlli di conformità**

Si farà riferimento alle prescrizioni contenute nell'omologo paragrafo delle gallerie naturali.

**4.7.4.5 Modalità esecutive**

L'ESECUTORE dovrà mantenere il luogo di lavoro pulito, privo di acqua, fango e residui oleosi.

Tutte le operazioni di montaggio dei componenti dell'impermeabilizzazione dovranno essere eseguite da personale altamente specializzato sotto la guida di assistenti tecnici qualificati che opereranno anche in base alle raccomandazioni dei produttori dei materiali utilizzati e secondo le procedure preventivamente approvate dalla Direzione Lavori.

Il livello di specializzazione del personale addetto alla posa dell'impermeabilizzazione dovrà essere dimostrato da precedenti esperienze in imprese di riconosciuta esperienza nel settore specifico delle impermeabilizzazioni di gallerie.

Gli applicatori dovranno essere muniti di abilitazione all'esecuzione di termosaldatura manuale rilasciata da un organismo riconosciuto.

L'applicazione dei componenti dell'impermeabilizzazione dovrà avvenire esclusivamente mediante attrezzature specifiche progettate per questo scopo.

L'attrezzatura di posa dovrà essere preventivamente accettata dalla Direzione Lavori.

La documentazione dovrà essere corredata dai certificati di controllo emessi da un organismo riconosciuto.

#### **4.7.4.6 Preparazione della superficie di posa**

La struttura impermeabile dovrà essere applicata su di una superficie regolare, con rugosità superficiale minore di 3 mm, pulita, priva di materiali inconsistenti e di corpi estranei quali chiodi, elementi sporgenti, fili metallici ecc.

Eventuali altri elementi in acciaio dovranno essere regolarizzati mediante taglio e riporto di malta cementizia ad alta adesione.

Per le gallerie scatolari dovrà essere applicata una protezione della membrana impermeabile in corrispondenza degli spigoli realizzata mediante la preventiva applicazione a ridosso gli spigoli di una banda in PVC, della larghezza di 500 mm, resistente alla perforazione o mediante applicazione di altri dispositivi che dovranno essere approvati dalla Direzione Lavori.

Qualora la superficie di applicazione della membrana presenti delle asperità che possono compromettere l'integrità della membrana stessa l'ESECUTORE dovrà procedere localmente all'applicazione di uno strato di regolarizzazione di malta cementizia.

Prima dell'applicazione dell'impermeabilizzazione l'ESECUTORE dovrà redigere un verbale in contraddittorio con la Direzione Lavori nel quale riportare lo stato della superficie del supporto ed eventualmente descrivere i provvedimenti da adottare per eliminare i difetti.

#### **4.7.4.7 Drenaggio delle venute d'acqua**

Nelle zone in cui vi siano infiltrazioni d'acqua di particolare intensità si dovrà applicare sull'impermeabilizzazione uno strato drenante, con le caratteristiche indicate ai precedenti punti.

Lo strato drenante dovrà essere collegato ad un sistema di drenaggio che garantisca un adeguato smaltimento. La scelta del tipo di materiale da utilizzare sarà subordinata all'entità dell'infiltrazione.

L'ESECUTORE dovrà comunque motivare la scelta per scritto alla Direzione Lavori.

#### **4.7.4.8 Sistema drenante al piede dei piedritti**

Il sistema di drenaggio posto alla base dei piedritti dovrà essere adagiato su uno strato di calcestruzzo di sottofondazione della classe Rck 15 N/mm<sup>2</sup> dello spessore minimo di 10 cm e comprendente tutta la larghezza tra la struttura e la parete di scavo. Il tubo di drenaggio poggerà sulla struttura di impermeabilizzazione che dovrà coprire interamente lo strato di sottofondazione e risvoltare lungo la parete di scavo per almeno 80 cm in modo da contenere il tubo e l'intero pacchetto drenante. Il tubo sarà collegato con derivazioni al collettore centrale; per un'altezza di almeno di 50 cm e per tutta la larghezza compresa tra la struttura e le pareti dello scavo il tubo dovrà essere ricoperto di materiale drenante costituito da inerte lavato di pezzatura 10-30 mm. Il tutto dovrà essere completamente avvolto nell'ultimo strato di tessuto non tessuto.

I tubi dovranno essere collegati ai pozzetti di raccolta nelle nicchie mediante pezzi speciali a T e relative tubazioni di raccordo in PVC non fessurato.

I fori praticati nelle membrane per il passaggio delle tubazioni di raccordo dovranno essere sigillati con appositi elementi in PVC o guaina bituminosa termosaldati alla membrana stessa e ai tubi di raccordo in conformità ai particolari costruttivi sottoposti alla approvazione della Direzione Lavori.

In ogni caso il tubo drenante microfessurato alla base dell'impermeabilizzazione dovrà:

- presentare curve con raggio non inferiore a 50 cm;
- il suo andamento longitudinale non dovrà discostarsi da quello previsto in progetto di  $\pm 3$  ‰ in alcun tratto;
- non dovrà presentare corde molli che diano luogo a frecce superiori a 3 cm su un tratto di 2 metri.

L'ESECUTORE potrà sottoporre alla Direzione Lavori soluzioni alternative che comunque dovranno tenere conto della necessità di dotare il sistema, di regolari ed equidistanti pozzetti di ispezione e pulizia per l'eliminazione di eventuali sedimenti o depositi di acque incrostanti.

L'ESECUTORE dovrà garantire che il sistema di drenaggio non subisca variazioni dell'assetto e delle pendenze di progetto e non consenta la penetrazione di terreno durante le operazioni di rinterro che potrebbe otturare o impedire il deflusso delle acque.

#### **4.7.4.9 Applicazione della membrana impermeabile in PVC**

La membrana dovrà essere stesa in aderenza al primo strato di geotessile sulla struttura e risvoltare ai piedi dei piedritti in modo da avvolgere tutto il sistema drenante fino ad un'altezza di 80 cm.

Le membrane, prima della giunzione, dovranno risultare fra loro sovrapposte di almeno 80 mm.

Le giunzioni saranno di tipo piano, ottenute per semplice sovrapposizione delle membrane, e dovranno essere realizzate mediante speciali apparecchiature funzionanti a aria calda dotate di rulli opportunamente frizionati atti ad assicurare una doppia saldatura piana e parallela con interposto canale per la prova in pressione.

Ciascuna saldatura dovrà avere una larghezza non inferiore a 6 mm e lo spazio fra le saldature dovrà risultare minore di 20 mm.

Tutte le saldature dovranno essere sistematicamente sottoposte, per la loro intera estensione, alla prova di tenuta pneumatica realizzata secondo le modalità previste al relativo paragrafo. Queste prove dovranno essere eseguite sistematicamente dall'ESECUTORE che dovrà riportarne gli esiti sulla giunzione stessa (data, ora, esito), in modo indelebile.

Le saldature, prive del canale di prova verranno accettate solo per le riparazioni o per eventuali interventi particolari e dovranno essere registrate sul verbale della prova di controllo della tenuta.

La membrana non dovrà presentare giunzioni incrociate.

In caso contrario l'ESECUTORE dovrà termosaldare sulle intersezioni un elemento quadrato di PVC, avente lato non inferiore a 20 cm, la cui tenuta dovrà essere verificata mediante prova per depressione con campana Vacuum. Ogni lacerazione passante o foro dovrà essere riparato mediante applicazione di una nuova membrana che dovrà avere una sovrapposizione perimetrale non inferiore a 15 cm.

La riparazione dovrà essere sottoposta a prova di tenuta mediante campana Vacuum.

Durante l'esecuzione ogni 1000 m di giunzione si dovrà prelevare un campione della giunzione stessa che verrà sottoposta a prova di trazione a rottura secondo la Norma DIN 16726.

La membrana non potrà essere applicata e termosaldata a temperature inferiori a +5 °C.

#### **4.7.4.10 Applicazione della membrana impermeabile in guaina bituminosa**

L'impermeabilizzazione sarà costituita da un doppio strato di guaina il primo avente le caratteristiche definite nelle tabelle precedenti.

La prima guaina verrà applicata previa spalmatura sulla struttura di uno strato di imprimatura in vernice bituminosa al solvente in ragione di 300g/mq.

I due strati di guaina dovranno risvoltare ai piedi dei piedritti in modo da avvolgere tutto il sistema drenante fino ad un'altezza di 80 cm.

Le membrane, prima della giunzione, dovranno risultare fra loro sovrapposte di almeno 10cm.

Le giunzioni saranno di tipo piano, ottenute per semplice sovrapposizione delle membrane, con sistema di saldatura eseguito a fiamma. I giunti dovranno sempre essere sfalsati e i due strati dovranno essere posati in direzione ortogonale tra loro (il primo con il lato maggiore dei teli parallelo all'asse della galleria, l'altro con il lato maggiore dei teli perpendicolare all'asse della galleria)

La membrana non dovrà presentare giunzioni incrociate.

Ogni lacerazione passante o foro dovrà essere riparato mediante applicazione di una nuova membrana che dovrà avere una sovrapposizione perimetrale non inferiore a 10 cm.

Durante l'esecuzione ogni 1000 m di giunzione si dovrà prelevare un campione della giunzione stessa che verrà sottoposta a prova di trazione a rottura.

#### **4.7.4.11 Protezioni particolari del rivestimento impermeabile**

- a) L'impermeabilizzazione dovrà essere accuratamente protetta fino alle operazioni di ritombamento.

Prima della chiusura dello scavo l'ESECUTORE dovrà redigere, un verbale in contraddittorio con la Direzione Lavori sulle condizioni dell'impermeabilizzazione.

Il rinterro dovrà essere ultimato entro 20 giorni dalla posa dell'impermeabilizzazione. In corrispondenza delle zone in cui la membrana sia stata installata dovranno essere rimossi o adeguatamente protetti eventuali ferri emergenti o altri elementi che potrebbero danneggiarla.

- b) Qualora l'impermeabilizzazione venga estesa anche sotto la fondazione e chiusa ad anello, la membrana dovrà essere protetta dall'armatura con uno strato di geocomposito dello spessore non inferiore a 10 mm immediatamente dopo la posa.

Se è prevista una protezione con conglomerato cementizio dello spessore comunque non inferiore a 100 mm il traffico sarà consentito quando il conglomerato cementizio avrà raggiunto una resistenza di 10 N/mm<sup>2</sup>.

In corrispondenza dell'attacco muretta-arco rovescio o fondazione-piedritti la membrana e la sua protezione dovranno debordare di almeno 40 cm rispetto al getto di prima fase o ai ferri di attesa.

In caso di sospensione dei getti per una durata superiore a sette giorni il bordo della membrana dovrà essere protetto con un'altra membrana, della larghezza di 40 cm, ripiegata e saldata a tenuta in corrispondenza dei due lati della membrana da proteggere.

#### **4.7.4.12 Applicazione del geotessile**

Il primo strato di geotessile non tessuto, ove previsto, verrà applicato direttamente sulla struttura e fatto risvoltare alla base dei piedritti fino a coprire la fondazione del drenaggio e la parete dello scavo per un'altezza minima di 80 cm. Il secondo strato di geotessile non tessuto dovrà essere applicato sulla guaina e fatto risvoltare ai piedi dei piedritti in modo da avvolgere completamente tutto il sistema drenante (tubo e materiale inerte).

#### **4.7.4.13 Controlli e prove**

Si farà riferimento alle prescrizioni relative alle gallerie naturali in tradizionale.

### **4.7.5 RINTERRI**

L'ESECUTORE non potrà eseguire il rinterro prima che dal getto del calcestruzzo sia trascorso il periodo di tempo stabilito dal progettista.

Il rinterro dovrà in ogni caso essere eseguito per strati di spessore non superiore a 50 cm ed alternativamente sui due lati del manufatto al fine di non provocare condizioni di carico dissimetriche e dovrà essere costipato con modalità simili.

Il rinterro deve, inoltre, essere realizzato in modo da consentire il regolare deflusso delle acque e, salvo diverse prescrizioni contrattuali, in modo da ripristinare la configurazione originaria del piano campagna.

## 5 SPECIFICHE TECNICHE DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

### 5.1 Generalità

Il presente capitolo fornisce le specifiche relative alla fornitura e costruzione degli impianti elettrici a corredo del nuovo tronco superiore acquedotto del Peschiera dalle sorgenti alla centrale di Salisano. Le aree di intervento sono distribuite sul territorio, lungo tutto il percorso di sviluppo del nuovo acquedotto. In ogni area la consistenza e tipo di impianto elettrico è funzione delle esigenze elettriche in termini di utenze da alimentare, ma anche dalla posizione geografica: urbano, rurale, montano, etc..

I requisiti contenuti nel presente capitolo devono essere intesi come prescrizioni di carattere generale generali, rimane compito e responsabilità dell'Appaltatore la definizione specifica di dettaglio costruttivo, nel rispetto delle norme e delle prescrizioni contenute negli elaborati di progetto.

L'Appaltatore è pertanto tenuto a verificare, coordinare ed eventualmente adeguare le relative progettazioni costruttive sulla base delle specifiche tecniche; dovrà fornire quanto necessario, anche se non espressamente descritto, per realizzare gli impianti completi e perfettamente funzionanti.

Gli interventi consisteranno nella realizzazione dei seguenti impianti:

- ✓ Impianto elettrico
  - Quadri elettrici di Media tensione;
  - Apparecchiature elettriche cabina elettrica di trasformazione;
  - Quadri elettrici di bassa tensione;
  - Conduttore elettriche;
  - Vie cavo principali e secondarie;
  - Impianto di illuminazione;
  - Impianto forza motrice;

- Impianto di terra
- Etc..
- ✓ Impianti elettrici speciali:
  - Impianto rivelazione incendi;
  - Impianto rivelazione gas;
  - Impianto controllo accessi: antintrusione, TVCC;

## **5.2 Norme di riferimento**

Nell'esecuzione degli impianti si dovranno rispettare le disposizioni di legge e di normativa vigenti, comprese le eventuali varianti e le nuove norme che dovessero entrare in vigore durante l'esecuzione dei lavori.

Si richiamano in particolare:

- Le norme CEI nella loro globalità;
- Le prescrizioni degli Enti preposti al controllo degli impianti: Ispettorato del Lavoro, INAIL, Vigili del Fuoco, ENEL, etc..

Ove non esistono prescrizioni di legge o di norme CEI si dovrà fare riferimento alle norme UNI e/o CENELEC ed alle raccomandazioni IEC.

## **5.3 Materiali e componenti da utilizzare**

Tutti i prodotti, gli accessori, la componentistica di ricambio ed in genere i materiali elettrici e meccanici da utilizzare per la costruzione e l'installazione dell'impianto saranno:

- conformi a tutte le norme legislative di sicurezza, funzionalità, commercializzazione e normalizzazione;
- in regola con le direttive europee e le relative marcature (quali "Bassa Tensione 73/23 e 93/68 CEE", "Compatibilità Elettromagnetica 89/336 CEE", "Macchine", ecc.);
- compatibili tra loro, correttamente proporzionati e coordinati, di facile sostituibilità e reperibilità;

- corredati delle necessarie documentazioni di garanzia, istruzioni di montaggio e avvertenze d'uso;
- adeguati alle condizioni ambientali di installazione ed opportunamente protetti sia ai fini antinfortunistici sia allo scopo di preservare le caratteristiche di funzionalità e durata nel tempo (protezione anticorrosiva, ecc.).

## **5.4 Condizioni ambientali**

Tutti componenti dovranno essere idonei per installazione, all'aperto o al chiuso secondo quanto indicato nel progetto e con i gradi di protezione meccanica specificati di seguito, alle seguenti condizioni di riferimento:

- Temperatura massima +40°C
- Temperatura minima -20°C
- Umidità relativa a 20°C 80%

## **5.5 Sistema elettrico**

Il tipo di sistema elettrico da adottare in un sito di intervento, sarà funzione del tipo di fornitura dell'energia elettrica:

- Fornitura in media tensione, 20kV 50Hz;
- Fornitura in bassa tensione, 400V 50Hz.

### **1.1.1 Fornitura in bassa tensione Sistema TT**

Con la fornitura dell'energia elettrica in bassa tensione 0,4 KV 50 Hz e l'impianto elettrica sarà completo di un proprio impianto di dispersione verso terra, indipendente da quello dell'ente fornitore d'energia elettrica, pertanto trattasi di un sistema di distribuzione dell'energia elettrica di tipo TT:

- T neutro - centro stella trasformatore fornitore connesso a terra;

- T masse dell'impianto utilizzatore collegate ad un proprio impianto di terra, diverso e separato da quello del gestore.

### **1.1.2 Fornitura in media tensione Sistema TN-S**

L'impianto è di prima categoria, classificazione CEI 64-8, con propria cabina di trasformazione MT/BT, distribuzione dell'energia e protezione contro i contatti indiretti secondo il sistema TN; più precisamente di tipo TN-S la cui definizione è la seguente:

- T collegamento diretto a terra di un punto del sistema (centro stella secondario trasformatore);
- N neutro distribuito nell'impianto;
- S funzioni di neutro e di protezione svolte da conduttori separati, rispettivamente colore Blu e colore Giallo-Verde.

Nel rispetto di quanto sopra enunciato il centro stella del trasformatore, il conduttore di neutro, il conduttore di protezione ed il conduttore di terra, saranno collegati ad un unico collettore di terra posizionato nella cabina di trasformazione.

## **5.6 Quadro elettrico di media tensione**

La presente specifica ha lo scopo di definire le modalità di costruzione di QUADRI MT destinati alla distribuzione del sistema elettrico in media tensione. La struttura del quadro sarà costituita da armadi modulari o montanti affiancati, ciascuno costituito da elementi modulari, componibili e standardizzati.

Ciascun modulo sarà di tipo autoportante realizzato con involucri in lamiera presso piegata, suddiviso in comparti separati da elementi in acciaio inox.

### **1.1.3 Norme di riferimento**

Il quadro e le apparecchiature della fornitura, dovranno essere progettate, costruite e collaudate in conformità alle norme CEI (Comitato Elettrotecnico

## DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI

Italiano), IEC (International Electrical Code) in vigore ed in particolare le seguenti:

- Allacciamenti in AT e MT come Protezione Generale: CEI 0-16
- Prescrizioni comuni per l'apparecchiatura: Norma CEI 17.21 Norma IEC 694/62271-200
- Quadri: CEI 17.6, IEC 298
- Interruttori: CEI 17.1, IEC 56/62271-100
- Sezionatori: CEI 17.4, IEC 129
- Trasformatori di corrente: CEI 38-1, IEC 185/60044-1
- Trasformatori di tensione: CEI 38-2, IEC 186/60044-2
- Gas SF6: CEI 10.7, IEC 376
- Relè di protezione: IEC 60255
- Gradi di protezione: CEI 70.1, IEC 529
- Fusibili a tensione superiore a 1000 V: CEI 32-3, IEC 60282-1
- Compatibilità Elettromagnetica (CEM): EN 55022

### 1.1.4 Caratteristiche di progetto

Dati ambientali (Riferiti al locale di installazione)

- Temperatura ambiente max + 40°C min. - 5°C
- Umidità relativa a 40° c max 980 %

Il prodotto dovrà essere conforme ai requisiti relativi alle apparecchiature di media tensione per interno con involucro metallico, secondo la definizione della norma IEC 62271-200.

Dati elettrici

- livello di isolamento 24 kV
- tensione nominale di esercizio 20kV
- frequenza nominale 50 Hz
- numero delle fasi 3
- isolamento in aria
- tensione di isolamento ad impulso verso terra e fra le fasi 125 kV

## DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI

- |   |        |
|---|--------|
| • tensione di tenuta a f.i. (1 min) verso terra e fra le fasi | 50kV   |
| • tenuta all'arco interno ( 1 sec.)                           | 50kA   |
| • corrente nominale sbarre<br>630A                            | min.   |
| • gradi di protezione degli involucri                         |        |
| ○ per i pannelli  | IP4x   |
| ○ per i diaframmi   | IP20   |
| • tensione nominale dei circuiti aux<br>110 Vca               | 24Vcc; |
| • tensione nominale degli accessori<br>230 Vca                | 110-   |
| • tenuta all'arco interno                                     |        |

### 1.1.5 Caratteristiche costruttive

#### a) Costituzione

I quadri saranno formati da scomparti prefabbricati componibili di tipo blindato, con involucro metallico chiuso per installazione all'interno e fissaggio a pavimento con entrata cavi dal basso.

In ciascun scomparto saranno contenuti gli elementi costituenti una specifica unità funzionale.

Non sarà ammesso un sezionatore sotto carico come generale o a protezione del trasformatore.

Le unità funzionali (scomparti) da impiegare nella formazione dei quadri possono essere dei seguenti tipi:

- unità di manovra, sezionamento e protezione
- sezionatore contro sbarre
- interruttore in SF6
- sezionatore di linea
- sbarre in rame elettrolitico
- trasformatori di misura ed ausiliari

## DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI

---

- unità di misura tensione sbarre
- sezionatore
- terna di fusibili M.T. da 40A
- trasformatore di misura ausiliari

### b) Involucri

Ciascun scomparto sarà provvisto di un involucro in lamiera metallica completamente chiuso, anche sul fondo, ad eccezione delle feritoie di ventilazione e delle luci per il passaggio dei cavi principali ed ausiliari.

Gli scomparti di estremità saranno provvisti di fiancate, il grado di protezione sopra descritto vale anche per la chiusura del fondo degli scomparti.

Segregazioni interne suddivideranno gli scomparti in celle, nelle quali saranno montati i componenti costituenti le unità funzionali.

Ognuno dei seguenti componenti richiede una propria cella di contenimento:

- sbarre
- interruttore
- insieme di componenti di linea (terminali dei cavi, sezionatore di terra, TA , ecc)
- circuiti ausiliari
- TV per misure tensione sbarre

Le celle interruttore, linea, ausiliari e TV devono essere accessibili ciascuna da propria porta munita di maniglia.

La cella sbarre sarà accessibile solo dopo aver asportato i pannelli di copertura, questi ultimi saranno fissati con viti che richiedono, per essere rimosse, l'uso di un attrezzo.

Le segregazioni interne devono consentire:

- l'accessibilità alla cella ausiliaria senza pericolo di contatto con altre parti in tensione;

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

- l'accessibilità alla cella interruttore a alla cella linea di uno scomparto mantenendo il resto del quadro in tensione.

La segregazione dei circuiti ausiliari vale anche per le connessioni, verso il TA e l'interruttore.

**c) Interblocchi**

Gli scomparti devono essere provvisti dei seguenti interblocchi:

- Blocco che impedisce la chiusura dell'interruttore se sono aperti i relativi sezionatori principali (sezionatore di linea e di sbarra).
- Blocco che impedisce l'apertura dei sezionatori principali se non è stato aperto l'interruttore relativo;
- Blocco reciproco tra i sezionatori principali e il relativo sezionatore di terra
- Blocco che impedisce l'apertura della porta della cella linea se non è stato chiuso il sezionatore di terra; solo mediante l'uso di un attrezzo deve, a porta aperta, potersi disattivare il blocco ed aprire il sezionatore di terra per consentire eventuali prove.
- Blocco che impedisce l'accesso alla cella TV se non è aperto il relativo sezionatore principale e chiuso il sezionatore di terra.
- Interblocco per il trascinamento in apertura tra l'interruttore MT e BT

**d) Messa a terra**

Gli scomparti saranno provvisti di una sbarra colletttrice di terra in rame di sezione non inferiore a 100 mm<sup>2</sup>.

Gli elementi di carpenteria degli scomparti (struttura portante, pannelli, diaframmi ecc.) saranno elettricamente ben collegati fra loro e l'involucro di ciascuna unità sarà collegato alla propria sbarra di terra.

Saranno collegati alla sbarra di terra i secondari dei trasformatori di misura, le masse degli apparecchi di misura, le masse degli apparecchi di manovra, i

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

supporti dei terminali dei cavi ecc, il tutto mediante corde di rame di adeguata sezione.

Le porte delle celle saranno collegate alla struttura dello scomparto mediante corda flessibile di rame di sezione non inferiore a 16 mm<sup>2</sup>.

Le sbarre di terra degli scomparti di un quadro saranno collegate fra loro mediante conduttori di rame aventi la stessa sezione delle sbarre.

**e) Targhe**

Gli scomparti costituenti ciascun quadro dovranno essere numerati; una targa applicata sul pannello frontale di ciascuno scomparto riporterà, oltre al numero progressivo, la funzione esplicita dall'unità stessa.

Sul pannello frontale degli scomparti deve essere riportato, in rilievo, lo schema sinottico semplificato dei circuiti principali in esso contenuti.

Inoltre, in corrispondenza di dispositivi quali selettori, pulsanti, ecc montati sui pannelli degli scomparti saranno applicate targhette esplicative della funzione da essi svolta.

Tali targhette saranno fissate mediante viti.

Gli innesti per la manovra manuale di interruttori e sezionatori deve essere segnalata all'esterno degli scomparti in maniera inequivocabile.

**f) Accessori degli scomparti**

- Finestre di ispezione sulle porte delle celle interruttore, linea e TV
- Resistenze anti-condensa con termostato regolabile
- Partitori capacitivi con lampade presenza tensione (il complesso dovrà dare segnalazioni corrette alla tensione 6kV – 10kV)
- Golfari di sollevamento
- Lampade di illuminazione interna con pulsante esterno

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

## g) Circuiti ausiliari

I circuiti ausiliari saranno realizzati con conduttori flessibili isolati in materiale termoplastico aventi sezione non inferiore a 1,5 mm<sup>2</sup>.

I conduttori saranno muniti di capocorda a compressione, saranno contrassegnati e le stesse sigle dovranno apparire sui relativi schemi funzionali.

Le morsettiere dei quadri dove saranno attestati i cavi di alimentazione dei vari circuiti saranno collegati a non meno di 400 mm dal pavimento ed avranno morsetti numerati.

I circuiti ausiliari di comando saranno alimentati da una linea distinta da quella dei restanti circuiti di segnalazione e misura.

Ciascun quadro sarà dotato di un'unica morsettiera che costituirà il punto di consegna dell'energia per l'alimentazione degli ausiliari.

I circuiti ausiliari saranno protetti da interruttori automatici.

## h) Cella ausiliari degli scomparti con interruttori automatici

Sulla porta della cella ausiliari saranno montati i seguenti elementi:

- Un selettore a 3 posizioni per la scelta del punto di comando (LOCALE-0-DISTANZA) con:
  - LOCALE = comando elettrico dell'interruttore da fronte scomparto
  - 0 = interdizione di ogni comando
  - DISTANZA = abilitazione al comando dell'interruttore della sala di controllo attraverso un PLC di cabina (futuribile)
- 2 pulsanti per il comando elettrico locale dell'interruttore (aperto-chiuso)
- un amperometro da quadro in classe di precisione 1
- un selettore amperometrico a 4 posizioni (0-R-S-T)

Nella cella ausiliari saranno montati in particolare:

- relè elettronico di massima corrente a due soglie regolabili (correnti e tempi di intervento)
- eventuale relè direzionale di terra
- convertitore di corrente con ingresso (0-5A) e uscita isolata(4-20mA).

L'intervento dei relè deve essere segnalato a fronte quadro.

Inoltre, devono essere portati a morsettiera i seguenti segnali, prelevandoli da contatti privi di tensione:

- stato dell'interruttore
- stato dei sezionatori principali
- stato dei sezionatori di terra
- intervento dei relè di protezione
- 1° livello massima corrente
- 2° livello massima corrente
- terra

## **5.7 Trasformatore MT/BT**

### **1.1.6 Campo di applicazione**

Il trasformatore trifase sarà del tipo inglobato in resina di classe F a raffreddamento naturale in aria tipo AN per installazione all'interno.

Riferimenti normativi

CEI CT 14

### **1.1.7 Caratteristiche elettriche generali**

- Sistema di isolamento a secco, in resina del tipo epossidico opportunamente addizionata, difficilmente infiammabile ed autoestingente, non sviluppante gas tossici.
- Avvolgimenti di MT inglobati in resina trattata sottovuoto.

- Avvolgimenti di BT inglobati in resina idem c.s. od in alternativa semplicemente impregnati sottovuoto nella stessa resina.
- Tipo di trasformatore a secco
- Numero delle fasi 3
- Numero degli avvolgimenti 2
- Frequenza nominale 50 Hz
- Metodo di raffreddamento AN
- Installazione interno
- Servizio continuo
- Potenza nominale 400 kVA - 250kVA
- Tensione nominale MT 20 kV
- Regolazione tensione MT  $\pm 2 \times 2,5\%$
- Tensione nominale BT 400/230 V
- Gruppo di colleg. e indice Dyn 11
- Tensione di corto circuito 6%
- Livelli di isolamento:

Tensione nominale avvolgimento KV	Tensione massima KV	Tensioni nominali di tenuta	
		Ad impulso atmosferico KV	Di breve durata a frequenza industriale kV
<b>20</b>	<b>24</b>	<b>125</b>	<b>50</b>
<b>0,4</b>	<b>1,1</b>	-	<b>3</b>

- Potenza relativa a tutti i rapporti di trasformazione, costante e pari a quella nominale;
- Classe termica dei materiali isolati dei materiali da precisare in offerta;
- Scariche parziali  $\leq 15\text{pC}$ ;
- Livello potenza sonora  $\leq 72\text{ dB(A)}$
- Conformità alle Norme CEI 14-8, CEI 14-12 e per quanto non espressamente detto alle Norme CEI 14-4 e alle infortunistiche vigenti.

Perdite, livello di potenza sonora

Il trasformatore dovrà rispettare i livelli massimi consentiti di perdite a carico e di perdite a vuoto:

Trasformatore	250kVA	400kVA
Perdite dovute al carico	3400W	4500W
Perdite a vuoto	468W	675W
Max valore liv. Pressione acustica	56 dB	56dB

- Tolleranze sulle grandezze nominali oltre le quali le singole macchine saranno rifiutate: come da norme CEI 14-4.
- Classi ambientali e climatiche: i trasformatori dovranno essere progettati per condizioni ambientali di classe E1 e condizioni climatiche di classe C1.
- Classe di comportamento al fuoco F1.
- Prescrizioni costruttive
- Nucleo: dovrà essere realizzato con lamierini a cristalli orientati.
- Avvolgimenti: realizzati con conduttori di rame elettrolitico.
- Prese di regolazione: l'avvolgimento di MT dovrà essere munito di prese di regolazione atte a consentire una variazione del rapporto di trasformazione come indicato nelle caratteristiche elettriche generali.
- La commutazione delle prese sarà ottenuta a trasformatore disinserito dalla rete, a mezzo morsettiera a 5 posizioni, con dispositivo ad azionamento manuale da installare sul lato lungo della macchina relativo ai morsetti di BT.
- Terminali di MT: ad isolatore.
- Terminali di BT: a piastra, il morsetto del neutro dovrà essere il primo a destra osservando la macchina dal lato BT.

### **1.1.8 Accessori**

- Golfari per il sollevamento della macchina.

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

- Ruote di scorrimento orientabili in modo da ottenere lo spostamento della macchina nelle due direzioni principali.
- N°3 termoresistenze Pt100 nell'avvolgimento BT.
- N°1 termoresistenze Pt100 nel nucleo magnetico.
- N°1 cassetta di centralizzazione contenente i morsetti delle suddette termoresistenze, posta sulla parte superiore del nucleo.
- N°1 centralina termometrica digitale a 4 sonde prevista con:
  - visualizzazione della temperatura delle tre fasi e del nucleo;
  - determinazione del "Set point" di allarme e sgancio;
  - predisposizione per il controllo automatico dei ventilatori di raffreddamento;
- tensione di alimentazione universale AC/DC.
- N°1 complesso di protezione contro i sovraccarichi termici, alimentato dallo stesso trasformatore (a 230V) ed atto ad effettuare il distacco dell'interruttore di MT alimentante la macchina. Tale complesso sarà installato in prossimità della cella destinata a contenere il trasformatore e sarà allacciato alle sonde sopra menzionate.
- N°2 targhe disposte sui lati più lunghi dei trasformatori e riportanti le caratteristiche nominali (secondo CEI-UNEL in vigore).
- N°2 morsetti di terra (secondo UNEL in vigore).
- Il trasformatore sarà contenuto in armadio metallico smontabile con grado di protezione IP31 (escluso il fondo IP21) previsto per installazione interna nella seguente esecuzione:
  - protezione anticorrosiva nella tinta standard del costruttore
  - golfari di sollevamento
  - n.1 pannello imbullonato lato MT per accesso ai terminali MT ed alle prese di regolazione
  - predisposizione sul pannello imbullonato per il montaggio di una serratura di sicurezza tipo ELP1
  - 2 piastre isolanti sul tetto dell'armadio per il passaggio dei cavi.

### **1.1.9 Documentazione da allegare**

- Disegno d'ingombro della macchina e particolari dei terminali di MT e BT.
- Dettagliata descrizione delle caratteristiche costruttive del trasformatore dalla quale risulti, anche, la perfetta rispondenza della macchina alle norme antinfortunistiche vigenti.
- Tipo e caratteristiche della resina impiegata.
- Schema elettrico del dispositivo di commutazione.
- Documenti relativi a prove di tipo o speciali. In particolare dovranno essere esibiti i certificati relativi a prove di isolamento con tensione ad impulso ad onda piena, di riscaldamento, di tenuta al corto circuito ed a misure delle scariche parziali, rilasciati da Istituti ufficiali, specializzati, nonché di ogni altra documentazione come rapporti, resoconti, etc.

### **1.1.10 Prove e collaudi**

Prove di officina

Verranno eseguiti, previ accordi, presso lo stabilimento del fornitore, alla presenza di un collaudatore dell'ACEA, entro venti giorni solari dalla data di disponibilità della Sala Prove per materiali approntato e verranno condotte in conformità alle norme CEI 14-8 e successive variazioni ed integrazioni. Tali prove saranno a carico del fornitore, eccetto l'onere del collaudatore ACEA, e comporteranno:

Prove di accettazione

- misura della resistenza degli avvolgimenti;
- misura del rapporto di trasformazione e controllo delle polarità e dei collegamenti;
- misura della tensione di corto circuito dell'impedenza di corto circuito e delle perdite dovute al carico;
- misura delle perdite e della corrente a vuoto;
- prova di isolamento con tensione applicata e indotta;
- misura delle scariche parziali;

- misura del livello del rumore in conformità alle norme CEI 14-9.

#### Prove di tipo

- prove ad impulso atmosferico, ad onda piena, applicato ai terminali di linea;
- prove di riscaldamento;
- misura delle armoniche della corrente a vuoto alimentato dal lato alta tensione a frequenza nominale e alla tensione pari al 100% e 110% di quella nominale.
- Ai valori di prova il residuo armonico della tensione di alimentazione deve essere inferiore al 5%.
- Il residuo armonico viene calcolato con la seguente formula:

$$r = \sqrt{\sum A_i^2}$$

- dove  $A_i$  è il valore efficace dell'armonica  $i$ -esima espressa in percentuale, avendo assunto come base di riferimento il valore efficace della fondamentale.

#### Prove speciali

- verifica dell'adeguatezza alla classe ambientale E1, norma CEI 14-8 fascicolo 1768 allegato ZA 2.1 e successive varianti e integrazioni;
- verifica dell'adeguatezza alla classe climatica C1, norma CEI 14-8 fascicolo 1768 allegato ZB 3.1 e successive varianti e integrazioni;
- verifica della classe di comportamento al fuoco F1, norma CEI 14-8 fascicolo 1768 allegato ZC e successive varianti ed integrazioni. In conformità al punto ZC 2 dell'allegato suddetto, si
- riportano di seguito i valori massimi ammissibili dei parametri relativi all'emissione dei gas nocivi e corrosivi (norme CEI 20-37):
  - Densità ottica 1,50
  - Indice di tossicità 2,0

- Acidi alogenidrici 0,30
- Indice di ossigeno% >21
- verifica della capacità di tenuta al corto circuito dal punto di vista termico che verrà eseguita a mezzo calcolo, in base alle vigenti norme CEI. Per la determinazione della corrente simmetrica di corto circuito si dovrà trascurare l'impedenza della rete di alimentazione;
- verifica della capacità di tenuta al corto circuito dal punto di vista dinamico. Anche in tal caso, per la determinazione del valore della prima cresta della corrente asimmetrica di corto circuito, non si dovrà tener conto della impedenza della rete di alimentazione.

## **5.8 Quadri elettrici di bassa tensione**

### **1.1.11 Generalità**

Un quadro elettrico è costituito dall'insieme di più apparecchiature di protezione e manovra, raggruppate in uno o più contenitori adiacenti (colonne). In un quadro si distinguono: il contenitore (carpenteria), chiamato dalle norme involucro (che svolge la funzione di supporto e di protezione meccanica dei componenti contenuti), e l'equipaggiamento elettrico, costituito dagli apparecchi, dalle connessioni interne e dai terminali di entrata e di uscita per il collegamento all'impianto.

Come tutti i componenti di un impianto elettrico, anche il quadro deve rispondere alla relativa Norma di prodotto.

### **1.1.12 Normativa di riferimento**

Il quadro elettrico deve rispondere alla seguente norma CEI EN 61439; in particolare, le norme internazionali IEC 61439-1 e IEC 61439-2, recepite dalle corrispondenti CEI EN 61439-1 e CEI EN 61439-2 a livello italiano. Queste norme si applicano alle apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione (quadri BT) (la cui tensione nominale non sia superiore a 1000 V in corrente alternata, oppure a 1500 V in corrente continua).

### **1.1.13 Tipologie di quadri**

Una possibile suddivisione dei quadri elettrici di distribuzione in bassa tensione BT può essere fatta in macro famiglie, sulla base del livello di potenza, con livello di tensione nominale è contenuta al di sotto di 1000 Vac (1500V dc):

- quadri elettrici di distribuzione primaria

In ognuna delle suddette tipologie si possono realizzare ulteriori suddivisioni.

In genere dal quadro elettrico di distribuzione primaria sono derivate le alimentazioni di altri quadri elettrici o di utenze di potenza elettrica significativa.

Il quadro elettrico di distribuzione secondaria è destinato ad alimentare in genere quadri locali ed anche utenze elettriche di zona, piano, edificio ec..

Il quadro elettrico di distribuzione terminale è destinato ad alimentare solo utenze elettriche terminali (luci, prese, ec..).

### **1.1.14 Tipo di involucro esterno-Carpenteria**

Tutti i componenti del quadro elettrico sono racchiusi all'interno di un involucro (Carpenteria) che comprende pannelli protetti su tutti i lati tali da garantire un grado di protezione dai contatti diretti non inferiore a IP20.

Per quanto riguarda l'involucro esterno i quadri si distinguono in:

- a) Involucro autoportante (armadio a colonna);
- b) Involucro o cassetta a parete.

Involucro autoportante (armadio a colonna)

Quadro elettrico avente involucro con la base posizionato direttamente a pavimento, costituito da elementi prefabbricati autoportanti.

Per questa caratteristica in genere sono quadri da utilizzare in presenza di grossi interruttori e barrature di rame di elevata portata.

Involucro o cassetta a parete

Quadro elettrico con involucro installato a parete in versione da esterno oppure da incasso.

Questi quadri sono utilizzati soprattutto per la distribuzione a livello di reparto o di zona negli ambienti industriali e del terziario. Ovvero utilizzati in presenza di interruttori non di grossa taglia, compreso il sistema di barratura per la distribuzione interna; e nel caso di un numero contenuto di interruttori.

Il quadro può essere previsto con o senza porta esterna.

### **1.1.15 Caratteristiche generali**

I componenti proposti per i quadri elettrici dovranno rispondere agli standard più elevati in vigore ed essere prodotti da primari costruttori.

Le apparecchiature devono garantire il superamento di qualsiasi regime di funzionamento prevedibile, sia nominale che di guasto, sotto tutti i profili tecnici (meccanico, elettrico, termico, chimico, etc.), senza degradamento delle caratteristiche nominali.

I componenti devono avere elevate caratteristiche di comportamento in caso d'incendio, come la non della fiamma, la ridotta emissione di gas e fumi corrosivi, tossici ed opachi.

L'attributo minimo richiesto è la caratteristica "autoestinguente".

### **1.1.16 Quadri elettrici con involucro autoportante**

#### **5.8.1.1 Caratteristiche generali-Dimensioni**

Le caratteristiche generali della carpenteria del quadro elettrico dovranno essere:

- Carpenteria autoportante;
- Ancoraggio direttamente a pavimento;
- Materiale metallico
- Grado di protezione minimo: IP43;

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

- Profondità non inferiore a: 400mm;
- Altezza non inferiore a: 1400mm;
- dimensioni complessive tali da contenere, oltre alle apparecchiature rappresentate nello schema unifilare, tutte quelle necessarie per garantire il corretto funzionamento e per rea-lizzare un'opera a regola d'arte, inoltre:
  - superare la verifica termica di sovratemperatura interna del quadro secondo la norma CEI 17 - 43.
- Segregazione forma: 2 - sbarre separate dalle apparecchiature.

**5.8.1.2 Carpenteria-Struttura**

La struttura del quadro sarà realizzata con montanti funzionali (predisposti per fissaggio pannelli, cerniere porte, ancoraggi per eventuali affiancamenti, ecc...) in profilati di acciaio e pannelli di chiusura (nel caso in cui l'esecuzione non sia di tipo monoblocco).

Le parti metalliche costituenti struttura e le relative pannellature dovranno avere spessore non inferiore a 15/10 di mm.

La struttura sarà chiusa su ogni lato e posteriormente; i pannelli perimetrali saranno fissati a mezzo di serraggi non sporgenti.

Tutte le pannellature dovranno essere bordate e fissate alla struttura con viti a brugola incassate. Quelle costituenti le portine anteriori dovranno muoversi su cerniere non visibili all'esterno; la tenuta dovrà essere affidata a guarnizioni in gomma antinvecchiante e la chiusura a serratura con chiave tipo Yale o ad impronta, incassata quadra o triangolare.

Le portine dovranno essere inoltre opportunamente asolate per la fuoriuscita delle leve di comando degli interruttori di potenza installati all'interno della carpenteria; tutte le asole dovranno essere rifinite con idonee cornicette coprifilo.

La disposizione delle apparecchiature e degli strumenti dovrà tenere conto delle necessità dell'esercizio e della manutenzione: dovrà pertanto assicurare un

## DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI

---

comodo e facile accesso all'interno del quadro fermo restando la necessità di garantire la sicurezza delle persone e delle cose.

Particolare cura sarà posta all'accessibilità delle parti di più frequente ispezione come fusibili e relè, fatta salva la più completa protezione dai contatti diretti anche a porta aperta o a pannellature rimosse.

Le sbarre saranno in rame elettrolitico con sezioni largamente dimensionate (1.5 volte) rispetto alle correnti convogliate e dovranno essere rigidamente ancorate in modo da poter sopportare le eventuali sollecitazioni elettrodinamiche da correnti di corto circuito.

Entro il quadro troveranno posto le apparecchiature di comando, protezione, controllo e misura.

Sul pannello frontale del quadro dovranno essere applicate targhette indicanti i circuiti cui si riferiscono le apparecchiature e gli strumenti installati.

Le porte frontali dovranno essere trasparenti corredate di chiusura.

I quadri o elementi di quadro costituenti unità a sé stanti dovranno essere completi di golfari di sollevamento.

Gli strumenti e le lampade di segnalazione saranno montate sulla porta frontale dei quadri e dovranno essere dotate di opportune targhette di identificazione a seconda del loro servizio.

Tutte le parti metalliche dei quadri saranno collegate a terra in conformità a quanto prescritto dalla citata Norma CEI EN 61439.

Per quanto riguarda la struttura è ritenuto sufficiente utilizzare viteria antiossidante con rondelli auto graffianti al momento dell'assemblaggio e per le piastre frontali assicurarsi che i sistemi di fissaggio comportino una adeguata asportazione del rivestimento isolante.

### **5.8.1.3 Armadio con risalita cavi interna**

L'Armadio con risalita cavi interna, avrà la singola colonna di dimensioni indicative da 900 mm, di cui 600 per l'installazione delle apparecchiature elettriche di potenza e da 200 mm per la risalita cavi o morsettiera.

#### **5.8.1.4 Pannelli frontali**

I pannelli frontali saranno incernierati e fissi per evitare l'accesso diretto alle parti in tensione. I pannelli fissati sul lato sinistro/destro tramite due cerniere 180° in poliammide dovranno consentire l'installazione di tutti gli interruttori che possono essere fissati alla guida DIN (modulari e scatolati fino a 160/250A).

I pannelli, nelle diverse dimensioni, avranno una capacità modulare di 24 moduli DIN (per armadio larghezza 600 mm) e 36 moduli DIN (per armadio larghezza 800 mm).

L'altezza dei pannelli atti al contenimento degli interruttori modulari sarà di 200 e 300 mm, mentre i pannelli ciechi potranno avere una altezza compresa tra 100 e 600 mm.

#### **5.8.1.5 Accessori interni**

Per accessori interni si intendono tutti i pezzi necessari per il fissaggio degli interruttori, del canale cavi e dei cavi stessi.

Il fissaggio degli interruttori modulari dovrà essere realizzato con sistema a "doppia guida DIN" per garantire maggior robustezza e dare la possibilità di utilizzare il retro per posizionare altri componenti.

Il fissaggio degli interruttori scatolati dovrà avvenire a mezzo di una piastra parziale di diverse dimensioni e facilmente removibile grazie all'utilizzo di viti di fissaggio frontali.

#### **5.8.1.6 Profilati e montanti**

Il telaio dell'armadio, la parete posteriore, le lamiere di fondo dovranno essere in lamiera d'acciaio spessore 1,5 mm, così come i profilati orizzontali e verticali.

#### **5.8.1.7 Verniciatura**

Per garantire una efficace resistenza alla corrosione la struttura e i pannelli dovranno essere opportunamente trattati e verniciati.

Il trattamento di fondo dovrà prevedere il lavaggio, il decapaggio, la fosfatizzazione e elettrozincatura delle lamiere.

Le lamiere trattate saranno verniciate con polvere termoindurente a base di resine epossidiche mescolate con resine poliesteri; lo spessore minimo richiesto dovrà essere pari a 70micron.

### **1.1.17 Cablaggio interno quadro**

#### **5.8.1.8 Cablaggio con cavi elettrici**

I cavi per il cablaggio interno dei quadri avranno le caratteristiche seguenti:

- Cavi a 400/230 V colori preferibile: nero, marrone, grigio con l'indicazione della fase relativi-va (R,S,T);
- Cavo di neutro colore solo blu chiaro;
- Cavo di terra solo colore giallo-verde.

Per quanto riguarda le tensioni ausiliarie:

- Cavi a 12/24/48V colore verde (chiaro o scuro);
- Cavi 55/110V colore arancione.

Tutti i cavi e le apparecchiature, saranno numerate e identificate, in modo da avere una precisa corrispondenza con gli schemi elettrici forniti come us-built finali.

I conduttori di cablaggio saranno installati all'interno di apposite canaline in PVC posate direttamente sul fondo del quadro o su apposito pannello di fondo, dietro le guide DIN porta apparecchi.

I cavi saranno collegati alla morsettiera, agli interruttori o altri dispositivi a mezzo capicorda contrassegnati con scritte alfanumeriche (sigle identificative) per facilitarne l'identificazione.

Tutti i conduttori, sia in morsettiera sia sulle apparecchiature saranno comodamente accessibili per le operazioni di manutenzione e/o modifica.

Isolamento in aria, dati ambientali (riferiti al locale ove è installato il quadro):

- Temperatura ambiente                      - 5°C + 40 °C;

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

- Umidità relativa max 95%;
- Altezza di installazione minore di 1000 m s.l.m.

I circuiti ausiliari saranno eseguiti impiegando cavetti flessibili isolati in materiale termoplastico, aventi sezione non inferiore ad 1,5 mm<sup>2</sup> ed isolante del tipo non propagante l'incendio, secondo le norme CEI 20-22, muniti di capicorda a compressione e siglati alle estremità.

**5.8.1.9 Cablaggio con sistema di sbarre**

Le sbarre e i conduttori dovranno essere dimensionati per sopportare le sollecitazioni termiche e dinamiche corrispondenti ai valori della corrente nominale e per i valori delle correnti di corto circuito richiesti.

Le sbarre orizzontali dovranno essere in rame elettrolitico di sezione rettangolare a spigoli arrotondati e saranno fissate alla struttura tramite supporti isolati a pettine e dovranno essere disposte in modo da permettere eventuali modifiche future.

L'interasse tra le fasi e la distanza tra i supporti sbarre saranno definiti da prove di laboratorio effettuate dalla casa costruttrice che dovrà riportarle nei certificati.

I collegamenti tra sistemi sbarre orizzontali e verticali dovranno essere realizzati mediante connettori standard forniti dal costruttore delle sbarre stesse.

Le sbarre principali dovranno essere predisposte per essere suddivise in sezioni pari agli elementi di scomposizione del quadro e dovranno consentire ampliamenti su entrambi i lati.

Nel caso di installazione di sbarre di piatto, queste ultime dovranno essere declassate del 20% rispetto alla loro portata nominale.

**5.8.1.10 Derivazioni**

Per correnti fino a 200 A gli interruttori verranno alimentati direttamente dalle sbarre principali mediante cavo dimensionato in base alla corrente nominale dell'interruttore stesso.

Oltre i 200A dovranno essere utilizzati collegamenti prefabbricati dimensionati in base all'energia specifica limitata dall'interruttore alimentato.

Salvo diverse esigenze gli interruttori scatolati affiancati verticalmente su un'unica piastra dovranno essere alimentati dalla parte superiore utilizzando, nelle modalità indicate dal costruttore, specifici ripartitori prefabbricati che permettano, non solo il collegamento, ma anche la possibilità di aggiungere o sostituire apparecchi di adatte caratteristiche senza effettuare modifiche sostanziali all'unità funzionale interessata.

Le sbarre dovranno essere identificate con opportuni contrassegni autoadesivi a seconda della fase di appartenenza così come le corde saranno equipaggiate con anellini terminali colorati.

Tutti i conduttori sia, ausiliari che di potenza si attesteranno a delle morsettiere componibili su guida, con diaframmi dove necessario, che saranno adatte, salvo diversa prescrizione, ad una sezione di cavo non inferiore a 6 mmq.

### **1.1.18 Collettore di terra**

Dovrà essere in barra di rame dimensionata per sopportare le sollecitazioni termiche ed elettrodinamiche

dovute alle correnti di guasto.

Per un calcolo preciso della sezione adatta è necessario fare riferimento alla già citata Norma CEI EN 61439 Parte 1 e 2.

### **5.8.1.11 Collegamenti ausiliari**

I cavi utilizzati per il collegamento degli ausiliari saranno in conduttore flessibile con isolamento pari a 3 kV con le seguenti sezioni minime:

- 4 mmq per i T.A.;
- 2,5 mmq per i circuiti di comando;
- 1,5 mmq per i circuiti di segnalazione e T.V..

## DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI

---

Ogni conduttore sarà completo di anellino numerato corrispondente al numero sulla morsettiera e sullo schema funzionale.

Dovranno essere identificati i conduttori per i diversi servizi (ausiliari in alternata -corrente continua - circuiti di allarme - circuiti di comando - circuiti di segnalazione) impiegando conduttori con guaine colorate differenziate oppure ponendo alle estremità anellini colorati.

Potranno essere consentiti i due conduttori sotto lo stesso morsetto solamente sul lato interno del quadro.

I morsetti dovranno essere del tipo per cui la pressione di serraggio sia ottenuta tramite una lamella e non direttamente dalla vite.

I conduttori saranno riuniti a fasci entro canaline o sistemi analoghi con coperchio a scatto.

Tali sistemi consentiranno un inserimento di conduttori aggiuntivi in volume pari al 25% di quelli installati. Non è ammesso il fissaggio con adesivi.

### **5.8.1.12 Accessori di cablaggio**

Per il collegamento degli interruttori derivati al proprio generale si dovranno usare accessori per l'alimentazione

di apparecchiature modulari previsti dal costruttore degli stessi.

La circolazione dei cavi di potenza e/o ausiliari dovrà avvenire all'interno di apposite canaline o sistemi analoghi con coperchio a scatto.

L'accesso a queste condutture dovrà essere possibile anche dal fronte del quadro mediante l'asportazione delle lamiere di copertura delle apparecchiature.

### **5.8.1.13 Collegamento linee esterne**

Le linee esterne dovranno attestarsi alla morsettiera in modo adeguato per rendere agevole qualsiasi intervento di manutenzione.

Le morsettiere non dovranno sostenere il peso dei cavi ma gli stessi dovranno essere ancorati ove necessario a dei specifici profilati di fissaggio.

Nel caso in cui le linee di uscita siano costituite da cavi di grossa sezione o da più cavi in parallelo, è consigliabile il collegamento diretto sui contatti degli interruttori in modo da evitare eventuali sollecitazioni meccaniche.

E' preferibile l'utilizzo di appositi accessori, forniti dal costruttore delle apparecchiature, che consentano di effettuare questi collegamenti nel canale laterale.

### **1.1.19 Quadri elettrici con involucro a parete**

#### **5.8.1.14 Applicazione**

La presente specifica è da utilizzare per individuare, congiuntamente con gli altri elaborati del progetto, le caratteristiche dei seguenti elementi:

- Quadro elettrico QSI,

#### **5.8.1.15 Caratteristiche generali-Dimensioni**

Le caratteristiche generali della carpenteria del quadro elettrico dovranno essere:

- Carpenteria portata, installata a parete o su struttura simile;
- Materiale: metallico
- Grado di protezione minimo: IP43;
- Profondità non inferiore a: 200mm;
- dimensioni complessive tali da contenere, oltre alle apparecchiature rappresentate nello schema unifilare, tutte quelle necessarie per garantire il corretto funzionamento e per realizzare un'opera a regola d'arte, inoltre:
  - garantire la presenza di spazi liberi di almeno il 20% per futuri ampliamenti;
  - superare la verifica termica di sovratemperatura interna del quadro secondo la norma CEI 17 - 43.

#### **5.8.1.16 Carpenteria-Struttura**

La struttura del quadro sarà realizzata con montanti funzionali (predisposti per fissaggio pannelli, cerniere porte, ancoraggi per eventuali affiancamenti, ecc...) in profilati di acciaio e pannelli di chiusura (nel caso in cui l'esecuzione non sia di tipo monoblocco).

Le parti metalliche costituenti struttura e le relative pannellature dovranno avere spessore non inferiore a 15/10 di mm.

La struttura sarà chiusa su ogni lato e posteriormente; i pannelli perimetrali saranno fissati a mezzo di serraggi non sporgenti.

Tutte le pannellature dovranno essere bordate e fissate alla struttura con viti a brugola incassate. Quelle costituenti le portine anteriori dovranno muoversi su cerniere non visibili all'esterno; la tenuta dovrà essere affidata a guarnizioni in gomma antinvecchiante e la chiusura a serratura con chiave tipo Yale o ad impronta, incassata quadra o triangolare.

Le portine dovranno essere inoltre opportunamente asolate per la fuoriuscita delle leve di comando degli interruttori di potenza installati all'interno della carpenteria; tutte le asole dovranno essere rifinite con idonee cornicette coprifilo.

La disposizione delle apparecchiature e degli strumenti dovrà tenere conto delle necessità dell'esercizio e della manutenzione: dovrà pertanto assicurare un comodo e facile accesso all'interno del quadro fermo restando la necessità di garantire la sicurezza delle persone e delle cose.

Particolare cura sarà posta all'accessibilità delle parti di più frequente ispezione come fusibili e relè, fatta salva la più completa protezione dai contatti diretti anche a porta aperta o a pannellature rimosse.

Entro il quadro troveranno posto le apparecchiature di comando, protezione, controllo e misura.

Sul pannello frontale del quadro dovranno essere applicate targhette indicanti i circuiti cui si riferiscono le apparecchiature e gli strumenti installati.

Le porte frontali dovranno essere trasparenti corredate di chiusura.

Gli strumenti e le lampade di segnalazione saranno montate sulla porta frontale dei quadri e dovranno essere dotate di opportune targhette di identificazione a seconda del loro servizio.

Tutte le parti metalliche dei quadri saranno collegate a terra in conformità a quanto prescritto dalla citata Norma CEI EN 61439.

Per quanto riguarda la struttura è ritenuto sufficiente utilizzare viteria antiossidante con rondelli auto graffianti al momento dell'assemblaggio e per le piastre frontali assicurarsi che i sistemi di fissaggio comportino un'adeguata asportazione del rivestimento isolante.

#### **5.8.1.17 Pannelli frontali**

I pannelli frontali saranno incernierati e fissi per evitare l'accesso diretto alle parti in tensione. I pannelli fissati sul lato sinistro/destro tramite due cerniere 180° in poliammide dovranno consentire l'installazione di tutti gli interruttori che possono essere fissati alla guida DIN (modulari e scatolati fino a 160/250A).

I pannelli, nelle diverse dimensioni, avranno una capacità modulare di 24 moduli DIN (per armadio larghezza 600 mm) e 36 moduli DIN (per armadio larghezza 800 mm).

L'altezza dei pannelli atti al contenimento degli interruttori modulari sarà di 200 e 300 mm, mentre i pannelli ciechi potranno avere un'altezza compresa tra 100 e 600 mm.

#### **5.8.1.18 Accessori interni**

Per accessori interni si intendono tutti i pezzi necessari per il fissaggio degli interruttori, del canale cavi e dei cavi stessi.

Il fissaggio degli interruttori modulari dovrà essere realizzato con sistema a "doppia guida DIN" per garantire maggior robustezza e dare la possibilità di utilizzare il retro per posizionare altri componenti.

Il fissaggio degli interruttori scatolati dovrà avvenire a mezzo di una piastra parziale di diverse dimensioni e facilmente removibile grazie all'utilizzo di viti di fissaggio frontali.

#### **5.8.1.19 Profilati e montanti**

Il telaio dell'armadio, la parete posteriore, le lamiera di fondo dovranno essere in lamiera d'acciaio spessore 1,5 mm, così come i profilati orizzontali e verticali.

#### **5.8.1.20 Verniciatura**

Per garantire una efficace resistenza alla corrosione la struttura e i pannelli dovranno essere opportunamente trattati e verniciati.

Il trattamento di fondo dovrà prevedere il lavaggio, il decapaggio, la fosfatizzazione e elettrozincatura delle lamiera.

Le lamiera trattate saranno verniciate con polvere termoindurente a base di resine epossidiche mescolate con resine poliesteri; lo spessore minimo richiesto dovrà essere pari a 70micron.

### **1.1.20 Cablaggio interno quadro**

#### **5.8.1.21 Cablaggio con cavi elettrici**

I cavi per il cablaggio interno dei quadri avranno le caratteristiche seguenti:

- Cavi a 400/230 V colori preferibile: nero, marrone, grigio con l'indicazione della fase relativa (R,S,T);
- Cavo di neutro colore solo blu chiaro;
- Cavo di terra solo colore giallo-verde.

Per quanto riguarda le tensioni ausiliarie:

- Cavi a 12/24/48V colore verde (chiaro o scuro);
- Cavi 55/110V colore arancione.

Tutti i cavi e le apparecchiature, saranno numerate e identificate, in modo da avere una precisa corrispondenza con gli schemi elettrici forniti come us-built finali.

I conduttori di cablaggio saranno installati all'interno di apposite canaline in PVC posate direttamente sul fondo del quadro o su apposito pannello di fondo, dietro le guide DIN porta apparecchi.

I cavi saranno collegati alla morsettiera, agli interruttori o altri dispositivi a mezzo capicorda contrassegnati con scritte alfanumeriche (sigle identificative) per facilitarne l'identificazione.

Tutti i conduttori, sia in morsettiera sia sulle apparecchiature saranno comodamente accessibili per le operazioni di manutenzione e/o modifica.

Isolamento in aria, dati ambientali (riferiti al locale ove è installato il quadro):

- Temperatura ambiente - 5°C + 40 °C;
- Umidità relativa max 95%;
- Altezza di installazione minore di 1000 m s.l.m.

I circuiti ausiliari saranno eseguiti impiegando cavetti flessibili isolati in materiale termoplastico, aventi sezione non inferiore ad 1,5 mm<sup>2</sup> ed isolante del tipo non propagante l'incendio, secondo le norme CEI 20-22, muniti di capicorda a compressione e siglati alle estremità.

#### **5.8.1.22 Cablaggio con sistema di sbarre**

Le sbarre e i conduttori dovranno essere dimensionati per sopportare le sollecitazioni termiche e dinamiche corrispondenti ai valori della corrente nominale e per i valori delle correnti di corto circuito richiesti.

Le sbarre orizzontali dovranno essere in rame elettrolitico di sezione rettangolare a spigoli arrotondati e saranno fissate alla struttura tramite supporti isolati a pettine e dovranno essere disposte in modo da permettere eventuali modifiche future.

L'interasse tra le fasi e la distanza tra i supporti sbarre saranno definiti da prove di laboratorio effettuate dalla casa costruttrice che dovrà riportarle nei certificati.

I collegamenti tra sistemi sbarre orizzontali e verticali dovranno essere realizzati mediante connettori standard forniti dal costruttore delle sbarre stesse.

Le sbarre principali dovranno essere predisposte per essere suddivise in sezioni pari agli elementi di scomposizione del quadro e dovranno consentire ampliamenti su entrambi i lati.

Nel caso di installazione di sbarre di piatto, queste ultime dovranno essere declassate del 20% ri-spetto alla loro portata nominale.

#### **5.8.1.23 Derivazioni**

Per correnti fino a 200 A gli interruttori verranno alimentati direttamente dalle sbarre principali mediante cavo dimensionato in base alla corrente nominale dell'interruttore stesso.

Oltre i 200A, dovranno essere utilizzati collegamenti prefabbricati dimensionati in base all'energia specifica limitata dall'interruttore alimentato.

Salvo diverse esigenze gli interruttori scatolati affiancati verticalmente su un'unica piastra dovranno essere alimentati dalla parte superiore utilizzando, nelle modalità indicate dal costruttore, specifici ripartitori prefabbricati che permettano, non solo il collegamento, ma anche la possibilità di aggiungere o sostituire apparecchi di adatte caratteristiche senza effettuare modifiche sostanziali all'unità funzionale interessata.

Le sbarre dovranno essere identificate con opportuni contrassegni autoadesivi a seconda della fase di appartenenza così come le corde saranno equipaggiate con anellini terminali colorati.

Tutti i conduttori sia, ausiliari che di potenza si attesteranno a delle morsettiere componibili su guida, con diaframmi dove necessario, che saranno adatte, salvo diversa prescrizione, ad una sezione di cavo non inferiore a 6 mmq.

### **1.1.1.21 Collettore di terra**

Dovrà essere in barra di rame dimensionata per sopportare le sollecitazioni termiche ed elettrodinamiche dovute alle correnti di guasto.

Per un calcolo preciso della sezione adatta è necessario fare riferimento alla già citata Norma CEI EN 61439 Parte 1 e 2.

### **5.8.1.24 Collegamenti ausiliari**

I cavi utilizzati per il collegamento degli ausiliari saranno in conduttore flessibile con isolamento pari a 3 kV con le seguenti sezioni minime:

- 4 mmq per i T.A.;
- 2,5 mmq per i circuiti di comando;
- 1,5 mmq per i circuiti di segnalazione e T.V..

Ogni conduttore sarà completo di anellino numerato corrispondente al numero sulla morsettiera e sullo schema funzionale.

Dovranno essere identificati i conduttori per i diversi servizi (ausiliari in alternata - corrente continua - circuiti di allarme - circuiti di comando - circuiti di segnalazione) impiegando conduttori con guaine colorate differenziate oppure ponendo alle estremità anellini colorati.

Potranno essere consentiti i due conduttori sotto lo stesso morsetto solamente sul lato interno del quadro.

I morsetti dovranno essere del tipo per cui la pressione di serraggio sia ottenuta tramite una lamella e non direttamente dalla vite.

I conduttori saranno riuniti a fasci entro canaline o sistemi analoghi con coperchio a scatto.

Tali sistemi consentiranno un inserimento di conduttori aggiuntivi in volume pari al 25% di quelli installati. Non è ammesso il fissaggio con adesivi.

### **5.8.1.25 Accessori di cablaggio**

Per il collegamento degli interruttori derivati al proprio generale si dovranno usare accessori per l'alimentazione

di apparecchiature modulari previsti dal costruttore degli stessi.

La circolazione dei cavi di potenza e/o ausiliari dovrà avvenire all'interno di apposite canaline o sistemi analoghi con coperchio a scatto.

L'accesso a queste condutture dovrà essere possibile anche dal fronte del quadro mediante l'asportazione delle lamiere di copertura delle apparecchiature.

#### **5.8.1.26 Collegamento linee esterne**

Le linee esterne dovranno attestarsi alla morsettiera in modo adeguato per rendere agevole qualsiasi intervento di manutenzione.

Le morsettiere non dovranno sostenere il peso dei cavi ma gli stessi dovranno essere ancorati ove necessario a dei specifici profilati di fissaggio.

Nel caso in cui le linee di uscita siano costituite da cavi di grossa sezione o da più cavi in parallelo, è consigliabile il collegamento diretto sui contatti degli interruttori in modo da evitare eventuali sollecitazioni meccaniche.

E' preferibile l'utilizzo di appositi accessori, forniti dal costruttore delle apparecchiature, che consentano di effettuare questi collegamenti nel canale laterale.

#### **1.1.22 Interruttori automatici**

##### **5.8.1.27 Generalità**

L'interruttore automatico è un "apparecchio meccanico di interruzione destinato a connettere all'alimentazione un circuito e a disconnetterlo, mediante operazione manuale, o ad aprire il circuito automaticamente quando la corrente superi un valore predeterminato" (Norma CEI 23-3).

Gli interruttori automatici in base alle caratteristiche costruttive possono essere classificati in:

- a) Aperti;

- b) Scatolati;
- c) Modulari.

#### **5.8.1.28 Interruttori aperti**

Sono interruttori caratterizzati da notevoli dimensioni e vengono impiegati per usi prevalentemente di tipo industriale. Possiedono correnti nominali, correnti di breve durata e poteri di corto circuito piuttosto elevati.

Vengono impiegati come interruttori di macchina a valle dei trasformatori di MT/BT di generatori e per partenze con elevate correnti di impiego, fino ad 8000°. Potere di interruzione fino a 100kA e oltre.

#### **5.8.1.29 Interruttori scatolati**

Le parti attive dell'interruttore (poli, meccanismo di comando, dispositivi di interruzione e di controllo) sono racchiusi in una scatola di materiale plastico che ha la duplice funzione di isolamento e di supporto-involucro.

Le correnti nominali raggiungono valori elevati (fino a 1.600A). I poteri di interruzione sono fra i più elevati fra tutti i tipi di interruttori (fino a 150 KA e anche oltre).

#### **5.8.1.30 Interruttori modulari**

sono interruttori impiegati prevalentemente nel civile e nel terziario e sono caratterizzati da dimensioni modulari unificate. Queste caratteristiche permettono una facile installazione a scatto su supporti di tipo normalizzato. Sono utilizzati prevalentemente nella distribuzione terminale.

Hanno correnti nominali fino a 125 A e poteri di interruzione fino a 50 KA

### **1.1.23 Interruttori scatolati**

#### **5.8.1.31 Dati generali**

Gli interruttori scatolati dovranno essere conformi alle Normative Internazionali IEC 947.1 e 2 ed inoltre dovranno avere le seguenti caratteristiche:

- tensione nominale  $V_n = 690$  Vca.;
- tensione di isolamento  $V_i = 750$  Vca.;
- frequenza 50 Hz.

Il comando a levetta dell'interruttore in esecuzione base deve assolvere anche la funzione di in-dicatore di posizione dei contatti:

- ON (interruttore chiuso)
- OFF (interruttore aperto)
- TRIPPED (interruttore sganciato).

Gli interruttori di cui sopra saranno in versione tripolare e quadripolare, in funzione del loro impiego, in esecuzione fissa e potranno essere montati verticali o orizzontali senza riduzione delle prestazioni.

Essi dovranno inoltre essere adatti alla funzione di sezionamento e garantire un isolamento di classe II tra la parte frontale ed i circuiti interni di potenza.

Gli interruttori scatolati per distribuzione devono essere adatti a stabilire, portare ed interrompere correnti nominali con valori come da schema unifilare del quadro elettrico.

Devono essere, del tipo a limitazione di corrente; devono essere cioè in grado d'interrompere prima che la corrente di corto circuito raggiunga il valore di cresta in modo da non pregiudicare la sicurezza degli impianti o delle persone.

Devono essere altresì in grado di stabilire, portare per una durata specificata, interrompere correnti anomale o di corto circuito fino alla massima corrente di corto circuito presente nel punto d'installazione, in accordo con la norma CEI EN 60947-2.

Gli interruttori devono essere tropicalizzati nell'esecuzione standard e quindi adatti anche per ambienti umidi per una temperatura massima di

funzionamento fino a 70°C e senza nessun declassamento fino a 50°C. Deve essere possibile l'installazione orizzontale e verticale nei quadri.

Devono essere in esecuzione fissa o rimovibile / estraibile in funzione di quanto indicato negli elaborati grafici.

Gli interruttori devono essere dotati di dispositivo di sgancio libero per evitare di interdire la manovra di apertura o di sgancio attraverso la leva di comando.

#### **5.8.1.32 Funzione di protezione**

Gli interruttori scatolati saranno equipaggiati di sganciatori intercambiabili, da 100 a 250 A dovrà essere possibile scegliere tra una protezione magnetotermica o elettronica. Per le taglie superiori a 250A lo sganciatore sarà solo elettronico. Lo sganciatore sarà integrato nel volume dell'apparecchio.

Gli sganciatori elettronici saranno conformi all'allegato F della Norma IEC 947-2 (rilevamento del valore efficace della corrente di guasto, compatibilità elettromagnetica).

Tutti i componenti elettronici dovranno resistere, senza danneggiarsi, fino alla temperatura di 1250°C.

La regolazione delle protezioni dovrà essere fatta simultaneamente su tutte le fasi.

Sganciatore magnetotermico (fino a 250A)

Caratteristiche:

- termico regolabile da 80 a 100% della corrente nominale dello sganciatore;
- magnetico regolabile da 5 a 10 volte la corrente nominale;
- la protezione del neutro potrà essere effettuata sia con un valore uguale alla corrente nominale sia alla metà della protezione di fase (per  $I_n > 80$  A).
- Sganciatori elettronici
- Caratteristiche
- Protezione lungo ritardo (LR):

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

- Lr regolabile con 8 gradini da 63 al 100% della corrente nominale dello sganciatore elettro-nico, per le taglie fino a 250 A;
- Ir regolabile con 32 gradini da 40 al 100% della corrente nominale dello sganciatore elet-tronico, per le taglie superiori a 250 A;
- Im regolabile da 1,5 a 10 volte la corrente di regolazione termica (Ir);
- Temporizzazione fissa a 40 ms; protezione istantanea (IST);
- Soglia fissa tra 12 e 19 In.

**Protezione tetrapolare:**

- gli apparecchi tetrapolari consentiranno la scelta del tipo protezione del neutro mediante un commutatore a 3 posizioni: neutro non protetto - neutro metà - neutro uguale alla fase.
- Funzioni di controllo.
- Le seguenti funzioni di controllo saranno integrate in standard sullo sganciatore elettronico.
- Led di segnalazione del carico a 2 soglie: 90% di Ir con LED acceso fisso e 105% di Ir con LED lampeggiante;
- presa di test per consentire la verifica funzionale dell'elettronica e del meccanismo di sgan-cio per
- mezzo di un dispositivo esterno.

**5.8.1.33 Comunicazione**

Gli interruttori devono essere progettati e costruiti in modo da poter essere accessoriati, se richie-sto, con dispositivi per lo scambio di informazioni con un eventuale sistema di supervisione:

- Stato interruttore aperto o chiuso;
- Assorbimenti linea derivata;
- Ecc..

## **1.1.24 Interruttori modulari**

### **5.8.1.34 Descrizione**

Gli interruttori di tipo modulare fino a 100/125A sono adatti per essere utilizzati negli impianti elettrici di bassa tensione per la protezione contro i sovraccarichi e di corto circuito delle condutture, delle apparecchiature e degli equipaggiamenti elettrici in genere.

Sono adatti alla protezione contro i contatti diretti / indiretti se equipaggiati con sganciatore differenziale.

Sarà costituito da una scatola (contenitore) in materiale isolante stampato nel cui interno saranno racchiuse tutte le parti attive dell'interruttore.

Interruttori automatici magnetotermici e differenziali modulari per uso industriale dovranno avere le seguenti caratteristiche:

- Riferimenti normativi: CEI EN 60947.1/2;
- Tensione nominale fino a 1000 V;
- Poteri di interruzione fino a 25 kA.

Il Potere nominale d'interruzione (Pdi) deve essere rilevato dagli elaborati grafici di progetto e deve essere sempre superiore al valore di Icc nel punto d'installazione.

### **5.8.1.35 Funzione di protezione**

La gamma di interruttori modulari deve garantire permettere di realizzare le seguenti tipi di protezione:

- Protezione termica;
- Protezione magnetica
- Protezione differenziale.

Le cui caratteristiche sono di seguito illustrate.

Protezione termica

Corrente nominale protezione fissa e pari alla corrente nominale dell'interruttore.

Protezione magnetica

Caratteristiche di intervento magnetico secondo la norma CEI EN 60898:

- B ( $I_m = 3 - 5 I_n$ ),
- C ( $I_m = 5 - 10 I_n$ ),
- D ( $I_m = 10 - 20 I_n$ ).

Dove  $I_n$  è la corrente nominale dell'interruttore, ovvero il valore di corrente che l'interruttore, installato in aria libera, può portare in servizio interrotto. Secondo la CEI EN 60898 questo valore non deve essere superiore a 125A.

L'installazione degli interruttori modulari deve essere di tipo fisso in accordo con la normativa CEI EN 60898.

Protezione Differenziale

Protezione differenziale istantanea o selettiva con i seguenti valori di  $I_d$ :

- $I_{dn} = 0,01A$  (100mA);
- $I_{dn} = 0,03A$  (30mA);
- $I_{dn} = 0,3A$  (300mA)
- $I_{dn} = 0,5A$ . (500mA).

Curva di sensibilità:

- tipo AC per l'utilizzazione con corrente alternata;
- tipo A per l'utilizzazione con apparecchi di classe A con circuiti elettronici che danno origine a correnti pulsanti e/o componenti continue.

Intervento automatico segnalato dalla posizione della leva di manovra.

L'accoppiamento meccanico tra l'interruttore ed il relativo blocco differenziale deve essere tale da non permettere la successiva separazione.

### **5.8.1.36 Costruzione e funzionamento**

Gli interruttori dovranno avere le seguenti caratteristiche:

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

- tropicalizzazione in esecuzione T2 secondo norma IEC 68-2-30 (umidità relativa 95% a 55 gradi C).
- montaggio su pannello isolante o in alternativa su guida omega fissata su piastra di fondo;
- possibile alimentazione a valle senza alterazione delle caratteristiche elettriche.

Per correnti di corto circuito superiori a 6 kA si richiedono la chiusura rapida (manovra indipendente) ed il sezionamento visualizzato.

Per correnti nominali superiori a 25 A è richiesta la possibilità di collegare cavi di sezione fino a 35 mmq.

Gli interruttori devono avere un sistema di doppia identificazione (leva e morsetto).

I morsetti devono essere dotati di un dispositivo di sicurezza per evitare l'introduzione dei cavi a morsetto

serrato ed inoltre devono essere zigrinati per assicurare una migliore tenuta al serraggio.

Le viti devono poter essere serrate con utensili dotati di parte terminale a taglio o a croce.

Le singole fasi degli interruttori multipolari devono essere separate tra di loro mediante diaframma isolante.

La dimensione del polo degli interruttori automatici magnetotermici deve essere pari ad 1 modulo (17,5mm), per tutti i valori di corrente nominale e di potere di interruzione.

Gli interruttori automatici magnetotermici e differenziali devono essere dotati di visualizzazione meccanica dell'intervento per differenziale sul proprio frontale.

I blocchi differenziali associati agli interruttori devono consentire l'utilizzo di pettini di ripartizione di portata pari a 100 A isolati anche sui terminali non utilizzati.

Blocco diff. 2P      Blocco diff. 4P

Nel caso in cui non si usi il pettine per la ripartizione occorre assicurare, in corrispondenza dei morsetti, la presenza di copriviti piombabili che garantiscano un grado di protezione superiore a IP 20.

#### **5.8.1.37    Ausiliari elettrici**

I dispositivi di protezione per cui sarà prevista l'installazione di ausiliari elettrici, questi dovranno rispettare le prescrizioni sotto riportate.

Possibilità di montare sul lato sinistro di ciascun apparecchio (vista frontale) i seguenti elementi:

- ausiliari, di dimensioni pari ad 1/2 di un modulo: segnalazione della posizione dei contatti dell'interruttore, segnalazione per intervento su guasto, bobina di minima tensione istantanea o ritardata, bobina a lancio di corrente, per un massimo di 3 moduli;
- Possibilità di verificare ad interruttore aperto il funzionamento dei contatti di segnalazione dello stato dell'interruttore e di segnalazione guasto;
- Devono essere ben leggibili sugli ausiliari elettrici le indicazioni degli schemi elettrici, di montaggio e delle caratteristiche;
- Lo stato degli ausiliari elettrici deve essere visualizzato meccanicamente;
- Tutti gli ausiliari elettrici devono essere montati senza utilizzare viteria;
- Gli ausiliari elettrici devono consentire l'utilizzo di pettini di ripartizione di portata pari a 100 A isolati.

#### **5.8.1.38    Accessori meccanici**

In merito ai dispositivi di protezione dovranno essere rispettate le prescrizioni meccaniche sotto riportate:

- Possibilità di utilizzare un blocco a lucchetto montabile con facilità, in posizione di interruttore aperto;
- Possibilità di essere comandati lateralmente o frontalmente mediante manovra rotativa con eventuale blocco porta;

- Possibilità di essere montati nella versione estraibile e sezionabile con opzione di blocco nella posizione di sezionato;
- Possibilità di essere accessoriati di coprिमorsetti che assicurino un grado di protezione superiore ad IP 20 anche sul lato superiore.

#### **5.8.1.39    Dispositivi di comando**

I dispositivi di comando potranno essere di tipo tripolare o quadripolare a seconda del carico da comandare; in ogni caso dovranno avere le seguenti caratteristiche:

- Categoria di utilizzo AC-3 per contattori tripolari;
- Categoria di utilizzo AC-1 per contattori quadri polari;
- Bobina di comando in corrente alternata o in alternativa se necessario in corrente continua.

## **5.9 Cavi elettrici**

### **1.1.25    Generalità**

La presente sezione riguarda i cavi da impiegare negli impianti elettrici (distribuzione, luce, f.m. ecc.) ed ha lo scopo di fornire i dati tecnici nonché le indicazioni principali per la loro scelta.

I cavi elettrici dovranno avere i seguenti requisiti di carattere generale:

- conformi alla CPR, direttiva europea prodotti da costruzione UE 305/11 in vigore dal 01 Luglio 2017;
- non propagazione dell'incendio (CEI 20-22 e varianti);
- Non propagazione della fiamma CEII 20-35 / EN 60332;
- Grado di isolamento adeguato alle modalità di posa;
- Conduttore in rame o alluminio flessibile.
- Ecc..

Tipi di posa

Le modalità di posa dei cavi elettrici che costituiscono le linee elettriche possono essere:

- 1) Posa in tubazione incassata (sottotraccia) o a vista;
- 2) Posa in tubazione interrata;
- 3) In canalina o passerella metallica;
- 4) Cavo posato direttamente a vista o aerea;
- 5) Cavo posato a diretto contatto con il terreno;
- 6) Cavo annegato direttamente nella muratura.

Nel seguito per ognuna delle modalità di posa vengono indicate le prescrizioni, le raccomandazioni o divieti da rispettare.

#### Installazione dei cavi elettrici

Le norme CEI 11-17 "Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica - Linee incavo" riportano le modalità da seguire durante le operazioni di posa dei cavi per posa fissa.

Per semplicità si riportano qui sotto le principali regole da seguire.

Particolari raccomandazioni di posa dettate dal costruttore devono essere rispettate (ad es.: temperatura di posa, raggi di curvatura, tiri di infilaggio, ecc.).

I cavi appartenenti a circuiti a tensioni nominali diverse devono essere tenuti fisicamente separati lungo tutto il loro percorso.

Qualora ciò non fosse materialmente possibile, tutti i cavi in contatto fra loro devono avere il grado di isolamento di quello fra essi a tensione più elevata.

#### Temperatura di posa

Durante le operazioni di installazione dei cavi per posa fissa la loro temperatura per tutta la loro lunghezza e per tutto il tempo in cui essi possono venir piegati o raddrizzati non deve essere inferiore a 0°C.

Questo limite di temperatura è riferito ai cavi stessi e non all'ambiente.

Se quindi, i cavi sono rimasti a lungo a bassa temperatura occorrerà che essi siano fatti stazionare in ambiente a temperatura sensibilmente superiore a 0°C per un congruo numero di ore e posati entro un tempo tale che la temperatura della guaina non scenda sotto detto valore.

#### Giunzione dei cavi

I cavi devono essere posati senza alcuna giunzione intermedia, le giunzioni e le derivazioni devono essere eseguite solo ed esclusivamente in cassette di derivazione o connessione, con morsetti di sezione adeguata o con giunzioni dirette. Le cassette devono essere sempre ubicate in luoghi facilmente accessibili in modo da garantire la manutenibilità dell'impianto.

L'ingresso diretto dei cavi nelle cassette di connessione o di derivazione (cavi senza protezione meccanica) deve essere eseguito per mezzo di appositi raccordi pressacavo oppure passacavo.

In prossimità, d'ogni ingresso di cavo in una cassetta o all'interno della stessa, devono essere apposti anelli d'identificazione del cavo, coincidenti con le indicazioni dei documenti di progetto per l'identificazione del circuito e del servizio al quale il cavo appartiene.

### **1.1.26 Posa dei cavi elettrici a diretto contatto con il terreno**

La posa a diretto contatto con il terreno dei cavi è possibile solo per quelli dotati dello strato di isolante della parte conduttrice e della guaina esterna. In ogni caso la possibilità di utilizzare questa modalità di posa deve essere dichiarata e certificata dal produttore.

Per l'interramento dei cavi elettrici, si dovrà procedere nel modo seguente:

- Realizzare uno scavo a sezione obbligata, largo almeno 40cm, profondo almeno 70cm (quota in ogni caso da concordare con la direzione dei lavori);
- Su fondo dello scavo, privo di qualsiasi sporgenza si dovrà costituire un letto di sabbia di almeno 10 cm, sul quale si dovrà distendere poi il cavo

(od i cavi) senza premere e senza farli affondare artificialmente nella sabbia;

- Si dovrà quindi stendere un altro strato di sabbia come sopra, dello spessore di almeno 5 cm, in corrispondenza del cavo (o dei cavi); pertanto lo spessore finale complessivo della sabbia dovrà essere di almeno cm 15 più il diametro del cavo (quello maggiore, avendo più cavi);
- Sulla sabbia così posta in opera si dovrà infine disporre una fila continua di mattoni pieni, bene accostati fra loro e con il lato maggiore secondo l'andamento del cavo (o dei cavi);
- Sistemati i mattoni, si dovrà procedere al rinterro dello scavo pigiando sino al limite del possibile e trasportando a rifiuto il materiale eccedente dall'iniziale scavo. Per la profondità di posa sarà seguito il concetto di avere il cavo (o i cavi) posti sufficientemente al sicuro da possibili scavi di superficie per ripartizioni ai manti stradali o cunette eventualmente soprastanti, o movimenti di terra nei tratti a prato o giardino. Di massima sarà però osservata la profondità di almeno cm 50 misurando sull'estradosso della protezione di mattoni.

### **1.1.27 Posa dei cavi elettrici in tubazioni interrato**

La posa di un cavo in tubazione interrato è possibile solo per quelli dotati dello strato di isolante della parte conduttrice e della guaina esterna. In ogni caso la possibilità di utilizzare questa modalità di posa deve essere dichiarata e certificata dal produttore.

Per la posa interrato delle tubazioni, valgono le prescrizioni precedenti per l'interramento dei cavi elettrici, circa le modalità di scavo, la preparazione del fondo di posa (naturalmente senza la sabbia e senza la fila di mattoni), il rinterro, ecc.

Le tubazioni dovranno risultare coi singoli tratti uniti tra loro o stretti da collari o flange, onde evitare discontinuità nella loro superficie interna.

Il diametro interno della tubazione, così come riportato negli elaborati progettuali, dovrà essere in rapporto non inferiore ad 1:3 rispetto al diametro del cavo o del cerchio circoscrivente i cavi, sistemati a fascio.

L'infilaggio dei cavi nella tubazione, attraverso i pozzetti interrati, dovrà essere realizzato rispettando le seguenti prescrizioni:

- a) I cavi non dovranno subire durante l'infilaggio curvature di raggio superiore a quelle indicate dal costruttore nel proprio catalogo;
- b) Se la sollecitazione è modesta, è consentito effettuare il tiro durante la posa mediante una calza di acciaio applicata sulla guaina esterna;
- c) Se la sollecitazione raggiunge valori elevati è indispensabile applicare il tiro solo ai con-duttori, tenendo presente di non superare 6 kg/mm<sup>2</sup> di sezione totale per conduttori di alluminio.

In ogni caso sono assolutamente da evitare concentrazioni di torsione (causa di cocche).

### **1.1.28 Posa entro tubazioni a vista, sottotraccia o incassate nella muratura**

La posa di un cavo in un sistema di tubazioni a vista, sottotraccia o incassate nella muratura è possibile per qualsiasi tipo di cavo.

Criteri di installazione

La posa dei tubi può essere sottotraccia (incassata) oppure in vista; in ogni caso tubi ed accessori di collegamento (manicotti, raccordi, scatole, ecc.) devono essere tali da garantire, nelle fasi di montaggio ed esercizio, la necessaria resistenza meccanica (in particolare nei riguardi dello schiacciamento) e chimica.

La distanza tra le scatole o le cassette e il raggio di curvatura dei tubi (che comunque non deve essere inferiore a 6 volte il diametro del tubo stesso)

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

devono essere adeguati, in modo da garantire l'agevole introduzione e sfilaggio dei cavi senza danneggiarne gli isolanti.

Sempre per agevolare l'infilaggio o la sostituzione dei cavi, negli ambienti ordinari, il diametro interno dei tubi deve essere pari almeno a 1,3 volte il diametro del cerchio circoscritto al fascio di cavi che essi sono destinati a contenere, con un minimo di 16 mm del diametro esterno del tubo.

Negli ambienti speciali (ossia luoghi di pubblico spettacolo e quelli con pericolo di incendio) il diametro interno deve essere almeno 1,4 volte il diametro del cerchio circoscritto ai cavi.

Ad ogni brusca deviazione, resa necessaria dalla struttura muraria dei locali, da ogni derivazione da linea principale a secondaria, e comunque in ogni locale servito, la tubazione deve essere interrotta con scatole di derivazione.

Qualora siano prevedibili futuri ampliamenti, è opportuno dimensionare con abbondanza i componenti delle canalizzazioni.

Le tubazioni incassate o a vista in funzione della posizione di installazione dovranno essere almeno:

- Tipo leggero incassato a parete o soffitto;
- Tipo pesante incassato nel massetto a pavimento.

Normalmente i tubi di materiale termoplastico sono del tipo leggero, per i percorsi sotto intonaco a parete e a soffitto, e del tipo pesante (rigido e flessibile), se conformi alle norme CEI 23-8 e CEI 23-14 per gli attraversamenti a pavimento.

I tubi di tipo leggero richiedono, tuttavia, l'adozione di particolari precauzioni per evitare il loro schiacciamento, soprattutto durante la fase di messa in opera.

Lungo le pareti il tracciato dei tubi deve avere un andamento rettilineo orizzontale e verticale, per consentire l'individuazione delle condutture, in base alla posizione delle scatole di derivazione, e quindi evitare che possano essere danneggiate nell'esecuzione di fori nelle pareti.

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

A seconda del tipo di ambiente, è consigliabile quindi scegliere percorsi fuori dalle zone di possibili infissioni di chiodi (es. per fissaggio di mobili, suppellettili, quadri, ecc.).

Nei soffitti e nei pavimenti le condutture possono invece seguire il percorso che risulta più corto o più pratico.

**Impianto incassato sottotraccia**

Per incassare le condutture nelle murature vanno eseguite apposite aperture tracce, in particolare sui muri divisorii interni di spessore inferiore a 10 cm va tenuto presente quanto segue (Disposizione delle tubazioni per locali di civile abitazione):

- 1) non vanno eseguiti raccordi o curve, con la eccezione per quelli necessari per il raccordo con soffitti o con pavimenti;
- 2) nel caso di pareti realizzate con mattoni a due alveoli se ne occupa uno solo di essi;
- 3) la dimensione dell'apertura traccia deve essere la minima possibile per alloggiare le tubazioni, tenendo conto dello spazio richiesto per un agevole riempimento;
- 4) le tracce orizzontali non devono indebolire la parete; si consiglia di realizzare queste scanalature solo su una faccia della parete, scegliendo percorsi che riducano al minimo la loro lunghezza; è comunque preferibile che il loro sviluppo non superi il 60% della lunghezza della parete;
- 5) è opportuno che le scanalature siano eseguite ad almeno 20 cm dall'intersezione di due pareti ed inoltre che la distanza tra due scanalature non sia inferiore a 1,50 m.

I tubi protettivi destinati ad essere annegati in strutture prefabbricate devono essere del tipo in grado di resistere senza danneggiarsi alle sollecitazioni meccaniche (ed alle temperature massime e minime) che possono verificarsi durante la predisposizione e la formazione della struttura stessa.

Sono considerati adatti i tubi protettivi pieghevoli autorinvenenti, di materiale termoplastico non autoestinguento conformi alla Norma CEI 23-17.

Dopo la posa è necessario proteggere scatole e cassette contro la penetrazione di materiale estraneo che si produce durante la esecuzione di opere edili.

Per evitare danneggiamenti i tubi protettivi posati a pavimento vanno adeguatamente protetti immediatamente dopo la posa; è anche consigliabile che venga eseguito il sottofondo il più presto possibile.

#### Impianti a vista

Le tubazioni direttamente a vista sono costituite da tubi rigidi in barre fissati a parete mediante apposite graffette o clips che normalmente si sistemano a distanza di 1,5 m l'una dall'altra.

E' preferibile che i tubi siano distribuiti su unico strato e per evitare accavallamenti nei tratti in curva si potranno predisporre opportune barre di allineamento. In alcuni ambienti particolarmente umidi o bagnati è opportuno distanziare i tubi dalle pareti mediante graffe distanziatrici per evitare eventuali condense sulla superficie dei tubi che peggiorerebbero lo stato dell'isolamento nel tempo.

I tubi protettivi dei cavi collocati in cunicoli che contemporaneamente ospitano altre canalizzazioni e quelli a pavimento devono essere disposti in modo da non essere soggetti a sgocciolamenti, condense, surriscaldamenti o schiacciamenti.

Nella posa in vista delle canalizzazioni negli ambienti a maggior rischio in caso di incendio deve essere garantito un grado di protezione minimo:

- 1) luoghi di tipo A non inferiore a IP2X;
- 2) luoghi di tipo B o C non inferiore a IP4X.

Sono inoltre disponibili tubi protettivi che in caso di incendio garantiscono sia la non propagazione della fiamma, sia un limitato sviluppo di gas tossici e corrosivi e una scarsa emissione di fumi opachi (alogen free).

### **1.1.29 Posa di cavi in canaline o passerelle metalliche**

I cavi dovranno essere posati affiancati ordinatamente su uno o più strati con un grado di riempimento della canalina non superiore al 50%. Qualora sia necessario un numero maggiore di passerelle queste saranno disposte su più piani con interdistanza minima di 30 cm.

I cavi dovranno essere contrassegnati ogni 20 m con targhetta in pvc fissata con collare plastico indicante il tipo di impianto o di servizio.

Nei tratti verticali ed inclinati i cavi dovranno essere fissati alle canaline mediante legatura.

Nei tratti verticali, ove prescritto, potrà essere fatto uso di ancoraggio tramite morsetti su supporti posti con interdistanza massima di 1 m.

I morsetti di serraggio saranno completi di sella di appoggio alle parti metalliche.

La canalina dovrà essere sovradimensionata del 20%.

Come per i cunicoli, nel passaggio da un locale all'altro, dovranno essere previsti diaframmi tagliafuoco come descritti nella specifica.

In corrispondenza degli attraversamenti di pareti tagliafuoco, le passerelle e le canaline dovranno avere un tronchetto smontabile, sia per facilitare l'installazione delle barriere tagliafuoco, sia per consentire l'infilaggio di altri cavi in tempi successivi.

## **5.10 Canalizzazioni e tubazioni portacavi**

Tutte le canalizzazioni e le tubazioni dovranno essere conformi alle norme CEI

La posa dovrà essere eseguita in modo ordinato secondo percorsi orizzontali o verticali, paralleli o perpendicolari a pareti e/o soffitti, senza tratti obliqui ed evitando incroci o accavallamenti non necessari.

Dovranno essere evitate le giunzioni su tubi di tipo corrugato o di tipo flessibile o di diametro diverso.

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

Per le giunzioni fra tubazioni rigide e tubazioni flessibili dovranno essere impiegati gli adatti raccordi previsti allo scopo dal costruttore del tubo flessibile. Il serraggio con clips strette con viti è ammesso solo sul lato tubo rigido e se non viene abbassato il grado di protezione previsto per l'impianto.

In mancanza di indicazioni o prescrizioni diverse sulle tavole di progetto, nei locali umidi o bagnati o all'esterno canalette e tubazioni saranno in materiale isolante e tutti gli accessori per la messa in opera, quali mensole o staffe di sostegno per le canalette, morsetti di fissaggio per i tubi, dovranno essere in materiale plastico o in acciaio inossidabile.

All'interno di detti locali le varie parti costituenti le canalette (tratti rettilinei, curve etc.) dovranno essere collegate fra loro mediante bulloni in nylon o in acciaio inossidabile.

Negli impianti in vista (generalmente stagni) l'ingresso di tubi in cassette, contenitori e canalette dovrà avvenire tramite adatto pressatubo senza abbassare il grado di prestazione previsto.

Per consentire l'agevole infilaggio e sfilaggio dei conduttori il rapporto fra il diametro interno del tubo protettivo ed il diametro del fascio di cavi contenuti dovrà essere almeno pari a:

- 1,3 per le linee luce, fm e simili;
- 1,3 per le linee telefoniche; - 1,3 per i cavi coassiali di impianto TV.

Il diametro delle tubazioni non dovrà comunque essere inferiore a quello riportato sui disegni di progetto.

Analogamente alle dimensioni delle canalette portacavi non dovranno essere inferiori a quelle ri-portate sui disegni e, salvo diversa indicazione o in assenza di dimensione, le canalette dovranno essere dimensionate per portare i cavi su un unico strato.

Sempre allo scopo di facilitare l'infilaggio non dovranno essere eseguite più di due curve, o comunque curve per più di 180 gradi sulle tubazioni protettive

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

senza l'interposizione di una cassetta di transito. Analogamente nei tratti rettilinei non dovrà essere superata la lunghezza di 10 m senza l'interposizione di una cassetta rompitratta.

Le tubazioni interrate dovranno rispondere alle seguenti caratteristiche costruttive e di posa: (salvo diversa prescrizione di progetto o indicazione della D.L.)

- Essere di materiale termoplastico (pvc) e dotate di sufficiente resistenza allo schiacciamento;
- Avere i giunti di tipo a bicchiere sigillati con apposito collante, o di tipo filettato per evitare lo sfilamento e le infiltrazioni di acqua;
- Essere posate a non meno di 0,5 m di profondità, avendo cura di stendere sul fondo dello scavo e sopra il tubo, una volta posato, uno strato di sabbia di circa 10 cm di spessore; i tratti interrati, ove sia prevedibile il transito di automezzi, dovranno essere protetti con copponi di calcestruzzo vibrato.
- Dovranno essere previsti pozzetti di ispezione in corrispondenza ai cambiamenti di direzione e ad intervalli non superiori a 15 m nei tratti rettilinei;
- I tratti rettilinei orizzontali dovranno essere posati con pendenza verso un pozzetto per evitare il ristagno dell'acqua;
- Il tratto entrante nel fabbricato deve essere posato con pendenza verso l'esterno, per evitare l'ingresso di acqua;
- Dopo aver infilato i cavi, le estremità all'interno e/o all'esterno del fabbricato dovranno essere chiuse con un tappo e sigillate o con un passacavo stagno;
- Tutti i pozzetti dovranno essere senza fondo, o comunque con fori adeguati ad evitare il ristagno dell'acqua.
- Prima della chiusura di tracce o scavi, e di eventuali controsoffitti e/o pavimenti sopraelevati, dovrà essere avvisato con sufficiente anticipo il D.L., in modo da consentire un esame a vista delle modalità con cui è stata effettuata la posa delle canalizzazioni.

- Tutte le variazioni dei percorsi rispetto a quelli di progetto dovranno essere preventivamente approvate dalla D.L., ed essere riportate sui disegni da consegnare alla Committente al termine dei lavori stessi.

### **1.1.30 Canaletta asolata in acciaio zincato**

Sarà forata (asolata) e ottenuta da lamiera di acciaio protetta con zincatura a fuoco sendzimir oppure, se indicato nel computo metrico o nella specifica, con zincatura a fuoco per immersione dopo le lavorazioni foratura e piegatura, corredata di coperchio.

I fianchi dovranno avere un'altezza di almeno 50 mm e lo spessore dovrà corrispondere a quello indicato in altri elaborati.

Per la sospensione saranno impiegate, per quanto possibile, mensole ancorate sia a profilati fissati a soffitto, sia con tasselli direttamente a parete in modo da avere sempre un lato libero. La distanza fra due sostegni non dovrà essere superiore a 1.5 m e comunque tale che la freccia d'inflessione non risulti superiore a 5 mm.

La distanza della canaletta dal soffitto o da un'altra sovrapposta dovrà essere di almeno 20 cm.

Il collegamento fra due tratti dovrà avvenire mediante giunti di tipo telescopico o ad incastro in modo da ottenere la perfetta continuità del piano di scorrimento dei cavi ed evitarne l'abrasione durante la posa oppure impiegando giunti ad angolo di tipo esterni e piastre coprigiunto interne.

Per eseguire cambiamenti di direzione, variazioni di quota, di larghezza, ecc., dovranno essere impiegati gli accessori allo scopo previsti dal costruttore in modo da ridurre al minimo, e per dimostrata necessità, gli interventi quali tagli, piegature, etc,. In ogni caso gli spigoli che possono danneggiare i cavi dovranno essere protetti con piastre terminali coprifilo.

Per il collegamento delle varie parti dovranno essere impiegati non meno di quattro bulloni in acciaio zincato o cadmiato di tipo con testa tonda e larga posta all'interno della canaletta e muniti di rondella.

Nel caso fosse necessario il coperchio, questo verrà indicato di volta in volta nel computo metrico estimativo o nella specifica dei materiali e dovrà essere asportabile per tutta la lunghezza anche in corrispondenza degli attraversamenti di pareti.

Per la canaletta zincata per immersione dovrà essere ripristinata la protezione nei punti in cui dovesse essere indispensabile intervenire con tagli, brusche piegature, fori, etc., oltre ovviamente alla zincatura per immersione potranno essere impiegate vernici catodiche rispetto allo zinco, quali minio o cromato di Pb.

Per i canali metallici devono essere previsti i necessari collegamenti di terra ed equipotenziali, secondo quanto previsto dalle norme CEI 64-8.

Nei passaggi di parete devono essere previste opportune barriere tagliafiamma che non degradino i livelli di segregazione assicurati dalle pareti.

### **1.1.31 Canaletta in acciaio zincato IP 40-44**

Vale, in generale, quanto descritto per la canaletta di tipo asolata. La canaletta sarà dotata di coperchio fissato o a scatto o mediante moschettoni e asportabile per tutta la lunghezza anche in corrispondenza agli attraversamenti di pareti, e sarà di tipo chiuso.

Di volta in volta risulta precisato sui disegni o nel computo metrico il grado di protezione richiesto.

Particolare cura dovrà essere posta affinché non risulti abbassato in corrispondenza di giunzioni, collegamenti con tubi derivati dalla canaletta, cassette di derivazione, contenitori, etc.

Per i canali metallici devono essere previsti i necessari collegamenti di terra ed equipotenziali, se-condo quanto previsto dalle norme CEI 64-8.

Nei passaggi di parete devono essere previste opportune barriere tagliafiamma che non degradino i livelli di segregazione assicurati dalle pareti.

### **1.1.32 Tubo rigido in PVC**

Sarà della serie pesante a bassissima emissione d'alogeni e resistente alla prova del filo incandescente a 850C, con grado di compressione minimo di 750 N.

Potrà essere impiegato per la posa a pavimento (annegato nel massetto e ricoperto da almeno 15 mm di malta di cemento) oppure in vista (a parete, a soffitto, nel controsoffitto o sotto il pavimento sopraelevato).

Non è ammessa la posa interrata (anche se protetto da manto di calcestruzzo) o in vista in posizioni dove possa essere soggetto a urti, danneggiamenti etc..

Le giunzioni e i cambiamenti di direzione dei tubi potranno essere ottenuti sia impiegando rispettivamente manicotti e curve con estremità a bicchiere conformi alle citate norme e tabelle.

Sarà anche possibile eseguire i manicotti e le curve a caldo sul posto di posa.

Nel caso sia adottato il secondo metodo le giunzioni dovranno essere eseguite in modo che le estremità siano sovrapposte per un tratto pari a circa 1-2 volte il diametro nominale del tubo e le curve in modo che il raggio di curvatura sia compreso fra 3 e 6 volte il diametro nominale del tubo. Tubazioni e accessori avranno marchio IMQ.

Nella posa in vista la distanza fra due punti di fissaggio successivi non dovrà essere superiore a 1 m, in ogni caso i tubi devono essere fissati in prossimità di ogni giunzione e sia prima che dopo ogni cambiamento di direzione.

In questo tipo di posa, per il fissaggio saranno impiegati collari singoli in acciaio zincato e passivato con serraggio mediante viti trattate superficialmente contro la corrosione e rese imperdibili; oppure saranno impiegati collari c.s.d. in materiale isolante, oppure morsetti in materiale isolante sempre serrati con viti (i tipi con serraggio a scatto sono ammessi all'interno di controsoffitti, sotto pavimenti sopraelevati, in cunicoli o analoghi luoghi protetti).

Collari e morsetti dovranno essere ancorati a parete o a soffitto mediante chiodi a sparo o viti e tasselli in plastica.

Nei locali umidi o bagnati e all'esterno, degli accessori di fissaggio descritti potranno essere impiegati solo quelli in materiale isolante, le viti dovranno essere in acciaio nichelato o cadmiato o in ottone.

### **1.1.33 Tubo flessibile in PVC serie pesante (corrugato)**

Sarà conforme alle norme CEI 23-80 e alle norme della serie CEI EN 61386 (serie pesante) in materiale autoestinguente, provvisto di marchio italiano di qualità.

Sarà impiegato esclusivamente per la posa sottotraccia a parete, a soffitto o a pavimento curando che in tutti i punti risulti ricoperto da almeno 20 mm di intonaco oppure entro pareti prefabbricate del tipo a sandwich. Non potrà essere impiegato nella posa in vista o interrata (anche se protetto da manto di calcestruzzo) e così pure non potranno essere eseguite giunzioni se non in corrispondenza di scatole o di cassette di derivazione.

I cambiamenti di direzione dovranno essere eseguiti con curve ampie (raggio di curvatura compreso fra 3 e 6 volte il diametro nominale del tubo).

Avrà una resistenza allo schiacciamento non inferiore a 750 N.

### **1.1.34 Cavidotto in PVC corrugato pesante per posa interrata**

Sarà della serie pesante con grado di compressione minima di 1250 N conforme alle tabelle UNEL 37118 e alla norma CEI 23.8 - 23.29. Sarà in materiale autoestinguente provvisto di marchio IMQ. Sarà impiegato esclusivamente per la posa interrata curando che in tutti i punti risulti ricoperto da

almeno 100 cm lungo le tratte e in prossimità dei pozzetti. Laddove non sia possibile raggiungere tale profondità di posa, si provvederà a ricoprire il cavidotto con getto in calcestruzzo.

Lungo le tratte, ogni 25 metri massimo sui tratti rettilinei o in corrispondenza di cambi di direzione, saranno installati dei pozzetti in cemento con chiusino in ghisa nelle zone carrabili, cortili o pavimentate e nelle zone a verde.

Sarà dotato di cavetto interno in acciaio zincato.

## **5.11 Tipologia cavi**

### **1.1.35 Cavo FS17 450/750V**

Norma di riferimento

CEI UNEL 35324 (energia)

CEI UNEL 35328 (segnalamento)

Reazione al fuoco

Conforme CPR regolamento 305/2011/UE

Norma: EN 50575-2014 +A1-2016

Classe: Cca-s3,d1,a3

Classificazione: CEI UNEL 35016;

Descrizione Cavo

Conduttore

Conduttore a corda rotonda flessibile di rame rosso ricotto.

Isolante

In PVC qualità S17

Colore isolante anime

Nero, marrone, blu chiaro, grigio, rosso, bianco, giallo/verde, arancione, rosa,  
blu scuro, violetto

Marcatura

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

Stampigliatura ad inchiostro ogni 0,5m

FS17 450/750 V [form.] Cca-s3,d1,a3 IEMMEQU EFP [anno]

Caratteristiche funzionali:

Tensione nominale U0/U 450/750Vca

Tensione massima Um: 1000Vca

Temperatura di esercizio: 70°C;

Temperatura minima di esercizio: -10°C ( in assenza di sollecitazioni meccaniche);

Temperatura massima di cortocircuito: 160°C;

Temperatura minima di posa: 5°C;

Condizioni di posa:

Temperatura minima di posa: 5°C

Raggio di curvatura consigliato: 4 volte il diametro del cavo;

Massimo sforzo di trazione consigliato: 50 N/mm<sup>2</sup> di sezione di rame;

Impiego e tipo di posa

Cavi adatti all'alimentazione elettrica in costruzioni ed altre opere di ingegneria civile con l'obiettivo di limitare

la produzione e la diffusione di fuoco e di fumo, rispondenti al Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR).

Per ulteriori dettagli fare riferimento alla Norma CEI 20-40 "Guida all'uso dei cavi di bassa tensione".

Adatti per installazione fissa e protetta su o entro apparecchi d'illuminazione, all'interno di apparecchi e di apparecchiature di interruzione e di comando, per

tensioni sino a 1000 V in corrente alternata o, in caso di corrente continua, sino a 750 V verso terra.

Per installazione a rischio di incendio la temperatura massima di esercizio non deve superare i 55°C. Non adatto per posa all'esterno.

### **1.1.36 Cavo FG16R16 0,6/1KV – FG16OR16 0,6/1KV**

Norma di riferimento

CEI UNEL 35318 (Energia)

CEI UNEL 35322 (Segnalamento)

CEI 20-13

IEC 60502-1

Direttiva bassa tensione 2014/35/UE

Reazione al fuoco

Conforme CPR regolamento 305/2011/UE

Norma: EN 50575-2014 +A1-2016

Classe: Cca-s3, d1, a3

Classificazione: CEI UNEL 35016;

Descrizione Cavo

Conduttore

Conduttore a corda rotonda flessibile di rame rosso ricotto.

Isolante

Gomma di qualità G17

Riempitivo (solo cavi multipolari)

Riempitivo di materiale non igroscopico

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

**Guaina**

In PVC di qualità R16, colore grigio

Colore isolante anime

Unipolare: nero;

Bipolare: Blu-chiaro, marrone

Tripolare:

a) giallo-verde, blu-chiaro, marrone;

b) marrone, nero, grigio;

Quadripolare

a) giallo-verde, marrone, nero, grigio;

b) blu-chiaro, marrone, nero, grigio;

Pentapolare

a) giallo-verde, blu-chiaro, marrone, nero, grigio;

b) blu-chiaro, marrone, nero, grigio, nero.

Le anime nei cavi multipli per segnalamento e comando sono nere numerate con o senza conduttore G/V.

**Marchatura**

Stampigliatura ad inchiostro ogni 0,5m

FG16R16 0.6/1kV [form.] Cca-s3, d1, a3 IEMMEQU EFP [anno]

FG16OR16 0.6/1kV [form.] Cca-s3, d1, a3 IEMMEQU EFP [anno]

**Caratteristiche funzionali:**

Tensione nominale U<sub>0</sub>/U 600/1000V<sub>ca</sub> – 1500V<sub>cc</sub>

Tensione massima U<sub>m</sub>: 1200V<sub>ca</sub> – 1800V<sub>cc</sub>

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

Temperatura di esercizio: 90°C;  
Temperatura minima di esercizio: -30°C (in assenza di sollecitazioni meccaniche);

Temperatura massima di cortocircuito: 250°C;

Condizioni di posa:

Temperatura minima di posa: -15°C

Raggio di curvatura consigliato: 4 volte il diametro del cavo;

Massimo sforzo di trazione consigliato: 50 N/mm<sup>2</sup> di sezione di rame;

Impiego e tipo di posa

Cavi adatti all'alimentazione elettrica in costruzioni ed altre opere di ingegneria civile con l'obiettivo di limitare la produzione e la diffusione di fuoco e di fumo, rispondenti al Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR). Per ulteriori dettagli fare riferimento alla Norma CEI 20-67 "Guida all'uso dei cavi 0,6/1 kV".

Adatti per alimentazione e trasporto di energia nell'industria/artigianato e dell'edilizia residenziale. Adatti per posa fissa sia all'interno, che all'esterno su passerelle, in tubazioni, canalette o sistemi simili. Possono essere direttamente interrati.

**1.1.37 Cavo FG16M16 0.6/1KV**

Cavo prodotto in accordo alla Normativa Europea prodotti da costruzione CPR, con le seguenti caratteristiche:

Norma di riferimento

CEI UNEL 35324.( energia)

CEI UNEL 35328 (segnalamento)

Reazione al fuoco

Conforme CPR regolamento 305/2011/UE

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

Norma: EN 50575-2014 +A1-2016

Classe: Cca-s1b,d1,a1

Classificazione: EN13501-6;

Descrizione Cavo

Anima

Conduttore a corda rotonda flessibile di rame rosso ricotto.

Isolante

Gomma HEPR ad alto modulo qualità G16 che conferisce al cavo elevate caratteristiche elettriche, meccaniche e termiche.

Colore isolante anime

nero

Rivestimento interno

Riempitivo/guainetta di materiale non igroscopico.

Guaina

Termoplastica speciale di qualità M16, colore verde

Marcatura

Stampigliatura ad inchiostro:

FG16M16 Afumex 1000 PLUS 0.6/1 kV 1x... Cca-s1b,d1,a1 IEMMEQU EFP anno

Marcatura metrica progressiva

Conforme ai requisiti previsti dalla Normativa Europea Prodotti da Costruzione (CPR UE 305/11)

Caratteristiche funzionali:

Tensione nominale U<sub>0</sub>/U 600/1000Vca – 1500Vcc

Tensione massima Um: 1200Vca – 1800vcc;

Temperatura di esercizio: 90°C;

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

Temperatura minima di esercizio: -15°C ( in assenza di sollecitazioni meccaniche);

Temperatura massima di cortocircuito: 250°C;

Temperatura minima di posa: 0°C;

Modalità di posa consentite:

- Tubo o canalina in aria;
- Canale interrato;
- Tubo interrato;
- Aria libera;
- Direttamente interrato con protezioni.

Impiego e tipo di posa

Cavi adatti all'alimentazione elettrica in costruzioni ed altre opere di ingegneria civile con l'obiettivo di limitare la produzione e la diffusione di fuoco e di fumo, rispondenti al Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR).

Per ulteriori dettagli fare riferimento alla Norma CEI 20-67 "Guida all'uso dei cavi 0,6/1 kV".

Cavi unipolari per e

nergia a bassissima emissione di fumi e gas tossici (limiti previsti dalla CEI 20-38 con modalità di prova previste dalla CEI 20-37). Idonei in ambienti a rischio d'incendio ove sia fondamentale garantire la salvaguardia delle persone e preservare gli impianti e le apparecchiature dall'attacco dei gas corrosivi (esempio: scuole, ospedali, alberghi, supermercati, metropolitane, cinema, teatri, discoteche, uffici, ecc.). Adatti per posa fissa su muratura e su strutture metalliche.

### **1.1.38 Cavo FG16OM16 0.6/1KV**

Norma di riferimento

CEI UNEL 35324 (energia)

CEI UNEL 35328 (segnalamento)

Reazione al fuoco

Conforme CPR regolamento 305/2011/UE

Norma: EN 50575-2014 +A1-2016

Classe: Cca-s1b,d1,a1

Classificazione: EN13501-6;

Descrizione Cavo

Conduttore

Conduttore a corda rotonda flessibile di rame rosso ricotto.

Isolante

Gomma HEPR ad alto modulo qualità G16

Colore isolante anime

Unipolare: nero;

Bipolare: Blu-chiaro, marrone

Tripolare:

c) giallo-verde, blu-chiaro, marrone;

d) marrone, nero, grigio;

Quadripolare

c) giallo-verde, marrone, nero, grigio;

d) blu-chiaro, marrone, nero, grigio;

Pentapolare

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

- c) giallo-verde, blù-chiaro, marrone, nero, grigio;
- d) blù-chiaro, marrone, nero, grigio, nero.

Le anime nei cavi multipli per segnalamento e comando sono nere numerate con o senza conduttore G/V.

Rivestimento interno

Riempitivo/guainetta di materiale non igroscopico.

Guaina

Termoplastica speciale di qualità M16, colore verde

Marcatura

Stampigliatura ad inchiostro:

FG16M16 Afumex 1000 PLUS 0.6/1 kV 1x... Cca-s1b,d1,a1 IEMMEQU EFP anno

Marcatura metrica progressiva

Conforme ai requisiti previsti dalla Normativa Europea Prodotti da Costruzione (CPR UE 305/11)

Caratteristiche funzionali:

Tensione nominale U<sub>0</sub>/U 600/1000Vca – 1500Vcc

Tensione massima Um: 1200Vca – 1800vcc;

Temperatura di esercizio: 90°C;

Temperatura minima di esercizio: -15°C ( in assenza di sollecitazioni meccaniche);

Temperatura massima di cortocircuito: 250°C;

Temperatura minima di posa: 0°C;

Modalità di posa consentite:

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

- Tubo o canalina in aria;
- Canale interrato;
- Tubo interrato;
- Aria libera;
- Direttamente interrato con protezioni.

**Impiego e tipo di posa**

Cavi adatti all'alimentazione elettrica in costruzioni ed altre opere di ingegneria civile con l'obiettivo di limitare la produzione e la diffusione di fuoco e di fumo, rispondenti al Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR).

Per ulteriori dettagli fare riferimento alla Norma CEI 20-67 "Guida all'uso dei cavi 0,6/1 kV".

Cavi unipolari per energia a bassissima emissione di fumi e gas tossici (limiti previsti dalla CEI 20-38 con modalità di prova previste dalla CEI 20-37). Idonei in ambienti a rischio d'incendio ove sia fondamentale garantire la salvaguardia delle persone e preservare gli impianti e le apparecchiature dall'attacco dei gas corrosivi (esempio: scuole, ospedali, alberghi, supermercati, metropolitane, cinema, teatri, discoteche, uffici, ecc.).

Adatti per posa fissa su muratura e su strutture metalliche.

**1.1.39 Cavo ARP1H5EX 12/20KV**

Norma di riferimento

HD 620/IEC 60502-2

Conforme CPR regolamento 305/2011/UE

Il cavo rispetta le prescrizioni della norma HD 620 per quanto riguarda l'isolante, per tutte le altre caratteristiche rispetta le prescrizioni della IEC 60502-2.

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

Descrizione Cavo

Conduttore

Conduttore a corda rotonda compatta alluminio

Semiconduttivo interno

Mescola estrusa.

Isolante

Mescola in elastomero termoplastico (qualità HPTE)

Semiconduttivo esterno

Mescola estrusa.

Rivestimento protettivo

Nastro semiconduttore igroespandente

Schermatura

Nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale ( $R_{max} 3\Omega/Km$ )

Guaina

Polietilene: colore rosso (qualità DMP 2)

Marcatura metrica progressiva

xx ARP1H5EX xxxx

Caratteristiche funzionali:

Tensione nominale 12/20kV

Temperatura di esercizio: 105°C;

Temperatura massima di cortocircuito: 300°C;

Temperatura minima di posa: -25°C;

Modalità di posa consentite:

- Tubo o canalina in aria;
- Canale interrato;
- Tubo interrato;
- Aria libera;
- Direttamente interrato con protezioni.

## **5.12 Apparecchi illuminazione**

### **1.1.40 Apparecchio illuminazione stradale/aree esterne**

Condizioni ambientali

L'apparecchio dovrà essere adatto per poter funzionare nelle seguenti condizioni ambientali:

Ambiente

- installazione: esterna
- umidità : max 90%
- atmosfera normale

Installazione

Le modalità di installazione previste:

- Installato su palo:
  - a) Testa palo
  - b) Sbraccio su palo

Caratteristiche tecniche

#### Corpo e telaio

In alluminio pressofuso con una sezione a bassissima superficie di esposizione al vento. Alette di raffreddamento integrate nella copertura. Attacco palo: in alluminio pressofuso è provvisto di ganasce per il bloccaggio dell'armatura secondo diverse inclinazioni. Orientabile da 0° a 15° per applicazione a frusta; e da 0° a 10° per applicazione a testa palo. Passo di inclinazione 5°. Idoneo per pali di diametro 63-60mm.

#### Diffusore

Diffusore in vetro temperato resistente agli shock termici e agli urti (UNI-EN 12150-1 - 2001), trasparente spessore non inferiore a 4mm

#### Ottica

Sistema a ottiche combinate realizzate in PMMA ad alto rendimento resistente alle alte temperature e ai raggi UV. Recuperatori di flusso in policarbonato V2.

#### Verniciatura

il ciclo di verniciatura standard a polvere è composto da una fase di pretrattamento superficiale del metallo e successiva verniciatura a mano singola con polvere poliestere, resistente alla corrosione, alle nebbie saline e stabilizzata ai raggi UV.

#### Dotazione

Apparecchio equipaggiato con dispositivo automatico di controllo della temperatura. Nel caso di sovratemperatura dovuta ad anomale condizioni ambientali, abbassa il flusso luminoso per ridurre la temperatura di esercizio, garantendo il funzionamento. Dispositivo di protezione conforme alla EN 61547 contro i fenomeni impulsivi atto a proteggere il modulo LED e il relativo alimentatore.

#### Equipaggiamento

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

Completo di connettore stagno IP67 per il collegamento alla linea. Sezionatore di serie in doppio isolamento che interrompe l'alimentazione elettrica all'apertura della copertura. Valvola anticondensa per il ricircolo dell'aria

**Caratteristiche elettriche**

Alimentazione:	230V 50hZ
Grado di protezione :	IP66;
Isolamento elettrico (Classe) :	II
Resistenza agli urti:	IK08
Fattore di potenza	≥ 0.9

**Lampada**

Tipo di lampada:	LED
IRC.:	≥ 70
Temperatura di colore [K]:	4000
Flusso luminoso lampada [Lm]:	≥ 15000lm
Potenza lampada [W]	~ 150W

**Classificazione rischio biologico**

Gruppo di rischio esente secondo le EN62471

**Certificazioni**

Marchio CE

### **1.1.41 Apparecchi di illuminazione di sicurezza**

I servizi di sicurezza, comprendenti la sorgente, i circuiti e gli apparecchi di illuminazione, devono assicurare l'illuminazione necessaria per la sicurezza delle persone, in caso di mancanza dell'illuminazione ordinaria.

Essi dovranno essere installati negli ambienti per la cui destinazione è richiesta, dalle vigenti norme, un'illuminazione di sicurezza.

Gli apparecchi per l'illuminazione di emergenza e di sicurezza, dovranno essere del tipo ad elevatissima efficienza in grado di assicurare prestazioni illuminotecniche richieste da progetto.

Inoltre, gli apparecchi di illuminazione dovranno poter essere installati senza un orientamento predefinito, garantendo sempre i parametri di illuminamento previsti in progetto anche se installati a plafone, a parete o ad incasso filo muro.

Inoltre sarà caratterizzato da una tecnologia elettronica che permetta la verifica immediata dell'apparecchio e del suo stato delle batterie e dovranno consentire il loro monitoraggio quando inseriti in un impianto centralizzato.

Gli apparecchi di illuminazione dovranno avere le seguenti caratteristiche:

Lampada: LED

Potenza elettrica (equivalente in casi di lampada LED): 8W , 18W

Funzionamento: Non Permanente (SE), Permanente o Pubblico Spettacolo (SA/PS)

Conformità: EN 60598-1, EN 60598-2-2, EN 60598-2-22, UNI EN 1838, UNI 11222

Grado di protezione: IP40 e IP5X minimo garantito

Autonomia: non inferiore a 1 h

Installazioni: parete, soffitto, incasso, controsoffitto

Ottica: simmetrica, in alluminio antiabbagliamento

### **1.1.42 Plafoniera di illuminazione stagna**

Condizioni ambientali

L'apparecchio dovrà essere adatto per poter funzionare nelle seguenti condizioni ambientali:

Temperatura

- massima +40°C
- minima -30°C

Ambiente

- installazione: interna
- umidità : max 90%
- atmosfera normale

Installazione

Le modalità di installazione previste:

- A plafone

Caratteristiche tecniche

Corpo

In policarbonato autoestinguente V2, stampato ad iniezione in colore grigio RAL 7035 o similare.

Riflettore

In acciaio laminato a freddo, zincato a caldo antifessurazione, rivestimento con fondo di primer epossidico 7/8 micron, verniciatura stabilizzata ai raggi UV in poliesteri lucido colore bianco, spessore 20 micron.

Schermo

Schermo in policarbonato stampato ad iniezione autoestinguente V2, stabilizzato agli UV, con superficie esterna liscia.

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI  
TECNICI**

---

## Cablaggio

Alimentazione 230V/50Hz, con reattore elettronico. Cavetto rigido sezione 0.50 mm<sup>2</sup> rivestito con PVC-HT resistente a 90°C, secondo le norme CEI 20-20. Morsettiera 2P+T con portafusibile, massima sezione ammessa dei conduttori 1.5 mm<sup>2</sup>.. Fusibile di protezione

Accessori

Staffe ancoraggio

## Caratteristiche elettriche

Alimentazione:	230V 50hZ
Grado di protezione :	IP66;
Isolamento elettrico (Classe) :	II
Resistenza al filo incandescente (°C):	850
Resistenza agli urti:	IK08

## Lampada

Tipo di lampada:	LED
IRC.:	>90
Temperatura di colore [K]:	4000
Flusso luminoso lampada [Lm]:	4300
Potenza indicativa [W]	27

Conformita' alle norme

Conformità alle norme IEC 60598-1

Certificazioni

Marchio CE

### **1.1.43 Proiettore per esterno**

L'apparecchio dovrà essere adatto per poter funzionare nelle seguenti condizioni ambientali:

Temperatura

- massima +40°C
- minima -30°C

Ambiente

- installazione: interna
- umidità : max 90%
- atmosfera normale

Installazione

Le modalità di installazione previste:

- sospeso o su mensola

Caratteristiche tecniche

Corpo

in alluminio pressofuso, con alettature di raffreddamento.

Diffusore

vetro temperato sp. 5 mm resistente agli shock termici e agli urti.

Verniciatura

Ciclo di verniciatura standard a polvere è composto da una fase di pretrattamento superficiale del metallo e successiva verniciatura a mano singola con polvere poliesteri, resistente alla corrosione, alle nebbie saline e stabilizzata ai raggi UV

## Cablaggio

Alimentazione 230V/50Hz, con reattore elettronico. Cavetto rigido sezione 0.50 mm<sup>2</sup> rivestito con PVC-HT resistente a 90°C, secondo le norme CEI 20-20. Morsettiera 2P+T con portafusibile, massima sezione ammessa dei conduttori 1.5 mm<sup>2</sup>.. Fusibile di protezione

## Accessori

Staffe ancoraggio

## Caratteristiche elettriche

Alimentazione: 230V 50hZ

Grado di protezione : IP66;

Isolamento elettrico (Classe) : II

Resistenza al filo incandescente (°C): 850

Resistenza agli urti: IK08

## Lampada

Tipo di lampada: LED

IRC.: >90

Temperatura di colore [K]: 4000

Flusso luminoso lampada nn inferiore a [Lm]: 16000

Potenza indicativa [W] 157

Conformita' alle norme

Conformità alle norme IEC 60598-1

Certificazioni

Marchio CE