

AUTOSTRADA A10 GENOVA – VENTIMIGLIA
DA PROGR. 10+025.50 A PROGR. 10+605.800

PIANO DI RISANAMENTO ACUSTICO AI SENSI DELLA LEGGE QUADRO N° 447/95

PROGETTO ESECUTIVO

DOCUMENTAZIONE GENERALE



DOCUMENTI TECNICO-AMMINISTRATIVI

CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO
PARTE II – NORME TECNICHE – ALLEGATI

Vol. 1 di 2

<p>IL RESPONSABILE PROGETTAZIONE SPECIALISTICA</p> <p>Ing. Massimiliano Giacobbi Ord. Ingg. Milano N.20746</p> <p>RESPONSABILE UFFICIO PCC</p>	<p>IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE</p> <p>Ing. Danilo D'Alessandro Ord. Ingg. L'Aquila N. 1503</p> <p>CAPO PROGETTO</p>	<p>IL DIRETTORE TECNICO</p> <p>Ing. Massimiliano Giacobbi Ord. Ingg. Milano N. 20746</p> <p>RESPONSABILE DIVISIONE ESERCIZIO E NUOVE ATTIVITA'</p>
--	---	--

WBS	RIFERIMENTO ELABORATO											DATA:		REVISIONE		
—	DIRETTORIO					FILE						SETTEMBRE 2016		n.	data	
	codice commessa			N.Prog.	unita'	ufficio	n. progressivo		Rev.							
—	1	1	1	0	0	2	0	2	—	—	CCP0006		—	—		

 spea ENGINEERING			ELABORAZIONE GRAFICA A CURA DI :	
			ELABORAZIONE PROGETTUALE A CURA DI :	
 gruppo Atlantia	CONSULENZA A CURA DI :		IL RESPONSABILE UFFICIO/UNITA'	Ing. Massimiliano Giacobbi O.l. Milano N.20746

<p>VISTO DEL COMMITTENTE</p> <p>autostrade // per l'italia</p> <p>RUP: Arch. Piero Indelli</p>	<p>VISTO DEL CONCEDENTE</p> <p></p> <p>Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE STRUTTURA DI RICHIEDENZA SULLE CONTRASPECIFICHE AUTOSTRADALI</p>
---	--

CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO

PARTE SECONDA

NORME TECNICHE

INDICE

1	OGGETTO DELLE NORME TECNICHE.....	10
2	DOCUMENTI CORRELATI	11
3	PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI	12
4	ORGANIZZAZIONE DEL CANTIERE	13
5	SICUREZZA E SORVEGLIANZA	14
6	OBBLIGHI VARI NELL' ESECUZIONE DEI LAVORI	15
7	DEMOLIZIONI.....	16
8	MOVIMENTI DI TERRA	17
8.1	PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI	17
8.1.1	DISERBAMENTO E SCOTICAMENTO	17
8.1.2	SCAVI	17
8.1.3	RINTERRI	18
8.2	PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI	18
8.3	CONTROLLI.....	20
9	OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO	21
9.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	21
9.2	CLASSIFICAZIONE DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI	21
9.3	PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI	24
9.3.1	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	24
9.3.2	CARATTERISTICHE DELLE MISCELE DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI.....	32
9.3.2.1	Requisiti generali	32
9.3.3	DURABILITÀ DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI	32
9.3.4	TIPI E CLASSI DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI	33
	ALLEGATO20.2 – GUIDA ALLA SCELTA DELLE CLASSI DI ESPOSIZIONE PER MANUFATTI AUTOSTRADALI	36
9.3.5	QUALIFICA PRELIMINARE DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI	40
9.3.5.1	Dossier di Prequalifica	40
9.3.5.2	Qualifica all'impianto	40
9.3.5.3	Autorizzazione ai getti	41
9.3.6	CONTROLLI IN CORSO D'OPERA.....	42
9.3.6.1	Resistenza dei conglomerati cementizi	42
9.3.6.1.1	Controlli di accettazione con metodo Tipo A	43
9.3.6.1.2	Controlli di accettazione con metodo Tipo B	43
9.3.6.2	Non conformità dei controlli di accettazione	44
9.3.7	TECNOLOGIA ESECUTIVA DELLE OPERE.....	44
9.3.7.1	Confezione dei conglomerati cementizi	44
9.3.7.2	Getti in clima freddo	45
9.3.7.2.1	Mantenimento della temperatura del calcestruzzo per evitare il congelamento	45
9.3.7.2.2	Coibentazione	46

9.3.7.2.3 Protezione	47
9.3.7.2.4 Requisito di resistenza	47
9.3.7.2.5 Ulteriori precauzioni	47
9.3.7.2.6 Misure di temperatura	47
9.3.7.3 .Getti clima caldo	47
9.3.7.4 .Getti massicci	48
9.3.7.5 .Getti di lunghezza elevata	48
9.3.7.6 .Trasporto e consegna	49
9.3.7.7 .Prova sui materiali e sul conglomerato cementizio fresco	49
9.3.7.8 .Casseforme e posa in opera	50
9.3.7.9 .Compattazione	52
9.3.7.10 Riprese di getto	53
9.3.7.11 Prevenzione delle fessure da ritiro plastico	53
9.3.7.12 Disarmo e scasseratura	54
9.3.7.13 Protezione dopo la scasseratura	54
9.3.7.14 Maturazione accelerata a vapore	55
9.3.7.15 Predisposizione di fori, tracce, cavità, ammorsature, oneri vari	55
9.3.7.16 Predisposizione delle armature per c.a.	56
9.3.8 CALCESTRUZZO REODINAMICO SCC	56
9.3.9 CALCESTRUZZI LEGGERI.....	57
9.3.9.1 .Calcestruzzo leggero strutturale	57
9.3.9.2 .Calcestruzzo leggero non strutturale e cellulare	58
9.3.10 CALCESTRUZZO AD ALTA RESISTENZA.....	58
9.3.11 ELEMENTI PREFABBRICATI	58
9.3.11.1 Prefabbricati prodotti in stabilimento	58
9.3.11.2 Produzione di prefabbricati a piè d'opera	59
9.3.12 ACCIAIO D'ARMATURA PER C.A.....	59
9.3.13 CARATTERISTICHE ESTETICHE	61
9.3.14 MAGRONI E MALTE	62
9.3.14.1 Magroni	62
9.3.14.2 Malta di livellamento	62
9.3.14.3 Malte speciali per inghisaggi	62
9.4 FANGHI BENTONITICI.....	63
9.4.1 DEFINIZIONE E CAMPI DI APPLICAZIONE.....	63
9.4.2 PREPARAZIONE DEL FANGO.....	63
9.4.3 TRATTAMENTO DEL FANGO	64
9.4.4 CONTROLLO DEL FANGO	64
9.5 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI	65
9.6 CONTROLLI DI QUALITÀ.....	65
9.6.1 QUALIFICAZIONE	66
9.6.2 CONTROLLI IN CORSO D'OPERA.....	68
9.7 PROVE DI CARICO	70

10	PALI	71
10.1	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	71
10.2	PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI	71
10.2.1	SOGGEZIONI GEOTECNICHE ED AMBIENTALI	71
10.2.2	PROVE TECNOLOGICHE PRELIMINARI	72
10.2.3	TOLLERANZE	72
10.2.4	MATERIALI	73
10.2.5	MODALITÀ ESECUTIVE	74
10.3	PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI	75
10.4	CONTROLLI DI QUALITÀ	76
10.5	PROVE DI CARICO	76
10.5.1	PROVE DI CARICO ASSIALE	77
10.5.2	PROVE DI CARICO LATERALE	80
11	MICROPALI	81
11.1	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	81
11.2	PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI	81
11.2.1	SOGGEZIONI GEOTECNICHE ED AMBIENTALI	81
11.2.2	PROVE TECNOLOGICHE PRELIMINARI	82
11.2.3	TOLLERANZE	83
11.2.4	MATERIALI	83
11.2.5	MODALITÀ ESECUTIVE	84
11.2.6	CARATTERISTICHE DELLE MALTE E PASTE CEMENTIZIE DA IMPIEGARE PER LA FORMAZIONE DEI MICROPALI	87
11.3	PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI	87
11.4	CONTROLLI DI QUALITÀ	88
11.5	PROVE DI CARICO	88
11.5.1	PROVE DI CARICO ASSIALE	89
11.5.2	PROVE DI CARICO LATERALE	92
12	ANCORAGGI AI MANUFATTI ESISTENTI	94
12.1	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	94
12.2	PROVE PRELIMINARI	94
12.2.1	TOLLERANZE	94
12.2.2	MATERIALI	94
12.2.3	MODALITÀ ESECUTIVE	95
12.3	PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI	96
12.4	CONTROLLI DI QUALITÀ	97
12.5	PROVE DI CARICO SUI MURI E SULLE SOLETTE D'IMPALCATO	97
13	PANNELLI ACUSTICI	98
13.1	CARATTERISTICHE GENERALI	98

13.2 CARATTERISTICHE ACUSTICHE	99
13.2.1 DESCRIZIONE METODOLOGIE DI MISURA.....	99
13.3 CARATTERISTICHE NON ACUSTICHE	100
13.3.1 RESISTENZA AI CARICHI DOVUTI AL PESO PROPRIO, VENTO E SOVRAPPRESSIONE DA TRANSITO DEI VEICOLI	100
13.3.2 IMPATTO DI OGGETTI	101
13.3.3 SICUREZZA IN CASO DI COLLISIONE	101
13.3.4 CARICO DELLA NEVE	101
13.3.5 RESISTENZA AL FUOCO	101
13.3.6 CADUTA DI FRAMMENTI	101
13.3.7 PROTEZIONE ECOLOGICA.....	102
13.3.8 RIFLESSIONE DELLA LUCE.....	102
13.4 PRESCRIZIONI COSTRUTTIVE E FUNZIONALI DEI PANNELLI ANTIRUMORE	103
Pannelli trasparenti	105
13.5 PROVE DI ACCETTAZIONE DEI MATERIALI	114
13.6 CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE	117
13.6.1 PROTEZIONE AMBIENTALE	117
13.6.2 CONFORMITÀ DI PRODUZIONE	117
13.6.3 RESISTENZA AL FUOCO	118
13.6.4 COLORAZIONI.....	118
13.6.5 TENUTA ACUSTICA	118
13.6.6 RESISTENZA AGLI AGENTI ATMOSFERICI	118
13.6.7 SISTEMI DI FISSAGGIO PER PREVENIRE L'ASPORTAZIONE DEI PANNELLI	118
13.6.8 SISTEMI ANTIGRAFFITI.....	119
13.6.9 MONTAGGIO	119
13.7 PORTE DI SERVIZIO	120
13.8 PARTICOLARITÀ COSTRUTTIVE DELLA BARRIERA	121
13.9 COLLAUDO ACUSTICO DELLA BARRIERA ANTIRUMORE.....	121
14 MONTANTI METALLICI ED ELEMENTI STRUTTURALI	122
14.1 PRESCRIZIONI E ONERI GENERALI	122
14.2 REQUISITI DEL COSTRUTTORE	122
14.3 REQUISITI DELL'ENTE DI CONTROLLO DESIGNATO.....	123
14.4 REQUISITI GENERALI	123
14.4.1 UTILIZZO DI ACCIAIO COR-TEN.....	124
14.4.1.1 Cort-Ten A	125
14.4.1.2 Cort-Ten B	126
14.4.1.3 Cort-Ten C	127
14.4.1.4 Ulteriori informazioni	128
14.5 UNIONI	130
14.5.1 UNIONI BULLONATE	130

14.5.2 NORME DI RIFERIMENTO.....	130
14.5.2.1 Classi dei bulloni	130
14.5.2.2 Prescrizioni e controlli	130
14.5.3 UNIONI SALDATE	130
14.5.3.1 Norme di riferimento	130
14.5.3.2 Tipi di saldatura	131
14.5.3.3 Prescrizioni e controlli	131
14.6 SALDATURE	131
14.6.1 NORME DI RIFERIMENTO.....	131
14.7 ACCESSORI METALLICI	132
14.8 ZINCATURA	132
14.8.1 PRESCRIZIONI ED ONERI PARTICOLARI.....	132
14.8.2 CONTROLLI QUALITÀ	133
14.9 VERNICIATURA	133
14.9.1 VERNICIATURA A POLVERE.....	134
14.9.1.1 Normative di riferimento	134
14.9.2 OPERAZIONI DI RITOCO	135
14.9.3 CARATTERISTICHE DI RESISTENZA (CHIMICO-FISICHE)	135
14.9.4 PROVE DI ACCETTAZIONE DEI PRODOTTI	137
14.9.5 PRESCRIZIONI ED ONERI PARTICOLARI.....	137
14.9.6 CONTROLLI QUALITÀ	137
14.9.7 CICLO DI VERNICIATURA CON PITTURA IGNIFUGA INTUMESCENTE	137
14.9.8 APPLICAZIONE DI INTONACO INTUMESCENTE IN CORRISPONDENZA DELLE SUPERFICI DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI DEL V.PALMARO RIVOLTE VERSO L'INTERNO DELLA COPERTURA ANTIRUMORE IN CARR. EST	138
15 RIPRISTINO/ADEGUAMENTO D'ELEMENTI STRUTTURALI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO	139
15.1 MATERIALI PER IL RIPRISTINO DI SUPERFICI DEGRADATE.....	139
15.1.1 GENERALITÀ.....	139
15.1.2 INDAGINI	139
15.1.3 DEFINIZIONE DEI MATERIALI PER IL RIPRISTINO	140
15.1.4 TECNICHE D'INTERVENTO E SCELTA DEI MATERIALI.....	143
15.1.4.1 Degrado lieve – Ripristini di spessore da 1 a 8 mm	143
15.1.4.2 Degrado medio – Ripristini di spessore maggiore di 10 fino a 50 mm	143
15.2 REQUISITI E METODI DI PROVA DEI MATERIALI.....	147
15.2.1 SCELTA DEI METODI DI PROVA.....	149
15.3 ACCETTAZIONE E SPECIFICHE PRESTAZIONALI DEI MATERIALI PER INTERVENTI DI RIPRISTINO/ADEGUAMENTO	151
15.4 TRATTAMENTI PRIMA DEL RIPRISTINO/ADEGUAMENTO E FASI ESECUTIVE	157
15.4.1 ASPORTAZIONE DEL CALCESTRUZZO DEGRADATO	158
15.4.2 PULIZIA DELLE ARMATURE	159
15.4.3 POSIZIONAMENTO DI ARMATURE AGGIUNTIVE	159

15.4.4	POSIZIONAMENTO DELLA RETE ELETTRORISALDATA DI CONTRASTO.....	159
15.4.5	PULIZIA E SATURAZIONE DELLA SUPERFICIE DI SUPPORTO	159
15.4.6	APPLICAZIONE DEI MATERIALI DI RIPRISTINO	160
15.4.7	FRATTAZZATURA O STAGGIATURA.....	161
15.4.8	STAGIONATURA	161
15.5	PROVE E CONTROLLI	162
15.6	ALLEGATO A - TEST DI INARCAMENTO – IMBARCAMENTO - <i>VERIFICA QUALITATIVA DELLA CAPACITÀ ESPANSIVA</i>	165
16	SISTEMI PROTETTIVI PER STRUTTURE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO	168
16.1	SISTEMI PROTETTIVI FILMOGENI.....	168
16.1.1	GENERALITÀ.....	168
16.1.2	DEFINIZIONE E SCELTA DEI SISTEMI PROTETTIVI.....	168
16.2	REQUISITI E METODI DI PROVA	170
16.3	ACCETTAZIONE E SPECIFICHE PRESTAZIONALI DEI SISTEMI PROTETTIVI	171
16.4	PREPARAZIONE DEL SUPPORTO E MODALITÀ D'APPLICAZIONE DEL SISTEMA PROTETTIVO.....	172
16.5	PROVE, CONTROLLO DELLE PRESTAZIONI E DEGLI SPESSORI, PENALI	174
16.6	RINFORZO DI ELEMENTI IN C.A. TRAMITE COMPOSITI FIBRORINFORZATI	174
16.6.1	NORMATIVE DI RIFERIMENTO.....	174
16.6.2	RINFORZO TRAMITE BARRE IN CFRP	175
16.6.2.1	Materiali	175
16.6.2.2	Modalità esecutive	175
16.6.3	SISTEMA DI RINFORZO STRUTTURALE IN PBO	175
16.6.3.1	Descrizione del prodotto di rinforzo:	175
16.6.3.2	Descrizione della messa in opera	176
17	BARRIERE DI SICUREZZA.....	178
17.1	DISPOSITIVI DI SICUREZZA PREVISTI IN PROGETTO	178
17.2	DISPOSITIVI DI SICUREZZA EQUIVALENTI	178
17.2.1	DISPOSITIVI DI SICUREZZA EQUIVALENTI : DOCUMENTAZIONE DA PRESENTARE	178
17.2.2	CRITERI DI EQUIVALENZA DEI DISPOSITIVI DI SICUREZZA	179
17.3	CONFORMITÀ DEI DISPOSITIVI DI RITENUTA E LORO INSTALLAZIONE.....	182
17.3.1	NORME APPLICABILI	182
17.3.2	CARATTERISTICHE TECNICHE DEI MATERIALI	183
17.3.3	VERIFICHE E ACCETTAZIONE DELLA FORNITURA	186
17.4	BARRIERE METALLICHE A LAMA E PALETTI	191
17.4.1	QUALITÀ DEI MATERIALI.....	191
17.4.2	MODALITÀ DI POSA IN OPERA	194
17.5	BARRIERE PREFABBRICATE A PROFILO NEW JERSEY IN CLS	209
17.5.1	CARATTERISTICHE TECNICHE.....	209

Conglomerato cementizio	209
Acciaio . 209	
17.5.2 PROVE.....	211
17.6 BARRIERE IN ACCIAIO A PROFILO NEW JERSEY	211
18 DISPOSITIVI INTEGRATI DI SICUREZZA E RUMORE	214
18.1 CRITERI DI INSTALLAZIONE.....	214
18.2 VERNICIATURA E ZINCATURA.....	215
18.3 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE COPERTURA INTEGRATA	216
18.4 PRESTAZIONI ATTESE	216
19 POSA DI CAVI	217
19.1 CAVI IN FIBRA OTTICA	217
19.2 CAVI IN RAME.....	217
19.3 CAVI ELETTRICI ILLUMINAZIONE ESTERNA.....	217
19.3.1 CAVI E CONDUTTORI	218
19.3.2 POSA E COLLEGAMENTI ELETTRICI DI CAVI E CONDUTTORI	218
19.3.3 ESECUZIONE DI PUNTO LUCE	222
20 DIFETTI DI COSTRUZIONE.....	223
21 RESTITUZIONE DELLE AREE TEMPORANEAMENTE OCCUPATE.....	224
22 FORNITURE DEI MATERIALI DI RISERVA	225
23 MANUTENZIONE DELLE OPERE FINO AL COLLAUDO.....	226
24 COLLAUDI	227
25 NORME TECNICHE IMPIANTI	229
25.1 INTRODUZIONE	229
25.1.1 OGGETTO E FINALITA' DELL'APPALTO	229
25.1.2 CONDIZIONI E CARATTERISTICHE AMBIENTALI.....	230
25.1.3 CARATTERISTICHE DELLA RETE ELETTRICA	231
25.1.4 LIMITI DI BATTERIA	231
25.1.5 PRESCRIZIONI QUALITATIVE DEI MATERIALI	232
25.1.6 NOTE CIRCA LE MARCHE DELLE APPARECCHIATURE.....	232
25.1.7 DOCUMENTAZIONE E DATI TECNICI DA FORNIRE	232
25.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	233
25.2.1 PRESCRIZIONI DI LEGGE GENERALI E DI SICUREZZA	233
25.2.2 PRESCRIZIONI NORMATIVE	234
25.3 DOCUMENTAZIONE DI FINE LAVORI.....	241
25.4 NOTA SULLE LICENZE SOFTWARE	241
25.5 PROVE E COLLAUDI	241
25.6 COLLAUDI IN OFFICINA DEL COSTRUTTORE	243
25.7 VERIFICHE E NORME PER IL COLLAUDO DEGLI IMPIANTI	243

25.8 TIPI DI VERIFICHE	243
25.8.1 VERIFICA AI FINI DELLA SICUREZZA.....	244
25.8.2 VERIFICA AI FINI DELLA REGOLA D'ARTE.....	244
25.8.3 VERIFICA AI FINI DEL COLLAUDO	244
25.8.4 VERIFICA INIZIALE.....	245
25.8.5 VERIFICA PERIODICA.....	245
25.8.6 VERIFICA STRAORDINARIA	245
25.9 OBBLIGO DELLE VERIFICHE	245
25.10 VERIFICHE E PROVE PER LA MESSA IN SERVIZIO E COLLAUDO PROVVISORIO .	247
25.11 NORME GENERALI COMUNI PER LE VERIFICHE IN CORSO D'OPERA, PER LA VERIFICA PROVVISORIA E PER IL COLLAUDO DEFINITIVO DEGLI IMPIANTI.....	248
25.12 VERIFICA CIRCUITALE DEGLI IMPIANTI (PROVE IN BIANCO)	248
25.13 ESAME A VISTA.....	248
25.14 VERIFICA DEL TIPO E DIMENSIONAMENTO DEI COMPONENTI DELL'IMPIANTO E DELL'APPOSIZIONE DEI CONTRASSEGNI DI IDENTIFICAZIONE	249
25.15 MISURA DELLA RESISTENZA DI ISOLAMENTO	249
25.16 VERIFICA DELLE STABILITÀ DEI CAVI	250
25.17 MISURA DELLE CADUTE DI TENSIONE	250
25.18 VERIFICA DELLE PROTEZIONI CONTRO I CORTO CIRCUITI E I SOVRACCARICHI	251
25.19 VERIFICA DELLE PROTEZIONI CONTRO I CONTATTI INDIRETTI	251
25.20 VERIFICA FUNZIONALE	251
25.21 COLLAUDO DEFINITIVO DEGLI IMPIANTI	252
25.22 COLLAUDO IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE IN GALLERIA	253
25.23 PROVE SISTEMATICHE DI CONTROLLO IN FASE ESECUTIVA	253
25.24 DOCUMENTAZIONE TECNICA RICHIESTA	253
25.24.1 DOCUMENTAZIONE.....	253
25.24.2 MANUALI D'ISTRUZIONE E MANUTENZIONE	255
25.25 PARTI DI RICAMBIO.....	258
25.26 ELENCO SPECIFICHE TECNICHE	258

ALLEGATO 1 - CAPITOLATO PER SPOSTAMENTI DEL CAVO IN RAME A SEGUITO DI OPERE CIVILI DI AMPLIAMENTO E DI MODIFICA DELLA SEDE AUTOSTRADALE - DESCRIZIONE LAVORAZIONI E CARATTERISTICHE TECNICHE

ALLEGATO 2 - NORME TECNICHE IMPIANTI

ALLEGATO 3 - NORME TECNICHE PER IL RIFACIMENTO ED AMMODERNAMENTO DELLA SEGNALETICA VERTICALE

1 OGGETTO DELLE NORME TECNICHE

Oggetto dell'appalto sono i lavori previsti nel progetto (elaborati grafici, capitolato speciale d'appalto parte I e II), che prevede la realizzazione degli interventi di mitigazione acustica, compresi i dispositivi di sicurezza lungo l'autostrada A10 Genova - Ventimiglia, tra le progressive chilometriche 10+025 e 10+675 e che coinvolge il Comune di Genova (GE).

2 DOCUMENTI CORRELATI

Le presenti Norme Tecniche devono inoltre essere correlate ai seguenti documenti:

- Legge Quadro in materia di Lavori Pubblici n. 109 dell'11 febbraio 1994 e successive modifiche e integrazioni;
- D.M. 14/01/2008 Norme Tecniche sulle Costruzioni e relativa Circolare esplicativa;

In mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione delle presenti Norme e per quanto con esse non in contrasto, possono essere utilizzati i documenti appresso indicati che costituiscono riferimenti di consolidata validità :

- istruzioni del Consiglio Superiore del LL.PP.: del Ministero delle Infrastrutture;
- Linee Guida del servizio Tecnico Centrale del Ministero delle Infrastrutture;
- Istruzioni e documenti tecnici del Consiglio nazionale delle Ricerche (C.N.R.);
- Eurocodici Strutturali pubblicati dal CEN;
- Norme EN armonizzate pubblicate dal CEN;
- Norme per prove, materiali e prodotti pubblicate da UNI.

3 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

Tutte le prestazioni, forniture, oneri ed adempimenti previsti dagli altri documenti contrattuali, dalle presenti Norme Tecniche e norme in esso richiamate e/o comunque necessari per la effettuazione dei lavori nel rispetto delle normative vigenti, delle buone regole dell'arte e della sicurezza, sono da intendersi a carico della Ditta appaltatrice a meno di quanto espressamente indicato quale onere della Committente e vanno ad integrare quanto più dettagliatamente specificato in Contratto.

Il presente Capitolato Speciale d'Appalto si applica alle opere metalliche per la mitigazione acustica lungo la rete autostradale di Autostrade per l'Italia; le prescrizioni di seguito indicate rivestono particolare importanza poiché tali opere per la loro conformazione, ubicazione e condizioni di resistenza hanno o possono avere influenza sulla sicurezza e sulla regolarità del traffico autostradale.

L'Appaltatore (Costruttore o Fornitore di materiali o servizi) è tenuto a elaborare un Piano di Controllo della Qualità per tutte le fasi della costruzione o della fornitura e comunque almeno per tutte le parti di questo Capitolato Speciale d'Appalto che attengano alla specifica fornitura.

Tale documentazione potrà essere approvata da Soc. Autostrade o per suo conto dall'Ente di Controllo Designato, che possa dimostrare una consolidata esperienza e competenza nel campo delle opere metalliche.

4 ORGANIZZAZIONE DEL CANTIERE

Con riferimento alla organizzazione gestionale e logistica della Ditta dovrà:

- a) definire la propria organizzazione individuando la figura del Direttore Tecnico di Cantiere prevista dalla legge 19 marzo 1990 n° 55. La funzione dovrà essere affidata a persona in possesso di requisiti professionali, tecnici e giuridici adeguati alle funzioni da espletare. Il nominativo dovrà essere comunicati alla D.L., con congruo anticipo.
- b) Nominare, dandone tempestiva comunicazione alla D.L., il Responsabile della Sicurezza, il Responsabile Amministrativo e il Responsabile della Qualità ai sensi delle normative vigenti e di quelle che potrebbero essere emanate.
- c) Realizzare tutte le eventuali integrazioni alla viabilità delle aree comunque interessate dai lavori (cantieri, cave, discariche, aree di stoccaggio, etc.), in accordo con gli Enti e le Autorità interessate, al fine di garantire la sicurezza e la fruibilità della viabilità esistente da parte di terzi. La realizzazione di tale viabilità integrativa dovrà essere eseguita nel rispetto delle normative vigenti e delle problematiche di impatto ambientale.
- d) Manutenzionare le aree interne al cantiere, compresa l'adeguata bagnatura per abbattimento della polvere durante i periodi di siccità.
- e) Provvedere alla realizzazione di strutture di cantiere (uffici, spogliatoi, servizi, posti di pronto soccorso, etc.) e logistiche adeguate per qualità, quantità, dotazione ed ubicazione, alle esigenze dei lavori ed alle disposizioni vigenti.
- f) Provvedere, in accordo agli standards tipologici e qualitativi che saranno indicati dalla D.L., alla recinzione delle aree di cantiere e di lavoro per evitare l'accesso di persone, animali e mezzi estranei.
- g) Provvedere alla pulizia quotidiana degli ambienti di lavoro o comunque adibiti ad uso del personale. Provvedere altresì alla pulizia, almeno settimanale, delle aree di lavoro.
- h) Costituire un archivio di cantiere contenente tutta la documentazione e le specifiche e norme comunque necessarie per la effettuazione ed il controllo dei lavori.
- i) Provvedere all'immagazzinamento, stoccaggio, manutenzione e custodia dei materiali da incorporare nelle opere.

5 SICUREZZA E SORVEGLIANZA

Ferma restando la responsabilità della Ditta di ottemperare alle disposizioni di legge, vigenti e future, senza che ciò costituisca limitazione o manleva delle sue esclusive responsabilità ed obblighi, la stessa dovrà:

- a) Provvedere alla guardiania delle aree di lavoro e di cantiere.
- b) Fornire tutti i presidi di sicurezza individuali e generali, realizzando tutte le opere provvisorie necessarie a garantire la sicurezza degli uomini (sia il personale addetto ai lavori che i terzi) degli animali e delle cose (sia le opere in costruzione che le esistenti).
- c) Provvedere alla sensibilizzazione ed al necessario addestramento in materia di prevenzione e sicurezza sul lavoro sia nei confronti del personale operaio che di quello direttivo e impiegatizio.
- d) Adottare tutte le misure necessarie (abbattimento polveri, attenuazione rumori, evacuazione gas nocivi, etc.) a garantire l'igiene sul lavoro ed a ridurre i disturbi anche nei riguardi degli insediamenti abitativi e delle installazioni circostanti.

6 OBBLIGHI VARI NELL' ESECUZIONE DEI LAVORI

Nell'espletamento dei lavori di costruzione incluse le attività connesse con l'approvvigionamento o il trasporto dei materiali la Ditta dovrà :

- a) fornire i mezzi d'opera, le attrezzature, il personale esecutivo e direttivo, i materiali da incorporare nelle opere, i materiali di consumo e di apporto, i lubrificanti, i carburanti, l'energia elettrica, l'acqua e quanto altro necessario anche se non menzionato, nella qualità, quantità e tipologia necessarie a realizzare i lavori di cui in oggetto nei tempi previsti;
- b) realizzare tutte le opere provvisorie necessarie, incluse deviazioni e successivi ripristini di strade, pubblici servizi, etc. Gli interventi, per i quali è prevista l'autorizzazione delle Autorità, degli Enti o Amministrazione o comunque del legittimo proprietario, potranno essere effettuati soltanto dopo il rilascio della predetta autorizzazione;
- c) provvedere alla sostituzione di qualsiasi materiale che, in qualsiasi momento, dovesse risultare di qualità non adeguata all'impiego previsto o di tipologia non corrispondente a quanto specificato nei documenti di progetto o in quelli contrattuali;
- d) provvedere all'individuazione delle aree da destinare a discarica dei materiali di qualsiasi altra natura. La scelta di tali aree dovrà essere effettuata in accordo con la D.L. e tenendo conto di tutte le problematiche ambientali che dovessero sorgere. La Ditta dovrà inoltre attenersi alle disposizioni di Legge vigenti relativamente alla natura dei materiali da trasportare a discarica e provvedere alle autorizzazioni laddove necessarie;
- e) provvedere alla ricerca delle cave per l'approvvigionamento dei materiali necessari per i rinterri, inerti per i calcestruzzi, etc.;
- f) Provvedere alla pulizia e manutenzione della viabilità ordinaria percorsa dai mezzi di cantiere al fine di garantire la costante e sicura circolazione di tutti i mezzi.

7 DEMOLIZIONI

Nell'esecuzione dei lavori di demolizione totale e/o parziale, eseguiti per la realizzazione del progetto in questione sono a carico della ditta:

- a) Tutti gli oneri derivanti dalle leggi, nonché dalle norme e regolamenti vigenti relativamente a:
- Procedure e relative tecniche di demolizione;
 - Sicurezza delle persone addette ai lavori;
 - Sicurezza dei mezzi destinati alla esecuzione dei lavori;
 - Idoneità dei mezzi di protezione e di segnalazione per l'incolumità dei terzi e delle opere circostanti durante e dopo l'esecuzione dei lavori;
 - Misure, mezzi e quanto altro necessario ad assicurare la stabilità delle opere circostanti e di quelle oggetto di demolizione, durante e dopo l'esecuzione dei lavori.
- b) Recupero con ordine (inclusa eventuale pulizia) di tutti i materiali che, previa informazione alla Direzione Lavori, si intende riutilizzare. Tali materiali devono essere trasportati e stoccati in apposite aree di cantiere con le modalità concordate con la Direzione Lavori;
- c) Carico, trasporto e scarico alle discariche autorizzate all'esterno della proprietà, del materiale di rifiuto, nonché pulizia delle aree sulle quali vengono eseguite le opere di demolizione. La Ditta è tenuto all'impiego di mezzi idonei per il trasporto dei materiali provenienti dalle demolizioni;
- d) Protezione delle installazioni sottostanti e ricostruzione delle opere eventualmente danneggiate durante i lavori di demolizione, nello stato in cui si trovavano prima dei lavori stessi, secondo quanto concordato con la D.L.;
- e) Protezione e conservazione dei manufatti circostanti durante i lavori di demolizione ed eventuale ricostruzione come al punto precedente.
- f) Realizzazione di opere provvisorie e/o modalità operative finalizzate ad evitare la formazione e lo spandimento della polvere;
- g) Recinzione provvisoria e apposizione di segnaletica diurna e notturna, nei luoghi soggetti alle demolizioni;
- h) Eventuale richiesta di tutte le necessarie autorizzazioni a procedere da parte delle competenti Autorità Locali;
- i) Puntellature, ponti di servizio, ripari dalla polvere, convogliatori a terra (è vietato il getto dall'alto dei materiali di risulta);
- j) Interruzione e ripristino di servizi elettrici e telefonici, reti di distribuzione acqua, gas, reti e canalette di drenaggio e raccolta, etc.;
- k) Tagli eventuali con fiamma ossidrica o con attrezzature elettromeccaniche e/o manuali.

8 MOVIMENTI DI TERRA

I movimenti di terra comprendono le seguenti categorie di lavoro:

- Diserbamento e scoticamento;
- Scavi;
- Rinterri;
- Rilevati.

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

8.1 PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI

8.1.1 *Diserbamento e scoticamento*

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

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

Nella esecuzione dei lavori la ditta dovrà attenersi a quanto segue:

- a) Il diserbamento e lo scoticamento del terreno dovranno sempre essere eseguiti prima di effettuare qualsiasi lavoro di scavo o rilevato.
- b) Tutto il materiale vegetale, inclusi ceppi e radici, dovrà essere completamente rimosso alterando il meno possibile la consistenza originaria del terreno.
- c) Il materiale scavato dovrà essere trasportato a discarica.

8.1.2 *Scavi*

Gli scavi potranno essere eseguiti a mano e/o con mezzi meccanici.

Nella esecuzione dei lavori di scavo la Ditta dovrà farsi carico delle prescrizioni e degli oneri di seguito elencati a titolo descrittivo e non limitativo.

- a) Segnalare l'avvenuta ultimazione degli scavi, per eventuale ispezione da parte della Direzione Lavori, prima di procedere a fasi di lavoro successive o ricoprimenti. Nel caso in cui questa prassi non venisse rispettata la D.L. potrà richiedere alla Ditta di rimettere a nudo le parti occultate senza che questi abbia diritto al riconoscimento di alcun maggior onere.
- b) Provvedere alla demolizione e/o rimozione dei trovanti di qualsiasi natura e dimensione provvedendo altresì alla frantumazione dei materiali non trasportabili e/o non riutilizzabili.
- c) Eseguire, ove previsto dai documenti di progetto e/o richiesto dalla D.L., scavi campione con prelievo di saggi e/o effettuazione di prove ed analisi.
- d) Provvedere al carico, trasporto e scarico del materiale proveniente dagli scavi che la Ditta riutilizzerà, purché idoneo. E' inteso incluso anche l'eventuale onere per il reperimento di idonee aree di stoccaggio, il deposito ordinato e la ripresa dei materiali.

- e) Recintare e apporre sistemi di segnaletica diurna e notturna alle aree di scavo.
- f) Provvedere, con qualsiasi sistema (paratie, palancole, sbadacchiature, puntellamenti, armature a cassa chiusa, etc.), al contenimento delle pareti degli scavi in accordo a quanto prescritto dai documenti di progetto, ed in conformità alle norme di sicurezza.
- g) Adottare tutte le cautele necessarie (indagini preliminari, sondaggi, scavi campioni, etc.) per evitare il danneggiamento di manufatti e reti interrate di qualsiasi natura; inclusa, ove necessario la temporanea deviazione ed il tempestivo ripristino delle opere danneggiate o temporaneamente deviate.

8.1.3 Rinterri

Per rinterri si intendono:

- il riempimento di scavi relativi a fondazioni, pozzetti, etc. eseguito in presenza di manufatti;
- la sistemazione superficiale eseguita con o senza apporto di materiale.

Nella effettuazione dei rinterri la Ditta dovrà attenersi alle seguenti prescrizioni ed oneri:

- a) Il rinterro degli scavi relativi a fondazioni e manufatti in calcestruzzo dovrà essere effettuato con materiale idoneo opportunamente compattato;
- b) Il rinterro di scavi relativi a tubazioni interrate e cavi elettrici sarà effettuato con materiali sabbiosi (o comunque con materiali che durante l'operazione di rinterro non danneggino dette installazioni);
- c) La sistemazione delle aree superficiali dovrà essere effettuata con materiali idonei sia provenienti dagli scavi che di fornitura della Ditta, e dovrà essere effettuata con spandimento a strati procedendo alla regolarizzazione delle pendenze secondo le indicazioni del progetto.

8.2 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

- a) Il committente, fatti salvi i diritti che spetteranno allo Stato a termini di Legge, si riserva la proprietà degli oggetti di valore e di quelli che interessano la scienza, la storia, l'arte o l'archeologia, compresi i relativi frammenti che si rinverranno.
- b) Sarà cura della Ditta provvedere all'individuazione delle aree da destinare a discarica dei materiali provenienti dagli scavi. La scelta di tali aree dovrà essere effettuata in accordo con la D.L. e tenendo conto di tutte le problematiche ambientali che dovessero sorgere.
- c) Sarà cura della Ditta provvedere alla ricerca delle cave per l'approvvigionamento dei materiali necessari per i rinterri, inerti per i calcestruzzi, etc.
- d) Fermo restando quanto prescritto al punto precedente, sarà cura ed onere della Ditta, prima dell'inizio dei lavori, esperire una campagna di indagini allo scopo di fornire alla D.L. una esauriente documentazione sia per quanto attiene le caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali che per quanto concerne la disponibilità in funzione delle esigenze quantitative e temporali derivanti dal programma di esecuzione dei lavori. Quanto sopra si intende valido anche per i materiali provenienti dagli scavi, che la Ditta ritenesse conveniente utilizzare.
- e) La provenienza ed il tipo di materiale da utilizzare dovranno essere preventivamente comunicati alla D.L..

- f) Sarà cura della Ditta provvedere all'aerazione ed alla fornitura dell'acqua necessaria per ottenere l'umidificazione ottimale, ai fini della compattazione, dei materiali utilizzati per i rinterri.
- g) In presenza di paramenti flessibili e murature laterali la compattazione a ridosso delle opere dovrà essere tale da escludere una riduzione nell'addensamento e nel contempo il danneggiamento delle opere stesse. A ridosso dei manufatti la Ditta dovrà usare mezzi di compattazione leggeri quali piastre vibranti, rulli azionati a mano, provvedendo a garantire i requisiti di deformabilità e densità richiesti anche operando su strati di spessore ridotto. Nella formazione di tratti di rilevato rimasti in sospeso per la presenza di tombini, canali, cavi etc. si dovrà garantire la continuità con la parte realizzata impiegando materiali e livelli di compattazione identici.
- h) Sarà cura della Ditta provvedere al controllo e al contenimento di acque di falda e superficiali, provvedendo alla costruzione delle opere di drenaggio definitive ed alla realizzazione di tutte le opere provvisorie (well-point, palancolate, deviazioni, aggettamenti, etc.) atte a garantire la qualità del lavoro da eseguire ed a garantire altresì il regolare deflusso delle acque.
- i) Sarà cura della Ditta, provvedere alla fornitura ed al trasporto dei materiali provenienti da cave di prestito, così come di quelli provenienti dagli scavi.
- j) Sarà onere della Ditta provvedere alla profilatura delle scarpate, delle banchine e dei cigli ed alla costruzione degli arginelli se previsti.
- k) Sarà onere della Ditta portare a discarica tutto il materiale di risulta (non idoneo al riutilizzo o comunque esuberante) proveniente dagli scavi o da scarti di vagliatura del materiale accantonato per il riutilizzo.
- l) Sarà cura della Ditta, durante tutte le fasi di lavorazione, provvedere alla protezione e conservazione dei manufatti esistenti ed all'eventuale ricostruzione, in caso di danneggiamento o temporanea rimozione, nello stato in cui si trovavano prima della effettuazione dei lavori.
- m) Sarà cura della Ditta provvedere alla pulizia, manutenzione e ripristino del manto stradale, sia relativamente alle strade di cantiere che alla viabilità esterna, in modo da preservare l'integrità delle superfici stradali percorse dai mezzi d'opera e di garantire costantemente la percettibilità delle strade anche in relazione agli aspetti concernenti la sicurezza. La Ditta dovrà in ogni caso riportare lo stato dei luoghi allo stato ante operam.
- n) La Ditta dovrà adottare, a sua cura e spesa, tutti i provvedimenti che saranno ritenuti opportuni dalla D.L., non solo per conservare il transito dei veicoli e dei pedoni ma anche per ottenere che detto transito si svolga in sicurezza e, per quanto possibile in maniera comoda. Solo in casi eccezionali e ad esclusivo giudizio della D.L. potrà concedersi di precludere o limitare temporaneamente il transito; in tal caso spetteranno alla Ditta tutte le pratiche ed istanze presso i competenti Enti per i permessi ed ordinanze di interruzione delle strade pubbliche.

Resta in ogni modo stabilito che:

1. Gli scavi di qualunque profondità dovranno contornarsi da resistenti sbarre di difesa dell'altezza che verrà prescritta, per la sicurezza dei pedoni e dei veicoli. Detta difesa dovrà essere resa ben visibile sia di giorno che di notte con apposite segnalazioni, non dovrà presentare sporgenze pericolose, dovrà fornire una sicura difesa e infine dovrà essere esteticamente decorosa.
2. Il materiale di scavo che a giudizio della D.L. potrà temporaneamente essere lasciato sulla strada, dovrà essere depositato in cumuli regolari a conveniente distanza dal ciglio dello scavo, ma in modo da togliere alla viabilità il minimo spazio possibile ed adottando i provvedimenti necessari a rendere sicuro il transito dei pedoni e dei veicoli.

8.3 CONTROLLI

Prima che venga messo in opera lo strato successivo, ogni strato di rinterro così come il fondo dello scavo ed il piano campagna, dovrà essere sottoposto alle prove di controllo e possedere i requisiti di costipamento richiesti.

9 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO

9.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

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

9.2 CLASSIFICAZIONE DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI

Nella tabella vengono definiti i tipi di conglomerato cementizio ed i loro campi di impiego.

Le prescrizioni relative alla classe del conglomerato cementizio (resistenza caratteristica cubica a 28 giorni di stagionatura espressa in MPa) sono quelle minime; per la loro esatta valutazione si rinvia a quelle indicate nelle prescrizioni tecniche relative alla progettazione di ogni singola opera. La lavorabilità (valutata attraverso il valore di slump) ed il tipo di cemento, vengono prescritti per i conglomerati cementizi gettati in opera.

Il contenuto minimo di cemento prescritto nella tabella seguente vale per conglomerati cementizi non esposti ad attacco da parte di agenti esterni.

Il contenuto massimo di cemento di norma deve essere inferiore od uguale a 450 Kg/mc; deroghe potranno essere concordate con la D.L. in sede di qualificazione del conglomerato cementizio con preventivo controllo degli effetti connessi con alti dosaggi di cemento (ritiro, creep, etc.).

Allegato 20.1 - TIPI DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO

(Nel rispetto delle UNI-EN 206-1 UNI e UNI 11104)

Si riportano le Classi di esposizione per calcestruzzo strutturale, in funzione delle condizioni ambientali secondo norma UNI 11104:2004 e UNI EN 206-1:2006

Classe esposizione norma UNI 9858	Classe esposizione norma UNI 11104 UNI EN 206 -1	Descrizione dell'ambiente	Esempio	Massimo rapporto a/c	Minima Classe di resistenza	Contenuto minimo in aria (%)
1 Assenza di rischio di corrosione o attacco						
1	X0	Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo/disgelo, o attacco chimico. Calcestruzzi con armatura o inserti metallici: in ambiente molto asciutto.	Interno di edifici con umidità relativa molto bassa. Calcestruzzo non armato all'interno di edifici. Calcestruzzo non armato immerso in suolo non aggressivo o in acqua non aggressiva. Calcestruzzo non armato soggetto a cicli di bagnato asciutto ma non soggetto ad abrasione, gelo o attacco chimico.	-	C 12/15	
2 Corrosione indotta da carbonatazione Nota -Le condizioni di umidità si riferiscono a quelle presenti nel copriferro o nel ricoprimento di inserti metallici, ma in molti casi su può considerare che tali condizioni riflettano quelle dell'ambiente circostante. In questi casi la classificazione dell'ambiente circostante può essere adeguata. Questo può non essere il caso se c'è una barriera fra il calcestruzzo e il suo ambiente.						
2 a	XC1	Asciutto o permanentemente bagnato.	Interni di edifici con umidità relativa bassa. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con le superfici all'interno di strutture con eccezione delle parti esposte a condensa, o immerse in acqua.	0,60	C 25/30	
2 a	XC2	Bagnato, raramente asciutto.	Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo.	0,60	C 25/30	
5 a	XC3	Umidità moderata.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici esterne riparate dalla pioggia, o in interni con umidità da moderata ad alta.	0,55	C 28/35	
4 a 5 b	XC4	Ciclicamente asciutto e bagnato.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici soggette a alternanze di asciutto ed umido. Calcestruzzi a vista in ambienti urbani. Superfici a contatto con l'acqua non comprese nella classe XC2.	0,50	C 32/40	
3 Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare						
5 a	XD1	Umidità moderata.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in superfici o parti di ponti e viadotti esposti a spruzzi d'acqua contenenti cloruri.	0,55	C 28/35	
4 a 5 b	XD2	Bagnato, raramente asciutto.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in elementi strutturali totalmente immersi in acqua anche industriale contenete cloruri (Piscine).	0,50	C 32/40	
5 c	XD3	Ciclicamente bagnato e asciutto.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, di elementi strutturali direttamente soggetti agli agenti disgelanti o agli spruzzi contenenti agenti disgelanti. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, elementi con una superficie immersa in acqua contenente cloruri e l'altra esposta all'aria. Parti di ponti, pavimentazioni e parcheggi per auto.	0,45	C 35/45	

Classe esposizione norma UNI 9858	Classe esposizione norma UNI 11104 UNI EN 206 -1	Descrizione dell'ambiente	Esempio	Massimo rapporto a/c	Minima Classe di resistenza	Contenuto minimo in aria (%)
4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare						
4 a 5 b	XS1	Esposto alla salsedine marina ma non direttamente in contatto con l'acqua di mare .	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali sulle coste o in prossimità.	0,50	C 32/40	
	XS2	Permanentemente sommerso.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso di strutture marine completamente immersi in acqua.	0,45	C 35/45	
	XS3	Zone esposte agli spruzzi o alle marea.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali esposti alla battigia o alle zone soggette agli spruzzi ed onde del mare.	0,45	C 35/45	
5 Attacco dei cicli di gelo/disgelo con o senza disgelanti *						
2 b	XF1	Moderata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante.	Superfici verticali di calcestruzzo come facciate e colonne esposte alla pioggia ed al gelo. Superfici non verticali e non soggette alla completa saturazione ma esposte al gelo, alla pioggia o all'acqua.	0,50	C 32/40	
3	XF2	Moderata saturazione d'acqua, in presenza di agente disgelante.	Elementi come parti di ponti che in altro modo sarebbero classificati come XF1 ma che sono esposti direttamente o indirettamente agli agenti disgelanti.	0,50	C 25/30	3,0
2 b	XF3	Elevata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante	Superfici orizzontali in edifici dove l'acqua può accumularsi e che possono essere soggetti ai fenomeni di gelo, elementi soggetti a frequenti bagnature ed esposti al gelo.	0,50	C 25/30	3,0
3	XF4	Elevata saturazione d'acqua, con presenza di agente antigelo oppure acqua di mare.	Superfici orizzontali quali strade o pavimentazioni esposte al gelo ed ai sali disgelanti in modo diretto o indiretto, elementi esposti al gelo e soggetti a frequenti bagnature in presenza di agenti disgelanti o di acqua di mare.	0,45	C 28/35	3,0
6 Attacco chimico**						
5 a	XA1	Ambiente chimicamente debolmente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Contenitori di fanghi e vasche di decantazione. Contenitori e vasche per acque reflue.	0,55	C 28/35	
4 a 5 b	XA2	Ambiente chimicamente moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di terreni aggressivi.	0,50	C 32/40	
5 c	XA3	Ambiente chimicamente fortemente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di acque industriali fortemente aggressive. Contenitori di foraggi, mangimi e liquame provenienti dall'allevamento animale. Torri di raffreddamento di fumi di gas di scarico industriali.	0,45	C 35/45	
*) Il grado di saturazione della seconda colonna riflette la relativa frequenza con cui si verifica il gelo in condizioni di saturazione: -moderato: occasionalmente gelato in condizione di saturazione; -elevato: alta frequenza di gelo in condizioni di saturazione. **) Da parte di acque del terreno e acque fluenti.						

I cementi utilizzati devono essere conformi alla UNI EN 197-1:2006 “Cemento - Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni”

9.3 PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI

9.3.1 Caratteristiche dei materiali

a) Cemento

Si farà esclusivamente uso dei leganti idraulici previsti dalla Legge 26-5-1965 n. 595 e norme armonizzate della serie EN 197 dotati di Attestato di Conformità CE.

La scelta dei tipi di cemento da utilizzare per i diversi tipi di calcestruzzo verrà effettuata in sede di Progetto, tenendo presenti, oltre a quanto previsto nella Tabella precedente i requisiti di:

- compatibilità chimica con l'ambiente di esercizio previsto;
- calore di idratazione, per getti il cui spessore minimo sia maggiore di 50 cm.

Qualora opportuno potranno essere utilizzati cementi speciali, quali: cementi rispondenti alla UNI EN 197-1 e qualificati resistenti ai solfati (secondo UNI 9156), o resistenti al dilavamento (secondo UNI 9606), oppure a basso calore di idratazione contraddistinti dalla sigla LH conformemente alla UNI EN 197-1

Il cemento dovrà provenire da cementifici in grado di garantire la continuità di fornitura e la costanza del tipo.

Il cementificio dovrà garantire la composizione per i costituenti del clinker specificando il metodo di misura adottato per la determinazione.

I requisiti chimici e fisici del cemento e le resistenze meccaniche dovranno essere controllati dalla Ditta alla qualificazione ed in corso d'opera.

Copia di tutti i certificati di prova dovrà essere consegnata alla D.L..

b) Inerti

Saranno impiegati esclusivamente aggregati muniti di Attestato di conformità CE, per i quali il produttore attui un controllo di produzione in fabbrica certificato da un Organismo notificato e dotati di marcatura CE. Dovranno essere costituiti da elementi resistenti e poco porosi, non gelivi privi di quantità eccedenti i limiti ammessi di parti friabili, polverulente, scistose, piatte o allungate, conchiglie, cloruri, solfati solubili, argilla e sostanze organiche; non dovranno contenere i minerali pericolosi: pirite, marcasite, pirrotina, gesso e quantità nocive di materiali reattivi agli alcali.

Per ciascuna delle cave di provenienza dei materiali dovrà essere accertata, mediante esame mineralogico (UNI EN 932-3) presso un Laboratorio Ufficiale, l'assenza dei minerali indesiderati suddetti e di forme di silice reattiva verso gli alcali contenuti nel calcestruzzo (in particolare: opale, calcedonio, tridimite, cristobalite, quarzo ad estinzione ondulata, selce, vetri vulcanici, ossidiane).

Tale esame verrà ripetuto con la frequenza indicata nella Tab.20A e comunque almeno una volta all'anno. Qualora si riscontri la presenza di forme di silice reattiva, il Progettista dovrà valutare ed attuare il livello di prevenzione appropriato, in base alla classe di esposizione e alla categoria delle opere, con riferimento alla UNI 8981-2 (2007). Nella Tab 20A sono riepilogati i principali requisiti degli aggregati e le prove cui devono essere sottoposti, con l'indicazione delle norme di riferimento, delle tolleranze di accettabilità e della frequenza.

Tabella 20 A - Caratteristiche degli Aggregati

CARATTERISTICHE	PROVE	NORME	LIMITI DI ACCETTABILITÀ
Gelività degli aggregati	Gelività	UNI EN 1367-1	perdita di massa <4% dopo 10 cicli (Categoria F4 UNI EN 12620). Cat. F2 per Classe di Esposizione XF1 e XF2; Cat. F1 per C.E. XF3 e XF4
Assorbimento dell'aggregato grosso per classi di esposizione XF	Assorbimento	UNI EN 1097-7	< 1%
Resistenza alla abrasione	Los Angeles	CNR 34 e UNI EN 1097-2	Perdita di massa L.A. 30% Cat. LA ₃₀ Per Classi di resistenza C60 o superiori si impiegherà la categoria L.A. ₂₀
Compattezza degli aggregati	Degradabilità al solfato di magnesio	UNI EN 1367-2	perdita di massa dopo 5 cicli ≤10%
Presenza di gesso e solfati solubili	Analisi chimica degli aggregati	UNI EN 1744-1	SO ₃ ≤ 0,1%
Contenuto di polveri	Aggr. grosso non frantumato o frantumato da depositi alluvionali	Passante a 0,063 mm, UNI EN 933-2	≤ f _{1,5}
	Aggr. grosso frantumato da roccia		≤ f _{4,0}
	Sabbia non frantumata		≤ f _{3,0}
	Sabbia frantumata		≤ f ₁₀
Equivalente in sabbia e valore di blu		UNI EN 933-8-9	ES ≥80 MB ≤ 1 g/kg di sabbia
Presenza di pirite, marcasite, pirrotina	Analisi petrografica	UNI EN 932-3	assenti
Presenza di sostanze organiche	Determinazione colorimetrica	UNI EN 1744-1	Per aggregato fine: colore della soluzione più chiaro dello standard di riferimento
Presenza di forme di silice reattiva, incluso quarzo ad estinzione ondulata	– prova accelerata su provini di malta	UNI 8520-22	Espansione < 0,1%
	– metodo del prisma di malta (se è superato il limite per la prova accelerata)		Espansione < 0,05% a 3 mesi oppure < 0,1% a 6 mesi
Presenza di cloruri solubili	Analisi chimica	UNI EN 1744-1	Cl ⁻ < 0,1 % rispetto al peso di cemento per c.a.p. e < 0,2 % per c.a. normale
Coefficiente di forma e di appiattimento	Determinazione dei coefficienti di forma SI e di appiattimento FI	UNI EN 933-3	FI e SI ≥ 0,15 (Dmax=32 mm)
		UNI EN 933-4	FI e SI ≥ 0,12 (Dmax=64 mm)
Dimensioni per il filler	Passante ai vagli	EN 933-10	Vaglio 2mm= 100 0,125 mm 85-100 0,063 m 75-100

CARATTERISTICHE	PROVE	NORME	LIMITI DI ACCETTABILITÀ
Frequenza delle prove	La frequenza sarà definita dalla Direzione Lavori. Dovranno comunque essere eseguite prove: in sede di prequalifica, per ogni cambiamento di cava o materiali nel corpo di cava; ogni 8.000 m³ di aggregati impiegati.		

Si dovranno, altresì, adottare particolari cautele nell'utilizzare inerti esposti a rischio di reagire chimicamente con gli alcali contenuti nel cemento.

Si dovrà dare tempestiva comunicazione alla D.L. in merito agli accorgimenti necessari ad escludere tali fenomeni.

Sia le sabbie che gli inerti grossi dovranno avere una massa volumica reale non inferiore a 2,6 gr/cm³.

Tutte le caratteristiche degli inerti, di cui alla citata norma UNI 8520/86 parte 2a, dovranno essere verificate con le frequenze indicate dalla D.L.

È consentito l'impiego di aggregato di recupero dall'acqua di lavaggio in misura non superiore al 5% dell'aggregato totale.

La curva granulometrica delle miscele di aggregato per conglomerato cementizio dovrà essere tale da ottenere la minima richiesta d'acqua a parità di dosaggio di cemento e di lavorabilità dell'impasto e dovrà permettere di ottenere i requisiti voluti sia nell'impasto fresco (consistenza, omogeneità, lavorabilità, aria inglobata, ecc.) che nell'impasto indurito (resistenza, permeabilità, modulo elastico, ritiro, viscosità, durabilità, ecc.).

Le singole frazioni necessarie a comporre la curva granulometrica non dovranno sovrapporsi per più del 15% e il diametro inferiore (d) della frazione (i+1)-esima dovrà risultare minore o uguale al diametro superiore (D) della frazione i-esima.

Nella composizione della curva granulometrica nessuna frazione potrà essere dosata in percentuale maggiore del 45%, salvo preventiva autorizzazione del Direttore dei Lavori.

La curva granulometrica dovrà risultare costantemente compresa nel fuso granulometrico dichiarato dal produttore (con tolleranza di $\pm 10\%$ rispetto alla curva di riferimento) ed approvato dalla Direzione dei Lavori e dovrà essere verificata ogni 1000 m³ di aggregati impiegati.

Particolare attenzione dovrà essere rivolta alla granulometria della sabbia e al suo contenuto di fini allo scopo di ridurre al minimo il fenomeno dell'essudazione (bleeding) nel conglomerato cementizio.

All'impianto di betonaggio dovranno essere impiegate almeno tre dimensioni dell'aggregato delle categorie Gc85/20 per Dmax fino a 11,2 mm, Gc90/15 per Dmax maggiore di 11,2 mm e Gf85 per le sabbie (UNI EN 12620).

Rispetto alla dimensione massima dichiarata (D_{max}) dell'aggregato combinato, deve essere presente una sovraclasse da 2 a 5%.

La dimensione massima (D_{max}) dell'aggregato deve essere tale da permettere che il conglomerato possa riempire ogni parte del manufatto; dovrà pertanto risultare:

- minore di 1/5 della dimensione minima delle strutture;
- minore della spaziatura minima tra le barre di armatura, diminuita di 5 mm;
- minore di 1,3 volte lo spessore del copriferro tranne che per interni di edifici (in tal caso dovrà risultare non maggiore del copriferro).

Per calcestruzzo pompato il modulo di finezza della sabbia dovrà essere compreso tra 2.4 e 3.0, la percentuale di passante al vaglio da 0.25 mm dovrà essere compresa tra il 10 e il 20% in peso, la

percentuale di passante allo 0.125 dovrà essere compresa tra il 5 e il 10% in peso;

c) Acqua di impasto

Proverrà da fonti ben definite che diano acqua di caratteristiche costanti. Sono ammesse come acqua di impasto per i conglomerati cementizi:

- l'acqua potabile;
- acqua proveniente da depuratori delle acque di aggettamento di cantiere;
- l'acqua di riciclo degli impianti di betonaggio;

qualora rispondenti ai requisiti indicati nella UNI EN 1008.

Sono escluse le acque provenienti da scarichi (industriali ecc.).

L'acqua di impasto dovrà avere un contenuto in sali disciolti inferiore a 1 g per litro. La quantità di materiale inorganico in sospensione dovrà essere inferiore a 2 g/l; la quantità di sostanze organiche (COD) inferiore a 0,1 g/l.

L'acqua dovrà essere aggiunta nella quantità prescritta per ciascuna miscela qualificata in relazione al tipo di conglomerato cementizio, tenendo conto delle condizioni di umidità e dell'assorbimento negli aggregati.

Le caratteristiche dell'acqua d'impasto dovranno essere verificate con le frequenze e le modalità indicate dalla D.L..

d) Acciaio d'armatura

Gli acciai d'armatura ordinari dovranno essere in accordo alla legge 1086/71 e al D.M. del 14/01/2008 "Norme tecniche per le costruzioni". Gli acciai d'armatura ordinaria dovranno essere di tipo B450C.

e) Additivi e disarmanti

Gli additivi dovranno rispondere alle Norme UNI EN 934-2, UNI 10765.

L'Appaltatore dovrà impiegare esclusivamente additivi muniti di Attestato di conformità CE, per i quali il produttore attui un controllo di produzione in fabbrica certificato da un Organismo notificato e dotato di marcatura CE, secondo Le informazioni riportate nella certificazione di marcatura CE dovranno essere quelle pertinenti essenziali, tra quelle incluse nell'appendice ZA della UNI EN 934-2. I produttori dovranno operare con un sistema di gestione della qualità certificato secondo UNI 9001.

Nel caso di uso contemporaneo di più additivi (esclusivamente dello stesso produttore) l'Appaltatore dovrà fornire alla Direzione Lavori la documentazione della loro compatibilità.

Ad ogni carico di additivo giunto in cantiere, l'Appaltatore dovrà consegnare alla Direzione Lavori, copia fotostatica del documento di trasporto e l'Attestato di Conformità CE.

La quantità di additivo liquido che superi 3 l/m³ di calcestruzzo deve essere presa in conto nel calcolo del rapporto a/c.

Gli additivi dovranno essere aggiunti al conglomerato cementizio nel premiscelatore o nell'autobetoniera contemporaneamente all'acqua d'impasto con un sistema meccanico che consenta di aggiungere l'additivo con una tolleranza sulla quantità prescritta non superiore al 5% ed inoltre che assicuri la sua uniforme distribuzione nella massa del conglomerato cementizio durante il periodo di miscelazione.

f) Additivi fluidificanti e superfluidificanti

Allo scopo di realizzare conglomerati cementizi impermeabili e durevoli a basso rapporto a/c ed

elevata lavorabilità (vedi tab. 20H) si farà costantemente uso di additivi riduttori d'acqua fluidificanti e superfluidificanti approvati dalla Direzione Lavori.

A seconda delle condizioni ambientali e dei tempi di trasporto e lavorazione, potranno essere impiegati anche additivi multifunzionali ad azione fluidificante-aerante, fluidificante-ritardante e fluidificante-accelerante. Non dovranno essere impiegati additivi contenenti cloruro in misura maggiore dello 0,10% in massa.

Il loro dosaggio dovrà essere definito in fase di qualifica dei conglomerati cementizi sulla base delle indicazioni riportate nella documentazione tecnica del fornitore.

La scelta degli additivi fluidificanti dovrà essere basata, tenendo conto della stagione d'impiego:

- sull'effettività capacità di riduzione d'acqua a consistenza S4-S5 per confronto con calcestruzzo privo di additivo . Tale capacità dovrà essere verificata con prove di laboratorio eseguite impiegando aggregati asciutti di cui sia noto l'assorbimento, ad una temperatura ambiente simile a quella prevedibile della stagione di impiego per ciascuna miscela,
- sul mantenimento della lavorabilità che deve essere appropriato alle lavorazioni ed alle stagioni previste, assicurando una perdita di slump non superiore a 20-40 mm tra la centrale di betonaggio e il punto di getto, anche per tempi fino a 90 minuti.

Per ottimizzare i risultati si dovrà usare un additivo superfluidificante a rilascio progressivo a base carbossilato etere, avente le seguenti caratteristiche con un dosaggio di 1.0-1.4 l/100 kg di cemento:

- riduzione d'acqua non minore del 20 %,
- mantenimento della consistenza S4 per almeno 60 minuti,

g) Additivi aeranti

Per conglomerati cementizi soggetti durante l'esercizio a cicli di gelo-disgelo, si farà costantemente uso degli additivi aeranti normalizzati nella UNI EN 934-2.

Ricadono in questa prescrizione:

- tutte le cunette, i muretti, i pulvini, le solette esposte anche solo parzialmente alla pioggia;
- tutti gli elementi strutturali situati a quote maggiori di 400 m s.l.m., esclusi i precompressi; al di sotto di detta quota il progettista avrà stabilito se utilizzare calcestruzzi aerati in funzione delle condizioni climatiche prevalenti e dell'impiego di sale nelle operazioni invernali;

La percentuale di aria aggiunta varierà secondo quanto riportato nella Tabella 20 A in rapporto alla dimensione massima degli aggregati (Dmax) e sarà misurata sul conglomerato cementizio fresco prelevato all'atto della posa in opera secondo la relativa Norma UNI EN 12350-7.

Tabella 20 A- Dosaggio richiesto di aria aggiunta

Dmax Aggregati (mm)	% aria aggiunta	
	Minimo	Massimo
10,0	4.5	8.5
12,5	4.0	8
20,0	3.5	7.5
25,0	3,0	7
40,0	2,5	6.5
50,0	2,0	5
75,0	1,5	3

L'Appaltatore dovrà adottare le opportune cautele affinché, per effetto dei procedimenti di posa in opera e compattazione attuati, non si abbia una riduzione del tenore d'aria effettivamente aggiunta

al di sotto dei limiti della tabella. A tale scopo per la qualifica delle miscele aerate si dovrà procedere alla misura della differenza del contenuto d'aria del calcestruzzo fresco alla centrale di betonaggio e del calcestruzzo fresco dopo il trasporto, la posa in opera e la compattazione nel manufatto.

Il contenuto d'aria aggiunta nel conglomerato cementizio indurito potrà essere verificato con il procedimento descritto nella UNI EN 480-11. Qualora si riscontri una carenza d'aria rispetto ai quantitativi minimi prescritti, si opererà un deprezzamento del 10% del conglomerato per ogni per cento di aria in meno, fino al 30 %.

Per gli elementi strutturali precompressi non si userà calcestruzzo aerato. Se si prevede l'esposizione a cicli gelo-disgelo, il calcestruzzo deve essere resistente al gelo e la verifica deve effettuarsi con un metodo di prova adatto per un calcestruzzo aerato (UNI 7087). In climi severi e dove si faccia uso di sale, per tali elementi si ricorrerà alla protezione superficiale mediante sistemi protettivi pellicolari.

Sui pulvini di opere situate in località in cui si prevedano le operazioni invernali, dovranno sempre essere applicati sistemi protettivi pellicolari.

h) Additivi ritardanti e acceleranti

Gli additivi ritardanti riducono la velocità iniziale delle reazioni tra il legante e l'acqua aumentando il tempo necessario ai conglomerati cementizi per passare dallo stato plastico a quello rigido, senza influenzare lo sviluppo successivo delle resistenze meccaniche, dopo la maturazione a 28 d.

Gli additivi acceleranti di presa o di indurimento aumentano la velocità delle reazioni tra il legante e l'acqua e conseguentemente la perdita di lavorabilità e lo sviluppo delle resistenze dei conglomerati cementizi senza pregiudicare la resistenza finale degli impasti.

Preferibilmente verranno impiegati additivi multifunzionali ad azione fluidificante-ritardante o fluidificante-accelerante.

I tipi ed i dosaggi impiegati rispondenti alla normativa UNI EN 934-2, o UNI EN 10765 dovranno essere preventivamente approvati dalla Direzione Lavori.

i) Aggiunte

È ammesso l'impiego di aggiunte sia idrauliche che inerti in conformità alla UNI EN 206-1.

j) Ceneri volanti

Le ceneri volanti, dovranno provenire da centrali termoelettriche in grado di fornire un prodotto di qualità costante nel tempo e documentabile, che dovrà essere costantemente controllata.

Le caratteristiche delle ceneri volanti devono essere conformi alla UNI EN 450-1 e in particolare ai requisiti riportati nella Tabella 20 B.

Tabella 20 B. Caratteristiche delle ceneri volanti

Caratteristica	U.M.	Limiti di accettazione	Tolleranze	Frequenza prove
Perdita al fuoco (p.p.c.) (1 ora) UNI ENV 196/2	%	≤ 5,0	+ 2,0	- Ciascuna fornitura
Cl (cloruri) - UNI EN 196/21	%	≤ 0,1	+ 0,01	- trimestrale o 1000 t
SO ₃ (anidride solforica) – UNI ENV 196/2	%	≤ 3,0	+ 0,5	- trimestrale o 1000 t
Ossido di calcio libero – UNI EN 451/1	%	≤ 1,0	+ 0,1	- mensile
Stabilità volumetrica (se l'ossido di calcio libero è compreso tra 1 e 2,5%) Prova le Chatelier UNI	mm	≤ 10	+ 1,0	- mensile o 200 t

Caratteristica	U.M.	Limiti di accettazione	Tolleranze	Frequenza prove
ENV 196-3				
Contenuto totale di alcali EN 196-21 come sodio equivalente	%	< 4	+ 1	- mensile
Ossido di magnesio secondo EN 196-2	%	<3	+1	- mensile
Fosfato solubile (P ₂ O ₅)	mg/kg	<100		- mensile
Trattenuto al vaglio da 45 micron UNI EN 451/2	%	≤ 40	± 10	- mensile
Massa Volumica Reale UNI ENV 196/6	t/m3	val. medio dichiarato	± 150	- trimestrale o 1000 t
Indice di attività pozzolanica a 28 gg.	%	≥ 75	- 5	- mensile o 500 t
Indice di attività pozzolanica a 90 gg. (UNI EN 196/1 – cemento di rif. CEM I)		≥ 85	- 5	

Se si utilizzano cementi di tipo I 42.5 e II A/L 42.5, la quantità di ceneri potrà essere elevata fino al 33% del peso del cemento e potrà essere computata nel dosaggio del cemento e del rapporto A/C sostituendo al termine: "rapporto acqua/cemento" il termine " rapporto acqua/(cemento + k x cenere)" e al termine "dosaggio minimo di cemento" il termine: "dosaggio minimo di cemento + k x cenere ".

K assume i valori seguenti:

- CEM I 42.5 N,R K = 0.4
- CEM II A/L 42.5 N,R K = 0.2

Il dosaggio minimo di cemento in funzione della classe di esposizione (si veda la Tabella 20 H) può essere diminuito della quantità massima di K x (dosaggio minimo di cemento -200) kg/m³.

Per gli altri tipi di cemento, il dosaggio delle ceneri volanti non deve superare il 25% del peso del cemento. In questo caso l'aggiunta non sarà computata in alcun modo nel dosaggio di cemento e nel calcolo del rapporto A/C.

Ove sia richiesto l'uso dei cementi resistenti ai solfati con basso tenore di C3A (alluminato tricalcico) l'aggiunta non è consentita.

L'eventuale maggior richiesta d'acqua potrà essere compensata con un maggior dosaggio di additivo.

Nella progettazione della miscela e nelle verifiche periodiche da eseguire, andrà comunque verificato che l'aggiunta di ceneri praticata non comporti un incremento della richiesta di additivo, per ottenere la stessa fluidità dell'impasto privo di ceneri maggiore dello 0,2% sul cemento.

Qualora si debbano impiegare calcestruzzi aerati, si dovrà determinare mediante apposite prove l'eventuale maggior dosaggio di aerante necessario.

k) Silice ad alta superficie specifica (Fumo di silice)

Potranno essere impiegate aggiunte minerali in polvere costituite da silice amorfa ad elevatissima superficie specifica (fumo di silice), anche additate con superfluidificanti di cui costituiscano un supporto.

Ciò per ottenere conglomerati cementizi ad elevata lavorabilità, resistenza e durabilità, in particolare in presenza di cicli gelo-disgelo e di sali disgelanti.

La quantità di fumo di silice aggiunta all'impasto, limitata all'intervallo 5-10% sul peso del cemento, dovrà essere definita in sede di qualifica preliminare d'intesa con la Direzione Lavori, in relazione alle caratteristiche del calcestruzzo richieste in fase progettuale.

In via preliminare dovrà essere eseguita una verifica del campione mediante immersione di provini in soluzione al 30% di CaCl_2 a 5 °C per venti giorni senza che sui provini stessi si manifesti formazione di fessure o scaglie.

Le caratteristiche tecniche previste secondo la UNI EN 13263 dovranno essere quelle della Tabella 20 C.

Tabella 20 C Limiti di composizione per il fumo di silice

Parametri	Limiti
SiO_2	>85%
CaO	<1,2%
SO_3	<2,5%
$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$	<4,0%
Cl^-	<0,2%
Area specifica B.E.T.	20-35 m^2/g
Silicio elementare, Si	< 0,5 %

Al fine di ottenere una corretta progettazione della miscela del conglomerato cementizio ove è previsto l'impiego di fumo di silice, il quantitativo di questa in relazione alla distribuzione delle parti fini sarà considerato pari ad una stessa quantità di cemento. Per la definizione del rapporto a/c in relazione alla durabilità (si veda al punto 20.1.5.1), si potrà assumere $k = 1$.

Per l'ottenimento delle resistenze fino a 7d l'apporto della silice non dovrà essere preso in considerazione.

l) Filler

Per migliorare la reologia delle miscele e ridurre il bleeding, è ammesso l'impiego di filler calcareo o di ceneri volanti. Questi materiali devono rispondere alle rispettive norme

- UNI EN 450 per le ceneri volanti
- UNI 8520-2 per il filler.

Le caratteristiche del filler devono risultare conformi ai requisiti della

Tabella 20 D.

Tabella 20 D Caratteristiche e limiti ammissibili per i filler

Caratteristica	Limiti ammissibili	Metodo di prova
Granulometria	Devono essere rispettati i limiti del prospetto 7 della uni 12620	EN 933-10
Massa volumica dei granuli	La massa volumica deve essere espressa in termini di massa volumica dopo essiccazione in stufa e deve essere >2000	EN 1097-6

Contenuto di cloruri solubili in acqua	Il contenuto di cloruri deve essere minore dello 0,03 per cento	EN 1744-1, punto 7
Contenuto di solfati solubili in acido	Contenuto di solfati solubili in acido < 0,8%	UNI EN 1744-1, punto 12
Contenuto di zolfo totale	contenuto di zolfo totale 1,0%	UNI EN 1744-1, punto 11
Qualità dei fini per (Pulizia)	Il valore del blu di metilene $MB_f \leq 12$ g/kg	UNI EN 933-9, appendice A
Costituenti che alterano la presa e l'indurimento del calcestruzzo	Il contenuto di tali materiali deve soddisfare i requisiti del 6.4.1 della UNI EN 12620	UNI EN 1744-1, punto 15.1; 15.2; 15.3

9.3.2 Caratteristiche delle miscele dei conglomerati cementizi

9.3.2.1 Requisiti generali

Tutto il calcestruzzo utilizzato, sia prodotto in cantiere sia in uno stabilimento esterno al cantiere, dovrà essere confezionato con processo industrializzato, mediante impianti idonei ad una produzione costante, con personale e attrezzature capaci di valutare e correggere la qualità del prodotto.

Gli impianti devono essere dotati di un sistema di controllo della produzione e di un sistema di gestione della qualità secondo UNI EN 9001 certificato da un organismo terzo indipendente.

Per gli aspetti attinenti alla tecnologia del conglomerato cementizio, l'Appaltatore dovrà avvalersi della collaborazione di un tecnologo qualificato il cui curriculum dovrà essere sottoposto all'approvazione del Direttore dei Lavori.

Per il calcestruzzo fornito da un preconfezionatore esterno l'Appaltatore dovrà garantire il rispetto delle specifiche del presente Capitolato Speciale.

9.3.3 Durabilità dei conglomerati cementizi

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

Le cause di degradazione più frequenti sono i fenomeni di corrosione delle armature, i cicli di gelo-disgelo, l'attacco di acque aggressive di varia natura per la presenza di solfati, cloruri, anidride carbonica aggressiva.

La degradazione va prevenuta applicando nelle fasi di progettazione e di esecuzione le Norme UNI 8981-1, UNI 8981-2 (2007), UNI EN 206-1 e UNI 11104.

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

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

Oltre all'impiego di tale conglomerato cementizio riveste fondamentale importanza anche lo spessore del copriferro e la eventuale presenza di fessurazioni dei manufatti.

In presenza di concentrazioni sensibili di solfati, di anidride carbonica aggressiva e altri aggressivi nelle acque e nei terreni a contatto dei manufatti, dovranno essere osservate le istruzioni di cui alla UNI EN 206-1, alle Norme UNI 8981 e UNI 11104, impiegando i tipi di cemento corrispondenti alle classi di resistenza chimica moderata, alta ed altissima, secondo le prescrizioni delle Norme UNI 9156 e 9606; inoltre, per i conglomerati dei tipi II e III, il rapporto acqua cemento dovrà essere inferiore di 0,05 rispetto a quelli della Tabella 20 H.

In alternativa ad una prova globale di durabilità, la Direzione Lavori, d'intesa con il Progettista, farà eseguire, sempre in fase di qualifica, prove di permeabilità, prove di resistenza ai cicli di gelo disgelo, d'assorbimento d'acqua, di scagliamento in presenza di cloruro, di resistenza all'azione di soluzioni aggressive.

La prova di resistenza al gelo sarà svolta sottoponendo i campioni a 300 cicli di gelo e disgelo, secondo UNI 7087; la conseguente variazione delle proprietà caratteristiche dovrà essere contenuta entro i limiti riportati nella Tabella 20 E.

Tabella 20 E - Prova di resistenza al gelo. Variazioni ammesse

Riduzione del modulo d'elasticità:	20%
Perdita di massa:	2%
Espansione lineare:	0.2%

La prova di permeabilità all'acqua sarà eseguita secondo la Norma ISO 7031. Si richiede una penetrazione media non superiore a 50 mm.

La prova di permeabilità all'ossigeno sarà eseguita secondo UNI 11164. Per calcestruzzo impermeabile si richiede un coefficiente di permeabilità non superiore a $1.5 \times 10^{-17} \text{ m}^2$.

9.3.4 Tipi e classi dei conglomerati cementizi

Ai fini del presente Capitolato Speciale di Appalto, vengono presi in considerazione tipi e classi di conglomerato cementizio:

- i "tipi" sono definiti nella Tabella 20 G, nella quale sono indicate alcune caratteristiche dei conglomerati cementizi e sono esemplificati i relativi campi di impiego;
- le "classi" indicano la resistenza caratteristica cubica del conglomerato cementizio a ventotto giorni di maturazione, espressa in MPa.

Ai fini dell'utilizzo della Tabella 20 G il progettista avrà provveduto ad assegnare a ciascun elemento strutturale l'opportuna classe di esposizione conformemente alle prescrizioni contenute nel prospetto 1 della UNI 11104 (allegato 20.1), tenendo anche in considerazione la tabella dell'allegato 20.2.

Per tutte le strutture immerse o contro terra deve essere accertata la composizione dell'acqua e/o del terreno, allo scopo di assegnare la corretta classe di esposizione.

Qualora per un determinato elemento strutturale sussista l'appartenenza a diverse classi di esposizione, si adotteranno i valori di rapporto acqua/cemento, dosaggio di cemento e resistenza a compressione che soddisfano i requisiti di tutte le classi individuate.

Tabella 20 F - Tipi di impiego e classi dei conglomerati cementizi

Tipo di Cls	Classi di esposizione	Cementi Ammessi a)	Massimo Rapporto a/c	Minimo dosaggio di cemento	Classi di resistenza minime R_{ck}	Consistenza al cono UNI EN 12350-2
I	XC4, XS1, XF1	CEM I CEM II CEM III CEM IV	0.50	340	40 MPa	S4, S5
II	XA2	CEM III CEM IV	0,50	340	40 MPa	
	XA3		0,45	360	45 MPa	
III	XF2	CEM III CEM IV Con aria aggiunta (vedi Tabella 20 A)	0,50	340	30 MPa	
	XF4	ad esclusione del precompresso	0,45	360	35 MPa	

IV	XC3, XA1	CEM III CEM IV	0,55	320	35 MPa	
V	XC2	CEM III CEM IV	0.60	300	30 MPa	
	XA2		0,50	340	40 MPa	
	XA3		0,45	360	45	
VI	X0	Tutti			15 MPa	

ALLEGATO20.2 – GUIDA ALLA SCELTA DELLE CLASSI DI ESPOSIZIONE PER MANUFATTI AUTOSTRADALI

		CLASSE DI ESPOSIZIONE			
IMPIEGO DEI CONGLOMERATI	NOTE	DENOMINAZIONE	DESCRIZIONE AMBIENTE	ESEMPI DI SITUAZIONI	CLASSE DI RESISTENZA
Impalcati e pulvini di ponti, viadotti, cavalcavia, sottovia e ponticelli	q. s.l.m. ≤ 400 ml senza cicli gelo/disgelo	XC4	Ciclicamente bagnato e asciutto	Superfici di calcestruzzo soggette al contatto con acqua, non nella classe di esposizione XC2	40 Mpa
	Strutture costiere	XS1	Esposto a nebbia salina ma non in contatto diretto con acqua di mare	Strutture prossime oppure sulla costa	40 Mpa
	q. s.l.m. > 400 ml o in presenza di cicli gelo/disgelo	XF4	Elevata saturazione d'acqua, con agente antigelo	Strade e impalcati da ponte esposti agli agenti antigelo. Superfici di calcestruzzo esposte direttamente a nebbia contenente agenti antigelo e al gelo.	35 Mpa con aerante
Pile e spalle di ponti, viadotti, cavalcavia, sottovia e ponticelli	q. s.l.m. ≤ 400 ml senza cicli gelo/disgelo	XC4	Ciclicamente bagnato e asciutto	Superfici di calcestruzzo soggette al contatto con acqua, non nella classe di esposizione XC2	40 Mpa
	Strutture costiere	XS1	Esposto a nebbia salina ma non in contatto diretto con acqua di mare	Strutture prossime oppure sulla costa	40 Mpa
	q. s.l.m. > 400 ml o in presenza di cicli gelo/disgelo	XF2	Moderata saturazione d'acqua, con uso di agente antigelo	Superfici verticali di calcestruzzo di strutture stradali esposte a gelo e nebbia di agenti antigelo	30 Mpa con aerante
Barriere e parapetti	q. s.l.m. ≤ 400 ml senza cicli gelo/disgelo	XC4	Ciclicamente bagnato e asciutto	Superfici di calcestruzzo soggette al contatto con acqua, non nella classe di esposizione XC2	40 Mpa
	Strutture costiere	XS1	Esposto a nebbia salina ma non in contatto diretto con acqua di mare	Strutture prossime oppure sulla costa	40 Mpa

	q. s.l.m. > 400 ml in presenza di cicli gelo/disgelo	XF2	Moderata saturazione d'acqua, con uso di agente antigelo	Superfici verticali di calcestruzzo di strutture stradali esposte a gelo e nebbia di agenti antigelo	30 Mpa con aerante
--	--	------------	---	---	-----------------------

Muri di sostegno, sottoscarpa e controripa	q. s.l.m. \leq 400 ml senza cicli gelo/disgelo	XC4	Ciclicamente bagnato e asciutto	Superfici di calcestruzzo soggette al contatto con acqua, non nella classe di esposizione XC2	40 Mpa
	Ambiente aggressivo	XA2	Ambiente chimico moderatamente aggressivo	Elementi strutturali o pareti a contatto di terreni aggressivi	40 Mpa
	Strutture costiere	XS1	Esposto a nebbia salina ma non in contatto diretto con acqua di mare	Strutture prossime oppure sulla costa	40 Mpa
	q. s.l.m. > 400 ml o in presenza di cicli gelo/disgelo	XF4	Moderata saturazione d'acqua, con uso di agente antigelo	Superfici verticali di calcestruzzo di strutture stradali esposte a gelo e nebbia di agenti antigelo	35 Mpa con aerante
Tombini scatolari	q. s.l.m. \leq 400 ml senza cicli gelo/disgelo	XC4	Ciclicamente bagnato e asciutto	Superfici di calcestruzzo soggette al contatto con acqua, non nella classe di esposizione XC2	40 Mpa
	Ambiente aggressivo	XA2	Ambiente chimico moderatamente aggressivo	-	40 Mpa
	q. s.l.m. > 400 ml o in presenza di cicli gelo/disgelo	XF1	Moderata saturazione d'acqua, senza impiego di agente antigelo	Superfici verticali di calcestruzzo esposte alla pioggia e al gelo	40 Mpa
Cunette, cordoli, pavimentazioni	q. s.l.m. \leq 400 ml senza cicli gelo/disgelo	XC4	Ciclicamente bagnato e asciutto	Superfici di calcestruzzo soggette al contatto con acqua, non nella classe di esposizione XC2	40 Mpa
	q. s.l.m. > 400 ml o in presenza di cicli gelo/disgelo	XF4	Elevata saturazione d'acqua, con agente antigelo oppure acqua di mare	Strade e impalcati da ponte esposti agli agenti antigelo. Superfici orizzontali di calcestruzzo esposte direttamente a nebbia contenente agenti antigelo e al gelo.	35 Mpa con aerante

Rivestimenti di gallerie naturali e artificiali (con guaina) esclusi i 50 ml dagli imbocchi	Ambiente aggressivo	XA1	Ambiente chimico debolmente aggressivo	-	35 Mpa
	Ambiente umido	XC3	Umidità moderata	Calcestruzzo all'interno di edifici con umidità relativa dell'aria moderata oppure elevata. Calcestruzzo esposto all'esterno protetto dalla pioggia.	35 Mpa
CP e rivestimenti di gallerie naturali e artificiali (senza guaina) esclusi i 50 ml dagli imbocchi	Ambiente aggressivo	XA1	Ambiente chimico debolmente aggressivo	-	35 Mpa
	Ambiente aggressivo	XA2	Ambiente chimico moderatamente aggressivo	-	40 Mpa
	Ambiente aggressivo	XA3	Ambiente chimico fortemente aggressivo	-	45 Mpa
Fondazioni armate e non armate (plinti, pali, diaframmi, ..)	Ambiente bagnato	XC2	Bagnato, raramente asciutto	Superfici di calcestruzzo a contatto con acqua per lungo tempo. Molte fondazioni	30 Mpa
	Ambiente aggressivo	XA1	Ambiente chimico debolmente aggressivo	-	35 Mpa
	Ambiente aggressivo	XA2	Ambiente chimico moderatamente aggressivo	-	40 Mpa
	Ambiente aggressivo	XA3	Ambiente chimico fortemente aggressivo	-	45 Mpa
Magroni di pulizia, riempimento, livellamento	-	X0	Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo/disgelo, abrasione o attacco chimico. Per calcestruzzo con armatura o inserti metallici: molto asciutto.	Calcestruzzo all'interno di edifici con umidità dell'aria molto bassa	15 Mpa

9.3.5 Qualifica preliminare dei conglomerati cementizi

L'Appaltatore, sulla scorta delle prescrizioni contenute nei progetti esecutivi delle opere in conglomerato cementizio semplice e armato (normale e precompresso) e del presente Capitolato Speciale, per la scelta dei materiali e la definizione delle miscele dovrà fare riferimento a:

- classe di esposizione in funzione delle condizioni ambientali (UNI EN 206-1);
- resistenza caratteristica a compressione R_{ck} ;
- durabilità delle opere (UNI 8981-1 e -2);
- lavorabilità (abbassamento al cono UNI EN 12350-2 o altre prove se previsto);
- tipi di cemento e dosaggi minimi ammessi;
- tipi di additivi e di eventuali aggiunte minerali e relativi dosaggi ottimali da utilizzarsi;
- resistenza a trazione per flessione secondo UNI EN 12390-5;
- resistenza a compressione sui monconi dei provini rotti per flessione (UNI 6134);
- resistenza a trazione indiretta (UNI 6135);
- modulo elastico secante a compressione (UNI 6556);
- contenuto d'aria del conglomerato cementizio fresco (UNI EN 12350-7);
- ritiro idraulico (UNI 6555);
- resistenza ai cicli di gelo-disgelo (UNI 7087);
- impermeabilità (ISO DIS 7032) (DIN 1048);
- accorgimenti da adottare in caso di lavorazioni da eseguirsi in presenza di temperature rigide (al di sotto di 5°C) o in clima caldo (al di sopra di 30°C);
- sviluppo di calore e innalzamento di temperatura nei getti
- in caso di maturazione accelerata a vapore: descrizione del ciclo termico e descrizione dell'impianto che l'Appaltatore intenderà utilizzare.

9.3.5.1 Dossier di Prequalifica

L'Appaltatore dovrà prequalificare i materiali e gli impasti in tempo utile prima della qualifica all'impianto, sottoponendo all'esame della Direzione Lavori un **DOSSIER DI PREQUALIFICA** contenente:

- a) lo studio dei conglomerati cementizi ai fini della durabilità, eseguito secondo quanto precisato successivamente;
- b) la caratterizzazione granulometrica degli aggregati e i dati di assorbimento delle varie dimensioni dell'aggregato;
- c) il tipo e il dosaggio del cemento, il rapporto acqua/cemento, lo studio della composizione granulometrica degli aggregati, il tipo e il dosaggio degli additivi che intende usare, il contenuto di aria aggiunta, il valore previsto della consistenza al cono (o altro metodo se richiesto), per ogni tipo e classe di conglomerato cementizio;
- d) le caratteristiche dell'impianto di confezionamento, i sistemi di trasporto, di getto e di maturazione;
- e) la documentazione che attesta una produzione con processo industrializzato del calcestruzzo;
- f) i risultati delle prove di prequalifica all'impianto;
- g) i progetti delle opere provvisorie e provvisionali (centine, armature di sostegno e attrezzature di costruzione).
- h) elaborati e relazioni di calcolo

9.3.5.2 Qualifica all'impianto

La qualifica all'impianto ha lo scopo di verificare sia l'efficienza dell'impianto sia le caratteristiche delle miscele che si devono produrre. I laboratori, saranno sia un Laboratorio Ufficiale o autorizzato

indicato dalla Direzione Lavori sia, in parallelo, il laboratorio di cantiere.

Si dovranno effettuare, su almeno tre impasti consecutivi, le seguenti verifiche:

1. il valore medio della resistenza a compressione a 28 giorni (R_m), misurato su almeno 4 prelievi (ciascuno di due provini) deve essere:

- per $R_{ck} < 30 \text{ N/mm}^2$ $R_m \geq 1,25 R_{ck}$
- per $30 \text{ N/mm}^2 \leq R_{ck} \leq 40 \text{ N/mm}^2$ $R_m \geq 1,20 R_{ck}$
- per $R_{ck} > 40 \text{ N/mm}^2$ $R_m \geq 1,15 R_{ck}$

con valore minimo di ogni singolo provino $R_i \geq R_{ck}$;

dovrà anche essere misurata la resistenza a compressione a 2 e 7 giorni.

2. il valore dell'abbassamento al cono deve essere conforme alla classe di consistenza dichiarata $\pm 20 \text{ mm}$. Salvo requisiti diversi definiti in Progetto o individuati dalla Direzione dei Lavori in funzione delle condizioni di impiego, la consistenza deve mantenersi:

- per almeno 60 minuti per temperature fino a 20°C ;
- per almeno 45 minuti per temperature fino a 30°C .

3. deve essere verificata l'omogeneità del calcestruzzo all'atto del getto su due campioni, prelevati rispettivamente a 1/5 e 4/5 dello scarico della betoniera; deve risultare:

- una differenza dell'abbassamento al cono non superiore a 30 mm ,
- una differenza tra le percentuali in peso di passante al vaglio a maglia quadrata da 4 mm dei due campioni non superiore al 4% ,

4. il rapporto acqua/cemento determinato secondo le modalità previste nella Norma UNI 6393, non deve differire di $+ 0.03$ da quello dichiarato nella prequalifica;

5. il valore della massa volumica del calcestruzzo fresco dev'essere superiore al 98% del teorico;

6. il bleeding (secondo UNI 7122, p. 5.2) deve essere minore dello $0,1\%$ dell'acqua di impasto.

Le resistenze medie a compressione per ciascun tipo di calcestruzzo, misurate a 2 e 7 giorni sui provini prelevati dall'impasto di prova all'impianto, non devono discostarsi di $\pm 15\%$ dalle resistenze indicate nella relazione di prequalifica.

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

9.3.5.3 Autorizzazione ai getti

La Direzione Lavori autorizzerà l'inizio dei getti di conglomerato cementizio solo dopo aver esaminato ed approvato il *DOSSIER DI PREQUALIFICA* dei materiali e degli impasti di conglomerato cementizio avendo effettuato le prove di qualifica all'impianto di betonaggio, in contraddittorio con l'Appaltatore.

L'approvazione delle proporzioni delle miscele da parte del Direttore dei Lavori non libera in alcun modo l'Appaltatore dalle sue responsabilità in base alle norme vigenti.

Caratteristiche dei materiali e composizione degli impasti, definite in sede di qualifica, non possono essere modificati in corso d'opera salvo autorizzazione scritta della Direzione Lavori.

Qualora si rendesse necessaria una variazione dei materiali, la procedura di qualifica dovrà essere ripetuta.

Qualora l'Appaltatore impieghi conglomerato cementizio preconfezionato pronto all'uso - prodotto da operatori esterni alla sua struttura, per il quale si richiama, oltre alle Linee Guida del Ministero dei Lavori Pubblici, la Norma UNI EN 206-1 - dovranno essere comunque:

- rispettate le prescrizioni sulla qualificazione dei materiali,

- definite e qualificate le composizioni degli impasti,
- eseguite le prove di qualifica all'impianto,
- dovrà essere documentata la produzione con processo industrializzato.

Si puntualizza che per la realizzazione delle opere in conglomerato cementizio dovrà essere impiegato esclusivamente "conglomerato cementizio a prestazione garantita" secondo la Norma UNI EN 206-1. In nessun caso verrà ammesso l'impiego di "conglomerato cementizio a composizione richiesta" secondo la stessa Norma; tutto ciò dicasi anche per il calcestruzzo non strutturale utilizzato per spianamenti, sottofondazioni, riempimenti, ecc., che dovrà essere confezionato con materiali idonei ed avere classe di resistenza > 15 MPa.

9.3.6 Controlli in corso d'opera

La Direzione Lavori eseguirà controlli periodici in corso d'opera per verificare la corrispondenza tra le caratteristiche dei materiali e degli impasti impiegati e quelle definite in sede di qualifica e l'utilizzo delle miscele previste per le varie parti delle opere.

L'Appaltatore dovrà disporre di almeno un Laboratorio (in cantiere, all'impianto di confezionamento o nelle immediate vicinanze) idoneo all'esecuzione di tutte le prove di qualifica e conformità del calcestruzzo fresco ed indurito e dei materiali costituenti, ad eccezione delle determinazioni chimiche e delle prove di permeabilità (profilo di penetrazione dell'acqua in pressione o coefficiente di diffusione).

Presso il laboratorio responsabile delle prove di qualifica dovranno essere disponibili le seguenti apparecchiature:

- Forno per essicare;
- Setacci;
- Bilancia di portata fino a 20 kg e sensibilità 1 gr;
- Termometro a immersione per calcestruzzo;
- Porosimetro;
- Picnometro;
- Contenitore tarato per prove di massa volumica su calcestruzzo;
- Cono o tavola a scosse;
- Casseforme di acciaio o PVC per il prelievo di almeno 32 cubetti;
- Impastatrice da laboratorio;
- Piastra o ago vibrante;
- Sclerometro;
- Termometro a max-min;
- Contenitore ermetico ed alcool per il controllo del calcestruzzo fresco;
- Camera termostatica con umidificatore a nebbia o vasca termostatica di stagionatura dei provini di calcestruzzo.
- Pressa da laboratorio con carico massimo pari ad almeno 2000 kN
- Attrezzatura per la registrazione delle temperature del calcestruzzo durante la presa e l'indurimento, dotata di almeno sei termocoppie;
- Carotatrice idonea al prelievo di carote con diametro fino a 120 mm

9.3.6.1 Resistenza dei conglomerati cementizi

La resistenza cubica dei conglomerati cementizi verrà controllata mediante i *controlli di accettazione*, che dovranno essere effettuati, per ciascuna opera o parte di opera, su tutte le miscele qualificate impiegate.

Il prelevamento dei campioni deve essere eseguito in modo tale che non sia possibile un cambiamento sostanziale delle proprietà significative e della composizione del calcestruzzo tra il momento del campionamento e quello della posa in opera.

Con il calcestruzzo di ciascun prelievo verranno confezionate, secondo le UNI EN 12390-1 e -2, impiegando casseforme cubiche calibrate, almeno due coppie di provini per il cemento armato e almeno tre coppie di provini per il cemento armato precompresso.

Il Direttore dei Lavori o un tecnico di sua fiducia provvederanno ad identificare ciascun provino mediante scritte indelebili su fascette di plastica inserite nella superficie del provino fresco e non rimovibili. I provini verranno lasciati nelle casseforme, protetti con pellicola di politene e riposti in ambienti chiusi a temperatura tra 15 e 25 °C. Dopo 16 ore ma non più di 3 giorni verranno trasferiti in laboratorio, sformati e posti in cella di maturazione a temperatura di $20 \pm 2^\circ\text{C}$ e umidità relativa $\geq 95\%$ oppure in acqua a $20 \pm 2^\circ\text{C}$.

Per il cemento armato la prima coppia verrà provata a 7 giorni e la seconda a 28 giorni. Per il cemento armato precompresso si eseguiranno le prove a 3, 7 e 28 giorni. Il valore medio delle resistenze di ciascuna coppia verrà designato "resistenza di prelievo".

I valori delle resistenze di prelievo a 3 oppure a 3 e 7 giorni, verranno determinati presso il Laboratorio della Direzione dei Lavori e impiegati per confronto con i dati corrispondenti ottenuti in fase di qualifica all'impianto, per una contabilizzazione provvisoria in attesa dei dati a 28 giorni.

Nel caso che la resistenza ricavata dalle prove a 3 o 7 giorni risultasse inferiore a quella prevista, la Direzione Lavori, nell'attesa dei risultati ufficiali, potrà a suo insindacabile giudizio ordinare la sospensione dei getti dell'opera interessata senza che l'Appaltatore possa accampare per questo alcun diritto.

Le resistenze di prelievo a 28 giorni verranno determinate dal Laboratorio Ufficiale secondo le UNI EN 12390-3 e 4, e verranno utilizzate per verifica della conformità della resistenza del calcestruzzo impiegato a quella di Progetto. La verifica verrà eseguita con il metodo statistico (tipo B) mentre solo per volumi di miscela omogenea minori di 1500 m³ potrà essere utilizzato il metodo tipo A.

9.3.6.1.1 Controlli di accettazione con metodo Tipo A

Un controllo di accettazione di tipo A è riferito ad un quantitativo di miscela omogenea non maggiore di 300 m³ ed è rappresentato da tre prelievi, ciascuno dei quali eseguito su un massimo di 100 m³ di getto. Per ogni giorno di getto va eseguito almeno un prelievo. Dovrà risultare per ogni gruppo di tre prelievi:

- $R_m \geq R_{ck} + 3.5$
- $R_1 \geq R_{ck} - 3.5$

dove R_m è la resistenza media e R_1 la minima dei tre prelievi, mentre R_{ck} è la resistenza caratteristica di Progetto. Per quantità minori di 100 m³ di miscela omogenea, si può derogare dall'obbligo di prelievo giornaliero.

9.3.6.1.2 Controlli di accettazione con metodo Tipo B

Il controllo di tipo B, riferito a una definita miscela omogenea, va eseguito con una frequenza non minore di un controllo ogni 1500 m³ di calcestruzzo. Per ogni getto di miscela va eseguito almeno un prelievo e complessivamente almeno 15 prelievi sui 1500 m³.

Devono essere verificate le disuguaglianze:

- $R_1 \geq R_{ck} - 3.5$
- $R_m \geq R_{ck} + 1.4 s$

dove s è lo scarto quadratico medio

In entrambi i casi (controllo Tipo A o B), nulla sarà dovuto all'Appaltatore se la resistenza R_{ck} risulterà maggiore di quella indicata negli elaborati progettuali.

9.3.6.2 Non conformità dei controlli di accettazione

Se dalle prove eseguite presso il Laboratorio Ufficiale, risultassero nonconformità nei controlli di accettazione, la Direzione Lavori aprirà delle nonconformità che dovranno essere risolte, d'intesa con il Progettista, come stabilito nel seguito. Tutte le relative prove saranno a totale carico dell'Appaltatore.

Verrà determinata la resistenza in sito del conglomerato, mediante carotaggio secondo UNI EN 12504, su carote del diametro di 10 cm o maggiore (almeno 3 volte il diametro massimo dell'aggregato); per ogni 100 m³ di calcestruzzo non conforme si preleverà una serie di almeno 6 carote che verranno conservate fino alla prova in ambiente interno asciutto (non in acqua).

L'altezza delle carote sarà uguale al diametro (con tolleranza di ± 2 mm) e si scareranno le carote contenenti barre di armatura, fratturate o con evidenti difetti. Le carote dovranno essere rettificate; non è ammessa cappatura con gesso. La planarità e parallelismo delle facce, conformi alla UNI EN citata, devono essere verificate con strumenti di appropriata sensibilità. Per carotaggio orizzontale il valore di resistenza verrà incrementato del 5%.

Se il valore medio di una serie di determinazioni di resistenza in sito non è inferiore all'85% di R_m (valore medio della resistenza) richiesto in Progetto, il calcestruzzo è giudicato direttamente accettabile, se invece detto valore medio è inferiore all'85% di R_m , il Progettista deve procedere al controllo della sicurezza della struttura in base alla resistenza in sito:

- se tale controllo è soddisfacente il calcestruzzo può essere accettato e non sono richieste ulteriori azioni, salvo l'applicazione di una penale proporzionale al 15 % (sul valore della lavorazione, per tutte le superfici ed i volumi per ogni 5 MPa del valore medio in meno rispetto alla resistenza caratteristica. Il Direttore dei Lavori potrà adottare ulteriori provvedimenti a seguito di una valutazione dell'effetto della resistenza ridotta sulla durabilità, in base alle prescrizioni della UNI 11104.
- se le verifiche della sicurezza non sono soddisfacenti l'Appaltatore sarà tenuto, a sua totale cura e spese, alla demolizione e rifacimento dell'opera oppure all'adozione di quei provvedimenti che, proposti dallo stesso, per diventare operativi dovranno essere formalmente approvati dal Progettista.

9.3.7 Tecnologia esecutiva delle opere

L'Appaltatore è tenuto all'osservanza delle Norme Tecniche emanate in applicazione della Legge 05/11/1971 n. 1086 (D.M. in vigore) nonché della Legge 02/02/1974 n. 64 (Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche) con relative istruzioni e successivi aggiornamenti e le Norme UNI vigenti, in quanto applicabili, ed in particolare delle Norme UNI EN 206-1 e UNI EN 13670

9.3.7.1 Confezione dei conglomerati cementizi

La confezione dei conglomerati cementizi dovrà essere eseguita con gli impianti preventivamente approvati dalla Direzione Lavori in fase di qualifica delle miscele.

Alla fine di ogni turno di lavoro l'Appaltatore dovrà trasmettere al Responsabile del Controllo Qualità dei Materiali, incaricato dal Direttore dei Lavori, copia dei tabulati riportanti i dati di carico d'ogni impasto eseguito durante il turno stesso.

La mancata consegna dei tabulati comporterà la non conformità del conglomerato cementizio prodotto durante l'intera giornata lavorativa.

È obbligatorio l'impiego di premescolatori fissi per i calcestruzzi aventi resistenza a compressione di 40 MPa o maggiore o aventi rapporto a/c di 0,45 o minore e per i calcestruzzi aerati.

Gli impianti di betonaggio saranno del tipo automatico o semiautomatico, con dosatura a peso degli aggregati, dell'acqua, delle aggiunte minerali e del cemento e a volume per gli additivi; la precisione delle apparecchiature per il dosaggio saranno quelli della Norma UNI EN 206-1; dovrà essere controllato il contenuto d'umidità degli aggregati in funzione del quale dovrà essere corretto il dosaggio d'acqua di impasto.

Per l'acqua è ammessa anche la dosatura a volume. La dosatura effettiva dell'acqua dovrà essere realizzata con precisione del 3% ed i relativi dispositivi dovranno essere tarati almeno una volta ogni due mesi o comunque quando richiesto dalla Direzione Lavori.

La dosatura effettiva degli aggregati e del cemento dovrà essere realizzata con precisione del 3%.

Le bilance dovranno essere revisionate almeno una volta ogni due mesi e tarate all'inizio del lavoro e successivamente almeno una volta l'anno e comunque quando richiesto dalla Direzione Lavori.

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

I silos del cemento e delle aggiunte minerali debbono garantire la tenuta nei riguardi dell'umidità atmosferica.

Il tempo e la velocità di mescolamento dovranno essere tali da produrre un conglomerato rispondente ai requisiti d'omogeneità di cui ai successivi paragrafi.

L'impasto dovrà risultare di consistenza uniforme ed omogeneo, uniformemente coesivo (tale cioè da essere trasportato e manipolato senza che si verifichi la separazione dei singoli elementi); lavorabile (in maniera che non rimangano vuoti nella massa o sulla superficie dei manufatti dopo eseguita la vibrazione in opera).

9.3.7.2 Getti in clima freddo

Ai fini del getto del calcestruzzo, il clima si definisce " freddo " quando la temperatura dell'aria è minore di 5 °C.

Per le considerazioni e prescrizioni seguenti si dovrebbe conoscere la massima caduta da un giorno all'altro della temperatura minima rilevata dagli osservatori meteorologici nei siti interessati nel periodo invernale

In caso di clima freddo occorre:

- assicurare il calcestruzzo giovane contro il rischio del congelamento; ciò si ottiene mantenendo la temperatura al di sopra dei valori di sicurezza successivamente indicati in tabella 1;
- realizzare la protezione dei manufatti impedendo un rapido essiccamento, che ostacolerebbe l'idratazione del cemento alla superficie del calcestruzzo;
- favorire la maturazione e controllare lo sviluppo di resistenza del calcestruzzo fino a raggiungere il livello necessario per la rimozione dei sostegni e delle casseforme.

Il periodo di tempo durante il quale si debbono mantenere in atto gli accorgimenti relativi ai tre punti precedenti viene designato "periodo di maturazione protetta".

9.3.7.2.1 Mantenimento della temperatura del calcestruzzo per evitare il congelamento

In clima freddo la temperatura del calcestruzzo nel tempo è funzione di diversi fattori, tra cui la temperatura iniziale all'atto dello scarico dalla betoniera, la temperatura dell'aria esterna, lo spessore del getto, l'eventuale impiego di sistemi protettivi; influiscono ovviamente anche il tipo di cemento, il

dosaggio di cemento e il tipo di additivazione.

Allo scopo di impedire il congelamento del calcestruzzo, che potrebbe danneggiare severamente il materiale, la temperatura minima del getto (indicata nella tabella 20.I in funzione dello spessore minimo del manufatto e della temperatura dell'aria) deve essere assicurata per il periodo necessario (periodo di maturazione protetta) affinché la resistenza del calcestruzzo raggiunga un valore di almeno 5 Mpa. A questa resistenza corrisponde la capacità del calcestruzzo di poter sopportare un ciclo di congelamento senza subire danni; successivamente, al termine della maturazione protetta, la cassaforma e l'eventuale coibentazione possono essere rimosse.

Nella Tabella 20 G vengono altresì riportate le temperature minime del calcestruzzo raccomandate in centrale per durate del trasporto inferiori ai 30 minuti.

Per trasporti di maggiore durata si può usare l'equazione seguente, che dà la perdita di temperatura ΔT durante il trasporto:

- $\Delta T = 0.25 (T_r - T_a) \cdot t$

in cui T_r è la temperatura richiesta in centrale, T_a è la temperatura dell'aria e t la durata del trasporto in ore; ΔT è quindi il valore da aggiungere ai valori raccomandati in centrale.

Nella stessa Tabella 20 G vengono altresì riportati i massimi valori ammissibili di abbassamento della temperatura nelle prime 24 ore dopo la fine della protezione ovvero dopo la rimozione dei sistemi coibenti per evitare shock termico.

Tabella 20 G - Temperature del calcestruzzo

Temperatura dell'aria	Minima dimensione della sezione, mm			
	300 (solette)	300-900 (muri)	900-1800	> 1800 (pile e plinti)
Minima temperatura ammessa del calcestruzzo dopo il getto, fino alla fine della maturazione protetta, °C				
Da 5 a -15 °C	13	10	7	5
Minima temperatura richiesta del calcestruzzo alla centrale, per durata del trasporto < di 0.5 ore.				
> -1	16	13	10	7
Da -15 a -1	18	16	13	10
Massimo ammissibile abbassamento superficiale di temperatura nelle prime 24 ore dopo la fine della protezione				
	25	22	17	11

9.3.7.2.2 Coibentazione

Per la durata della maturazione protetta, allo scopo di mantenere la temperatura del calcestruzzo nelle casseforme al di sopra dei limiti assegnati in tabella 20 I, si deve far uso di appositi sistemi di coibentazione fino a quando la resistenza a compressione del calcestruzzo abbia raggiunto 5 Mpa.

La coibentazione dei manufatti deve essere realizzata con le modalità seguenti:

- per i getti con ampie superfici orizzontali (solette) si deve ricorrere a materassini isolanti di lana di vetro o di roccia da applicare subito dopo la rifinitura delle superfici;

- per i getti in cassero (plinti, pile e pulvini) si devono usare cassaforme coibentate.

In funzione del tipo di manufatto e della temperatura minima prevedibile, la Tabella 20 H indica la Resistenza termica minima ($R = m^2 \cdot ^\circ C/W$) della cassaforma coibentata o del materassino da utilizzare.

Tabella 20 H – Resistenza termica ($m^2 \cdot ^\circ C/W$) della coibentazione per manufatti tipo;

Spessore minimo, mm	Temp. Minima prevista, $^\circ C$	Solette	Pile, muri	Pulvini
< 300	Fino a -5	0.8		
	Fino a -15	1.41		
500-1200	Fino a -5		0.5	
	Fino a -15		0.7	
> 1800	Fino a -15			.35

9.3.7.2.3 Protezione

Dopo la posa in opera e lo scassero le parti esposte all'aria dei manufatti andranno protette contro l'essiccamento prematuro.

9.3.7.2.4 Requisito di resistenza

Qualora esista un requisito di resistenza minima all'atto dello scassero o della rimozione dei sostegni, si dovrà utilizzare il metodo della determinazione della maturità del calcestruzzo mediante sonde termometriche a registrazione inserite nel calcestruzzo e curve di taratura maturità/resistenza. A tale scopo si dovrà fare riferimento alla Norma ASTM C 1074 per la procedura appropriata.

In alternativa si potranno utilizzare matuometri del tipo COMA Meter della Germann (www.germann.org/products/comameter.htm)

9.3.7.2.5 Ulteriori precauzioni

Qualora all'interno dei manufatti siano contenuti oggetti metallici di dimensioni notevoli (ed eventualmente anche di calcestruzzo indurito) dovranno essere prese delle precauzioni per evitare che a bassa temperatura questi oggetti possano raffreddare il calcestruzzo adiacente.

Le casseforme dovranno essere prive di neve e ghiaccio e la loro temperatura non dovrà causare il congelamento del calcestruzzo al contatto.

9.3.7.2.6 Misure di temperatura

All'interno dei manufatti indicati dalla Direzione dei Lavori debbono essere disposte termocoppie allo scopo di verificare, ogni 2 ore, la temperatura del calcestruzzo. Sono da preferire sistemi automatici muniti di data-logger.

La posizione delle termocoppie dovrà trovarsi nei punti più critici, in particolare in corrispondenza di vertici e spigoli.

9.3.7.3 Getti clima caldo

Durante la stagione calda, se la prevedibile temperatura ambiente supera i $30^\circ C$, dovranno essere adottate opportune precauzioni, per evitare:

- gli effetti di una più rapida perdita della lavorabilità del conglomerato,
- i rischi della fessurazione da ritiro plastico,

- disidratazione rapida della superficie libera dei manufatti dopo la presa,
- eccessivi aumenti della temperatura all'interno dei manufatti, specialmente se la classe di resistenza è elevata e lo spessore minimo supera 0,5 m (si veda anche paragrafo sui getti massicci).

A tale scopo verranno utilizzate miscele qualificate in condizioni analoghe a quelle previste, con l'opportuna additivazione; le superfici esposte all'ambiente dovranno essere opportunamente protette.

La temperatura del calcestruzzo fresco non dovrà essere superiore a 25 °C: a tale scopo si dovranno adottare opportuni accorgimenti, quali il raffreddamento dell'acqua se sufficiente e degli aggregati se necessario.

È ammesso il raffreddamento degli aggregati mediante innaffiamento con acqua fredda; in questo caso il sistema per la misura del contenuto d'acqua dell'aggregato dell'impianto di confezionamento del calcestruzzo dovrà essere verificato quotidianamente mediante la misura del rapporto acqua/cemento secondo UNI 6393.

La Direzione Lavori procederà a misure della temperatura del calcestruzzo fresco che verrà rifiutato qualora questa risulti superiore al limite suddetto.

9.3.7.4 Getti massicci

Qualora debbano realizzarsi getti massicci (dimensione minima pari ad 1,5 metri o maggiore) dovranno essere attuati gli opportuni accorgimenti per evitare fessure dovute al raggiungimento di temperature e gradienti eccessivi all'interno dei manufatti, dovuti a loro volta allo sviluppo del calore di idratazione del cemento. In particolare non dovrà essere superata all'interno dei getti la temperatura di 65°C e la massima differenza di temperatura nella sezione del manufatto dopo la rimozione delle casseforme non dovrà essere superiore a 20 °C. Dovranno pertanto evitarsi metodi di stagionatura che favoriscono un rapido raffreddamento della superficie esterna dei manufatti; al contrario sarà utile il mantenimento prolungato dei casseri (se isolanti).

L'Appaltatore dovrà assicurarsi che con la miscela di calcestruzzo prevista la quantità di calore sviluppato non risulti eccessiva e la temperatura iniziale del calcestruzzo sia sufficientemente bassa per rispettare le prescrizioni precedenti.

Qualora necessario dovranno essere raffreddati con mezzi adeguati i componenti della miscela, calcolando preventivamente l'effetto sulla temperatura del calcestruzzo fresco. È consentito il raffreddamento della miscela mediante uso di ghiaccio, purché il Direttore dei Lavori possa verificare il controllo e la costanza del rapporto acqua/cemento e si assicuri l'assenza di pezzi di ghiaccio alla fine della vibrazione. Eventualmente si dovrà ricorrere al raffreddamento del manufatto mediante circolazione di acqua in appositi tubi metallici preinseriti a perdere nel getto.

L'Appaltatore dovrà sottoporre alla Direzione dei Lavori un bilancio termico e le precauzioni adottate, che dimostrino l'assenza di condizioni che possano portare alla fessurazione.

9.3.7.5 Getti di lunghezza elevata

Getti di lunghezza elevata come elementi di rivestimento delle gallerie, muri di sostegno, cunette e simili, in particolar modo se il loro spessore supera i 50 cm, sono soggetti a fenomeni fessurativi con la formazione di cavillature o fessure parallele al lato corto con spaziatura mediamente di quattro metri o più. La fessurazione a breve termine (uno o pochi giorni) è dovuta principalmente al ritiro termico; successivamente si verifica un contributo da parte del ritiro igrometrico.

I fenomeni suddetti si possono controllare minimizzando lo sviluppo di calore di idratazione del calcestruzzo, riducendone la temperatura iniziale e mantenendo a lungo le casseforme (se coibenti);

tuttavia il progettista dovrà prevedere un congruo numero di giunti di contrazione allo scopo di evitare la formazione di fessure casuali.

La riduzione della quantità di calore sviluppato si ottiene scegliendo un cemento a basso calore di idratazione (CEM III o CEM IV), ottimizzando la riduzione d'acqua mediante additivi, adottando elevati valori di Dmax. La riduzione della temperatura massima si può ottenere sia riducendo il calore di idratazione totale, sia riducendo la temperatura del calcestruzzo fresco (uso di acqua fredda o ghiaccio).

Allorché per le necessità operative i casseri devono essere rimossi in tempi brevi (1 o 2 giorni), si può prendere in considerazione l'impiego di falsi casseri coibentati che devono rimpiazzare in tempi molto brevi (poche ore) i casseri veri.

Anche per manufatti di questo tipo l'Appaltatore dovrà sottoporre alla Direzione dei Lavori un bilancio termico che dimostri l'assenza di condizioni che possono portare alla fessurazione.

9.3.7.6 Trasporto e consegna

Il trasporto dei conglomerati cementizi dall'impianto di betonaggio al luogo d'impiego dovrà essere effettuato con mezzi idonei al fine di evitare la possibilità di segregazione dei singoli componenti e comunque tali da evitare ogni possibilità di deterioramento del conglomerato cementizio medesimo.

Saranno accettate in funzione della durata e della distanza di trasporto, le autobetoniere e le benne a scarico di fondo ed, eccezionalmente, i nastri trasportatori.

Il DdT (Documento di Trasporto) di ciascuna consegna di calcestruzzo dovrà riportare la designazione di qualifica della miscela, la sua ricetta, la registrazione delle pesate e i valori di umidità dell'aggregato.

L'uso delle pompe sarà consentito a condizione che l'Appaltatore adotti, a sua cura e spese, provvedimenti idonei a mantenere il valore prestabilito del rapporto acqua/cemento del conglomerato cementizio alla bocca d'uscita della pompa.

Non saranno ammessi gli autocarri a cassone o gli scivoli.

La miscela qualificata di calcestruzzo dovrà avere un mantenimento della lavorabilità idoneo per la durata massima prevista del trasporto, anche in funzione delle condizioni atmosferiche; all'atto dello scarico dovrà essere controllata l'omogeneità dell'impasto con la prova indicata nei seguenti paragrafi.

È facoltà della Direzione Lavori di rifiutare carichi di conglomerato cementizio non rispondenti ai requisiti prescritti; i quantitativi rifiutati, non potranno essere oggetto di successive "correzioni" ma dovranno essere definitivamente ed insindacabilmente riposti nell'apposito sito predisposto dall'Appaltatore.

In particolare, se al momento della posa in opera la consistenza del conglomerato cementizio non è quella prescritta, lo stesso non dovrà essere impiegato per l'opera ma scaricato in luogo appositamente destinato dall'Appaltatore e reso noto alla Direzione Lavori in sede di prequalifica dei conglomerati cementizi.

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

Si pone assoluto divieto all'aggiunta d'acqua durante le operazioni di getto.

9.3.7.7 Prova sui materiali e sul conglomerato cementizio fresco

Fermo restando quanto stabilito al precedente punto 20.5 riguardo alla resistenza dei conglomerati

cementizi, la Direzione Lavori si riserva la facoltà di prelevare quando lo ritenga opportuno, ulteriori campioni di materiali o di conglomerato cementizio da sottoporre ad esami o prove di laboratorio.

In particolare in corso di lavorazione sarà controllata la consistenza, l'omogeneità, il contenuto d'aria, il rapporto acqua/cemento e l'acqua essudata (bleeding secondo UNI 7122).

La prova di consistenza si eseguirà misurando l'abbassamento al cono (slump), come disposto dalla Norma UNI EN 12350.

Detta prova sarà effettuata ad ogni autobetoniera, nei pressi del getto.

Quando la consistenza prevista progettualmente è definita come S1, S2, S3, S4 e S5, l'effettivo abbassamento in centimetri cui fare riferimento per la valutazione della prova sarà quello riportato nel mix-design di prequalifica.

Ad ogni controllo sarà redatto un apposito rapporto di prova strutturato secondo le indicazioni della Direzioni Lavori.

Qualora l'abbassamento, con tolleranza di ± 2 cm, non fosse quello progettualmente previsto l'autobetoniera sarà allontanata dal cantiere; sarà premura della Direzione Lavori accertare che il conglomerato in essa contenuto non sia oggetto di successive manipolazioni, ma sia definitivamente scartato in quanto non idoneo.

Tale prova sarà considerata significativa per abbassamenti compresi 2 e 23 cm.

Per abbassamenti inferiori a 2 cm si dovrà eseguire la prova con la tavola a scosse secondo la Norma UNI EN 12350-5 o con l'apparecchio VEBE secondo la Norma UNI EN 12350-3.

La prova d'omogeneità sarà eseguita vagliando ad umido due campioni di conglomerato, prelevati a 1/5 e 4/5 dello scarico della betoniera, attraverso il vaglio a maglia quadra da 4 mm.

La percentuale in peso di aggregato grosso nei due campioni non dovrà differire più del 6%.

Inoltre lo slump dei due campioni prima della vagliatura non dovrà differire più di 3 cm.

La prova del contenuto d'aria secondo la Norma UNI EN 12350-7 è richiesta per tutti i calcestruzzi aerati e dovrà essere effettuata sul contenuto d'ogni betoniera. Quando il contenuto percentuale d'aria aggiunta non sarà quello preliminarmente stabilito (si veda il punto XX.1.2.2), l'autobetoniera sarà allontanata dal cantiere.

Sarà premura della Direzione Lavori accertare che il conglomerato in essa contenuto non sia oggetto di successive manipolazioni, ma sia definitivamente scartato in quanto non idoneo.

Il rapporto acqua/cemento del conglomerato cementizio fresco dovrà essere controllato in cantiere, secondo la Norma UNI 6393, almeno una volta per ogni giorno di getto.

In fase d'indurimento potrà essere prescritto il controllo della resistenza a diverse epoche di maturazione, su campioni appositamente confezionati.

Sul conglomerato cementizio indurito la Direzione Lavori potrà disporre l'effettuazione di prove e controlli mediante prelievo di carote e/o altri sistemi anche non distruttivi quali ultrasuoni, misure di resistività, misure di pull out con tasselli Fischer, contenuto d'aria da aerante, ecc..

9.3.7.8 Casseforme e posa in opera

I getti dovranno essere iniziati solo dopo la verifica degli scavi, delle casseforme e delle armature metalliche da parte della Direzione Lavori. La posa in opera sarà eseguita con ogni cura ed a regola d'arte, dopo aver preparato accuratamente e rettificati i piani di posa, le casseforme, i cavi da riempire e dopo aver posto le armature metalliche.

La temperatura del conglomerato cementizio all'atto del getto dovrà essere compresa tra 5 e 25°C, salvo diverse prescrizioni del progettista.

Nel caso di getti contro terra, roccia, ecc., si deve controllare che la pulizia del sottofondo, il posizionamento d'eventuali drenaggi, la stesura di materiale isolante o di collegamento, siano eseguiti in conformità alle disposizioni di Progetto e delle presenti Norme. I getti dovranno risultare perfettamente conformi ai particolari costruttivi di Progetto ed alle prescrizioni della Direzione Lavori. Si avrà cura che in nessun caso si verifichino cedimenti dei piani d'appoggio e delle pareti di contenimento.

Le casseforme dovranno essere atte a garantire superfici di getto regolari ed a perfetta regola d'arte; in tal senso l'Appaltatore provvederà, a sua cura e spese, alla posa d'opportuni ponteggi ed impalcature, previa presentazione ed approvazione da parte della Direzione Lavori dei relativi progetti.

L'Appaltatore dovrà progettare le cassaforme e le relative strutture di contrasto, (in particolare per manufatti di altezza rilevante gettati velocemente e con conglomerato di consistenza S5 o SCC), in modo tale da evitare rischi connessi alla pressione del calcestruzzo fresco. Si dovrà fare riferimento al Progetto di Norma SS UNI U50.00.206.0 o successivi aggiornamenti.

Dovranno essere impiegati prodotti disarmanti aventi i requisiti di cui alle specifiche della Norma UNI 8866; le modalità d'applicazione dovranno essere quelle indicate dal produttore evitando accuratamente aggiunte eccessive e ristagni di prodotto sul fondo delle casseforme.

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

Dovrà essere controllato inoltre che il disarmante impiegato non macchi o danneggi la superficie del conglomerato.

A tale scopo saranno usati prodotti efficaci per la loro azione specifica escludendo i lubrificanti di varia natura. Dal giornale lavori del cantiere dovrà risultare la data d'inizio e di fine dei getti e del disarmo.

Se il getto dovesse essere effettuato durante la stagione invernale, l'Appaltatore dovrà tenere registrati giornalmente i minimi di temperatura desunti da un apposito termometro esposto nello stesso cantiere di lavoro.

Si dovranno rimuovere dall'interno dei casseri e della superficie dei ferri d'armatura eventuali residui di ghiaccio o di brina eventualmente venutasi a formare durante le ore notturne.

Il conglomerato cementizio sarà posto in opera e assestato con ogni cura in modo che le superfici esterne si presentino lisce e compatte, omogenee e perfettamente regolari ed esenti anche da macchie o chiazze.

Per la finitura superficiale delle solette è prescritto l'uso di stagge vibranti o attrezzature equivalenti; la regolarità dei getti dovrà essere verificata con un'asta rettilinea della lunghezza di 2,00 m, che in ogni punto dovrà aderirvi uniformemente nelle due direzioni longitudinale e trasversale; saranno tollerati soltanto scostamenti inferiori a 10 mm.

Eventuali irregolarità o sbavature dovranno essere asportate mediante bocciardatura e i punti incidentalmente difettosi dovranno essere ripresi accuratamente con malta cementizia a ritiro compensato immediatamente dopo il disarmo; ciò qualora tali difetti o irregolarità siano contenuti nei limiti che la Direzione Lavori, a suo insindacabile giudizio, riterrà tollerabili fermo restando in ogni caso che le suddette operazioni ricadranno esclusivamente e totalmente a carico dell'Appaltatore.

Quando le irregolarità siano mediamente superiori a 10 mm, la Direzione Lavori ne imporrà la

regolarizzazione a totale cura e spese dell'Appaltatore mediante uno strato di materiali idonei che, secondo i casi e ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori potrà essere costituito da:

- malte o betoncini reoplastici a base cementizia a ritiro compensato;
- conglomerato bituminoso del tipo usura fine, per spessori non inferiori a 15 mm.

Eventuali ferri (filo, chiodi, reggette) che con funzione di legatura di collegamento casseri od altro, dovessero sporgere da getti finiti, dovranno essere tagliati almeno 1,5 cm sotto la superficie finita e le cavità risultanti saranno accuratamente sigillati con malta fine di cemento espansivo.

Dovunque sia possibile, gli elementi dei casseri saranno fissati nell'esatta posizione prevista utilizzando fili metallici liberi di scorrere entro tubetti di materiale PVC o simile, di colore grigio, destinati a rimanere incorporati nel getto di conglomerato cementizio, armato o non armato.

Lo scarico del conglomerato dal mezzo di trasporto dovrà avvenire con tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione. A questo scopo il conglomerato dovrà scendere verticalmente al centro della cassaforma e sarà steso, mediante rastrelli o stagge, in strati orizzontali di spessore limitato e comunque non superiore a 50 cm misurati dopo la vibrazione. Nel caso di getti di notevole estensione i punti di getto non dovranno distare più di cinque metri uno dall'altro (salvo l'impiego di calcestruzzo autocompattante).

È vietato scaricare il conglomerato in un unico cumulo e distenderlo con l'impiego del vibratore; è altresì vietato lasciar cadere dall'alto il conglomerato cementizio per un'altezza superiore ad un metro; se necessario si farà uso di tubi getto o si getterà mediante pompaggio.

9.3.7.9 Compattazione

Dopo la posa in opera tutto il calcestruzzo dovrà essere compattato mediante vibrazione allo scopo di minimizzare il contenuto d'aria intrappolata (non aria aggiunta) fino al contenuto fisiologico in relazione al diametro massimo (si veda la Tabella 20.I). Si impiegheranno vibratorii interni di ampiezza e frequenza adeguata per il calcestruzzo in lavorazione. I vibratorii si dovranno inserire verticalmente ed estrarre lentamente dal conglomerato.

È vietato l'impiego dei vibratorii per distribuire l'eventuale calcestruzzo a bassa consistenza scaricato sulle casseforme. Durante l'uso, si dovrà inserire ed estrarre lentamente il vibratore nel calcestruzzo fresco allo scopo di evitare difetti localizzati.

La Direzione Lavori potrà disporre la verifica dell'efficacia della compattazione sia mediante prelievo di calcestruzzo fresco dopo la posa in opera e vibrazione e misura del contenuto d'aria secondo UNI EN 12350-7 sia sul conglomerato indurito, ad esempio mediante confronto con le foto della BS 1881 o mediante la determinazione della massa volumica delle carote. Qualora il contenuto di aria risultasse eccessivo, la Direzione Lavori potrà ricorrere a misure adeguate, fino alla sospensione dei lavori.

Tabella 20.I

Diametro massimo dell'aggregato (mm)	Tenore limite dell'aria inglobata (%)
12	2.5
20	2
25	1.5
31.5	1.5

Informazioni estese per la compattazione del calcestruzzo sono contenute nella ACI 309 "Guide for Consolidation of Concrete" dell'American Concrete Institute, .

9.3.7.10 Riprese di getto

L'Appaltatore dovrà porre particolare cura nella realizzazione dei giunti di dilatazione o contrazione di tipo impermeabile (waterstop), o giunti speciali aperti, a cunei, secondo le indicazioni di Progetto.

Tra le successive riprese di getto non dovranno aversi distacchi o discontinuità o differenze d'aspetto.

La Direzione Lavori avrà la facoltà di prescrivere, ove e quando lo ritenga necessario, che i getti siano eseguiti senza soluzione di continuità così da evitare ogni ripresa, anche se ciò comporta che il lavoro debba essere condotto a turni, durante le ore notturne ed anche in giornate festive, senza che all'Appaltatore non spetti nulla di più di quanto previsto contrattualmente.

In alternativa la Direzione Lavori potrà prescrivere l'adozione di riprese di getto di tipo monolitico.

Queste saranno realizzate mediante spruzzatura d'additivo ritardante sulla superficie del conglomerato cementizio fresco subito prima della sospensione del getto; dopo che la massa del conglomerato sarà indurita si provvederà (entro 24 ore) all'eliminazione della malta superficiale non ancora rappresa, mediante getto d'acqua, ottenendo una superficie di ripresa scabra, sulla quale si potrà disporre all'atto della ripresa di getto una malta priva di ritiro immediatamente prima del nuovo getto di conglomerato cementizio; la ripresa potrà effettuarsi solo dopo che la superficie del getto precedente sia stata accuratamente pulita, lavata e spazzolata.

Se l'interruzione dei getti si protrae per tempi non superiori a 20 ore, è ammessa la realizzazione di manufatti monolitici mediante posa in opera di un ultimo strato contenente additivo ritardante, dosato in modo tale da prolungare la presa per il periodo necessario. Su questo, ancora capace di accogliere un vibratore, potrà essere gettato lo strato successivo e i due strati potranno essere vibrati simultaneamente.

Impiegando questa tecnologia, si dovrà impedire l'essiccamento del calcestruzzo dello strato di attesa, mediante coperture impermeabili o teli mantenuti bagnati.

L'Appaltatore dovrà sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori la miscela ritardata, eseguendo anche prove di presa in calcestruzzo secondo UNI 7123.

Quando il conglomerato cementizio deve essere gettato in presenza d'acqua, si dovranno adottare gli accorgimenti approvati dalla Direzione Lavori, necessari per impedire che l'acqua lo dilavi. Si farà uso a tale scopo di tubo getto, adottando gli accorgimenti necessari affinché venga realizzata una separazione all'interno del tubo tra l'acqua e il calcestruzzo in fase di getto iniziale. A regime il tubo getto dovrà essere pieno di calcestruzzo ed inserito per almeno 50 cm nel calcestruzzo già gettato. La Direzione Lavori dovrà vietare che il tubo getto venga sollevato ed abbassato per facilitare il flusso del conglomerato.

9.3.7.11 Prevenzione delle fessure da ritiro plastico

A getto ultimato dovrà essere curata la stagionatura dei conglomerati cementizi in modo da evitare un rapido prosciugamento delle superfici esposte all'aria dei medesimi (favorito da tempo secco e ventilato) e la conseguente formazione di fessure da ritiro plastico, usando tutte le cautele ed impiegando i mezzi più idonei allo scopo, fermo restando che il sistema proposto dall'Appaltatore dovrà essere approvato dalla Direzione Lavori.

A questo fine le superfici del conglomerato cementizio non protette dalle casseforme dovranno essere mantenute umide il più a lungo possibile e comunque per almeno 7 d, sia per mezzo di prodotti antievaporanti (curing), da applicare a spruzzo immediatamente dopo il getto, sia mediante

continua bagnatura con acqua nebulizzata, evitando ruscellamento d'acqua, sia con applicazione di teli di tessuto da mantenere bagnati, sia infine con teli di plastica.

I prodotti antievaporanti (curing), dovranno essere conformi a quanto indicato nella Norma UNI 8656. ed il loro dosaggio essere approvati dalla Direzione Lavori.

La costanza della composizione dei prodotti antievaporanti dovrà essere verificata al momento del loro approvvigionamento.

In particolare per le solette, che sono soggette all'essiccamento prematuro ed alla fessurazione da ritiro plastico che ne deriva, è fatto obbligo di applicare sistematicamente i provvedimenti di cui sopra.

È ammesso in alternativa l'impiego, anche limitatamente ad uno strato superficiale di spessore non minore di 20 cm, di conglomerato cementizio rinforzato da fibre di resina sintetica di lunghezza da 20 a 35 mm, di diametro d'alcuni millesimi di millimetro aggiunti nella betoniera e dispersi uniformemente nel conglomerato cementizio, in misura di $0,5 \div 1,5 \text{ kg/m}^3$.

Qualora sulla superficie di manufatti, in particolare delle solette di impalcato si rilevi la formazione diffusa di cavillature (apertura minore di 0,3 mm) in misura giudicata eccessiva dalla Direzione Lavori, sarà a carico dell'Appaltatore l'applicazione sull'intera superficie di manufatti una rasatura (spessore di 1-2 mm) di prodotto impermeabile polimero cementizio.

Nel caso che sui manufatti si rilevino manifestazioni di ritiro plastico con formazione di fessure d'apertura superiore a 0,3 mm, in misura complessivamente minore di un metro lineare per 250 m², l'Appaltatore dovrà provvedere a sua cura e spese alla sigillatura mediante iniezione di dette fessure con resina epossidica extra fluida.

Se il fenomeno fessurativo risultasse ancora più intenso, l'Appaltatore dovrà provvedere a sua cura e spese alla demolizione ed al rifacimento delle strutture danneggiate.

9.3.7.12 Disarmo e scasseratura

Durante il periodo della stagionatura, i getti dovranno essere riparati da urti, vibrazioni e sollecitazioni d'ogni genere.

La rimozione delle armature di sostegno dei getti dovrà essere effettuata quando siano state sicuramente raggiunte le prescritte resistenze e comunque mai prima di 48 (quarantotto) ore.

In assenza di specifici accertamenti, l'Appaltatore dovrà attenersi a quanto stabilito nella UNI EN 13670-1 (Tabella 20 L).

9.3.7.13 Protezione dopo la scasseratura

Al fine di evitare un prematuro essiccamento dei manufatti dopo la rimozione delle casseforme, per effetto del quale l'indurimento è ridotto e il materiale risulta più poroso e permeabile, si dovrà procedere alla stagionatura protetta.

Per la stagionatura e la protezione sono utilizzabili, separatamente o in sequenza, i metodi seguenti:

- mantenere nella sua posizione la cassaforma;
- coprire la superficie del calcestruzzo con membrane impermeabili assicurate agli spigoli e ai giunti, per prevenire la formazione di correnti d'aria;
- porre teli bagnati sulla superficie e assicurarsi che restino bagnati;
- mantenere bagnata la superficie del calcestruzzo mediante irrigazione con acqua;
- applicazione di un idoneo prodotto stagionante.

La durata della stagionatura, intesa come giorni complessivi di permanenza nei casseri e di protezione dopo la rimozione degli stessi, va determinata in base alle indicazioni della UNI EN

13670-1. La Tabella 20.J fornisce la durata richiesta della stagionatura.

Tabella 20.J - Periodo minimo di protezione in funzione della temperatura superficiale del calcestruzzo e della velocità di sviluppo della resistenza (da UNI EN 13670.1)

Temperatura superficiale del calcestruzzo (t), °C	Minimo periodo di stagionatura, giorni ^{1), 2)}			
	Sviluppo di resistenza del calcestruzzo ⁴⁾ (Rc medio 2 d / Rc medio 28 d) = r			
	rapido r ≥ 0.50	medio r ≥ 0.30	lento r ≥ 0.15	molto lento r < 0.15
t ≤ 25	1.0	1.5	2.0	3.0
25 > t ≥ 15	1.0	2.0	3.0	5
15 > t ≥ 10	2.0	4.0	7	10
10 > t ≥ 5 ³⁾	3.0	6.0	10	15
1) più l'eventuale tempo di presa eccedente le 5 ore 2) è ammessa l'interpolazione lineare tra i valori delle righe 3) Per temperature sotto 5°C, la durata deve essere aumentata per un tempo uguale al periodo sotto 5°C 4) Lo sviluppo di resistenza del calcestruzzo è il rapporto tra la resistenza media a 2 giorni e la resistenza media a 28 giorni, determinato dalle prove di prequalifica.				

9.3.7.14 Maturazione accelerata a vapore

La maturazione accelerata a vapore deve essere eseguita osservando le prescrizioni che seguono:

- la temperatura del conglomerato cementizio, durante le prime 3 h dall'impasto non deve superare 30°C; dopo le prime 4 h dall'impasto non deve superare 40°C;
- la velocità di riscaldamento non deve superare 20 °C/h;
- la temperatura massima del calcestruzzo non deve in media superare 60°C (i valori singoli devono essere minori di 65°C);
- il calcestruzzo deve essere lasciato raffreddare con una velocità di raffreddamento non maggiore di 10 °C/h;
- durante il raffreddamento e la stagionatura occorre ridurre al minimo la perdita d'umidità per evaporazione facendo uso di teli protettivi o applicando antievvaporanti.

9.3.7.15 Predisposizione di fori, tracce, cavità, ammorsature, oneri vari

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

Tutte le conseguenze per la mancata esecuzione delle predisposizioni così prescritte dalla Direzione Lavori, saranno a totale carico dell'Appaltatore, sia per quanto riguarda le rotture, i rifacimenti, le demolizioni d'opere di spettanza dell'Appaltatore stesso, sia per quanto riguarda le eventuali opere d'adattamento d'infissi o impianti, i ritardi, le forniture aggiuntive di materiali e la maggiore mano d'opera occorrente da parte dei fornitori.

Quando previsto in Progetto, le murature in conglomerato cementizio saranno rivestite sulla

superficie esterna con paramenti speciali in pietra, laterizi od altri materiali da costruzione; in tal caso i getti dovranno procedere contemporaneamente al rivestimento ed essere eseguiti in modo da consentire l'adattamento e l'ammorsamento.

Qualora la Società dovesse affidare i lavori di protezione superficiale dei conglomerati cementizi a ditte specializzate, nulla è dovuto all'Appaltatore per gli eventuali oneri che dovessero derivarle dalla necessità di coordinare le rispettive attività.

9.3.7.16 Predisposizione delle armature per c.a.

Nella posa in opera delle armature metalliche entro i casseri è prescritto tassativamente l'impiego di opportuni distanziatori del tipo approvato dalla Direzione Lavori. Al fondo delle cassaforme si useranno elementi prefabbricati in fibrocemento di sezione quadrata o triangolare, scegliendo prodotti di resistenza prossima a quella del conglomerato. Lungo le pareti verticali si dovranno impiegare distanziatori ad anello in materiale plastico;

L'uso dei distanziatori dovrà essere esteso anche alle strutture di fondazione armate. In assenza di tali distanziatori la Direzione Lavori non darà il proprio assenso all'inizio delle operazioni di getto.

Copriferro ed interferro dovranno essere dimensionati nel rispetto delle indicazioni contenute negli Eurocodici.

Le gabbie d'armatura dovranno essere, per quanto possibile, composte fuori opera; in ogni caso in corrispondenza di tutti i nodi dovranno essere eseguite legature doppie incrociate 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.

In presenza di ferri d'armatura zincati od in acciaio inox, il filo utilizzato per le legature dovrà avere le stesse caratteristiche dell'acciaio da sottoporre a legatura.

L'Appaltatore, con riferimento alla UNI EN 13670.1, dovrà adottare inoltre tutti gli accorgimenti necessari affinché le gabbie mantengano la posizione di Progetto all'interno delle casseforme durante le operazioni di getto.

È a carico dell'Appaltatore l'onere della posa in opera delle armature metalliche, anche in presenza d'acqua o fanghi bentonitici, nonché i collegamenti equipotenziali.

9.3.8 Calcestruzzo Reodinamico SCC

Il calcestruzzo reodinamico (autocompattante o SCC) ha la caratteristica di scorrere molto facilmente ed espellere l'aria senza richiedere vibrazione, riempiendo per gravità tutto il volume del getto.

Risulta pertanto particolarmente indicato:

- per ottenere una elevata compattezza (massa volumica) e assenza di vespai, con un'ottima facciavista,
- per casseforme sottili e di forma complessa,
- per manufatti molto armati,
- per eseguire da una sola estremità getti di lunghezza elevata difficilmente accessibili.
- per ridurre i tempi di scarico e lavorazione.

L'adozione di calcestruzzo autocompattante richiede l'impiego di casseri dimensionati in modo da resistere alla spinta idrostatica di un battente di calcestruzzo fluido pari alla parete della cassaforma (si veda al punto 20.6.8).

Le caratteristiche del calcestruzzo reodinamico saranno le seguenti:

- dosaggio minimo di cemento non inferiore al valore previsto dalla UNI 11104,

- rapporto a/c non superiore a quello previsto dalla UNI 11104,
- filler calcareo o cenere volante, dosaggio $\geq 120 \text{ kg/m}^3$
- contenuto di fini $\geq 520 \text{ kg/m}^3$ (parti fini = cemento + componenti $< 100 \text{ micron}$)
- rapporto in volume acqua/parti fini $0.95 \div 1.03$,
- aggregati aventi $D_{\max} \leq 20 \text{ mm}$
- superfluidificante specifico per calcestruzzo reodinamico a base di polycarbossilati eteri capace di una riduzione d'acqua del 20 - 25% rispetto al calcestruzzo tal quale non additivato di pari lavorabilità, dosato al $0.8 \div 1.5$ litri per 100 kg delle parti fini,
- agente viscosizzante specifico, costituito tassativamente da una soluzione acquosa di macropolimeri a base di cellulosa modificata, dosaggio $0.8 \div 1.5$ litri per 100 kg delle parti fini,
- mantenimento della lavorabilità del calcestruzzo per almeno 60 minuti anche a $T = 25^\circ\text{C}$ con riduzione massima di 5 cm del valore ottenuto con lo slump-flow test.
- slump-flow test secondo UNI 11041, tra 600 e 700 mm,
- V-funnel test, UNI 11042, tra 8 e 12 s,
- $U_{\text{box}} \leq 30 \text{ mm}$ (prova da eseguire secondo UNI 11044 almeno in fase di qualifica della miscela).

9.3.9 Calcestruzzi leggeri

Possono essere utilizzati calcestruzzi leggeri strutturali, per parti di strutture in cemento armato, e calcestruzzi leggeri non strutturali per riempimenti di cavità e facilmente rimovibili.

9.3.9.1 Calcestruzzo leggero strutturale

Ove richiesto in Progetto, si farà uso di conglomerato cementizio leggero a struttura chiusa ottenuto sostituendo tutto o in parte l'inerte ordinario con aggregato leggero artificiale, costituito da argilla o scisti espansi. Questo calcestruzzo sarà caratterizzato da una classe di massa volumica a 28 d secondo la Tabella 20.K.

Tabella 20.K Classi di massa volumica del calcestruzzo leggero strutturale

Classe di massa volumica	D1,4	D1,6	D1,8	D2,0
Intervallo di massa volumica, kg/m ³	$>1200 \text{ e}$ ≤ 1400	$\geq 1400 \text{ e}$ ≤ 1600	$\geq 1600 \text{ e}$ ≤ 1800	$\geq 1800 \text{ e}$ ≤ 2000

La resistenza caratteristica a compressione a 28d deve risultare non inferiore a 15 N/mm^2 e minore di 25 N/mm^2 (tipo designato LC2) ovvero uguale o maggiore di 25 N/mm^2 (tipo designato LC3). La resistenza verrà controllata con la stessa procedura prevista per il calcestruzzo di massa volumica normale.

Anche per questo conglomerato devono essere soddisfatte le prescrizioni relative alla durabilità, in particolare per quanto concerne il rapporto acqua/cemento ed il dosaggio di cemento.

In caso di pompaggio è necessario prevedere una presaturazione dell'aggregato allo scopo di prevenire assorbimento sotto pressione dell'acqua di impasto.

L'additivo fluidificante impiegato e la composizione della miscela permetteranno di ottenere un calcestruzzo di consistenza S4 esente da fenomeni di galleggiamento dell'aggregato leggero. Questa caratteristica verrà controllata preparando provini alti almeno 20 cm, da rompere alla brasiliana, in modo da poter verificare l'omogeneità dell'aggregato alle varie altezze.

9.3.9.2 Calcestruzzo leggero non strutturale e cellulare

Questi tipi di conglomerato cementizio, da utilizzare per riempimenti di scavi facilmente rimovibili, strati di coibentazione, ecc., aventi massa volumica a secco da 300 a 1000 kg/m³, resistenza a compressione da 1 a 10 N/mm² e conducibilità termica massima da 0.085 a 0.15 kcal/mh°C, verranno ottenuti mediante agenti schiumogeni e dosaggi di cemento di almeno 330 kg/m³, di cemento tipo 32.5 o 42.5. Il materiale dovrà avere una resistenza minima di 1 N/mm², e una stabilità ed omogeneità del contenuto d'aria, dal punto di miscelazione fino alla posa in opera.

In funzione dei requisiti fissati dal progettista, si dovranno eseguire prove di qualifica della miscela.

Il calcestruzzo dovrà essere prodotto con attrezzatura automatica dotata di sistema computerizzato per la regolazione della miscelazione e della produzione.

In alternativa il calcestruzzo leggero non strutturale si otterrà impiegando come aggregato sferette di polistirolo espanso.

9.3.10 Calcestruzzo ad alta resistenza

Ove il progettista abbia previsto l'impiego di conglomerato avente classe di resistenza alta ($55 < R_{ck} \leq 85$ MPa), si dovrà fare riferimento alle Linee Guida del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, sia per quanto concerne il calcestruzzo strutturale (fino a 75 MPa) che sul calcestruzzo Strutturale ad alta Resistenza (da 75 a 85 MPa).

Oltre alla documentazione di prequalifica l'Appaltatore dovrà sottoporre all'approvazione della Direzione dei lavori uno studio preliminare nel quale venga dettagliatamente descritta la metodologia di mix-design utilizzata e i criteri di scelta dei vari materiali.

La produzione dovrà effettuarsi solo dopo che la resistenza caratteristica e tutte le caratteristiche chimiche, meccaniche e fisiche che influiscono sulla resistenza e durabilità del calcestruzzo siano state accertate.

La produzione deve seguire specifiche procedure per il controllo di qualità.

9.3.11 Elementi prefabbricati

L'impiego di manufatti totalmente o parzialmente prefabbricati richiede la preventiva autorizzazione della Direzione Lavori che potrà essere rilasciata solo dopo aver esaminato la documentazione prevista dall'art. 9 della Legge 1086 (predisposta dall'Appaltatore) e verificato la previsione d'utilizzo del manufatto prefabbricato e del suo organico inserimento nel Progetto.

9.3.11.1 Prefabbricati prodotti in stabilimento

Gli elementi costruttivi prefabbricati devono essere prodotti attraverso un processo industrializzato, avvalendosi di idonei impianti, nonché di strutture e tecniche opportunamente organizzate.

In particolare deve essere presente ed operante un sistema permanente di controllo della produzione in stabilimento, che deve assicurare il mantenimento di un adeguato livello di affidabilità nella produzione del conglomerato cementizio, nell'impiego dei singoli materiali costituenti e nella conformità del prodotto finito.

Il produttore dovrà operare predisponendo un sistema di gestione della qualità del prodotto secondo le norme UNI 9001, certificato da parte di un organismo terzo indipendente.

È ammesso l'impiego di prefabbricati realizzati con calcestruzzo fibrorinforzato. Il produttore dovrà sottoporre all'approvazione del direttore dei lavori un dossier di qualifica in cui venga descritto il

processo produttivo e dettagliate le caratteristiche del calcestruzzo e dei materiali impiegati. Dovrà inoltre consegnare una campionatura che costituirà il riferimento per la qualità della facciavista dei manufatti.

Il Direttore dei Lavori dovrà provvedere, con la frequenza che riterrà opportuna, ad eseguire controlli sui prodotti consegnati, in particolare in merito alla documentazione di stabilimento e al rispetto del copriferro e della facciavista.

Sarà facoltà del Direttore dei lavori provvedere direttamente all'esecuzione di controlli sulla resistenza del calcestruzzo usato in produzione, con le stesse modalità previste per i controlli di accettazione. Inoltre potranno essere eseguite a campione prove di resistenza del calcestruzzo nel manufatto, mediante carotaggio, come previsto al punto 20.5.2.

9.3.11.2 Produzione di prefabbricati a piè d'opera

Gli elementi costruttivi prefabbricati devono essere prodotti attraverso un processo industrializzato, avvalendosi di idonei impianti, nonché di strutture e tecniche opportunamente organizzate.

In particolare deve essere presente ed operante un sistema permanente di controllo della produzione in stabilimento, che deve assicurare il mantenimento di un adeguato livello di affidabilità nella produzione del conglomerato cementizio, nell'impiego dei singoli materiali costituenti e nella conformità del prodotto finito.

Il produttore dovrà operare predisponendo un sistema di gestione della qualità del prodotto secondo le norme UNI 9001, certificato da parte di un organismo terzo indipendente.

Il Direttore dei lavori dovrà verificare l'applicazione delle prescrizioni precedenti.

Dovrà essere controllata la conformità delle casseforme alle specifiche di Progetto ed alle relative tolleranze.

Si dovranno effettuare controlli nella conformità alle specifiche di Progetto relativamente a:

- tipo tracciato e sezione di ogni cavo,
- dispositivi speciali come: ancoraggi, manicotti di ripresa e altri,
- posizione numero dei tubi di sfiato per le guaine,
- identificazione e certificazione del lotto e provenienza dei cavi.

La messa in tensione delle armature dovrà avvenire mediante apparecchiature qualificate, seguendo una procedura approvata dalla Direzione dei Lavori. Si dovranno registrare i tassi di precompressione e gli allungamenti totali o parziali di ogni cavo.

9.3.12 Acciaio d'armatura per c.a.

Prescrizioni generali.

E' ammesso esclusivamente l'impiego di acciai saldabili ad aderenza migliorata qualificati e controllati con le modalità previste dal D.M. in vigore (D.M. 14/01/2008) e dalle norme armonizzate per i materiali da costruzione EN 10080.

L'acciaio per c.a. laminato a caldo, denominato B450C, dovrà rispettare i requisiti minimi sulle caratteristiche meccaniche previste nella tabella seguente:

	Classe C	Requisito o frattile (%)
Tensione caratteristica di snervamento f_{yk} o $f_{0.2k}$ (MPa)	≥ 450	5.0

Tensione caratteristica di rottura F_{tk} (MPa)	≥ 540	5.0
Valore minimo di $k = (f_t/f_{yk})$	≥ 1.15 < 1.35	10.0
Deformazione caratteristica al carico massimo, ϵ_{uk} (%)	≥ 7.5	10.0
Attitudine al piegamento	Prova di piegamento/raddrizzamento	
Tolleranza massima dalla massa nominale (%)	Diametro nominale della barra (mm) ≤ 8 > 8	± 6.0 ± 4.5 5.0

L'acciaio per c.a. trafilato a freddo, denominato B450A, dovrà rispettare i requisiti sulle caratteristiche meccaniche previste nella tabella seguente:

	Classe A	Requisito o frattile (%)
Tensione caratteristica di snervamento f_{yk} o $f_{0.2k}$ (MPa)	≥ 450	5.0
Tensione caratteristica di rottura F_{tk} (MPa)	≥ 540	5.0
Valore minimo di $k = (f_t/f_{yk})$ (*)	> 1.05	10.0
Deformazione caratteristica al carico massimo, ϵ_{uk} (%) (*)	≥ 2.5	10.0
Attitudine al piegamento	Prova di piegamento/raddrizzamento	
Tolleranza massima dalla massa nominale (%)	Diametro nominale della barra (mm) ≤ 8 > 8	± 6.0 ± 4.5 5.0

Reti in barre di acciaio elettrosaldate

Le reti saranno realizzate con acciaio in barre ad aderenza migliorata saldabili del tipo previsto per l'acciaio per c.a., di diametro compreso fra 5 e 12 mm, con distanza assiale non superiore a 330 mm.

I nodi (incroci) delle reti devono resistere ad una forza di distacco determinata in accordo con la UNI EN ISO 15630-2 e pari al 30% della forza di snervamento della barra, da computarsi per quella di diametro maggiore.

La qualificazione e la marcatura del prodotto finito dovrà essere conforme a quanto previsto dal D.M. in vigore ((D.M. 14/01/2008) e dalle norme armonizzate di riferimento (EN 10080).

a) Approvvigionamento dell'acciaio in barre

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

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

b) Controllo del peso e della sezione

Da ogni partita, per il controllo del peso effettivo, saranno prelevate delle barre campione. Qualora risultassero sezioni effettive inferiori a quelle ammesse dalle tolleranze previste dalle norme in vigore, il materiale verrà rifiutato e subito allontanato dal cantiere.

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

c) Giunzioni

Eventuali giunzioni, quando non siano evitabili, dovranno essere realizzate (con saldature, con manicotti filettati o con sovrapposizioni) nel rispetto della normativa vigente.

Nel caso di impiego di manicotti, la Ditta dovrà presentare le schede tecniche dei materiali che intende utilizzare informando preventivamente la D.L..

L'impiego di saldature sarà di norma consentito soltanto per barre di acciaio tipo B450C secondo UNI 11229. Le modalità di saldatura dovranno essere comunicate tempestivamente dalla Ditta alla D.L., e dovranno essere supportate con l'esito di alcune prove sperimentali.

Nel corso dei lavori, comunque, la D.L. avrà la facoltà di richiedere l'esercizio di ulteriori prove di controllo sulle saldature eseguite.

d) Posizionamento delle armature per c.a.

Nella posa in opera delle armature metalliche entro i casseri è prescritto tassativamente l'impiego di opportuni distanziatori prefabbricati in conglomerato cementizio o in materiale plastico.

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

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

9.3.13 Caratteristiche estetiche

Il colore superficiale è determinato dalla sottile pellicola di malta che si forma nel getto a contatto con la cassaforma e pertanto per garantirne l'uniformità, per ogni singola opera, il cemento dovrà provenire dallo stesso cementificio ed essere sempre della stessa qualità, così pure la sabbia dovrà provenire dalla stessa cava ed avere granulometria e composizione costante.

Le opere o i componenti delle opere che dovranno avere lo stesso aspetto superficiale, dovranno ricevere lo stesso trattamento di stagionatura.

In particolare si dovrà curare che l'essiccazione della massa del conglomerato cementizio sia lenta ed uniforme.

Si dovranno evitare le condizioni per le quali si possa verificare la formazione di efflorescenze sul conglomerato cementizio, e, qualora queste si formino, sarà facoltà della D.L. chiedere che esse vengano eliminate a cura della Ditta.

Le superfici finite e curate come indicato ai punti precedenti dovranno essere adeguatamente protette se le condizioni ambientali e di lavoro saranno tali da poter essere causa di danno in qualsiasi modo per le superfici stesse.

Si dovrà evitare che vengano prodotte sulla superficie finita scalfiture, macchie o altro che ne pregiudichino la durabilità o l'estetica.

Si dovranno evitare inoltre macchie di ruggine dovute alla presenza di ferri di ripresa; in tali casi occorrerà prendere i dovuti provvedimenti evitando che l'acqua piovana scorra sui ferri e successivamente sulle superfici finite del getto.

Qualsiasi danno o difetto della superficie finita del conglomerato cementizio dovrà essere eliminato a cura della Ditta con i provvedimenti che la D.L. riterrà più idonei.

9.3.14 *Magroni e malte*

9.3.14.1 Magroni

Prima di effettuare qualsiasi getto di calcestruzzo di fondazione, dovrà essere predisposto sul fondo dello scavo, dopo aver eseguito la pulizia ed il costipamento dello stesso secondo le modalità previste dal presente Capitolato, uno strato di calcestruzzo magro avente la funzione di piano di appoggio livellato e di cuscinetto isolante contro l'azione aggressiva del terreno.

Lo spessore dello strato sarà desunto dai documenti di progetto.

9.3.14.2 Malta di livellamento

Sono malte confezionate con sabbia di granulometria appropriata, acqua e cemento nelle dovute proporzioni ed utilizzate per la formazione di piani di appoggio con le tolleranze richieste dal progetto.

Le dimensioni degli inerti (sabbia) saranno di norma tra 0.8 e 2.0 mm. La composizione della malta, in assenza di diversa indicazione, sarà di 1 m³ di inerte per 0.5 m³ di cemento Portland normale. La quantità di acqua sarà quella necessaria per ottenere una malta plastica idonea a riempire perfettamente le tasche per bulloni e/o inserti e gli spazi tra il calcestruzzo e le piastre.

Prima di effettuare la posa in opera della malta di livellamento, le superfici dovranno essere accuratamente pulite.

9.3.14.3 Malte speciali per inghisaggi

Le malte di livellamento speciali sono quelle malte ottenute con l'aggiunta di acqua a componenti premiscelati ottenendo così delle malte a ritiro compensato ed elevato grado di fluidità da utilizzare per inghisaggi di strutture, o altri elementi da congiungere, evitando il ritiro della malta e l'eventuale microdistacco dalle parti da fissare.

Il prodotto premiscelato, la cui granulometria sarà adeguata agli spessori delle malte sarà addizionato con acqua nelle proporzioni indicate dal Fornitore e comunicate alla D.L.. Tali prodotti dovranno essere conformi alle norme UNI dalla 8993/87 alla 8998/87. Schede Tecniche dei prodotti che la Ditta intende utilizzare dovranno essere inviate per informazione alla D.L. prima dell'inizio dei lavori stessi.

Qualora richiesto dalla D.L., le malte saranno sottoposte al controllo della resistenza meccanica da eseguirsi su provini prismatici 40 mm. x 40 mm. x 160 mm come previsto dal D.M. 3.6.1968, alle stagionature di 1, 3, 7, 28 e 90 giorni.

9.4 FANGHI BENTONITICI

9.4.1 DEFINIZIONE E CAMPI DI APPLICAZIONE

I fanghi bentonitici da impiegare negli scavi per l'esecuzione di diaframmi in c.a., nella realizzazione di perfori per l'esecuzione di pali trivellati, saranno ottenuti miscelando, fino ad avere una soluzione finemente dispersa, i seguenti componenti:

- acqua;
- bentonite in polvere;
- additivi eventuali (disperdenti, sali tampone, ecc.).

9.4.2 PREPARAZIONE DEL FANGO

Le bentoniti impiegate dovranno rispondere ai seguenti requisiti:

residui al setaccio n. 38 della serie UNI n. 2331-2332:	< 1%
tenore di umidità:	< 15%
limite di liquidità:	> 400
viscosità 1500÷1000 MARSH della sospensione al 6% in acqua distillata:	> 40s
decantazione della sospensione al 6% in 24 h:	< 2%
acqua "libera" separata per pressofiltrazione di 450 cm ³ della sospensione al 6% in 30 min alla pressione di 0,7 MPa:	< 18 cm ³
pH dell'acqua filtrata:	> 7 < 9
spessore del pannello di fango "cake" sul filtro della filtro pressa:	2,5 mm

Il dosaggio in bentonite, espresso come percentuale in peso rispetto all'acqua, dovrà risultare non inferiore al 4,5% e non superiore al 9%, salva la facoltà della Direzione Lavori di ordinare dosature diverse. Gli additivi dovranno essere prescelti tenendo conto della natura e dell'entità degli elettroliti presenti nell'acqua di falda in modo da evitare che essa provochi la flocculazione del fango.

La miscelazione sarà eseguita in impianti automatici con pompe laminatrici o mescolatori ad alta turbolenza accoppiati a cicloni ed operanti a circuito chiuso e con dosatura a peso dei componenti. Le attrezzature impiegate per la preparazione della sospensione dovranno comunque essere tali da assicurare la suddivisione minuta delle particelle di bentonite sospesa.

In ogni caso dovranno essere installate vasche di adeguata capacità (> 20 m³) per la "maturazione" del fango, nelle quali esso dovrà rimanere per 24 h dopo la preparazione prima di essere impiegato nella escavazione.

Le caratteristiche del fango pronto per l'impiego dovranno essere comprese entro i limiti seguenti:

- peso specifico non superiore a 1,08 t/m³;

- viscosità MARSH compresa tra 38 s e 55 s.

9.4.3 TRATTAMENTO DEL FANGO

L'Impresa dovrà predisporre e mantenere operanti idonee apparecchiature di depurazione del fango che consentano di contenere entro limiti ristretti la quantità di materiale trattenuto in sospensione.

L'efficacia di tali apparecchiature dovrà essere tale da mantenere le caratteristiche del fango presente nel foro entro i limiti seguenti:

- peso di volume $< 1,25 \text{ t/m}^3$, nel corso della escavazione;
- contenuto percentuale volumetrico in sabbia $< 6\%$, prima dell'inizio delle operazioni di getto.

Le determinazioni dei valori sopraindicati saranno condotte su campioni di fango prelevati a mezzo di apposito campionatore per fluidi in prossimità del fondo del cavo. Per riportare le caratteristiche del fango ai limiti indicati esso deve essere fatto circolare per il tempo necessario, prelevandolo con una condotta aspirante dal fondo del cavo e facendolo passare attraverso separatori a ciclone (od apparecchi di pari efficacia) prima di reimmetterlo nel cavo.

In alternativa il fango nel cavo dovrà essere sostituito in tutto o in parte con fango fresco; il fango estratto sarà in tal caso depurato in un secondo tempo oppure convogliato a rifiuto presso discariche autorizzate nel rispetto delle vigenti norme di Legge.

9.4.4 CONTROLLO DEL FANGO

Per il controllo della qualità del fango si eseguiranno, a cura e spese dell'Impresa e in contraddittorio con la Direzione Lavori, determinazioni sistematiche delle seguenti caratteristiche:

- A) peso di volume;
- B) viscosità MARSH;
- C) contenuto in sabbia;

ripetendo le misure con la frequenza e le modalità di prelievo sotto indicate. Fanghi freschi maturati (determinazione delle caratteristiche A e B):

- prelievo nella vasca di maturazione con frequenza quotidiana, per ogni impianto di preparazione fanghi.

Fanghi in uso, nel corso della escavazione (determinazione della caratteristica A):

- prelievo entro il cavo, mediante campionatore, alla profondità sovrastante di 50 cm quella raggiunta dall'escavazione al momento del prelievo, con frequenza di un prelievo per ogni elemento (palo o pannello di diaframma) al termine dell'attraversamento degli strati più sabbiosi o al termine delle operazioni di scavo.

Fanghi prima dell'inizio del getto del conglomerato cementizio (determinazione delle caratteristiche A e C):

- prelievo mediante campionatore, alla profondità di 80 cm sopra il fondo dello scavo con frequenza di prelievo per ogni elemento da eseguire dopo che le armature metalliche ed il tubo di convogliamento sono già stati posti in opera.

La Direzione lavori potrà richiedere ulteriori controlli delle caratteristiche dei fanghi bentonitici impiegati, in particolare nella fase iniziale di messa a punto delle lavorazioni.

L'Impresa dovrà disporre in cantiere di una adeguata attrezzatura di laboratorio per il controllo del peso specifico o di volume, della viscosità, del contenuto in sabbia, del pH, dell'acqua "libera" e dello spessore del "cake"; mentre per la constatazione delle seguenti caratteristiche:

- residui al setaccio n. 38 della serie UNI n. 2331 - 2332;
- tenore di umidità;
- limite di liquidità;
- decantazione della sospensione al 6%;

si ricorrerà a cura e spese dell'Impresa, a Laboratorio Ufficiale.

9.5 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

1. Le prove di carico prescritte dalle specifiche contrattuali, dai documenti di progetto ad eventualmente richieste dalla D.L., così come quelle previste dalle leggi vigenti, saranno eseguite a cura e spese della Ditta.
2. Nella esecuzione dei lavori la Ditta dovrà fornire la manodopera, le attrezzature, le opere provvisorie, i ponteggi in quantità e tipologia adeguate alla esecuzione dei lavori, così come l'utilizzo dei materiali e gli eventuali additivi per conglomerati cementizi necessari per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte.
3. Sarà cura della Ditta eseguire o far eseguire tutte le prove ed i controlli di qualità che la D.L. riterrà necessarie in base a motivate esigenze tecniche ad assicurare la rispondenza del lavoro eseguito alle specifiche ed agli standards qualitativi prefissati.
4. Nel caso di getti da eseguire in presenza d'acqua sarà cura della Ditta provvedere con i mezzi più adeguati all'aggettamento o alla deviazione della stessa o, in alternativa, sarà sua cura adottare gli accorgimenti necessari, previa informazione alla D.L., per l'esecuzione dei getti.
5. Sarà cura della Ditta, provvedere alla fornitura ed al trasporto dei materiali da approvvigionare in cava, in aggiunta a quelli provenienti dagli scavi. La ricerca ed il reperimento delle cave dovranno essere basati su una accurata valutazione temporale e quantitativa dei materiali necessari.
6. Per quelle opere che, per effetto di operazioni successive, possano rendersi inaccessibili o comunque non ispezionabili, la Ditta dovrà sempre dare la prescritta informazione alla D.L. prima di procedere con le fasi successive; nel caso in cui la Ditta non ottemperasse a quanto sopra la D.L. potrà richiedere di mettere a nudo le parti occultate o di rendere comunque accessibile le opere non ispezionate. Le prestazioni necessarie per quanto sopra dovranno essere eseguite a cura e spese della Ditta.

9.6 CONTROLLI DI QUALITÀ

Si definiscono di seguito le varie successioni dei controlli da eseguirsi sul conglomerato cementizio e sui suoi singoli componenti.

a) Studio preliminare di "qualificazione":

include le prove, gli studi, le certificazioni e le valutazioni da effettuarsi prima dell'inizio delle opere per l'approvazione da parte della D.L. del "MIX DESIGN del conglomerato cementizio" come descritto nel progetto esecutivo.

b) Controlli di "conformità" in corso d'opera:

comprendono i controlli da eseguirsi per verificare la conformità del conglomerato cementizio e dei suoi singoli componenti ai requisiti di progetto. Sono inclusi tra tali controlli anche quelli definiti "di accettazione" relativi alle resistenze meccaniche, specificate dalle "Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della legge n.1086 del 05/11/1971.

9.6.1 Qualificazione

Almeno 45 giorni prima dell'inizio dei lavori, la Ditta dovrà ultimare la qualificazione degli impasti e dei relativi materiali per tutti i tipi e le classi di conglomerato cementizio richiesto.

La Ditta è tenuta a produrre la documentazione comprovante la conformità degli impasti e dei singoli componenti alle prescrizioni e norme riportate nel presente documento.

In particolare alla relazione di qualificazione dovrà essere allegata la suddetta documentazione e dovrà essere fatto esplicito riferimento a:

- i materiali che si intendono utilizzare indicando provenienza, tipo e qualità dei medesimi;
- conformità dei materiali costituenti la miscela d'impasto a quanto prescritto nel precedente punto;
- massa volumica reale s.s.a., massa volumica reale ed apparente ed assorbimento, per ogni classe di inerti, secondo UNI 7549/76 parti 4a - 6a;
- studio granulometrico per ogni tipo e classe di conglomerato cementizio;
- tipo e dosaggio del cemento;
- rapporto acqua-cemento;
- tipo e dosaggio degli eventuali additivi;
- proporzionamento analitico della miscela e resa volumetrica;
- valore della consistenza misurata con il Cono di Abrams;
- risultati delle prove preliminari di resistenza e compressione e curve di resistenza nel tempo;
- curve di resistenza in funzione dei valori di slump e del rapporto a/c;
- preparazione di provini per la determinazione delle caratteristiche di durabilità del conglomerato cementizio;
- caratteristiche dell'impianto di confezionamento;
- sistemi di trasporto, di getto e di maturazione.

Solamente dopo l'esame e l'approvazione di detta documentazione da parte della D.L., e dopo aver effettuato impasti di prova del conglomerato cementizio, l'inizio dei getti potrà avere luogo.

L'approvazione delle proporzioni delle miscele da parte della D.L. non solleva, in nessun modo, la Ditta dalle sue responsabilità in base alle norme vigenti.

I materiali costituenti gli impasti di prova saranno sottoposti ai controlli già descritti in precedenza e comunque di seguito riassunti:

Cemento:

- prove previste dalla Legge 595/65 e dal D.M.03/06/1968, nonché prove chimiche.

Sabbie:

- modulo di finezza;
- contenuto di passante a 0,075 mm;
- contenuto di argilla;
- contenuto di particelle leggere e vegetali;
- contenuto di solfati;
- contenuto di cloruri solubili;
- contenuti di sostanze organiche;
- equivalente in sabbia;
- curva granulometrica.

Inerti grossi:

- esame petrografico;
- contenuto di passante a 0,075 mm;
- contenuto di argilla;
- contenuto di particelle leggere e vegetali;
- degradabilità agli attacchi di soluzioni solfatiche;
- contenuto di solfati;
- contenuto di cloruri solubili;
- massa volumica ed assorbimento;
- resistenza a compressione semplice;
- coefficiente di forma ed appiattimento;
- perdita di massa per urto e rotolamento;
- resistenza ai cicli di gelo-disgelo;
- potenziale reattività in presenza di alcali;
- curva granulometrica.

Additivi:

- effetto fluidificante a riduzione d'acqua;
- mantenimento della lavorabilità;
- effetto ritardante o accelerante;
- aria inglobata;
- indice di efficienza DOT per gli antievdaporanti.

Acqua di impasto:

- contenuto di solfati;
- contenuto di cloruri;

- contenuto di acido solfidrico;
- contenuto totale di sali minerali;
- contenuto di sostanze organiche;
- contenuto di sostanze solide sospese.

Conglomerato cementizio fresco:

- determinazione abbassamento al cono;
- determinazione acqua essudata;
- dosaggio del cemento;
- contenuto totale di cloruri;
- massa volumica;
- omogeneità.

Conglomerato cementizio indurito:

- determinazione resistenza caratteristica a compressione;
- massa volumica;
- determinazione della durabilità relativamente ai conglomerati cementizi sottoposti a gelo-disgelo o ad attacco chimico.

Tale qualificazione dovrà essere ripetuta, con le medesime modalità, ogni qualvolta venissero a modificarsi sensibilmente le caratteristiche fisico-chimiche di uno dei componenti del conglomerato cementizio ed ovviamente ogni qualvolta vengono variate le fonti di approvvigionamento.

9.6.2 Controlli in corso d'opera

a) Controlli generali

La D.L. eseguirà controlli di conformità periodici in corso d'opera per verificare la corrispondenza tra le caratteristiche dei materiali e degli impasti impiegati e quelle definite in sede di qualifica secondo quanto specificato.

Il controllo di accettazione dovrà avvenire secondo quanto specificato dalle "Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art.21 della legge n.1086 del 05/11/1971", per quanto riguarda le resistenze meccaniche.

La Ditta è tenuto a presentare, con cadenza settimanale, alla D.L. il dettagliato programma dei getti indicando il luogo, l'opera, la classe di resistenza, i m³ di conglomerato cementizio e l'impianto di confezionamento previsti.

Eventuali modifiche al programma dovranno essere comunicate con almeno 24 ore di anticipo.

Se i risultati delle prove eseguite sui conglomerati cementizi o sui loro componenti non saranno conformi a quanto indicato nei calcoli statici, nei disegni e nelle presenti prescrizioni, sia per quanto riguarda la resistenza meccanica che la durabilità, la Ditta dovrà demolire e ricostruire totalmente l'opera, oppure, a discrezione della D.L., sarà tenuto ad eseguire i lavori di adeguamento dallo stesso proposti e preventivamente approvati dalla D.L. stessa.

Sul conglomerato cementizio indurito la D.L. potrà disporre l'esecuzione di prove e controlli mediante prelievo di carote e/o altri sistemi anche non distruttivi, quali sclerometro, ultrasuoni, misure di resistività ecc.

Per le opere principali, quali:

- travi ed elementi in c.a.p. in genere
- impalcati
- pile e relative fondazioni
- spalle e relative fondazioni
- opere di sostegno
- gallerie
- pali e paratie

è richiesto il controllo di accettazione di tipo A secondo il D.M. del 14/01/2008.

Il controllo qualità sugli acciai dovrà essere in accordo alle prescrizioni del D.M. del 14/01/2008.

La Ditta dovrà tenere a disposizione della D.L. una copia completa delle documentazioni relative alle opere soggette a collaudo, e precisamente:

- Certificati di prove sui materiali, sia in stabilimento di produzione che in cantiere;
- Verbali di prove eseguite in cantiere e/o presso i fornitori;
- Copia dei disegni aggiornati con eventuali modifiche apportate in corso d'opera;
- Verbali e/o registri prove di laboratorio sui provini in cemento armato, sui provini in acciaio, sugli inerti e sui cementi;
- Registri dei getti;
- Giornale dei lavori.

b) Controlli in caso di calcestruzzi che abbiano resistenze inferiori a quelle di progetto

Le prove di accettazione sui manufatti potranno dare risultati non conformi ai valori indicati nel progetto, nel presente capitolato, nelle specifiche di esecuzione o nella specifica di controllo qualità.

In questo caso, prima di stabilire la non accettabilità, e quindi la demolizione e il rifacimento, possono essere effettuati ulteriori controlli, a discrezione della D.L..

In ogni caso, quando la resistenza del conglomerato, dalle prove effettuate risulti inferiore a quelle di progetto, o a quelle prescritte nel presente Capitolato, dovranno essere eseguiti dei carotaggi.

La frequenza di questi carotaggi e le modalità di preparazione e prove dei provini, ricavati dalle carote, sarà indicata dalla D.L..

c) Controlli particolari

Controlli particolari potranno essere eseguiti ogni qualvolta la D.L. ne ravvisasse la necessità.

d) Controllo e certificazione ferro d'armatura

Per l'acciaio controllato in stabilimento, la Ditta dovrà esibire la documentazione prescritta dalle norme in vigore, che certifichi gli avvenuti controlli e porre la D.L. in grado di accertare la presenza di contrassegni di riconoscimento. Resta salva la facoltà della D.L. di disporre eventuali ulteriori controlli a proprio insindacabile giudizio ed a spese della Ditta.

9.7 PROVE DI CARICO

Le prove di carico (collaudo statico) dovranno essere eseguite in accordo alle normative vigenti ed alle indicazioni del Collaudatore e della D.L..

L'effettuazione delle prove dovrà essere programmata, con adeguato anticipo, con la D.L. Sarà cura della Ditta verificare e fare in modo che al momento del collaudo risulti disponibile tutta la certificazione prevista dalle norme vigenti.

Prima della effettuazione delle prove la Ditta dovrà concordare con la D.L. la quantità ed il tipo delle apparecchiature, degli strumenti e dei materiali da utilizzare, garantendo la operabilità e la precisione richiesta e facendo eseguire le tarature eventualmente necessarie.

Sarà cura della Ditta assicurare, nel rispetto delle norme di sicurezza, la completa accessibilità sia alle opere da collaudare che agli strumenti di misura.

10 PALI

Si definiscono pali, i pali trivellati aventi diametro superiore a 250 mm costituiti da malte e miscela cementizia e da idonee armature d'acciaio.

I pali previsti nel progetto esecutivo sono trivellati ed a semplice cementazione. Gli stessi saranno realizzati inserendo entro una perforazione di diametro 500 mm un'armatura metallica costituita da una gabbia di tondini del tipo FeB 44k, e solidarizzati mediante il getto di calcestruzzo con $R'_{ck} \geq 30$ MPa.

La cementazione dovrà avvenire a bassa pressione mediante un circuito a tenuta facente capo ad un dispositivo posto a bocca foro.

Durante la perforazione la stabilità dello scavo sarà ottenuta se ritenuto necessario dalla D.L. con l'ausilio di fanghi bentonitici o altri fluidi stabilizzanti, ovvero tramite l'infissione di un rivestimento metallico provvisorio.

10.1 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

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

- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 14/01/2008
- Raccomandazioni dell'Associazione Geotecnica Italiana sui pali di fondazione, Dic. 1984
- D.M. del Ministero dei lavori Pubblici del 11/3/1988 "Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- Circolare LL PP N° 30483 del 24/09/1988 "Istruzioni 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".
- Altre norme UNI-CNR, ASTM, DIN, saranno specificate ove pertinenti.

10.2 PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI

10.2.1 *Soggezioni geotecniche ed ambientali*

Le tecniche di perforazione dovranno essere le più idonee in relazione alla natura del terreno attraversato. In particolare dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti atti ad evitare il franamento delle pareti del foro, la contaminazione delle armature, l'interruzione e/o l'inglobamento di terreno nella guaina cementizia che solidarizza l'armatura al terreno circostante.

Di norma le perforazioni saranno quindi eseguite in presenza di rivestimento, con circolazione di fluidi di perforazione per l'allontanamento dei detriti e per il raffreddamento dell'utensile.

I fluidi di perforazione potranno consistere in:

- acqua
- fanghi bentonitici

- schiuma
- aria, nel caso di perforazione a rotopercussione con martello a fondo foro, o in altri casi approvati dalla D.L..

Previo comunicazione alla D.L. potrà essere adottato la perforazione senza rivestimenti, con impiego di fanghi bentonitici.

La perforazione "a secco", senza rivestimento non è di norma ammessa; potrà essere adottata, previa comunicazione alla D.L., solo in terreni uniformemente argillosi, caratterizzati da valori della coesione non drenata c_u che alla generica profondità di scavo H soddisfino la seguente condizione:

$$c_u \geq Y \times H/3$$

dove:

Y = peso di volume totale.

La perforazione "a secco" è ammissibile solo dove possa essere eseguita senza alcun ingresso di acqua nel foro.

La perforazione a rotazione a secco, o con impiego di aria è invece raccomandata in terreni argillosi sovraconsolidati.

Nel caso di impiego della roto-percussione, sia mediante martello a fondo foro che mediante dispositivi di battuta applicati alla testa di rotazione (tipo Sistema KLEMM), la Ditta dovrà assicurare il rispetto delle norme DIN 4150 (parti I e II, 1975; parte IV, 1986), in merito ai limiti delle vibrazioni.

In caso contrario per modalità di impiego della roto-percussione ed i necessari provvedimenti dovranno essere comunicati alla D.L..

La D.L., a sua discrezione, potrà richiedere alla Ditta di eseguire misure di controllo delle vibrazioni indotte, con oneri e spese a carico della medesima.

10.2.2 Prove tecnologiche preliminari

La tipologia delle attrezzature ed i principali dettagli esecutivi dovranno essere comunicati dalla Ditta alla D.L..

Se richiesto dalla D.L., in relazione a particolari condizioni stratigrafiche o all'importanza dell'opera, l'idoneità di tali attrezzature e delle modalità di esecuzione sarà verificata mediante l'esecuzione di prove tecnologiche preliminari.

10.2.3 Tolleranze

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

- coordinate planimetriche del centro del palo : ± 1 cm
- scostamento dell'inclinazione dall'asse teorico: ± 2 %
- lunghezza : ± 10 cm
- diametro finito : ± 5 %
- quota testa palo : ± 2 cm.

10.2.4 Materiali

a) Acciaio

Gli acciai d'armatura ordinari dovranno essere in accordo alla legge 1086/71 e alle Norme Tecniche D.M. 16.01.2008. Gli acciai d'armatura ordinaria dovranno essere di tipo B450C.

b) Cementi

Il cemento da impiegare dovrà essere scelto in relazione alle caratteristiche ambientali considerando, in particolare, l'aggressività dell'ambiente esterno. Saranno ammassi cementi *portland* classificati secondo le norme ASTM come tipo III, IV o V.

c) Inerti

Gli inerti impiegati per il confezionamento del conglomerato cementizio potranno provenire da vagliatura e trattamento dei materiali alluvionali o da frantumazione di materiali di cava e dovranno essere conformi alla norma UNI 8520/86 parte 2^a.

Si dovranno, altresì, adottare particolari cautele nell'utilizzare inerti esposti a rischio di reagire chimicamente con gli alcali contenuti nel cemento.

Si dovrà dare tempestiva comunicazione alla D.L. in merito agli accorgimenti necessari ad escludere tali fenomeni.

Sia le sabbie che gli inerti grossi dovranno avere una massa volumica reale non inferiore a 2,6 gr/cmc.

Tutte le caratteristiche degli inerti, di cui alla citata norma UNI 8520/86 parte 2^a, dovranno essere verificate con le frequenze indicate dalla D.L..

d) Acqua di impasto

Si utilizzerà acqua chiara di cantiere, dolce, le cui caratteristiche chimico-fisiche dovranno soddisfare i requisiti di cui alla specifica delle presenti Norme Tecniche.

e) Additivi

E' ammesso l'impiego di additivi fluidificanti non aeranti. L'impiego di acceleranti potrà essere consentito solo in situazioni particolari. Schede tecniche di prodotti commerciali che la Ditta si propone di usare dovranno essere inviate preventivamente alla D.L. per informazione.

f) Preparazione del calcestruzzo

f.1) Caratteristiche di resistenza

La resistenza cubica da ottenere per il calcestruzzo deve essere:

$$R'_{ck} \geq 30 \text{ MPa}$$

A questo scopo si prescrive che il dosaggio in peso dei componenti sia tale da soddisfare un rapporto acqua/cemento:

$$a/c \leq 0.45$$

La fluidità al cono di Marsh sarà minore di 30" con un ugello da 8 mm.

f.2) Controlli sui calcestruzzi

La tipologia e la frequenza dei controlli da eseguire sarà indicata dalla D.L..

10.2.5 *Modalità esecutive*

a) *Perforazione*

Nella conduzione della perforazione ci si atterrà alle prescrizioni di cui i punti precedenti.

b) *Allestimento del palo*

Completata la perforazione e rimossi i detriti, in accordo alle prescrizioni, si provvederà ad inserire entro il foro l'armatura, che dovrà essere conforme ai disegni di progetto.

c) *Posa in opera delle armature*

Le armature metalliche dovranno soddisfare le prescrizioni delle presenti Norme Tecniche, ed essere conformi al progetto.

Le armature trasversali dei pali saranno costituite da una spirale in tondino esterna ai ferri longitudinali.

Le armature verranno pre-assemblate fuori opera in "gabbie"; i collegamenti saranno ottenuti con doppia legatura in filo di ferro oppure mediante punti di saldatura elettrica.

Le gabbie di armatura saranno dotate di opportuni distanziatori non metallici atti a garantire la centratura dell'armatura ed un copriferro netto minimo di 5 cm.

Si richiede l'adozione di rotelle cilindriche in conglomerato cementizio con perno in tondino fissato ai ferri verticali contigui.

I centratori saranno posti a gruppi di 3-4 regolarmente distribuiti sul perimetro e con spaziatura verticale di 3,0 - 4,0 m.

Non si ammette la distribuzione delle barre verticali su doppio strato; l'intervallo netto minimo tra barra e barra, misurato lungo la circonferenza che ne unisce i centri, non dovrà in alcun caso essere inferiore a 7,5 cm con aggregati non inferiori ai 2,0 cm, a 10 cm con aggregati di diametro superiore.

Le gabbie di armatura dovranno essere perfettamente pulite ed esenti da ruggine, messe in opera prima dell'inizio del getto e mantenute in posto sostenendole dall'alto, evitando in ogni caso di appoggiarle sul conglomerato cementizio già in opera o sul fondo del foro.

La posa della gabbia all'interno del tubo forma potrà aver luogo solo dopo aver accertato l'assenza dell'acqua e/o terreno all'interno dello stesso.

Qualora all'interno del tuboforma si dovesse riscontrare la presenza di terreno soffice o di infiltrazioni di acqua, la costruzione del palo dovrà essere interrotta previo riempimento con conglomerato cementizio magro; tale palo sarà successivamente sostituito, a spese dell'Impresa, da uno o due pali supplementari, sentito il Progettista.

L'Impresa esecutrice dovrà inoltre adottare gli opportuni provvedimenti atti a ridurre la deformazione della gabbia durante l'esecuzione del fusto; a getto terminato si dovrà comunque registrare la variazione della quota della testa dei ferri di armatura.

d) *Cementazione*

Il foro dovrà essere interamente rivestito; la posa della malta avverrà in un primo momento, entro il rivestimento provvisorio, tramite un tubo di convogliamento. Successivamente si applicherà al rivestimento una idonea testa a tenuta alla quale si invierà aria in pressione (0.5÷0.6 MPa) mentre si solleverà gradualmente il rivestimento fino alla sua prima giunzione. Si smonterà allora la sezione superiore del rivestimento e si applicherà la testa di pressione al tratto residuo di rivestimento, previo rabboccamento dall'alto per riportare a livello la malta.

Si procederà analogamente per le sezioni successive fino a completare l'estrazione del rivestimento.

In relazione alla natura del terreno potrà essere sconsigliabile applicare la pressione d'aria agli ultimi 5-6 m di rivestimento da estrarre, per evitare la fratturazione idraulica degli strati superficiali.

e) Controlli e documentazione

Per ogni palo eseguito la Ditta dovrà fornire una scheda contenente le seguenti indicazioni:

- n. del palo e data di esecuzione (con riferimento alla planimetria di progetto)
- lunghezza della perforazione
- modalità di esecuzione della perforazione:
 - utensile
 - fluido
 - rivestimenti
- caratteristiche dell'armatura
- volume della malta
- caratteristiche della malta.

10.3 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

- a) Prima di dare inizio ai lavori la Ditta dovrà presentare alla D.L. una planimetria riportante la posizione di tutti i pali, inclusi quelli di prova, contrassegnati da un numero progressivo indicativo di ciascun palo.
- b) Sarà cura della Ditta provvedere alle indagini necessarie ad accertare la eventuale presenza di manufatti interrati di qualsiasi natura (cunicoli, tubazioni, cavi, etc.) che possono interferire con i pali da realizzare o che possano essere danneggiati o comunque arrecare danno durante l'effettuazione dei lavori. Tali indagini e le eventuali rimozioni e modifiche da eseguire dovranno in ogni caso essere effettuate prima dell'inizio delle operazioni di infissione o perforazione.
- c) Prima dell'inizio dei lavori la Ditta dovrà eseguire il tracciamento dei pali identificando la posizione sul terreno mediante infissione di appositi picchetti in corrispondenza dell'asse di ciascun palo.
- d) La Ditta dovrà verificare e fare in modo che il numero, la potenza e la capacità operativa delle attrezzature siano tali da consentire una produttività congruente con i programmi di lavoro previsti. Sarà altresì cura della Ditta selezionare ed utilizzare le attrezzature più adeguate alle condizioni ambientali, stratigrafiche ed idrogeologiche dei terreni ed alle dimensioni dei pali.
- e) Nel caso in cui durante il corso dei lavori la Ditta ritenga opportuno variare le metodologie esecutive precedentemente approvate, sarà sua cura effettuare le nuove prove tecnologiche preliminari eventualmente necessarie.
- f) Sarà cura della Ditta apporre adeguati contrassegni, opportunamente spazati, su tutti gli elementi sui quali nelle differenti fasi di lavorazione è necessario effettuare delle misurazioni per verificare la profondità d'infissione, il livello d'estrazione ed il rifiuto.
- g) Sarà cura della Ditta adottare tutti gli accorgimenti necessari ad attenuare i disturbi alle persone derivanti dalla vibrazione e dai rumori connessi con le attività di scavo. Sarà altresì cura della

Ditta evitare che l'installazione dei pali arrechi danno, per effetto di vibrazione e/o spostamenti di materie, ai pali adiacenti così come ad opere e manufatti preesistenti.

- h) Sarà cura della Ditta provvedere all'immediato trasporto a rifiuto di tutti i materiali di risulta provenienti dalle perforazioni e dalle lavorazioni comunque connesse con la realizzazione dei pali.
- i) Sarà cura della Ditta far eseguire tutti i controlli e le prove (sia preliminari che in corso d'opera) prescritti dal presente Capitolato così come quelli richiesti dall'D.L., al fine la qualità e le caratteristiche previste dal progetto.
- j) Sarà cura della Ditta provvedere alla scapitozzatura delle teste di tutti i pali, fino alla quota di progetto (piano d'imposta della fondazione sovrastante), provvedendo altresì alla sistemazione e ripulitura dei ferri d'armatura. Nel caso in cui, per effetto delle lavorazioni subite, la parte superiore del palo non avesse le caratteristiche richieste, la Ditta dovrà provvedere alla estensione della scapitozzatura (per eliminare tale parte) ed alla ricostruzione, fino al piano d'imposta della fondazione sovrastante.

10.4 CONTROLLI DI QUALITÀ

Le modalità e la incidenza dei controlli di qualità da eseguire su pali e micropali sono definite dalla D.L..

10.5 PROVE DI CARICO

Nei paragrafi che seguono vengono fornite le indicazioni tecniche generali per l'esecuzione di prove di carico su pali.

Le prove di carico hanno principalmente lo scopo di:

- accertare eventuali deficienze esecutive nel palo;
- verificare i margini di sicurezza disponibili nei confronti della rottura del sistema palo-terreno;
- valutare le caratteristiche di deformabilità del sistema palo-terreno.

a) Definizioni

Si definiscono:

- prove di collaudo le prove effettuate su pali facenti parte della fondazione, dei quali non bisogna compromettere l'integrità; il carico massimo da raggiungere nel corso della prova (P_{max}) è in generale pari a 1.5 volte il carico di esercizio (P_{es});
- prove a carico limite le prove effettuate su pali appositamente predisposti all'esterno della palificata, spinte fino a carichi di rottura del sistema palo-terreno o prossimi ad essa; il carico massimo da raggiungere nel corso della prova (P_{max}) è in generale pari a 2.5÷3 volte il carico di esercizio (P_{es});

b) Normative e specifiche di riferimento

Valgono le Norme già richiamate al punto 1.3., ed inoltre: ASTM D1143-81: "Standard Test Method for Piles under Static Axial Compressive Load".

c) Numero e ubicazione dei pali di prova

Il numero e l'ubicazione dei pali da sottoporre a prova di carico devono essere stabiliti in funzione dell'importanza dell'opera, dell'affidabilità, in termini quantitativi, dei dati geotecnici disponibili e del grado di omogeneità del terreno.

La Ditta dovrà effettuare prove di carico assiale sull'1% dei pali, con un minimo di almeno due pali per ogni opera.

d) Caratteristiche dei pali di prova

Le caratteristiche dei pali di prova (lunghezza, diametro, modalità esecutive, caratteristiche dei materiali, ecc.) dovranno essere del tutto simili a quelle dei pali dimensionati in fase di progetto.

10.5.1 Prove di carico assiale

a) Scelta dei carichi di prova

I carichi di prova saranno definiti di volta in volta dal progettista, in relazione alle finalità della prova stessa.

Di norma il massimo carico di prova P_{prova} sarà:

- $P_{prova} = 1.5 P_{esercizio}$
- $P_{prova} = P_{lim}$

ove con P_{lim} si indica la portata limite dell'insieme palo-terreno.

b) Attrezzature e dispositivi di prova

Le attrezzature ed i dispositivi per l'applicazione e per la misura del carico, ed i dispositivi per la misura dei cedimenti saranno conformi alle specifiche di cui alle presenti norme tecniche.

E' ammessa l'esecuzione di prove di carico a compressione mediante contrasto su pali laterali, a condizione che:

- le armature dei pali di contrasto siano in grado di resistere ai conseguenti sforzi di trazione;
- la terna di pali sia giacente sullo stesso piano verticale o inclinato.

I risultati forniti dai pali di contrasto potranno essere utilizzati quali valori relativi a prove di carico a trazione, se i carichi effettivamente applicati sono significativi in aderenza di quanto definito nelle presenti Norme Tecniche.

c) Preparazione della prova

c.1) Preparazione dei pali da sottoporre a prova

I pali prescelti saranno preparati mettendo a nudo il fusto per un tratto di 20 cm ed eliminando tutte le superfici di contatto e di attrito con eventuali plinti, solette, murature, etc..

Nel tratto di fusto esposto saranno inserite 3 staffe metalliche, a 120°, per il posizionamento dei micrometri.

Si provvederà quindi a fissare sulla testa del palo una piastra metallica di geometria adeguata ad ospitare il martinetto, ed a trasferire il carico sul palo.

c.2) Realizzazione del contrasto

La zavorra sarà messa a dimora dopo avere posizionato la trave di sostegno su due appoggi laterali, posti a circa 3 m dall'asse del palo.

L'altezza degli appoggi dovrà essere sufficiente a consentire il posizionamento del martinetto e del relativo centratore, e del sistema di riferimento per la misura dei cedimenti.

Tra il martinetto e la trave sarà interposto un dispositivo di centramento del carico, allo scopo di eliminare il pericolo di ovalizzazione del pistone.

Gli stessi accorgimenti saranno adottati anche nel caso in cui la trave di contrasto farà capo ad una coppia di pali posti lateralmente al palo da sottoporre a prova di compressione.

d) *Programma di carico*

Il programma di carico sarà definito di volta in volta, in relazione alle finalità della prova.

Di norma si farà riferimento al seguente schema, che prevede 3 cicli di carico e scarico, da realizzarsi come di seguito specificato:

1° CICLO

- a) Applicazione di "n" ($n \geq 4$) gradini di carico successivi, di entità pari a P, fino a raggiungere il carico P_{es} .
- b) In corrispondenza di ciascun gradino di carico si eseguiranno misure dei cedimenti con la seguente frequenza:
 - $t = 0$ (applicazione del carico)
 - $t = 2'$
 - $t = 4'$
 - $t = 8'$
 - $t = 15'$

si proseguirà quindi ogni 15' fino a raggiunta stabilizzazione, e comunque per non più di 2 ore. Il cedimento s è considerato stabilizzato se, a parità di carico, è soddisfatta la condizione tra due misure successive ($t = 15'$):

$$s \leq 0.025 \text{ mm.}$$

- c) Per il livello corrispondente a P_{es} il carico viene mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi si procede allo scarico mediante almeno 3 gradini, in corrispondenza dei quali si eseguono misure a $t = 0, t = 5', t = 10', t = 15'$.

Allo scarico le letture verranno eseguite anche a $t = 30', t = 45'$ e $t = 60'$.

2° CICLO

- a) Applicazione rapida di un carico di entità $1/3 P_{es}$
- b) Lettura dei cedimenti a $t = 0, 1', 2', 4', 8', 15'$
- c) Scarico rapido e letture a $t = 0$ e $5'$
- d) Applicazione rapida di un carico di entità $2/3 P_{es}$
- e) Lettura dei cedimenti come in "b"
- f) Scarico come in "c"
- g) Applicazione rapida di un carico di entità pari a P_{es}
- h) Lettura dei cedimenti come in "b"

i) Scarico con letture a $t = 0, 5', 10', 15'$ e $30'$.

3° CICLO

- a) Applicazione di "m" ($m \geq 9$) gradini di carico P fino a raggiungere il carico P_{prova} (o P_{lim}).
- b) In corrispondenza di ogni livello di carico si eseguiranno misure di cedimento con la stessa frequenza e limitazioni di cui al 1° ciclo, punto "b".
- c) Il carico P_{prova} , quando è $< P_{lim}$, sarà mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi il palo sarà scaricato mediante almeno 3 gradini con misure a $t = 0, t = 5'$ e $t = 10'$ e $t = 15'$. A scarico ultimato si eseguiranno misure fino a $t = 60'$.

Si considererà raggiunto il carico limite P_{lim} , e conseguentemente si interromperà la prova, allorquando misurando il cedimento s risulterà verificata una delle seguenti condizioni:

- $s(P_{lim}) \geq 2 \times s(P_{lim} - P)$
 - $s(P_{lim}) \geq 0.2 d + s_{el}$
- ove :
- d = diametro del palo
- s_{el} = cedimento elastico del palo.

e) Documentazione delle prove

Le misure dei cedimenti saranno registrate utilizzando moduli contenenti:

- il n° del palo con riferimento ad una planimetria;
- l'orario di ogni singola operazione;
- la temperatura;
- il carico applicato;
- il tempo progressivo di applicazione del carico;
- le corrispondenti misure di ogni comparatore;
- i relativi valori medi;
- le note ed osservazioni.

Le tabelle complete delle letture tempo-carico-cedimento costituiranno il verbale della prova.

Le date e il programma delle prove dovranno essere altresì comunicati alla D.L. con almeno 7 giorni di anticipo sulle date di inizio.

La documentazione fornita dall'esecutore della prova dovrà comprendere i seguenti dati:

- tabelle complete delle letture tempo-carico-cedimento che le indicazioni singole dei comparatori e la loro media aritmetica;
- diagrammi carichi-cedimenti finali per ciascun comparatore e per il valore medio; diagrammi carichi-cedimenti (a carico costante) per ciascun comparatore e per il valore medio;
- numero di identificazione e caratteristiche nominali del palo (lunghezza, diametro);
- stratigrafia del terreno rilevata durante la perforazione (pali trivellati);
- geometria della prova (dispositivo di contrasto, travi portamicrometri, etc.);
- disposizione, caratteristiche e certificati di taratura della strumentazione;

- scheda tecnica del palo, preparata all'atto dell'esecuzione;
- relazione tecnica riportante l'elaborazione dei dati e l'interpretazione della prova medesima nonché l'individuazione del carico limite con il metodo dell'inversa pendenze.

10.5.2 Prove di carico laterale

Queste prove dovranno essere effettuate nel caso in cui ai pali di fondazione sia affidato il compito di trasmettere al terreno carichi orizzontali di rilevante entità.

Il numero ed i pali da sottoporre a prova sarà definito dal progettista e/o concordato con la D.L..

Nella esecuzione delle prove ci si atterrà alle prescrizioni già impartite per le prove di carico assiale, salvo quanto qui di seguito specificato.

Il contrasto sarà di norma ottenuto utilizzando un palo di caratteristiche geometriche analoghe, distante almeno 3 diametri.

Il martinetto sarà prolungato mediante una trave di opportuna rigidità.

Gli spostamenti saranno misurati su entrambi i pali. Si utilizzeranno per ciascun palo 2 coppie di comparatori centesimali fissati alla stessa quota; la prima coppia sarà disposta in posizione frontale rispetto alla direzione di carico; la seconda coppia sarà disposta in corrispondenza dell'asse trasversale alla direzione di carico.

Per la misura delle deformazioni durante la prova di carico, la D.L. indicherà i pali nei quali posizionare, prima del getto, dei tubi inclinometrici in alluminio.

Le misure saranno effettuate con una sonda inclinometrica perfettamente efficiente, di tipo bi-assiale, previo rilevamento delle torsioni iniziali del tubo-guida.

Se richiesto dalla D.L. anche i pali sottoposti a prove di carico laterale potranno avere sezioni strumentate con estensimetri elettrici a varie profondità.

11 MICROPALI

Si definiscono micropali i pali trivellati di fondazione aventi diametro inferiore a 250 mm con fusto costituito da malta o pasta di cemento gettata in opera e da idonea armatura di acciaio. Modalità ammesse per la formazione del fusto:

- tipo a) Riempimento a gravità;
- tipo b) Riempimento a bassa pressione;
- tipo c) Iniezione ripetuta ad alta pressione.

Tali modalità sono da applicare rispettivamente:

- tipo a), per micropali eseguiti in roccia o terreni coesivi molto compatti il cui modulo di deformazione a breve termine superi orientativamente i 200 MPa;
- tipo b) e c), per micropali eseguiti in terreni di qualunque natura, caratterizzati da un modulo di deformazione a breve termine sensibilmente inferiore a 200 MPa.

In particolare la modalità tipo c) è da eseguire in terreni fortemente eterogenei e per conseguire capacità portanti elevate (> 30 t) anche in terreni poco addensati.

Durante la perforazione la stabilità dello scavo potrà essere ottenuta con l'ausilio di fanghi bentonitici o altri fluidi stabilizzanti, ovvero tramite l'infissione di un rivestimento metallico provvisorio.

11.1 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

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

- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 14/01/2008
- Raccomandazioni dell'Associazione Geotecnica Italiana sui pali di fondazione, Dic. 1984
- D.M. del Ministero dei lavori Pubblici del 11/3/1988 "Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- Circolare LL PP N° 30483 del 24/09/1988 "Istruzioni 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".
- Altre norme UNI-CNR, ASTM, DIN, saranno specificate ove pertinenti.

11.2 PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI

11.2.1 *Soggezioni geotecniche ed ambientali*

Le tecniche di perforazione dovranno essere le più idonee in relazione alla natura del terreno attraversato. In particolare dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti atti ad evitare il franamento

delle pareti del foro, la contaminazione delle armature, l'interruzione e/o l'inglobamento di terreno nella guaina cementizia che solidarizza l'armatura al terreno circostante.

Di norma le perforazioni saranno quindi eseguite in presenza di rivestimento, con circolazione di fluidi di perforazione per l'allontanamento dei detriti e per il raffreddamento dell'utensile.

I fluidi di perforazione potranno consistere in:

- acqua
- fanghi bentonitici
- schiuma
- aria, nel caso di perforazione a rotopercussione con martello a fondo foro, o in altri casi approvati dalla D.L..

Prevvia comunicazione alla D.L. potrà essere adottato la perforazione senza rivestimenti, con impiego di fanghi bentonitici.

La perforazione "a secco", senza rivestimento non è di norma ammessa; potrà essere adottata, previa comunicazione alla D.L., solo in terreni uniformemente argillosi, caratterizzati da valori della coesione non drenata c_u che alla generica profondità di scavo H soddisfino la seguente condizione:

$$c_u \geq Y \times H/3$$

dove:

Y = peso di volume totale.

La perforazione "a secco" è ammissibile solo dove possa essere eseguita senza alcun ingresso di acqua nel foro.

La perforazione a rotazione a secco, o con impiego di aria è invece raccomandata in terreni argillosi sovraconsolidati.

Nel caso di impiego della roto-percussione, sia mediante martello a fondo foro che mediante dispositivi di battuta applicati alla testa di rotazione (tipo Sistema KLEMM), la Ditta dovrà assicurare il rispetto delle norme DIN 4150 (parti I e II, 1975; parte IV, 1986), in merito ai limiti delle vibrazioni.

In caso contrario per modalità di impiego della roto-percussione ed i necessari provvedimenti dovranno essere comunicati alla D.L..

La D.L., a sua discrezione, potrà richiedere alla Ditta di eseguire misure di controllo delle vibrazioni indotte, con oneri e spese a carico della medesima.

11.2.2 Prove tecnologiche preliminari

La tipologia delle attrezzature ed i principali dettagli esecutivi dovranno essere comunicati dalla Ditta alla D.L..

Se richiesto dalla D.L., in relazione a particolari condizioni stratigrafiche o all'importanza dell'opera, l'idoneità di tali attrezzature e delle modalità di esecuzione sarà verificata mediante l'esecuzione di prove tecnologiche preliminari.

11.2.3 Tolleranze

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

- coordinate planimetriche del centro del micropalo: ± 1 cm
- scostamento dell'inclinazione dall'asse teorico: ± 2 %
- lunghezza : ± 10 cm
- diametro finito : ± 5 %
- quota testa micropalo : ± 2 cm.

11.2.4 Materiali

a) Tubi in acciaio

E' prescritto l'impiego di tubi aventi caratteristiche geometriche e qualità dell'acciaio conformi a quanto indicato nei disegni di progetto.

I tubi potranno essere di acciaio tipo:

- S355JR come profili cavi laminati a caldo per impieghi strutturali secondo UNI-EN 10210;
- S355J0 come profilati cavi saldati formati a freddo per impieghi strutturali secondo UNI-EN 10219:2006 (corretta il 9/06/2011) parti 1 e 2;

I tubi potranno avere solo giunzioni a mezzo di manicotto filettato esterno. Le caratteristiche delle giunzioni (filettatura, lunghezza, sezioni utili) dovranno consentire una trazione ammissibile pari almeno all'80% carico ammissibile a compressione.

Le valvole di iniezione, ove previste, saranno del tipo a "manchette", ovvero costituite da una guarnizione in gomma, tenuta in sede da due anelli metallici saldati esternamente al tubo, sul quale, in corrispondenza di ciascuna valvola, sono praticati almeno 2 fori 8 mm.

b) Cementi

Il cemento da impiegare dovrà essere scelto in relazione alle caratteristiche ambientali considerando, in particolare, l'aggressività dell'ambiente esterno. Saranno ammassi cementi *portland* classificati secondo le norme ASTM come tipo III, IV o V.

c) Inerti

Gli inerti saranno di norma utilizzati solo per il confezionamento di malte da utilizzare per il getto dei micropali a semplice cementazione.

In relazione alle prescrizioni di progetto l'inerte sarà costituito da sabbie fini, polveri di quarzo, polveri di calcare.

d) Acqua di impasto

Si utilizzerà acqua chiara di cantiere, dolce, le cui caratteristiche chimico-fisiche dovranno soddisfare i requisiti di cui alla specifica delle presenti Norme Tecniche.

e) Additivi

E' ammesso l'impiego di additivi fluidificanti non aeranti. L'impiego di acceleranti potrà essere consentito solo in situazioni particolari. Schede tecniche di prodotti commerciali che la Ditta si propone di usare dovranno essere inviate preventivamente alla D.L. per informazione.

f) Preparazione delle malte cementizie

f.1) Caratteristiche di resistenza e dosaggi

La resistenza cubica da ottenere per le malte cementizie di iniezione deve essere:

$$R'_{ck} \geq 30 \text{ MPa}$$

A questo scopo si prescrive che il dosaggio in peso dei componenti sia tale da soddisfare un rapporto acqua/cemento:

$$a/c \leq 0.50$$

La fluidità al cono di Marsh sarà minore di 30" con un ugello da 8 mm.

f.2) Composizione delle malte cementizie

La composizione delle malte di iniezione, riferita ad 1 m³ di prodotto, dovrà essere la seguente:

acqua	:	270 kg
cemento	:	600 kg
additivi	:	5 ÷ 10 kg

f.3) Impianti di preparazione

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

- bilance elettroniche per componenti solidi
- vasca volumetrica per acqua
- mescolatore primario ad elevata turbolenza (min. 1500 giri/min)
- vasca di agitazione secondaria e dosatori volumetrici, per le miscele cementizie

f.4) Controlli sulle malte cementizie

La tipologia e la frequenza dei controlli da eseguire sarà indicata dalla D.L..

11.2.5 Modalità esecutive

a) Perforazione

La perforazione, eseguita mediante rotazione o rotopercussione in materie di qualsiasi natura e consistenza (inclusi murature, calcestruzzi, trovanti e roccia dura), anche in presenza d'acqua, deve essere in generale condotta con modalità ed utensili tali da consentire la regolarità delle successive operazioni di getto; in particolare dovrà essere minimizzato il disturbo del terreno nell'intorno del foro. Il tipo b) necessita che la perforazione sia eseguita con posa di rivestimento provvisorio per tutta la profondità del palo.

Per i tipi a) e c) la perforazione potrà essere eseguita con o senza rivestimento provvisorio, a secco o con circolazione di acqua o di fango di cemento e bentonite, in funzione dell'attitudine delle formazioni attraversate a mantenere stabili le pareti del foro e previa approvazione della Direzione Lavori.

Il fango di cemento e bentonite sarà confezionato adottando i seguenti rapporti in peso:

- bentonite/acqua: 0,05 - 0,08;
- cemento/acqua: 0,18 - 0,23.

In ogni caso la perforazione sottofalda in terreni con strati o frazioni incoerenti medio-fini (sabbie, sabbie e limi) non dovrà essere eseguita con circolazione di aria per evitare il violento emungimento della falda a seguito dell'effetto eiettore ed il conseguente dilavamento del terreno.

A termine della perforazione il foro dovrà essere accuratamente sgombrato dai detriti azionando il fluido di circolazione o l'utensile asportatore, senza operare con l'utensile disagregatore. Il materiale di risulta dovrà essere portato a rifiuto dopo aver trattato i fanghi secondo le leggi vigenti.

L'ordine di esecuzione dei pali nell'ambito di ciascun gruppo dovrà assicurare la non interferenza delle perforazioni con fori in corso di iniezione o in attesa di riempimento, ove occorra anche spostando la perforatrice su gruppi contigui prima di ultimare la perforazione dei micropali del gruppo in lavorazione.

b) Allestimento del micropalo

Completata la perforazione e rimossi i detriti, in accordo alle prescrizioni, si provvederà ad inserire entro il foro l'armatura, che dovrà essere conforme ai disegni di progetto.

c) Armature tubolari

Si possono utilizzare:

- tubi laminati a caldo di acciaio di classe S355JR rispondenti alla Normativa UNI-EN10210;
- tubi saldati formati a freddo per usi strutturali rispondenti alla UNI-EN10219 in acciaio di classe S355J0. I tubi dovranno essere accompagnati da certificato di tipo 3.1 secondo UNI10204 e eventualmente avere certificazione di tipo 3.2 se richiesta in via preliminare a cura della D.L. in accordo con il Committente. I tubi dovranno essere realizzati in conformità alla UNI-EN10219, scordonati internamente e normalizzati.

Le giunzioni tra i diversi spezzoni di tubo dovranno essere ottenute mediante manicotti filettati.

Nel caso i tubi di armatura siano anche dotati di valvole per l'iniezione, essi dovranno essere scovolati internamente dopo l'esecuzione dei fori di uscita della malta allo scopo di asportare le sbavature lasciate dal trapano.

Le valvole saranno costituite da manicotti di gomma di spessore minimo 3,5 mm, aderenti al tubo e mantenuti in posto mediante anelli in fili d'acciaio (diametro 4 mm) saldati al tubo in corrispondenza dei bordi del manicotto.

La valvola più bassa sarà posta subito sopra il fondello che occlude la base del tubo.

Anche le armature tubolari dovranno essere dotate di distanziatori non metallici per assicurare un copriferro minimo di 1,5 cm, posizionati di preferenza sui manicotti di giunzione.

d) Riempimento a gravità

Il riempimento del perforo, dopo la posa delle armature, dovrà avvenire tramite un tubo di alimentazione disceso fino a 10÷15 cm dal fondo e dotato superiormente di un imbuto o tramoggia di carico. Il riempimento sarà proseguito fino a che la malta immessa risalga in superficie scevra di inclusioni e miscele con il fluido di perforazione.

Si attenderà per accertare la necessità o meno di rabbocchi e si potrà quindi estrarre il tubo di convogliamento allorquando il foro sarà intasato e stagnato. Eventuali rabbocchi da eseguire prima di raggiungere tale situazione vanno praticati esclusivamente tramite il tubo di convogliamento.

Nel caso l'armatura sia tubolare, essa si potrà usare come tubo di convogliamento solo se il suo diametro interno non supera 50 mm; in caso contrario si dovrà ricorrere ad un tubo di convogliamento separato, dotato di otturatore posizionato alla base del tubo di armatura del palo.

e) Riempimento a bassa pressione

Il foro dovrà essere interamente rivestito; la posa della malta avverrà in un primo momento entro il rivestimento provvisorio tramite un tubo di convogliamento come descritto al punto precedente. Successivamente si applicherà al rivestimento una idonea testa a tenuta alla quale si invierà aria in pressione (0,5-0,6MPa) mentre si solleverà gradualmente il rivestimento fino alla sua prima giunzione.

Si smonterà allora la sezione superiore del rivestimento e si applicherà la testa di pressione alla parte rimasta nel terreno, previo rabboccamento dall'alto per riportare a livello la malta.

Si procederà analogamente per le sezioni successive fino a completare l'estrazione del rivestimento.

In relazione alla natura del terreno potrà essere sconsigliabile applicare la pressione d'aria agli ultimi 5 - 6 m di rivestimento da estrarre per evitare la fratturazione idraulica degli strati superficiali.

f) Iniezione ripetuta ad alta pressione

Le fasi della posa in opera saranno le seguenti:

I) riempimento della cavità anulare compresa tra il tubo a valvole e le pareti del perforo, ottenuta alimentando con apposito condotto di iniezione e otturatore semplice la valvola più bassa finché la malta risale fino alla bocca del foro;

II) lavaggio con acqua all'interno del tubo;

III) avvenuta la presa della malta precedentemente posta in opera, si inietteranno, valvola per valvola, volumi di malta non eccedenti il sestuplo del volume del perforo senza superare durante l'iniezione la pressione corrispondente alla fratturazione idraulica del terreno ("claquage");

IV) lavaggio con acqua all'interno del tubo;

V) avvenuta la presa della malta precedentemente iniettata, si ripeterà l'iniezione in pressione limitatamente alle valvole per le quali:

- il volume iniettato non abbia raggiunto il limite predetto a causa della incipiente fratturazione idraulica del terreno;
- le pressioni residue di iniezione, misurate a bocca foro al raggiungimento del limite volumetrico, non superino 0,7 MPa.

Al termine delle iniezioni si riempirà a gravità l'interno del tubo.

Le attrezzature per l'iniezione dovranno essere munite di apparecchio "contacolpi" al fine di verificare il numero di mandate necessarie per una corretta formazione del bulbo.

g) Controlli e documentazione

Per ogni micropalo eseguito la Ditta dovrà fornire una scheda contenente le seguenti indicazioni:

- n. del micropalo e data di esecuzione (con riferimento alla planimetria di progetto)
- lunghezza della perforazione

- modalità di esecuzione della perforazione:
 - utensile
 - fluido
 - rivestimenti
- caratteristiche dell'armatura
- volume della malta
- caratteristiche della malta.

11.2.6 CARATTERISTICHE DELLE MALTE E PASTE CEMENTIZIE DA IMPIEGARE PER LA FORMAZIONE DEI MICROPALI

Rapporto acqua/cemento: < 0,5.

Classe di resistenza: > 30 MPa.

L'aggregato dovrà essere costituito:

- da sabbia fine lavata, per le malte dei micropali riempiti a gravità;
- da ceneri volanti o polverino di calcare, totalmente passanti al vaglio da 0,075 mm, per le paste dei micropali formati mediante iniezione in pressione.

Per garantire la resistenza richiesta e la necessaria lavorabilità e stabilità dell'impasto dovranno essere adottati i seguenti dosaggi minimi:

- per le malte, 600 kg di cemento 32,5 o 32,5R tipo II per metro cubo di impasto, in condizioni di non aggressività del terreno o dell'acqua; in caso di condizioni di aggressività cemento 32,5 o 32,5R tipo III o IV;
- per le paste, 900 kg di cemento 32,5 o 32,5R tipo II per metro cubo di impasto, in condizioni di non aggressività del terreno o dell'acqua; in caso di condizioni di aggressività cemento 32,5 o 32,5R tipo III o IV.

In presenza di particolari condizioni operative ed ambientali, si dovrà fare uso di cementi tipo 42,5 o 42,5R del tipo consono all'aggressività ambientale rilevata. Per una corretta posa in opera si potranno anche aggiungere superfluidificanti non aeranti ed eventualmente bentonite; quest'ultima in misura non superiore al 4% in peso del cemento.

In presenza di acque di falda che possono sortire effetti dilavanti si potrà impiegare, previa autorizzazione della Direzione Lavori, un additivo ad attività pozzolanica con effetto antidilavante non tossico, non nocivo, non inquinante.

L'impiego di additivi comporterà la riduzione dell'acqua di impasto nelle quantità indicate dal produttore degli additivi stessi.

11.3 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

- k) Prima di dare inizio ai lavori la Ditta dovrà presentare alla D.L. una planimetria riportante la posizione di tutti i pali, inclusi quelli di prova, contrassegnati da un numero progressivo indicativo di ciascun palo.

- l) Sarà cura della Ditta provvedere alle indagini necessarie ad accertare la eventuale presenza di manufatti interrati di qualsiasi natura (cunicoli, tubazioni, cavi, etc.) che possono interferire con i micropali da realizzare o che possano essere danneggiati o comunque arrecare danno durante l'effettuazione dei lavori. Tali indagini e le eventuali rimozioni e modifiche da eseguire dovranno in ogni caso essere effettuate prima dell'inizio delle operazioni di infissione o perforazione.
- m) Prima dell'inizio dei lavori la Ditta dovrà eseguire il tracciamento dei pali identificando la posizione sul terreno mediante infissione di appositi picchetti in corrispondenza dell'asse di ciascun micropalo.
- n) La Ditta dovrà verificare e fare in modo che il numero, la potenza e la capacità operativa delle attrezzature siano tali da consentire una produttività congruente con i programmi di lavoro previsti. Sarà altresì cura della Ditta selezionare ed utilizzare le attrezzature più adeguate alle condizioni ambientali, stratigrafiche ed idrogeologiche dei terreni ed alle dimensioni dei micropali.
- o) Nel caso in cui durante il corso dei lavori la Ditta ritenga opportuno variare le metodologie esecutive precedentemente approvate, sarà sua cura effettuare le nuove prove tecnologiche preliminari eventualmente necessarie.
- p) Sarà cura della Ditta apporre adeguati contrassegni, opportunamente spaziat, su tutti gli elementi sui quali nelle differenti fasi di lavorazione è necessario effettuare delle misurazioni per verificare la profondità d'infissione, il livello d'estrazione ed il rifiuto.
- q) Sarà cura della Ditta adottare tutti gli accorgimenti necessari ad attenuare i disturbi alle persone derivanti dalla vibrazione e dai rumori connessi con le attività di scavo. Sarà altresì cura della Ditta evitare che l'installazione dei pali arrechi danno, per effetto di vibrazione e/o spostamenti di materie, ai pali adiacenti così come ad opere e manufatti preesistenti.
- r) Sarà cura della Ditta provvedere all'immediato trasporto a rifiuto di tutti i materiali di risulta provenienti dalle perforazioni e dalle lavorazioni comunque connesse con la realizzazione dei pali.
- s) Sarà cura della Ditta far eseguire tutti i controlli e le prove (sia preliminari che in corso d'opera) prescritti dal presente Capitolato così come quelli richiesti dall'D.L., al fine la qualità e le caratteristiche previste dal progetto.
- t) Sarà cura della Ditta provvedere alla scapitozzatura delle teste di tutti i micropali, fino alla quota di progetto (piano d'imposta della fondazione sovrastante), provvedendo altresì alla sistemazione e ripulitura dei ferri d'armatura. Nel caso in cui, per effetto delle lavorazioni subite, la parte superiore del palo non avesse le caratteristiche richieste, la Ditta dovrà provvedere alla estensione della scapitozzatura (per eliminare tale parte) ed alla ricostruzione, fino al piano d'imposta della fondazione sovrastante.

11.4 CONTROLLI DI QUALITÀ

Le modalità e la incidenza dei controlli di qualità da eseguire sono definite dalla D.L..

11.5 PROVE DI CARICO

Nei paragrafi che seguono vengono fornite le indicazioni tecniche generali per l'esecuzione di prove di carico.

Le prove di carico hanno principalmente lo scopo di:

- accertare eventuali deficienze esecutive;
- verificare i margini di sicurezza disponibili nei confronti della rottura del sistema palo-terreno;
- valutare le caratteristiche di deformabilità del sistema palo-terreno.

a) Definizioni

Si definiscono:

- prove di collaudo le prove effettuate su micropali facenti parte della fondazione, dei quali non bisogna compromettere l'integrità; il carico massimo da raggiungere nel corso della prova (P_{max}) è in generale pari a 1.5 volte il carico di esercizio (P_{es});
- prove a carico limite le prove effettuate su micropali appositamente predisposti all'esterno della palificata, spinte fino a carichi di rottura del sistema palo-terreno o prossimi ad essa; il carico massimo da raggiungere nel corso della prova (P_{max}) è in generale pari a 2.5÷3 volte il carico di esercizio (P_{es});

b) Normative e specifiche di riferimento

Valgono le Norme già richiamate al punto 1.3., ed inoltre: ASTM D1143-81: "Standard Test Method for Piles under Static Axial Compressive Load".

c) Numero e ubicazione dei pali di prova

Il numero e l'ubicazione dei micropali da sottoporre a prova di carico devono essere stabiliti in funzione dell'importanza dell'opera, dell'affidabilità, in termini quantitativi, dei dati geotecnici disponibili e del grado di omogeneità del terreno.

La Ditta dovrà effettuare prove di carico assiale sull'1% dei micropali, con un minimo di almeno due pali o micropali per ogni opera.

d) Caratteristiche dei pali di prova

Le caratteristiche dei micropali di prova (lunghezza, diametro, modalità esecutive, caratteristiche dei materiali, ecc.) dovranno essere del tutto simili a quelle dei pali o micropali dimensionati in fase di progetto.

11.5.1 Prove di carico assiale

a) Scelta dei carichi di prova

I carichi di prova saranno definiti di volta in volta dal progettista, in relazione alle finalità della prova stessa.

Di norma il massimo carico di prova P_{prova} sarà

- $P_{prova} = 1.5 P_{esercizio}$
- $P_{prova} = P_{lim}$

ove con P_{lim} si indica la portata limite dell'insieme micropalo-terreno.

b) Attrezzature e dispositivi di prova

Le attrezzature ed i dispositivi per l'applicazione e per la misura del carico, ed i dispositivi per la misura dei cedimenti saranno conformi alle specifiche di cui alle presenti norme tecniche.

E' ammessa l'esecuzione di prove di carico a compressione mediante contrasto su micropali laterali, a condizione che:

- le armature tubolari dei micropali di contrasto siano in grado di resistere ai conseguenti sforzi di trazione;
- la terna di micropali sia giacente sullo stesso piano verticale o inclinato.

Nel caso di micropali inclinati dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti atti ad evitare l'insorgere di carichi orizzontali e/o momenti flettenti dovuti ad eccentricità, che potrebbero influenzare i risultati della prova.

I risultati forniti dai micropali di contrasto potranno essere utilizzati quali valori relativi a prove di carico a trazione, se i carichi effettivamente applicati sono significativi in aderenza di quanto definito nelle presenti Norme Tecniche.

c) Preparazione della prova

c.1) Preparazione dei micropali da sottoporre a prova

I micropali prescelti saranno preparati mettendo a nudo il fusto per un tratto di 20 cm ed eliminando tutte le superfici di contatto e di attrito con eventuali plinti, solette, murature, etc..

Nel tratto di fusto esposto saranno inserite 3 staffe metalliche, a 120°, per il posizionamento dei micrometri.

Si provvederà quindi a fissare sulla testa del micropalo una piastra metallica di geometria adeguata ad ospitare il martinetto, ed a trasferire il carico sul micropalo.

c.2) Realizzazione del contrasto

La zavorra sarà messa a dimora dopo avere posizionato la trave di sostegno su due appoggi laterali, posti a circa 3 m dall'asse del micropalo.

L'altezza degli appoggi dovrà essere sufficiente a consentire il posizionamento del martinetto e del relativo centratore, e del sistema di riferimento per la misura dei cedimenti.

Tra il martinetto e la trave sarà interposto un dispositivo di centramento del carico, allo scopo di eliminare il pericolo di ovalizzazione del pistone.

Gli stessi accorgimenti saranno adottati anche nel caso in cui la trave di contrasto farà capo ad una coppia di micropali posti lateralmente al micropalo da sottoporre a prova di compressione.

d) Programma di carico

Il programma di carico sarà definito di volta in volta, in relazione alle finalità della prova.

Di norma si farà riferimento al seguente schema, che prevede 3 cicli di carico e scarico, da realizzarsi come di seguito specificato.

1° CICLO

- c) Applicazione di "n" ($n \geq 4$) gradini di carico successivi, di entità pari a P, fino a raggiungere il carico P_{es} .
- d) In corrispondenza di ciascun gradino di carico si eseguiranno misure dei cedimenti con la seguente frequenza:
 - $t = 0$ (applicazione del carico)
 - $t = 2'$

- $t = 4'$
- $t = 8'$
- $t = 15'$

si proseguirà quindi ogni 15' fino a raggiunta stabilizzazione, e comunque per non più di 2 ore. Il cedimento s è considerato stabilizzato se, a parità di carico, è soddisfatta la condizione tra due misure successive ($t = 15'$):

$$s \leq 0.025 \text{ mm.}$$

- c) Per il livello corrispondente a P_{es} il carico viene mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi si procede allo scarico mediante almeno 3 gradini, in corrispondenza dei quali si eseguono misure a $t = 0$, $t = 5'$, $t = 10'$, $t = 15'$.

Allo scarico le letture verranno eseguite anche a $t = 30'$, $t = 45'$ e $t = 60'$.

2° CICLO

- j) Applicazione rapida di un carico di entità $1/3 P_{es}$
- k) Lettura dei cedimenti a $t = 0$, $1'$, $2'$, $4'$, $8'$, $15'$
- l) Scarico rapido e letture a $t = 0$ e $5'$
- m) Applicazione rapida di un carico di entità $2/3 P_{es}$
- n) Lettura dei cedimenti come in "b"
- o) Scarico come in "c"
- p) Applicazione rapida di un carico di entità pari a P_{es}
- q) Lettura dei cedimenti come in "b"
- r) Scarico con letture a $t = 0$, $5'$, $10'$, $15'$ e $30'$.

3° CICLO

- d) Applicazione di "m" ($m \geq 9$) gradini di carico P fino a raggiungere il carico P_{prova} (o P_{lim}).
- e) In corrispondenza di ogni livello di carico si eseguiranno misure di cedimento con la stessa frequenza e limitazioni di cui al 1° ciclo, punto "b".
- f) Il carico P_{prova} , quando è $< P_{lim}$, sarà mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi il palo sarà scaricato mediante almeno 3 gradini con misure a $t = 0$, $t = 5'$ e $t = 10'$ e $t = 15'$. A scarico ultimato si eseguiranno misure fino a $t = 60'$.

Si considererà raggiunto il carico limite P_{lim} , e conseguentemente si interromperà la prova, allorquando misurando il cedimento s risulterà verificata una delle seguenti condizioni:

- $s(P_{lim}) \geq 2 \times s(P_{lim} - P)$
- $s(P_{lim}) \geq 0.2 d + s_{el}$

ove :

d = diametro del micropalo

s_{el} = cedimento elastico del micropalo.

- e) *Documentazione delle prove*

Le misure dei cedimenti saranno registrate utilizzando moduli contenenti:

- il n° del palo con riferimento ad una planimetria;
- l'orario di ogni singola operazione;
- la temperatura;
- il carico applicato;
- il tempo progressivo di applicazione del carico;
- le corrispondenti misure di ogni comparatore;
- i relativi valori medi;
- le note ed osservazioni.

Le tabelle complete delle letture tempo-carico-cedimento costituiranno il verbale della prova.

Le date e il programma delle prove dovranno essere altresì comunicati alla D.L. con almeno 7 giorni di anticipo sulle date di inizio.

La documentazione fornita dall'esecutore della prova dovrà comprendere i seguenti dati:

- tabelle complete delle letture tempo-carico-cedimento che le indicazioni singole dei comparatori e la loro media aritmetica;
- diagrammi carichi-cedimenti finali per ciascun comparatore e per il valore medio; diagrammi carichi-cedimenti (a carico costante) per ciascun comparatore e per il valore medio;
- numero di identificazione e caratteristiche nominali del palo (lunghezza, diametro);
- stratigrafia del terreno rilevata durante la perforazione (pali trivellati);
- geometria della prova (dispositivo di contrasto, travi portamicrometri, etc.);
- disposizione, caratteristiche e certificati di taratura della strumentazione;
- scheda tecnica del palo, preparata all'atto dell'esecuzione;
- relazione tecnica riportante l'elaborazione dei dati e l'interpretazione della prova medesima nonché l'individuazione del carico limite con il metodo dell'inversa pendenze.

11.5.2 Prove di carico laterale

Queste prove dovranno essere effettuate nel caso in cui ai pali di fondazione sia affidato il compito di trasmettere al terreno carichi orizzontali di rilevante entità.

Il numero ed i pali da sottoporre a prova sarà definito dal progettista e/o concordato con la D.L..

Nella esecuzione delle prove ci si atterrà alle prescrizioni già impartite per le prove di carico assiale, salvo quanto qui di seguito specificato.

Il contrasto sarà di norma ottenuto utilizzando un palo di caratteristiche geometriche analoghe, distante almeno 3 diametri.

Il martinetto sarà prolungato mediante una trave di opportuna rigidità.

Gli spostamenti saranno misurati su entrambi i pali. Si utilizzeranno per ciascun palo 2 coppie di comparatori centesimali fissati alla stessa quota; la prima coppia sarà disposta in posizione frontale rispetto alla direzione di carico; la seconda coppia sarà disposta in corrispondenza dell'asse trasversale alla direzione di carico.

Per la misura delle deformazioni durante la prova di carico, la D.L. indicherà i pali nei quali posizionare, prima del getto, dei tubi inclinometrici in alluminio.

Le misure saranno effettuate con una sonda inclinometrica perfettamente efficiente, di tipo bi-assiale, previo rilevamento delle torsioni iniziali del tubo-guida.

Se richiesto dalla D.L. anche i pali sottoposti a prove di carico laterale potranno avere sezioni strumentate con estensimetri elettrici a varie profondità.

12 ANCORAGGI AI MANUFATTI ESISTENTI

Nel progetto esecutivo è previsto l'ancoraggio delle barriere acustiche ai muri ed alle opere d'arte poste lungo la sede autostradale.

12.1 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

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

- Decreto Ministeriale del 14/01/2008: Norme tecniche per le costruzioni.
- Decreto Ministeriale 11/03/1988: Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- Altre norme UNI-CNR, ASTM, DIN che saranno richiamate ove pertinenti.

12.2 PROVE PRELIMINARI

Le attrezzature prescelte ed i procedimenti esecutivi dovranno essere comunicati dalla Ditta alla D.L..

Se richiesto dalla D.L., in relazione alle particolari condizioni in cui si opera, l'idoneità dei tipi esecutivi, delle attrezzature e dei procedimenti sarà verificata mediante l'esecuzione di prove preliminari. Le relative prove di carico saranno eseguite in conformità a quanto prescritto nei successivi paragrafi.

12.2.1 Tolleranze

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

- coordinate plano-altimetriche: $\pm 0,5$ cm
- scostamento dall'asse teorico: $\pm 0,5\%$
- lunghezza: ± 1 cm.

12.2.2 Materiali

Le prescrizioni che seguono sono complementari a quelle di cui alla parte riguardante i conglomerati cementizi che si intendono quindi integralmente applicabili.

a) Barre - Barre in acciai speciali

Le barre saranno in acciaio del tipo ad aderenza migliorata, di qualità e caratteristiche conformi a quanto specificato nelle presenti Norme Tecniche.

E' consentito l'impiego di barre in acciai speciali ed a filettatura continua, tipo Dywidag Hilti o simili. Le caratteristiche di tali acciai dovranno essere certificate dal produttore, e verificate a norma dei regolamenti già richiamati.

b) Resine

Le resine saranno impiegate per la solidarizzazione dei muri e dei cordoli attraverso l'applicazione delle barre in acciaio. Saranno impiegate resine epossidiche a due componenti e resine poliesteri insature.

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

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

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

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

Sarà necessario che ciascun componente non sia solubile in acqua e che l'eventuale assorbimento di acqua non comporti alterazioni nel processo di polimerizzazione. Particolari accorgimenti dovranno essere presi per l'impiego sotto battente d'acqua, per evitare porosità e discontinuità.

La scelta della resina dovrà essere fatto tenendo conto dei seguenti fattori:

- viscosità: i valori dovranno essere compresi tra 300 e 3000 cP a 20° e devono essere misurati con il metodo ASTM D2393 - 72;
- tempo di gel: valore da definire a cura del produttore o a seguito di prove preliminari, in relazione alle caratteristiche dell'ambiente, ed ai tempi di realizzazione; il valore dovrà essere misurato secondo il metodo ASTM D 2471 - 71;
- assenza di solventi, diluenti, o altri componenti estranei alla polimerizzazione: la differenza tra il peso della miscela fluida iniziale e della stessa miscela indurita dovrà essere inferiore al 5% del peso iniziale; la polimerizzazione non dovrà dar luogo a fenomeni secondari dannosi come, per esempio, sviluppo di gas;
- compatibilità con l'eventuale presenza di acqua in fase di polimerizzazione: l'accertamento dovrà essere fatto attraverso prove di confronto della resistenza a trazione di resine indurite in aria ed in acqua, su provini del tipo 2 indicati nella UNIPLAST 5819 - 66 (con spessore di 10 mm); la riduzione di resistenza dovrà essere inferiore al 10% del valore della resistenza della resina indurita all'aria.

12.2.3 Modalità esecutive

a) Perforazione

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

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

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

- portata $\geq 10 \text{ m}^3/\text{min}$

- pressione ≥ 8 bar

b) Allestimento dell'ancoraggio

Completata la perforazione e rimossi i relativi detriti mediante adeguato prolungamento della circolazione dei fluidi, si provvederà a realizzare l'ancoraggio, procedendo con le seguenti operazioni:

- introduzione dell'armatura
- esecuzione dell'iniezione primaria
- eventuali prove di carico di collaudo

c) Iniezione

Nell'esecuzione di iniezioni con resine sintetiche si adotteranno modalità operative conformi alle raccomandazioni fornite dal produttore.

Per barre di piccolo diametro ($= 15 \div 20$ mm) si potrà adottare il sistema a "cartuccia". In tal caso si posiziona in fondo al foro una cartuccia di vetro contenente i componenti della resina, opportunamente separati. Si infila quindi la barra, facendola ruotare per rompere la cartuccia e mescolare i componenti della resina, dando così luogo al processo di polimerizzazione.

Per barre di diametro maggiore si adotteranno di norma resine fluide, che saranno iniettate tramite un condotto di mandata con ugello di fuoriuscita posto in prossimità del fondo del foro. La testata sarà dotata di un tubicino di sfiato, di norma in rame, che sarà occluso per piegatura a iniezione completata.

d) Controlli e documentazione

La Ditta dovrà fornire una scheda contenente, per ogni ancoraggio eseguito, informazioni relative a:

- modalità di perforazione
- tipo e caratteristiche dell'armatura
- tipo e modalità dell'iniezione

12.3 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

- Prima di dare inizio ai lavori la Ditta dovrà presentare alla D.L. una planimetria riportante la posizione delle opere di consolidamento da realizzare, incluse quelle di prova, contrassegnate da un numero progressivo indicativo di ciascuna opera.
- Sarà cura della Ditta provvedere alle indagini necessarie ad accertare la eventuale presenza di manufatti interrati di qualsiasi natura (cunicoli, tubazioni, cavi, etc.) che possono interferire con le opere da realizzare o che possano essere danneggiati o comunque arrecare danno durante l'effettuazione dei lavori. Tali indagini e le eventuali rimozioni e modifiche da eseguire dovranno in ogni caso essere effettuate prima dell'inizio delle operazioni di perforazione.
- Prima dell'inizio dei lavori la Ditta dovrà eseguire il tracciamento delle opere identificando la posizione sul muro.
- La Ditta dovrà verificare e fare in modo che il numero, la potenza e la capacità operativa delle attrezzature siano tali da consentire una produttività congruente con i programmi di lavoro previsti. Sarà altresì cura della Ditta selezionare ed utilizzare le attrezzature più adeguate alle condizioni ambientali ed alle dimensioni delle opere da realizzare.

- e) Sarà cura della Ditta adottare tutti gli accorgimenti necessari ad attenuare i disturbi alle persone derivanti dalla vibrazione e dai rumori connessi con le attività di perforazione.
- f) Sarà cura della Ditta provvedere all'immediato trasporto a rifiuto di tutti i materiali di risulta provenienti dalle perforazioni e dalle lavorazioni comunque connesse con la realizzazione dei consolidamenti.
- g) Sarà cura della Ditta far eseguire tutti i controlli e le prove (sia preliminari che in corso d'opera) prescritti dal presente Capitolato e richieste dalla D.L. in base a esigenze tecniche, che si rendessero necessari per garantire le qualità e le caratteristiche previste da progetto.

12.4 CONTROLLI DI QUALITÀ

Le modalità e l'incidenza dei controlli di qualità da eseguire, sui materiali e sulle lavorazioni inerenti le opere di consolidamento, sono indicate dalla D.L..

I controlli legati a prove preliminari e a prove di carico o di rottura, ove previsti, sono specificati nei relativi paragrafi delle presenti Norme Tecniche.

12.5 PROVE DI CARICO SUI MURI E SULLE SOLETTE D'IMPALCATO

a) *Tipologia delle prove*

Nel caso specifico saranno eseguite prove di carico di collaudo.

b) *Prescrizioni generali*

Le prove dovranno essere eseguite da personale specializzato e nel rispetto delle norme di sicurezza. Le apparecchiature da impiegare nella esecuzione delle prove dovranno essere tarate presso un Laboratorio Ufficiale.

Gli spostamenti della testa del muro sottoposta ai carichi di prova dovrà essere misurata con riferimento ad un punto fisso esterno alla zona in cui si risentono significativamente le azioni trasmesse dall'ancoraggio stesso. La D.L. in accordo con il progettista dovrà verificare che gli spostamenti in esercizio siano inferiori a quelli teorici calcolati.

Per ciascuna prova di carico la Ditta dovrà fornire alla D.L. la relativa documentazione completa di tabelle e grafici.

c) *Obbligatorietà delle prove*

Le prove di collaudo saranno concordate con la D.L..

13 PANNELLI ACUSTICI

13.1 CARATTERISTICHE GENERALI

Le barriere dovranno essere realizzate secondo quanto previsto negli elaborati di progetto. Le stesse sono state predisposte per soddisfare le problematiche di inserimento ambientale consentendo la conservazione delle visuali medie e lunghe da parte dei residenti.

Il presente documento specifica le caratteristiche dei materiali e dei sistemi costituenti le barriere antirumore e dettaglia le prove a cui essi devono essere sottoposti; nel presente documento vengono dettagliate le procedure finalizzate a garantire l'idoneità all'impiego e la durabilità delle installazioni antirumore prendendo in considerazione sia i requisiti minimi previsti dalla marcatura CE che le prescrizioni tecniche particolari richieste dalla Committente per lo specifico intervento. Si evidenzia inoltre che ulteriori prescrizioni sono riportate negli elaborati grafici del progetto esecutivo. I certificati devono essere forniti secondo le tempistiche e modalità di seguito specificate, relativamente alle seguenti fasi:

1. conformità della produzione;
2. accettazione;
3. collaudo;
4. durabilità.

Conformità della produzione

Contestualmente alla consegna del Programma Esecutivo dei Lavori, l'Appaltatore fornisce la documentazione relativa al proprio sistema di controllo della produzione in fabbrica, finalizzato a garantire la rintracciabilità dei lotti di produzione di quanto verrà fornito ed installato per la realizzazione della specifica commessa. La documentazione fornita deve inoltre comprendere la certificazione del sistema di gestione per la qualità secondo ISO 9001.2008 e ss.mm.ii..

Accettazione

Per la realizzazione dell'intervento saranno accettati solo sistemi e prodotti con marcatura CE ed inoltre con proprietà tali da soddisfare tutte le prescrizioni integrative relative alle caratteristiche riportate nelle tabelle "Prove e Certificazioni" e negli elaborati grafici del progetto esecutivo. A tale scopo, tutta la documentazione dovrà essere fornita dall'Appaltatore prima dell'assegnazione definitiva e comunque antecedentemente all'invio in cantiere del primo lotto di fornitura, in modo da consentire di verificare la corrispondenza dei materiali prodotti rispetto a quanto richiesto dagli elaborati del progetto esecutivo. In tale fase i certificati devono essere quindi ottenuti da campioni conformi a quanto riportato negli elaborati dello specifico progetto esecutivo.

Viene comunque applicato il concetto di "famiglia di prodotti"; in particolare:

- ☐ per quanto riguarda la resistenza ai carichi dinamici degli elementi strutturali (vento, transito veicoli e pulizia neve) è richiesta la certificazione mediante prova unicamente della situazione più gravosa;
- ☐ per quanto riguarda le caratteristiche acustiche, se nello specifico progetto sono presenti materiali di diversa natura variamente accoppiati (ad esempio pannelli trasparenti interposti a pannelli opachi) o soluzioni costruttive di diverso tipo (ad esempio montanti speciali), si dovrà fornire la certificazione aggiuntiva dell'indice di fonoisolamento DL_{SI} relativa a tali giunzioni o punti singolari.

In caso di incompletezza della documentazione, all'atto del ricevimento in cantiere del primo lotto della fornitura la Direzione Lavori provvederà a prelevare un quantitativo idoneo di materiali e successivamente inviarli ad un laboratorio di prova per l'esecuzione delle prove necessarie a completare le certificazioni richieste. Fino a che non sarà disponibile l'esito delle prove relative alla marcatura CE, il materiale prodotto sarà considerato "in sospeso"; qualora a seguito di esito

negativo delle prove per la marcatura CE o la certificazione di conformità ai requisiti prestazionali richiesti, la Direzione dei Lavori rifiuta una qualsiasi fornitura non idonea, l'Appaltatore dovrà sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche volute: i materiali rifiutati dovranno essere allontanati dal cantiere a cura e spese dello stesso Appaltatore.

Il mancato conseguimento entro 90 giorni dalla data di consegna lavori delle certificazioni richieste dal presente capitolato può essere motivo di rescissione del contratto d'appalto.

Collaudo

Le procedure utilizzate per l'accettazione delle forniture, sono anche utilizzate per il collaudo finale delle caratteristiche dei materiali. Le prove vengono realizzate all'atto dell'installazione dei primi tratti significativi e rappresentativi dell'intervento o immediatamente dopo il termine dei lavori, sia mediante prove in-sito, in punti preventivamente individuati nel progetto esecutivo o identificati dalla Direzione Lavori, sia inviando campioni significativi dei materiali presso laboratori di prova.

Rispetto ai valori nominali forniti in fase di accettazione materiali, è ammessa una tolleranza in difetto al massimo uguale al 1 db sia per l'indice di riflessione, DL_{RI} , che per l'indice di fonoisolamento, DL_{SI} . Per quanto riguarda la diffrazione la tolleranza in difetto non deve essere superiore a 0.5 db

Durabilità

Le procedure utilizzate per accettazione e collaudo, sono anche utilizzate per verificare la durabilità dei materiali impiegati, con riferimento all'invecchiamento (condizioni meteorologiche, effetti chimico-fisici).

I rilievi devono essere eseguiti negli stessi punti su cui sono state effettuate le prove di collaudo finale in sito, a distanza di cinque anni dalla data di ultimazione dell'intervento. Rispetto ai valori nominali di collaudo è ammessa una tolleranza in difetto al massimo uguale al 2 db sia per l'indice di riflessione, DL_{RI} che per l'indice di fonoisolamento, DL_{SI} .

In caso di mancato rispetto dei valori sopra esposti, il fornitore dovrà ripristinare a proprie spese le condizioni riportate nelle certificazioni di collaudo.

Tutte le certificazioni richieste nelle fasi precedentemente elencate, sia delle caratteristiche acustiche che di quelle non acustiche, devono essere eseguite presso laboratori riconosciuti da ACCREDIA.

Il costo delle prove di accettazione e durabilità è interamente a carico dell'Appaltatore. La Direzione Lavori si riserva di far effettuare ulteriori test di controllo, in modo conforme a quanto riportato nel Capitolato Speciale di Appalto.

13.2 CARATTERISTICHE ACUSTICHE

Le seguenti prescrizioni sono finalizzate a garantire che per la realizzazione dell'intervento siano impiegati materiali e prodotti con caratteristiche conformi a quanto previsto dalla marcatura CE secondo norma UNI-EN 14388 edizione 2005. Per ciascuna delle caratteristiche sottoelencate, le tabelle "Prove e Certificazioni" specificano le classi o i valori minimi ammissibili.

13.2.1 DESCRIZIONE METODOLOGIE DI MISURA

1) Caratteristiche intrinseche di assorbimento acustico, metodo UNI-EN 1793-1

I pannelli sono montati secondo quanto prescritto dalla norma ed i valori rispetto a cui valutare l'accettabilità sono espressi tramite l'indice di *assorbimento acustico*, DL_{α} , calcolato adottando lo spettro di riferimento riportato nella norma UNI-EN 1793-3.

2) Caratteristiche intrinseche di isolamento acustico per via aerea in condizioni di campo sonoro diffuso, metodo UNI-EN 1793-2.

I pannelli sono montati secondo quanto prescritto dalla norma ed i valori rispetto a cui valutare l'accettabilità sono espressi tramite l'indice di fonoisolamento, DL_R , calcolato adottando lo spettro

di riferimento riportato nella norma UNI-EN-1793-3.

3) Caratteristiche di diffrazione, metodo UNI-EN TS 1793-4 (per diffrattori laterali o di sommità)

Gli elementi diffrattori sono qualificati secondo la procedura descritta nella UNI-EN TS 1793-4 ed i valori rispetto a cui valutare l' accettabilità sono espressi tramite l'indice di diffrazione, DL_{ADI} , calcolato adottando lo spettro di riferimento riportato nella norma UNI-EN-1793-3.

4) Caratteristiche intrinseche – valori in sito di isolamento acustico per via aerea in condizioni di campo sonoro diretto metodo UNI-EN 1793-6 e riflessione, metodo UNI-EN 1793-5.

Misura delle proprietà fonoassorbenti.

L'indice di riflessione, DL_{RI} , deve essere calcolato ed espresso con un unico valore come prescritto nella norma e prendendo in esame esclusivamente le bande in terze d'ottava cui è possibile effettuare la misura. I campioni sottoposti a prova devono essere montati come previsto negli elaborati di progetto.

Misura delle proprietà fonoisolanti.

L'indice di fonoisolamento, DL_{SI} , deve essere calcolato ed espresso con un unico valore come prescritto nella norma e prendendo in esame esclusivamente le bande in terze d'ottava cui è possibile effettuare la misura.

Nel caso di barriere integrate sicurezza-rumore per l'esecuzione delle prove 1), 2) e 4), i rilievi devono essere effettuati su campioni completi di tutti gli elementi che costituiscono la barriera di sicurezza.

È facoltativo fornire anche i valori ottenuti da misure effettuate su campioni costituiti dai soli elementi costituenti la barriera antirumore.

Il dettaglio dei campioni su cui eseguire le prove è riportato nelle tabelle "Prove e Certificazioni".

13.3 CARATTERISTICHE NON ACUSTICHE

Le seguenti prescrizioni sono finalizzate a garantire che per la realizzazione dell'intervento siano impiegati materiali e prodotti con caratteristiche conformi a quanto previsto dalla marcatura CE secondo norma UNI-EN 14388 edizione 2005. Per ciascuna delle caratteristiche sottoelencate, le tabelle "Prove e Certificazioni" specificano le classi o i valori minimi ammissibili.

In particolare, devono essere soddisfatti i requisiti relativi alle caratteristiche qui di seguito elencate:

13.3.1 RESISTENZA AI CARICHI DOVUTI AL PESO PROPRIO, VENTO E SOVRAPPRESSIONE DA TRANSITO DEI VEICOLI

Le barriere devono essere conformate in modo che sotto il peso proprio ed i carichi di esercizio presentino deformazioni massime tali da non comprometterne l'efficienza. Pertanto si prescrivono valori massimi di deflessione, elastica e permanente, secondo quanto riportato ai punti A.3.2, A.3.3, B.2, B.3.2, B.3.3 e nelle appendici A e B della norma UNI EN 1794 – 1.

La certificazione dovrà essere effettuata tramite specifiche prove sperimentali o mediante relazione di calcolo predisposta da professionisti abilitati, tramite l'uso di opportuni codici di calcolo preventivamente tarati ed accettati dal Committente.

Le caratteristiche dovranno essere certificate relativamente a tutti gli elementi acustici (verticali, inclinati, orizzontali), alla struttura portante, ed ai dispositivi aggiuntivi di sommità, a meno di diverse prescrizioni riportate nelle tabelle "Prove e Certificazioni".

Prova accreditata ACCREDIA.

13.3.2 IMPATTO DI OGGETTI

I pannelli possono essere oggetto di impatti localizzati a seguito della proiezione di pietre o piccoli oggetti: per garantire la resistenza a tali impatti vengono definiti dei criteri di accettabilità secondo quanto descritto nel paragrafo C3 dell'allegato C della norma EN 1794-1.

Prova accreditata ACCREDIA.

13.3.3 SICUREZZA IN CASO DI COLLISIONE

In linea di principio le barriere antirumore non devono essere dimensionate per resistere agli urti dei veicoli; comunque le barriere antirumore devono garantire condizioni di sicurezza nel caso di collisioni con i veicoli; in generale tali condizioni di sicurezza possono essere ottenute adottando idonee barriere di sicurezza o con opportune distanze fra sede stradale e barriera antirumore o impiegando barriere antirumore con funzione integrata di barriera di sicurezza e barriera antirumore: in tal caso le caratteristiche di sicurezza devono essere testate secondo quanto prescritto dalle norme EN 1317 parti 1 e 2 e certificate come "barriere sicure per gli occupanti dei veicoli" o "barriere integrate con funzioni antirumore ed antisvio".

Prova accreditata ACCREDIA.

13.3.4 CARICO DELLA NEVE

Le barriere devono resistere alla proiezione di neve da parte di mezzi spazzaneve; Pertanto si prescrivono valori massimi di deflessione, elastica e permanente, secondo quanto riportato al punto E2 e nell'appendice E della norma UNI EN 1794 – 1.

Prova accreditata ACCREDIA.

13.3.5 RESISTENZA AL FUOCO

Al fine di evitare fenomeni di innesco incendio da parte di fiamme provenienti dalla combustione di sterpaglie od erba o da incendi che si sviluppino nelle proprietà immediatamente adiacenti all'autostrada, vengono prescritti criteri di accettazione secondo quanto definito nel paragrafo A2 dell'allegato A della norma EN 1794 – 2.

Prova accreditata ACCREDIA.

Solo per i prodotti installati in galleria, si prescrive una Classe di reazione al fuoco, secondo UNI EN 13501-1, con le seguenti requisiti:

- contributo al fuoco: A1 e A2 (non combustibili);
- densità dei fumi: s1 (assenza fumi);
- gocce incandescenti : d0 (assenza di gocce entro 600 secondi).

Prova accreditata ACCREDIA.

13.3.6 CADUTA DI FRAMMENTI

Frammenti di barriera, derivanti da rotture a seguito di impatti violenti, non devono costituire elementi di pericolo per gli occupanti dei veicoli o per altre persone poste in vicinanza della barriera. Inoltre è importante che a seguito di urti violenti i pannelli, pur rimanendo integri, non cadano creando pericoli per persone sottostanti, sia dal lato strada che dal lato ricettori.

Pertanto nel caso di barriere posizionate su opere d'arte sovrastanti altre infrastrutture di trasporto o abitazioni, come anche nel caso di barriere poste nelle immediate vicinanze di abitazioni o di aree in cui è probabile lo svolgimento di attività umane, vengono definiti dei criteri di accettabilità secondo quanto riportato nel paragrafo B.3.8. dell'allegato B della norma EN 1794 – 2.

Prova accreditata ACCREDIA.

13.3.7 PROTEZIONE ECOLOGICA

I materiali impiegati nella costruzione delle barriere non devono causare effetti tossici o comunque negativi sull'ambiente circostante, sia durante l'esercizio (rilascio fumi, polveri, odori, fibre dannose, inquinamento acque, ecc.) sia a fine della vita utile, ovvero relativamente allo smaltimento in discariche od inceneritori (sostanze chimiche utilizzate come leganti dei materiali fonoassorbenti, vernici, ecc.). Ogni condizione fisica o chimica, che potrebbe causare il rilascio nell'ambiente di componenti potenzialmente tossici, deve essere dichiarata. Devono essere specificate le composizioni chimiche dei prodotti impiegati, evidenziando le modalità con cui si possono riciclare i materiali impiegati.

Pertanto devono essere opportunamente dichiarati :

- quali sono i singoli materiali che costituiscono il sistema antirumore, utilizzando la nomenclatura chimica ed evitando nomi commerciali;
- quali sono le sostanze che risultano dalla decomposizione a seguito di esposizione naturale durante l'intera vita di servizio del sistema antirumore;
- quali sono le sostanze che risultano dalla esposizione al fuoco del sistema antirumore;
- quali sono le condizioni fisiche o chimiche che potrebbero determinare il rilascio nell'ambiente di sostanze potenzialmente nocive o tossiche per l'uomo e per l'ambiente;
- quali dei materiali costituenti possono venire riciclati ed in quale misura, indicando eventuali limitazioni d'uso;
- quali dei materiali costituenti sono riciclati ed in quale misura;
- quali dei materiali costituenti devono essere smaltiti secondo le particolari procedure, da indicare in dettaglio;
- quali sono gli eventuali benefici legati al riutilizzo dei materiali costituenti, indicando tutte le limitazioni esistenti alle condizioni di trasformazione.

Per tale dichiarazione, il produttore del sistema antirumore per infrastrutture di trasporto può avvalersi anche di attestazioni rilasciate dai produttori dei singoli materiali componenti.

13.3.8 RIFLESSIONE DELLA LUCE

Per evitare fenomeni di abbagliamento, le barriere devono essere testate secondo quanto prescritto nella al paragrafo E.3 e nell'appendice E della norma UNI EN 1794 – 2.

Prova accreditata ACCREDIA.

Occorre infine rispettare le seguenti ulteriori prescrizioni specifiche:

- se non diversamente specificato, tutto il materiale metallico è costituito da acciaio del tipo non inferiore a Fe 360 (S 235 JR secondo EN 10.025);
- le strutture portanti devono essere calcolate e verificate secondo la normativa vigente e in particolare modo secondo i disposti del D.M. 14/01/2008 e successivi aggiornamenti;
- le strutture portanti e tutti gli elementi acustici, in particolare i pannelli trasparenti, metallici, in legno e misti, devono essere verificati alla resistenza a fatica al fine di tenere conto delle vibrazioni indotte dal traffico; la valutazione può essere effettuata sperimentalmente o mediante idonea relazione di calcolo.

Per l'esecuzione delle prove relative alle caratteristiche acustiche e non acustiche elencate ai precedenti punti 1 e 2, devono essere utilizzati laboratori di prova accreditati ACCREDIA.

Transitoriamente, in attesa del completamento in ambito nazionale e comunitario della lista di laboratori qualificati ACCREDIA per l'esecuzione dell'insieme delle prove previste dalle norme EN-UNI 1793 e 1794, si potrà ricorrere a laboratori accettati dal Committente in base a criteri di competenza professionale; in particolare vengono individuati i seguenti laboratori "primari", da utilizzarsi sia per le prove di routine che per la definizione di controversie sulle prestazioni acustiche e non acustiche:

1. Modulo Uno – AISICO
2. Istituto Giordano

13.4 PRESCRIZIONI COSTRUTTIVE E FUNZIONALI DEI PANNELLI ANTIRUMORE

◆ Pannelli in acciaio (al carbonio ed inox)

Lo spessore della lamiera non forata deve essere di almeno 1,0 mm con tolleranze secondo UNI 5753, ad eccezione dei pannelli in acciaio inox (DIN 17440) per cui lo spessore minimo è di 0.8 mm. Tutti i pannelli di acciaio al carbonio, ad eccezione dei pannelli in inox, dovranno essere protetti mediante zincatura eseguita in modo conforme alla EURONORM 147, con granatura di zinco del tipo Z275.

Per quanto riguarda il rivestimento protettivo i pannelli metallici (ad eccezione dei pannelli in acciaio inossidabile) possono essere, in alternativa:

1. preverniciati, con protezione mediante cloruro di polivinile, per uno spessore di verniciatura non minore di 100µm;
2. verniciati e sottoposti ad un trattamento di protezione superficiale contro la corrosione atmosferica secondo i cicli appresso indicati:
 - sgrassaggio a 60° C e risciacquo con acqua industriale;
 - fosfatazione microcristallina oppure fosfatazione amorfa con fosfati di ferro;
 - applicazione di uno strato intermedio di anafresi o catafresi o di brugalizzazione, oppure in alternativa un fondo a base epossidica;
 - verniciatura finale con applicazione a spruzzo o ad immersione di smalti a base poliestere o poliuretanica (in questo caso è indispensabile un fondo epossidico), oppure con applicazione elettrostatica di polvere a base poliestere;
 - polimerizzazione in forno a 140° C.

Lo spessore minimo locale della protezione, comprensivo della zincatura, deve essere 80 µm.

I cicli di verniciatura devono essere effettuati dopo tutte le lavorazioni meccaniche (foratura, piegatura, saldatura, ecc.). Cicli diversi di verniciatura e di zincatura possono essere adottati solo se preventivamente concordati.

Si dovranno prendere gli accorgimenti idonei a ridurre l'ingresso di acqua meteorica o a favorirne la fuoriuscita mediante opportuni fori di drenaggio. Tale requisito può essere valutato effettuando la "prova di tenuta ai liquidi" secondo il metodo di prova ricavato dalla Euronorm 86 per le prove dei serramenti: verrà determinata la quantità di acqua penetrata nei pannelli con acqua spruzzata per 10 minuti (a livello superiore ed inferiore) con portata di 2 l/m² per minuto, ed il valore ottenuto verrà presentato al Committente per accettazione.

Per i pannelli in acciaio, con esclusione dei pannelli in acciaio inox, si prescrivono le seguenti prove e valori minimi per verificare l'idoneità dei cicli di trattamenti protettivi (zincatura e verniciatura).

- Spessore della protezione:
Esigenza minima: 80 µm o il valore dichiarato (si assume il valore più elevato tra i due);
- Aderenza, secondo norma Unichim MU 630:
Esigenza minima: grado 1, sia nell'esecuzione a secco (dry-adesion, a tempo zero), sia dopo l'immersione in acqua a 40 °C per 150 ore (wet adesion);
- Resistenza alla graffiatura, secondo ISO 1518:
Esigenza minima: 60N;
- Resistenza agli urti, secondo norma UNI EN 6272-2:
Esigenza minima: dopo 1000 ore di esposizione deve risultare assenza di blistering e/o di

perdita di aderenza; lungo l'incisione l'ossidazione e la bollatura non devono penetrare per più di 2 mm;

- Resistenza alla corrosione da nebbia salina neutra, secondo norma UNI EN ISO 9227:
Esigenza minima: con una soluzione di NaClAs 5%, procedura ASTM B117-64, dopo 1500 ore l'ossidazione o la bollatura lungo l'incisione non devono penetrare per più di 2 mm. Non sono ammesse alterazioni visive e perdite di aderenza. Applicando un nastro TESA n. 104 sul campione in esame, almeno dopo 4 ore dall'estrazione dello stesso dalla camera, non devono verificarsi distacchi.

◆ Pannelli in alluminio

Devono essere realizzati in lega Al-Mn-Mg tipo 3105 (UNI EN573-3), con buona resistenza alla corrosione.

Per tali pannelli lo spessore minimo della lamiera su entrambi i lati, forati e non, è di almeno 1,2 mm; nel caso si applichi sulla lamiera non forata un materiale di appesantimento (smorzante a base bituminosa o di gomma) del peso di almeno 5 kg/m², lo spessore può essere ridotto a 1,0 mm.

Gli elementi dei pannelli in alluminio devono essere pretrattati alla verniciatura mediante opportuni sistemi di decapaggio e di preparazione. L'alluminio non deve essere in contatto con rame o sue leghe

Lo spessore minimo locale della protezione deve essere di almeno 60 µm.

Si prescrivono i seguenti requisiti.

- Spessore della protezione anticorrosiva
Esigenza minima : i valori dichiarati o 60 µm (il maggiore tra i due);
- Aderenza, secondo Unichim MU 630:
Esigenza minima : almeno grado 0;
- Resistenza alla scalfittura, secondo ISO 1518 (solo sulla faccia esposta):
Esigenza minima: 60 N
- Resistenza agli urti, secondo norma UNI EN 6272-2:
Esigenza minima : per caduta di una massa di 1 kg da un'altezza da 30 cm sulla faccia esposta, non devono verificarsi screpolature o distacchi su entrambe le facce;
- Resistenza all'umidità, secondo norma UNI EN 6270.1:

Esigenza minima (dopo 1500 ore di esposizione) comprovata da corrosione e/o bollatura lungo l'incisione con penetrazione al massimo pari a 2 mm. Non e' ammessa nessuna altra alterazione visiva o perdita di aderenza.

- Resistenza alla corrosione da nebbia salina neutra, secondo norma UNI EN ISO 9227:
Esigenza minima: dopo 1500 ore l'ossidazione o la bollatura lungo l'incisione non devono penetrare per più di 2 mm. Non sono ammesse alterazioni visive e perdite di aderenza. Applicando un nastro TESA n.104 sul campione in esame, almeno dopo 4 ore dall'estrazione dello stesso dalla camera, non devono verificarsi distacchi.

Le operazioni meccaniche di foratura vanno effettuate prima dei trattamenti protettivi.

◆ Pannelli in acciaio Cor-Ten

Devono essere realizzati in acciaio Cor-Ten tipo A-B-C.

Per tali pannelli lo spessore minimo della lamiera su entrambi i lati, forati e non, è di almeno 1,0 mm;

◆ Materiale fonoassorbente

Per quanto riguarda il materiale fonoassorbente, sia per i pannelli in acciaio che per quelli in alluminio, esso va inserito, ove previsto, all'interno della struttura metallica scatolata.

Il materiale in oggetto è costituito da complessi porosi fibrosi (minerali, plastici o in legno) o porosi granulari (argilla, pomice, schiume sintetiche).

Per aumentare la durabilità e per evitare impregnazioni e/o ritenzioni di liquidi che possano degradarne le caratteristiche meccaniche ed acustiche, potranno essere impiegati sistemi protetti da una membrana microporosa ed idrorepellente, posizionata verso la sorgente del rumore.

Il materiale deve risultare imputrescibile, inerte agli agenti atmosferici e non infiammabile.

L'impiego di fibre minerali (roccia o vetro) è ammesso esclusivamente se espressamente previsto negli elaborati progettuali: in tal caso deve essere esclusa la classificazione di sostanza pericolosa in relazione a quanto previsto dalla Direttiva 97/69/CE del 5/12/97, tramite fornitura di idonei certificati che attestino il rispetto dei requisiti esplicitati nelle note Q e R; per i materiali fonoassorbenti in fibre minerali (roccia o vetro) sono inoltre prescritte le seguenti caratteristiche:

- 1) grado di igroscopicità secondo norma UNI 6543/69 (tempo di prova 1 giorno). Il grado di igroscopicità non deve essere superiore al 0,2% in volume;
- 2) resistenza all'acqua secondo il seguente procedimento: si pone il provino in esame, di dimensioni 100x100x5 mm, in un contenitore di acqua distillata alla temperatura ambiente e si verifica, dopo 24 h, che non siano avvenuti sfaldamenti del provino e colorazione dell'acqua;
- 3) resistenza al calore secondo il seguente procedimento si pone il provino in esame, di dimensioni 100x100x5 mm, in un forno alla temperatura di 150 °C per 24 H, poggiandolo su una delle facce maggiori e si verifica che non ci siano variazioni della lunghezza e della larghezza del provino di valori superiori a +5%;
- 4) resistenza alle vibrazioni secondo il seguente procedimento : procedimento: l'elemento acustico, od una sua porzione significativa, disposto in posizione verticale, è sottoposto per 24 h a vibrazione, anch'essa verticale, con livello di accelerazione di 123 dB nell'intervallo di frequenza da 1 Hz a 80 Hz; la vibrazione deve essere trasmessa all'elemento in prova imponendo una scansione a passi di 1 Hz, riproducendo un ciclo completo di scansione ogni 12 min (9 s per singola frequenza). Le prove devono essere effettuate sia su elementi acustici nuovi che elementi acustici sottoposti a cicli di resistenza all'acqua ed al calore (vedi punti 2) e 3) precedenti. Al termine delle prove, l'ancoraggio del materiale fonoassorbente deve avere resistito alla sollecitazione applicata senza sfaldamenti né distacchi del materiale stesso.
- 5) contenuto di formaldeide inferiore a 20 parti per milione.

Nel caso di fibre plastiche, la densità deve risultare compresa fra 40 e 90 kg/m³; le fibre devono essere termolegate senza l'utilizzo di resine o collanti termoindurenti. È raccomandabile l'uso di fibre plastiche riciclate e colorate in massa.

Nel caso di impiego di argilla espansa con resine epossidico-poliuretaniche, la percentuale di legante deve essere non inferiore al 10% ed il fuso granulometrico compreso fra 0 e 4 mm. Nel caso di legante a base di cemento, si rimanda a quanto riportato nel paragrafo relativo ai pannelli in calcestruzzo, sia per (vedi pag. 76).

Nel caso di impiego di argilla espansa sfusa senza leganti, dovranno essere impiegate protezioni idonee ad impedire la fuoriuscita di granuli e polveri per tutta la vita utile degli elementi acustici.

Pannelli trasparenti

L'impiego di lastre trasparenti nelle barriere antirumore è dovuto ad esigenze di tipo architettonico o inserimento paesaggistico, di visibilità e, in casi specifici, di sicurezza dell'esercizio (garanzia di visuale su corsie di immissione o segnaletica).

I materiali trasparenti comunemente impiegati sono il polimetilmetacrilato, il policarbonato ed il vetro stratificato. Il modulo pannello è realizzato con idonee guarnizioni ed una cornice strutturale

portante realizzata in acciaio, alluminio o legno.

Nei paragrafi seguenti sono trattati specificatamente le singole tipologie di materiale trasparente e relativi accessori (guarnizioni / bulloneria).

♦ **Pannelli trasparenti con lastre in polimetilmetacrilato (PMMA)**

Le lastre di polimetilmetacrilato (PMMA) possono essere di tipo colato conforme alla UNI EN ISO 7823-1 o estruso conforme alla UNI EN ISO 7823-2.

In tabella sono elencate le caratteristiche tecniche del materiale.

Caratteristiche delle lastre in PMMA		
Caratteristica	Metodo	Valore
Massa volumica (kg/m ³)	UNI EN ISO 1183-1:2013	>1 190
Assorbimento d'acqua (%)	UNI EN ISO 62, metodo 1 (24h, 23°C) le provette sono quadrate, di lato pari a 50 mm e di spessore pari a 3 mm	≤ 0,5 %
Modulo elastico a flessione (Mpa)	UNI EN ISO 178	≥ 3 000
Modulo elastico a trazione (Mpa)	UNI EN ISO 527-2/1B/1	> 3.000
Modulo elastico a trazione dopo invecchiamento (Mpa)	UNI EN ISO 527-2/1B/1	>2.800
Resistenza a trazione (MPa)	UNI EN ISO 527-2/1B/5	> 65
Resistenza a trazione dopo invecchiamento (MPa)	UNI EN ISO 527-2/1B/50	≥ 60
Resistenza a flessione (Mpa)	UNI EN ISO 178	>100
Resistenza all'urto Charpy (KJ/m ²)	ISO 179/1	10
Temperatura rammollimento Vicat (°C)	ISO 306/B 50	> 95
Dilatazione termica lineare (1/°C)	UNI 6061	< 8x10 ⁻⁶
Trasmissione luminosa totale per lastra incolore (%)	UNI EN ISO 13468-1	> 90
Fattore di trasmissione luminosa a 420 mm: prima dell'esposizione	UNI EN ISO 13468-1	≥ 90%
Fattore di trasmissione luminosa a 420 mm: dopo l'esposizione alla lampada allo Xenon	UNI EN ISO 4892-2 per 1000 h	≥ 88%
Tensione ammessa sul materiale (fino a 40° C)	---	≤ 7 N/mm ²

Le lastre in PMMA devono essere inserite in un telaio metallico con interposta una guarnizione in EPDM, per una profondità tale da evitare l'uscita delle lastre per effetto della deformazione sotto carico.

Le lastre in PMMA devono potersi dilatare o ritirare in funzione della temperatura.

Lo spessore della lastra deve essere determinato in funzione dei carichi dinamici e statici richiesti, delle dimensioni delle lastre e del tipo di cornice utilizzata. Lo spessore delle lastre di PMMA deve essere non inferiore a 15 mm.

La verifica di resistenza ai carichi dinamici e statici, secondo quanto richiesto dalla UNI EN 1794-1, appendice A, deve essere eseguita sull'intero pannello comprensivo di lastra, guarnizione e cornice metallica.

Analogamente per la prova di impatto e caduta dei frammenti prevista in conformità alla UNI EN 1794-2, appendice B. Per le condizioni di impatto più severe previste dalla norma, oltre ai sistemi tradizionali di ritenuta dei frammenti (rete di contenimento) è possibile utilizzare lastre in PMMA rinforzate internamente con filamenti in poliammide o altro materiale compatibile. Le lastre di PMMA rinforzate devono essere assicurate alla struttura portante (HE o altro) mediante idonei collegamenti come, per esempio, cavetti di sicurezza in acciaio (con una resistenza a trazione non minore di 1 500 N/mm²), fissati sui 4 angoli della lastra in PMMA, a non meno di 140 mm dal bordo. Per l'esecuzione dei fori sulla lastra devono essere rispettate le istruzioni del produttore.

Tra i requisiti di protezione ambientale per le lastre in PMMA deve essere fornita specifica scheda di sicurezza CE per le lastre in PMMA estruso e colato in quanto le due tipologie di materiale vanno trattate in modo diverso in fase di riciclo a fine vita di esercizio.

Per la pulizia delle lastre devono essere programmate operazioni di pulizia periodiche delle lastre di PMMA con acqua in pressione, in conformità alla cadenza temporale dichiarata dal produttore del PMMA.

Al fine di individuare l'onere connesso con la manutenzione degli elementi in PMMA, deve essere indicato il tipo di trattamento a cui occorre che tali elementi siano sottoposti per la rimozione della polvere e dei graffi.

Le guarnizioni che vengono impiegate a contatto con il PMMA, devono essere realizzate in EPDM o altro materiale compatibile con il materiale trasparente; non devono cioè rilasciare, durante la vita di servizio, prodotti chimici che aggrediscano chimicamente il materiale trasparente. La geometria della guarnizione deve essere tale da consentire la dilatazione ed il ritiro delle lastre evitando che queste fuoriescano durante la vita di servizio.

Le guarnizioni devono avere le caratteristiche minime elencate nel prospetto.

Caratteristiche delle guarnizioni		
Caratteristica	Metodo di prova	Valore minimo (*)
Durezza	UNI EN ISO 868	70 ± 5 Shore A/3 (± 3 Shore A/3)
Carico di rottura	UNI 6065	10 Mpa (± 5%)
Allungamento a rottura	UNI 6065	300% (± 15%)

(*) Tra parentesi sono riportate le variazioni ammesse dopo invecchiamento termico di sette giorni alla temperatura di 70 °C, in conformità alla UNI ISO 188.

La cornice metallica deve essere installata su almeno tre lati della lastra, offrendo a quest'ultima idonea resistenza meccanica per effetto della forma, dello spessore e delle caratteristiche meccaniche del materiale impiegato.

♦ Pannelli trasparenti con lastre in polycarbonato protetto a UV

L'impiego di lastre in polycarbonato presuppone che non si tratti di materiale riciclato e che sia prevista idonea protezione per i raggi UV. Possono essere impiegate lastre in polycarbonato a partire da uno spessore minimo di 15 mm.

In tabella sono elencate le caratteristiche tecniche del materiale.

Caratteristiche delle lastre in polycarbonato		
Caratteristica	Metodo di prova	Valore di riferimento
Massa volumica	UNI EN ISO 1183-2:2013	$\geq 1\,000\text{ kg/m}^3$
Assorbimento d'acqua	UNI EN ISO 62, metodo 1(24h, 23°C) le provette sono quadrate, di lato pari a 50 mm e di spessore pari a 3 mm	$\leq 16\%$
Resistenza a trazione	UNI EN ISO 527-2/1B/50	$\geq 60\text{ MPa}$
Resistenza a trazione dopo invecchiamento	UNI EN ISO 527-2/1B/50	$\geq 55\text{ MPa}$
Modulo elastico a trazione	UNI EN ISO 527-2/1B/1	$\geq 2\,200\text{ MPa}$
Modulo elastico a trazione dopo invecchiamento	UNI EN ISO 527-2/1B/1	$\geq 2\,000\text{ MPa}$
Resistenza all'urto Charpy con intaglio	UNI EN ISO 179-1/1eA	$\geq 6\text{ KJ/m}^2$
Temperatura di rammollimento Vicat	UNI EN ISO 306, metodo B50	$\geq 145^\circ\text{C}$
Coefficiente di dilatazione termica lineare	UNI 6061	$\leq 6,5 \cdot 10^{-5}\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$
Modulo elastico a trazione	UNI EN ISO 527-2/1B/1	$\geq 2\,200\text{ MPa}$
Fattore di trasmissione luminosa a 420 mm		
Prima dell'esposizione	UNI EN ISO 13468-1	$\geq 85\%$
Dopo l'esposizione	UNI EN ISO 4892-2 per 1 000 h	$\geq 82\%$
Tensione ammessa sul materiale (fino a 40°C)	---	$\leq 10\text{ N/mm}^2$

Valgono per i pannelli con lastra in polycarbonato tutte le caratteristiche generali riportate per le lastre in PMMA al paragrafo precedente.

♦ Pannelli trasparenti con lastre in vetro stratificato

Per motivi di sicurezza gli elementi acustici in vetro devono essere realizzati esclusivamente con lastre di vetro stratificato ottenute da procedimento di lavorazione float per colata su bagno metallico in atmosfera controllata e da un film intermedio in polivinilbutirrale (PVB), avente uno spessore costante di 0.76 mm, per uno spessore totale minimo di 15 mm (6+8+PVB).

Le singole lastre devono essere sottoposte a trattamento termico di tempera o di indurimento in funzione del tipo di applicazione e del grado di sicurezza che si vuole conseguire in caso di urto.

Il trattamento di tempera aggiunge al livello di sicurezza dovuto alla stratificazione i risultati di maggior resistenza meccanica ed agli shock termici, migliorando la sicurezza di impiego del prodotto nel caso di applicazione in barriere antirumore poste a lato delle infrastrutture di trasporto. In caso di lastre curve è preferibile la stratificazione di due o più vetri temperati della stessa natura e spessore.

Qualora le lastre siano applicate in copertura, si raccomanda l'uso di vetro stratificato costituito da una lastra temperata ed una indurita; il vetro temperato ha una migliore resistenza meccanica; il vetro indurito ha una compattezza in caso di rottura superiore al vetro stratificato temperato,

poiché presenta una frammentazione di grandi dimensioni.
I pannelli realizzati in vetro possono essere costituiti da materiale incolore o colorato, eventualmente con serigrafie decorative. Il colore può essere ottenuto con l'impiego di fogli di PVB della colorazione richiesta.

Caratteristiche delle lastre in vetro stratificato		
Caratteristica	Metodo di prova	Valore di riferimento
Spessore totale	---	≥ 15 mm
Caratteristiche del materiale di base e limitazione dei difetti ottici e visivi	UNI EN 572-1, UNI EN 572-2 e UNI EN ISO 12543-6	
Resistenza ad alta temperatura, all'umidità e all'irraggiamento solare simulato	UNI EN ISO 12543, parti 1, 2, 3 e 4	
Dimensioni, scostamenti limite e finiture dei bordi	UNI EN ISO 12543-5	
Criteri di sicurezza nelle applicazioni vetrarie	UNI 7697	
Molatura delle lastre	UNI 6028	
Trattamento serigrafico (eventuale)	UNI EN 12150-1	
Fattore di trasmissione luminosa	UNI EN 410 e UNI EN 673	0,81
Fattore di riflessione luminosa	UNI EN 410 e UNI EN 673	0,07
Fattore di trasmissione energetica	UNI EN 410 e UNI EN 673	0,54
Fattore di riflessione energetica	UNI EN 410 e UNI EN 673	0,40
Fattore di assorbimento energetico	UNI EN 410 e UNI EN 673	0,06
Fattore solare	UNI EN 410 e UNI EN 673	0,65

Valgono per i pannelli con lastra in vetro tutte le caratteristiche generali riportate per le lastre in PMMA al paragrafo precedente

Per assicurare la compatibilità con il plastico PVB, è preferibile impiegare guarnizioni a miscela a base siliconica.

♦ Mitigazioni ambientali per l'avifauna

Le prescrizioni atte a prevenire le collisioni degli uccelli contro i pannelli trasparenti previste sono costituite dall'applicazione di strisce adesive o di strisce sabbiolate o fresate sui pannelli.

Sono previste pertanto marcatura aventi le seguenti caratteristiche:

- strisce orizzontali;
- colore bianco (o giallo);
- larghezza: 2 cm;
- spaziatura: 10 cm

Le strisce devono essere applicate verso l'esterno - lato ricettore (direzione di arrivo presumibile degli uccelli, quindi verso l'habitat laterale all'autostrada).

♦ Pannelli di copertura

I pannelli in alluminio o acciaio di copertura devono avere caratteristiche acustiche di cui al paragrafo **“Pannelli in alluminio”, “Pannelli in acciaio” e “Materiale Fonoassorbente”** e devono essere prodotti con sistema in continuo e costituiti da due rivestimenti in lamiera metallica tra i quali è interposto uno strato di schiuma isolante in poliuretano espanso iniettato ad alta pressione. Il rivestimento esterno è grecato, quello interno è liscio, dotato di micronervature. La colorazione deve essere corrispondente al RAL 9002.

Le dimensioni caratteristiche dei pannelli sono le seguenti:

Larghezza utile pannello: 1000 mm

Altezza della greca della lamiera esterna: 40 mm

Passo delle greche della lamiera esterna: 250 mm

Passo delle micronervature della lamiera interna: 50 mm

Spessore del pannello (greche escluse): > 50 mm

I pannelli in PMMA devono avere caratteristiche di cui al paragrafo **“Pannelli trasparenti con lastre in polimetilmetacrilato (PMMA)”** con di spessore 20 mm prodotte il processo della colatura in stampi e successivamente trattate con procedimento di satinatura antiriflesso e senza marcatura per avifauna. Le lastre in oggetto devono essere dotate di certificazione "no drops" in caso di incendio (non si formano gocce di prodotto infuocato) e di non tossicità dei gas emessi nella combustione.

♦ Pannelli in calcestruzzo

Gli elementi che costituiscono la barriera saranno realizzati da una parte portante in calcestruzzo con i seguenti requisiti:

- spessore pannello: >5 cm
- rapporto acqua/cemento: <0,45
- slump: > 16 cm
- acqua essudata :<0,1%
- tipo di cemento: pozzolanico o altoforno
- contenuto in cemento :<450 Kg/m³
- classe minima R'bK 40 N/mm²
- contenuto minimo di cemento in funzione del diametro massimo dell'aggregato

Diametro (mm)	30	20	10
Cemento (kg/m ³)	380	400	450

A discrezione della Direzione Lavori potrà essere richiesta la prova del coefficiente di permeabilità ottenuto con prova a carico costante alla pressione di 1400 kPa su provini di 100 mm di diametro

oppure, preliminarmente ai getti, su provini cubici di spigolo di 150 mm : il valore minimo ammissibile è di 10^{-10} cm/s.

Le componenti in cemento o calcestruzzo dovranno essere additivate di soluzioni idrorepellenti o, in alternativa, trattate in superficie con soluzioni a base di silani, in modo che ne sia comunque garantita la impermeabilizzazione; tutti i trattamenti devono assicurare adeguate caratteristiche di trasparenza, traspirazione, resistenza alle intemperie, agli UV, alle muffe ai cloruri agli alcali ed agli agenti aggressivi presenti nelle acque meteoriche. Il trattamento non deve sviluppare fumi o gas tossici in caso di incendio e deve consentire l'applicazione di opportuni prodotti vernicianti con funzione estetica funzionale. Il trattamento impermeabilizzante non deve compromettere la permeabilità alle onde sonore: tale caratteristica sarà verificata secondo quanto prescritto dalla norma UNI-EN 1793 – 5.

Le proprietà fonoassorbenti (sono assicurate dallo strato in calcestruzzo di argilla espansa o pomice o fibre di legno mineralizzato al silicio). possono essere assicurate:

- da uno strato di calcestruzzo di argilla espansa o pomice o fibre di legno mineralizzato al silicio;
- da elementi modulari vibrocompressi realizzati in calcestruzzo di argilla espansa, pomice o legno mineralizzato al silicio e solidarizzati ad una struttura portante in calcestruzzo o in metallo

Nel caso di impiego di argilla espansa quale elemento base fonoassorbente, tale strato dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- massa volumica in mucchio (secondo UNI 7549) compresa preferibilmente tra 350 e 600 Kg/m³., e comunque mai superiore a 1100 Kg/m³;
- cemento di tipo pozzolanico od altoforno dosato a 180-350 Kg per m³ di inerti;
- resistenza alla compressione dovrà essere in media di 5 N/mm², per pannelli con argilla espansa o pomice, e 2 N/mm² per pannelli con fibre di legno, se misurata su cubetti stagionati con lato 100mm (norma UNI 6130);
- spessore dello strato potrà essere variabile e comunque non dovrà scendere al disotto di 4 cm;
- massa volumica non superiore a (1200) 1400 kg/m³;
- diametro massimo del granulo compreso tra 12 e 15 mm;

Nel caso di impiego di argilla espansa quale elemento fonoassorbente e congiuntamente strutturale e di alleggerimento dei manufatti prefabbricati, tale materiale dovrà presentare le seguenti caratteristiche:

- inerti leggeri costituiti da granuli in argilla espansa tipo T6 con massa volumica in mucchio compresa tra 600 e 800 Kg/m³
- massa volumica media del granulo 1 kg./l;
- diametro massimo del granulo compreso tra 12 e 15 mm;
- cemento di tipo pozzolanico od alto forno dosato a 350-400 kg per m³ di inerti e non oltre ad evitare di intasare i pori con perdita di efficacia antirumore;
- resistenza caratteristica del calcestruzzo R'_{bK} maggiore od uguale a 25 N/mm² e massa volumica non inferiore a 1200 kg./m³.

Il calcestruzzo di argilla espansa con cui vengono prodotti gli elementi vibrocompressi (blocchi o piastre) dovrà possedere una resistenza media a compressione, misurata su cubetti stagionati con lato 100 mm (norma UNI 6130), non inferiore a 5 N/mm².

In particolare si dovrà porre cura nella realizzazione del giunto tra i pannelli, tra pannello e montante e tra il pannello e il suolo. Eventuali dispositivi per lo smaltimento delle acque al suolo, dovranno essere realizzati impedendo che le onde sonore possano propagarsi al di là dello schermo.

Tutte le fessure tra gli elementi in calcestruzzo saranno riempite con un sigillante che assicuri la perfetta tenuta acustica. assorbimento.

♦ **Rivestimenti muri e gallerie**

Si tratta di elementi con funzioni esclusivamente fonoassorbenti, per i cui requisiti si rimanda a quanto riportato per i materiali fonoassorbenti alle pag. 73 e 76.

♦ **Barriere in calcestruzzo con funzioni integrate di antirumore e sicurezza, complete di dispositivi fonoassorbenti selettivi per campi di frequenza**

Si tratta di barriere New Jersey, dotate di opportuni risuonatori in grado di assorbire principalmente le componenti a frequenza medio-bassa. In deroga a quanto previsto nel paragrafo a, le certificazioni di prequalifica e le misure di accettazione materiali e collaudo, saranno eseguite con il metodo delle onde stazionarie (tubo di Kundt), rispettando le modalità di prova enunciate dalla Norma AFNOR NF S31-065. Si prescrivono i seguenti valori minimi di fonoassorbimento

Frequenza (hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630
Assorbimento	0.25	0.35	0.40	0.50	0.55	0.45	0.35	0.25	0.20

I valori sopra indicati sono la media aritmetica di 5 misure effettuate su sezioni distinte dei risuonatori. In fase di accettazione materiali, prima della posa in opera, la Direzione Lavori farà eseguire misure di controllo su almeno tre elementi prelevati a caso da un lotto omogeneo di produzione rispetto ai valori riportati nella precedente tabella sono ammesse differenze in difetto al massimo in ragione del 5%.

♦ **Pannelli in legno**

I materiali utilizzati devono garantire elevata resistenza alle muffe ed agli agenti atmosferici. Sia il legno massello che i legni lamellari devono essere trattati in autoclave con processo a vuoto e pressione a mezzo di olii minerali ecologici, con una concentrazione di benzo(a)pirene inferiore a 50 ppm ed una concentrazione di fenoli solubili in acqua inferiore al 3%. A seguito di tale trattamento il legno deve risultare protetto, sia in superficie che in profondità, dall'attacco di funghi ed insetti, secondo classe di rischio 4 della norma EN-335-1, ed inoltre non deve risultare come "rifiuto tossico nocivo" ai sensi della normativa vigente. Dopo il trattamento in autoclave, deve essere eseguito un trattamento superficiale con impregnanti pigmentati a base di resine oleouretaniche e pigmenti metallici, al fine di colorare il legno e proteggerlo dai raggi UV.

Nel caso di utilizzo di legni duri (quebracho, azobè, golden tek, bongossi, castagno) è ammessa la non impregnazione, ma in tal caso i legnami devono essere garantiti come rientranti nelle norme di corretta gestione forestale, e certificati da apposito ente. Per tali tipologie di legno, relativamente alla struttura portante del pannello, sono richieste le seguenti caratteristiche:

- resistenza alla compressione assiale > a 1.000 kg/cm² ;
- resistenza alla flessione > a 2.200 kg/cm²;
- modulo di elasticità > a 170.000 kg/cm².

♦ **Pannelli in materiale plastico**

I materiali utilizzati (polietilene, polipropilene, polivinilcloruro, poliestere) devono garantire resistenza allo scorrimento (shrinkage) a temperatura ambiente ed alle alte temperature (70°C), alla fessurazione (creep) e ai raggi ultravioletti. In particolare i pannelli in materiale plastico dovranno essere realizzati con materiale avente un modulo elastico a flessione superiore a 2600 N/mm² secondo la norma DIN 16948.

♦ **Pannelli in laterizio**

Il principio su cui si basa l'assorbimento di tali pannelli deriva dalla proprietà che una cavità possiede di attenuare il rumore per risonanza e dalla capacità di materiale. La massa d'aria contenuta all'interno della cavità sotto l'effetto delle onde sonore incidenti, si pone in vibrazione ed attraverso lo smorzamento dovuto ai molteplici urti sulle pareti ne trasforma l'energia in calore.

L'assorbimento per risonanza, essendo legato alle dimensioni del foro di ingresso e della cavità, funziona per una specifica frequenza, il diagramma del coefficiente di Sabine presenterà allora una cuspidine in corrispondenza della frequenza caratteristica descritta: si può quindi ottenere un elevato valore dell'assorbimento per suoni incidenti con frequenza compresa tra i 100 ed i 1000 Hz.

La struttura portante di tali schermature è generalmente costituita da pilastri in cemento armato.

Varianti di questo tipo di pannelli si possono ottenere con blocchi di cemento anch'essi dotati di cavità risonanti.

♦ **Barriere integrate rumore e sicurezza**

Si tratta di sistemi che svolgono contemporaneamente le funzioni di protezioni antirumore e barriere di sicurezza antisivio.

Gli elementi che svolgono le funzioni acustiche possono essere costituiti da pannelli di diverso materiale, con caratteristiche comunque conformi a quanto dettagliato nel presente paragrafo (commi da 3.a.1 a 3.a.8).

Gli elementi che svolgono le funzioni di sicurezza, operando congiuntamente agli elementi acustici, devono avere caratteristiche funzionali tali da soddisfare quanto definito nel Decreto Ministero Infrastrutture e Trasporti del 21 giugno 2004.

♦ **Baffles**

Tali pannelli, utilizzati per la realizzazione di coperture a cielo aperto, devono possedere le seguenti caratteristiche acustiche:

Classe A3 o superiori secondo UNI EN 1793 – 1 : i baffles devono essere montati nella camera di prova così come previsto dagli elaborati progettuali, rispettando cioè le quote relative agli interassi fra i pannelli.

Classe B1 o superiori, secondo UNI EN 1793 – 2 : i baffles devono essere montati fra le due camere riverberanti in modo da costituire uno schermo continuo (in modo simile ai pannelli tradizionali), ma senza interposizione di montanti, adottando idonei accorgimenti (anche se non previsti negli elaborati progettuali) per rendere trascurabile la trasmissione del suono attraverso le giunzioni. Si prescrive un indice minimo di fonoisolamento, DL_R , pari a 12 db.

I baffles sono generalmente costituiti da materiale fonoassorbente, con proprietà analoghe a quanto descritto al punto 3.a.3., con interposto un opportuno elemento fonoisolante, costituito da cartone alveolare, lamiera, gomma caricata od altro materiale fonoisolante. In alternativa le proprietà fonoisolanti possono essere ottenute anche mediante impiego di materiale fonoassorbente di appropriata densità. La struttura portante dei pannelli deve essere realizzata in lamiera zincata o

estrusi di alluminio, con opportune asolature per il fissaggio alle strutture di supporto principali. Per tali pannelli deve essere prevista un sistema di ancoraggio alle strutture portanti che ne impedisca la caduta sulla sede stradale sottostante.

♦ **Sigillanti, guarnizioni ed accessori metallici**

Il fornitore dovrà specificare preventivamente le caratteristiche tecniche dei materiali utilizzati per i sigillanti e le guarnizioni, specie per quanto riguarda la resistenza all'invecchiamento dell'elastomero utilizzato. Inoltre detti materiali dovranno rispettare la norma DIN 53571. Il profilo della guarnizione dovrà essere studiato in modo tale da evitare la fuoriuscita del pannello nel momento di maggiore sollecitazione ed ammortizzare le vibrazioni dello stesso. Le guarnizioni da utilizzare con i pannelli trasparenti in materiale plastico dovranno essere compatibili con PMMA e PC.

Tutti gli elementi metallici non precedentemente esaminati (bulloneria, rivetti, rondelle elastiche e non, pietre di base dei montanti, distanziatori, tirafondi, ecc.) devono essere in acciaio zincato a caldo in accordo alla norma UNI EN ISO 1461, per uno spessore non inferiore a 60 mm (ad eccezione delle piastre di base per le quali vale quanto indicato per i montanti).

Per quanto riguarda i tirafondi, il materiale deve avere caratteristiche meccaniche non inferiori a quelle della classe 8.8, mentre le piastre di base saranno realizzate in acciaio con caratteristiche meccaniche non inferiori a quelle del tipo S275J0 secondo EN 10025. I bulloni devono appartenere alla classe 8.8 - o alla classe prevista dai carichi di progetto - e in ogni caso rispondere alle NT DM 14/01/2008 "Norme tecniche delle costruzioni" e alla Norma UNI EN ISO 898-1:2009.

E' permesso l'utilizzo di pannelli misti acciaio-alluminio con il lato forato in alluminio e il lato pieno in acciaio. Per ognuno dei due lati valgono rispettivamente le prescrizioni presenti per le singole tipologie del presente paragrafo.

13.5 PROVE DI ACCETTAZIONE DEI MATERIALI

Prima della consegna dei materiali in cantiere e comunque entro 90 giorni dalla stipula del contratto l'appaltatore deve consegnare alla Direzione Lavori i certificati che assicurino la marcatura CE dei sistemi e prodotti previsti nell'appalto.

Per la realizzazione dell'intervento saranno accettati solo sistemi e prodotti con proprietà tali da soddisfare tutti le prescrizioni relative alle caratteristiche riportate nella successiva tabella "Prove e Certificazioni".

I certificati devono essere quindi ottenuti da prove su campioni conformi a quanto riportato negli elaborati dello specifico progetto esecutivo.

Viene comunque applicato il concetto di "famiglia di prodotti", in particolare:

- per quanto riguarda la resistenza ai carichi dinamici degli elementi strutturali (vento, transito veicoli e pulizia neve) è richiesta la certificazione unicamente della situazione più gravosa;
- per quanto riguarda le caratteristiche acustiche, se nello specifico progetto sono presenti materiali di diversa natura variamente accoppiati (ad esempio pannelli trasparenti interposti a pannelli opachi) o soluzioni costruttive di diverso tipo (ad esempio montanti speciali), si dovrà fornire la certificazione addizionale dell'indice di fonoisolamento DSI relativa a tali giunzioni o punti singolari.
- per le barriere integrate sicurezza-rumore sia le prove di laboratorio (UNI-EN 1793 parti 1 e 2) che le prove in sito (UNI-EN 1793 parti 4, 5 e 6) devono essere eseguite su campioni completi di tutti gli elementi costituenti la barriera di sicurezza (le prove su campioni privi degli elementi costituenti la barriera di sicurezza sono consigliate, ma non obbligatorie).

In caso di incompletezza della documentazione, all'atto del ricevimento in cantiere della fornitura la Direzione Lavori provvederà a prelevare un quantitativo idoneo di materiali e successivamente inviarli ad un laboratorio di prova per l'esecuzione delle prove necessarie a completare le certificazioni richieste. Fino a che non sarà disponibile l'esito delle prove relative alla marcatura CE, il materiale prodotto sarà considerato "in sospeso" e non sarà contemplato negli stati di avanzamento; qualora a seguito di esito negativo delle prove per la marcatura CE o della certificazione di conformità ai requisiti prestazionali richiesti, la Direzione dei Lavori rifiuti una qualsiasi fornitura non idonea, l'Appaltatore dovrà sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche richieste: i materiali rifiutati dovranno essere allontanati dal cantiere a cura e spese dello stesso Appaltatore.

TABELLA RIASSUNTIVA PROVE E CERTIFICAZIONI

PRESTAZIONI ACUSTICHE								
Caratteristica	Metodo di Prova	Valori richiesti ⁽¹⁾						
		barriera tradizionale	barriera integrata	barriera integrata bifacciale	barriera mista tradizionale + trasparente (**)	barriera mista tradizionale + trasparente (***)	Copertura integrata elemento verticale	Copertura integrata elemento orizzontale
Indice valutazione assorbimento acustico $DL_a^{(2)}$	UNI-EN 1793-1	> 12 dB	> 8 dB	> 8 dB	> 8 dB	-	> 8 dB	> 8 dB
Indice valutazione isolamento acustico per via aerea $DL_R^{(3)}$	UNI-EN 1793-2	> 25 dB	> 25 dB	> 25 dB	> 25 dB	> 25 dB	> 25 dB	> 25 dB
Indice valutazione riflessione sonora $DL_{RI}^{(2)}$	UNI-EN 1793-5	> 12 dB	> 8 dB	> 8 dB	> 8 dB	-	> 8 dB	> 8 dB
Indice valutazione isolamento acustico per via aerea DL_{SI} - elementi acustici ⁽³⁾	UNI-EN 1793-6	> 25 dB	> 25 dB	> 23 dB	> 22 dB (*)	> 22 dB (*)	> 25 dB	> 25 dB
Indice valutazione isolamento acustico per via aerea DL_{SI} - montanti ⁽³⁾	UNI-EN 1793-6	> 25 dB	> 25 dB	> 18 dB	> 25 dB	> 25 dB	> 25 dB	> 25 dB
Indice valutazione isolamento acustico per via aerea $DLSI$ - trasparente ⁽³⁾	UNI-EN 1793-5	> 22 dB(*)	-	-	-	-	-	> 22 dB(*)

(*) la prova deve essere effettuata in corrispondenza di una sezione di barriera in cui siano presenti pannelli trasparenti e in corrispondenza di eventuali punti di giunzione (trasparente - fonoassorbente)

(**) tipologia con percentuale di trasparente compreso tra il 40% e il 60%

(***) tipologia con con percentuale di trasparente superiore al 60%

PRESTAZIONI NON – ACUSTICHE		
Caratteristica	Metodo di Prova	Valori richiesti ⁽¹⁾
Resistenza al carico aerodinamico ed al carico statico per pannelli verticali ⁽⁴⁾	UNI-EN 1794-1 Appendice A	≥ 0.90 kN/m ²
Resistenza al carico aerodinamico ed al carico statico per pannelli non-verticali (coperture ed aggetti) ⁽⁵⁾	UNI-EN 1794-1 Appendice A	≥ 1.50 kN/m ²
Peso proprio (a secco – bagnato – bagnato ridotto) ⁽⁶⁾	UNI-EN 1794-1 Appendice B	≥ 0.2 ; ≤ 0.5 ; ≤ 0.3 kN
Resistenza al peso proprio ⁽⁶⁾	UNI-EN 1794-1 Appendice B	≥ 1.20 kN
Resistenza all'impatto causato da pietre ⁽⁶⁾	UNI-EN 1794-1 Appendice C	Appendice C paragrafo C.2
Sicurezza nelle collisioni (solo per barriera integrata)	UNI-EN 1794-1 Appendice D	UNI-EN 1317-2, classe H4
Pericolosità da caduta di frammenti ⁽⁶⁾	UNI-EN 1794-2 Appendice B	Classe 3 o 5 o 6
Resistenza al carico da rimozione neve ⁽⁷⁾	UNI-EN 1794-1 Appendice E	≥ 10 kN/2mx2m
Resistenza all'incendio da sterpaglie ⁽⁷⁾	UNI-EN 1794-2 Appendice A	Classe 3
Riflessione luce (20° - 60° - 85°) ⁽⁶⁾	UNI-EN 1794-2 Appendice E	≤ 0.30-0.60-0.90
Protezione ambientale ⁽⁶⁾	UNI-EN 1794-2 Appendice C	Nessuna sostanza pericolosa

1. I certificati si devono riferire a campioni conformi a quanto previsto nel progetto esecutivo. Non sono ammessi scostamenti dai valori richiesti.

2. Devono essere fornite le certificazioni relative a:

- campione, completo di montante, formato dai pannelli in alluminio previsti per le protezioni antirumore verticali;
- campione, completo di elementi di fissaggio. Per quanto riguarda l'indice di valutazione della riflessione sonora, DL_{ri}, è ammesso di effettuare la prova disponendo i pannelli a terra, purché vengano riprodotte nel modo più fedele possibile le reali condizioni di funzionamento dei pannelli, formato dai pannelli metallici previsti per le protezioni antirumore orizzontali;
- campione, completo di elementi fissaggio, formato dagli elementi costituenti i rivestimento muri o gallerie. Per tali elementi il valore ammissibile dell'indice di assorbimento acustico, DL_a, e di riflessione acustica, DL_{ri}, deve risultare ≥ 8 dB.

3. Devono essere fornite le certificazioni relative a:

- campione, completo di montante, formato dai pannelli in alluminio previsti per le protezioni antirumore verticali;
- campione completo di struttura portante, formato dai pannelli metallici previsti per le protezioni antirumore orizzontali; Per quanto riguarda l'indice di valutazione dell'isolamento acustico per via aerea, DL_{si}, è consentito di disporre i pannelli in verticale, purché vengano riprodotte nel modo più fedele possibile le reali condizioni di funzionamento dei

pannelli (soprattutto per quanto concerne la tenuta fra i pannelli e fra pannelli ed elementi strutturali di sostegno/supporto).

- campione, completo di struttura portante, formato dai pannelli trasparenti previsti per le protezioni antirumore.
 - campione, completo di copertura, formato da struttura portante e dai pannelli trasparenti previsti per le protezioni antirumore.
4. La certificazione deve essere effettuata relativamente ai soli elementi acustici (UNI-EN 1794-1, Appendice A paragrafo A.3.3) e non relativamente agli elementi strutturali (UNI-EN 1794-1, Appendice A paragrafo A.3.2). Deve essere fornita la certificazione relativa ad un campione formato dai pannelli in alluminio previsti per le protezioni antirumore verticali.
5. Le certificazioni devono essere effettuate relativamente ai soli elementi acustici (UNI-EN 1794-1, Appendice A paragrafo A.3.3) e non relativamente agli elementi strutturali (UNI-EN 1794-1, Appendice A paragrafo A.3.2). Devono essere fornite le certificazioni relative ad un campione formato dai:
- pannelli metallici previsti per le protezioni antirumore non-verticali (coperture ed aggetti);
 - pannelli trasparenti, completi di telaio, previsti per le protezioni antirumore.
6. Devono essere fornite le dichiarazioni relative a tutte le tipologie di pannelli antirumore, verticali ed orizzontali. Per quanto riguarda i rivestimenti muri e gallerie non si applicano le prescrizioni relative al peso proprio; per quanto riguarda la protezione ambientale, le certificazioni o dichiarazioni del Fornitore devono riguardare tutti i materiali costituenti gli elementi acustici (pannelli e rivestimenti muri e gallerie).
7. Devono essere fornite le certificazioni relative a campioni, completi di montanti o sistemi di fissaggio, formati dalle tipologie di pannelli metallici previsti per le protezioni antirumore verticali (barriera tradizionale e barriera integrata) e per i rivestimenti di muri e gallerie.

13.6 CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE

13.6.1 PROTEZIONE AMBIENTALE

Ai fini della protezione dell'uomo e dell'ambiente, per tutti i materiali utilizzati per la realizzazione delle barriere antirumore, si applicano le prescrizioni di cui al UNI-EN 1794-2:1998, allegato C.

Per i materiali dovranno essere fornite anche le schede dei dati di sicurezza secondo il D.Lgs 16/07/1998, n. 285. In ogni caso non è ammesso l'uso di materiali per la cui produzione occorranzo sostanze previste dagli elenchi riportati dal Decreto Ministero della Sanità del 29/07/1994.

13.6.2 CONFORMITÀ DI PRODUZIONE

L'appaltatore deve essere in possesso della certificazione del sistema di gestione della qualità secondo ISO 9001.2000. Per le costruzioni saldate il Costruttore deve essere in possesso della certificazione ai sensi della norma UNI EN ISO 3834 nelle parti corrispondenti alla entità e difficoltà dell'appalto.

Tutti i materiali devono pervenire in cantiere provvisti di certificazione di provenienza, effettuata dal fornitore, completa di manuale della qualità attestante le procedure messe in atto per garantire la conformità di produzione.

In particolare devono essere esplicitate le procedure attraverso cui si garantiscono le caratteristiche acustiche e non acustiche dei prodotti, come riportate nei paragrafi 1, 2, 3 e 4 sia per quanto riguarda l'approvvigionamento delle materie prime, la selezione dei fornitori, le fasi di lavorazione (capacità di processo), le prove di laboratorio ed il trattamento delle non-conformità.

Al fine di definire comuni criteri di controllo validi per tutti i Fornitori, il Committente può predisporre visite valutative presso le unità produttive del Fornitore: tali visite potranno essere svolte sia in fase

di preselezione che di fornitura dei materiali, e, nel caso di gravi inadempienze, potranno dar luogo sia a prescrizioni vincolanti che alla sospensione della fornitura.

13.6.3 RESISTENZA AL FUOCO

Tutte le barriere devono garantire un grado di resistenza al fuoco, secondo il D.M. 9.03.2007, il D.M. 09.05.2007. L'esigenza minima dovrà essere il rispetto della classe REI 30.

Nei casi in cui le barriere acustiche siano ad una distanza inferiore a 10 m da edifici od oggetti dove esiste pericolo d'incendio, esse devono essere costituite da materiale non infiammabile (classe A, secondo DIN 2102). Per barriere acustiche costituite da elementi difficilmente infiammabili, ma tuttavia combustibili, sarà necessario impiegare montanti non combustibili in grado di agire da sbarramento antincendio tra i pannelli stessi; dopo un tratto di 30 m di pannelli non infiammabili per almeno 6 m di lunghezza. In caso di incendio i materiali non devono produrre gas tossici.

13.6.4 COLORAZIONI

Su richiesta, i pannelli dovranno essere verniciati secondo uno dei colori della gamma RAL previsti in progetto.

La tonalità di colore dovrà variare il meno possibile, ma in nessun caso in modo vistosamente irregolare (non sono ammesse formazione di macchie).

Solo dietro consenso da parte della Direzione Lavori, saranno ammesse barriere con variazioni cromatiche rispetto a quelle sopra riportate.

Durante il periodo di garanzia sono accettabili variazioni di colore non superiori a due unità della scala dei grigi per pannelli adiacenti e variazioni di colore non superiori a 3 unità della scala dei grigi per la barriera nel suo insieme.

13.6.5 TENUTA ACUSTICA

La costruzione delle barriere deve essere tale da evitare assolutamente che, anche dopo scadenza del periodo di garanzia, si producano punti non a tenuta dovuti all'azione di agenti atmosferici, ad alterazione di materiali, a deformazioni, ecc. Per garantire la durata dell'ermeticità tra pannello e pannelli è prescritto un accoppiamento sigillante a tenuta acustica da descrivere negli elaborati di progetto.

13.6.6 RESISTENZA AGLI AGENTI ATMOSFERICI

Tutta la barriera deve essere costruita in modo da evitare in ogni punto il ristagno dell'acqua. In particolare, per i pannelli compositi l'acqua deve fuoriuscire facilmente dai singoli pannelli (fori sul fondo) e non ristagnare sia fra pannello e pannello, sia fra pannello inferiore della barriera e superficie di appoggio.

Elementi provvisti di fori in sommità devono essere chiusi con profili di copertura, questi ultimi devono essere fissati sui montanti con possibilità di dilatarsi a causa delle variazioni di temperatura.

13.6.7 SISTEMI DI FISSAGGIO PER PREVENIRE L'ASPORTAZIONE DEI PANNELLI

Nei casi in cui l'installazione delle protezioni consenta un facile accesso alla parte retrostante della barriera, deve essere predisposto un sistema/metodo per impedire l'asportazione dei pannelli; il progetto di tale sistema/metodo deve essere preventivamente sottoposto all'approvazione della D.L.

13.6.8 SISTEMI ANTIGRAFFITI

Nei casi in cui l'installazione delle protezioni consenta un facile accesso alla barriera, devono essere predisposti dei sistemi/prodotti in grado di ridurre/minimizzare atti vandalici, in particolare l'imbrattamento delle pareti mediante graffiti.

13.6.9 MONTAGGIO

Il montaggio in opera di tutte le strutture costituenti ciascun manufatto sarà effettuato in conformità a quanto è previsto nella relazione di calcolo e negli elaborati progettuali. Durante il carico, il trasporto, lo scarico, il deposito e il montaggio, si dovrà porre la massima cura per evitare che le strutture vengano deformate o sovrassollecitate.

Le parti a contatto con funi, catene od altri organi di sollevamento saranno opportunamente protette. Il montaggio sarà eseguito in modo che la struttura raggiunga la configurazione geometrica di progetto. In particolare, per quanto riguarda le strutture a travata, si dovrà controllare che la controfreccia ed il posizionamento sugli apparecchi di appoggio siano conformi alle indicazioni di progetto, rispettando le tolleranze previste. La stabilità delle strutture dovrà essere assicurata durante tutte le fasi costruttive e la rimozione dei collegamenti provvisori e di altri dispositivi ausiliari dovrà essere fatta solo quando essi risulteranno staticamente superflui.

Nei collegamenti con bulloni si dovrà procedere alla alesatura di quei fori che non risultino centrali e nei quali i bulloni previsti in progetto non entrino liberamente. Se il diametro del foro alesato risulta superiore al diametro nominale del bullone oltre la tolleranza prevista dal D.M. 14 febbraio 1992 sopraccitato, si dovrà procedere alla sostituzione del bullone con uno di diametro superiore. Nei collegamenti ad attrito con bulloni ad alta resistenza è prescritta l'esecuzione della sabbiatura a metallo bianco non più di due ore prima dell'unione.

È ammesso il serraggio dei bulloni con chiave pneumatica purché questo venga controllato con chiave dinamometrica, la cui taratura dovrà risultare da certificato rilasciato da Laboratorio ufficiale in data non anteriore ad un mese. Per ogni unione con bulloni, l'Impresa effettuerà, alla presenza della Direzione Lavori, un controllo di serraggio su un numero di bulloni pari al 10% del totale ed in ogni caso su non meno di quattro. Dopo il completamento della struttura e prima dell'esecuzione della prova di carico, l'Impresa dovrà effettuare la ripresa della coppia di serraggio di tutti i bulloni costituenti le unioni, dandone preventiva comunicazione alla Direzione dei Lavori.

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

Nella progettazione e nell'impiego delle attrezzature di montaggio, l'Impresa è tenuta a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo alla zona interessata 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, ferrovie, tramvie, ecc.;
- per le interferenze con servizi di soprasuolo e di sottosuolo.

La geometria è indicata negli elaborati grafici di progetto e va assolutamente rispettata. Salvo eventuali modifiche, da sottoporre all'approvazione, i montanti vanno messi in opera ortogonalmente rispetto alla livelletta fino a che questa non superi la pendenza del 3%.

Per pendenze superiori è ammesso il montaggio scalettato con passo da stabilire di volta in volta. In questo caso la distanza da terra del bordo superiore dei pannelli deve essere ovunque non inferiore a quella ottimale prevista ai fini della fonoassorbente.

Per quanto possibile ogni interruzione della barriera deve essere protetta da uno schermo opportunamente arretrato e di lunghezza pari almeno all'interruzione più due volte la distanza tra la

barriera principale e barriera arretrata.

Sui viadotti, ponti o altri luoghi, o per revisione di progetto, o su richiesta, può essere previsto che una o più file inferiori di pannelli non siano fonoassorbenti per un'altezza di circa 1 m, conservando però le loro proprietà fonoisolanti. Per il resto (aspetto esterno, protezione anticorrosiva, ecc.) essi devono corrispondere il più possibile ai pannelli superiori. Tale fascia inferiore potrà essere costituita da muretti, parapetti o simili.

I collegamenti ai manufatti, alle porte di emergenza, i giunti di dilatazione, ecc. dovranno essere realizzati, mediante dispositivi a tenuta acustica, a regola d'arte. Anche fra i montanti ed i pannelli devono essere previste guarnizioni acusticamente ermetiche.

Allo scopo di evitare la propagazione delle onde sonore dovute all'irregolarità delle superfici in calcestruzzo, tra i pannelli e le lastre prefabbricate (e rispettivamente tra i pannelli e le fondazioni in calcestruzzo) deve essere previsto un elemento sigillante.

Laddove, sui ponti, viadotti, ecc., anche a causa della presenza delle piastre ai piedi dei montanti, si crea un interstizio tra pannelli e cordolo, il fornitore deve proporre un dispositivo acusticamente ermetico che non causi però il ristagno di acqua tra calcestruzzo e pannelli. Per ragioni di sicurezza, tutti i materiali utilizzati devono essere difficilmente infiammabili in modo da escludere ogni pericolo d'incendio.

Nei casi in cui le barriere acustiche siano ad una distanza inferiore a 10 m da edifici od oggetti dove esiste pericolo d'incendio, esse devono essere costituite da materiale non infiammabile (classe A, secondo DIN 2102). Per barriere acustiche costituite da elementi difficilmente infiammabili, ma tuttavia combustibili, sarà necessario impiegare montanti non combustibili in grado di agire da sbarramento antincendio tra i pannelli stessi. In caso di incendio i materiali non devono produrre gas tossici.

Su richiesta, i pannelli devono essere verniciati secondo uno dei colori della gamma RAL. In mancanza di indicazioni il colore standard sarà il RAL 6021. La tonalità di colore deve variare il meno possibile, ma in nessun caso in modo vistosamente irregolare (non sono ammesse formazione di macchie).

Solo dietro consenso da parte della Direzione Lavori, sono ammesse barriere con variazioni cromatiche rispetto a quelle sopra riportate. Durante il periodo di garanzia sono accettabili variazioni di colore non superiori a due unità della scala dei grigi per pannelli adiacenti e variazioni di colore non superiori a 3 unità della scala dei grigi per la barriera nel suo insieme.

La costruzione delle barriere deve essere tale da evitare assolutamente che, anche dopo scadenza del periodo di garanzia, si producano punti non a tenuta dovuti all'azione di agenti atmosferici, ad alterazione di materiali, a deformazioni, ecc. Per garantire la durata dell'ermeticità tra pannello e pannello è prescritto un accoppiamento sigillante a tenuta acustica da descrivere negli elaborati del progetto costruttivo predisposto dal Fornitore.

Tutta la barriera deve essere costruita in modo da evitare in ogni punto il ristagno dell'acqua. In particolare, per i pannelli compositi l'acqua deve fuoriuscire facilmente dai singoli pannelli (fori sul fondo) e non ristagnare fra i singoli pannelli o fra il pannello inferiore e superficie di appoggio.

Elementi provvisti di fori in sommità devono essere chiusi con profili di copertura, questi ultimi devono essere fissati sui montanti con possibilità di dilatarsi a causa delle variazioni di temperatura.

Per tutti i pannelli disposti su opere d'arte (ponti, viadotti, sovrappassi), costituenti coperture della carreggiata stradale (sia sistemi baffles che coperture totali) o per i pannelli posti a distanza da edifici abitativi inferiore a 10 m, deve essere predisposto un sistema di ritenuta/aggancio che impedisca il distacco/caduta dalle strutture portanti (tale prescrizione vale anche nel caso di pannelli di classe C3 o C6 testati secondo la procedura "caduta di frammenti" di cui al paragrafo 2).

13.7 PORTE DI SERVIZIO

Le porte di servizio, ove necessarie e/o richieste, devono essere apribili verso l'esterno rispetto alla

sede stradale, in genere, con gli stessi elementi acustici costituenti il sistema antirumore. In corrispondenza di tali porte devono essere previste scale di servizio in conformità alle norme di sicurezza vigenti. Le porte di servizio devono essere adeguatamente segnalate (vedere UNI EN 1794-2).

Le porte di servizio devono avere dispositivi di apertura:

- azionabili dall'esterno con l'uso di chiavi (preferibilmente una chiave unica per ogni tratto omogeneo del sistema antirumore);
- azionabili dall'interno con maniglione di tipo "antipánico" senza richiedere l'uso di chiavi.

Ove ne sia previsto l'impiego, la progettazione di dette porte di servizio e la loro dislocazione lungo l'opera, deve essere preventivamente approvata dal committente.

Per le porte di servizio è richiesto un indice di valutazione del potere fonoisolante in conformità alla UNI EN 1793-2 (DL_R), calcolato utilizzando lo spettro normalizzato di rumore per la tipologia di veicoli transitanti sull'infrastruttura di trasporto, che ricada nella medesima categoria di quello degli elementi acustici impiegati.

13.8 PARTICOLARITÀ COSTRUTTIVE DELLA BARRIERA

La geometria della barriera indicata negli elaborati grafici dovrà essere rigorosamente rispettata in fase di esecuzione. Qualora si rendano necessari adattamenti del profilo, si richiede la preventiva approvazione del progettista.

I materiali costituenti le barriere devono essere forniti nei colori previsti a Progetto, scelti per una corretta integrazione dell'opera con l'ambiente circostante.

Tutta la barriera deve essere costruita in modo da evitare in ogni punto il ristagno dell'acqua. In particolare per i pannelli composti l'acqua deve fuoriuscire facilmente dai singoli pannelli e non ristagnare sia fra pannello e pannello sia tra pannello inferiore della parete e superficie di appoggio. Le soluzioni costruttive devono consentire la rimozione della barriera senza che occorra la demolizione della relativa fondazione. I getti di bloccaggio dovranno essere effettuati con idonee malte cementizie di tipo reoplastico.

Dovranno essere previsti dispositivi atti a impedire l'asportazione dei pannelli.

Qualora previsto a Progetto tutte le componenti metalliche della barriera devono essere rese equipotenziali e collegate all'impianto di messa a terra elettrico. Per le modalità di messa a terra e per il dimensionamento elettrico dell'impianto si dovrà fare riferimento alla Norma CEI 9.6 vigente.

13.9 COLLAUDO ACUSTICO DELLA BARRIERA ANTIRUMORE

Le prestazioni globali della barriera antirumore (insertion-loss) verranno verificate entro 90 giorni dalla data di conclusione dei lavori e verranno eseguite ripetendo nelle medesime postazioni di misura, i rilievi ed i monitoraggi acustici effettuati in fase di progetto: i dati delle misure verranno normalizzati ai valori di traffico previsti a progetto (volumi, velocità e composizione) secondo le procedure descritte nella relazione acustica esecutiva.

14 MONTANTI METALLICI ED ELEMENTI STRUTTURALI

14.1 PRESCRIZIONI E ONERI GENERALI

L'Appaltatore (Costruttore o Fornitore di materiali o servizi) è tenuto a elaborare un Piano di Controllo della Qualità per tutte le fasi della costruzione e della fornitura. Tale documentazione potrà essere approvata da Soc. Autostrade o per suo conto dall'Ente di Controllo Designato, che possa dimostrare una consolidata esperienza e competenza nel campo delle opere metalliche.

Gli elementi strutturali in metallo saranno di regola saldati. Il processo di saldatura è considerato "speciale" poiché le caratteristiche meccaniche e talvolta la stessa qualità del giunto non possono essere compiutamente descritte dai solo controlli non distruttivi sul giunto finito. E' pertanto necessario che il processo produttivo venga compiutamente descritto nel PCQ ed il progetto della saldatura (quaderno delle saldature comprendente il tipo e la localizzazione dei giunti, il procedimento di saldatura previsto per ogni giunto, la WPS certificata i saldatori destinati al lavoro e le relative certificazioni), come il PCQ, venga preventivamente approvato da Soc. Autostrade o per suo conto dall'Ente di Controllo Designato. In caso di necessità e prima dello svolgersi delle operazioni di saldature verranno apportate le integrazioni o correzioni al fine di predisporre le condizioni oggettive più favorevoli al raggiungimento dei requisiti di progetto. Per quanto riguarda il tipo e l'entità dei controlli non distruttivi, se non diversamente indicato sui disegni di progetto e fatta salva la facoltà della D.L. di prevedere un programma diverso di controllo, il Costruttore è tenuto al controllo visivo esteso al 100% dei giunti saldati propedeutico al controllo strumentale, al controllo magnetoscopico esteso al 5% dei giunti saldati ed al 10% del controllo radiografico (ove applicabile) o ultrasonoro dei giunti principali saldati a piena penetrazione. Il criterio di accettabilità dei difetti, se non altrimenti specificato a disegno, sarà quello indicato per la classe di qualità "C" della norma UNI EN ISO 5817. In caso di esito negativo sistematico dei controlli interni del Costruttore oppure dei controlli di verifica a spot eseguiti da Soc. Autostrade o dall'Ente di Controllo Designato, la percentuale verrà adeguatamente estesa fino al 100%.

Il quaderno di saldatura verrà infine completato con i resoconti dei controlli intermedi e finali a cura di personale certificato per il metodo di controllo, costituendo documentazione finale a sostegno del collaudo.

14.2 REQUISITI DEL COSTRUTTORE

I Costruttori di carpenteria metallica sono da intendersi come "Centri di trasformazione" ai sensi delle Norme Tecniche previste dal Decreto Ministeriale del 14-01-2008 "Norme tecniche di costruzione" e come tali sono tenuti a rispettare le prescrizioni in esso contenute.

Pertanto il Costruttore di carpenteria metallica, deve essere dotato di una organizzazione interna che permetta un'adeguata gestione di tutte le attività di saldatura di officina e/o di cantiere concorrenti alla realizzazione dell'opera.

Ai sensi delle citate Norme tecniche di costruzione, il Costruttore deve disporre di una struttura organizzativa conforme ai requisiti della norma UNI EN ISO 9001-2000, certificata da un organismo terzo indipendente di adeguata competenza ed organizzazione.

Inoltre il Costruttore di manufatti metallici realizzati mediante giunzioni saldate deve essere certificato ai sensi della norma UNI EN ISO 3834 nelle parti corrispondenti alla entità e difficoltà

dell'appalto, da un organismo terzo indipendente di adeguata competenza ed organizzazione. In particolare è richiesto che:

- ci sia almeno un Coordinatore di Saldatura dipendente del Costruttore approvato da Soc. Autostrade o per suo conto dall'Ente di Controllo Designato;
- il personale addetto alla saldatura sia certificato secondo UNI EN 287 per i procedimenti
- manuali o semiautomatici, ovvero secondo UNI EN 1418 per i procedimenti automatici;
- il personale addetto ai controlli non distruttivi sia certificato secondo UNI EN ISO 473;
- le specifiche di procedura di saldatura siano certificate secondo UNI EN ISO 15614 ed approvate da Soc. Autostrade o per suo conto dall'Ente di Controllo Designato;
- venga garantita nel "luogo di lavorazione", la permanenza delle caratteristiche meccaniche e geometriche, del materiale originario, anche attraverso una serie di specifici controlli.

14.3 REQUISITI DELL'ENTE DI CONTROLLO DESIGNATO

Tale Ente deve possedere almeno i seguenti requisiti :

- costituire parte sicuramente indipendente per forma giuridica, con pluriennale esperienza nella verifica della progettazione, fabbricazione e controllo delle strutture metalliche;
- avere un settore specificamente dedicato alle attività di controllo non distruttivo delle strutture metalliche ed avere in organico personale certificato di livello 3 e di livello 2 secondo UNI EN 473;
- avere in organico proprio personale con i requisiti di "Coordinatori di saldatura" secondo quanto indicato nella norma UNI EN ISO 14731
- avere ottenuto, per l'opera soggetta a controllo, l'autorizzazione, da parte della Soc. Autostrade, ad eseguire o sovrintendere ai controlli richiesti dalla presente specifica per l'opera in esame.

E' titolo di preferenza per l'Ente di Controllo designato possedere un proprio laboratorio in conformità alle prescrizioni della norma UNI EN CEI 17025 che esegua con continuità e con accreditamento ACCREDIA, le prove di caratterizzazione dei materiali metallici, per la certificazione delle procedure di saldatura e per la certificazione del personale addetto all'esecuzione dei giunti saldati.

Società Autostrade si riserva la facoltà di eseguire con proprio personale qualificato i compiti attribuiti all'Ente designato.

14.4 REQUISITI GENERALI

Gli elementi strutturali in metallo devono essere realizzati in acciaio al carbonio con caratteristiche meccaniche non inferiori a quelle del tipo SJ275J0 in conformità alla UNI EN 10025 e zincati a caldo per immersione in conformità alla UNI EN ISO 1461, per uno spessore non inferiore a 85 µm, previo ciclo di sabbiatura SA 2112 oppure trattamento di decapaggio chimico.

Inoltre è richiesto un ulteriore trattamento della superfici, subito dopo la zincatura, secondo il seguente sistema.

- 1) applicazione di mano di fondo a base di pittura epossidica;

- 2) applicazione di mano di copertura a base di pittura poliuretanica;
- 3) i requisiti minimi della mano di fondo sono funzione del tipo di ambiente; essi corrispondono a quanto descritto nei rispettivi punti 4.1 delle norme UNI 9863, UNI 9864, UNI 9865 e UNI 9867;
- 4) i requisiti minimi del ciclo completo sono funzione del tipo di ambiente; essi corrispondono a quanto descritto al 4.1 della norma UNI 9862.

Lo spessore minimo locale della protezione, compreso lo spessore della zincatura, deve essere di almeno 230 µm in modo da realizzare una superficie esente da pori.

Nel caso di utilizzo di vernici a polvere lo spessore minimo locale garantito deve essere di almeno 150 µm.

Il fornitore deve comunque indicare il sistema del trattamento previsto per la protezione anticorrosiva della superficie dei diversi elementi ed allegare le schede tecniche dei prodotti vernicianti impiegati e le modalità di applicazione.

Le prove previste sul montante sono le seguenti:

- verifica della zincatura;
- misura degli spessori degli strati protettivi;
- controllo della rispondenza dei prodotti vernicianti alle Norme Tecniche (all'uopo il fornitore dovrà presentare, unitamente al montante, 2 barattoli da 1 Kg per ciascuno dei prodotti vernicianti impiegati).

Sull'acciaio dei montanti devono essere effettuate tutte le prove meccaniche e chimiche previste dal D.M.14.01.2008 "Norme tecniche per le Costruzioni".

Tutti i singoli valori dovranno rispettare le prescrizioni del predetto DM per quanto riguarda le caratteristiche meccaniche e alle tabelle UNI corrispondenti per quanto riguarda le caratteristiche chimiche.

14.4.1 Utilizzo di Acciaio Cor-Ten

E' previsto la possibilità di utilizzo di acciaio Cor-Ten per la realizzazione dei manufatti metallici quali montanti metallici o pali tubolari.

L'acciaio COR-TEN è un acciaio "a basso contenuto di elementi di lega e ad elevata resistenza meccanica".

Le due principali caratteristiche che lo distinguono sono:

Elevata resistenza alla corrosione (CORrosion resistance);

Elevata resistenza meccanica (TENSile strength).

L'acciaio COR-TEN, durante l'esposizione allo stato non pitturato alle diverse condizioni atmosferiche, si riveste di una patina uniforme e resistente, costituita dagli ossidi dei suoi elementi di lega, che impedisce il progressivo estendersi della corrosione.

In relazione alla diversa composizione chimica e allo spessore, i tre tipi di COR-TEN presentano differenti caratteristiche di resistenza alla corrosione atmosferica e di resistenza meccanica.

Pertanto c'è la possibilità di scegliere il tipo di acciaio più idoneo alle proprie esigenze:

il tipo A, particolarmente adatto per applicazioni architettoniche;

i tipi B e C, che meglio si prestano nel caso di strutture fortemente sollecitate.

Le caratteristiche dei prodotti COR-TEN soddisfano alle prescrizioni previste dalle norme ASTM, presentando tuttavia proprietà superiori.

ASTM A 242	Lamiere, barre, profilati
ASTM A 374	Lamiere sottili, larghi nastri, nastri stretti laminati a freddo
ASTM A 375	Lamiere sottili, larghi nastri, nastri stretti laminati a caldo

14.4.1.1 Cort-Ten A

La composizione chimica del COR-TEN A , comunemente denominata "al fosforo", conferisce a questo tipo di acciaio una **resistenza all'attacco degli agenti atmosferici da cinque a otto volte superiore a quella di un comune acciaio al carbonio.**

Il COR-TEN A è impiegato allo stato non pitturato e si rivela particolarmente idoneo per applicazioni "architettoniche". In ogni caso il dettaglio della tipologia adottata sarà riportata negli elaborati strutturali.

In atmosfera industriale o rurale, la corrosione del COR-TEN A non verniciato si arresta dopo aver provocato una diminuzione di spessore di circa 0,05 millimetri, mentre, in ambiente marino progredisce leggermente col passare degli anni, pur rimanendo decisamente inferiore a quella riscontrata nei comuni acciai al carbonio.

Il COR-TEN A viene normalmente prodotto in spessori fino a 12,5 millimetri.

Composizione chimica % (analisi di colata)

C	Mn	P	S	Si	Cu	Cr	Ni
<= 0,12	0,20 , 0,50	0,07 , 0,15	<= 0,035	0,25 , 0,75	0,25 , 0,55	0,30 , 1,25	<= 0,65

Caratteristiche meccaniche (su provette prelevate in senso longitudinale)

Tipo di prodotto		prova di trazione					prova di piega	
		snervamento Rs Kg/mm ²	resistenza a trazione Rm Kg/mm ²	allungamento minimo %(*)			a	D
				A	A 8"	A 2"		
Larghi Nastri Nastri Stretti Lamiere Barre Profilati	<= 12,5 mm	>= 35	>= 49	22	19	24	180°	a

(*) quando non diversamente specificato, la prova di allungamento viene eseguita su provetta A.

Per laminati a freddo, o prodotti richiesti allo stato normalizzato, i valori minimi di snervamento (R_s) e di resistenza (R_m) vengono ridotti di 3,5 Kg/mm².

In casi particolari, su richiesta dell'utilizzatore, il COR-TEN A può essere fornito per applicazioni "architettoniche" anche in spessori superiori a 12,5 mm fino ad un massimo di 76 mm.

In questi casi però le caratteristiche meccaniche risultano modificate secondo le indicazioni del seguente prospetto:

Tipo di prodotto		prova di trazione				
		snervamento R_s Kg/mm ²	resistenza a trazione R_m Kg/mm ²	allungamento minimo %(*)		
				A	A 8"	A 2"
lamiere Profilati	< 12,5 , 38 mm	>= 33	>= 47	22	19	---
Lamiere	< 38 , 76 mm	>= 30	>= 44	22	---	24

(*) quando non diversamente specificato, la prova di allungamento viene eseguita su provetta A.

14.4.1.2 Cort-Ten B

Questo tipo di COR-TEN, comunemente denominato "al vanadio", è caratterizzato da una composizione chimica che permette di mantenere elevate caratteristiche meccaniche anche in forti spessori.

La resistenza alla corrosione atmosferica è di circa quattro volte superiore a quella di un comune acciaio al carbonio.

Anche il COR-TEN B può essere impiegato allo stato non pitturato, senza tuttavia raggiungere effetti estetici simili a quelli del COR-TEN A.

I prodotti in COR-TEN B, data la gamma estesa di spessori in cui sono disponibili (fino ed oltre i 100 mm), trovano vasta applicazione in tutte quelle costruzioni, anche complesse, in cui sono richieste elevata resistenza meccanica e buona resistenza alla corrosione atmosferica.

Composizione chimica % (analisi di colata)

C	Mn	P	S	Si	Cu	Cr	V
0,10 , 0,19	0,90 , 1,25	<=0,025	<= 0,035	0,15 , 0,30	0,25 , 0,40	0,40 , 0,65	0,02 , 0,10

Caratteristiche meccaniche (su provette prelevate in senso longitudinale)

Tipo di prodotto		prova di trazione					prova di piega		
		snervamento R_s Kg/mm ²	resistenza a trazione R_m Kg/mm ²	allungamento minimo %(*)			spessore mm	a	D
				A	A 8"	A 2"			
Lamiere	>= 12,5 , 38 mm	>= 35	>= 49	20	19	21	<= 19	180°	a
Barre							> 19 , 25	180°	1,5a

Profilati							> 25 , 38	180°	2a
lamiere	>38,100 mm	>= 35	>= 49	20	19	21	> 19 , 25	180°	2,5a

(*) quando non diversamente specificato, la prova di allungamento viene eseguita su provetta A.

Per prodotti richiesti allo stato normalizzato, i valori minimi di snervamento (Rs) e di resistenza (Rm) vengono ridotti di 3,5 Kg/mm².

Potrà essere esaminata, di volta in volta, la possibilità di fornire lamiera aventi spessore < 12,5 millimetri, oppure > 100 millimetri.

14.4.1.3 Cort-Ten C

Il COR-TEN C, introdotto sul mercato più recentemente, presenta una resistenza meccanica notevolmente superiore agli altri due tipi (A e B), pur conservando caratteristiche di **resistenza alla corrosione atmosferica è di circa quattro volte superiori a quelle degli acciai al carbonio**.

Il tipo C offre quindi nuove interessanti possibilità di impiego per l'acciaio COR-TEN, specialmente in quelle applicazioni per le quali le moderne tecniche di progettazione richiedono materiali aventi una resistenza meccanica sempre più elevata.

I prodotti in COR-TEN C, vengono fabbricati con spessori fino a 25,5 millimetri. Fanno eccezione i profilati il cui spessore massimo è di 19 millimetri.

Composizione chimica % (analisi di colata)

C	Mn	P	S	Si	Cu	Cr	V
0,12 , 0,19	0,90 , 1,35	<=0,025	<= 0,035	0,15 , 0,30	0,25 , 0,40	0,40 , 0,70	0,04 , 0,10

Caratteristiche meccaniche

(su provette prelevate in senso longitudinale)

Tipo di prodotto		prova di trazione					prova di piega		
		snervamento Rs Kg/mm ²	resistenza a trazione Rm Kg/mm ²	allungamento minimo %(*)			spessore mm	a	D
				A	A 8"	A 2"			
Lamiera e Barre	<= 25,5 mm	>= 42	>= 56	20	16	21	<= 19	180°	a
profilati	<= 19 mm						> 19 , 25,5	180°	1,5a

(*) quando non diversamente specificato, la prova di allungamento viene eseguita su provetta A.

Per prodotti destinati ad essere sottoposti a trattamento di normalizzazione, il contenuto massimo di carbonio (C) può essere elevato allo 0,22% e quello di manganese (Mn) all'1,45%.

In tal caso, lo spessore massimo di fornitura può essere portato a 38 millimetri.

14.4.1.4 Ulteriori informazioni

- Limite di snervamento al taglio

Uguale al limite di snervamento a trazione

- Resistenza al taglio

70% della resistenza a trazione

- Modulo di elasticità

19.600 , 21.000 Kg/mm²

- Temperatura di transizione corrispondente a 3,5 Kg/cm². Kv(vapore medio indicativo)*

0° C

- Coefficiente di dilatazione lineare nell'intervallo fra – 46°C e 65°C

0,0000117

Lavorabilità

Piegatura a freddo

La piegatura del COR-TEN può essere effettuata a freddo fino a spessori di 12,5 millimetri purché si tengano presenti i minimi raggi di curvatura riportati sulla seguente tabella:

spessore mm	raggio minimo di piegatura (a = spessore)		
	tipo A	tipo B	tipo C
≤ 1,5	a	---	---
>1,5 , 6	2a	2a	3,5a
>6 , 12,5	3a	3a	3,5a

Per spessori superiori, o per piegature più severe, è consigliabile la piegatura a caldo.

Formatura a caldo

Per la formatura a caldo del COR-TEN non sussistono problemi particolari. Si consiglia tuttavia di effettuare il riscaldamento ad una temperatura non superiore a 1.100° C e di terminare l'operazione di formatura ad una temperatura compresa fra 815° C e 900° C.

Il raffreddamento conseguente alla formatura a caldo non produce apprezzabile indurimento del materiale, quindi, se la lavorazione è stata eseguita in modo corretto, non sono necessari trattamenti termici finali.

È senz'altro sconsigliabile l'esecuzione della formatura a caldo ad una temperatura inferiore ai 650°C.

Saldatura

L'acciaio COR-TEN può essere saldato in tutti gli spessori e con tutti i più comuni metodi di saldatura:

- Ad arco con elettrodi rivestiti
- Ad arco sommerso
- Ad arco sotto gas protettivo
- A resistenza.

Nella maggior parte dei casi possono essere adoperati materiali di apporto comunemente adottati per la saldatura di acciai al carbonio-manganese aventi caratteristiche meccaniche simili a quelle del COR-TEN.

Qualora invece il COR-TEN venga utilizzato allo stato "nudo" per impieghi architettonici e la saldatura sia effettuata in più di due passate, è consigliabile che, per le ultime due passate, vengano usati elettrodi al 2% o al 3% Ni; in tal modo si otterranno cordoni di saldatura con una colorazione simile a quella dell'acciaio COR-TEN.

In ogni caso è necessario rispettare le temperature minime di pre-riscaldamento riportate sulla tabella sottoindicata, che sono valide per materiali di saldatura a basso idrogeno.

spessore mm	temperatura minima di ambiente o di pre-riscaldamento		
	COR-TEN A	COR-TEN B	COR-TEN C
≤ 12,5	10°C	10°C	10°C
>12,5 , 25	10°C	10°C	40°C
> 25 , 50	40°C	40°C	---
> 50	100°C	100°C	---

Nel caso sia previsto l'impiego di materiali non a basso idrogeno o i pezzi da saldare siano fortemente vincolati, sarà opportuno adottare temperature di pre-riscaldamento più elevate.

14.5 UNIONI

14.5.1 *Unioni bullonate*

14.5.2 *Norme di riferimento*

CNR 10011 – Costruzioni in acciaio Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione.

UNI EN ISO 898-1:2001 Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio - Viti e viti prigioniere.

UNI EN 20898-2 Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento. Dadi con carichi di prova determinati. Filettatura a passo grosso

UNI 10331:1994 Dadi esagonali autofrenanti bassi interamente metallici con elemento elastico non agente direttamente sulla filettatura. Filettatura metrica. ISO a passo grosso e fine. Categorie A e B.

14.5.2.1 Classi dei bulloni

In accordo con i documenti progettuali, per le giunzioni ad attrito, si dovranno utilizzare unicamente bulloni delle classi 8.8 e 10.9

14.5.2.2 Prescrizioni e controlli

Tutte le giunzioni bullonate a prescindere da quanto previsto nel progetto dovranno essere munite di sistemi di bloccaggio atti ad evitare lo svitamento del dado e di conseguenza l'inefficacia o la perdita di efficienza dell'unione. Tali sistemi potranno essere costituiti da controdado, rosetta elastica metallica secondo le disposizioni normative di cui al punto 15.1.2, o altro sistema opportunamente certificato.

Tutti i materiali utilizzati per la produzione di viti, bulloni e relativi accessori dovranno essere conformi alle norme UNI EN ISO 898-1 e UNI EN 20898-2

14.5.3 *Unioni saldate*

14.5.3.1 Norme di riferimento

UNI EN ISO 4063:2001. Saldatura, brasatura forte, brasatura dolce e saldobrasatura dei metalli - Nomenclatura dei procedimenti e relativa codificazione numerica per la rappresentazione simbolica sui disegni.

UNI EN 287-1:2004 Prove di qualificazione dei saldatori - Saldatura per fusione- Parte 1: Acciai
Decreto Ministeriale del 14-01-2008 "Norme tecniche di costruzione"

UNI EN 12062:2004 - Controllo non distruttivo delle saldature. Regole generali per i materiali metallici

UNI EN 1011-1:2009 Saldatura – raccomandazioni per la saldatura dei materiali metallici – parte 1: Guida generale per la saldatura ad arco

14.5.3.2 Tipi di saldatura

Possono essere impiegati i seguenti procedimenti:

- saldatura manuale ad arco con elettrodi rivestiti;
- saldatura automatica ad arco sommerso;
- saldatura automatica o semiautomatica sotto gas protettore (CO₂ o sue miscele);

Per manufatti in acciaio S 275 (ex Fe 430) devono essere impiegati elettrodi del tipo E 44 di classi di qualità 2, 3 o 4; per spessori maggiori di 30 mm o temperatura di esercizio minore di 0 °C saranno ammessi solo elettrodi di classe 4B;

Per manufatti in acciaio S 355 (ex Fe 510) devono essere impiegati elettrodi del tipo E 52 di classi di qualità 3 B o 4 B; per spessori maggiori di 20 mm o temperature di esercizio minori di 0 °C saranno ammessi solo elettrodi di classe 4B.

14.5.3.3 Prescrizioni e controlli

L'entità ed il tipo di tali controlli, distruttivi e non distruttivi, in aggiunta a quello visivo al 100%, saranno definiti dal Collaudatore e dal Direttore dei Lavori; per i cordoni ad angolo o giunti a parziale penetrazione si useranno metodi di superficie (ad es. liquidi penetranti o polveri magnetiche), mentre per i giunti a piena penetrazione, oltre a quanto sopra previsto, si useranno metodi volumetrici e cioè raggi X o gamma o ultrasuoni per i giunti testa a testa e solo ultrasuoni per i giunti a T a piena penetrazione. Per maggiori dettagli fare riferimento alla norma UNI EN 12062:2004.

14.6 SALDATURE

14.6.1 Norme di riferimento

Elenco delle normative di riferimento per la qualifica del processo di saldature, dei saldatori, per i controlli non distruttivi delle saldature e per il calcolo.

- 1) Qualifica del procedimento di saldatura in arco elettrico, con riferimento:
 - D.M. 14.01.2008 "Norme tecniche per le costruzioni"
 - Qualifica procedure di saldatura in accordo con UNI EN ISO 15614-1:2005

(Specificazione e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Prove di qualificazione della procedura di saldatura - Parte 1: Saldatura ad arco e a gas degli acciai e saldatura ad arco del nichel e leghe di nichel. Gen. 05)

- 2) Qualifica saldatore ed operatore di saldature semiautomatica, relativa al procedimento suddetto.
 - Qualifica operatori secondo la norma UNI 1418.
 - Qualifica saldatore in accordo con UNI EN ISO 287-1:2004

(Prove di qualificazione dei saldatori - Saldatura per fusione - Parte 1: Acciai -Set. 04)

- 3) Controllo non distruttivo delle saldature
- Esame visivo e dimensionale UNI EN 970 e UNI 15817 - Controllo non distruttivo di saldature per fusione - esame visivo
 - Magnetoscopia UNI EN 1290 del 31/03/00 Controlli non distruttivi delle saldature. Controllo magnetoscopico con particelle magnetiche delle saldature.
 - Controllo mediante ultrasuoni dei giunti saldati. Livelli di accettabilità UNI EN 1712:2005
 - Controllo mediante ultrasuoni dei giunti saldati. UNI EN 1714:2005
- 5) Metodo di calcolo
- D.M. 14.01.2008 "Norme tecniche per le costruzioni"

14.7 ACCESSORI METALLICI

Tutti gli elementi metallici non precedentemente contemplati (viti, dadi, rivetti, rondelle elastiche, distanziatori, piastre di base dei montanti, tirafondi, ecc.) devono essere scelti avendo cura di evitare i problemi di corrosione catodica dovuta al diverso valore del potenziale elettrochimico dei materiali a contatto. In particolare questi elementi devono essere in acciaio inossidabile (ad eccezione delle piastre di base per le quali vale quanto indicato per i montanti). Per quanto riguarda le piastre di base saranno realizzate con acciaio con caratteristiche meccaniche pari a quelle del tipo S275J0 secondo la norma UNI EN 10025 (ex Fe 430C secondo la Norma UNI EN 10025 Ed. 2/1992).

Bulloni ad alta resistenza conformi per le caratteristiche dimensionali delle viti alle UNI 5712 e per quelle dei dadi alle UNI 5713 appartenenti alla classe 8.8 e 6S della UNI 3740 e UNI EN 20898 associata nel modo indicato nel prospetto 2 - III della CNR-UNI 10011/85.

14.8 ZINCATURA

La protezione mediante zincatura di manufatti metallici, ove richiesta dai documenti di progetto e/o da altre sezioni delle presenti Norme Tecniche sarà eseguita con le modalità ivi previste e secondo le norme UNI EN 1461.

La D.L. potrà fare accertare in ogni momento sui prodotti presenti in cantiere la corrispondenza delle caratteristiche di resistenza, di composizione e di applicazione.

A richiesta della D.L. potranno essere eseguite le seguenti prove:

- determinazione della massa dello strato di zincatura con metodo aupperie (UNI 5741-66)
- prova di uniformità dello strato di zincatura secondo disposto dalla UNI 5741-66, 5743-66, 5744-66, 5745-66.

14.8.1 PRESCRIZIONI ED ONERI PARTICOLARI

La Ditta dovrà aver cura di immagazzinare e ritoccare tutte le parti di opera in maniera tale da non danneggiare il rivestimento già applicato. Ogni eventuale danneggiamento dovrà essere riparato mediante ritocchi del rivestimento stesso; modalità di tali interventi dovranno essere opportunamente specificate e comunicate alla D.L.

14.8.2 CONTROLLI QUALITÀ

Le modalità, numero e tipologia di controlli saranno indicati dalla D.L..

14.9 VERNICIATURA

Tutte le opere in ferro dovranno essere accuratamente sabbiare così come previsto dal progetto e/o dalla tipologia dei materiali applicati.

Il livello di sabbiatura dovrà essere, come minimo, pari al grado SA 2-1/2 delle norme SIS 05 5900 e tale da permettere in ogni caso un ottimo attacco della mano di fondo del ciclo.

Il rivestimento protettivo dovrà essere composto da almeno due mani di prodotti vernicianti.

Cicli alternativi potranno essere usati solo dopo approvazione delle D.L.

I cicli previsti sono due:

a) Ciclo "A"

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

Le caratteristiche di composizione degli strati dovranno essere le seguenti:

I strato - Mano intermedia del tipo epossipoliuretanico;

- tipo di legante : epossidico
- tipo di pigmento : fosfato di zinco
- peso specifico : 1380 ± 50 g/l
- solidi in volume : $\% 56 \pm 2$
- spessore del film secco : 80 micron
- metodo di applicazione : pennello, rullo, airless

Il strato - Caratteristiche formulative della mano di finitura del tipo poliuretanico riverniciabile:

- tipo di legante : poliuretanico con indurente poliisocianico alifatico
- peso specifico : 1400 ± 50 g/l
- solidi in volume : $\% 57 \pm 2$
- spessore del film secco : 80 micron
- metodo di applicazione : pennello, spruzzo, airless

b) Ciclo "B"

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

Le caratteristiche di composizione degli strati dovranno essere le seguenti:

I e II strato - Mano intermedia e di finitura del tipo acrilico in emulsione acquosa:

- tipo di legante : copolimeri acrilici in emulsione acquosa
- peso specifico : 1300 ± 50 g/l
- solidi in volume : $\% 44 \pm 2$

- spessore del film secco : 80 micron per strato
- N° di strati : 2
- metodo di applicazione : pennello, airless

14.9.1 VERNICIATURA A POLVERE

In alternativa e solo dopo approvazione della D.L. può essere adottato un trattamento di verniciatura a polveri con le seguenti caratteristiche.

Il trattamento protettivo superficiale delle carpenterie, deve essere eseguito con vernici in polvere di poliestere polimerizzate in forno a 180-200°C, secondo il seguente ciclo:

- ❑ sgrassaggio a temperatura costante di 50-60°C.
- ❑ lavaggio con acqua di rete a temperatura ambiente.
- ❑ disossidazione a temperatura ambiente.
- ❑ lavaggio con acqua demineralizzata a temperatura ambiente.
- ❑ conversione per acciaio zincato a temperatura costante di 30-40°C.
- ❑ lavaggio con acqua demineralizzata a temperatura ambiente.
- ❑ asciugatura con temperatura costante di 80-100°C.
- ❑ applicazione elettrostatica automatica di vernice in polvere a spessore controllato, spessore minimo 80 micron.
- ❑ polimerizzazione in forno a temperatura di 180-200 °C
- ❑ Controllo della verniciatura (colore, brillantezza, spessore, Aderenza e resistenza alla corrosione)

La “prima fase attiva” è uno sgrassaggio alcalino con il compito di rimuovere le parti oleose e di asportare chimicamente le difettosità superficiali.

La “seconda fase attiva” è una disossidazione acida ed elimina completamente i residui carboniosi, possibili patine generate dall’attacco alcalino, ma soprattutto condiziona la superficie predisponendola attivamente al trattamento di conversione.

Le due fasi attive iniziali preparano la superficie in maniera tale da ottenere il massimo della conversione chimica.

La “terza fase attiva” è una conversione superficiale, **esente cromo**, basata su una soluzione di **fluotitanazione** con filmante organico.

14.9.1.1 Normative di riferimento

- UNI EN ISO 12944 “Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura”
- UNI EN ISO 2409: Prove di quadrettatura
- UNI ISO 9227: Prove in nebbia salina

- ISO 6270: Condensa in acqua
- UNI EN ISO 1514: Provini unificati per le prove

14.9.2 OPERAZIONI DI RITOCOCCO

Le operazioni di ritocco saranno eseguite ad opera montata, la metodologia prevede:

Accurata spazzolatura meccanica e/o manuale delle parti interessate. Le zone a ferro nudo dovranno presentare un grado di pulizia assimilabile al grado ST 3 delle norme SIS 05 5900

Applicazione a pennello di pittura epossipoliamicidica "surface tollerant"

- peso specifico: : 1450 g/l
- solidi in volume: : % 80 ± 2
- spessore del film secco: : in accordo al ciclo previsto
- colore: : secondo RAL di progetto

Prima dell'applicazione del successivo strato finale bisognerà rimuovere dalle superfici gli eventuali incoerenti depositati (polvere, unto ecc.)

14.9.3 CARATTERISTICHE DI RESISTENZA (CHIMICO-FISICHE)

Le caratteristiche di resistenza (chimico-fisiche) si intendono per cicli di verniciatura anticorrosiva applicati su supporti in acciaio sottoposti ad invecchiamento artificiale.

In fasi di qualifica per l'invecchiamento artificiale sarà previsto un ciclo così composto:

AGENTE AGGRESSIVO	DURATA	TEMPERATURA
Radiazione ultravioletta	6H	60°C
Corrosione per immersione continua in soluzioni aerate (UNI 4261-66)	12H	35°C
Corrosione in nebbia salina (UNI EN ISO 9227)	12H	35°C
Radiazione ultravioletta	12H	60°C

durante questo ciclo di invecchiamento artificiale verranno eseguiti i controlli riportati di seguito:

a) *Ingiallimento*: secondo norma DIN 53230 il prodotto di finitura deve essere non ingiallente (prova su prodotto non pigmentato).

b) *Ruggine e blistering*: (ASTM D71456) (DIN 53230):

Ciclo "A"

Blistering: I strato = 9 F

II strato = 9 M

III strato = 9 F

Ruggine: RO (ruggine assente)

Ciclo "B"

Blistering: I strato = 9 M

II strato = 9 M

III strato = 9 F

Ruggine: RO (ruggine assente)

c) *Controllo dell'aderenza:*

- secondo l'ASTM D-3359 metodo A (spess. sup. 125 microns) e metodo B (spess. inferiore ed uguale a 125 microns), con risultati non inferiori a 4A e 4B.

d) *Controllo dei tempi di essiccazione e sovraverniciatura:*

- secondo i metodi e le prescrizioni dichiarate dai fornitori delle vernici.

e) *Controllo dello spessore del film secco:*

- si determinerà con idonei strumenti non distruttivi tipo MIKROTEST, DIAMETER od equivalente. Il numero dei controlli sarà in accordo a quanto di seguito indicato.

f) *Resistenza all'abrasione:*

- si determinerà solo su prodotto di finitura mediante Taber Aeraser, con mola tipo CS 10, dopo 1000 giri con carico di un 1 Kg. Il valore espresso come perdita in peso dovrà essere inferiore a 100 mg.

g) *Brillantezza:*

- controllata mediante Glassometro Gardner con angolo di 60 gradi, dovrà avere un valore finale non inferiore al 10% del valore iniziale.

h) *Misurazioni di spessore sul film secco :*

- Misurazioni di spessore sul film secco dovranno essere rilevate sia su superfici primerizzate che su quelle trattate con ciclo completo.
- Per misurazione di spessore si intende la rilevazione strumentale dello spessore secco.
- Le misurazioni dovranno essere dei due tipi qui di seguito indicati:

k.1) *Misurazione "singola":*

Per misurazione "singola" si intende il valore risultante dalla rilevazione strumentale dello spessore in un solo punto.

k.2) *Misurazione "spot":*

- Per misurazione "spot" si intende il valore risultante dalla media di tre letture "singole" eseguite in un'area compresa in un cerchio di circa 30 mm di diametro. Il valore dello spessore risultante non dovrà essere inferiore al 90% dello spessore minimo richiesto.
- La misurazione "spot" dello spessore dovrà essere ripetuta in cinque aree diverse. La media aritmetica delle cinque rilevazioni "spot" non dovrà mai essere inferiore al minimo spessore richiesto.

Quanto sopra descritto costituisce il numero di operazioni da fare per ottenere una misura "spot". In caso di sottospessore si ripeteranno misure "spot" addizionali in aree vicine, in caso di risultato ancora negativo, l'Applicatore ripristinerà a proprio carico lo spessore richiesto.

k.3) *Numero di controlli:* Le misure "spot" andranno effettuate su tutta la lunghezza e su tutto il perimetro del profilo inserendo nella verifica tutte le tipologie previste, nella misura di:

- Fino a 1000 m² - un numero di misure "spot" equivalente al 1,5% del totale della superficie.

- Da 1000 a 5000 m² - un numero di misure "spot" equivalente al 0,75% del totale della superficie con un minimo di 30.
- Da 5000 a 15.000 m² - un numero di misure "spot" equivalente al 0,5% del totale della superficie con un minimo di 75.
- Oltre 15.000 m² - un numero di misure "spot" equivalente allo 0,25% del totale della superficie con un minimo di 150.

Se, durante i controlli, si evidenzieranno difetti di verniciatura (gocciolamenti, vescicamenti, ecc.) o aderenze, ecc. non conformi a quanto richiesto, l'Applicatore è tenuto a riportare le superfici difettose nel grado d'accettabilità richiesto.

Le superfici verniciate dovranno essere esenti da difetti tipo criccate fangose (mud-cracking), gocciolature, sottospessori, sovrassessori, bruciature (dry-spray), ecc.

14.9.4 PROVE DI ACCETTAZIONE DEI PRODOTTI

La Ditta dovrà a sua cura e spese preventivamente inviare ad un Laboratorio qualificato ed accettato dalla D.L. i campioni dei prodotti componenti il ciclo con relativi diluenti in contenitori sigillati del peso di 0,500 Kg e nel numero di tre per ogni prodotto (uno di questi campioni non deve essere pigmentato).

I pigmenti necessari per il raggiungimento del tono di colore richiesto dovranno essere, sottratti alla quantità percentuale di solvente.

Controllata la rispondenza del rivestimento con le caratteristiche di resistenza richieste, i prodotti componenti il ciclo saranno identificati mediante analisi spettrofotometrica all'infrarosso.

14.9.5 PRESCRIZIONI ED ONERI PARTICOLARI

- A) La Ditta dovrà aver cura di immagazzinare e ritoccare tutte le parti di opera in maniera tale da non danneggiare il rivestimento già applicato. Ogni eventuale danneggiamento dovrà essere riparato mediante ritocchi del rivestimento stesso; modalità di tali interventi dovranno essere opportunamente specificate e comunicate alla D.L.
- B) Tutti i prodotti vernicianti e/o solventi dovranno essere conservati secondo le modalità previste dal fornitore, ed in ogni caso in luogo asciutto, areato non soggetto ad esposizione diretta dei raggi del sole e non esposto al gelo. Particolare cura sarà posta alla data di scadenza dei prodotti.
- C) Tutti i materiali di risulta dovranno essere portati a discariche autorizzate, tenendo in particolare conto il fatto che questi possono essere inquinanti.

14.9.6 CONTROLLI QUALITÀ

Le modalità, numero e tipologia di controlli saranno indicati dalla D.L..

14.9.7 CICLO DI VERNICIATURA CON PITTURA IGNIFUGA INTUMESCENTE

Verniciatura protettiva di strutture metalliche costituita da pittura ignifuga intumescente atta all'isolamento al fuoco e ritardante la propagazione della fiamma mediante reazione ad effetto schiumogeno.

Il trattamento protettivo della carpenteria metallica trattata con vernice intumescente dovrà essere il seguente:

- 1) In officina:
 - sabbiatura A SA2½ delle norme SIS;
 - applicazione di uno strato di primer zincante inorganico con spessore del film secco pari 0,080 mm.
- 2) In opera:
 - operazioni di pulizia, eliminazione di polvere e parti incoerenti previo lavaggio, sgrassaggio delle superfici, accurata spazzolatura meccanica e/o manuale delle zone eventualmente deteriorate;
 - ritocchi, ove necessario, con primer epossipoliammidico del tipo "surface tolerant", dato a pennello, per uno spessore di film secco pari a 0,100 mm;
 - strato generale di collegamento fra lo zincante inorganico ed il rivestimento intumescente;
 - epossipoliammidico al fosfato di zinco con spessore 0,070 mm;
 - applicazione di rivestimento intumescente, idoneo a conferire, ad ogni singolo elemento (lamiere, profilati, ecc.) in base alla propria resistività, la resistenza al fuoco di classe R 30 (30 minuti) in grado di sopportare l'esposizione agli agenti atmosferici per almeno 6 mesi senza degradarsi in assenza dello strato di protezione superficiale. Al fine di raggiungere la classe di resistenza al fuoco prescritta lo spessore minimo del film secco dovrà essere $\geq 0,250$ mm. Il rivestimento dovrà essere applicato in 1 (una) mano a spruzzo airless.
 - applicazione dello strato finale, a spruzzo airless, con funzioni estetico protettive a base di resine poliuretaniche alifatiche, dato in almeno 2 strati, per uno spessore complessivo non inferiore a 0,130 mm.

Il prodotto costituente il rivestimento intumescente dovrà essere certificato in base alle curve temperatura/tempo e rispondere a quanto specificato nella norma EN 13381-4:2002 e a quanto riportato nel par. 3.6.1 delle NT2008 D.M. 14.01.2008 e dalla circolare DM 16 febbraio 2007.

Circa le temperature, i tempi ed il grado di umidità per le operazioni di sovraverniciatura si farà riferimento a quanto indicato dalla Direzione Lavori.

14.9.8 APPLICAZIONE DI INTONACO INTUMESCENTE IN CORRISPONDENZA DELLE SUPERFICI DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI DEL V.PALMARO RIVOLTE VERSO L'INTERNO DELLA COPERTURA ANTIRUMORE IN CARR. EST

A seguito delle risultanze del Fire Engineering è prevista l'applicazione sulle superfici, rivolte verso l'interno della copertura antirumore in carr.est, degli elementi strutturali del v. Palmaro, ossia dell'impalcato e delle pile, dei seguenti strati di materiale:

1. posa in opera di un aggrappante
2. due strati (ognuno da 2 cm – per un totale di 4 cm) di intonaco intumescente REI 120
3. stesura di una mano di protezione prodotto

15 RIPRISTINO/ADEGUAMENTO D'ELEMENTI STRUTTURALI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO

15.1 MATERIALI PER IL RIPRISTINO DI SUPERFICI DEGRADATE

15.1.1 GENERALITÀ

Si terrà presente, in linea generale, che scopo prioritario del ripristino delle strutture in conglomerato cementizio è ricreare la sagoma di progetto del manufatto in corrispondenza dei punti degradati garantendo:

- monoliticità tra il vecchio calcestruzzo ed il materiale con cui viene eseguito il ripristino;
- resistenza agli agenti aggressivi dell'ambiente d'esercizio.

Per prolungare la vita utile della struttura sarà indispensabile garantire agli interventi di ripristino la massima durabilità, per questo si farà costante riferimento alla UNI EN 1504-9 ed in particolare sarà necessario:

- eseguire indagini per il riconoscimento delle cause dei fenomeni di degrado, per individuare le aree su cui intervenire e gli spessori di calcestruzzo incoerente o contaminato da asportare;
- scegliere le tecniche d'intervento in funzione del tipo di elemento strutturale (orizzontale o verticale), degli spessori e dell'estensione dell'intervento;
- definire i requisiti che devono garantire i materiali utilizzati per il ripristino;
- scegliere i materiali verificando che le prestazioni fornite soddisfino i requisiti richiesti;
- definire nel progetto in modo accurato ed inequivocabile le fasi esecutive;
- verificare, prima dell'inizio dei lavori, che i materiali proposti dall'impresa rispettino le specifiche prestazionali richieste;
- eseguire controlli sia in fase preliminare, che in corso d'opera, che sulle opere finite.

In funzione dello spessore di applicazione il progetto indicherà la tecnica d'intervento ed i tipi di materiale da impiegare, in accordo alle specifiche del presente articolo, o di quelle indicate negli elaborati di progetto.

Nei paragrafi seguenti vengono definiti i materiali, con i loro requisiti e prestazioni, da applicare secondo le tecniche indicate, nonché le prove ed i controlli sull'intervento di ripristino/adeguamento.

15.1.2 INDAGINI

Lo scopo delle indagini è quello di:

- identificare le cause dei difetti;
- stabilire l'estensione e la profondità dei difetti stessi;
- verificare se i difetti siano destinati ad estendersi a parti della struttura attualmente non danneggiate;

- valutare la resistenza del calcestruzzo in sito;
- stabilire l'effetto dei difetti sulla sicurezza strutturale;
- identificare tutte le posizioni in cui possono essere necessarie riparazioni o protezione.

Le indagini che vengono eseguite più di frequente si riferiscono alla possibilità che si siano verificati fenomeni di carattere:

- chimico (fenomeni di corrosione, attacco solfatico, azione di acque aggressive);
- fisico (cicli gelo/disgelo, azione del fuoco);
- meccanico (azione del sisma, urti, ecc.).

La corrosione dell'armatura è la causa più frequente dei fenomeni di degrado delle opere d'arte stradali, tale corrosione può innescarsi in tempi più o meno lunghi conseguentemente alla carbonatazione del calcestruzzo e alla penetrazione di cloruri.

15.1.3 DEFINIZIONE DEI MATERIALI PER IL RIPRISTINO

I materiali per il ripristino/adeguamento sono suddivisi nelle seguenti categorie:

- leganti, malte, betoncini e calcestruzzi a base cementizia aventi caratteristiche espansive: questi prodotti sono certamente i più diffusi negli interventi di restauro; il loro requisito fondamentale è l'espansione contrastata in aria che è caratteristica essenziale per garantire monoliticità tra vecchia struttura e materiale di ripristino, la loro scelta deriva inoltre dall'omogeneità di caratteristiche rispetto al calcestruzzo di supporto, dall'elevatissima durabilità (resistenza agli aggressivi ambientali ed alla carbonatazione), dalle prestazioni meccaniche e dalla facilità di applicazione;
- malte cementizie polimero modificate: tali malte garantiscono monoliticità con il supporto grazie alla capacità di adesione del polimero. Vengono generalmente utilizzate quando sia necessario eseguire rasature (1-8 mm) ed interventi di ripristino centimetrici (10-50 mm) di tipo localizzato (aree di ridotta estensione) o di difficile accesso;
- malte RAPIDE a base di speciale legante pozzolanico: questi materiali basano la loro prestazione su una particolare reazione di idratazione del legante che consente di ottenere in brevissimo tempo, anche a temperature estreme (-5°C) elevate prestazioni meccaniche;
- formulati a base di resina: si tratta principalmente di resine di tipo epossidico o vinilestere. Vengono impiegati nel settore del ripristino per interventi speciali di iniezione entro fessure, incollaggi strutturali, inghisaggi di barre di armature, ecc., che non potrebbero essere eseguiti con successo con i materiali cementizi. La loro principale caratteristica è legata alle elevate prestazioni meccaniche (conseguente alla solidità dei legami di polimerizzazione che s'innescano quando la base si unisce all'indurente) e all'elevata adesione a calcestruzzo, acciaio ed ai diversi materiali da costruzione.

I vari tipi di materiale, per i cui requisiti e specifiche prestazionali minime si rimanda ai punti 15.2 e 0, sono così definiti:

MALTE PER RASATURE

Di tipo MR1: malta cementizia, per rasature fini (1-3 mm), polimero modificata, premiscelata, tixotropica, monocomponente, contenente fibre sintetiche poliacrilonitrili.

Di tipo MR2: malta cementizia, per rasature grosse (4-8 mm), polimero modificata, premiscelata, tixotropica, bicomponente, contenente fibre sintetiche poliacrilonitrili.

MALTE TIXOTROPICHE

Di tipo MT1: malta cementizia, premiscelata, tixotropica, ad espansione contrastata in aria, con ritentore d'umidità liquido, contenente fibre sintetiche poliacrilonitrili e fibrorinforzata con fibre inorganiche flessibili caratterizzate da lunghezza 12 mm, diametro 14 µm, resistenza a trazione 1700 MPa, modulo elastico 72000 MPa.

Di tipo MT2: malta cementizia, premiscelata, tixotropica, ad espansione contrastata in aria, con ritentore d'umidità liquido, con fibre sintetiche poliacrilonitrili.

Di tipo MT3: malta cementizia premiscelata, tixotropica, bicomponente, polimero modificata, contenente fibre poliacrilonitrili.

MALTE COLABILI

Di tipo MC1: malta cementizia, premiscelata, colabile, ad espansione contrastata in aria, con ritentore d'umidità liquido, contenente fibre sintetiche poliacrilonitrili e fibrorinforzata con fibre inorganiche flessibili caratterizzate da lunghezza 12 mm, diametro 14 µm, resistenza a trazione 1700 MPa, modulo elastico 72000 MPa.

Di tipo MC2: malta cementizia, premiscelata, ad espansione contrastata in aria, con ritentore d'umidità liquido, reodinamica, colabile, contenente fibre sintetiche poliacrilonitrili.

Di tipo MC3: malta cementizia, premiscelata, reoplastica, colabile, ad espansione contrastata in aria, con ritentore d'umidità liquido, ad elevatissima duttilità, contenente fibre sintetiche poliacrilonitrili e fibrorinforzata con fibre metalliche rigide (di acciaio) caratterizzate da lunghezza 30 mm, diametro 0,6 mm, forma a "catino"; resistenza a trazione > 1200 MPa.

Di tipo MC4: malta a base di uno speciale legante pozzolanico, premiscelata, a rapido indurimento anche a basse temperature, contenente fibre sintetiche in poliacrilonitrile e fibrorinforzata con fibre metalliche rigide (di acciaio) caratterizzate da lunghezza 30 mm, diametro 0,38 mm, resistenza a trazione > 2.300 MPa ad elevatissima duttilità.

BETONCINI COLABILI

Di tipo B1: betoncino cementizio, colabile, ad espansione contrastata in aria, con ritentore d'umidità liquido, contenente fibre sintetiche poliacrilonitrili e fibrorinforzato con fibre inorganiche flessibili caratterizzate da lunghezza 12 mm, diametro 14 µm, resistenza a trazione 1700 MPa, modulo elastico 72000 MPa, ottenuto, aggiungendo alla malta di cui al precedente punto MC1 aggregati selezionati.

Di tipo B2: betoncino cementizio, ad espansione contrastata in aria, con ritentore d'umidità liquido, reodinamico, colabile, contenente fibre sintetiche poliacrilonitrili, ottenuto, aggiungendo alla malta di cui al precedente punto MC2 aggregati selezionati.

Di tipo B3: betoncino cementizio, reoplastico, colabile, ad espansione contrastata in aria, con ritentore d'umidità liquido, ad elevatissima duttilità, contenente fibre sintetiche poliacrilonitrili e fibrorinforzato con fibre metalliche rigide (di acciaio) caratterizzate da lunghezza 30 mm, diametro 0,6 mm, forma a "catino"; resistenza a trazione > 1200 MPa, ottenuto, aggiungendo alla malta di cui al precedente punto MC3 aggregati selezionati.

Di tipo B4: betoncino a base di uno speciale legante pozzolanico, a rapido indurimento anche a basse temperature, contenente fibre sintetiche in poliacrilonitrile e fibrorinforzato con fibre metalliche rigide (di acciaio) caratterizzate da lunghezza 30 mm, diametro 0,38 mm, resistenza a trazione > 2.300 MPa ad elevatissima duttilità, ottenuto, aggiungendo alla malta di cui al precedente punto MC4 aggregati selezionati.

Di tipo B5: betoncino cementizio, premiscelato, ad espansione contrastata in a-ria, con ritentore d'umidità liquido, reodinamico, colabile, contenente fibre sintetiche poliacrilonitrili.

LEGANTE ESPANSIVO

Di tipo LE: legante espansivo che consente di ottenere calcestruzzi o boiacche estremamente fluide, prive di bleeding, a basso rapporto acqua/cemento, caratte-rizzate da elevate resistenze meccaniche.

Di tipo LS: legante espansivo che consente di ottenere calcestruzzi auto compattanti (SCC) , privi di bleeding, a basso rapporto acqua/cemento, caratterizzati da ele-vatissime resistenze meccaniche.

CALCESTRUZZO ESPANSIVO

Di tipo CE: calcestruzzo di cemento, espansivo alle brevi stagionature ed a stabilità volumetrica alle lunghe stagionature, avente $R_{ck} \geq 50$ MPa, reoplastico (consistenza S4-S5), assenza di bleeding ed elevata pompabilità, ottenuto utilizzando come legante uno speciale cemento espansivo tipo LE in luogo dei normali cementi, e miscelando ad esso acqua ed aggregati.

Di tipo CS: calcestruzzo di cemento, espansivo alle brevi stagionature ed a stabi-lità volumetrica alle lunghe stagionature, autocompattante (SCC), avente $R_{ck} \geq 65$ MPa, assenza di bleeding ed elevata pompabilità, ottenuto utilizzando come legante uno speciale cemento espansivo tipo LS in luogo dei normali cementi, e miscelando ad esso acqua ed aggregati.

FORMULATI DI RESINA

Di tipo RC: malta epossidica bicomponente, colabile, priva di solventi.

Di tipo RT: malta epossidica bicomponente, tixotropica, priva di solventi.

Di tipo RI: resina epossidica bicomponente, a bassissima viscosità, priva di solventi, colabile.

Di tipo RA: tassello chimico rapido in cartuccia bicompartimentale coassiale, a consistenza tixotropica a base di resina vinilestere priva di stirene.

15.1.4 TECNICHE D'INTERVENTO E SCELTA DEI MATERIALI

Tabella 15-1 - Spessori da ripristinare - Tecniche d'intervento - Tipo di Materiale

		DEGRADO [mm]															
		Lieve			Medio				Profondo					Molto profondo			
		0	3	8	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	>100		
TECNICHE	Rasatura	MR1	MR2														
	Spruzzo o rinza ffo				MT1												
					MT2			MT2*									
					MT3												
	Colagg io				MC1				B1								
					MC2			MC2*	B2								
					MC3				B3								
					MC4				B4								
									B5								
														CE, CS			
																RC	
																RT	
	Spatola															RI	
	Iniezione															RA	
Tassello																	
		Malte						Betoncini					Calcestruzzi				Form. di resina
		MATERIALI															

* applicazione di rete elettrosaldata

15.1.4.1 Degrado lieve – Ripristini di spessore da 1 a 8 mm

La tecnica utilizzata, per eliminare difetti costruttivi quali vespai, vaiolature, sbeccature, assenza di copriferro, assenza di planarità, è quella della rasatura.

La preparazione del supporto deve essere realizzata mediante sabbiatura o idrosabbiatura.

La malta può essere applicata sia a mano che con macchina intonacatrice, previa miscelazione.

Si utilizza la malta:

- **Tipo MR1** per rasature fini, interventi di spessore da 1 a 3 mm.
- **Tipo MR2** per rasature grosse, interventi di spessore maggiori di 3 fino a 8 mm.

15.1.4.2 Degrado medio – Ripristini di spessore maggiore di 10 fino a 50 mm

Le tecniche d'intervento utilizzate sono:

- l'applicazione con macchina intonacatrice (superfici estese) o manuale a caz-zuola (superfici ridotte) utilizzando malte tixotropiche;
- l'applicazione per colaggio utilizzando malte fluide.

L'asportazione del calcestruzzo contaminato (per esempio carbonatato e/o contenente cloruri) dovrà essere eseguita mediante martelletti leggeri alimentati ad aria compressa o mediante macchine idrodemolitrici, dopo l'asportazione del calcestruzzo contaminato, la superficie del supporto dovrà essere microscopicamente ruvida con asperità di 5 mm.

Nel caso di interventi molto localizzati o quando si devono ripristinare elementi strutturali di difficile accesso per i quali una idonea asportazione del calcestruzzo non è possibile, si preparerà la superficie di supporto mediante sabbiatura e l'intervento sarà eseguito con malte polimero modificate di tipo MT3.

Ripristini realizzati con macchina intonacatrice o manualmente con cazzuola

Tale tecnica è utilizzata sia per ripristinare elementi strutturali verticali che l'intradosso di elementi orizzontali. L'applicazione manuale con cazzuola è consentita per superfici limitate (poche decine di metri quadrati).

Si utilizza la malta:

- **Tipo MT1** per ripristinare elementi strutturali che richiedano spessori d'intervento da 10 a 50 mm anche in modo non omogeneo. Tale malta, essendo fibrorinforzata (fibre inorganiche flessibili), non richiede applicazione di rete elettrosaldata. E' utilizzata con semplicità anche per ripristini localizzati.
- **Tipo MT2** per ripristinare elementi strutturali che richiedano spessori d'intervento da 10 a 20 mm. Può essere utilizzata anche per interventi di spessore da 40 a 50 mm previa applicazione di rete elettrosaldata.
- **Tipo MT3** per ripristinare elementi strutturali che presentino degradi molto localizzati e spessori da 10 a 50 mm. Poiché sono malte che possono essere applicate anche su supporti solamente sabbiati sono utilizzati per interventi su elementi strutturali di difficile accesso sui quali non è possibile l'asportazione del calcestruzzo degradato per spessori centimetrici, inoltre non richiede l'applicazione di rete elettrosaldata.

Ripristini realizzati per colaggio

Tale tecnica è utilizzata per ripristinare l'estradosso di elementi strutturali orizzontali.

Il colaggio entro cassero è possibile per spessori compresi tra 40 e 50 mm facendo uso di materiali di tipo MC2.

Si utilizza la malta:

- **Tipo MC1** per ripristinare elementi strutturali che richiedano spessori d'intervento da 10 a 50 mm anche in modo non omogeneo. Tale malta, essendo fibrorinforzata (fibre inorganiche flessibili), non richiede applicazione di rete elettrosaldata.
- **Tipo MC2** per ripristinare elementi strutturali che richiedano spessori d'intervento da 10 a 20 mm. Per interventi di spessore da 40 a 50 mm la malta deve essere armata con rete elettrosaldata in assenza di armatura pre-esistente. Tale malta essendo reodinamica (autocompattante e molto scorrevole) può essere messa in opera in modo semplice ed affidabile per colaggio anche entro cassero per spessori compresi tra 40 e 50 mm.

- **Tipo MC3** per ripristinare elementi strutturali che richiedano spessori d'intervento da 10 a 50 mm anche in modo non omogeneo. Tale malta, essendo fibrorinforzata (fibre di acciaio rigide), non richiede applicazione di rete elettrosaldada. L'elevato dosaggio delle fibre di acciaio conferisce alla malta un elevato indice di duttilità.
- **Tipo MC4** per ripristinare in tempi brevissimi anche a basse temperature elementi strutturali che richiedano spessori d'intervento da 10 a 50 mm anche in modo non omogeneo. Tale malta è in grado di sviluppare resistenze meccaniche molto elevate alle brevissime stagionature anche a temperature di -5°C, inoltre, essendo fibrorinforzata (fibre di acciaio rigide), non richiede applicazione di rete elettrosaldada. L'elevato dosaggio delle fibre di acciaio conferisce alla malta un elevato indice di duttilità.

Degrado profondo – Ripristini di spessore maggiore di 50 fino a 100 mm

Quando il degrado interessa spessori maggiori di 50 mm non si devono più utilizzare malte, ma si deve far uso di betoncini.

Le tecniche d'intervento utilizzate sono:

- messa in opera per colaggio su superfici orizzontali di betoncini ad espansione contrastata in aria;
- colaggio entro cassero (incamiciatura) di betoncini ad espansione contrastata in aria.

L'asportazione del calcestruzzo contaminato (per esempio carbonatato e/o contenente cloruri) dovrà essere eseguita mediante martelletti leggeri alimentati ad aria compressa o preferibilmente, visti gli elevati spessori, mediante macchine idrodemolitrici, dopo l'asportazione del calcestruzzo contaminato, la superficie del supporto dovrà essere microscopicamente ruvida con asperità di 5 mm.

Si utilizza il betoncino:

- **Tipo B1** per ripristinare elementi strutturali che richiedano spessori d'intervento da 50 a 100 mm anche in modo non omogeneo. Tale betoncino, essendo fibrorinforzato (fibre inorganiche flessibili), non richiede applicazione di rete elettrosaldada.
- **Tipo B2** per ripristinare elementi strutturali che richiedano spessori d'intervento da 50 a 100 mm. Il betoncino deve essere sempre armato con rete elettrosaldada in assenza di altre armature. Tale betoncino, essendo reodinamico (autocompattante e molto scorrevole), può essere messo in opera in modo semplice ed affidabile per colaggio anche entro cassero, senza richiedere vibrazione.
- **Tipo B3** per ripristinare elementi strutturali che richiedano spessori d'intervento da 50 a 100 mm anche in modo non omogeneo. Tale betoncino, essendo fibrorinforzato (fibre di acciaio rigide), non richiede applicazione di rete elettrosaldada. L'elevato dosaggio delle fibre di acciaio conferisce al betoncino un elevato indice di duttilità.
- **Tipo B4** per ripristinare in tempi brevissimi, anche a basse temperature, elementi strutturali che richiedano spessori d'intervento da 50 a 100 mm anche in modo non omogeneo. Tale betoncino è in grado di sviluppare resistenze meccaniche molto elevate alle brevissime stagionature anche a temperature di -5°C, inoltre, essendo fibrorinforzato (fibre di acciaio rigide), non richiede applicazione di rete elettrosaldada. L'elevato dosaggio delle fibre di acciaio conferisce al betoncino un elevato indice di duttilità.
- **Tipo B5** per ripristinare elementi strutturali che richiedano spessori d'intervento da 50 a 100 mm. Il betoncino deve essere sempre armato con rete elettrosaldada in assenza di altre armature. Tale betoncino, essendo reodinamico (autocompattante e molto scorrevole), può

essere messo in opera in modo semplice ed affidabile per colaggio anche entro cassero, senza richiedere vi-brazione.

I betoncini B1, B2, B3, B4, sono ottenuti aggiungendo in cantiere rispettivamente alle malte tipo MC1, MC2, MC3, MC4, degli aggregati di opportuna curva granulometrica; per ottenere buoni risultati è necessario porre particolare attenzione alla scelta degli aggregati, verificando che siano di diametro minimo pari a 5 mm e diametro massimo di 10 mm, ben puliti e privi di impurità limo argillose.

Degrado molto profondo – Ripristini di spessore maggiore o uguale di 100 mm

Quando il degrado interessa spessori maggiori o uguali di 100 mm si deve far uso di calcestruzzo tipo CE o CS (calcestruzzi espansivi alle brevi stagionature ed a stabilità volumetrica alle lunghe stagionature, ottenuti utilizzando rispettivamente leganti di tipo LE o LS) aventi diametro massimo dell'inerte crescente al crescere dello spessore d'intervento.

Le tecniche d'intervento utilizzate sono:

- messa in opera per colaggio su superfici orizzontali;
- colaggio entro cassero (incamiciatura).

L'asportazione del calcestruzzo contaminato (per esempio carbonatato e/o contenente cloruri) dovrà essere eseguita mediante martelletti leggeri alimentati ad aria compressa o preferibilmente, visti gli elevati spessori, mediante macchine idrodemolitrici, dopo l'asportazione del calcestruzzo contaminato, la superficie del supporto dovrà essere microscopicamente ruvida con asperità di 5 mm.

I calcestruzzi di tipo CE e CS dovranno essere confezionati a piè d'opera. Sarà consentito, previo parere favorevole della D.L., il caricamento degli inerti, di opportuna e sperimentata curva granulometrica, in impianto di betonaggio insieme al 30-40% dell'acqua d'impasto totale. La restante acqua d'impasto, necessaria ad ottenere la consistenza richiesta, dovrà essere immessa in autobetoniera al momento del caricamento in cantiere del legante espansivo tipo LE o LS fornito in appositi sacconi. La miscelazione dovrà durare fino ad ottenere un impasto omogeneo per tutto il volume.

Interventi con resine

Spesso nei lavori di manutenzione delle strutture è necessario eseguire interventi speciali, con resine:

- **Tipo RC** per ripristinare in spessore centimetrico elementi che richiedono elevate prestazioni meccaniche; applicata per colaggio.
- **Tipo RT** per incollaggio di elementi in calcestruzzo, acciaio, PVC e altri materiali, in quanto garantisce elevata adesione tra i materiali; applicata con spatola.
- **Tipo RA** per inghisaggio rapido di barre di armatura utilizzando formulati in cartuccia; il diametro del foro per l'inghisaggio per barre ad aderenza migliorata dal diametro fino a 16 mm, deve essere pari alla somma del diametro della barra più 4 mm, mentre per barre ad aderenza migliorata dal diametro compreso tra 17 e 34 mm, deve essere pari alla somma del diametro della barra più 6 mm.
- **Tipo RI** per intasamento di cavi di precompressione, o saldatura di fessurazioni; applicata con iniezione a pressione.

15.2 REQUISITI E METODI DI PROVA DEI MATERIALI

Un materiale per il ripristino di strutture in calcestruzzo deve possedere i seguenti requisiti fondamentali.

Elevata compatibilità con il calcestruzzo di supporto

- Espansione contrastata a 24 ore con maturazione in aria: la perfetta compatibilità con il calcestruzzo di supporto si ha utilizzando malte e betoncini ad espansione contrasta con maturazione in aria, la cui espansione iniziale consentirà di compensare il ritiro che i materiali cementizi svilupperanno inevitabilmente all'evaporazione di parte dell'acqua d'impasto. Per garantire in opera la monoliticità tra vecchia struttura e materiale utilizzato per il ripristino è necessario che quest'ultimo sia in grado di fornire buoni valori di espansione contrastata a 24 ore e con maturazione all'aria.
- Aderenza al calcestruzzo indurito: l'adesione tra vecchia struttura e materiale di ripristino deve essere elevata e risultare almeno uguale alla resistenza a trazione del calcestruzzo indurito.
- Resistenza meccanica: la resistenza meccanica alla compressione, trazione e flessione deve risultare simile a quella del calcestruzzo di supporto e maggiore quando si eseguono interventi di adeguamento strutturale.
- Modulo elastico: per interventi di spessore centimetrico il modulo elastico del materiale di ripristino deve essere simile a quello del calcestruzzo di supporto. Per interventi millimetrici, specialmente per le zone inflesse, il modulo elastico deve essere ≤ 16.000 MPa.

Elevata compatibilità con l'ambiente d'esercizio

I materiali utilizzati per ripristinare strutture degradate devono possedere una resistenza agli agenti esterni superiore a quella del calcestruzzo di cui l'opera è costituita.

La capacità del materiale, da ripristino, di resistere agli agenti aggressivi presenti nell'ambiente, si riferisce principalmente all'acqua liquida, agli ioni Cl⁻, all'anidride carbonica, ed all'ossigeno, che partecipano attivamente ai processi di corrosione; nei riguardi di queste sostanze lo spessore del materiale da ripristino applicato deve naturalmente risultare il più possibile impermeabile.

Per concentrazioni di CO₂ molto elevate (> 1000 ppm) o quando si fa uso di sali decongelanti sarà necessario proteggere la struttura con uno specifico sistema protettivo filmogeno.

I materiali utilizzati per il ripristino devono garantire anche la massima continuità della superficie esterna in modo da non favorire l'ingresso delle sostanze aggressive.

I requisiti fondamentali che un materiale da ripristino deve garantire sono:

- Resistenza alla fessurazione da ritiro plastico: il materiale per il ripristino deve contenere fibre sintetiche poliacrilonitrili nella misura e del tipo adatto a contrastare il verificarsi delle fessure durante le prime ore dopo l'applicazione.
- Resistenza alla fessurazione da ritiro igrometrico: per garantire la curabilità del ripristino il materiale di apporto deve avere una elevata resistenza alla fessurazione a lungo termine; la causa di tali stati fessurativi è il ritiro igrometrico, per questo motivo è fondamentale utilizzare materiali ad espansione contrastata in aria che garantiscano, nelle condizioni di esercizio, la compensazione del ritiro igrometrico.
- Resistenza alla carbonatazione: requisito indispensabile per evitare il degrado per corrosione delle armature dovuta alla carbonatazione, la conseguenza di questo processo è l'abbassamento del pH della pasta cementizia che diventa incapace di passivare le armature.

- Impermeabilità ai cloruri: i cloruri sono l'altro fattore che causa la corrosione delle armature, gli ioni Cl⁻, penetrando nel calcestruzzo, arrivati all'armatura bucano lo strato di ossido esistente e corrodono localmente le armature.
- Resistenza a cicli di gelo-disgelo: requisito fondamentale per le strutture in zone montane dove la temperatura oscilla sopra e sotto lo zero e quando vi sono condizioni ambientali che rendono il calcestruzzo umido.
- Impermeabilità all'acqua: la presenza d'acqua favorisce tutti i processi di degrado, una elevata impermeabilità è sinonimo di ridotta porosità del conglomerato.

15.2.1 SCELTA DEI METODI DI PROVA

Nella successiva Tabella 15-2 sono riportati i requisiti ed i corrispondenti metodi di prova per i conglomerati ad espansione contrastata in aria e per le malte cementizie polimero modificate.

Tabella 15-2Requisiti e metodi di prova per materiali cementizi

REQUISITI	METODI DI PROVA							
	Malte polimero modificate di tipo MR1, MR2, MT3	Malte e betoncini espansivi in aria di tipo MT1, MT2, MC1, MC3, B1, B3	Malte e betoncini rapidi di tipo MC4,B4	Malte e betoncini espansivi in aria di tipo MC2, B2, B5	Legante di tipo LE	Calcestr. di tipo CE	Legante di tipo LS	Calcestr. di tipo CS
Bleeding	-	-	-	-	UNI 8998	-	UNI 8998	-
Lavorabilità	per malte UNI EN 13395/1, per betoncini UNI 11041				UNI EN 12350/2 (slump test)	UNI 11041	UNI EN 12350/2 (slump test)	UNI 11041
Espansione contrastata in aria	-----	all'aria: UNI 8147 modificata* (malte) UNI 8148 modificata* (betoncino) Test di Inarc./Imb.	-----	all'aria: UNI 8147 modificata* (malte) UNI 8148 modificata*(betoncino) Test di Inarc./Imb.				
Resistenza alla fessurazione	O Ring test (non applicabile per la MR1 e MR2)				-			
Adesione al calcestruzzo	UNI EN 1542 (metodo di prova/trazione diretta)				-	UNI EN 1542	-	UNI EN 1542
Resistenza alla carbonatazione	UNI EN 13295 (metodo di prova) UNI EN 1504-3 (limiti di accettazione)				-	UNI EN 1504-3		UNI EN 1504-3
Compatibilità termica parte 1, GELO-DISGELO	UNI EN 13687/1 -							
Compatibilità termica parte 2, TEMPORALI	UNI EN 13687/2				-			
Compatibilità termica parte 4, CICLI A SECCO	UNI EN 13687/4				-			
Impermeabilità all'acqua	UNI EN 12390/8 (in pressione) UNI EN 13057 (assorbimento capillare), esclusi i leganti tipo LE ed LS							
Resistenza a compressione	UNI EN 12190 per malte UNI EN 12390/3 per betoncini				UNI EN 12190	UNI EN 12390/3	UNI EN 12190	UNI EN 12390/3
Resistenza a trazione per flessione	UNI EN 196/1 per malte UNI EN 12390/5 per betoncini				UNI EN 196/1	UNI EN 12390/5	UNI EN 196/1	UNI EN 12390/5

Modulo elastico	UNI EN 13412 (malte) UNI 6556 (betoncini)	-	UNI 6556	-	UNI 6556
Caratteristiche di tenacità	ASTM C1018 (solo per i tipi MC3, MC4, B3, B4)	-----			
Resistenza allo sfilamento delle barre d'acciaio	RILEM-CEB-FIP RC6-78				

* le normative 8147 e 8148 modificata, considerano la prova effettuata all'aria.

** per l'impiego di Calcestruzzi di tipo CE e CS dovranno essere rispettati i requisiti sia del calcestruzzo sia del legante

I materiali a base di resina sono impiegati nel settore del ripristino per interventi speciali quali iniezione entro fessure, incollaggi strutturali, inghi-saggi di barre di armature, ecc., che non potrebbero essere eseguiti con successo con i materiali cementizi. La loro principale caratteristica è legata alle elevate prestazioni meccaniche (conseguente alla solidità dei legami di polimerizzazione che si innescano quando la base si unisce all'indurente) e alla elevata adesione al calcestruzzo, all'acciaio e ai diversi materiali da costruzione. Requisito specifico per i formulati utilizzati per saldare fessure è la bassissima viscosità che consente la massima penetrazione della resina.

Tabella 15-3Requisiti e metodi di prova per materiali a base di resina

REQUISITI	METODI DI PROVA		
	Resine di tipo RC e RT	Resine di tipo RI	Resine di tipo RA
Viscosità cinematica	-----	ASTM D 2196	-----
Caratteristiche di adesione: - resina-calcestruzzo - resina-acciaio - carico di sfilamento su barre di armatura	UNI EN 1542 ASTM D4541 -----		Pull out test
Caratteristiche a compressione (resistenza e modulo elastico)	ASTM D695		-----
Resistenza a trazione per flessione	ASTM D790		-----
Caratteristiche a trazione diretta (resistenza e modulo elastico)	ASTM D638		-----
Coefficiente di dilatazione termica lineare	ASTM D696		-----

15.3 ACCETTAZIONE E SPECIFICHE PRESTAZIONALI DEI MATERIALI PER INTERVENTI DI RIPRISTINO/ADEGUAMENTO

Prima che i materiali proposti dall'Impresa siano impiegati, la D.L. dovrà verificare che siano tra quelli omologati all'uso da parte del Committente, in base a prove dirette od a seguito dell'esame di prove eseguite presso Laboratori Ufficiali.

L'Impresa, prima dell'inizio dei lavori, dovrà fornire alla Direzione Lavori la documentazione tecnica per la qualifica dei materiali che intende impiegare, dimostrando la piena rispondenza ai requisiti ed alle prestazioni richieste (dichiarazione rilasciata dal Produttore).

La Direzione Lavori in tempo utile rispetto al programma lavori esprimerà il suo parere, potendo comunque prescrivere l'esecuzione di prove su campioni di materiali prelevati in contraddittorio. Saranno altresì richieste, con le stesse modalità, verifiche su campioni di materiale di normale fornitura e dichiarazioni che attestino le prestazioni specifiche delle partite di materiale, che sono consegnate di volta in volta dalle Società Produttrici.

Le Società Produttrici devono possedere certificazione di qualità ai sensi della normativa UNI EN ISO 9001 e possedere un manuale della Qualità.

La D.L. su indicazione del Committente, potrà richiedere che il Produttore fornisca, congiuntamente al materiale, una dichiarazione che attesti le prestazioni specifiche della partita di materiale che è consegnata di volta in volta.

Nelle successive tabelle sono indicate le prestazioni minime richieste per i singoli tipi di materiale, salvo migliori caratteristiche definite nel progetto.

Tabella 15-4 Prestazioni richieste per i materiali cementizi premiscelati ad espansione contrastata in aria

REQUISITI	MATERIALI CEMENTIZI AD ESPANSIONE CONTRASTATA ALL'ARIA DI TIPO					
	MT1	MT2	MC1	MC2	MC3	B5
Lavorabilità	170-180 mm	170-180 mm	230-250 mm	800-900 mm	190-200 mm	800-900 mm
Espansione contrastata all'aria	1 g > 0,04 % inarc. ◯	1 g > 0,04 % inarc. ◯	1 g > 0,04 % inarc. ◯	1 g > 0,04 % inarc. ◯	1 g > 0,04 % inarc. ◯	1 g > 0,04 % inarc. ◯
Resistenza alla fessurazione	Nessuna fessura dopo 180 gg	Nessuna fessura dopo 180 gg	Nessuna fessura dopo 180 gg	Nessuna fessura dopo 180 gg	Nessuna fessura dopo 180 gg	Nessuna fessura dopo 180 gg
Adesione al calcestruzzo	> 2 MPa	> 2 MPa	> 2 MPa	> 2 MPa	> 2 MPa	> 2 MPa
Resistenza alla carbonatazione	Secondo UNI EN 1504/3	Secondo UNI EN 1504/3	Secondo UNI EN 1504/3	Secondo UNI EN 1504/3	Secondo UNI EN 1504/3	Secondo UNI EN 1504/3
Compatibilità termica parte 1, GELO-DISGELO	Secondo UNI EN 13687/1	Secondo UNI EN 13687/1	Secondo UNI EN 13687/1	Secondo UNI EN 13687/1	Secondo UNI EN 13687/1	Secondo UNI EN 13687/1
Compatibilità termica parte 2, TEMPORALI	Secondo UNI EN 13687/2	Secondo UNI EN 13687/2	Secondo UNI EN 13687/2	Secondo UNI EN 13687/2	Secondo UNI EN 13687/2	Secondo UNI EN 13687/2
Compatibilità termica parte 4, CICLI A SECCO	Secondo UNI EN 13687/4	Secondo UNI EN 13687/4	Secondo UNI EN 13687/4	Secondo UNI EN 13687/4	Secondo UNI EN 13687/4	Secondo UNI EN 13687/4
Impermeabilità all'acqua - in pressione - assorbimento capillare	< 5 mm < 0,25 kg m ² h ^{-0,5}	< 5 mm < 0,15 kg m ² h ^{-0,5}	< 5 mm < 0,25 kg m ² h ^{-0,5}	< 5 mm < 0,08 kg m ² h ^{-0,5}	< 5 mm < 0,30 kg m ² h ^{-0,5}	< 5 mm < 0,1 kg m ² h ^{-0,5}
Resistenza a trazione per flessione - 1 giorno - 7 giorni - 28 giorni	> 7 MPa > 9 MPa > 10 MPa	> 4 MPa > 6 MPa > 8 MPa	> 7 MPa > 9 MPa > 10 MPa	> 4 MPa > 6 MPa > 7 MPa	> 10 MPa > 13 MPa > 16 MPa	> 4 MPa > 6 MPa > 7 MPa
Modulo elastico	28.000 (± 2.000) MPa	28.000 (± 2.000) MPa	28.000 (± 2.000) MPa	28.000 (± 2.000) MPa	27.000 (± 2.000) MPa	30.000 (± 2.000) MPa
Caratteristiche di tenacità - carico di prima fessurazione - Indice di tenacità	----- -----	----- -----	----- -----	----- -----	> 20 KN I ₂₀ > 20	----- -----
Resistenza allo sfilamento delle barre d'acciaio	> 25 MPa	> 25 MPa	> 25 MPa	> 25 MPa	> 25 MPa	> 25 MPa

N.B Le prestazioni dei betoncini realizzati aggiungendo ghiaio nella misura del 35% in peso, sono ovviamente legate alla natura ed alla qualità dell'inerte stesso; per la valutazione prestazionale quindi dei betoncini NON premiscelati (tipo B1, B2, B3), si dovrà testare la relativa malta di partenza (tipo MC1, MC2, MC3) e quindi procedere a verificare i valori delle prestazioni dei betoncini definite in progetto

Tabella 15-5 Prestazioni richieste per i materiali rapidi

REQUISITI	MATERIALI RAPIDI DI TIPO MC4		
Lavorabilità	210-220 mm		
Resistenza alla fessurazione (o ring test)	Nessuna fessura dopo 180 gg		
Adesione al calcestruzzo	> 2 MPa		
Resistenza alla carbonatazione	Secondo UNI EN 1504/3		
Compatibilità termica parte 1, GELO-DISGELO	UNI EN 13687/1		
Compatibilità termica parte 2, TEMPORALI	UNI EN 13687/2		
Compatibilità termica parte 4, CICLI A SECCO	UNI EN 13687/4		
Impermeabilità all'acqua			
- in pressione	< 5 mm		
- assorbimento capillare	< 0,35 kg m ² h ^{0.5}		
Resistenza a compressione	-5°C*	0°C**	20°C
3 ore	>8 MPa	>15 MPa	>25 MPa
4 ore	>12 MPa	>20 MPa	>35 MPa
8 ore	>20 MPa	>30 MPa	>40 MPa
24 ore	>50 MPa	>55 MPa	>60 MPa
7 giorni	>65 MPa	>65 MPa	>70 MPa
28 giorni	>75 MPa	>75 MPa	>75 MPa
Resistenza a trazione per flessione (20°C)			MC5 1g > 4 MPa 7 gg > 6 MPa 28 gg > 7 MPa MC4 1g > 15 MPa 7 gg > 18 MPa 28 gg > 24 MPa
Modulo elastico	30.000 (± 2.000) MPa		
Caratteristiche di tenacità			
- Carico di prima fessurazione	> 20 KN		
- Indice di tenacità	I ₂₀ > 20		
Resistenza allo sfilamento delle barre d'acciaio	> 25 MPa		

N.B Le prestazioni dei betoncini realizzati aggiungendo ghiaio nella misura del 35% in peso, sono ovviamente legate alla natura ed alla qualità dell'inerte stesso; per la valutazione prestazionale quindi dei betoncini NON premiscelati (tipo B4), si dovrà testare la relativa malta di partenza (tipo MC4, MC5) e quindi procedere a verificare i valori delle prestazioni dei betoncini definite in progetto

* materiali ed acqua condizionati a +10°C, stagionatura a -5°C

** materiali ed acqua condizionati a +10°C, stagionatura a 0°C

Tabella 15-6 Prestazioni richieste per i materiali le malte cementizie polimero modificate

REQUISITI	MALTE CEMENTIZIE POLIMERO MODIFICATE DI TIPO		
	MR1	MR2	MT3
Lavorabilità	180-190 mm	180-190 mm	170-180 mm
Resistenza alla fessurazione (O ring test)	-	-	Nessuna fessura dopo 180 gg
Resistenza alla fessurazione	----	----	Nessuna fessura dopo 180 gg
Adesione al calcestruzzo	> 2 MPa	> 2MPa	> 2 MPa
Resistenza alla carbonatazione	Secondo pr EN 1504-3	Secondo pr EN 1504-3	Secondo pr EN 1504-3
Compatibilità termica parte 1, GELO-DISGELO	Secondo UNI EN 13687/1	Secondo UNI EN 13687/1	Secondo UNI EN 13687/1
Compatibilità termica parte 2, TEMPORALI	Secondo UNI EN 13687/2	Secondo UNI EN 13687/2	Secondo UNI EN 13687/2
Compatibilità termica parte 4, CICLI A SECCO	Secondo UNI EN 13687/4	Secondo UNI EN 13687/4	Secondo UNI EN 13687/4
Impermeabilità all'acqua - in pressione - assorbimento capillare	< 15 mm < 0,5 kg m ² h ^{-0,5}	< 15 mm < 0,5 kg m ² h ^{-0,5}	< 15 mm < 0,5 kg m ² h ^{-0,5}
Resistenza a compressione - 1 giorno - 7 giorni -28 giorni	> 12 MPa > 28 MPa > 40 MPa	> 20 MPa > 27 MPa > 38 MPa	> 25 MPa > 45 MPa > 55 MPa
Resistenza a trazione per flessione - 1 giorno - 7 giorni -28 giorni	> 4 MPa > 7 MPa > 8 MPa	> 2 MPa > 5 MPa > 7 MPa	> 6 MPa > 8 MPa > 10 MPa
Modulo elastico [MPa]	16.000 (± 2.000)	16.000 (± 2.000)	25.000 (± 2.000)
Resistenza allo sfilamento delle barre d'acciaio [MPa]	----	-----	> 20

Tabella 15-7 Prestazioni richieste per i leganti espansivi LE e LS e per i calcestruzzi espansivi CE e CS

REQUISITI	LEGANTI TIPO LE*	CALCESTRUZZI TIPO CE***	LEGANTI TIPO LS**	CALCESTRUZZI TIPO CS****
Bleeding	Assente	-	Assente	-
Lavorabilità	Fluidità Flow Cone iniziale < 30 sec, dopo 30 minuti < 35 secondi	S5	Fluidità Flow Cone iniziale < 30 sec, dopo 30 minuti < 35 secondi	Conforme alla UNI 11041 fluidità > 600 mm
Espansione contrastata	1 g > 0,03 %	1 g > 0,03 %	1 g > 0,03 %	1 g > 0,03 %
Adesione al calcestruzzo	> 1,5 MPa	> 1,5 MPa	> 1,5 MPa	> 1,5 MPa
Resistenza alla carbonatazione	-	Secondo UNI EN 1504/3	-	Secondo UNI EN 1504/3
Impermeabilità all'acqua - in pressione - assorbimento capillare	-	< 20 mm < 0,5 kg m ² h ^{-0,5}	-	< 20 mm < 0,5 kg m ² h ^{-0,5}
Resistenza al gelo- disgelo con sali disgelanti	-	Secondo UNI EN 13687/1	-	Secondo UNI EN 13687/1
Resistenza a compressione - 1 giorno - 7 giorni - 28 giorni	> 20 MPa* > 50 MPa* > 60 MPa*	> 20 MPa > 35 MPa > 50 MPa	> 20 MPa** > 50 MPa** > 60 MPa**	> 25 MPa > 55 MPa > 65 MPa
Resistenza a trazione per flessione - 1 giorno - 7 giorni - 28 giorni	> 3 MPa* > 6 MPa* > 7 MPa*	> 2 MPa > 3 MPa > 4 MPa	> 3 MPa** > 6 MPa** > 8 MPa**	> 3 MPa > 4 MPa > 5 MPa
Modulo elastico	-	30.000 (± 2.000) MPa	-	30.000 (± 2.000) MPa
Resistenza allo sfilamento delle barre d'acciaio	> 15 MPa	> 15 MPa	> 15 MPa	> 15 MPa

*prove su boiacche effettuate con rapporto A/C pari a 0,32

**prove su boiacche effettuate con rapporto A/C pari a 0,30

***prove su calcestruzzi con dosaggio di legante LE pari a 400 kg/mc

****prove su calcestruzzi con dosaggio di legante LS pari a 500 kg/mc

Tabella 15-8 Prestazioni richieste per malte di resina

REQUISITI	MALTE DI RESINA DI TIPO																																			
	RC	RT	RI	RA																																
Viscosità cinematica	-----	-----	500-700 mPa·s	-----																																
Caratteristiche di adesione a 7 gg:																																				
- resina-cls [MPa]	> 3,5	> 3,5	> 3,5	-----																																
- resina-acciaio[MPa]	> 12	> 7	> 10	-----																																
- carico di sfilamento su barre di armatura ad aderenza migliorata FeB44K	-----	-----	-----	<table><tr><th>Diam. barra</th><th>Diam. foro</th><th>Lungh. ancor.barra [mm]</th><th>Carico</th></tr><tr><td>[mm]</td><td>[mm]</td><td></td><td>[kN]</td></tr><tr><td>10</td><td>12</td><td>175</td><td>10,6</td></tr><tr><td>12</td><td>16</td><td>215</td><td>15,0</td></tr><tr><td>14</td><td>18</td><td>255</td><td>20,1</td></tr><tr><td>16</td><td>20</td><td>275</td><td>28,8</td></tr><tr><td>20</td><td>26</td><td>355</td><td>43,2</td></tr><tr><td>26</td><td>32</td><td>435</td><td>65,0</td></tr></table>	Diam. barra	Diam. foro	Lungh. ancor.barra [mm]	Carico	[mm]	[mm]		[kN]	10	12	175	10,6	12	16	215	15,0	14	18	255	20,1	16	20	275	28,8	20	26	355	43,2	26	32	435	65,0
Diam. barra	Diam. foro	Lungh. ancor.barra [mm]	Carico																																	
[mm]	[mm]		[kN]																																	
10	12	175	10,6																																	
12	16	215	15,0																																	
14	18	255	20,1																																	
16	20	275	28,8																																	
20	26	355	43,2																																	
26	32	435	65,0																																	
Caratteristiche a compressione a 7 gg:																																				
- Resistenza [MPa]				-----																																
-Modulo elastico[MPa]	> 55 7000	> 70 7000	> 70 3100	-----																																
Resist. a traz. per fless. a 7 gg [MPa]	> 30	> 25	> 40	-----																																
Caratteristiche a trazione diretta a 7 gg:																																				
- Resistenza [MPa]	> 6	> 8	> 35	-----																																
- Modulo elast. [MPa]	6.300	9500	2400	-----																																
Coefficiente di dilatazione termica lineare a 7 gg [°C ⁻¹]	2,46 10 ⁻⁵	2,04 10 ⁻⁵	5,11 10 ⁻⁵	-----																																

15.4 TRATTAMENTI PRIMA DEL RIPRISTINO/ADEGUAMENTO E FASI ESECUTIVE

Le modalità esecutive variano in funzione dello spessore del calcestruzzo da asportare, da quello del ripristino e del tipo di materiale che sarà utilizzato, possono comunque essere sintetizzate nelle seguenti fasi:

- Asportazione del calcestruzzo degradato, sia il calcestruzzo incoerente che quello contaminato da cloruri o carbonatato che non è più in grado di passivare le armature;
- Pulizia delle armature eventualmente scoperte, qualora il degrado sia causato dalla corrosione dei ferri d'armatura è fondamentale creare condizioni elettrochimiche che evitino il proseguire della corrosione;
- ☐ Posizionamento delle eventuali armature aggiuntive;
- Posizionamento dell'eventuale rete elettrosaldata di contrasto;
- Pulizia e saturazione della superficie di supporto ;
- Applicazione del materiale di ripristino;
- Frattazzatura o staggatura;
- Stagionatura.

Le fasi esecutive in funzione del tipo di materiale utilizzato sono indicate nella tabella 19.4a e descritte nei punti successivi.

Tabella 15-9 Fasi esecutive in funzione del tipo di materiale di ripristino

		MATERIALI				
		Malte e betoncini espansivi in aria e malte e betoncini rapidi non fibrorinforz. di tipo MT2, MC2, B2, B5	Malte e betoncini espansivi in aria e malte e betoncini rapidi fibrorinforz. di tipo MT1, MC1, MC3, MC4, B1, B3, B4,	Malte polimero modificate di tipo MR1, MR2, MT3		Materiali a base di resina di tipo RC, RT, RI, RA
FASI ESECUTIVE	Asportazione del calcestruzzo degradato*	Idrodemoliz. o scalpellatura meccanica	Idrodemoliz. o scalpellatura meccanica	Sabb. o idros. per sp. mm	Idrod. o scalp. mecc. per sp. cm	Sabbiatura
	Pulizia delle armature	Sabbiatura	Sabbiatura	Sabbiatura		Sabbiatura
	Posizionamento di armature aggiuntive	Se richiesto	Se richiesto	Se richiesto		Se richiesto
	Posizionamento di rete di contrasto	per spessori > 40 mm per MT2 e MC2	N.R.	N.R.		N.R.

	Pulizia della superficie di supporto	Acqua in pressione	Acqua in pressione	Acqua a caduta o soffio d'aria compressa		Soffio d'aria compressa
	Saturazione della superficie di supporto	Acqua in pressione	Acqua in pressione	Acqua in press. per MR1	N.R. per MR2 e MT3	N.R.
	Applicazione del materiale di ripristino	Spruzzo o rinzafo o colaggio	Spruzzo o rinzafo o colaggio	Spruzzo o rinzafo		Spatolatura o colaggio o iniezione
	Frattazzatura (sup.vert.) o staggiatura (sup.oriz.)	Richiesta	Richiesta	Richiesta		N.R.
	Stagionatura ¹	Prodotti antievaporanti o acqua nebulizzata o teli in plastica	Prodotti antievaporanti o acqua nebulizzata o teli in plastica	Prodotti antievaporanti o acqua nebulizzata o teli in plastica		N.R.

N.R Fase esecutiva non richiesta

* per i materiali ad espansione contrastata dovrà garantirsi una macro ruvidità (asperità di circa 5mm di profondità)

15.4.1 ASPORTAZIONE DEL CALCESTRUZZO DEGRADATO

Il Progettista stabilirà lo spessore di calcestruzzo da asportare sulla base dei risultati di un'apposita indagine preliminare. La Direzione Lavori segnalerà alla Committente eventuali difformità di degrado rispetto a quanto valutato nel progetto.

L'asportazione del calcestruzzo incoerente o degradato avverrà mediante idrodemolizione o scalpellatura meccanica eseguita mediante martelletti leggeri alimentati ad aria compressa, adottando tutte le precauzioni necessarie ad evitare il danneggiamento delle strutture superstiti.

Le macchine idrodemolitrici dovranno avere pressione del getto d'acqua >150 MPa e portata compresa tra 100 e 300 l/min in funzione del tipo della struttura e del calcestruzzo da asportare. Tali macchine dovranno essere sottoposte alla preventiva approvazione della Direzione Lavori ed essere corredate di sistemi di prerogolazione con comando a distanza e di sistemi di sicurezza e di protezione, che consentano il corretto funzionamento anche in presenza di traffico, nonché il controllo delle acque di scarico, la qualità delle quali dovrà essere conforme ai limiti delle tabelle contenute nell'allegato 5 del Dlgs 152/99.

La superficie del calcestruzzo di supporto dovrà risultare macroscopicamente ruvida (asperità di circa 5 mm di profondità) allo scopo di ottenere la massima aderenza tra il nuovo ed il vecchio materiale. Tale macro ruvidità è indispensabile per i materiali ad espansione contrastata in aria e per i prodotti rapidi (MT1, MT2, MC1, MC2, MC3, MC4, B1, B2, B3, B4, B5, CE, CS).

¹ Quando si devono applicare rivestimenti protettivi o trattamenti d'impermeabilizzazione si devono utilizzare prodotti antievaporanti che, dopo pochi giorni dall'applicazione, si polverizzano e siano di facile asportazione mediante lavaggio con acqua in pressione. L'adozione dei teli di plastica è limitata ai casi di protezione dei getti in climi particolarmente rigidi

Per le malte cementizie polimero modificate (MR1, MR2, MT3) e per i materiali a base di resina (RC, RT, RI, RA) la preparazione del supporto potrà essere effettuata anche mediante sabbiatura; non essendo necessaria la macroruvidità del supporto in quanto l'aderenza tra vecchio e nuovo si garantisce mediante l'azione collante della resina o del polimero e non mediante il meccanismo dell'espansione contrastata; ma se lo spessore del calcestruzzo degradato è centimetrico la sabbiatura non è in grado di rimuovere tali spessori e quindi è necessario verificare se la semplice sabbiatura e l'applicazione dei materiali con essa compatibili siano in grado di arrestare i fenomeni di degrado.

15.4.2 PULIZIA DELLE ARMATURE

I ferri di armatura del cemento armato messi a nudo in fase d'asportazione del conglomerato cementizio ammalorato dovranno essere puliti dalle scaglie di ossido mediante sabbiatura.

15.4.3 POSIZIONAMENTO DI ARMATURE AGGIUNTIVE

Qualora sia necessario aggiungere delle armature, queste saranno poste in opera prima della pulizia della superficie di supporto e del posizionamento dell'eventuale rete elettrosaldata di contrasto.

Dovrà essere garantito un copriferro di almeno 20 mm.

15.4.4 POSIZIONAMENTO DELLA RETE ELETTROSALDATA DI CONTRASTO

E' richiesta l'applicazione di una rete elettrosaldata di contrasto solo per le malte di tipo MT2 e MC2 quando lo spessore d'intervento è maggiore di 20 mm.

Quando si richiede l'utilizzo di rete di contrasto, questa dovrà essere ben ancorata al supporto, lo spessore minimo d'intervento non potrà essere inferiore a 40 mm, infatti la rete dovrà avere un copriferro di almeno 20 mm e dovrà essere distaccata dal supporto di almeno 10 mm, mediante l'uso di distanziatori (altrimenti si hanno minori aderenze all'interfaccia vecchio/nuovo materiale e fessurazioni in superficie per assenza di contrasto nello spessore più esterno del materiale utilizzato per il ripristino).

Nel caso sia previsto nel progetto l'utilizzo di rete elettrosaldata in barre d'acciaio inossidabile, questa dovrà avere le caratteristiche precisate in progetto.

15.4.5 PULIZIA E SATURAZIONE DELLA SUPERFICIE DI SUPPORTO

Per avere la certezza che il supporto sia pulito al momento dell'applicazione occorre effettuare la pulizia immediatamente prima dell'applicazione del materiale, dopo che tutte le altre operazioni di preparazione siano state ultimate.

Si dovranno pertanto asportare con i mezzi più opportuni le polveri e le parti incoerenti in fase di distacco eventualmente ancora presenti dopo l'asportazione meccanica del calcestruzzo, l'ossido eventualmente presente sui ferri d'armatura, le impurità, le tracce di grassi, oli e sali aggressivi, ottenendo così una superficie composta da un conglomerato cementizio sano, pulito e compatto.

Per l'applicazione di materiali cementizi, la pulizia della superficie di supporto, salvo le malte di tipo MR1, MR2 ed MT3 per le quali la pulizia va eseguita con aria compressa o con lavaggio con acqua a caduta, dovrà essere effettuata mediante lavaggio con acqua in pressione (80-100 MPa e acqua

calda nel periodo invernale), per asportare polvere e parti incoerenti, eventualmente ancora presenti dopo la scarifica meccanica del calcestruzzo.

L'operazione di pulizia con acqua in pressione, se eseguita immediatamente prima dell'applicazione del materiale, consente anche la saturazione del calcestruzzo, comunque necessaria per una corretta applicazione dei materiali (MT1, MT2, MC1, MC2, MC3, MC4, B1, B2, B3, B4, B5, CE, CS). Per l'applicazione dei materiali a base di resina (RC, RT, RI, RA) la pulizia della superficie di supporto dovrà essere effettuata mediante getto di aria compressa per asportare la polvere eventualmente presente dopo aver preparato il supporto mediante sabbiatura o idrosabbiatura.

15.4.6 APPLICAZIONE DEI MATERIALI DI RIPRISTINO

Le modalità applicative variano in relazione alla tecnologia d'intervento utilizzata ed al tipo di materiale prescelto, possono comunque essere sintetizzate come segue:

I materiali cementizi sono forniti già premiscelati a secco, devono essere miscelati con acqua, escluse le malte di tipo MR2 ed MT3 che vanno impastate con il proprio polimero, nel quantitativo indicato dalle Ditte Produttrici (sarà importante non superare mai il quantitativo massimo indicato per evitare sia fenomeni di bleeding e separazione che il decadimento di tutte le prestazioni), per almeno 4-5 minuti con betoniera o con il miscelatore dell'intonacatrice secondo la seguente metodologia:

- introdurre nella betoniera o nel miscelatore il minimo quantitativo d'acqua indicato dal produttore, aggiungere il materiale contenuto nei sacchi e quindi per i materiali di tipo MT1, MT2, MC1, MC2, MC3, B1, B2, B3, B5 il ritentore di umidità liquido;
- proseguire la miscelazione per 4-5 minuti fino ad ottenere un impasto omogeneo e privo di grumi;
- se necessario, aggiungere altra acqua (senza mai superare il quantitativo massimo indicato dal Produttore) fino ad arrivare alla consistenza voluta e mescolare per altri 2 minuti.

Non è consentita la miscelazione a mano poiché questa generalmente comporta un eccesso d'acqua nell'impasto. Per miscelare piccoli quantitativi dovrà essere impiegato un normale trapano con mescolatore a frusta.

Le malte tixotropiche vanno applicate con macchina intonacatrice o manualmente con la cazzuola.

Le malte ed i betoncini colabili vanno applicati a consistenza fluida o superfluida per colaggio, nel caso di applicazione entro cassero si dovranno utilizzare casseforme che non assorbano acqua dall'impasto e che garantiscano una perfetta tenuta per evitare perdite di bocca, tali casseforme dovranno essere opportunamente fissate in modo da resistere alla spinta dei materiali a consistenza superfluida.

E' accettata l'applicazione con temperature comprese tra 5 e 40°C, al di fuori di tale intervallo l'applicazione potrà essere eseguita soltanto previa autorizzazione della D.L.

Solo i materiali per ripristini rapidi di tipo (MC4, B4) possono essere utilizzati fino a temperature di -5°C.

Quando le temperature sono tra 5 e 10°C lo sviluppo delle resistenze meccaniche è più lento, pertanto è necessario adottare i seguenti provvedimenti:

- conservare il prodotto in ambiente riparato dal freddo;

- impiegare acqua calda per l'impasto;
- iniziare le applicazioni nella mattinata;
- proteggere dall'ambiente freddo il getto coprendolo con teli impermeabili.

Per applicazioni a temperature prossime a 40°C è necessario adottare i seguenti provvedimenti:

- conservare il prodotto in luogo fresco;
- impiegare acqua fresca;
- applicare i materiali nelle ore meno calde della giornata;
- nei climi asciutti e ventilati si raccomanda di porre particolare attenzione alla stagionatura.

I materiali a base di resina devono essere miscelati ed applicati seguendo scrupolosamente le indicazioni fornite dal produttore sulle schede tecniche dei singoli prodotti.

15.4.7 FRATTAZZATURA O STAGGIATURA

Dopo l'applicazione dei materiali cementizi tixotropici, la superficie dovrà essere lisciata mediante frattazzatura. Tale operazione dovrà essere eseguita con molta cura nel caso delle malte che sono miscelate con acqua, infatti, una corretta frattazzatura è indispensabile per contrastare efficacemente la formazione di microfessure, derivanti dal ritiro plastico.

Per diminuire questo rischio tutte le malte tixotropiche, che sono applicate a spruzzo od a rinzaffo, devono essere provviste di fibre sintetiche poliacrilinitrili.

La frattazzatura dovrà eseguirsi dopo un certo tempo dall'applicazione in funzione delle condizioni climatiche.

L'intervallo di tempo tra l'applicazione a spruzzo e la finitura con frattazzo è stabilito in funzione del primo irrigidimento della malta che si determina quando, appoggiando una mano sulla superficie, le dita non affondano ma lasciano una leggera impronta sull'intonaco.

Le superfici esposte all'aria (vale a dire non a contatto con casseforme) dei materiali cementizi colabili possibilmente dovrebbero essere staggate se l'operazione non è possibile, o considerata troppo onerosa, appena messe in opera devono essere stagionate con materiali specifici, che non pregiudichino l'aderenza di successivi sistemi protettivi o impermeabilizzanti, e/o protetti con teli di plastica nel periodo invernale o stagionati con acqua nebulizzata nel periodo estivo.

15.4.8 STAGIONATURA

Una corretta stagionatura è fondamentale per garantire una giusta maturazione e per evitare la formazione di fessure da ritiro plastico, dovute all'immediata evaporazione di parte dell'acqua d'impasto sotto l'azione del sole e del vento. Nelle opere di nuova costruzione, diventa fondamentale per la curabilità degli interventi di manutenzione.

La stagionatura potrà essere realizzata utilizzando:

- prodotti stagionanti specifici, che non diminuiscono l'aderenza di sistemi protettivi o impermeabilizzanti;
- teli;
- acqua nebulizzata.

La copertura con il curing sarà tanto più rapida quanto più caldo e secco è il clima (il curing potrà essere evitato se si usano malte con microfibre poliacrilnitrili).

La stagionatura può essere realizzata in modo semplice ed affidabile utilizzando materiali a base di resine che abbinino alla funzione di stagionante anche quella di primer per eventuali sistemi protettivi da applicare sopra il materiale di ripristino.

L'eventuale protezione delle strutture ripristinate dovrà essere eseguita secondo quanto indicato sulle schede tecniche del sistema protettivo utilizzato.

15.5 PROVE E CONTROLLI

La D.L. prima dell'inizio delle lavorazioni dovrà verificare attentamente che i macchinari utilizzati per l'asportazione del calcestruzzo degradato e/o contaminato, per eventuali sabbiature, per la pulizia e/o la saturazione del supporto e per l'applicazione a spruzzo dei prodotti tixotropici siano idonei ad ottenere quanto richiesto dalla Norma Tecnica generale e dal progetto in particolare.

Tali verifiche dovranno essere fatte anche in corso d'opera per verificare che tutte le fasi esecutive siano realizzate come descritto nel paragrafo 15.4 e nel progetto specifico.

La D.L. per l'accettazione dei materiali dovrà attenersi a quanto indicato al precedente paragrafo ed in particolare, per i materiali cementizi ad espansione contrastata in aria, la stessa D.L. dovrà eseguire, ad inizio cantiere ed in corso d'opera quando lo ritenga opportuno, la verifica qualitativa (test d'inarcamento/imbarcamento secondo la metodologia descritta in allegato A) o quantitativa (secondo UNI 8147 con maturazione dei provini in aria) della capacità espansiva del prodotto.

Nel caso in cui il prodotto esaminato non dovesse rispettare i requisiti richiesti lo stesso dovrà essere sostituito.

Comunque in corso d'opera le prove dovranno essere ripetute con la frequenza ritenuta necessaria dalla Direzione Lavori.

Per i calcestruzzi confezionati con leganti espansivi, si prescrivono i seguenti controlli:

1. Controlli preliminari

Deve essere fornita la scheda tecnica del legante espansivo che si vuole utilizzare come unico legante per confezionare i cls espansivi di tipo CE o CS, in quanto si dovrà verificare la conformità con i requisiti prestazionali riportati nella Tabella 15-7 Prestazioni richieste per i leganti espansivi LE e LS e per i calcestruzzi espansivi CE e CS delle norme tecniche.

Nella scheda tecnica del prodotto suddetto deve essere riportato in modo esplicito il valore di espansione della boiaccia ottenuta aggiungendo al legante espansivo il contenuto d'acqua riportato nella stessa scheda tecnica, dovrà altresì essere indicato il metodo di prova. Si dovrà inoltre fornire una dichiarazione del produttore che certifichi le prestazioni del prodotto come boiaccia riportate in scheda tecnica, con particolare riferimento al valore di espansione.

2. Controlli per la qualifica

Si eseguirà la qualifica c/o l'impianto di betonaggio, relativamente:

- al controllo dell'umidità dell'inerte fino (sabbia), fondamentale per avere il rapporto a/c e la consistenza costanti;
- al dosaggio di acqua aggiunta;

- alla verifica che prima del carico di autobetoniera a seguito di prece-dente lavaggio, tutta l'acqua usata per il lavaggio stesso sia rimossa dalla betoniera stessa.

Si eseguirà la qualifica del legante espansivo relativamente ai valori di espansione, resistenza meccanica a compressione e fluidità, i quali devono risultare conformi a quanto indicato nella Tabella 15-7

Si procederà poi con la qualifica del calcestruzzo:

- dovranno realizzarsi degli impasti di qualifica per verificare tutte le fasi di dosaggio caricamento dei componenti e di miscelazione;
- si dovranno eseguire i test di espansione secondo UNI 8148 sul calcestruzzo a 24h;
- si dovranno eseguire test di mantenimento di consistenza per tutto il tempo necessario alla messa in opera del calcestruzzo;
- si dovranno eseguire test di resistenza meccanica.

I controlli precedenti dovranno soddisfare i requisiti prestazionali della Tabella 15-7 Prestazioni richieste per i leganti espansivi LE e LS e per i calcestruzzi espansivi CE e CS delle norme tecniche.

3. *Controlli in corso d'opera*

Si procederà a prelevare su indicazione della D.L. dei campioni di legante, per il confezionamento del calcestruzzo, per far eseguire c/o laboratorio prova di espansione a 24h.

Dovrà essere verificata a piè d'opera su indicazione della D.L., la caratteristica SCC nel caso di confezionamento di calcestruzzi CS, secondo la norma UNI 11040.

Su indicazione della D.L. si procederà a prelevare, dagli impasti del materiale, dei campioni di calcestruzzo confezionati in opportuni stampi, sui quali si eseguiranno (c/o laboratorio) le prove di espansione a 24h e di resistenza a compressione.

Tutti i requisiti dovranno essere conformi a quanto indicato nella Tabella 15-7 delle norme tecniche.

Qualora dalle prove risultassero valori inferiori di non più del 10% rispetto a quelli indicati nelle tabelle Tabella 15-4, Tabella 15-5, Tabella 15-6 (rispettivamente per malte cementizie ad espansione contrastata, per malte cementizie polimero modificate, e per formulati a base di resine) o previsti in progetto, la Direzione Lavori, fermo restando la sicurezza strutturale, accetterà il materiale ma il suo prezzo unitario sarà decurtato del 15% per tutte le superfici ed i volumi su cui si è operato e per tutti i prezzi e sovrapprezzi con cui è stato pagato.

Qualora i valori risultassero minori di oltre il 10% rispetto a quelli richiesti e nel caso in cui sussistano contemporaneamente più difetti, qualunque siano i valori di scostamento riscontrati rispetto alle previsioni progettuali, l'Impresa sarà tenuta a sua totale cura e spese alla rimozione dei materiali già posti in opera ed al loro ripristino.

Le superfici ripristinate dovranno essere controllate a campione (almeno il 5% per superfici estese e almeno il 10% per superfici limitate) mediante bagnatura, per ogni elemento strutturale, per verificare l'eventuale presenza di microfessure.

In caso si evidenziassero microfessure occorrerà estendere il controllo all'intera superficie riparata per la quale, se l'incidenza dell'area fessurata risulterà inferiore al 20% dell'area totale d'intervento, sarà applicata una penale; se superiore, l'Impresa dovrà procedere, a sua cura e spese, alla rasatura (tale intervento avrà in genere uno spessore medio di 3 mm; sarà realizzato uti-lizzando una malta cementizia polimero modificata premiscelata, tixotropica del tipo MR1, previa

preparazione del supporto mediante sabbiatura o idrosabbiatura, la malta dovrà essere applicata preferibilmente a spruzzo con intonacatrice, l'applicazione con spatola è consentita per interventi d'estensione limitata) e alla protezione con filmogeni, di tipologia da concordare con la Direzione Lavori, in accordo con il Progettista.

La verifica di ottenimento dell'adesione in opera si otterrà con il controllo al martello, con campionamento secondo il criterio indicato per le microfessure.

Le superfici risonanti a vuoto saranno verificate in contraddittorio e su di esse sarà applicata la penale del 25% per tutti i prezzi e sovrapprezzi spesi per il lavoro risultato non idoneo, salvo richiesta della Committente di far effettuare, le asportazioni ed il rifacimento del ripristino delle superfici risonanti.

Qualora sussistano contemporaneamente due o più difetti potrà essere richiesta dalla D.L. la rimozione delle riparazioni mal eseguite, oppure sarà applicata una detrazione a tutti i prezzi e superfici controllate pari alla somma delle penalità indicate.

15.6 ALLEGATO A - TEST DI INARCAMENTO – IMBARCAMENTO - VERIFICA QUALITATIVA DELLA CAPACITÀ ESPANSIVA

SCOPO DELLA PROVA

Questo test è stato concepito per simulare il comportamento dimensionale di una malta da riparazione applicata su un substrato ruvido. Il test è pertanto un indicatore della variazione volumetrica/dimensionale contrastata che può subire nel tempo una malta da ripristino.

ATTREZZATURA

Si impiega la seguente attrezzatura:

1. uno stampo elastico in gomma siliconica avente dimensioni interne 10000x50x20mm;
2. un lamierino forato di contrasto avente dimensioni 10000x45x1mm e fori 8mm.

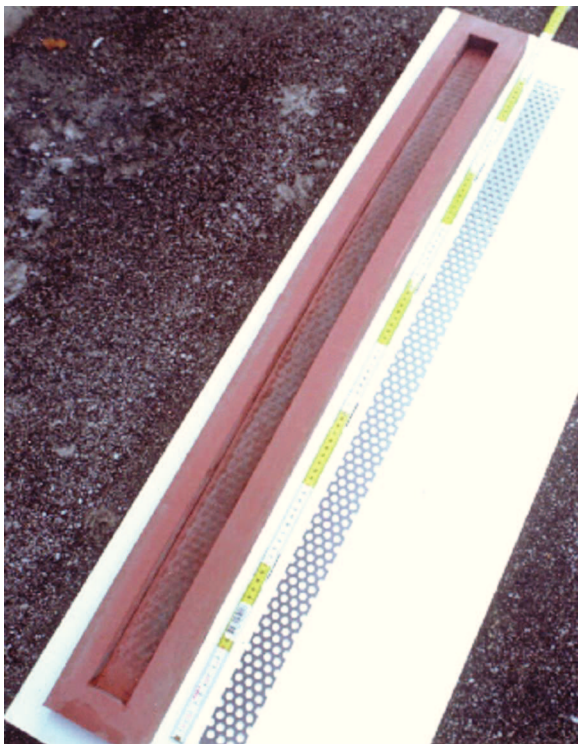


Figura 15-1 - Materiali utilizzati per il test di compatibilità dimensionale

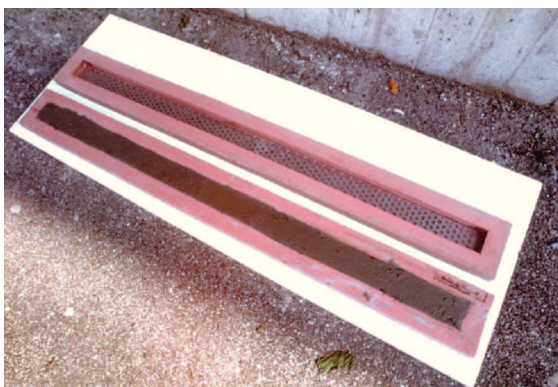


Figura 15-2 Materiali utilizzati per il test di compatibilità dimensionale

PREPARAZIONE DELLA MALTA

Si mette il lamierino forato all'interno dello stampo posto su una superficie orizzontale.

La malta per la confezione dei provini deve essere preparata seguendo le indicazioni della scheda tecnica del produttore della malta. Dopo l'impasto la malta deve essere costipata all'interno degli stampi in un unico strato.

Completato l'assestamento, si toglie il materiale in eccesso con una riga metallica e si liscia la superficie esposta con una cazzuola.

STAGIONATURA DEI PROVINI

Ultimate le operazioni di confezione, i provini negli stampi devono essere lasciati scoperti nella parte superiore esposta all'aria e collocati nell'ambiente di stagionatura a temperatura di 20°C +/- 2% e umidità relativa 40-60%.

Dopo 24 ore si estraggono i provini dagli stampi in gomma e si pongono a maturare nelle stesse condizioni precedenti su una superficie orizzontale. Da questo momento in poi è possibile valutare e monitorare nel tempo l'entità della deformazione (ritiro/espansione) a cui la malta è sottoposta in condizioni standard o in condizioni di campo.

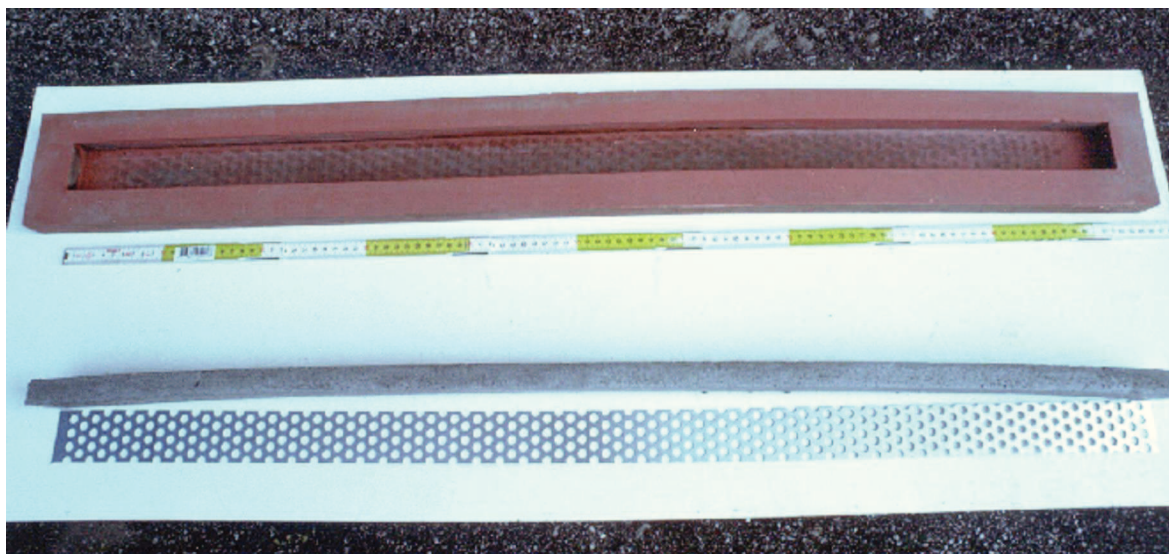


Figura 15-3 - Tipico comportamento convesso di una malta che espande all'aria

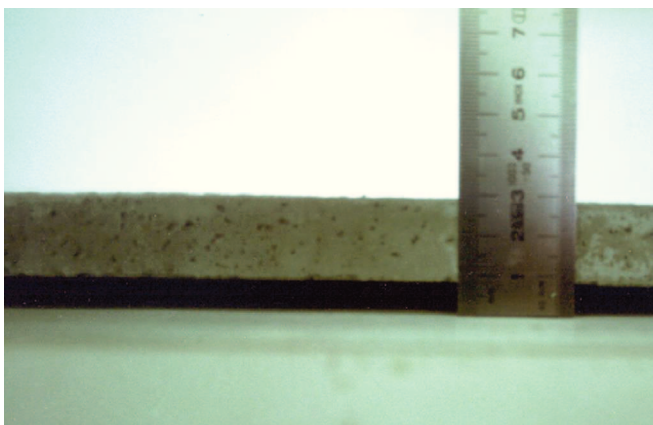


Figura 15-4- Misura della convessità di una malta che espande all'aria nella mezzeria del provino

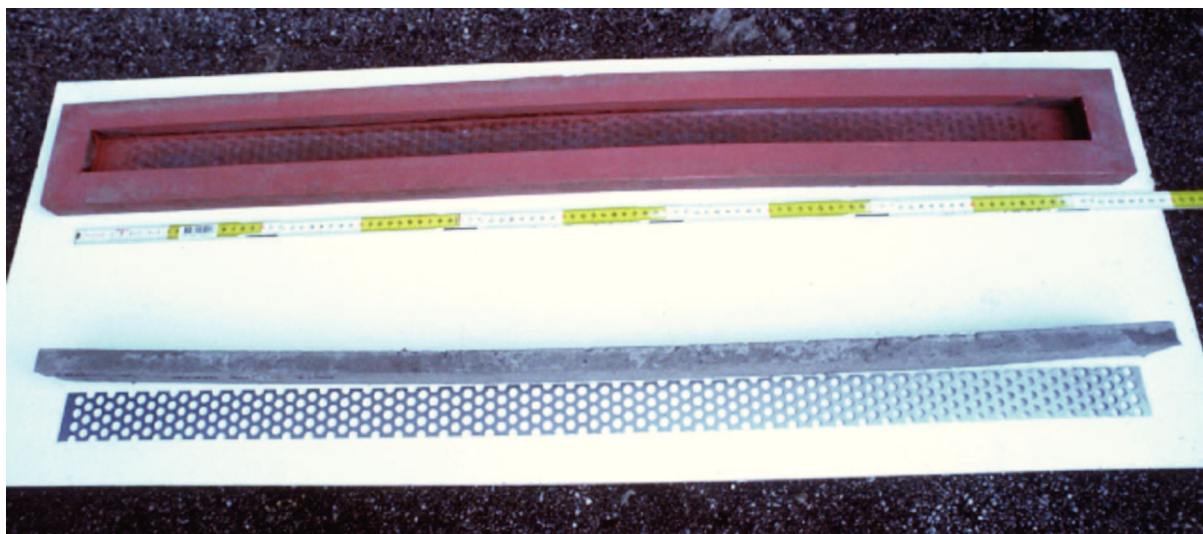


Figura 15-5 - Tipico comportamento concavo di una malta che ritira all'aria



Figura 15-6 - Misura della concavità ai lembi estremi del provino di una malta che ritira all'aria

16 SISTEMI PROTETTIVI PER STRUTTURE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO

16.1 SISTEMI PROTETTIVI FILMOGENI

16.1.1 GENERALITÀ

L'applicazione di sistemi filmogeni è la tecnica che si utilizza per proteggere l'elemento strutturale dall'aggressione di agenti aggressivi esterni quando attraverso le indagini si è accertata una delle seguenti situazioni:

- la struttura risulta ancora in buone condizioni e senza degrado superficiale, ancorché le indagini abbiano rivelato la presenza di uno spessore di calcestruzzo carbonatato, purché inferiore al copriferro;
- la struttura risulta ancora in buone condizioni e senza degrado superficiale, anche se le indagini hanno rilevato che sono iniziati fenomeni di corrosione nelle armature.

L'applicazione di sistemi protettivi filmogeni viene utilizzata anche quando si realizzano interventi di ripristino localizzati sia per equilibrare i potenziali elettrochimici delle armature, che per migliorare l'aspetto estetico. Si deve infatti evitare che parti di armatura avvolte da conglomerato di qualità diversa da punto a punto, vengano nuovamente a trovarsi in condizioni tali da generare nuove pile e reinnescare il processo di corrosione.

L'applicazione di sistemi protettivi ha scopo di impedire o ritardare l'insorgere dei fenomeni che possono portare alla fessurazione, allo sgretolamento, al dilavamento, al rigonfiamento, alla delaminazione od al distacco di parti di calcestruzzo.

Il sistema protettivo deve essere capace di costituire uno schermo verso l'ambiente impedendo da un lato la penetrazione degli aggressivi, dall'altro quella dell'acqua e dell'ossigeno, che contribuiscono alle reazioni che causano il degrado delle strutture.

16.1.2 DEFINIZIONE E SCELTA DEI SISTEMI PROTETTIVI

La scelta dei sistemi protettivi filmogeni deve essere effettuata in funzione del tipo di struttura, dell'elemento da proteggere ed in funzione del grado di aggressione a cui è sottoposto, il progetto indicherà il sistema da adottare, in accordo con le specifiche delle presenti Norme.

Nei paragrafi seguenti sono individuati i requisiti, le caratteristiche e le prestazioni, con le relative fasi esecutive e di controllo del sistema protetti-vo prescelto.

Protezione di ponti, viadotti e cavalcavia

Di tipo PP sistema protettivo elastico a base poliuretanica (ciclo alifatico) applicabile a rullo o con airless su qualsiasi tipo di elemento strutturale dove sia richiesto un elevatissimo grado di protezione. Costituito da un primer epossipoliammidico con spessore di 50 µm e da una finitura a base di elastomeri po-liuretanic alifatici applicata in due differenti spessori in funzione del grado di protezione desiderata:

Con 200 µm di spessore si ottiene:

- la protezione contro l'ingresso di CO₂, acqua liquida, cloruri;

- la resistenza ai raggi UV, ai cicli di gelo e disgelo anche in presenza di sali disgelanti;
- Con 300 µm di spessore si ottiene:
- la protezione contro l'ingresso di CO₂, acqua liquida, cloruri;
- la resistenza ai raggi UV, ai cicli di gelo e disgelo anche in presenza di sali disgelanti;
- una Crack bridging ability relativa a cavillature già presenti sul supporto di apertura < 300 µm;

Di tipo PA sistema protettivo elastico a base acrilica in acqua, applicabile a rullo o con airless su qualsiasi tipo di elemento strutturale dove sia richiesto un elevato grado di protezione ma non indicato su elementi strutturali a contatto permanente con acqua, è particolarmente utilizzato per la protezione di superfici in ambiente chiuso in quanto non contiene solventi mentre è sconsigliata l'applicazione in periodo invernale in quanto le basse temperature ne rallentano l'indurimento. Costituito da un primer acrilico in acqua con spessore di 50 µm e finitura acrilica in acqua applicata in due differenti spessori in funzione del grado di protezione desiderata:

Con 200 µm di spessore si ottiene:

- la protezione contro l'ingresso di CO₂, acqua liquida, cloruri;
- la resistenza ai raggi UV, ai cicli di gelo e disgelo anche in presenza di sali disgelanti;

Con 300 µm di spessore si ottiene:

- la protezione contro l'ingresso di CO₂, acqua liquida, cloruri;
- la resistenza ai raggi UV, ai cicli di gelo e disgelo anche in presenza di sali disgelanti;
- una Crack bridging ability relativa a cavillature già presenti sul supporto di apertura < 300 µm;

Di tipo PM protettivo rigido monocomponente a base di metacrilati applicabile a rullo o con airless utilizzabile ove sia richiesto un buon grado di protezione senza alcun performance di Crack bridging ability. Costituito da un primer a base di metacrilati con spessore di 50 µm e finitura a base di metacrilati applicata in spessore di 100 µm;

Protezione di strutture idrauliche

Di tipo PE sistema protettivo rigido epossipoliamidico applicabile a rullo o con airless. Costituito da primer epossipoliamidico con spessore di 50 µm e finitura epossipoliamidica può essere applicato in funzione del grado di protezione richiesto:

- ☐ protezione media per canali, tombini ed opere in alveo (pile, fondazioni, muri di sponda, briglie ecc.) su corsi d'acqua caratterizzati da pendenza < 5% e con trasporto solido di diametro < 10 mm è richiesto uno spessore della finitura pari a 400 µm;
- ☐ protezione elevata per canali, tombini ed opere in alveo (pile, fondazioni, muri di sponda, briglie ecc.) su corsi d'acqua caratterizzati da pendenza > 5% e con trasporto solido di diametro > 10 mm è richiesto uno spessore della finitura pari a 600 µm;

Tabella 16-1– Sistemi protettivi

Tipo	per ponti, viadotti e cavalcavia					per strutture idrauliche	
	PP		PA		PM	PE	
Prot.	Elevatissima		Elevata		Media	Elevata	Media
Spessore	primer 50 µm + finitura 300 µm	primer 50 µm + finitura 200 µm	primer 50 µm + finitura 300 µm	primer 50 µm + finitura 200 µm	primer 50 µm + finitura 100 µm	primer 50 µm + finitura 600 µm	primer 50 µm + finitura 400 µm

16.2 REQUISITI E METODI DI PROVA

Come viene riportato nella norma UNI EN 1504/2 la protezione pellicolare filmogena di strutture in c.a. consente di:

- proteggere dall'ingresso dell'aggressivo;
- incrementare la resistività elettrica mediante limitazione del tenore di umidità.

Affinché il sistema protettivo possa assolvere a tali funzioni deve essere caratterizzato dai seguenti requisiti:

- Capacità di barriera: è la capacità del sistema protettivo di isolare il calcestruzzo dagli aggressivi presenti nell'ambiente, si riferisce principalmente all'acqua liquida, agli ioni cloruro, all'anidride carbonica, ed all'ossigeno, che partecipano attivamente ai processi di corrosione; nei riguardi di queste sostanze la pellicola di protettivo deve naturalmente risultare il più possibile resistente.
- Resistenza ai raggi ultravioletti: indica la capacità del protettivo a non virare di colore ed ad invecchiare all'esposizione dei raggi UV;
- Permeabilità al vapore d'acqua: la pellicola, sulle strutture aeree (fuori terra) dovrà risultare il più permeabile possibile al vapore d'acqua proveniente dall'interno della struttura; in caso contrario con il variare della temperatura possono generarsi pressioni di vapore all'interfaccia pellicola/calcestruzzo, capaci di causarne il distacco.
- Aderenza: è la capacità del sistema protettivo di aderire nel tempo al supporto, ruolo fondamentale in tal senso svolge il primer quale promotore di adesione tra il supporto cementizio ed il rivestimento protettivo. Tali primer sono formulati di resina in forma liquida, monocomponenti oppure bicomponenti (base + induritore) e si applicano a rullo oppure mediante apparecchiatura a spruzzo di tipo airless per spessori di circa 50 µm.

- Crack bridging ability: è la capacità di mantenere integra la pellicola at-traverso cavillature (< 300 µm) già esistenti nel conglomerato, che normal-mente variano di apertura con le variazioni termiche e con il ritiro.
- Resistenza all'abrasione: indica la capacità di resistere all'usura sotto l'azione di azioni abrasive quali pedonabilità, traffico, contatto con acqua in movimento contenete solidi più o meno grossi.

Nella tabella sono indicati i principali requisiti ed i corrispondenti metodi di prova mediante i quali è possibile la caratterizzazione prestazionale dei sistemi protettivi filmogeni.

Tabella 16-2 – Requisiti e metodi di prova

REQUISITI E METODI DI PROVA	PROTETTIVI DI TIPO			
	PP	PA	PM	PE
Adesione al calcestruzzo	UNI EN 1542			
Permeabilità al vapor d'acqua	UNI EN ISO 7783/1 UNI EN ISO 7783/2			
Permeabilità alla CO ₂	UNI EN 1062/6			
Crack bridging ability	EN 1062/7		-----	
Resistenza al gelo-disgelo con sali disgelanti	UNI EN 13687/1			
Permeabilità all'acqua (assorbimento capillare)	UNI EN 1062/3			
Invecchiamento artificiale (2000 ore UV e umidità relativa)	UNI EN 1062/11			
Resistenza all'abrasione	-----		UNI EN ISO 5470/1	

16.3 ACCETTAZIONE E SPECIFICHE PRESTAZIONALI DEI SISTEMI PROTET-TIVI

Prima che i sistemi protettivi proposti dall'Impresa siano impiegati, la D.L. dovrà verificare che siano tra quelli omologati all'uso da parte del Committen-te, in base a prove dirette od a seguito dell'esame di prove eseguite presso Laboratori Ufficiali.

L'Impresa, prima dell'inizio dei lavori, dovrà fornire alla Direzione Lavori la documentazione tecnica per la qualifica dei materiali che intende impiegare, di-mostrando la piena rispondenza ai requisiti ed alle prestazioni richieste (dichiarazione rilasciata dal Produttore).

La Direzione Lavori in tempo utile rispetto al programma lavori esprimerà il suo parere, potendo comunque prescrivere l'esecuzione di prove su campioni di mate-riali prelevati in contraddittorio. Saranno altresì richieste, con le stesse modalità, verifiche su campioni di materiale di normale fornitura e dichiarazioni che attestino le prestazioni specifiche delle partite di materiale, che sono consegnate di volta in volta dalle Società Produttrici.

Le Società Produttrici devono possedere certificazione di qualità ai sensi della normativa UNI EN ISO 9001 e possedere un manuale della Qualità.

La D.L. su indicazione del Committente, potrà richiedere che il Produttore fornisca, congiuntamente al materiale, una dichiarazione che attesti le prestazioni specifiche della partita di materiale che viene consegnato di volta in volta.

Tabella 16-3– Prestazioni dei sistemi protettivi

REQUISITI	PROTETTIVI DI TIPO			
	PM	PA	PP	PE
Adesione al calcestruzzo	> 3 MPa	> 2 MPa	> 3 MPa	> 3 MPa
Permeabilità al vapor d'acqua: - coefficiente di diffusione al vapore - spessore di aria equivalente	$\mu < 32.000$ Sd < 3,2 m (sp.100 μm)	$\mu < 1.000$ Sd < 0,3 m (sp.300 μm)	$\mu < 6.000$ Sd < 1,8 m (sp.300 μm)	$\mu < 60.000$ Sd < 36 m (sp.600 μm)
Permeabilità alla CO ₂ - coefficiente di diffusione alla CO ₂ - spessore di aria equivalente	$\mu > 1.000.000$ Sd > 100 m (sp.100 μm)	$\mu >$ 700.000 Sd > 140 m (sp.200 μm)	$\mu > 1.300.000$ Sd > 260 m (sp.200 μm)	$\mu >$ 1.500.000 Sd > 600 m (sp.400 μm)
Crack bridging ability ²	-----	100 μm	100 μm	-----
Resistenza al gelo-disgelo con sali disgelanti - aderenza al calcestruzzo per trazione diretta dopo i cicli	> 3 MPa	> 2 MPa	> 3 MPa	> 3 MPa
Permeabilità all'acqua ³ (assorbimento capillare)	< 0,08 kg m ² h ^{-0,5}	< 0,1 kg m ² h ^{-0,5}	< 0,005 kg m ² h ^{-0,5}	< 0,005 kg m ² h ^{-0,5}
Invecchiamento artificiale	Nessun degrado	Nessun degrado	Nessun degrado	Schiarimen. colore
Resistenza all'abrasione	Perdita in peso < 500 mg	-----		Perdita in peso < 500 mg

16.4 PREPARAZIONE DEL SUPPORTO E MODALITÀ D'APPLICAZIONE DEL SISTEMA PROTETTIVO

La preparazione del calcestruzzo di supporto dovrà essere eseguita mediante sabbiatura sia per eliminare dalla superficie eventuali contaminanti, disarmanti e/o particelle in fase di distacco, che per aumentare l'aderenza del protettivo grazie ad una microruvinità superficiale, seguita da pulizia con aria compressa immediatamente prima della applicazione.

Qualora il supporto presenti vespai od altre imperfezioni superficiali si dovrà provvedere al risanamento mediante rasatura con malte di tipo MR1 come descritto nell'15.

Quando il supporto presenta veri e propri degradi, ammaloramenti profondi, si dovrà asportare il calcestruzzo degradato e/o contaminato e provvedere al risanamento con malte o betoncini

² Spessore del protettivo 300 μm

³ Si ritiene che se l'assorbimento capillare risulta essere < 0,01 kg m² h^{-0,5} non vi sia alcuna diffusione dello ione Cloro

cementizi premiscelati ad espansione contrastata in aria come descritto nell' 15. Quando il sistema protettivo viene applicato sul materiale di ripristino la superficie può non essere sabbiata.

Pulizia della superficie

Tutte le superfici su cui verrà applicato il protettivo dovranno essere pulite mediante aria compressa o lavaggio a caduta.

La Direzione Lavori si riserva comunque di approvare i risultati ottenuti dalla preparazione del supporto. Tale approvazione non ridurrà comunque la responsabilità dell'Impresa relativa al raggiungimento dei requisiti finali del rivestimento protettivo in opera.

Applicazione del sistema protettivo (primer + finitura)

La temperatura di applicazione sia per i primers che per le finiture dovranno essere quelle riportate sulle schede tecniche dei prodotti prescelti.

Al momento dell'applicazione del primer la superficie del supporto dovrà essere asciutta. Nel caso di eventi piovosi o in generale eventi che possano portare ad una bagnatura del supporto, l'applicazione dovrà essere posticipata ed effettuata solo con supporto visivamente asciutto.

I primers e le finiture potranno essere applicate sia con airless che con rullo.

Il tempo intercorrente tra l'applicazione di strati successivi dovrà essere conforme a quanto riportato sulle schede tecniche del prodotto.

L'applicazione della finitura dovrà avvenire preferibilmente a spruzzo mediante airless; è consentita l'applicazione a pennello od a rullo solo nel caso di protezione di superfici d'estensione limitata.

L'applicazione della finitura sul primer dovrà avvenire nelle seguenti condizioni ambientali:

- temperatura $\geq 5^{\circ}\text{C}$,
- umidità $< 85\%$
- assenza di condensa sul primer (temperatura della superficie almeno 3°C superiore al punto di rugiada).

Non è consentito l'utilizzo di solventi se non entro i limiti espressamente indicati dal produttore; anche il solvente da utilizzarsi dovrà essere dichiarato idoneo dal produttore del protettivo.

Lo spessore del sistema protettivo indicato nel progetto si intende sempre come spessore di film secco, ossia a rivestimento indurito.

Il prodotto non deve provocare inconvenienti d'alcun genere agli applicatori che comunque durante la miscelazione e l'applicazione dovranno indossare guanti, occhiali ed idonei indumenti di lavoro.

In particolare il prodotto non deve contenere idrocarburi clorurati, metanolo, benzene ed altre sostanze d'analogia o maggiore tossicità.

16.5 PROVE, CONTROLLO DELLE PRESTAZIONI E DEGLI SPESSORI, PENALI

La D.L. prima dell'inizio delle lavorazioni dovrà verificare attentamente che i macchinari utilizzati per sabbatura del calcestruzzo, per la pulizia del supporto e per l'applicazione dei sistemi protettivi siano idonei ad ottenere quan-to richiesto dalla Norma Tecnica generale e dal progetto in particolare.

Tali verifiche dovranno essere fatte anche in corso d'opera per verificare che tutte le fasi esecutive siano realizzate come descritto nel paragrafo 16.4, nel progetto specifico e come riportato sulle schede tecniche dei prodotti utilizzati.

In corso d'opera le prove potranno essere ripetute con la frequenza richiesta dalla Direzione Lavori su indicazione del Committente, ed inoltre la stessa Direzione Lavori effettuerà controlli dello spessore sul film umido della singola mano applicata con le seguenti modalità:

- misura dello spessore mediante "pettine" d'idonea graduazione secondo le specifiche della ASTM D 4414 (o ASTM D 1212);
- per superfici globali da proteggere inferiori a 2000 m² almeno una serie di 20 misure;
- per superfici globali da proteggere superiori a 2000 m² almeno una serie di 40 misure;
- la serie di misure sarà, se possibile, omogeneamente distribuita sulla superficie da verificare ed il suo valore medio non dovrà essere minore di quello di progetto.

Nel caso risulti un valore medio inferiore allo spessore di progetto, l'Impresa, a sua cura e spese, provvederà ad integrare lo spessore mancante mettendo in atto tutti gli accorgimenti necessari per la buona riuscita dell'integrazione.

Qualora dalle prove eseguite, anche su materiali posti in opera, risultassero valori inferiori di non più del 10% rispetto a quelli richiesti al paragrafo 16.1, il materiale verrà accettato ma il suo prezzo unitario verrà decurtato del 15% per tutte le superfici ed i volumi su cui si è operato e per tutti i prezzi e sovrapprezzi con cui è stato pagato. Qualora i valori risultassero minori di oltre il 10% rispetto a quelli richiesti, l'Impresa sarà tenuta a sua totale cura e spese alla sostituzione e/o alla rimozione dei materiali già posti in opera.

16.6 RINFORZO DI ELEMENTI IN C.A. TRAMITE COMPOSITI FIBRORINFORZATI

16.6.1 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

CNR DT 200/2004 – Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione ed il controllo di interventi di consolidamento statico tramite compositi fibrorinforzati.

ASTM D638-03 Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics (Metodi standard per la determinazione delle proprietà delle plastiche sotto sollecitazione di trazione)

ASTM D 4385 Standard Practice for Classifying Visual Defects in Thermosetting Reinforced Plastic Pultruded Products (Metodo standard per la classificazione dei difetti visivi nei prodotti plastici termoindurenti rinforzati)

16.6.2 RINFORZO TRAMITE BARRE IN CFRP

16.6.2.1 Materiali

Si prescrive l' utilizzo di barre in CFRP a base di materiale rinforzato con fibre di carbonio. Utilizzare barre di diametro conforme a quanto indicato nei documenti progettuali e comunque di diametro medio piccolo (10-12 mm) al fine limitare il rimaneggiamento delle strutture da rinforzare.

Caratteristiche meccaniche delle barre

Resistenza a trazione > 2.000 Mpa

Modulo elastico > 170.000 Mpa

L'applicazione delle barre deve essere eseguita conformemente a quanto indicato al successivo paragrafo tramite l'utilizzo di malte epossidiche con consistenza di pasta morbida, tixotropica, esente da solventi, a 2 componenti: resina e relativo induritore.

La temperatura minima di applicazione di tali resine deve essere minore o uguale a +8° C.

16.6.2.2 Modalità esecutive

Eseguire sul calcestruzzo una serie di perforazioni di diametro superiore, di circa 1,5 volte, a quello del diametro della barra scelto. La lunghezza di ancoraggio della barra dovrà essere indicata nel progetto o dalla DL. Posizionare la resina all'interno del foro precedentemente effettuato ed inserire successivamente la barra in CFRP.

Nel caso di rinforzo di solette a flessione la barra può essere posizionata in una scanalatura a sezione quadrata di profondità e larghezza pari ad 1.5 volte il diametro della barra riempita con malta epossidica.

Effettuare una accurata pulizia della scanalatura e delle barre prima della loro messa in opera tramite opportuno diluente.

16.6.3 SISTEMA DI RINFORZO STRUTTURALE IN PBO

16.6.3.1 Descrizione del prodotto di rinforzo:

Sistema di rinforzo costituito da rete in fibra di PBO (poliparafenilenbenzobisoxazolo) e da una matrice inorganica stabilizzata. Tale sistema viene impiegato per il rinforzo delle strutture in c.a e c.a.p., comprese quelle soggette all'azione del fuoco o ad alte temperature, ed in particolare va applicato su strutture in c.a. e c.a.p. per il rinforzo a flessione, rinforzo a taglio, rinforzo a torsione. Inoltre è utilizzato negli interventi in zona sismica per incrementare la resistenza a flessione semplice o a presso flessione e al taglio di pilastri e travi.

La matrice inorganica si impasta con acqua e la si mette in opera come una tradizionale malta cementizia in cui viene annegata la rete strutturale di fibre di PBO.

La malta cementizia speciale, monocomponente, deve consentire la perfetta adesione delle fibre strutturali al sottofondo in calcestruzzo, consentendo quindi il trasferimento delle tensioni tangenziali.

La sezione di fibre è doppia in direzione dell'ordito rispetto a quella in direzione della trama.

Le proprietà meccaniche del sistema non sono influenzate dalle alte temperature e dal fuoco, essendo la matrice legante di natura inorganica, caratteristica, questa, che ne permette l'applicabilità su supporti umidi.

▪ **Caratteristiche prestazionali delle fibre di PBO**

Coefficiente di dilatazione termica ($10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$) -6

Temperatura di decomposizione ($^{\circ}\text{C}$) 650

Allungamento a rottura (%) 2.15

Modulo elastico (Gpa) 270

Resistenza a trazione (Gpa) 5.8

Densità (G/cm³) 1.56

▪ **Caratteristiche prestazionali della rete di PBO**

Peso della rete 144 g/m²

Peso delle fibre di PBO nella rete 96 g/m²

Spessore in direzione dell'ordito 0.045mm

Spessore in direzione della trama 0.023mm

Carico di rottura dell'ordito per unità di larghezza 261.0 kN/m

Carico di rottura della trama per unità di larghezza 131.5 kN/m

▪ **Caratteristiche prestazionali della matrice cementizia**

Peso specifico della malta $1,50 \pm 0,05 \text{ g/cc}$

Resa Kg/m²/mm 1,050 – 1,150

Resistenza a compressione 29 (Mpa)

Resistenza a flessione 3.5 (Mpa)

Modulo elastico a 28gg 6000 (Mpa)

16.6.3.2 Descrizione della messa in opera

Pulire accuratamente il sottofondo eliminando tutte le parti incoerenti, polvere, concrezioni vegetali, ecc. Qualora sulle superficie, sulle quali applicare il sistema, fossero presenti difetti macroscopici, procedere alla regolarizzazione con malte idonee.

Eventuali copriferri scoperti dovranno essere trattati opportunamente intervenendo sin dal trattamento delle armature e ricostruendo la sezione resistente con malte idonee.

E' sempre necessario lo smusso degli spigoli con un raggio di curvatura minimo di 3 cm quando questi vengono fasciati da materiale composito.

Inumidire opportunamente il sottofondo e applicare con frattazzo metallico liscio la specifica malta idraulica cementizia per circa 3mm.

La rete deve essere stesa con cura esercitando una certa pressione al fine di permettere alla malta sottostante di penetrare attraverso la maglia. Nei punti di giunzione si prevede una sovrapposizione non inferiore a 10 cm.

Applicare fresco su fresco un secondo strato di circa 3 mm di malta cementizia opportunamente lisciata.

Eventuale applicazione di un secondo strato di rete orientato a 45° rispetto al precedente, è completato dalla stesura di uno strato ulteriore di malta.

17 BARRIERE DI SICUREZZA

I progetti e le relative esecuzioni relative all'installazione di dispositivi di sicurezza devono attenersi rigorosamente a quanto prescritto dal Decreto Ministeriale dei Lavori Pubblici n. 223 del 18 febbraio 1992 in materia di installazione di dispositivi di sicurezza e dalle successive integrazioni e modificazioni fino al vigente D.M. n°2367 del 21.6.2004.

L'Appaltatore dovrà utilizzare dispositivi di sicurezza installabili ai sensi del Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 28/06/2011.

17.1 DISPOSITIVI DI SICUREZZA PREVISTI IN PROGETTO

Laddove l'Appaltatore intenda utilizzare le barriere previste in progetto, già dotate di Marcatura CE, dovrà rendere noto alla Stazione appaltante, nel periodo compreso tra l'aggiudicazione provvisoria e la definitiva, il sito produttivo di cui ha deciso di avvalersi, ai fini dell'inserimento del medesimo nel Certificato di Conformità CE.

A tale scopo, detto sito dovrà essere reso disponibile dall'Appaltatore per essere sottoposto ad ispezione a cura dello "Organismo Notificato", che ha emesso i Certificati di Conformità CE, ai fini dell'accertamento dell'operatività e della conformità del "Controllo di Produzione di Fabbrica" (FPC) secondo la Procedura del Sistema 1 – Allegato III della Direttiva 89/106/CEE.

In caso di esito negativo di tale accertamento la Stazione Appaltante comunicherà all'Appaltatore le motivazioni che non hanno consentito di rendere approvabile il sito da questi indicato e una lista di siti di produzione, precedentemente certificati dal predetto "Organismo Notificato" ai fini del "Controllo di Produzione di Fabbrica" (FPC), tra cui l'Appaltatore dovrà scegliere ove ripetere gli accertamenti.

17.2 DISPOSITIVI DI SICUREZZA EQUIVALENTI

E' in facoltà dell'appaltatore avvalersi di dispositivi equivalenti alternativi rispetto a quelli previsti nel progetto.

Tali dispositivi equivalenti dovranno rispondere ai requisiti prestazionali indicati nel successivo paragrafo 17.2.2 ed inoltre l'Appaltatore, dovrà fornire, nel periodo compreso tra l'aggiudicazione provvisoria e la definitiva, la documentazione di cui al successivo paragrafo 17.2.1

Detta documentazione dovrà essere oggetto di specifica approvazione da parte della Stazione Appaltante. In mancanza l'Appaltatore è obbligato ad avvalersi dei dispositivi previsti in progetto senza eccezione alcuna ed a parità di condizioni economiche offerte in sede di gara.

17.2.1 DISPOSITIVI DI SICUREZZA EQUIVALENTI : DOCUMENTAZIONE DA PRESENTARE

Nel caso l'Appaltatore intenda utilizzare dispositivi equivalenti dovrà fornire la seguente documentazione :

- dichiarazione di equivalenza dei dispositivi di sicurezza utilizzati come base di offerta, sotto il profilo della classe di contenimento e tutti gli elementi comprovanti il rispetto dei requisiti indicati al paragrafo 17.2.2;
- dichiarazione, attestante che il dispositivo proposto non è stato oggetto di parere negativo di respingimento da parte del Ministero delle Infrastrutture e/o del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici nell'ambito della normativa vigente in materia di omologazioni sino al 31/12/2010;
- crash test report, filmati di crash, manuali di utilizzo ed installazione, certificati di omologazione (questi ultimi solo se i dispositivi equivalenti che l'appaltatore intende utilizzare sono stati oggetto di omologa ai sensi del D.M. 2367/04) e certificati di marcatura CE prodotti ai sensi della norma UNI EN 1317-5;
- disegni costruttivi delle transizioni tra i dispositivi proposti e tra questi ultimi e le altre barriere previste in progetto o esistenti così come specificato nell'elenco facente parte del progetto;
- disegni costruttivi degli elementi terminali e di avvio delle barriere equivalenti proposte;
- dichiarazione nella quale l'Appaltatore conferma di aver preso visione dei luoghi dove i dispositivi verranno installati, di aver preso visione e verificato tutti i documenti progettuali e pertanto attesta che il progetto esecutivo può essere considerato equivalente anche utilizzando dispositivi diversi da quelli previsti in progetto. Se del caso, l'Appaltatore accluderà nella dichiarazione l'eventuale richiesta di varianti progettuali per garantire l'installazione all'interno dell'infrastruttura esistente. L'accettabilità di dette varianti sarà poi oggetto di verifica da parte di Autostrade per l'Italia;
- le varianti richieste al fine di adattare il progetto esecutivo aggiornato sulla base dei dispositivi proposti (se del caso);

La Committente si riserva di richiedere modifiche ed integrazioni ulteriori sulla base dell'analisi effettuata per rendere la soluzione proposta compatibile con le caratteristiche dell'infrastruttura.

17.2.2 CRITERI DI EQUIVALENZA DEI DISPOSITIVI DI SICUREZZA

La Stazione Appaltante verificherà la sussistenza dell'equivalenza dei dispositivi proposti sulla base dei requisiti tecnico-geometrici di seguito indicati e del comportamento dei dispositivi in sede crash desunto dall'analisi della documentazione di cui al precedente paragrafo.

BARRIERA BORDO LATERALE METALLICA A LAMA E PALETTI CLASSE H2

- BARRIERA BORDO LATERALE MONOFILARE METALLICA A LAMA A TRIPLA ONDA E PALETTI, sottoposta a crash su una fila, in classe H2, secondo la norma UNI-EN 1317
- CARATTERISTICHE GEOMETRICHE : l'intero dispositivo deve avere altezza non superiore a 100 cm e ingombro trasversale massimo non superiore a 45 cm
- DEFLESSIONE DINAMICA MASSIMA NORMALIZZATA :
 - o Test TB11: Massima Deflessione Dinamica normalizzata $\leq 0,6$ m
 - o Test TB51: Massima Deflessione Dinamica normalizzata $\leq 1,8$ m
- ASI $\leq 1,1$

- PROFONDITA' MINIMA di INFISSIONE del PALETTO: 0,95 m

BARRIERA BORDO LATERALE METALLICA A LAMA E PALETTI IN CLASSE H3

- BARRIERA BORDO LATERALE MONOFILARE METALLICA A LAMA A TRIPLA ONDA E PALETTI, sottoposta a crash su una fila, in classe H3, secondo la norma UNI-EN 1317
- CARATTERISTICHE GEOMETRICHE : l'intero dispositivo deve avere un ingombro trasversale massimo non superiore a 50 cm
- DEFLESSIONE DINAMICA MASSIMA NORMALIZZATA :
 - o Test TB11: Massima Deflessione Dinamica normalizzata $\leq 0,3$ m
 - o Test TB61: Massima Deflessione Dinamica normalizzata $\leq 1,7$ m
- $ASI \leq 1,1$
- PROFONDITA' MINIMA di INFISSIONE del PALETTO: 1,00 m

BARRIERA BORDO PONTE METALLICA A LAMA E PALETTI IN CLASSE H2

- BARRIERA BORDO PONTE MONOFILARE METALLICA A LAMA A TRIPLA ONDA E PALETTI, sottoposta a crash su una fila, in classe H2, secondo la norma UNI-EN 1317
- CARATTERISTICHE GEOMETRICHE : l'intero dispositivo deve avere un ingombro trasversale massimo non superiore a 50 cm;
- DEFLESSIONE DINAMICA MASSIMA NORMALIZZATA :
 - o Test TB11: Massima Deflessione Dinamica normalizzata $\leq 0,2$ m
 - o Test TB51: Massima Deflessione Dinamica normalizzata $\leq 0,8$ m
- $ASI \leq 1,4$
- VERIFICA di FUNZIONAMENTO del sistema di ancoraggio del dispositivo al cordolo di calcestruzzo : dovrà essere dimostrato il funzionamento del sistema di ancoraggio della barriera al cordolo, schematizzando una installazione su un cordolo di 50 cm di larghezza, effettuata posizionando la barriera in modo che nessuna sua parte fuoriesca dal cordolo dal lato della carreggiata autostradale. Tale verifica dovrà essere comprovata da una dettagliata e documentata relazione tecnica di un professionista iscritto all'albo degli ingegneri.
Tale verifica potrà essere omessa solamente se lo schema di installazione utilizzato in sede di crash test corrisponde esattamente quello sopra indicato.
- INSTALLAZIONE del DISPOSITIVO in SEDE di CRASH TEST: L'installazione in sede di crash test dovrà essere stata effettuata con il piano di estradosso del cordolo di ancoraggio posizionato alla stessa quota del piano di rotolamento del veicolo impattante.
- FUNZIONAMENTO del DISPOSITIVO in SEDE di CRASH TEST : in nessun caso dovrà risultare dai filmati e dai report che le ruote del mezzo impattante abbiano utilizzato come supporto, durante l'urto, un eventuale spazio disponibile sul cordolo in calcestruzzo dietro la barriera, ovvero dietro le piastre di ancoraggio.
- FUNZIONAMENTO del DISPOSITIVO in SEDE di CRASH TEST: in nessun caso dovrà risultare dai filmati e dai report il distacco completo di un paletto dalla piastra di ancoraggio o della piastra di ancoraggio di un paletto dal cordolo, con sfilamento completo di tutti i tirafondi.

BARRIERA BORDO PONTE METALLICA A LAMA E PALETTI IN CLASSE H4

- BARRIERA BORDO PONTE MONOFILARE METALLICA A LAMA A TRIPLA ONDA E PALETTI, sottoposta a crash su una fila, in classe H4, secondo la norma UNI-EN 1317
- CARATTERISTICHE GEOMETRICHE : l'intero dispositivo deve avere un ingombro trasversale massimo non superiore a 50 cm
- DEFLESSIONE DINAMICA MASSIMA NORMALIZZATA :
 - o Test TB11: Massima Deflessione Dinamica normalizzata $\leq 0,3$ m
 - o Test TB81: Massima Deflessione Dinamica normalizzata $\leq 1,4$ m
- $ASI \leq 1,2$
- VERIFICA di FUNZIONAMENTO del sistema di ancoraggio del dispositivo al cordolo di calcestruzzo : dovrà essere dimostrato il funzionamento del sistema di ancoraggio della barriera al cordolo, schematizzando una installazione su un cordolo di 50 cm di larghezza, effettuata posizionando la barriera in modo che nessuna sua parte fuoriesca dal cordolo dal lato della carreggiata autostradale. Tale verifica dovrà essere comprovata da una dettagliata e documentata relazione tecnica di un professionista iscritto all'albo degli ingegneri.
Tale verifica potrà essere omessa solamente se lo schema di installazione utilizzato in sede di crash test corrisponde esattamente quello sopra indicato.
- INSTALLAZIONE del DISPOSITIVO in SEDE di CRASH TEST: L'installazione in sede di crash test dovrà essere stata effettuata con il piano di estradosso del cordolo di ancoraggio posizionato alla stessa quota del piano di rotolamento del veicolo impattante.
- FUNZIONAMENTO del DISPOSITIVO in SEDE di CRASH TEST : in nessun caso dovrà risultare dai filmati e dai report che le ruote del mezzo impattante abbiano utilizzato come supporto, durante l'urto, un eventuale spazio disponibile sul cordolo in calcestruzzo dietro la barriera, ovvero dietro le piastre di ancoraggio.
- FUNZIONAMENTO del DISPOSITIVO in SEDE di CRASH TEST: in nessun caso dovrà risultare dai filmati e dai report il distacco completo di un paletto dalla piastra di ancoraggio o della piastra di ancoraggio di un paletto dal cordolo, con sfilamento completo di tutti i tirafondi.

BARRIERA SPARTITRAFFICO BIFILARE METALLICA A LAMA E PALETTI IN CLASSE H4

- BARRIERA BORDO SPARTITRAFFICO BIFILARE METALLICA SIMMETRICA A LAMA A TRIPLA ONDA E PALETTI, sottoposta a crash in classe H4 secondo la norma UNI-EN 1317
- CARATTERISTICHE GEOMETRICHE : l'intero dispositivo deve avere un ingombro trasversale complessivo, pari alla somma della larghezza di ciascuna delle due file e dello spazio libero interno, compreso tra 2,3 m e 2,5m
- DEFLESSIONE DINAMICA MASSIMA NORMALIZZATA :
 - o Test TB11: Massima Deflessione Dinamica normalizzata $\leq 0,6$ m
 - o Test TB81: Massima Deflessione Dinamica normalizzata $\leq 2,5$ m
- $ASI \leq 1,1$

BARRIERA SPARTITRAFFICO MONOFILARE IN CALCESTRUZZO TIPO NEW JERSEY IN CLASSE H4

- BARRIERA BORDO SPARTITRAFFICO BIFILARE MONOFILARE IN CALCESTRUZZO TIPO NEW JERSEY, sottoposta a crash in classe H4 secondo la norma UNI-EN 1317

- CARATTERISTICHE GEOMETRICHE : l'intero dispositivo deve avere altezza non inferiore a 100 cm e ingombro trasversale al piede non superiore a 62 cm
- Peso non inferiore a 625 kg/ml
- DEFLESSIONE DINAMICA MASSIMA NORMALIZZATA :
 - o Test TB11: Massima Deflessione Dinamica normalizzata $\leq 0,3$ m
 - o Test TB81: Massima Deflessione Dinamica normalizzata $\leq 1,9$ m
- ASI $\leq 1,4$

BARRIERA BORDO PONTE IN CALCESTRUZZO TIPO NEW JERSEY IN CLASSE H4

- BARRIERA BORDO PONTE MONOFILARE IN CALCESTRUZZO TIPO NEW JERSEY, sottoposta a crash in classe H4 secondo la norma UNI-EN 1317
- CARATTERISTICHE GEOMETRICHE : l'intero dispositivo deve avere un'altezza della sola parte in calcestruzzo non inferiore a 100 cm, altezza comprensiva del corrente metallico non inferiore a 160 cm e ingombro trasversale al piede non superiore a 50 cm
- Peso non superiore a 900 kg/ml
- DEFLESSIONE DINAMICA MASSIMA NORMALIZZATA :
 - o Test TB11: Massima Deflessione Dinamica normalizzata $\leq 0,05$ m
 - o Test TB81: Massima Deflessione Dinamica normalizzata $\leq 1,1$ m
- ASI $\leq 1,4$

Resta comunque inteso che, laddove la Stazione Appaltante non ritenga equivalenti i dispositivi proposti l'Appaltatore, ferme restando tutte le obbligazioni contrattuali pattuite ed accettate in sede di gara mediante la restituzione dello "schema di contratto" sarà tenuto a fornire ed installare i dispositivi previsti in progetto.

17.3 CONFORMITÀ DEI DISPOSITIVI DI RITENUTA E LORO INSTALLAZIONE

17.3.1 NORME APPLICABILI

Dispositivi di sicurezza stradali:

- DM223/1992 "Istruzioni tecniche sulla progettazione, omologazione ed impiego delle barriere di sicurezza stradale" e s.m.i.
- DM 2367/2004 "Aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione l'omologazione e l'impiego dei dispositivi di sicurezza stradali"
- Decreto 28/06/2011 "Disposizioni sull'uso e l'installazione dei dispositivi di ritenuta"

Acciaio:

- UNI EN 10025 "Prodotti laminati a caldo di acciai non legati per impieghi non strutturali: condizioni tecniche di fornitura"
- UNI EN 10162 "Profilati di acciaio laminati a freddo – condizioni tecniche di fornitura – tolleranze dimensionali e sulla sezione trasversale"
- UNI EN 10204 "Prodotti metallici - tipi di documenti di controllo"
- UNI EN 10002 "Materiali metallici - prove di trazione"
- UNI EN ISO 6507 "Materiali metallici – prova di durezza Vickers"

- UNI EN 10168 “Prodotti di acciaio - Documenti di controllo - Lista e descrizione delle informazioni”
- UNI EN 10223 “Fili e prodotti trafilati di acciaio per recinzioni”
- UNI EN 10051
- UNI ISO 22768-1

Zincatura:

- UNI EN 1461 “Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo sui prodotti finiti ferrosi e articoli di acciaio – specifiche e metodi di prova”
- UNI EN 10244 “Fili e prodotti trafilati di acciaio”
- UNI EN 1179 “Zinco e leghe di zinco - Zinco primario”
- UNI EN 14713-1 e 2 “Linee guida e raccomandazioni per la protezione contro la corrosione di strutture di acciaio e di materiali ferrosi”

Bulloneria:

- UNI EN 3740 “Elementi di collegamento filettati di acciaio – prescrizioni tecniche”
- UNI EN ISO 898 “Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio – viti e viti prigioniere”

Saldature:

- UNI EN 3834 “Requisiti di qualità per la saldatura per fusione dei materiali metallici”
- UNI EN 1714 “Controllo non distruttivo delle saldature - Controllo mediante ultrasuoni dei giunti saldati”
- UNI EN 1289 “Controllo non distruttivo delle saldature - Controllo delle saldature mediante liquidi penetranti - Livelli di accettabilità”

Calcestruzzo:

- UNI EN 12390-3 “Prova sul calcestruzzo indurito - Resistenza alla compressione dei provini”
- UNI EN 12504-1 “Prove su calcestruzzo nelle strutture – Carote –
Prelievo, esame e prova di compressione”
- UNI EN 13791 “Valutazione della resistenza a compressione in sito nelle
strutture e nei componenti prefabbricati di calcestruzzo”
- UNI EN 206-1 “Calcestruzzo – Parte 1: Specificazione, prestazione,
produzione e conformità”
- DM Infrastrutture 14.01.2008 “Norme tecniche per le costruzioni”
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive.

17.3.2 CARATTERISTICHE TECNICHE DEI MATERIALI

A prescindere dalla accettazione finale e dalla documentazione che l'Appaltatore dovrà allegare alla fornitura di cui in seguito è detto, la Committente avrà facoltà di procedere ad attività di ispezione e controllo nel corso della consegna e dello stoccaggio del materiale fornito ed in qualsiasi fase del processo produttivo e di approntamento dello stesso, al fine di verificare la rispondenza dei componenti delle barriere alle specifiche di tecniche di prodotto, come previsto dal D.M. n°2367 21.06.2004.

Tutto ciò premesso, resta inteso che la Committente provvederà a verificare, con la frequenza che riterrà più opportuna:

BARRIERA ACCIAIO

- A. la rispondenza delle caratteristiche dimensionali di ciascun componente e dell'intero prodotto;
- B. lo spessore e le caratteristiche della zincatura;
- C. le caratteristiche fisico-chimiche dell'acciaio;
- D. le saldature
- E. la rispondenza delle caratteristiche dimensionali e qualitative della installazione a quanto previsto in progetto.

A tal fine l'Appaltatore si obbliga a rendere identificabile l'origine dei componenti delle barriere provvedendo a:

1. Fornire alla Committente ed alla Direzione Lavori la certificazione emessa dal produttore dell'acciaio contenente, per ciascun coil (identificato con il suo "numero di coil", la larghezza del nastro, lo spessore del nastro ed il tipo di acciaio) impiegato nella produzione delle barriere, il "numero di colata" da cui il medesimo è stato ricavato;
2. Punzonare meccanicamente, con riporto del "n. di coil" da cui proviene il materiale che li costituisce, tutti i componenti principali di ciascuna barriera (intendendosi per tali i Componenti Elementari di cui alla successiva lettera B del punto 3); si dovrà porre cura affinché i numeri o le lettere oggetto di punzonatura possano essere letti anche dopo il processo di zincatura;
3. Fornire tempestivamente (prima dell'arrivo in cantiere e/o nel luogo di stoccaggio dei prodotti lavorati) alla Committente ed alla Direzione Lavori, per ciascun coil lavorato (identificato con: il suo numero identificativo, il numero di colata, la larghezza del nastro, lo spessore del nastro ed il tipo di acciaio) i seguenti documenti:
 - il certificato di collaudo di tipo "3.1" ai sensi della norma EN 10204 (il certificato di collaudo dovrà contenere i dati e le informazioni sugli acciai previste dalla norma EN 10168);
 - l'elenco contenente il numero, il tipo dei componenti, riferiti a ciascun tipo di barriera previsto nella gara, da esso realizzati, intendendosi come tali: pali, lame a tripla onda, distanziatori, correnti longitudinali superiori o inferiori (di seguito definiti per brevità: Componenti Elementari; per l'individuazione degli stessi si rimanda ai particolari costruttivi della barriera allegati al contratto);
 - attestazione delle caratteristiche di zincatura operata su tutti i Componenti Elementari oggetto di fornitura;
4. Assicurare la tracciabilità dei materiali depositati in Magazzino nei confronti della Bolla di consegna a cui fanno riferimento attraverso i seguenti strumenti:
 - dichiarazione del numero di pezzi contenuti all'interno di ogni collo di imballaggio e del numero di m lineari di barriera equivalenti a cui tali pezzi si riferiscono;
 - i colli dovranno essere preparati per ciascuna tipologia di componente facendo attenzione a preparare colli specifici per la bulloneria, le parti miste e altri componenti speciali;
 - identificazione di ciascun collo di imballaggio mediante un codice seriale univoco e il colore corrispondente alla tipologia di barriera cui i pezzi afferiscono (si veda tabella seguente);

5. Procedere all'identificazione di ciascun componente per singola tipologia di barriera fornita sulla base della seguente tabella cromatica di riconoscimento:

TIPOLOGIA DI DISPOSITIVO DI SICUREZZA	COLORE IDENTIFICATIVO
Barriera Bordo Laterale H2	verde
Barriera Bordo Laterale H3	arancione
Barriera Bordo Ponte H4	blu
Barriera Bordo Ponte H2	magenta
Barriera bifilare spartitraffico H4	rosso bordò
Barriera monofilare spartitraffico H4 New Jersey	ciano

Il colore dovrà essere apposto su ogni singolo elemento di ciascuna tipologia di barriera, su una superficie limitata ma sufficiente a riconoscerlo inequivocabilmente all'interno dei colli di trasporto e durante le fasi di posa in opera.

6. Organizzare lo stoccaggio della fornitura richiesta in modo che i colli di imballaggio contenenti i diversi componenti delle barriere siano stoccati in una zona del magazzino dedicata esclusivamente alla fornitura Autostrade. Il fornitore dovrà, inoltre, inviare con cadenza settimanale l'elenco dei colli immagazzinati nel periodo fornendo le necessarie informazioni secondo lo schema seguente:

Tipologia Barriera	n° Coil	n° Certificato Collaudo	Tipologia Componente	n° progressivo collo	n° pezzi	Lunghezza equivalente
H2 BL			montante			
H2 BL			distanziatore			
H2 BL			...			
...						
H3 BL						
...						
H2 BP						

...						
H4 BP						
...						

BARRIERA CALCESTRUZZO

- A. la rispondenza delle caratteristiche dimensionali di ciascun componente e dell'intero prodotto;
- B. lo spessore e le caratteristiche della zincatura (se presente);
- C. le caratteristiche fisico-chimiche del calcestruzzo;
- D. le caratteristiche fisico-chimiche dell'acciaio (se presente);
- E. le saldature (se presenti)
- F. la rispondenza delle caratteristiche dimensionali e qualitative della installazione a quanto previsto in progetto.

Ciascun elemento NJ dovrà essere identificato da un codice che permetta l'individuazione della data di produzione, e che consenta la rintracciabilità dei documenti e delle certificazioni relative alla qualità del calcestruzzo utilizzato.

Gli elementi in acciaio dovranno essere identificati tramite apposito codice che permetta l'individuazione del certificato di provenienza del materiale utilizzato (vedi precedente paragrafo 17.3.2 "BARRIERA ACCIAIO").

17.3.3 VERIFICHE E ACCETTAZIONE DELLA FORNITURA

Le verifiche che si concludono con l'accettazione della fornitura consistono in:

- verifiche in fase di consegna e installazione
- accettazione dell'intera fornitura.

Verifiche in fase di consegna e installazione

I colli di imballaggio contenenti i diversi componenti delle barriere devono necessariamente presentare un'etichetta identificativa riportante il codice identificativo del dispositivo ed il numero di marcatura CE.

La Committente, o soggetti delegati dalla medesima, effettuerà prima dell'installazione dei dispositivi una verifica del materiale prodotto consistente in :

1. controlli di accettazione dei materiali e controlli dimensionali secondo le modalità di cui ai successivi paragrafi;
2. controllo visivo della fornitura;
3. verifica, per ciascun dispositivo, dell'effettuazione di quanto previsto al paragrafo 17.3.2.

Le barriere e gli altri dispositivi di ritenuta installati su strada dovranno essere identificati attraverso targhetta indelebile e non rimovibile conforme allo schema allagato al Certificato di Conformità CE,

da apporre sulla barriera (almeno uno ogni 100 metri di installazione) o sul dispositivo, e riportante le indicazioni di cui all'appendice ZA.3 della norma EN 1317-5: 2007+A1 (luglio 2008).

Verifiche in fase di accettazione

Entro sei mesi dall'avvenuta ultimazione dell'intera fornitura prevista nel presente gara, si procederà all'accettazione della stessa. Tale attività dovrà intendersi comprensiva di:

- verifica della rispondenza alle caratteristiche individuate alle lettere A/B/C/D, di cui al precedente punto 17.3.2, relative all'intera fornitura svolta nell'ambito del presente contratto;
- controllo della marchiatura e della punzonatura;
 - verifica della presenza del marchio CE secondo modalità e frequenze previste dalla normativa vigente (art. 5 delle Istruzioni tecniche D.M. n°2367 del 21.6.2004);
 - verifica della completezza e della rispondenza alle specifiche dei documenti di cui ai punti 1,2 e 3, del precedente punto 17.3.3 (inclusi i rapporti di prova);
 - eventuale ripetizione delle prove chimico – fisiche su alcuni elementi presi a campione tra quelli consegnati o montati (a discrezione e cura della Committente).

Ai fini della produzione ed accettazione, "Tutti i produttori dei dispositivi omologati/dotati di marchiatura CE devono essere specializzati e certificati in qualità aziendale secondo le norme della serie EN ISO 9001:2008" (Art. 8 D.M. 3 giugno 1998 n. 3256 - Art. 5 D.M. 11 giugno 1999).

I dispositivi dovranno essere corredati da una **Dichiarazione CE di conformità**, dal Produttore del bene responsabile del Processo di Fabbrica (FPC) i cui contenuti sono stabiliti dal paragrafo ZA.2.2 dell'appendice ZA alla norma EN 1317-5: 2007+A1 (2008).

L'accettazione di tutti i materiali sarà regolata, inoltre, anche dalle norme descritte nei successivi articoli.

Tutte le verifiche, le prove, le certificazioni e, in genere, tutta la documentazione richiesta al fine della valutazione della fornitura e della installazione sono schematizzate nei seguenti prospetti, tabella 1 – "Tabella riepilogativa delle prove e della documentazione richiesta BARRIERA METALLICA" e tabella 2 – "Tabella riepilogativa delle prove e della documentazione richiesta BARRIERA NJ CLS".

Tab. 1 – Tabella riepilogativa delle prove e della documentazione richiesta BARRIERA METALLICA

PRIMA DELLA PRODUZIONE

ELEMENTO	TEST	NORME DI RIFERIMENTO	VALORI DI RIFERIMENTO	CERTIFICATO
ELEMENTI PRINCIPALI IN ACCIAIO	- acciaio (per ciascun coil) - caratteristiche Coil	- UNI EN 10025 - UNI EN 10168		- certificato 3.1 - SI
BULLONERIA				
INTERO DISPOSITIVO				

DURANTE LA PRODUZIONE O INSTALLAZIONE

ELEMENTO	TEST	NORME DI RIFERIMENTO	VALORI DI RIFERIMENTO	CERTIFICATO
ELEMENTI PRINCIPALI IN ACCIAIO	- snervamento - trazione - allungamento a rottura - zincatura	- UNI EN 10002 - UNI EN 10002 - UNI EN 10002 - UNI EN ISO 1461		- SI - SI - SI - SI
BULLONERIA	- caratteristiche tecniche	- UNI EN ISO 898		
INTERO DISPOSITIVO	- Verifica preliminare	- N.T.A.		- Verbale

DOPO LA PRODUZIONE

ELEMENTO	TEST	NORME DI RIFERIMENTO	VALORI DI RIFERIMENTO	CERTIFICATO
ELEMENTI PRINCIPALI IN ACCIAIO	- caratteristiche dimensionali - caratteristiche acciaio - caratteristiche zincatura - caratteristiche saldature	- UNI EN 10162 - UNI EN 10025 - UNI EN ISO 1461 - UNI EN 3834	- come da norma - come da norma - come da norma - come da norma	- SI - SI - SI - SI

BULLONERIA	<ul style="list-style-type: none"> - caratteristiche dimensionali - visione certificati resistenza 	<ul style="list-style-type: none"> - UNI EN 3740 	<ul style="list-style-type: none"> - come da norma 	<ul style="list-style-type: none"> - SI - SI
INTERO DISPOSITIVO	<ul style="list-style-type: none"> - tracciabilità su strada - identificazione elementi - tracciabilità in magazzino - identificativo materiali - caratteristiche dimensionali - identificativo dispositivo - conformità a legge vigente - qualità 	<ul style="list-style-type: none"> - paragrafo 17.3.3 a - paragrafo 17.3.3 b - paragrafo 17.3.4 - D.M. 2367/2004 - D.M. 2367/2004 - D.M. 2367/2004 - UNI EN ISO 9001:2000 	<ul style="list-style-type: none"> - visibilità - N.A. - N.A. 	<ul style="list-style-type: none"> - marchiatura elementi - elenco componenti - targhetta identificativa - conformità - conformità - marchio CE - omologazione o report di crash e marchiatura CE - attestazione

Tab. 2 – Tabella riepilogativa delle prove e della documentazione richiesta BARRIERA NJ CLS PRIMA DELLA PRODUZIONE

ELEMENTO	TEST	NORME DI RIFERIMENTO	VALORI DI RIFERIMENTO	CERTIFICATO
ELEMENTI SECONDARI IN ACCIAIO	<ul style="list-style-type: none"> - Caratteristiche acciaio 	<ul style="list-style-type: none"> - UNI EN 10002 		<ul style="list-style-type: none"> - Certificato di produzione

DURANTE LA PRODUZIONE O INSTALLAZIONE

ELEMENTO	TEST	NORME DI RIFERIMENTO	VALORI DI RIFERIMENTO	CERTIFICATO
ELEMENTI PRINCIPALI IN CLS	<ul style="list-style-type: none"> - Resistenza alla compressione 	<ul style="list-style-type: none"> - UNI EN 12390/3 		

ELEMENTI SECONDARI IN ACCIAIO	<ul style="list-style-type: none"> - snervamento, trazione, allungamento a rottura - Massa e spessore - zincatura - Piegamento e raddrizzamento (per barre ader. .migliorata) 	<ul style="list-style-type: none"> - UNI EN 10002 - UNI EN ISO 1461 - UNI EN ISO 1461 - UNI ISO 10065-94 e D.M. 09-01-96 		<ul style="list-style-type: none"> - SI - SI - SI
INTERO DISPOSITIVO	- Verifica preliminare	- N.T.A.		- Verbale

DOPO LA PRODUZIONE

ELEMENTO	TEST	NORME DI RIFERIMENTO	VALORI DI RIFERIMENTO	CERTIFICATO
ELEMENTI PRINCIPALI IN CLS	-Verifica visiva porosità e integrità			
ELEMENTI SECONDARI IN ACCIAIO	<ul style="list-style-type: none"> - caratteristiche dimensionali - caratteristiche zincatura - caratteristiche saldature 	<ul style="list-style-type: none"> - UNI EN 10162 - UNI EN ISO 1461 - UNI EN 3834 	<ul style="list-style-type: none"> - come da norma - come da norma - come da norma 	<ul style="list-style-type: none"> - SI - SI - SI
BULLONERIA	<ul style="list-style-type: none"> - caratteristiche dimensionali - visione certificati resistenza 	- UNI EN 3740	- come da norma	<ul style="list-style-type: none"> - SI - SI

INTERO DISPOSITIVO	- tracciabilità su strada	- paragrafo 17.3.3 a	- visibilità	- marchiatura
	- identificazione	- paragrafo 17.3.3 b	- N.A.	elementi
	elementi	- paragrafo 17.3.4	- N.A.	- elenco componenti
	- tracciabilità in magazzino	- D.M. 2367/2004		- targhetta identificativa
	- identificativo materiali	- D.M. 2367/2004		- conformità
	- caratteristiche dimensionali	- D.M. 2367/2004		- conformità
	- identificativo dispositivo	- UNI EN ISO 9001:2000		- marchio CE
	- conformità a legge vigente			- omologazione o report di crash e marchiatura CE
	- qualità			- attestazione

17.4 BARRIERE METALLICHE A LAMA E PALETTI

17.4.1 QUALITÀ DEI MATERIALI

Ogni prelievo sarà composto da un campione di ciascuno dei componenti la barriera di protezione, prelevati in contraddittorio con un rappresentante dell'Impresa con la seguenti cadenze:

A) Barriere spartitraffico su terra:

- ogni 500 m di installazione per barriera bifilare
- ogni 200 m di installazione per barriera monofilare

B) Barriera bordo laterale:

- ogni 1000 m di installazione per quantità superiore a 10.000 m
- ogni 500 m di installazione per quantità inferiore a 10.000 m

C) Barriera bordo ponte:

- 1 campione completo per installazioni su ponti con lunghezza $L < 30m$
- 2 campioni completi per installazioni su ponti con lunghezza $30m \leq L \leq 100m$
- 3 campioni completi per installazioni su ponti con lunghezza $L > 100m$

I campioni saranno inviati, a cura e spese dell'Impresa, presso un laboratorio autorizzato indicato dalla Committente.

I campioni prelevati saranno analizzati per provare la rispondenza delle caratteristiche meccaniche, chimiche e del rivestimento protettivo, ai requisiti contrattuali.

1) Caratteristiche dell'acciaio.

L'acciaio impiegato per le barriere dovrà essere esente da difetti come bolle di fusione e scalfitture e di tipo extra, per qualità, spessori e finiture.

La qualità dei materiali sarà verificata tutte le volte che il Committente lo riterrà opportuno per verificare la rispondenza del prodotto ai requisiti di cui al "Certificato d'omologazione" ovvero ai report di crash e comunque alle caratteristiche dimensionali e strutturali indicate nei disegni delle singole barriere impiegate.

L'acciaio impiegato per la costruzione degli elementi metallici dovrà avere inoltre attitudine alla zincatura, secondo quanto previsto dalle Norme NF A 35-303 : 1994 - Classe 1.

Per ogni partita di materiale impiegato, l'Impresa dovrà presentare un certificato di collaudo dell'acciaio rilasciato dalla ferriera di provenienza e sottoscritto dal legale rappresentante del fornitore.

Nel caso in cui uno o più componenti della barriera, a seguito delle verifiche di laboratorio, non risultino conformi alla qualità dell'acciaio indicate nei disegni delle singole barriere impiegate, la fornitura di detti elementi sarà rifiutata.

2) Tolleranze dimensionali.

La Committente si riserva, a sua discrezione, di verificare le caratteristiche dimensionali dei materiali installati al fine di verificarne la rispondenza alla documentazione di omologazione o di crash test.

Le dimensioni di larghezza, lunghezza e spessore dei vari elementi verranno verificate applicando le tolleranze previste dalle norme di riferimento.

Per quanto riguarda le verifiche dimensionali dei diversi componenti delle barriere, la committente effettuerà verifiche in sito con le seguenti cadenze:

A) Barriere spartitraffico su terra:

- ogni 1000 m di fornitura per barriera bifilare
- ogni 500 m di fornitura per barriera monofilare

B) Barriera bordo laterale:

- ogni 2000 m di fornitura, con almeno una verifica per ciascuna tipologia impiegata (H2 e H3), per quantità di barriera superiore a 10.000 m
- ogni 500 m di fornitura per quantità di barriera inferiore a 10.000 m

C) Barriera bordo ponte:

- 1 verifica completa ogni 500 m forniti, con almeno una verifica per ciascuna tipologia impiegata (H4bp e H2bp)

Nel caso in cui uno o più componenti della barriera, a seguito delle verifiche sugli spessori, non risultino conformi a quelli indicati nei disegni delle singole barriere impiegate, la fornitura di detti elementi sarà rifiutata.

3) Unioni bullonate.

La bulloneria impiegata dovrà essere conforme alla norma UNI 3740.

4) Unioni saldate.

I collegamenti tra elementi metallici da effettuarsi mediante saldatura dovranno essere del tipo a penetrazione ed effettuati nel rispetto delle norme UNI EN 3834.

In particolare l'Impresa, qualora non espressamente descritto nei disegni di progetto, dovrà rispettare le Norme sopra richiamate, tenendo presente di volta in volta, le caratteristiche generali e particolari delle saldature stesse, ivi compresi, qualità e spessori dei materiali, procedimenti, tipi di giunto e classi di saldatura.

5) Zincatura.

Il rivestimento delle superfici dei profilati a freddo sarà ottenuto con zincatura a bagno caldo il quale dovrà presentarsi uniforme, perfettamente aderente, senza macchie, secondo le norme UNI EN ISO 1461.

Le quantità minime di rivestimento di zinco per spessore ed unità di superficie sono riportate e andranno verificate secondo quanto esposto nell'appendice D della suddetta Norma.

Nel caso in cui, in sede di collaudo, uno o più componenti della barriera, a seguito delle verifiche di laboratorio, non risultino conformi alla norma UNI EN ISO 1461/09, la fornitura di detti elementi sarà rifiutata ed il collaudo sarà negativo.

6) Caratteristiche della rete e dei fili metallici.

La rete, utilizzata a complemento dei parapetti metallici, sarà realizzata con fili d'acciaio crudo UNI 3598/54, con resistenza minima unitaria di rottura di 55 kg/mm², mentre i fili di legatura saranno in acciaio dolce sempre del tipo UNI EN 10223.

La rete e i fili saranno zincati a caldo secondo le caratteristiche della classe P (zincatura pesante) delle Norme UNI EN 10244. In particolare la quantità minima accettabile della massa di zinco dovrà essere di 230 gr/m².

Il rivestimento protettivo della rete e dei fili sarà costituito da zinco di qualità Zn 99,95 UNI EN 1179, oppure da una lega eutettica di zinco ed alluminio. In questo caso la percentuale d'alluminio presente nella lega non dovrà superare il 5%.

7) Caratteristiche del calcestruzzo.

Per individuare le caratteristiche del calcestruzzo utilizzato si fa riferimento al paragrafo 15 delle stesse N.T.A.

17.4.2 MODALITÀ DI POSA IN OPERA

PRESCRIZIONI GENERALI PER IL MONTAGGIO DELLE BARRIERE METALLICHE

Sul bordo superiore dei nastri o degli elementi principali dei dispositivi di sicurezza saranno applicati dei delineatori con elementi rifrangenti segnalimite, i quali dovranno essere preventivamente omologati secondo le norme vigenti ed accettati dal Committente.

Saranno costituiti da un supporto in lamiera e da catadiottri in metacrilato di colore arancione, composti da un catadiottro, quelli da porre in destra al senso di marcia, da due catadiottri sovrapposti quelli da porre in sinistra. I suddetti saranno applicati alle barriere mediante sistemi a morsetto senza interessare la bulloneria delle stesse.

I sostegni saranno infissi (barriere su terra) con idonea attrezzatura vibrante o a percussione fino alla profondità necessaria per il rispetto della quota stabilita, avendo cura di non deformare la testa del sostegno ed ottenere l'assoluta verticalità. Nel caso di barriera "a sganciamento" in cui i sostegni sono formati da paletto e contropaletto, si provvederà ad infiggere il paletto e successivamente, ad infissione completata, a collegarvi il contropaletto.

Quando per la presenza di trovanti o eccessiva consistenza del terreno non risulti possibile l'infissione, sarà ammesso il taglio della parte eccedente del sostegno e la formazione in sito del nuovo foro di collegamento, sempreché la parte infissa risulti superiore a 50 cm, senza riconoscere all'Impresa alcun compenso.

Qualora il rifiuto interessi più sostegni contigui fino ad un massimo di sei, l'Impresa è tenuta a sospendere l'infissione e avvertire tempestivamente il Committente perché questa possa assumere le decisioni circa i criteri d'ancoraggio da adottare.

Le cavità eventualmente formatisi alla base dei sostegni dopo l'infissione, a seconda della natura della sede, dovranno essere intasate con materiale inerte costipato o chiuse con malte di cemento.

In caso di carenza di vincolo od altre particolari situazioni, il Committente potrà richiedere l'adozione d'adequate opere di rinforzo.

Sono a carico dell'Impresa le eventuali riprese d'allineamento e rimessa in quota delle barriere per il periodo sino al collaudo ancorché ciò dipenda da limitati cedimenti della sede stradale e la ripresa possa essere eseguita operando sulle tolleranze dei fori di collegamento.

Per quanto concerne il montaggio, l'Impresa sarà tenuta a sua cura e spese al completo rifacimento degli impianti o di parte di essi se questi non dovessero essere stati eseguiti conformemente a quando indicato nel progetto e nelle prescrizioni tecniche descritte nel "Certificato d'omologazione" ovvero nei report di crash e comunque ai disegni di progetto.

Nel caso di sostituzione di barriera esistente, l'eventuale smontaggio dovrà essere effettuato con cura senza causare rotture o danni. Eventuali danni o perdite saranno imputate all'Impresa.

Le banchine in terra e le cunette in calcestruzzo, sede dei montanti estratti, dovranno essere perfettamente ripristinate ed ogni detrito o materiale di scarto trasportato a rifiuto a cura e spese dell'Impresa.

Alla rimozione dovrà seguire prontamente il montaggio delle nuove barriere in modo da non lasciare tratti d'autostrada senza protezione.

Le prescrizioni dettagliate di seguito riportate, riguardanti il montaggio delle barriere di sicurezza, si riferiscono a barriere di progetto Autostrade.

Per quanto riguarda, invece, i dispositivi equivalenti che l'Appaltatore volesse utilizzare si rimanda al capitolato speciale parte prima del singolo progetto di riferimento.

A1) Barriere metalliche per banchine laterali in classe H2 (Barriera Autostrade cod. BROH2-21)

Ipotizzando di dover eseguire i lavori di posa in opera nelle condizioni più critiche, cioè in presenza di traffico, ovviamente prima di procedere alla posa in opera delle barriere, si dovrà provvedere all'installazione della segnaletica stradale per la riduzione di carreggiata o comunque alla deviazione del traffico in modo da creare un'area di cantiere protetta dal flusso degli automezzi. Nel rispetto delle norme di sicurezza il personale deve essere provvisto di idoneo equipaggiamento (tuta, scarpe, guanti ecc.) e quanto altro previsto dalle norme vigenti in materia di sicurezza.

Avendo cura di iniziare i lavori dalla fine del tratto da proteggere per risalire verso l'inizio dello stesso, rispetto alla direzione del traffico (del lato in cui si opera per strade a doppio senso di marcia), la sequenza temporale e spaziale delle operazioni di cantiere, trascurando eventuali lavorazioni non specifiche della barriera in esame (rimozione di barriera esistente, ripristino o compattazione del terreno di supporto, ecc.), sarà indicativamente la seguente:

- 1) Tracciamento di una o più linee o tesatura di idonei fili per l'allineamento dei paletti e dei nastri di barriera;
- 2) scarico e posizionamento a terra dei nastri a tripla onda lungo il tracciato tenendo presente il senso di marcia del traffico; si tenga presente che le sovrapposizioni dei nastri debbono essere predisposte, rispetto al senso di marcia, in modo che lo spessore a vista non sia rivolto verso il traffico che sopraggiunge e così non sia offerto nessun appiglio o aggancio al veicolo in svio che deve poter "scivolare" via;
- 3) infissione dei paletti (tramite idoneo battipalo) nel terreno di supporto in corrispondenza della asolatura dei nastri allineati a terra e quindi secondo l'interasse richiesto di 266.7 cm. Questa operazione deve essere eseguita curando e controllando l'allineamento, la loro distanza reciproca, la verticalità degli stessi e la loro distanza dalla pavimentazione secondo le quote previste nel disegno di progetto (finito il montaggio la lama dovrà essere allineata con il "filo" della pavimentazione);
- 4) scarico e posizionamento a terra dei distanziatori per la lama tripla onda, dei tiranti posteriori a "C" 80x40x4 e dei relativi canotti 68x36x4;
- 5) montaggio del distanziatore al paletto tramite n°2 bulloni TE M8x35 classe 4.8 avendo cura, tenendo conto dell'asola, di rispettare la quota prevista in progetto. Da notare la rondella M8 posta lato paletto e rondella M10 inserita lato distanziatore;
- 6) montaggio del tirante posteriore a "C" 80x40x4 al palo tramite bullone TTDE M16x50 a testa tonda classe 8.8; quattro bulloni analoghi collegano i tiranti ad "C" tra loro tramite il canotto di sovrapposizione;

- 7) collegamento dei nastri a tripla onda sovrapposti, precedentemente disposti sul terreno, ai distanziatori e fra loro, utilizzando due bulloni TTDE M16x50 a testa tonda classe 8.8 e le relative piastrine antisfilamento;
- 8) completamento delle giunzioni dei nastri a tripla onda sovrapposti tramite n°12 bulloni TTDE M16x30 a testa tonda classe 8.8;
- 9) procedere tramite idonei avvitatori pneumatici tarati o chiave dinamometrica al serraggio definitivo della bulloneria necessaria al mutuo collegamento degli vari elementi come da voci 5), 6), 7) e 8) previo controllo di tutte le quote e dell'allineamento dei nastri e del tirante posteriore in funzione dei disegni di progetto e dell'andamento plano-altimetrico della strada.

Per ciò che concerne il corretto serraggio, si farà riferimento alla seguente tabella:

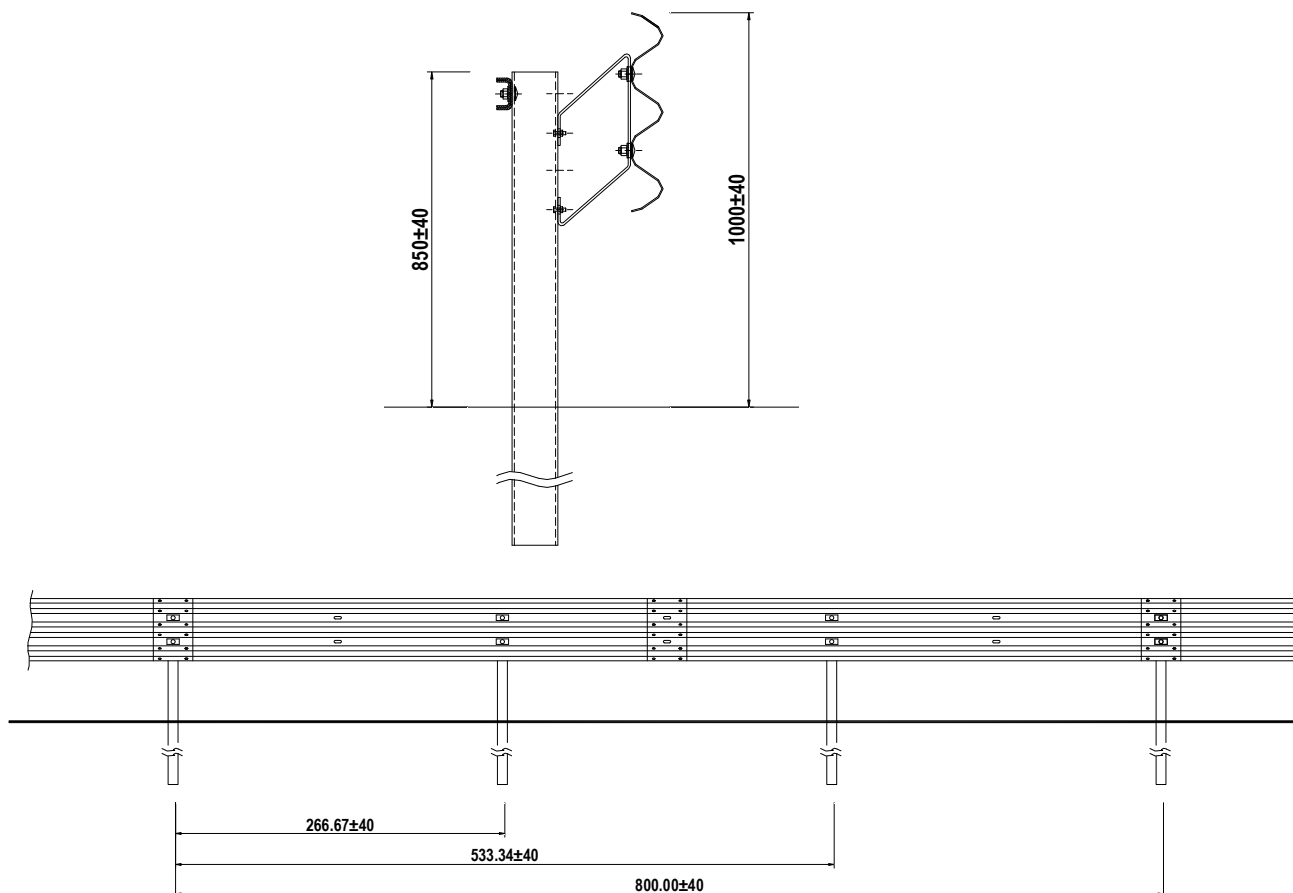
Tipo elemento	Coppia di serraggio (Nm)
Bulloni TDE M16, classe 8.8	80 + 15
Bulloni TE M8, classe 4.8	15 + 5

Tolleranze geometriche

In fase di produzione degli elementi della barriera le tolleranze da rispettare sono quelle riprese nella norma UNI ISO 22768-1 – classe c.

Gli spessori saranno verificati applicando le tolleranze riportate nella normativa UNI EN 10051-2000 per lamiere e nastri laminati a caldo in continuo e UNI EN 10058-2004 per barre di acciaio piano laminate a caldo.

In fase di montaggio, sono tollerate piccole variazioni, nei limiti delle tolleranze riportate nelle seguenti figure:



A2) Barriere metalliche per banchine laterali in classe H3 (Barriera Autostrade BROH3BL6)

Ipotizzando di dover eseguire i lavori di posa in opera nelle condizioni più critiche, cioè in presenza di traffico, ovviamente prima di procedere alla posa in opera delle barriere, si dovrà provvedere all'installazione della segnaletica stradale per la riduzione di carreggiata o comunque alla deviazione del traffico in modo da creare un'area di cantiere protetta dal flusso degli automezzi. Nel rispetto delle norme di sicurezza il personale deve essere provvisto di idoneo equipaggiamento (tuta, scarpe, guanti ecc.) e quanto altro previsto dalle norme vigenti in materia di sicurezza.

Avendo cura di iniziare i lavori dalla fine del tratto da proteggere per risalire verso l'inizio dello stesso, rispetto alla direzione del traffico (del lato in cui si opera per strade a doppio senso di marcia), la sequenza temporale e spaziale delle operazioni di cantiere, trascurando eventuali lavorazioni non specifiche della barriera in esame (rimozione di barriera esistente, ripristino o compattazione del terreno di supporto, ecc.), sarà indicativamente la seguente:

- 1) Tracciamento di una o più linee o tesatura di idonei fili per l'allineamento dei paletti e dei nastri di barriera;
- 2) scarico e posizionamento a terra dei nastri a tripla onda lungo il tracciato tenendo presente il senso di marcia del traffico; si tenga presente che le sovrapposizioni dei nastri debbono essere predisposte, rispetto al senso di marcia, in modo che lo spessore a vista non sia rivolto verso il

traffico che sopraggiunge e così non sia offerto nessun appiglio o aggancio al veicolo in svio che deve poter “scivolare” via;

- 3) infissione dei paletti (tramite idoneo battipalo) nel terreno di supporto in corrispondenza della asolatura dei nastri allineati a terra e quindi secondo l'interasse richiesto di 150 cm. Questa operazione deve essere eseguita curando e controllando l'allineamento, la loro distanza reciproca, la verticalità degli stessi e la loro distanza dalla pavimentazione secondo le quote previste nel disegno di progetto (finito il montaggio la lama dovrà essere allineata con il “filo” della pavimentazione);
- 4) scarico e posizionamento a terra dei distanziatori per la lama tripla onda, dei tiranti ad “L” 60x32x5 posteriori e dei tubi “diagonal” Ø60.3x1.5;
- 5) montaggio⁴ del distanziatore al paletto tramite n°2 bulloni TTDE M16x30 a testa tonda classe 8.8 avendo cura, tenendo conto dell'asola, di rispettare la quota prevista in progetto;
- 6) montaggio del tirante posteriore ad “L” 60x32x5 e dei tubi diagonal Ø60.3x1.5 al palo tramite bullone TTDE M16x50 a testa tonda classe 8.8; analogo bullone collega i tiranti ad “L” tra loro nella sovrapposizione;
- 7) collegamento dei nastri a tripla onda sovrapposti, precedentemente disposti sul terreno, ai distanziatori e fra loro, utilizzando due bulloni TTDE M16x50 a testa tonda classe 8.8 e le relative piastrine antisfilamento; tra lama e distanziatore, col bullone superiore, andrà inserita e fissata la parte piatta del tubo diagonale Ø60.3x1.5, mentre in corrispondenza del bullone inferiore viene inserita una piastrina 50x50x5;
- 8) completamento delle giunzioni dei nastri a tripla onda sovrapposti tramite n°12 bulloni TTDE M16x30 a testa tonda classe 8.8;
- 9) scarico dal veicolo del tubo corrimano scatolare 120x80x5 e delle relative piastre ad “L” con funzione di distanziatore di tipo “standard” e speciali per le giunture tra tubi;
- 10) fissaggio al palo delle due piastre ad “L” con funzione di distanziatore del tubo corrimano utilizzando due bulloni TTDE M16x50 a testa tonda classe 8.8, tenendo conto delle asole al fine di rispettare la quota prevista in progetto;
- 11) montaggio del tubo corrimano scatolare 120x80x5 alle due piastre ad “L” con funzione di distanziatore tramite due bulloni TTDE M16x130 a testa tonda classe 8.8; naturalmente saranno utilizzati 4 di questi bulloni per collegare due tubi corrimano tra loro nelle zone di giunto tramite le piastre speciali;
- 12) procedere tramite idonei avvitatori pneumatici tarati o chiave dinamometrica al serraggio definitivo della bulloneria necessaria al mutuo collegamento degli vari elementi come da voci 5), 6), 7), 8), 10) e 11) previo controllo di tutte le quote e dell'allineamento dei nastri e del mancorrente in funzione dei disegni di progetto e dell'andamento plano-altimetrico della strada.

Per ciò che concerne il corretto serraggio, si farà riferimento alla seguente tabella:

Tipo elemento	Coppia di serraggio (Nm)
Bulloni TDE M16, classe 8.8	80 + 10

⁴ Al fine di facilitare le operazioni di posa in opera dei vari componenti, tutta la bulloneria di questa fase e quella necessaria alle successive operazioni dalla 6) alla 11) dovrà essere installata in due fasi; nella prima si darà un serraggio minimo atto a realizzare il mutuo collegamento delle parti, mentre nella seconda (vedi 12)) sarà assicurato il serraggio definitivo.

Bulloni TDE M20, classe 10.9 (tubo corrimano)	120 ±15
Barre filettate M24 (ancoraggi piastra), classe 8.8	150* ±20

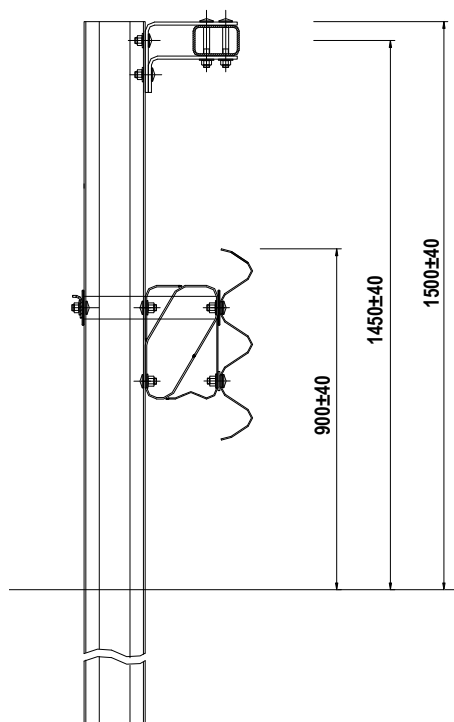
**salvo diverse specifiche tecniche fornite dal produttore del tipo di ancoraggio usato.*

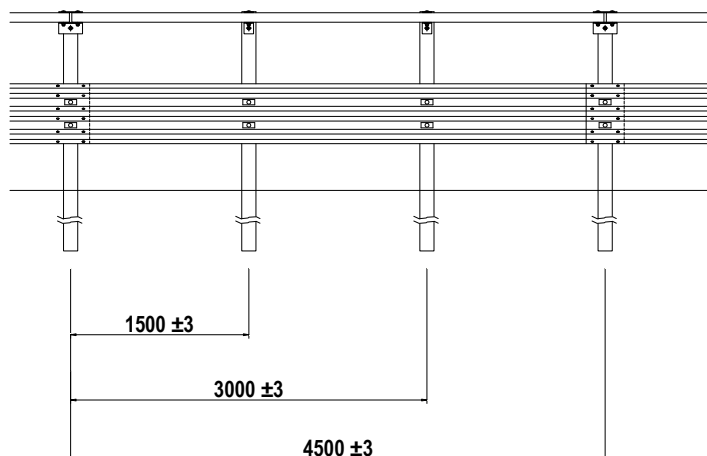
Tolleranze geometriche

In fase di produzione degli elementi della barriera le tolleranze da rispettare sono quelle riprese nella norma UNI ISO 22768-1 – classe c.

Gli spessori saranno verificati applicando le tolleranze riportate nella normativa UNI EN 10051-2000 per lamiere e nastri laminati a caldo in continuo e UNI EN 10058-2004 per barre di acciaio piane laminate a caldo.

In fase di montaggio, sono tollerate piccole variazioni, nei limiti delle tolleranze riportate nelle seguenti figure:





B) Barriere metalliche per banchine centrali (Barriera Autostrade cod. BRH42F-9)

Ipotizzando di dover eseguire i lavori di posa in opera nelle condizioni più critiche, cioè in presenza di traffico, ovviamente prima di procedere alla posa in opera delle barriere, si dovrà provvedere all'installazione della segnaletica stradale per la riduzione di carreggiata o comunque alla deviazione del traffico in modo da creare un'area di cantiere protetta dal flusso degli automezzi. Nel rispetto delle norme di sicurezza il personale deve essere provvisto di idoneo equipaggiamento (tuta, scarpe, guanti ecc.) e quanto altro previsto dalle norme vigenti in materia di sicurezza.

Avendo cura di iniziare i lavori dalla fine del tratto da proteggere per risalire verso l'inizio dello stesso, rispetto alla direzione del traffico (del lato in cui si opera per strade a doppio senso di marcia), la sequenza temporale e spaziale delle operazioni di cantiere, trascurando eventuali lavorazioni non specifiche della barriera in esame (rimozione di barriera esistente, ripristino o compattazione del terreno di supporto, ecc.) e ovviamente considerando il montaggio di uno dei due filari che compongono la barriera, sarà indicativamente la seguente:

- 1) Tracciamento di una o più linee o tesatura di idonei fili per l'allineamento dei paletti e dei nastri di barriera, anteriori e posteriori,
- 2) scarico e posizionamento a terra dei nastri a tripla onda lungo il tracciato tenendo presente il senso di marcia del traffico; si tenga presente che le sovrapposizioni dei nastri debbono essere predisposte, rispetto al senso di marcia, in modo che lo spessore a vista non sia rivolto verso il traffico che sopraggiunge e così non sia offerto nessun appiglio o aggancio al veicolo in svio che deve poter "scivolare" via;
- 3) infissione dei paletti (tramite idoneo battipalo) nel terreno di supporto in corrispondenza della asolatura dei nastri allineati a terra e quindi secondo l'interasse richiesto di 200 cm.; questa operazione deve essere eseguita curando e controllando l'allineamento, la loro distanza reciproca, la verticalità degli stessi e la loro distanza dalla pavimentazione secondo le quote previste nel disegno di progetto;
- 4) scarico e posizionamento a terra dei "contropaletti" 120x80x5, dei distanziatori per la lama a tripla onda, dei tiranti o correnti posteriori angolari 60x32x5 e dei tubi "diagonali" Ø60.3x1.5;

- 5) montaggio dei “contropaletti” 120x80x5 ai paletti tramite due bulloni a testa esagonale in acciaio di classe 8.8, uno TDE M10x30 (sotto) e l'altro TDE M12x30 (sopra) curando la verticalità degli stessi;
- 6) montaggio dei distanziatori al paletto tramite n°2 bulloni TTDE M16x30 a testa tonda classe 8.8 avendo cura, tenendo conto dell'asola, di rispettare la quota prevista in progetto;
- 7) montaggio del tirante posteriore ad “L” 60x32x5 e dei tubi diagonali Ø60.3x1.5 al palo tramite bullone TTDE M16x50 a testa tonda classe 8.8; analogo bullone collega i tiranti ad “L” tra loro nella sovrapposizione;
- 8) collegamento dei nastri a tripla onda sovrapposti, precedentemente disposti sul terreno, ai distanziatori e fra loro, utilizzando due bulloni TTDE M16x50 a testa tonda classe 8.8 e le relative piastrine antisfilamento; tra lama e distanziatore, col bullone superiore, andrà inserita e fissata la parte piatta del tubo diagonale Ø60.3x1.5, mentre in corrispondenza del bullone inferiore viene inserita una piastrina 50x50x5;
- 9) completamento delle giunzioni dei nastri a tripla onda sovrapposti tramite n°12 bulloni TTDE M16x30 a testa tonda classe 8.8;
- 10) scarico dal veicolo dei tubi corrimano scatolari 160x80x5 e delle relative piastre ad “L” con funzione di distanziatore di tipo “standard” e speciali per le giunture tra tubi;
- 11) fissaggio al “contropaletto” delle due piastre ad “L” con funzione di distanziatore del tubo corrimano utilizzando due bulloni TDE M20x50 a testa esagonale classe 10.9, tenendo conto delle asole al fine di rispettare la quota prevista in progetto;
- 12) montaggio dei tubi corrimano scatolari 160x80x5 alle due piastre ad “L” con funzione di distanziatore tramite due bulloni TDE M20x130 a testa esagonale classe 10.9; naturalmente saranno utilizzati 4 di questi bulloni per collegare due tubi corrimano tra loro nelle zone di giunto tramite le piastre speciali;
- 13) procedere tramite idonei avvitatori pneumatici tarati o chiave dinamometrica al serraggio definitivo della bulloneria necessaria al mutuo collegamento degli vari elementi come da voci 6), 7), 8), 9), 11) e 12) previo controllo di tutte le quote e dell'allineamento dei nastri e dei mancorrenti in funzione dei disegni di progetto e dell'andamento plano-altimetrico della strada.

Per ciò che concerne il corretto serraggio, si farà riferimento alla seguente tabella:

Tipo elemento	Coppia di serraggio (Nm)
Bulloni TDE M16, classe 8.8	80 + 15
Bulloni TDE M20, classe 10.9 (tubo corrimano)	120 ±15
Bulloni TDE M10, classe 8.8 (colleg.inf.palo)	20* ±2
Bulloni TDE M12, classe 8.8 (colleg.sup.palo)	25* ±2

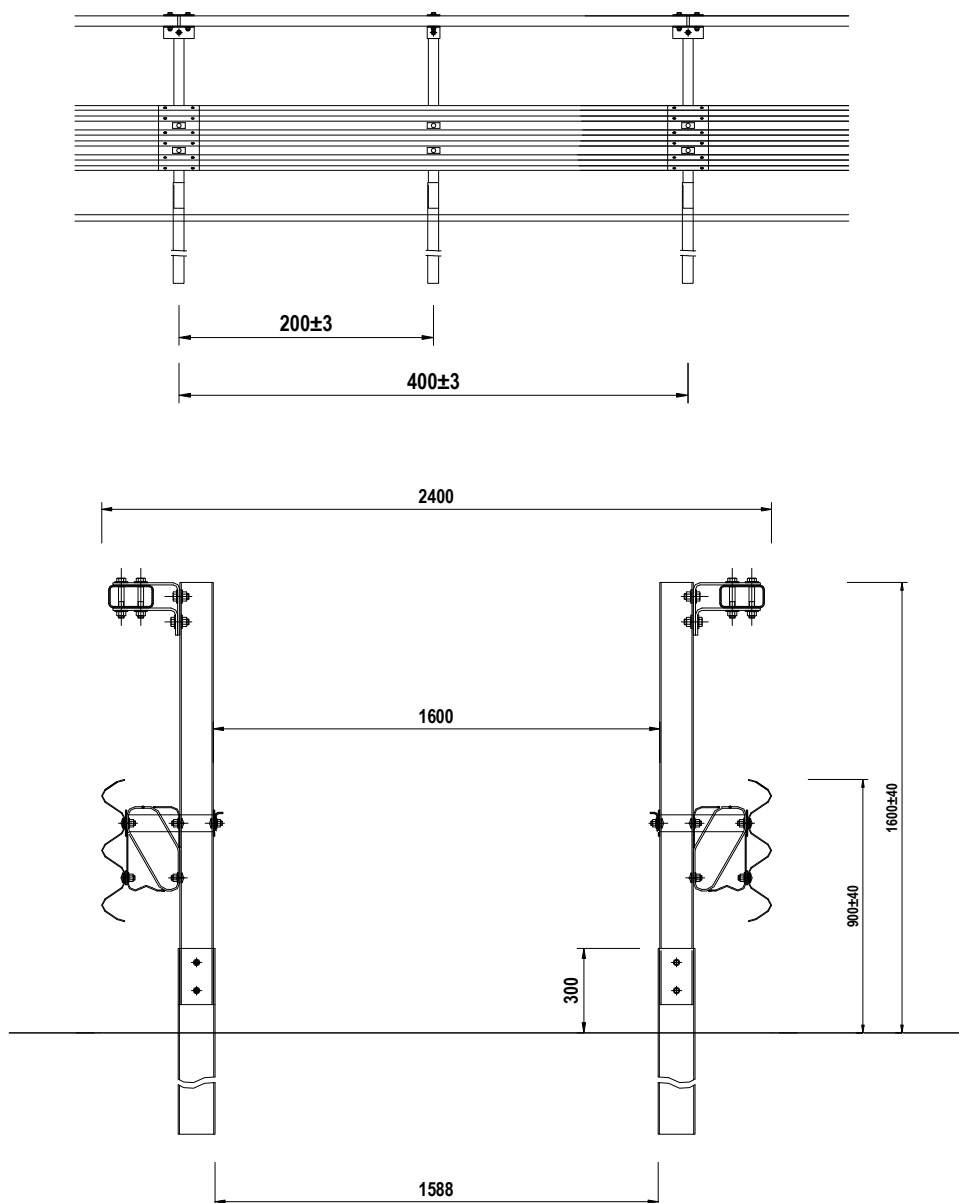
**salvo diverse specifiche tecniche fornite dal produttore del tipo di ancoraggio usato.*

Tolleranze geometriche

In fase di produzione degli elementi della barriera le tolleranze da rispettare sono quelle riprese nella norma UNI ISO 22768-1 – classe c.

Gli spessori saranno verificati applicando le tolleranze riportate nella normativa UNI EN 10051-2000 per lamiere e nastri laminati a caldo in continuo e UNI EN 10058-2004 per barre di acciaio piano laminate a caldo.

In fase di montaggio, sono tollerate piccole variazioni, nei limiti delle tolleranze riportate nella seguenti figure:



c) Barriere metalliche per opere d'arte in classe H2 (Barriera Autostrade cod. BROH2BP4)

Ipotizzando di dover eseguire i lavori di posa in opera nelle condizioni più critiche, cioè in presenza di traffico, ovviamente prima di procedere alla posa in opera delle barriere, si dovrà provvedere all'installazione della segnaletica stradale per la riduzione di carreggiata o comunque alla deviazione del traffico in modo da creare un'area di cantiere protetta dal flusso degli automezzi.

Nel rispetto delle norme di sicurezza il personale oltre ad essere provvisto di idoneo equipaggiamento (tuta, scarpe, guanti ecc.) dovendo operare su opera d'arte anche in presenza di vuoto, dovrà essere munito di casco e cinture di sicurezza, e quanto altro previsto dalle norme vigenti in materia di sicurezza.

Avendo cura di iniziare i lavori dalla fine del ponte per risalire verso l'inizio dello stesso, rispetto alla direzione del traffico (del lato in cui si opera per strade a doppio senso di marcia), la sequenza temporale e spaziale delle operazioni di cantiere, trascurando eventuali lavorazioni non specifiche della barriera in esame (rimozione di barriera esistente, ripristino del cordolo di supporto, ecc.), sarà indicativamente la seguente:

- 1) Tracciamento di una o più linee o tesatura di idonei fili per l'allineamento dei paletti e dei nastri di barriera;
- 2) scarico e posizionamento a terra dei nastri a tripla onda lungo il tracciato tenendo presente il senso di marcia del traffico; si tenga presente che le sovrapposizioni dei nastri debbono essere predisposte, rispetto al senso di marcia, in modo che lo spessore a vista non sia rivolto verso il traffico che sopraggiunge e così non sia offerto nessun appiglio o aggancio al veicolo in svio che deve poter *"scivolare"* via;
- 3) posizionamento dei pali su piastra sul cordolo di supporto in corrispondenza della asolatura dei nastri allineati a terra e quindi secondo l'interasse richiesto di 225 cm. Questa operazione deve essere eseguita curando e controllando l'allineamento, la loro distanza reciproca, la verticalità degli stessi e la loro distanza dalla pavimentazione e/o dal bordo cordolo secondo le quote previste nel disegno di progetto (finito il montaggio la lama dovrà essere allineata con il *"filo"* del cordolo);
- 4) usando i tre fori della piastra come dima segnare sul cordolo la posizione degli stessi;
- 5) eventualmente spostare i paletti su piastra lateralmente ed eseguire i fori Ø25 fino ad una profondità di 180 mm. tramite fioletto o apposito trapano curando la verticalità del foro stesso;
- 6) provvedere con compressore ad aria compressa ad accurata pulizia del foro stesso da tutti i residui;
- 7) eventuale riposizionamento dei paletti su piastra sul cordolo in corrispondenza dei fori;
- 8) inserimento nei fori delle resine chimiche e delle relative barre filettate M20 curando le specifiche modalità e tempi di posa previsti per il sistema che si sta utilizzando;
- 9) fissaggio⁵ dei tre tirafondi tramite idonea rondella e dado M20;
- 10) scarico dal veicolo dei distanziatori per tripla onda, del corrente a "C" del corrimano e del tirante o bandella posteriore;
- 11) montaggio del distanziatore al paletto tramite n°2 bulloni TTDE M16x30 a testa tonda classe 8.8 avendo cura, tenendo conto dell'asola, di rispettare la quota prevista in progetto;

⁵ Al fine di facilitare le operazioni di posa in opera dei vari componenti, tutta la bulloneria necessaria alla operazione 9) ed alle successive da 11) a 15) dovrà essere installata in due fasi; nella prima si darà un serraggio minimo atto a realizzare il mutuo collegamento delle parti, mentre nella seconda (vedi 17)) sarà assicurato il serraggio definitivo.

- 12) collegamento dei nastri sovrapposti, precedentemente disposti sul terreno, ai distanziatori e fra loro, utilizzando due bulloni TTDE M16x50 a testa tonda classe 8.8 e le relative piastrine antisfilamento;
- 13) completamento delle giunzioni dei nastri a tripla onda sovrapposti tramite n°12 bulloni TTDE M16x30 a testa tonda classe 8.8;
- 14) montaggio del corrente a "C" del corrimano al paletto tramite un bullone TTDE M16x80 a testa tonda classe 8.8 e tra loro tramite bulloni TTDE M16x50 avendo cura, tenendo conto dell'asola, di rispettare la quota prevista in progetto;
- 15) montaggio del tirante o bandella posteriore al paletto e tra loro tramite bulloni TTDE M16x50 a testa tonda classe 8.8 avendo cura, tenendo conto dell'asola, di rispettare la quota prevista in progetto;
- 16) procedere tramite idonei avvitatori pneumatici tarati o chiave dinamometrica al serraggio definitivo dei tre tirafondi M20, con dado e relativo controdado, previo controllo del corretto posizionamento della piastra;
- 17) procedere tramite idonei avvitatori pneumatici tarati o chiave dinamometrica al serraggio definitivo della bulloneria necessaria al mutuo collegamento degli vari elementi come da voci 11), 12), 13), 14) e 15) previo controllo di tutte le quote e dell'allineamento del nastro e del mancorrente in funzione dei disegni di progetto e dell'andamento piano-altimetrico della strada.

Per ciò che concerne il corretto serraggio, si farà riferimento alla seguente tabella:

Tipo elemento	Coppia di serraggio (Nm)
Bulloni TDE M16, classe 8.8	80 + 15
Bulloni TDE M20, classe 10.9 (tubo corrimano)	120* ±15

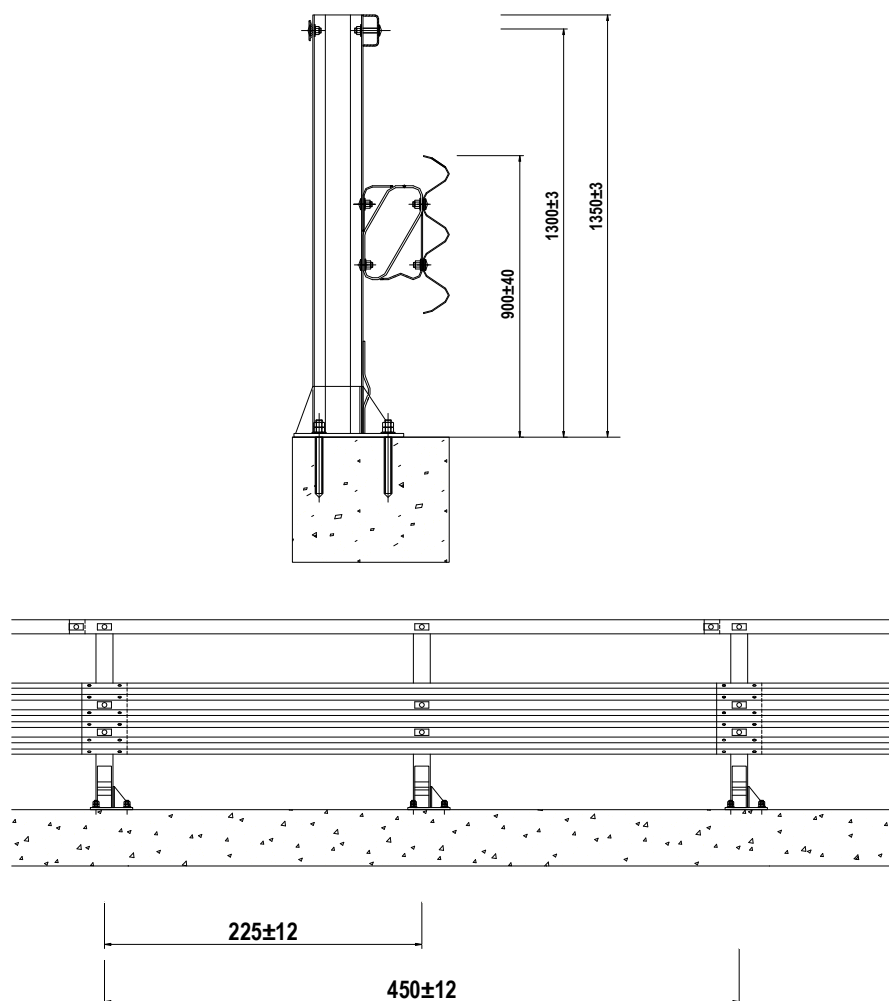
***salvo diverse specifiche tecniche fornite dal produttore del tipo di ancoraggio usato.**

Tolleranze geometriche

In fase di produzione degli elementi della barriera le tolleranze da rispettare sono quelle riprese nella norma UNI ISO 22768-1 – classe c.

Gli spessori saranno verificati applicando le tolleranze riportate nella normativa UNI EN 10051-2000 per lamiere e nastri laminati a caldo in continuo e UNI EN 10058-2004 per barre di acciaio piane laminate a caldo.

In fase di montaggio, sono tollerate piccole variazioni, nei limiti delle tolleranze riportate nelle seguenti figure:



d) Barriere metalliche per opere d'arte in classe H4 (Barriera Autostrade cod.BROH4BP8)

In caso di presenza di traffico l'Impresa dovrà adottare tutti i sistemi e le precauzioni per evitare sia interruzioni nel transito dei veicoli che la caduta d'oggetti e materiali.

Ovviamente prima di procedere alla posa in opera delle barriere, si dovrà provvedere all'installazione della segnaletica stradale per la riduzione di carreggiata o comunque alla deviazione del traffico in modo da creare un'area di cantiere protetta dal flusso degli automezzi. Nel rispetto delle norme di sicurezza il personale oltre ad essere provvisto di idoneo equipaggiamento (tuta, scarpe, guanti ecc.) dovendo operare su opera d'arte anche in presenza di vuoto, dovrà essere munito di casco e cinture di sicurezza, e quanto altro previsto dalle norme vigenti in materia di sicurezza.

Avendo cura di iniziare i lavori dalla fine del ponte per risalire verso l'inizio dello stesso, rispetto alla direzione del traffico (del lato in cui si opera per strade a doppio senso di marcia), la sequenza temporale e spaziale delle operazioni di cantiere, trascurando eventuali lavorazioni non

specifiche della barriera in esame (rimozione di barriera esistente, ripristino del cordolo di supporto, ecc.), sarà indicativamente la seguente:

- 1) Tracciamento di una o più linee o tesatura di idonei fili per l'allineamento dei paletti e dei nastri di barriera;
- 2) scarico e posizionamento a terra dei nastri a tripla onda lungo il tracciato tenendo presente il senso di marcia del traffico; si tenga presente che le sovrapposizioni dei nastri debbono essere predisposte, rispetto al senso di marcia, in modo che lo spessore a vista non sia rivolto verso il traffico che sopraggiunge e così non sia offerto nessun appiglio o aggancio al veicolo in svio che deve poter *“scivolare”* via;
- 3) posizionamento dei pali su piastra sul cordolo di supporto in corrispondenza della asolatura dei nastri allineati a terra e quindi secondo l'interasse richiesto di 150 cm. Questa operazione deve essere eseguita curando e controllando l'allineamento, la loro distanza reciproca, la verticalità degli stessi e la loro distanza dalla pavimentazione e/o dal bordo cordolo secondo le quote previste nel disegno di progetto (finito il montaggio la lama dovrà essere allineata con il *“filo”* del cordolo);
- 4) usando i tre fori della piastra come dima segnare sul cordolo la posizione degli stessi;
- 5) eventualmente spostare i paletti su piastra lateralmente ed eseguire i fori Ø28 fino ad una profondità di 210 mm. tramite fioretto o apposito trapano curando la verticalità del foro stesso;
- 6) provvedere con compressore ad aria compressa ad accurata pulizia del foro stesso da tutti i residui;
- 7) eventuale riposizionamento dei paletti su piastra sul cordolo in corrispondenza dei fori;
- 8) inserimento nei fori della resina chimica e delle relative barre filettate M24 curando le specifiche modalità e tempi di posa previsti per il sistema che si sta utilizzando;
- 9) fissaggio ⁶ dei tre ancoraggi chimici tramite idonea rondella, dado e controdado M24;
- 10) scarico e posizionamento a terra dei distanziatori per la lama tripla onda, dei tiranti ad “L” 60x32x5 posteriori e dei tubi “diagonali” Ø60.3x1.5;
- 11) montaggio del distanziatore al paletto tramite n°2 bulloni TTDE M16x30 a testa tonda classe 8.8 avendo cura, tenendo conto dell'asola, di rispettare la quota prevista in progetto;
- 12) montaggio del tirante posteriore ad “L” 60x32x5 e dei tubi diagonali Ø60.3x1.5 al palo tramite bullone TTDE M16x50 a testa tonda classe 8.8; analogo bullone collega i tiranti ad “L” tra loro nella sovrapposizione;
- 13) collegamento dei nastri a tripla onda sovrapposti, precedentemente disposti sul terreno, ai distanziatori e fra loro, utilizzando due bulloni TTDE M16x50 a testa tonda classe 8.8 e le relative piastrine antisfilamento; tra lama e distanziatore, col bullone superiore, andrà inserita e fissata la parte piatta del tubo diagonale Ø60.3x1.5, mentre in corrispondenza del bullone inferiore viene inserita una piastrina 50x50x5;
- 14) completamento delle giunzioni dei nastri a tripla onda sovrapposti tramite n°12 bulloni TTDE M16x30 a testa tonda classe 8.8;

⁶ Al fine di facilitare le operazioni di posa in opera dei vari componenti, tutta la bulloneria di questa fase e quella necessaria alle successive operazioni dalla 11) alla 17) dovrà essere installata in due fasi; nella prima si darà un serraggio minimo atto a realizzare il mutuo collegamento delle parti, mentre nella seconda (vedi 18) e 19)) sarà assicurato il serraggio definitivo.

- 15) scarico dal veicolo del tubo corrimano scatolare 160x80x5 e delle relative piastre ad “L” con funzione di distanziatore di tipo “standard” e speciali per le giunture tra tubi;
- 16) fissaggio al palo delle due piastre ad “L” con funzione di distanziatore del tubo corrimano utilizzando due bulloni TDE M20x50 a testa esagonale classe 10.9, tenendo conto delle asole al fine di rispettare la quota prevista in progetto;
- 17) montaggio del tubo corrimano scatolare 160x80x5 alle due piastre ad “L” con funzione di distanziatore tramite due bulloni TDE M20x130 a testa esagonale classe 10.9; naturalmente saranno utilizzati 4 di questi bulloni per collegare due tubi corrimano tra loro nelle zone di giunto tramite le piastre speciali;
- 18) procedere tramite idonei avvitatori pneumatici tarati o chiave dinamometrica al serraggio definitivo dei tre ancoraggi M24 della piastra, con dado e relativo controdado, previo controllo del corretto posizionamento della piastra;
- 19) procedere tramite idonei avvitatori pneumatici tarati o chiave dinamometrica al serraggio definitivo della bulloneria necessaria al mutuo collegamento degli vari elementi come da voci 11), 12), 13), 14), 16) e 17) previo controllo di tutte le quote e dell'allineamento dei nastri e del mancorrente in funzione dei disegni di progetto e dell'andamento plano-altimetrico della strada.

Per ciò che concerne il corretto serraggio, si farà riferimento alla seguente tabella:

Tipo elemento	Coppia di serraggio (Nm)
Bulloni TDE M16, classe 8.8	80 + 15
Bulloni TDE M20, classe 10.9 (tubo corrimano)	120 ±15
Barre filettate M24 (ancoraggi piastra), classe 8.8	150* ±15

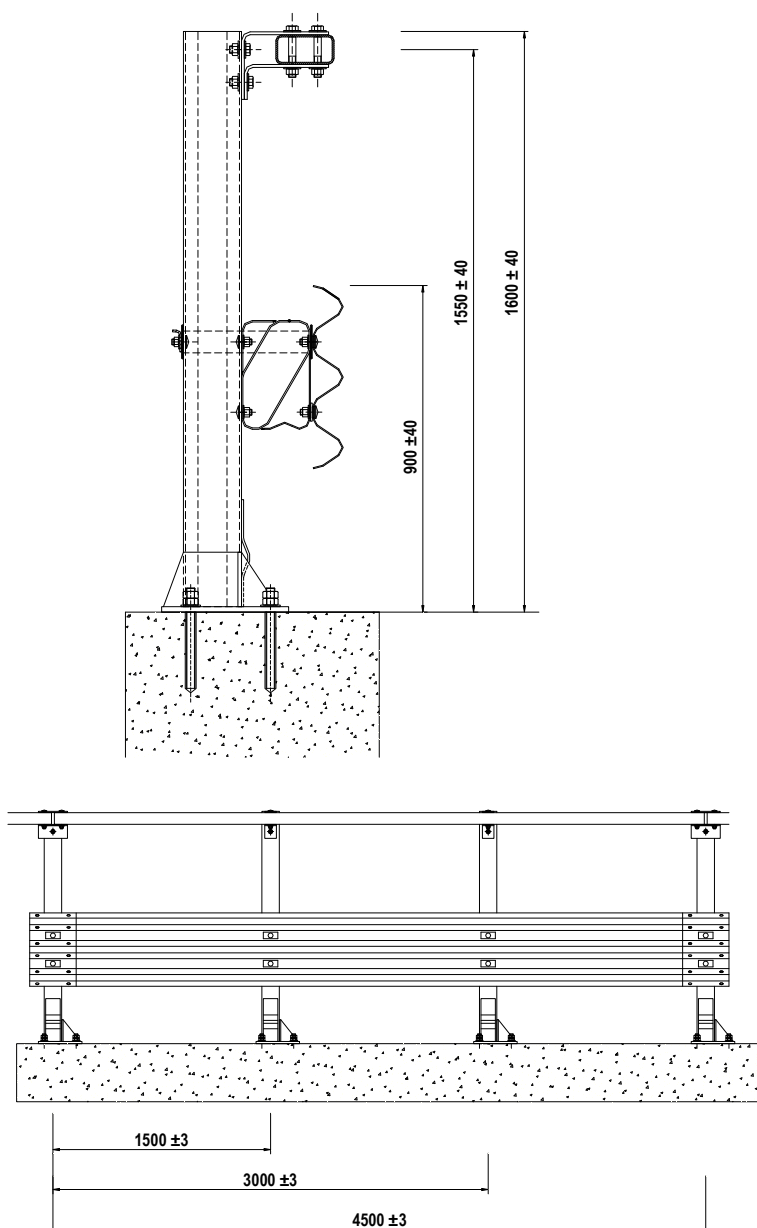
*salvo diverse specifiche tecniche fornite dal produttore del tipo di ancoraggio usato.

Tolleranze geometriche

In fase di produzione degli elementi della barriera le tolleranze da rispettare sono quelle riprese nella norma UNI ISO 22768-1 – classe c.

Gli spessori saranno verificati applicando le tolleranze riportate nella normativa UNI EN 10051-2000 per lamiere e nastri laminati a caldo in continuo e UNI EN 10058-2004 per barre di acciaio piane laminate a caldo.

In fase di montaggio, sono tollerate piccole variazioni, nei limiti delle tolleranze riportate nelle seguenti figure:



Il fissaggio della rete di protezione dovrà essere fatto con particolare cura affinché aderisca ai montanti ed ai correnti in modo uniforme ed essere ben tesata evitando la formazione d'ondulazioni o bombature di qualsiasi genere.

Le eventuali giunzioni tra due teli di rete dovranno avvenire possibilmente in corrispondenza dei montanti, sovrapponendo almeno due maglie e ripiegando a gancio tutti i fili orizzontali di entrambi i teli.

I bordi terminali della rete dovranno essere ripiegati sui montanti d'estremità ad evitare che i fili presentino pericolo d'agganciamento

17.5 BARRIERE PREFABBRICATE A PROFILO NEW JERSEY IN CLS

Nello spartitraffico potranno essere installati elementi di tipo "monofilare" rinforzati in testa con barra rullata passo 10: altezza 1 m, larghezza alla base 62 cm, larghezza in testa 15 cm, lunghezza standard 6,19 m; tali elementi saranno collegati tra loro con una piastra d'acciaio zincato al piede ed in testa con un manicotto per le barre.

Eventuali elementi di chiusura avranno lunghezze diverse, così come saranno installati di forma diversa in corrispondenza dei varchi di scambio-carreggiata.

17.5.1 CARATTERISTICHE TECNICHE

Le caratteristiche di resistenza e comportamento previste, sono riferite a manufatti prefabbricati e quindi, per la loro accettazione così come per i controlli di qualità da eseguire, vale quanto precisato dalle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della legge 5.11.1971 n. 1086 (D.M. in vigore).

Materiali

Conglomerato cementizio

Dovrà essere del tipo I, quindi rispondere alle specifiche tecniche riportate nelle presenti Norme. La resistenza caratteristica specifica del conglomerato cementizio (R_{ck}), sarà ≥ 45 MPa ed il copriferro non inferiore a 2 cm.

Qualora sia richiesta la fornitura di barriere New Jersey realizzate in conglomerato cementizio leggero strutturale si dovranno seguire, per il confezionamento del suddetto conglomerato, i medesimi principi di quello ordinario, utilizzando argilla espansa strutturale tipo T6, con resistenza del granulo allo schiacciamento non inferiore a 70 kg/cm² (UNI 7549-VII); il conglomerato cementizio leggero dovrà avere una resistenza caratteristica $R_{ck} \geq 40$ MPa ed una massa volumica non superiore a quanto riportato negli elaborati progettuali. Tutti i materiali necessari per il suo confezionamento dovranno corrispondere, come caratteristiche, a quanto stabilito nelle leggi e regolamenti vigenti in materia.

Acciaio

L'armatura del conglomerato cementizio sarà in acciaio tipo Fe B 44k e barre a filettatura continua rullata passo 10.

Le piastre d'ancoraggio saranno in lamiera d'acciaio, zincata a caldo dopo lavorazione a Norma UNI EN ISO 1461/99.

Sarà zincata anche la bulloneria di collegamento e serraggio.

Il manicotto di collegamento delle barre rullate passo 10 sarà realizzato in acciaio PR8035MnPb10 a norma UNI 10233/3-93; dovrà essere a forma esagonale e composto di due pezzi collegati tramite un filetto maschio sinistrorso.

Il manicotto dovrà essere protetto con processo di teflatura di spessore minimo 30 µm in tutte le sue parti (compresa la filettatura).

Posa in opera

Barriera spartitraffico "monofilare"

Gli elementi costituenti, la barriera "monofilare" situata nello spartitraffico saranno posti direttamente sul piano viabile curando l'allineamento planimetrico ed altimetrico, utilizzando per questo dei compensatori di quota con zeppe o quadrotti in policloroprene a durezza elevata.

Successivamente si procederà al collegamento degli elementi con le piastre zincate, alla base, ed in testa con manicotto in acciaio per dare continuità alle barre rullate passo 10.

Il manicotto sarà protetto con lubrificante ad alta stabilità termica (perdita di peso < 3% con riscaldamento a 473 K per 4 h) e ricoperto con guaina elastica di polipropilene trattato UV/CP (contro i raggi ultravioletti e gli agenti atmosferici) di colore grigio (RAL n. 7032) arrotolato sulla zona per proteggere il tutto, dotato d'idoneo sistema di chiusura, e tale da sembrare un tubo.

All'interno del manicotto si dovrà porre un bloccante anaerobico costituito da una resina di poliacrildiesteri.

Barriera a profilo NJ in CLS Bordo Ponte

In caso di presenza di traffico l'Impresa dovrà adottare tutti i sistemi e le precauzioni per evitare sia interruzioni nel transito dei veicoli che la caduta d'oggetti e materiali.

Nel caso di sostituzione di barriera esistente, ai lavori di smontaggio dovranno seguire, nel tempo strettamente necessario, i lavori d'installazione in modo da non lasciare parti di parapetto prive di protezione.

Il fissaggio della rete di protezione dovrà essere fatto con particolare cura affinché aderisca ai montanti ed ai correnti in modo uniforme ed essere ben tesata evitando la formazione d'ondulazioni o bombature di qualsiasi genere.

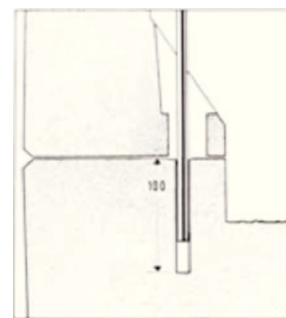
Le eventuali giunzioni tra due teli di rete dovranno avvenire possibilmente in corrispondenza dei montanti, sovrapponendo almeno due maglie e ripiegando a gancio tutti i fili orizzontali di entrambi i teli.

I bordi terminali della rete dovranno essere ripiegati sui montanti d'estremità ad evitare che i fili presentino pericolo d'agganciamento.

Per quanto riguarda l'installazione della barriera, avendo cura di iniziare i lavori dalla fine del ponte per risalire verso l'inizio dello stesso, rispetto alla direzione del traffico, la sequenza delle operazioni, trascurando eventuali lavorazioni non specifiche della barriera in esame (rimozione di barriera esistente, ripristino del cordolo di supporto, ecc.), sarà indicativamente la seguente:

- Tracciamento preventivo di una o più linee o tesatura di idonei fili per l'allineamento degli elementi;
- carico (con gru montata su autocarro o con altri idonei dispositivi di sollevamento) e posizionamento secondo i fili prestabiliti degli elementi sulle superfici pulite da ogni residuo o sporcizia; il sollevamento deve avvenire utilizzando gli appositi fori e/o chiodi di presa presenti nei manufatti, in modo da solleccarli nel modo previsto;
- allineamento dei medesimi in modo da avvicinare le superfici maschio – femmina dei bordi verticali adiacenti e le barre rullate;
- collegamento preciso delle barre rullate con gli appositi manicotti a filettatura controrotante; la sovrapposizione delle parti avvitate dovrà sempre essere di almeno 6 cm. per parte;

- quando le posizioni sono definitive e gli elementi sono collegati tra loro, formazione nel cordolo, in corrispondenza delle tasche degli elementi poste ad interasse 1.5 m, dei fori di Ø32 mm x 27 mm di profondità usando carotatici con corone diamantate ad acqua (in alternativa è consentito l'uso del fioretto, purché guidato ed appoggiato ad apposita staffa connessa all'elemento prefabbricato); non si eseguirà il foro nei punti previsti presso i giunti (se presenti); negli elementi terminali i fori dovranno essere di diametro tale da permettere l'inserimento degli ancoraggi maggiorati;
- collaggio, nei fori così formati (per i 2/3 di volume), tramite apposito imbuto a collo lungo, della resina chimica colabile poliestere bicomponente (resina poliestere + indurente), per l'inghisaggio dei perni filettati M20x400 mm. completi di dado e rondella il tutto con una protezione di zincatura a caldo; prima del tiro con i bulloni, sarà necessario attendere che la resina indurisca; i tempi possono variare a seconda della temperatura presente sull'opera; sarà preferibile quindi attendere almeno due ore (in caso di periodo estivo) e 24 ore (in periodo invernale) dal collaggio prima di effettuare l'imbullonamento (verificare indicazioni della casa produttrice);
- montaggio del corrimano iniziando con l'assemblaggio dei montanti, se non messi in opera preventivamente come consigliato; il montaggio si otterrà serrando nelle cavità ottenute con 4 boccole inserite lateralmente nel manufatto prefabbricato dei bulloni M24 8.8 previo inserimento di una piastra ripartitrice del carico preventivamente imbullonata al montante;
- montaggio dei terminali curvi e sagomati alle estremità della fila di barriera montata;
- serraggio definitivo e verifica con chiave dinamometria di tutti i bulloni, manicotti, ancoraggi facendo attenzione che l'ancoraggio del piede deve essere pretensionato con una chiave dinamometria a 180 Nm con un dado autobloccante sempre zincato a caldo;
- pulizia da eventuali residui di imballaggio o altro.



17.5.2 PROVE

Di norma le campionature saranno eseguite con la cadenza descritta di seguito tenendo conto che ogni prelievo sarà composto da un campione di ciascuno dei componenti principali della barriera di protezione, prelevati in contraddittorio con un rappresentante dell'Impresa.

I campioni saranno inviati, a cura e spese dell'Impresa, presso un laboratorio autorizzato indicato dalla Committente.

Le campionature necessarie alle predette verifiche verranno eseguite su almeno 5 elementi della fornitura; su tali elementi saranno prelevate 3 carote "corpo" in CLS e almeno 2 provini per ciascun elemento metallico principale. Gli elementi utilizzati per le prove verranno sostituiti a cura dell'Appaltatore.

17.6 BARRIERE IN ACCIAIO A PROFILO NEW JERSEY

Materiali

Ciascuno dei singoli componenti la barriera (lamiere in acciaio, bulloni, manicotti, tubi corrimano) dovrà essere conforme alle specifiche riportate nel "Certificato d'omologazione" ovvero ai report di

crash e comunque alle caratteristiche dimensionali e strutturali indicate nei disegni delle singole barriere impiegate.

applicando le tolleranze previste dalle norme di riferimento.

Sulle lamiera componenti la barriera e sul tubo corrimano zincati a caldo, si dovranno effettuare prove di determinazione dello spessore e della massa come previsto nell'appendice D della Norma UNI EN ISO 1461.

In ogni caso, saranno considerate difformità sia le difettosità superficiali della verniciatura che la presenza di ondulazioni o irregolarità della superficie a vista della barriera.

Zincatura

Sulle lamiera componenti la barriera e sul tubo corrimano si dovrà eseguire un processo di zincatura a caldo a Norma UNI EN ISO 1461.

Verniciatura protettiva

La verniciatura protettiva, ove prevista, delle superfici metalliche della barriera dovrà essere eseguita in stabilimento di produzione, previa pulizia della superficie con acqua e detergente esente da lanolina, con vernice monocomponente ad alto spessore tipo ICOSIT 5530 SIKA, contenente cariche inerti, pigmenti ed a base di una combinazione di PVC e resine acriliche con solventi, tale da essere una vernice tixotropica che mantiene lo spessore anche in corrispondenza degli spigoli; dovrà avere un'ottima resistenza all'aggressività chimica, in atmosfere industriali con piogge acide o basiche ed agli effetti dei raggi UV.

Tale prodotto dovrà essere applicato in due mani ad airless sulle superfici a vista della barriera (con esclusione del tubo corrimano e relativo manicotto di collegamento) per una quantità di 400-420 g/m² per avere a secco uno spessore di almeno 100 µm.

Il colore da ottenere è il grigio RAL n. 7032.

Relativamente a detta verniciatura protettiva, è essenziale per il buon esito della fornitura che la protezione della lamiera abbia comunque una resistenza alla corrosione in nebbia salina, misurata secondo la Norma ASTM 8117, di almeno 1000 h (dopo 1000 h l'arrugginimento o la bollatura lungo l'incisione prevista non devono penetrare per più di 2 mm, con esclusione di qualsiasi altra alterazione visiva o di aderenza).

Tale requisito dovrà essere comprovato dalla Ditta fornitrice con la certificazione di prove, eseguite da un laboratorio ufficiale, su tre provini di lamiera di spessore 4 mm zincati a caldo e quindi protetti come sopra descritto; sulla certificazione dovrà comparire, oltre all'esito della prova, anche lo spessore dello strato protettivo.

La certificazione dovrà essere pronta e presentata (insieme ai tre campioni oggetto degli esami) in occasione del successivo collaudo dove si controllerà la conformità degli spessori della verniciatura sulle barriere collaudate con quelli certificati.

Resta salva la facoltà da parte della Committente di prelevare altri provini da sottoporre ad eventuali ulteriori prove.

Posa in opera

Avendo cura di iniziare i lavori dalla fine del ponte per risalire verso l'inizio dello stesso, rispetto alla direzione del traffico, la sequenza delle operazioni di cantiere, trascurando eventuali

lavorazioni non specifiche della barriera in esame (rimozione di barriera esistente, ripristino del cordolo di supporto, ecc.), sarà conforme a quanto riportato nel “Manuale di installazione” allegato al "Certificato d'omologazione" ovvero allegato alla documentazione presentata al Ministero competente per il rilascio dello stesso certificato.

18 DISPOSITIVI INTEGRATI DI SICUREZZA E RUMORE

18.1 CRITERI DI INSTALLAZIONE

I criteri esposti nel capitolo 17 riguardanti i dispositivi di sicurezza sono ugualmente validi per i dispositivi integrati di sicurezza e rumore.

Quando è prevista l'installazione di detti dispositivi tipo "Autostrade" si fa riferimento alle seguenti tipologie:

- **BARRIERA INTEGRATA "Autostrade" per sicurezza e antirumore da bordo ponte o da bordo laterale - Classe H4**

Conforme agli elaborati grafici costruttivi, allegati al presente progetto

NUMERO DI CRASH: 397 e 398 del 23/11/2006 centro prove AISICO;

NUMERO DI OMOLOGAZIONE: n.162 del 05/10/2010

CODICE BARRIERA: **INTEGAUTOS-S**;

MARCATURA CE CODICE: 197/2131/CPD/2011 rilasciato da Organismo Notificato AISICO.

- **BARRIERA SPARTITRAFFICO INTEGRATA "Autostrade" per sicurezza e antirumore - Classe H4**

Conforme agli elaborati grafici costruttivi, allegati al presente progetto

NUMERO DI CRASH: 494 del 19/05/2008 e 509 del 09/07/2008 centro prove AISICO;

NUMERO DI OMOLOGAZIONE: in attesa di omologazione

CODICE BARRIERA: **INTEGSPAR-AUT**.

MARCATURA CE CODICE: 142/2131/CPD/2011 rilasciato da Organismo Notificato AISICO.

- **COPERTURA INTEGRATA "Autostrade" per sicurezza e antirumore da bordo ponte o da bordo laterale - classe H4**

Conforme agli elaborati grafici costruttivi, allegati al presente progetto

NUMERO DI CRASH: 479 del 10/04/2008 + Supplemento del 05/11/2010 e 481 del 11/04/2008 + Supplemento del 05/11/2010 centro prove AISICO;

NUMERO DI OMOLOGAZIONE: in attesa di omologazione

CODICE BARRIERA: **COPERINT-AUT-1**.

MARCATURA CE CODICE: 065-A/2131/CPD/2010 rilasciato da Organismo Notificato AISICO.

Gli elaborati grafici relativi alle barriere sopraccitate sono contenuti nei "QUADERNI BARRIERE di SICUREZZA" allegati.

18.2 VERNICIATURA E ZINCATURA

Per quanto concerne le colorazioni degli elementi delle barriere integrate di sicurezza-rumore si richiama la tabella seguente:

Barriera Integrata tipo “Autostrade” verniciatura e zincatura elementi

Descrizione	Verniciatura		Zincatura a caldo UNI EN 1461	
	SI	NO	SI	NO
Terminale standard tripla onda		X	X	
Montante HE A, Piastra di base e fazzoletti di rinforzo	X		X	
Distanziatore a risalita per barriere stradali		X	X	
Piastrina copriasola		X	X	
Tubo corrimano 160 x 80 x 4 L = 4480 mm		X	X	
Elemento terminale per tubo corrimano		X	X	
Corrente Inf. della parte ispezionabile e superiore della parte fissa	X		X	
Corrente di chiusura in testa	X		X	
Cappellotto da sovrapporre alle estremità superiori di ciascun modulo adiacente	X		X	
Carter di protezione motociclistica		X	prezincato	
Paletto “C” 160 x 120 x 40 x 5,5		X	X	
Nastro a tripla onda		X	X	
Carter di protezione motociclistica – posizionamento in destra		X	prezincato	
Barra filettata M 24 x 330 con doppio dado e rondella		X	X	
Bullone T.T.D.E. M 16 x 130 classe 8.8		X	X	
Bullone T.E. M 16 x 45 classe 8.8 + dado + 2 rondelle		X	X	
Bullone T.E. M 18 x 220 classe 8.8 + dado + 2 rondelle		X	X	
Bullone T.E. M 20 x 80 classe 8.8 + dado + 2 rondelle		X	X	
Bullone T.E. M 24 x 80 classe 8.8 + dado + 2 rondelle		X	X	
Bullone T.E. M 16 x 30 - M16 x 50 classe 8.8 + dado + rondella		X	X	
Pannello Fono assorbente di base sx /dx verniciatura solo lato esterno lamiera (*)	X (*)			
Pannello Fonoassorbente di elevazione sx/dx verniciatura solo lato esterno lamiera (*)	X (*)			
Cavo ed elementi di tenuta pannelli		X	X	

18.3 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE COPERTURA INTEGRATA

Il dispositivo deve garantire:

- La completa chiusura della copertura attraverso pannellatura fonoassorbente (copertura chiusa) eventualmente con la presenza di pannellatura in PMMA.

18.4 PRESTAZIONI ATTESE

Per quanto concerne le caratteristiche generali del sistema nonché le sue caratteristiche acustiche e non acustiche riferite sia al sistema che al singolo pannello per i sopradetti dispositivi si deve garantire almeno i livelli minimi di prestazione descritti nel Capitolo 13. ed in particolare alla tabella del paragrafo 13.5 (tabella riassuntiva prove e certificazioni).

19 POSA DI CAVI

19.1 CAVI IN FIBRA OTTICA

Lo spostamento dei cavi in fibra ottica è una lavorazione che gestisce Telecom Italia in regime di convenzione con Autostrade per l'Italia.

19.2 CAVI IN RAME

Viene riportato in allegato il capitolato specifico per lo spostamento dei cavi in rame: Capitolato per spostamenti del cavo in rame a seguito di opere civili di ampliamento e di modifica della sede autostradale.

19.3 CAVI ELETTRICI ILLUMINAZIONE ESTERNA

Con “impianti di illuminazione esterna” si intende il complesso formato dalle condutture, dai materiali e dalle apparecchiature necessarie per illuminare sedi autostradali e loro pertinenze (barriere, piazzali, svincoli, raccordi, piste di accelerazione e di decelerazione, ecc.) e destinati a fornire indicazioni luminose.

Le presenti Prescrizioni si intendono integrative degli elaborati che compongono il progetto esecutivo, che risultano comunque, in caso di difformità nei contenuti, quelli che l'Appaltatore deve seguire per la realizzazione degli impianti. La conformazione dell'area autostradale interessata dagli impianti di cui trattasi e tutte le eventuali strutture presenti quali ponti, viadotti, rilevati, scarpate, manufatti, ecc. è rappresentata negli elaborati di progetto, dai quali sono peraltro desumibili le dimensioni e la consistenza degli impianti medesimi.

A grandi linee un impianto di illuminazione esterna può ritenersi così costituito:

1. Un quadro elettrico generale “luce esterna” ubicato nell'apposito locale del fabbricato di stazione o in apposito contenitore, opportunamente alimentato in maniera interdependente da fonti primarie di energia elettrica (quali: rete di distribuzione ENEL, gruppo elettrogeno, gruppi di alimentazione di continuità), dal quale vengono alimentati gli impianti di illuminazione esterna.
2. Sistemi illuminanti propriamente detti, opportunamente ubicati nell'area interessata dagli impianti e costituiti, essenzialmente, da torri-faro, candelabri, corpi illuminanti, ecc. A titolo puramente esemplificativo, l'ubicazione e la natura di tali sistemi è di massima la seguente:
 - Illuminazione del corpo autostradale e degli svincoli: mediante lampade a vapori di sodio ad alta pressione da 100W o 150W, installate in armature doppio isolamento di tipo chiuso. I pali di illuminazione sono previsti ai lati della sede stradale protetti con zincatura a caldo, ed hanno un'altezza fuori terra di 8,5 metri ed interdistanza di circa 20 - 25 metri
 - Illuminazione dei piazzali e delle barriere: mediante proiettori con lampade tubolari a vapori di sodio ad alta pressione da 400W ubicati ai lati della carreggiata su pali con altezza fuori terra di circa 11,5 metri, oppure mediante torri-faro di altezza fuori terra fino a 35 metri
 - Indicatori luminosi di avviso o segnalazione, opportunamente distribuiti nell'ambito del sito oggetto della progettazione e costituiti essenzialmente da cartelli, semafori, colonnine antinebbia, ecc.

3. Linee di alimentazione delle apparecchiature di cui sopra, con relativi accessori per protezione, smistamento, derivazione, connessione, ecc. quali cavidotti, funi portanti, cunicoli, quadri secondari, cassette, scatole, ecc. aventi origine dall'apposita morsettiera del quadro generale con relativi organi di interruzione, sezionamento, manovra, controllo, protezione, ecc. Le principali caratteristiche elettriche degli impianti di illuminazione esterna sono:

- Tensioni nominali di alimentazione: 380V concatenate e 220V stellate;
- Frequenza nominale di tali tensioni: 50Hz;
- Distribuzione delle alimentazioni: trifase con neutro e monofase;
- Tipo di impianti: in derivazione;
- Caduta di tensione a regime: $\leq 4\%$;
- Fattore di potenza a regime: $\geq 0,9$;
- Protezione contro i contatti indiretti: mediante collegamento ad impianto di terra e coordinamento con dispositivo atto ad interrompere l'alimentazione in caso di guasto pericoloso.

Le lavorazioni a carico dell'Appaltatore, da eseguire a perfetta regola d'arte, sono specificate e descritte negli elaborati di progetto. Tutti gli impianti devono essere resi interamente finiti, completi e perfettamente funzionanti nell'insieme ed in ogni loro parte, anche accessoria.

19.3.1 CAVI E CONDUTTORI

Generalità

I cavi elettrici devono rispondere alle relative norme CEI e tabelle UNEL in vigore; per tutta la loro estensione devono riportare il marchio IMQ. Devono inoltre essere idonei alla modalità di posa prevista.

Cavi di alimentazione

I cavi di alimentazione devono essere del tipo FG7R o FG7OR, conformi alle tabelle CEI-UNEL in vigore.

Cavi telecomandi

I cavi per i circuiti di telecomando e di controllo devono essere del tipo telefonico schermato TE-QHR \varnothing 9/10.

Cavi telefonici

I cavi per allacciamenti telefonici devono essere isolati in polietilene, schermati e con guaina protettiva, idonei alla modalità di posa prevista.

Conduttori di protezione di terra

Devono essere di rame, tipo NO7V-K, di colore giallo/verde. Qualora venga utilizzato un conduttore di cavo multipolare di colore diverso dal giallo/verde, entrambe le sue estremità devono essere appositamente contrassegnate o con nastratura o, preferibilmente, con spezzone di guaina giallo/verde.

19.3.2 POSA E COLLEGAMENTI ELETTRICI DI CAVI E CONDUTTORI

Generalità

Idonei sistemi di sostegno e di contenimento devono essere previsti e realizzati tutte le volte che sia necessario proteggere e vincolare meccanicamente cavi e conduttori, conformemente a quanto appresso specificato ed a quanto indicato negli elaborati di progetto. Successivamente alla realizzazione e posa di tali sistemi, occorre provvedere al ripristino di qualunque manufatto che risulti danneggiato o comunque deteriorato, anche per necessità, da tale operazione. La distribuzione dei cavi e conduttori nei cavidotti (quali tubazioni, cunicoli, canalette, ecc.) risulta da quanto appresso indicato e da quanto specificato negli elaborati di progetto. Particolare cura deve essere posta nell'operazione di posa al fine di evitare qualunque tipo di abrasione alle guaine ed ai rivestimenti in genere ed il verificarsi di curvature di raggio troppo piccolo rispetto al diametro dei cavi. In particolare, il raggio di curvatura non deve mai essere inferiore a 10 volte il diametro esterno del cavo. Tutti i cavi e conduttori devono essere idoneamente fissati alle apparecchiature ed alle strutture, onde evitare qualsiasi sollecitazione meccanica degli stessi. In corrispondenza di derivazioni, quadri, cassette, ecc. devono essere previste scorte nei cavi e conduttori adeguate per sopperire a qualsiasi prevedibile futuro bisogno. Deve essere opportunamente realizzata la testa a tutte le terminazioni dei cavi e conduttori mediante nastratura, guaine termorestringenti o mezzi simili. Tutti gli accessori per collegamenti elettrici quali capicorda, bulloni, dadi, rondelle, giunti, ecc. devono essere di materiali fra loro compatibili e resistenti alle ossidazioni ed alle corrosioni.

L'Appaltatore deve provvedere a tutti i collegamenti elettrici previsti e necessari per il perfetto funzionamento degli impianti, con fornitura degli eventuali accessori e minuterie per il fissaggio ed il completamento a regola d'arte del lavoro. I conduttori di protezione (PE) devono essere contenuti nelle stesse tubazioni contenenti i conduttori attivi o comunque seguire lo stesso identico percorso. Tutti i cavi e conduttori devono essere opportunamente contrassegnati a tutte le estremità, al fine di distinguere univocamente fasi e circuiti. Per la definizione della fase dalla quale derivare gli utilizzatori occorre attenersi a quanto indicato negli elaborati di progetto. In ogni caso deve essere garantito il perfetto equilibrio fra le fasi di ogni circuito.

Interramento in banchina o in terreni in genere

Negli impianti di illuminazione esterna il tipo di posa preferenziale per cavi e conduttori è mediante tubazioni di contenimento in polietilene corrugato da interrare in banchina od in terreni, in genere a profondità non inferiore a cm 50 dal piano banchina o dal piano compagna, misurata a partire della generatrice superiore del tubo protettivo. Qualora la profondità di posa risultasse inferiore a 50 cm, occorre proteggere le tubazioni con una soletta di 10 cm di calcestruzzo magro. Il percorso dei cavi e conduttori deve essere conforme a quanto indicato negli elaborati di progetto.

Interramento in conglomerato cementizio o bituminoso

Di norma tutti i cavidotti di attraversamenti stradali sono già esistenti. Qualora, però, l'Appaltatore, debba realizzare cavidotti interrati che interessino zone di transito di veicoli, come ad esempio attraversamenti stradali, o comunque debba effettuare interramenti in conglomerati cementizi o bituminosi, deve in generale attenersi alle seguenti disposizioni: -quando lo scavo può essere portato ad una quota sufficiente a garantire una profondità di posa del cavidotto non inferiore a cm. 60 misurati dalla sua generatrice superiore, i tubi di contenimento cavi, in PVC serie pesante, devono essere protetti con una soletta di 10 cm di calcestruzzo magro; quando la quota dello scavo risulti necessariamente insufficiente, ma comunque sempre tale da consentire una profondità di posa del cavidotto mai inferiore a cm. 20 misurati dalla sua generatrice superiore, il tubo di contenimento cavi deve essere in acciaio zincato.

Infilaggio entro tubazioni

La distribuzione dei cavi nei cavidotti è riportata nei disegni di progetto. Il tiro dei cavi nell'infilaggio entro i tubi deve essere, di norma, eseguito a mano e per brevi tratti alla volta, utilizzando allo scopo i previsti pozzetti rompitratta al fine di non causare stiramenti nei conduttori. Pozzetti rompitratta

devono essere previsti in tutti i casi di cambiamento di direzione della dorsale e comunque ogni qualvolta sia necessario ridurre l'intervallo di "tirata" a non più di 50 metri.

Tubazioni in corrugato

Le tubazioni devono essere a doppio strato in polietilene strutturato ad alta densità, corrugate esternamente e con parete liscia interna, resistenza allo schiacciamento di 450N, complete di giunto a manicotto conforme alle norme CEI EN 50086-1-2-4. Il diametro nominale dei tubi, la quantità e la sistemazione dei conduttori (all'interno dei medesimi tubi) per ogni tratta dell'impianto, risultano negli elaborati di progetto.

Tubazioni in acciaio

Le tubazioni devono essere in acciaio zincato tipo mannesmann senza saldatura filettate con manicotti e curve conformi alle tabelle UNI-3824, con diametro fino a mm 60.

Posa in opera tubazioni corrugate

Il fondo dello scavo deve essere regolarizzato onde eliminare qualsiasi asperità che possa danneggiare i tubi stessi. Le tubazioni devono essere attestate ai pozzetti di derivazione, smistamento, rompitratte, ecc. I pozzetti rompitratte devono essere posti ad interdistanze variabili in dipendenza della conformazione del terreno e dell'andamento geometrico del percorso cavi (ad esempio presenza di curve) ma comunque mai superiori a m. 50. L'esecuzione del lavoro comprende lo scavo, la regolarizzazione del fondo, la sistemazione dei tubi comprese le eventuali piegature, sagomature e tagli, il reinterro, il trasporto a rifiuto del materiale di risulta, nonché eventuali armature delle pareti di scavo.

Posa in opera tubazioni in acciaio

Le tubazioni in acciaio devono di norma essere interrate ad una profondità non inferiore a cm 20, misurati dalla generatrice superiore del tubo rispetto al livello stradale. L'esecuzione del lavoro comprende il disfacimento del manto stradale, lo scavo (eventualmente in conglomerato cementizio o bituminoso), la sistemazione dei tubi nello scavo comprese le eventuali piegature, sagomature e tagli, il riempimento con calcestruzzo magro fino a lasciare libero lo spessore richiesto dall'eventuale manto stradale, il trasporto a rifiuto del materiale di risulta, il ripristino del manto stradale.

Cavi su funi portanti

Questa è la sistemazione che deve essere adottata lungo ponti, viadotti, cavalcavia, sottovia e lungo manufatti in genere, se specificata nel progetto. Per le lunghezze di tesatura, cioè per le interdistanze di ormeggio delle funi (con interposto su un ormeggio il necessario organo di tesatura o tirante) si deve aver cura di mantenere le funi il più possibile aderenti all'opera interessata (a parte le lunghezze o le sporgenze da superare sull'opera stessa). Pertanto lungo un ponte o viadotto in curva, ad esempio, si possono rendere necessarie più tratte di tesatura anche se il ponte o viadotto è di modesta lunghezza. Per conseguire l'aderenza delle funi all'opera interessata possono essere utilizzate anche mensole di sostegno intermedie alle quali, di massima, deve essere data un'interdistanza reciproca non superiore a m. 3. L'esecuzione del lavoro comprende la fornitura e posa in opera mediante tesatura di fune metallica costituita da 19 fili di acciaio zincato da 325 g/m avente carico di rottura di 4500 Kg circa, nonché mensole, staffe, anelli di estremità, ganci di sospensione, tasselli ad espansione, tiranti, lavori di muratura e tutti gli accessori e minuterie occorrenti. I cavi devono essere legati alle funi a mezzo di fascette flessibili in alluminio, poste a distanza reciproca non superiore a cm. 25, dotate di asole e linguette per l'intreccio di chiusura.

Posa di cavo graffettato su opere in muratura o metalliche

Tale tipo di posa deve essere adottato solo per cavi singoli in quanto, nel caso di più cavi, è da preferirsi il sistema con fune portante in acciaio. Le graffette, stampate in lamiera di acciaio, nervate e zincate non devono distare una dall'altra più di cm. 30 e devono essere fissate con tasselli ad espansione in acciaio. Nel caso di strutture metalliche il fissaggio delle graffette deve essere effettuato con bulloncini passanti o con viti in fori filettati; in ogni caso deve essere escluso l'uso di viti autofilettanti. I percorsi devono essere sempre orizzontali o verticali; non sono ammessi in nessun caso tratti obliqui.

Canalette

Devono essere in lamiera di acciaio zincato a caldo o in vetroresina.

Posa in opera canalette

Le canalette devono essere usate, di norma, per la protezione di cavi da posarsi in vista su appoggio continuo; ad esempio per passaggi su fossi, scoli di acqua e simili e manufatti in genere. Devono essere posate a "U" rovescio o ad "U" diritto con coperchio. Il fissaggio al manufatto deve essere di norma realizzato mediante zanche o staffe in acciaio fissate con murature o tasselli ad espansione. Le giunzioni degli elementi di canaletta devono avvenire per sovrapposizione degli stessi; eccezionalmente possono essere realizzate con fascette coprigiunto o per accostamento mediante elemento di giunzione bullonato di analogo spessore.

Giunzioni di cavi elettrici

Le giunzioni di cavi elettrici: -non possono essere effettuate senza la preventiva autorizzazione della "D.L.". -devono in ogni caso cadere in pozzetti. -devono essere eseguite con il sistema resina colata con resine epossidiche a freddo di elevata rigidità dielettrica e resistenza all'umidità ed alla corrosione. -devono essere effettuate mediante morsetti in ottone a pressione previo spelamento a perfetta regola d'arte dei terminali dei cavi da collegare. L'esecuzione del lavoro comprende la fornitura in opera di nastri, muffole, cassette e tutti gli accessori e minuterie necessari nonché eventuali prestazioni occorrenti quali saldature, ecc. Nel caso in cui debba essere eseguita la riparazione di cavi interrotti, le due parti interrotte devono essere unite mediante due giunzioni, effettuate come sopra descritto, ed uno spezzone di cavo intermedio di lunghezza non inferiore a m. 2 al fine di costituire adeguata scorta. Giunzioni su cavi di telecomando devono eseguirsi in contenitori stagni.

Scorte dei cavi

In corrispondenza di ogni derivazione deve essere lasciata nel pozzetto una scorta di almeno cm. 20 per ciascun cavo. In corrispondenza di quadri interni a fabbricati devono essere previste scorte adeguate al fine di permettere qualsiasi futuro spostamento del punto di allacciamento. In corrispondenza di quadri e dei centri di smistamento, sui cavi esterni devono essere previste scorte di almeno metri 1.

Derivazioni dalle dorsali

Per le derivazioni ai punti luce si rimanda a "ESECUZIONE DI PUNTO LUCE".

La derivazione di terra, invece, deve essere effettuata in ogni caso mediante cavo di collegamento avente sezione non inferiore a mmq 16 e di colore giallo/verde, da derivarsi dalla dorsale di terra mediante morsetti di rame a "C" a pressione, previo spelamento a regola d'arte del terminale del cavo derivato e del tratto di cavo di dorsale interessato dal morsetto.

Centri di smistamento cavi

Si intende come centro di smistamento cavi il complesso costituito da cassetta a piantana fornita in opera su apposita fondazione con incorporato il pozzetto di transito. Tale pozzetto di transito, del

tutto simile a quello rompitratta, deve essere posizionato in corrispondenza della faccia anteriore della cassetta. All'interno della cassetta devono essere contenuti i dispositivi e le apparecchiature necessarie alla realizzazione degli smistamenti di cui agli schemi elettrici di progetto.

19.3.3 ESECUZIONE DI PUNTO LUCE

Descrizione

Il tipo di palo, indicato negli elaborati di progetto, è di norma rettilineo e zincato a caldo.

Ogni palo di altezza totale 9,30m:

- deve avere predisposta un'asola, come indicato nell'apposito disegno, nella quale deve essere posata la cassetta di derivazione;
- deve avere saldata all'esterno, come indicato nel disegno di cui sopra, una piastrina da utilizzare per la messa a terra dello stesso e per eventuali collegamenti di equipotenzialità e di messa a terra locale;
- deve avere predisposta un'asola ingresso cavi, come indicato nel disegno di cui sopra.

Ogni palo di altezza totale 12,30m:

- -deve avere saldata all'esterno, come indicato nell'apposito disegno, una piastrina da utilizzare per la messa a terra dello stesso e per eventuali collegamenti di equipotenzialità e di messa a terra locale;
- deve avere predisposta un'asola ingresso cavi, come indicato nel disegno di cui sopra. La cassetta di derivazione, per i soli pali di altezza totale 9,30m, deve contenere una morsettiera per l'attestazione del cavo di entrata. La sommità del palo deve avere un diametro adeguato ad accogliere l'attacco a manicotto dell'apparecchio illuminante o del supporto per più apparecchi illuminanti.

20 DIFETTI DI COSTRUZIONE

La Ditta deve demolire e rifare a sue spese i lavori eseguiti senza la necessaria diligenza o con materiali, per qualità, misura o peso, inferiori a quelli prescritti; qualora la stessa non ottemperasse all'ordine ricevuto, si procederà d'ufficio alla demolizione ed al rifacimento dei lavori sopradetti addebitando alla Ditta gli oneri relativi.

Nel caso in cui la D.L. presuma che esistano difetti di costruzione, la stessa può ordinare l'effettuazione degli accertamenti ritenuti più idonei.

Qualora vengano riscontrati dei vizi, saranno a carico dell'Appaltatore, oltre a tutte le spese per la loro eliminazione, anche quelle per le operazioni di verifica.

21 RESTITUZIONE DELLE AREE TEMPORANEAMENTE OCCUPATE

L'appaltatore deve provvedere alla formale restituzione ai legittimi proprietari di tutte le aree temporaneamente occupate a qualsiasi titolo, destinazione o uso (cantiere o transito).

La restituzione dovrà avvenire previa effettuazione di tutti i lavori necessari a ripristinare lo stato originario dei luoghi, ciò a meno di diverso esplicito accordo con i proprietari. Ugualmente, al completamento dei lavori la viabilità ordinaria percorsa dai mezzi di cantiere dovrà essere pulita e senza danneggiamenti imputabili alla presenza del cantiere.

22 FORNITURE DEI MATERIALI DI RISERVA

Dopo il collaudo dell'opera, la Ditta può essere chiamata a fornire materiali di riserva alle strutture preposte alla manutenzione, per sostituire gli elementi danneggiati da incidenti. A tal fine la ditta deve garantire, per i pezzi non reperibili direttamente sul mercato, una disponibilità di magazzino di almeno 10 anni dopo il collaudo.

Il prezzo non dovrà esser superiore a quello dell'appalto aggiornato secondo gli indici revisionali legati al materiale ed alla eventuale mano d'opera.

Al fine di rendere più agevole quanto sopra, l'Appaltatore fornirà un elenco dei principali elementi costituenti le barriere corredati dei rispettivi prezzi vigenti all'atto del Contratto d'Appalto e i prezzi a riferimento del materiale base e della mano d'opera.

23 MANUTENZIONE DELLE OPERE FINO AL COLLAUDO

Sino a che non sia intervenuto, con esito favorevole, il collaudo definitivo delle opere, la manutenzione delle stesse deve essere fatta a cura e a spese dell'Impresa.

Per tutto il tempo intercorrente fra l'esecuzione ed il collaudo e fatte salve le maggiori responsabilità sancite dall'Art. 1669 del Codice Civile, l'Impresa è quindi garante delle opere e delle forniture eseguite, sostituzioni o ripristini che si rendessero necessari. Durante il periodo in cui la manutenzione è a carico dell'Impresa, la manutenzione stessa dovrà essere eseguita nel modo più tempestivo, provvedendo di volta in volta, alle riparazioni resesi necessarie senza che occorranو particolari inviti da parte della D.L..

Ove però l'Impresa non provvedesse nei termini prescritti con invito scritto dalla D.L., si procederà d'ufficio e la spesa andrà a debito dell'Impresa stessa.

Le riparazioni dovranno essere eseguite a regola d'arte.

24 COLLAUDI

Tutte le opere saranno soggette a collaudo statico e acustico per determinare l'efficienza, la funzionalità e la rispondenza alle norme specifiche.

Le operazioni di collaudo statico vanno effettuate a cura della Ditta con proprio personale e, con le proprie attrezzature. La D.L. si riserva il diritto di presenziare ai collaudi.

La Ditta dovrà sottoporre, per approvazione, il piano dei collaudi, in cui saranno stabiliti:

- modalità del collaudo;
- opere temporanee necessarie;
- attrezzature necessarie;
- personale necessario;
- norme, specifiche e tolleranze;
- quanto altro possa essere necessario per la buona riuscita delle operazioni.

Prima di procedere al collaudo dovrà essere effettuata una minuziosa verifica onde accertare lo stato di completezza dell'installazione e la rispondenza di queste ai disegni di progetto.

Potranno essere eseguiti collaudi parziali.

In tal caso, in fase di collaudo totale, dovranno essere disponibili gli esiti del collaudo parziale.

25 NORME TECNICHE IMPIANTI

25.1 INTRODUZIONE

L'Appalto è riferito alle opere di realizzazione della galleria fonica 'Pra-Palmaro', ubicata lungo l'autostrada A10 Genova-Ventimiglia, nel tratto compreso tra gli svincoli di Genova Pegli e Genova Voltri.

La galleria sarà costituita da due fornici monodirezionali di lunghezza indicativa rispettivamente di 423m (fornice destro) e 490m (fornice sinistro).

La trattazione seguente è quindi riferita alle opere impiantistiche che saranno previste nell'ambito del progetto di realizzazione della galleria.

25.1.1 *OGGETTO E FINALITA' DELL'APPALTO*

Le opere previste in Appalto comprendono lavorazioni di carattere civile per la realizzazione della galleria fonica, oltre ad una serie di interventi finalizzati alla riqualificazione dell'infrastruttura stradale.

Gli impianti elettrici e speciali previsti nell'ambito del presente intervento sono quelli di seguito indicati:

- Distribuzione elettrica a partire dai punti di consegna in bassa tensione previsti;
- Impianto di illuminazione della galleria
- Impianto di illuminazione degli svincoli;
- Impianto di illuminazione passerella pedonale sopraelevata;
- Impianto di segnaletica luminosa (PMV e freccia-croce);
- Impianto di videosorveglianza e controllo traffico;
- Impianto di fonia di emergenza (SOS);
- Impianto di rivelazione incendio,
- Sistema di telecontrollo impianti.

I capitoli seguenti hanno lo scopo di descrivere le caratteristiche principali delle forniture relative ai singoli impianti previsti nell'ambito dell'intervento come sopra elencati.

25.1.2 CONDIZIONI E CARATTERISTICHE AMBIENTALI

Nella tabella sottostante sono riepilogate le principali caratteristiche ambientali della zona interessata dalle opere in Appalto.

DEFINIZIONE	CARATTERISTICHE
Clima	Temperato (zona D)
Altitudine	Circa 50 m s.l.m.
Ambiente d'installazione	Assimilabile al tipo industriale
Grado di inquinamento	3 (ambiente industriale)
Temperatura minima all'esterno	-10°C (meno dieci)
Temperatura max.	+ 40° C
Temperatura max. media nelle 24 ore	+ 35°C
Temperatura media annuale	+ 17°C
Umidità relativa a + 40° C	60%
Umidità relativa a + 25° C	90%
Fenomeni di formazione di condensa	Per variazioni di temperatura
Installazione dei principali quadri	All'interno di un manufatto prefabbricato
Locali tecnologici	Non presidiati
Accesso alle apparecchiature in cabina	Solo a personale addestrato

25.1.3 CARATTERISTICHE DELLA RETE ELETTRICA

DEFINIZIONE	CARATTERISTICHE
Tensione di alimentazione da rete ENEL (Bassa Tensione)	400-230 V
Variazione di tensione ammissibile	± 10% per sistema BT
Frequenza	50Hz
Corrente simmetrica di cto. cto. punto di consegna (per BT)	15kA (*)
Stato del neutro	(*)
Tensione nominale in BT per circuiti secondari	400 – 230 V (50Hz)
Tensione circuiti ausiliari per i quadri elettrici	24V
Sistema per alimentazione di Continuità	UPS

(*) Valori da confermare da parte Ente Erogatore servizio/Gestore rete.

25.1.4 LIMITI DI BATTERIA

Gli impianti di nuova realizzazione previsti in Appalto e descritti nel presente documento saranno alimentati da una rete di distribuzione elettrica a partire dai punti di consegna dell'Ente di fornitura previsti in bassa tensione.

Facendo riferimento alla definizione delle lavorazioni e delle forniture di cui ai capitoli successivi, i limiti di batteria relativi al presente Appalto sono quelli di seguito indicati:

- Terminali di collegamento elettrico dei nuovi punti di consegna dell'energia elettrica per la distribuzione elettrica;
- Apparato di rete di livello 3 installato all'interno del locale cabina elettrica (shelter) per la connessione di rete dei vari sistemi.

Considerate le integrazioni e le sistemazioni da eseguirsi su impianti esistenti (pannello a messaggio variabile e indicatori di agibilità corsia imbocco direzione ovest, impianto di illuminazione passerella pedonale, revamping impianto di illuminazione svincoli lato Voltri), saranno da considerarsi limiti di batteria:

- i terminali di collegamento elettrico (morsetti) degli interruttori di protezione delle singole linee oggetto di intervento,
- centralina di gestione PMV/FC (esistente) collocata all'interno di shelter esistente.

Inoltre si ricorda che saranno compensate nelle somme a disposizione le seguenti forniture, le quali saranno posate in opera e messe in servizio a cura dell'Appaltatore:

- colonnina SOS autoalimentata

- n. 3 indicatori di agilità corsia compresa centralina di gestione/comando, da installare su portale ovest,
- fornitura di cavo coassiale per il collegamento delle boe di rilevamento traffico portale ovest, come indicato nella specifica tecnica di ASPI, allegata al Capitolato Speciale d'Appalto – parte 2,
- cartello luminoso a LED per indicazione di direzione in galleria.

25.1.5 *PRESCRIZIONI QUALITATIVE DEI MATERIALI*

Tutte le apparecchiature ed i materiali impiegati nelle lavorazioni di cui al presente progetto, dovranno corrispondere a quanto stabilito nelle leggi e regolamenti ufficiali vigenti in materia, ed essere conformi per metodologia di fabbricazione, qualità e prestazioni, alle specifiche tecniche ed al complesso di Norme CEI, IEC, UNI, UNEL.

Tutte le apparecchiature ed i materiali impiegati, sia che costituiscano parte di un assemblaggio complesso o che siano utilizzate in modo autonomo, dovranno essere dotati, dove applicabile, di Marchio IMQ od altro equivalente del Paese di origine, purché regolato da accordi sulla reciprocità dei marchi di qualità.

Le stesse dovranno inoltre disporre di marcatura CE.

Le apparecchiature dovranno essere prodotte da Costruttori che adottino un sistema di gestione della qualità secondo le Norme UNI EN ISO 9001, certificato da Ente accreditato.

Tutte le forniture dovranno comunque essere della migliore qualità reperibile in commercio in funzione alla loro specifica destinazione d'uso e in conformità alle specifiche tecniche contenute nel presente documento.

In mancanza di particolari prescrizioni in merito, le apparecchiature ed i materiali dovranno essere delle migliori qualità esistenti in commercio in rapporto alla funzione a cui sono destinati.

In ogni caso, prima del loro acquisto, tutti i materiali in fornitura dovranno essere sottoposti all'approvazione della Direzione Lavori e del Committente. Malgrado l'accettazione dei materiali e delle apparecchiature da parte della Direzione Tecnica di Cantiere e del Committente, l'Impresa resta totalmente responsabile della buona riuscita delle opere, anche per quanto possa dipendere dai materiali stessi.

25.1.6 *NOTE CIRCA LE MARCHE DELLE APPARECCHIATURE*

Le eventuali indicazioni di tipi e marche commerciali dei materiali riportate nelle specifiche tecniche, disegni, e, in generale nei documenti di progetto, sono da intendersi come dichiarazione di caratteristiche tecniche.

Sono ammessi altri tipi e marche, rispetto a quanto eventualmente indicato a progetto, purché tecnicamente e funzionalmente equivalenti, su dimostrazione scritta del fornitore.

25.1.7 *DOCUMENTAZIONE E DATI TECNICI DA FORNIRE*

Il Costruttore di ciascun componente la fornitura dovrà produrre la Certificazione attestante che il prodotto Sistema di Qualità è conforme alla Norma UNI EN ISO 9001:2008.

Tutto quanto non eventualmente specificato od omesso nei documenti di progetto e che riguarda particolarità essenziali per il rispetto delle normative e della sicurezza dovrà essere comunque incluso nella fornitura in opera.

Costituiscono inoltre parte integrante della fornitura i documenti tecnici di seguito elencati e riferiti a tutte le parti componenti, da presentare all'atto della procedura di sottomissione delle stesse per approvazione da parte dell'Impresa.

Nella stesura degli elaborati grafici indicati in elenco dovranno essere rispettate le normative oltre naturalmente i segni grafici a Norme CEI.

Per l'approvazione formale delle singole forniture in carico all'Impresa, da ottenere obbligatoriamente prima dell'installazione, tutti i relativi documenti dovranno essere presi in carico ed approvati dalla Direzione Lavori e dalla Committente.

La documentazione di base da fornire in fase di approvazione materiali sarà composta da:

- Elaborati grafici di assieme dell'oggetto di fornitura;
- Elaborati grafici d'ingombro con quote e pesi di tutte le parti di fornitura;
- Eventuale manuale d'Istruzione contenente:
 - Caratteristiche tecniche;
 - Istruzioni per il montaggio;
 - Istruzioni per la messa in servizio;
 - Istruzioni per la manutenzione;
 - Ogni altro documento utile alla definizione completa della fornitura in oggetto e delle relative caratteristiche tecniche e prestazionali.

25.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

L'elenco normativo che segue ha carattere non esaustivo e può talvolta comprendere riferimenti a materiali e lavorazioni non strettamente previsti nel presente progetto. Esse tuttavia vengono ugualmente riportate poiché si ritengono utili per l'eventuale realizzazione di opere in variante al momento non prevedibili.

Sono da intendersi sempre applicabili le norme ed i documenti guida all'ultimo aggiornamento e/o edizione. L'emanazione di una nuova norma o l'aggiornamento della documentazione di riferimento (attinente il progetto) che intervenisse nel corso delle lavorazioni dovrà essere recepita, previo accordo ed assenso da parte della D.L., ed applicata alle lavorazioni stesse, intervenendo dove necessario alle modifiche di progetto necessarie.

25.2.1 PRESCRIZIONI DI LEGGE GENERALI E DI SICUREZZA

Gli impianti relativi al presente progetto, dovranno essere realizzati osservando le prescrizioni di Legge vigenti al momento dell'esecuzione dei lavori stessi ed in particolare quelle di seguito indicate e testi correlati (l'elenco non ha carattere esaustivo).

- D.Lgs. 264 del 5 ottobre 2006 “Attuazione della direttiva 2004/54/CE in materia di sicurezza per le gallerie della rete stradale transeuropea”;
- Legge n° 186 del 01/03/1968 riguardante la produzione di apparecchi elettrici, macchine ed installazioni elettriche;
- D.M. n° 37 del 22/01/08 "Regolamento [...] recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici";
- Legge n° 791 del 18/10/1977 riguardante la sicurezza degli apparecchi elettrici;
- D.M. 14/09/2005 (G.U. n.295 del 20/12/2005) “Norme di illuminazione delle gallerie stradali”;
- D.Lgs. n° 81 del 2008 “Attuazione dell’articolo 1 della Legge 3 agosto 2007, n. 123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro” (c.d. "Testo Unico sulla Sicurezza");
- D.P.R. n° 320 del 20 marzo 1956 “ Norme per la prevenzione degli infortuni e l’igiene del lavoro in sotterraneo”.

25.2.2 *PRESCRIZIONI NORMATIVE*

Gli impianti relativi al presente progetto, dovranno essere realizzati osservando le norme vigenti al momento dell’esecuzione dei lavori stessi ed in particolare quelle di seguito indicate e testi correlati (l’elenco non ha carattere esaustivo).

Norme CEI impianti elettrici (comitati tecnici):

- CT 0: Applicazione delle Norme e testi di carattere generale (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT0, attinenti alle opere da eseguire);
- CT 1/25: Terminologia, grandezze e unità (ex CT1/24/25) (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT1/25, attinenti alle opere da eseguire);
- CT 2: Macchine rotanti (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT2, attinenti alle opere da eseguire);
- CT 3: Strutture delle informazioni, documentazioni e segni grafici (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT3, attinenti alle opere da eseguire);
- CT 7: Materiali conduttori (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT7, attinenti alle opere da eseguire);
- CT 8/28: Tensioni, correnti e frequenze normali / Coordinamento degli isolamenti (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT8/28, attinenti alle opere da eseguire);
- CT 13: Apparecchi per la misura dell'energia elettrica e per il controllo del carico (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT13, attinenti alle opere da eseguire);
- CT 15/98: Materiali isolanti - Sistemi di isolamento (ex CT15/63) (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT15/98, attinenti alle opere da eseguire);
- CT 16: Contrassegni dei terminali e altre identificazioni (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT16, attinenti alle opere da eseguire);
- CT 17: Grossa apparecchiatura (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT17, attinenti alle opere da eseguire);

- CT 20: Cavi per energia (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT20, attinenti alle opere da eseguire);
- CT 21/35: Accumulatori e pile (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT21/35, attinenti alle opere da eseguire);
- CT 22: Elettronica di potenza (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT22, attinenti alle opere da eseguire);
- CT 23: Apparecchiatura a bassa tensione (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT23, attinenti alle opere da eseguire);
- CT 32: Fusibili (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT32, attinenti alle opere da eseguire);
- CT 33: Condensatori (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT33, attinenti alle opere da eseguire);
- CT 34: Lampade e relative apparecchiature (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT34, attinenti alle opere da eseguire);
- CT 37: Scaricatori (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT37, attinenti alle opere da eseguire);
- CT 38: Trasformatori di misura (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT38, attinenti alle opere da eseguire);
- CT 40: Condensatori e resistori per apparecchiature elettroniche (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT40, attinenti alle opere da eseguire);
- CT 44: Equipaggiamento elettrico delle macchine industriali (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT44, attinenti alle opere da eseguire);
- CT 46: Cavi simmetrici e coassiali, cordoncini, fili, guide d'onda, connettori per radiofrequenza (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT46, attinenti alle opere da eseguire);
- CT 55: Conduttori per avvolgimenti (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT55, attinenti alle opere da eseguire);
- CT 56: Fidatezza (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT56, attinenti alle opere da eseguire);
- CT 57: Telecomunicazioni associate ai sistemi elettrici di potenza (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT57, attinenti alle opere da eseguire);
- CT 59/61: Apparecchi utilizzatori elettrici per uso domestico e similare (ex CT107) (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT59/61, attinenti alle opere da eseguire);
- CT 64: Impianti elettrici utilizzatori di bassa tensione (fino a 1000 V in c.a. e a 1500 V in c.c.) (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT64, attinenti alle opere da eseguire);
- CT 65: Controllo e misura nei processi industriali (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT65, attinenti alle opere da eseguire);
- CT 66: Sicurezza degli strumenti di misura, controllo e da laboratorio (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT66, attinenti alle opere da eseguire);
- CT 70: Involucri di protezione (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT70, attinenti alle opere da eseguire);

- CT 79: Sistemi di rilevamento e segnalazione per incendio, intrusione, furto, sabotaggio e aggressione (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT79, attinenti alle opere da eseguire);
- CT 81: Protezione contro i fulmini (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT81, attinenti alle opere da eseguire);
- CT 85: Strumenti di misura delle grandezze elettromagnetiche (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT85, attinenti alle opere da eseguire);
- CT 86: Fibre ottiche (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT86, attinenti alle opere da eseguire);
- CT 89: Prove relative ai rischi da fuoco (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT89, attinenti alle opere da eseguire);
- CT 94: Relè elettrici a tutto o niente (ex CT94/95, ex CT41) (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT94, attinenti alle opere da eseguire);
- CT 95: Relè di misura e dispositivi di protezione (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT95, attinenti alle opere da eseguire);
- CT 96: Trasformatori di sicurezza ed isolamento (ex SC14D) (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT96, attinenti alle opere da eseguire);
- CT 100: Sistemi e apparecchiature audio, video e multimediali (ex CT 84/60, SC 12A, SC 12G) (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT100, attinenti alle opere da eseguire);
- CT 103: Radiotrasmissioni (ex SC103) (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT103, attinenti alle opere da eseguire);
- CT 104: Condizioni ambientali. Classificazioni e metodi di prova (ex CT50, CT75) (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT104, attinenti alle opere da eseguire);
- CT 106: Esposizione umana ai campi elettromagnetici (ex CT211) (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT106, attinenti alle opere da eseguire);
- CT 108: Sicurezza delle apparecchiature elettroniche per tecnologia audio/video, dell'informazione e delle telecomunicazioni (ex CT 74, CT 92) (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT108, attinenti alle opere da eseguire);
- CT 109: Coordinamento degli isolamenti per apparecchiature a bassa tensione (ex SC28A) (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT109, attinenti alle opere da eseguire);
- CT 205: Sistemi bus per edifici (ex CT83) (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT205, attinenti alle opere da eseguire);
- CT 210: Compatibilità elettromagnetica (ex CT110) (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT210, attinenti alle opere da eseguire);
- CT 301/22G: Azionamenti elettrici (ex CT301, SC22G) (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT301/22G, attinenti alle opere da eseguire);
- CT 304: Interferenze elettromagnetiche (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT304, attinenti alle opere da eseguire);
- CT 305: Apparati e sistemi terminali di telecomunicazioni (ex SC303B, 303E/F) (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT305, attinenti alle opere da eseguire);

- CT 306: Interconnessione di apparecchiature di telecomunicazione (ex SC303L) (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT306, attinenti alle opere da eseguire);
- CT 307: Aspetti ambientali degli impianti elettrici (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT307, attinenti alle opere da eseguire);
- CT 308: Impatto ambientale di materiali e prodotti elettrici (tutte le Norme emesse dal Comitato Tecnico CT308, attinenti alle opere da eseguire).

Norme per cablaggio strutturato, apparati di rete:

Norme CEI, IEEE, EN, IEC, EIA/TIA:

- IEEE 802 LAN MAN Standard Committee;
- IEEE 802.5 Token Ring;
- IEEE 802.8 Fiber Optic Technical Advisory Group;
- IEEE 802.10 Standard for Interoperable LAN Security;
- IEEE 802.1aa Port Based Network Access Control – amendment;
- IEEE 802.1AE Media Access Control (MAC) Security;
- IEEE 802.1ak Multiple Registration Protocol;
- IEEE 802.1B-1995 LAN/MAN Management (ISO/IEC 15802-2:1995);
- IEEE 802.1s:2002 Virtual Bridged Local Area Networks: multiple Spanning Trees;
- IEEE 802.1v-2001 VLAN Classification by protocol and port: Amendment to 802.1q;
- EN 50081-1 Compatibilità Elettromagnetica (EMC) – standard emissioni generiche – parte 1: residenziale, commerciale ed industria leggera;
- EN 50082-1 Compatibilità Elettromagnetica (EMC) – standard immunità generiche – parte 1: residenziale, commerciale ed industria leggera;
- DIN EN 50173-1 Sistemi di cablaggio generici. Requisiti generali ed aree ufficio (ISO/IEC 11801);
- EN 50174-1 Information Technology. Installazione e cablaggio – parte 1: specifiche e assicurazione di qualità;
- EN 60794-3 Cavi in fibra ottica – parte 3: posa intubata, interrata ed aerea dei cavi. Sezioni specifiche (IEC 60794-3:1998);
- EN 60825-1 Sicurezza dei prodotti laser – parte 1: classificazione, requisiti e guida utente (IEC 60825-1:1993 + A1:1997 + A2:2001);
- EN 60825-2 Sicurezza dei prodotti laser – parte 2: sicurezza dei sistemi di comunicazione in fibra ottica (IEC 60825-2:2000);
- EN 60950 Sicurezza degli equipaggiamenti di Information Technology;
- EN 187000 Specifiche generiche: cavi in fibra ottica;
- EN 188000 Specifiche generiche: fibre ottiche;
- IEC 60793-1 Fibre ottiche – parte 2: specifiche di prodotto;
- IEC 60794-2 Cavi in fibra ottica – parte 2: cavi da interno – specifiche;

- EIA/TIA-526-14 Misure di Power Loss ottico di fibre ottiche multimodali. Piano di cablaggio.
- CEI 306-10 “Sistemi di cablaggio strutturato”;
- ISO/IEC 27001:2013 “requisiti per stabilire, attuare, mantenere e migliorare continuamente un sistema di gestione della sicurezza delle informazioni nel contesto di un’organizzazione”
- CEI 86-271 CEI EN 50377-2-2:2010-06 “Connettori e dispositivi di interconnessione da utilizzare nei sistemi di comunicazione in fibra ottica”;
- CEI-UNEL 36011 “Simboli relativi ai cavi per telecomunicazioni e trasmissione dati”.
- IEC 60304 “Standard dei colore per l’isolamento di cavi e conduttori a bassa frequenza”;
- EIA/TIA-568B.3 (IEEE802.3ae) “Componenti di cablaggio in fibra ottica”.

Norme per sistemi di automazione e controllo di processo:

Norme IEC 60870-5/6 relative ai sistemi di telecontrollo ed in particolare:

- IEC 60870-5-1 “Transmission Frame Formats”
- IEC 60870-5-2 “Data Link Transmission Services”
- IEC 60870-5-3 “General Structure of Application Data”
- IEC 60870-5-4 “Definition and Coding of Information Elements”
- IEC 60870-5-5 “Basic Application Functions”
- IEC 60870-5-101 “Transmission Protocols” (companion standard per operazioni di telecontrollo di base)
- IEC 60870-5-103 “Transmission Protocols” (companion standard per l’interfacciamento dei dispositivi di protezione)
- IEC 60870-5-104 “Transmission Protocols”, orientato alle reti che utilizzano profili di trasporto standard (principalmente Ethernet)
- IEC 60870-6-1 “Application context and organization of standards”
- IEC 60870-6-2 “Use of basic standards” (OSI layers 1–4)
- IEC 60870-6-501 “TASE.1 Service definitions”
- IEC 60870-6-502 “TASE.1 Protocol definitions”
- IEC 60870-6-503 “TASE.2 Services and protocol”
- IEC 60870-6-504 “TASE.1 User conventions”
- IEC 60870-6-601 “Functional profile for providing the connection-orientated transport service in an end system connected via permanent access to a packet switched data network”
- IEC 60870-6-602 “TASE transport profiles”
- IEC 60870-6-701 “Functional profile for providing the TASE.1 application service in end systems”
- IEC 60870-6-702 “Functional profile for providing the TASE.2 application service in end systems”
- IEC 60870-6-802 “TASE.2 Object models”

- norme di riferimento IEC 61131-3 “Programmable controllers – Part 3: Programming languages” che definiscono metodologie e linguaggi di programmazione per dispositivi di controllo programmabili; le strutture dati saranno gestite secondo le regole definite dallo standard IEC 61131-5;
- norme CEI 81-1 e 81-4 relative alle protezioni contro scariche atmosferiche e sovratensioni.

Norme internazionali

In caso di mancanza o incompletezza delle norme nazionali si dovrà fare riferimento alle seguenti norme internazionali:

- D.I.N. (Deutsche Industrie Normen) – Germany;
- I.S.O. (International Standards Organization) – England;
- B.S.I. (British Standards Institution) – England;
- A.S.A. (Acoustical Society of America) - U.S.A.;
- A.S.T.M. (American Society for Testing and Materials) - U.S.A.;
- N.F.P.A. (National Fire Protection Association) - U.S.A.

L’emanazione di una nuova norma o l’aggiornamento della documentazione di riferimento (attinente il progetto) che intervenisse nel corso delle lavorazioni dovrà essere recepita dall’Appaltatore, previo accordo ed assenso da parte della D.L., ed applicata alle lavorazioni stesse, intervenendo dove necessario alle modifiche di progetto.

Altre norme e linee guida:

- Norma UNI 9795 - Sistemi fissi automatici di rivelazione, di segnalazione manuale e di allarme d'incendio - Sistemi dotati di rivelatori puntiformi di fumo e calore, rivelatori ottici lineari di fumo e punti di segnalazione manuali;
- Norma UNI 10819 - Luce e illuminazione - Impianti di illuminazione esterna - Requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso;
- Norma UNI 11095 - Illuminazione delle gallerie;
- Norma UNI 11248 - Illuminazione stradale - Selezione delle categorie illuminotecniche;
- Norma UNI 12285 - Serbatoi di acciaio prefabbricati - Parte 2: Serbatoi orizzontali cilindrici a singola e a doppia parete per depositi fuori-terra di liquidi infiammabili e non infiammabili che possono inquinare l'acqua;
- Norme UNI 13201-2 - Illuminazione stradale - Parte 2: Requisiti prestazionali;
- Norme UNI 13201-3 Illuminazione stradale - Parte 3: Calcolo delle prestazioni;
- Norme UNI 13201-4 - Illuminazione stradale - Parte 4: Metodi di misurazione delle prestazioni fotometriche;
- Norma UNI EN 1838 - Applicazioni dell'illuminotecnica. Illuminazione di emergenza;
- Tabelle CEI-UNEL per il dimensionamento dei cavi elettrici;

- Raccomandazioni del PIARC (Permanent International Association of Road Congresses);
- Circolare ANAS n. 7735/09 “Direttive per la sicurezza della circolazione nelle gallerie stradali”;
- Circolare ANAS n. 179456/09 “Linee guida per la progettazione della sicurezza nelle gallerie stradali”.

25.3 DOCUMENTAZIONE DI FINE LAVORI

Al termine dei lavori l'Appaltatore dovrà consegnare alla Direzione Lavori la seguente documentazione, in formato cartaceo (n.3 copie timbrate e firmate dal responsabile tecnico dell'Impresa) ed elettronico (supporto CD/DVD-ROM):

- Documentazione as-built dell'impianto (schemi funzionali, schemi di collegamento, planimetrie, fogli tecnici, etc)
- Piano di numerazione, indirizzamento e di posizionamento delle apparecchiature;
- Manuale di configurazione dell'impianto;
- Manuale di uso e manutenzione dell'impianto.

Per la consegna definitiva formale della suddetta documentazione, la Direzione Lavori dovrà rilasciare proprio benestare ed approvazione.

25.4 NOTA SULLE LICENZE SOFTWARE

Tutte le licenze software relative ai sistemi previsti in Appalto dovranno essere acquistate a cura e spese dell'Appaltatore ed intestate al futuro Ente gestore dell'impianto o ad eventuale soggetto terzo da Esso indicato.

Prima dell'intestazione delle suddette licenze, l'Appaltatore dovrà richiedere ufficialmente alla Direzione Lavori ed al Committente il riferimento esatto circa la relativa intestazione.

L'intestatario delle suddette licenze potrà eventualmente non essere unico.

Tutte le licenze acquistate e fornite dall'Appaltatore dovranno essere di durata illimitata nel tempo senza necessità di sottoscrizione di canoni di rinnovo (fatto salvo eventuali canoni di assistenza specifica non oggetto dell'Appalto).

Tutte le licenze dovranno essere fornite complete di garanzia rilasciata dalla software individuata per la fornitura e corredate di contratto di bug fixing e di aggiornamento per la durata minima di 3 anni a partire dalla data di attivazione delle stesse.

I suddetti servizi dovranno risultare a costo zero per l'intestatario della licenza.

25.5 PROVE E COLLAUDI

La presente specifica è relativa a quanto segue:

5.1	Collaudi in officina del Costruttore
5.2	Verifiche e norme per il collaudo degli impianti
5.3	Tipi di verifiche
5.3.1	Verifica ai fini della sicurezza
5.3.2	Verifica ai fini della regola d'arte

5.3.3	Verifica ai fini del collaudo
5.3.4	Verifica iniziale
5.3.5	Verifica periodica
5.3.6	Verifica straordinaria
5.4	Obbligo delle verifiche
5.5	Verifiche e prove per la messa in servizio e collaudo provvisorio
5.6	Norme generali comuni per le verifiche in corso d'opera, per la verifica provvisoria e per il collaudo definitivo degli impianti
5.7	Verifica circuitale degli impianti (prove in bianco)
5.8	Esame a vista
5.9	Verifica del tipo e dimensionamento dei componenti dell'impianto e dell'apposizione dei contrassegni di identificazione
5.10	Misura della resistenza di isolamento
5.11	Verifica delle stabilità dei cavi
5.12	Misura delle cadute di tensione
5.13	Verifica delle protezioni contro i corto circuiti e i sovraccarichi
5.14	Verifica delle protezioni contro i contatti indiretti
5.15	Verifica funzionale
5.16	Collaudo definitivo degli impianti
5.17	Collaudo impianto di illuminazione in galleria
5.18	Prove sistematiche di controllo in fase esecutiva

25.6 COLLAUDI IN OFFICINA DEL COSTRUTTORE

Tali collaudi, compresi nell'Appalto, consistono nelle **prove di accettazione** (Routine test) in accordo alle Norme relative all'apparecchiatura in oggetto.

La D.L. si riserva visite periodiche presso le officine di costruzione delle apparecchiature per verificare lo stato di avanzamento lavori e la rispondenza delle caratteristiche tecniche a quanto richiesto.

L'Appaltatore dovrà comunicare ufficialmente, a mezzo lettera, con anticipo di almeno 15 giorni solari, le date di prova in officina e la tipologia delle prove di accettazione (Routine test) in accordo alle norme di riferimento.

La D.L. si riserva di partecipare, anche con un suo rappresentante, alle prove in oggetto.

Quanto sopra, come detto, è compreso nell'Appalto e quindi non comporta oneri aggiuntivi da riconoscere in favore dell'Appaltatore.

25.7 VERIFICHE E NORME PER IL COLLAUDO DEGLI IMPIANTI

In queste note generali vengono definiti gli aspetti normativi e di buona tecnica, rispetto alle verifiche da eseguire sugli impianti in genere.

Per quanto concerne l'impianto in oggetto, le verifiche che l'Appaltatore ha in onere, sono relative a quelle iniziali e riferite ad un impianto di nuova costruzione. Queste definizioni sono riportate nel seguito.

Ovviamente dovranno essere eseguite tutte quelle verifiche espressamente richieste da disposizioni legislative; tra queste talune sono affidate dal legislatore alle autorità ispettive, mentre altre verifiche sono previste dalle Norme CEI. Ulteriori verifiche sono descritte nei vari paragrafi.

Nel seguito sono riportate a titolo indicativo ma non esaustivo gli elenchi di verifiche richieste dalle Leggi e Norme.

25.8 TIPI DI VERIFICHE

Per verifica s'intende l'insieme delle operazioni necessarie per accertare la rispondenza di un impianto elettrico a requisiti prestabiliti.

E' necessario definire a priori il fine della verifica per stabilire cosa verificare.

In proposito, si possono distinguere tre tipi fondamentali di verifiche:

- la verifica ai fini della sicurezza;
- la verifica ai fini della regola d'arte;

- la verifica ai fini del collaudo;
- la verifica iniziale;
- la verifica periodica;
- la verifica straordinaria.

25.8.1 VERIFICA AI FINI DELLA SICUREZZA

La verifica ai fini della sicurezza accerta se l'impianto elettrico ha i requisiti necessari per ridurre il rischio elettrico al di sotto del limite accettabile. In questa verifica si fa riferimento alle norme di legge e alle Norme CEI, tralasciando tuttavia quelle parti delle norme di buona tecnica che riguardano le prestazioni dell'impianto stesso. Ad esempio si considera la protezione contro le sovratensioni nei confronti del rischio 1 (perdita di vite umane), non del rischio 4 (perdite economiche).

Le autorità ispettive eseguono questo tipo di verifica; così pure il datore di lavoro ai fini della sicurezza dei dipendenti.

25.8.2 VERIFICA AI FINI DELLA REGOLA D'ARTE

La verifica ai fini della regola d'arte accerta se l'impianto elettrico è conforme alla regola d'arte in senso lato; include oltre alla sicurezza anche le prestazioni dell'impianto.

Anche in questo caso ci si riferisce in genere alle norme CEI, inclusi gli articoli che riguardano le prestazioni dell'impianto, ad esempio protezione contro le sovratensioni anche per il rischio 4 (perdite economiche). Questo tipo di verifica viene ad esempio eseguita con riferimento a clausole contrattuali che rinviando genericamente alla regola d'arte.

La verifica è estesa anche alla verniciatura dei quadri e delle apparecchiature in genere. Nel caso in cui la pittura risultasse danneggiata dovranno essere effettuati i necessari ritocchi.

25.8.3 VERIFICA AI FINI DEL COLLAUDO

La verifica ai fini del collaudo riguarda le operazioni tecniche necessarie per accertare se l'impianto elettrico è conforme alla regola d'arte e al progetto, incluso il capitolato d'appalto. Le scelte progettuali possono, in alcuni casi e per alcune parti impiantistiche, superare il minimo richiesto dalla regola d'arte, oppure stabiliscono vincoli, apparecchiature e materiali con caratteristiche ben definite. Si tratta quindi di una verifica tecnico-economica-amministrativa preliminare di collaudo.

Il collaudo vero e proprio è l'atto formale con il quale, visti i risultati delle suddette verifiche, si attesta che l'impianto è conforme alla regola d'arte ed al progetto.

25.8.4 VERIFICA INIZIALE

La verifica iniziale viene condotta prima della consegna, o della messa in servizio, di un nuovo impianto o di una sua parte rinnovata, modificata o ampliata.

La verifica iniziale riguarda in genere la sicurezza, la regola d'arte e il collaudo.

25.8.5 VERIFICA PERIODICA

La verifica periodica viene effettuata su un impianto esistente, o su una sua parte, ad intervalli regolari. La verifica periodica riguarda in genere la sicurezza.

25.8.6 VERIFICA STRAORDINARIA

La verifica straordinaria viene condotta su un impianto esistente, o su una sua parte, in casi particolari, ad esempio su richiesta dell'utente o dell'autorità.

La verifica straordinaria riguarda, in genere, la sicurezza, ad esempio ai fini dell'adeguamento ai sensi della Legge 46/90, ma può riferirsi più genericamente alla regola d'arte, ad esempio per una valutazione economica dell'impianto.

Nota

Nel seguito sono descritte le modalità e la tempistica delle verifiche riguardanti il presente progetto, che comprendono i quattro tipi fondamentali sopra elencati (20.3.1 – 20.3.2 – 20.3.3 – 20.3.4) oltre a quelle particolari richiesti per l'impianto in oggetto.

25.9 OBBLIGO DELLE VERIFICHE

E' stato già precisato che alcune verifiche degli impianti elettrici sono espressamente richieste da disposizioni legislative mentre altre sono previste dalle Norme CEI.

Nelle tabelle che seguono sono elencate le disposizioni legislative comprendenti sia le verifiche iniziali sia quelle periodiche. L'Appaltatore dovrà eseguire, ovviamente le sole prove iniziali. Alla data dell'Appalto eventuali Leggi o Norme, nuove, revisionate, integrate e/o sostituite dovranno essere considerate.

Tipo di impianto / attività	Oggetto	Competenza	Riferimento legislativo	Modalità
Attività soggette al controllo dei vigili del fuoco	Approvazione del progetto	Vigili del Fuoco	DPR 27/04/55 n.547, art. 328 D.M. 16/02/82 DPR 12/01/98 n.37 D.M. 4/498	L'obbligo vale per nuovi impianti e per le modifiche di impianti esistenti

Tipo di impianto / attività	Oggetto	Competenza	Riferimento legislativo	Modalità
	Sopralluogo		DPR 12/01/98 n.37	Al termine dei lavori si deve presentare domanda di sopralluogo, il quale viene eseguito entro 90 giorni da Comando Provinciale (è possibile una proroga di 45 giorni), a cui segue, entro 15 giorni, il rilascio del certificato di prevenzione incendi (CPI)
	Verifiche tecniche di controllo		DPR 29/07/82 n. 577 D.M. 16/02/82	
	Registro	Responsabile dell'attività	DPR 12/01/98 n.37	Controlli, verifiche, interventi di manutenzione, formazione ed informazione del personale devono essere annotati su un apposito registro.
IMPIANTI DI TERRA (cabine elettriche di enti distributori)	Verifica iniziale (per impianti utilizzatori)	Datore di lavoro	DPR 27/04/55 n.547, art. 328 DM 12/09/59 art.11	La verifica, eseguita a mezzo di personale dipendente o esterno scelto dal datore di lavoro
	Verifica iniziale	Datore di lavoro	DPR 22 ottobre 2001, n. 462 (GU n. 6 del 08-01-02) art. 2.1 e art. 2.3	La messa in esercizio degli impianti elettrici di messa a terra e dei dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche non può essere effettuato prima della verifica eseguita dall'installatore che rilascia la dichiarazione di conformità ai sensi della normativa vigente. La dichiarazione di conformità equivale a tutti gli effetti ad omologazione dell'impianto.
	Denuncia dell'impianto (omologazione)	ISPESL, ASL, ARPA	DPR 22 ottobre 2001, n. 462 (GU n. 6 del 08-01-02) art. 2.2 e art. 2.3	Art. 2.2 - Entro trenta giorni dalla messa in esercizio dell'impianto, il datore di lavoro invia la dichiarazione di conformità all'ISPESL ed all'ASL o all'ARPA territorialmente competenti. Art. 2.3 – Nei comuni singoli o associati ove è stato attivato lo sportello unico per le attività produttive, la dichiarazione di cui al comma 2 è presentato allo stesso
	Verifiche a campione	ISPESL	DPR 22 ottobre 2001, n. 462 (GU n. 6 del 08-01-02) art. 3	1- L'ISPESL effettua a campione la prima verifica sulla conformità alla normativa vigente degli impianti di protezione contro le scariche atmosferiche ed i dispositivi di messa a terra degli impianti elettrici e trasmette le relative risultanze all'ASL o ARPA. 2 – Le verifiche a campione sono stabilite annualmente dall'ISPESL, d'intesa con le singole regioni sulla base delle seguenti criteri: a) localizzazione dell'impianto in relazione alle caratteristiche urbanistiche ed ambientali del luogo in cui è situato l'impianto. b) tipo d'impianto soggetto a verifica; c) dimensioni dell'impianto 3 – Le verifiche sono onerose e le spese per la loro effettuazione sono a carico del datore di lavoro.
	Verifiche periodiche Soggetti abilitati	ASL	DPR 22 ottobre 2001, n. 462 (GU n. 6 del 08-01-02) art. 4	1. – Il datore di lavoro è tenuto ad effettuare regolari manutenzioni dell'impianto, nonché a far sottoporre lo stesso a verifica periodica ogni 5 anni, ad esclusione di quelli installati in cantieri, in locali adibiti ad uso medico e negli ambienti a maggior rischio in caso d'incendio, per i quali la periodicità è biennale. 2. Per l'effettuazione della verifica, il datore di lavoro si rivolge all'ASL o all'ARPA o ad

Tipo di impianto / attività	Oggetto	Competenza	Riferimento legislativo	Modalità
				eventuali organismi individuati dal Ministero delle attività produttive, sulla base di criteri stabiliti dalla normativa tecnica europea UNI CEI. 3 – Il soggetto che ha eseguito la verifica periodica rilascia il relativo verbale al datore di lavoro che deve conservarlo ed esibirlo a richiesta degli organi di vigilanza 4. – Le verifiche sono onerose e le spese per la loro effettuaz.e sono a carico del datore di lavoro.
IMPIANTI ELETTRICI soggetti alla Legge 46/90	Verifiche prima del rilascio della dichiarazione di conformità	Installatori	Legge 05-03-90 n.46 art.9 DPR 06-12-91 n.47, art.7 DM 20-02-92	Nel sottoscrivere la dichiarazione di conformità di cui alla Legge 46/90, L'installatore dichiara di aver effettuato le verifiche con esito positivo. I risultati delle verifiche costituiscono un allegato facoltativo alla dichiarazione di conformità
	Verifiche per accertare la conformità degli impianti alle disposizioni della legge 46/90	Comuni, ASL Com. Prov.VVF ISPESL	Legge 05-03-90 n.46 art.14 DPR 06-12-91 n.47, art.9 DM 22-04-92 n. 392 art.4 DM 03.08-95	

Verifiche degli impianti elettrici richieste da disposizioni legislative vigenti

25.10 VERIFICHE E PROVE PER LA MESSA IN SERVIZIO E COLLAUDO PROVVISORIO

Le verifiche e le prove di seguito riportate sono quelle da eseguire prima della messa in tensione e la successiva messa in servizio degli impianti e comprendono le tipologie di cui alle successive posizioni.

Queste attività rappresentano un collaudo provvisorio con il buon esito del quale è possibile rendere l'impianto operativo se l'amministrazione appaltante lo richiedesse.

Alcune attività specifiche sono dettagliate a seguito del paragrafo *“collaudo definitivo degli impianti”* anche se in pratica devono essere eseguite prima della messa in tensione. Se le verifiche e misure fossero eseguite già durante le prove, in contraddittorio con l'appaltante, e trascritte sugli appositi moduli, esse avranno valore ai fini del collaudo definitivo.

La D.L. si riserva visite periodiche presso le officine di costruzione delle apparecchiature per verificare lo stato di avanzamento lavori e la rispondenza delle caratteristiche tecniche a quanto richiesto. L'Appaltatore dovrà comunicare ufficialmente, a mezzo lettera, con anticipo di almeno 15 giorni solari, le date di prova in officina e la tipologia di prove di accettazione (routine tests) in accordo alle norme di riferimento.

La D.L. si riserva di partecipare, anche con un suo rappresentante, alle prove in oggetto.

25.11 NORME GENERALI COMUNI PER LE VERIFICHE IN CORSO D'OPERA, PER LA VERIFICA PROVVISORIA E PER IL COLLAUDO DEFINITIVO DEGLI IMPIANTI

Per le prove di funzionamento e di rendimento delle apparecchiature e degli impianti, prima di iniziarle, il collaudatore dovrà verificare che le caratteristiche della corrente di alimentazione, disponibile al punto di consegna (specialmente tensione, frequenza e potenza), siano conformi a quelle previste nei documenti di progetto

Per la verifica in corso d'opera, per quella provvisoria a ultimazione dei lavori e per il collaudo definitivo, la ditta appaltatrice è tenuta, a richiesta dell'amministrazione appaltante, a mettere a disposizione normali apparecchiature e strumenti adatti per le verifiche, senza potere, per ciò, accampare diritti a maggiori compensi.

25.12 VERIFICA CIRCUITALE DEGLI IMPIANTI (PROVE IN BIANCO)

La verifica circuitale dovrà accertare che gli impianti siano in condizione di poter ricevere tensione nei circuiti di potenza e che siano state rispettate le vigenti norme di legge per la prevenzione degli infortuni.

In particolare dovrà controllare:

- lo stato generale dell'impianto installato: esame a vista (valido ai fini del collaudo definitivo se effettuata a verbale ultimazione lavori d'installazione firmato) e comprendente la verifica delle protezioni contro i contatti diretti;
- la continuità elettrica dei circuiti (verifica degli I/O e dei segnali analogici tra i vari sistemi e verso i PLC e RIO);
- la misura d'isolamento dei circuiti e dei cavi come riportato nel seguito ;
- le sezioni dei conduttori;
- l'efficienza dei sistemi di rilevazione incendio;
- l'efficienza dei comandi locali e di emergenza ;
- l'efficienza delle protezioni contro i contatti indiretti (prove sui relè differenziali);
- la continuità delle messe a terra delle masse e delle masse estranee;
- la misura della resistenza totale di terra;
- le prove d'intervento delle protezioni contro i corto circuiti ove questo sia possibile (relè indiretti).

25.13 ESAME A VISTA

Dovrà essere eseguita un'ispezione visiva per accertarsi che gli impianti siano realizzati nel rispetto delle prescrizioni delle norme generali, delle norme degli impianti di terra e delle norme particolari riferite all'impianto installato.

Il controllo dovrà accertare che il materiale elettrico, che costituisce l'impianto fisso, sia conforme alle relative norme, sia stato scelto correttamente e installato in modo conforme alle prescrizioni normative ed alle specifiche tecniche e non presenti danni visibili che ne possano compromettere la sicurezza.

Tra i controlli a vista dovranno essere effettuati i controlli relativi a:

- protezioni, misura di distanze nel caso di protezione con barriere;
- presenza di adeguati dispositivi di sezionamenti e interruzione, polarità, scelta del tipo di apparecchi e misure di protezione adeguate alle influenze esterne, identificazione dei conduttori di neutro e protezione, fornitura di schemi, cartelli ammonitori, identificazione di comandi e protezioni, collegamenti dei conduttori.

E' opportuno che tali esami inizino durante l'esecuzione dei lavori.

25.14 VERIFICA DEL TIPO E DIMENSIONAMENTO DEI COMPONENTI DELL'IMPIANTO E DELL'APPOSIZIONE DEI CONTRASSEGNI DI IDENTIFICAZIONE

Si dovrà verificare che tutti i componenti dei circuiti messi in opera nell'impianto utilizzatore siano del tipo adatto alle condizioni di posa e alle caratteristiche dell'ambiente, nonché correttamente dimensionati in relazione ai carichi reali in funzionamento contemporaneo, o, in mancanza di questi, in relazione a quelli convenzionali.

Per cavi e conduttori si controllerà che il dimensionamento sia stato eseguito in base alle portate indicate nelle tabelle CEI-UNEL; si verificherà inoltre che i componenti siano dotati dei debiti contrassegni di identificazione, ove prescritti.

25.15 MISURA DELLA RESISTENZA DI ISOLAMENTO

Si esegue con l'impiego di un ohmmetro la cui tensione continua sia di circa 125 V nel caso di muratura su parti di impianto di categoria 0 oppure su parti di impianto alimentate a bassissima tensione di sicurezza, di circa 500 V nel caso di misura su parti di impianto di 1a categoria e 5kV per quelli di 2a categoria.

La misura andrà effettuata tra l'impianto (collegando insieme tutti i conduttori attivi) e il circuito di terra, e fra ogni coppia di conduttori tra loro.

Durante lo svolgimento della stessa, gli apparecchi utilizzatori dovranno essere disinseriti.

La misura va riferita a ogni circuito, intendendosi per circuito la parte di impianto elettrico protetto dallo stesso dispositivo di protezione.

I valori minimi ammessi per costruzioni tradizionali sono:

- 400.000 ohm per sistemi a tensione nominale superiore a 50 V;
- 250.000 ohm per sistemi a tensione nominale inferiore o uguale a 50 V.

I valori minimi ammessi per costruzioni prefabbricate sono:

- 250.000 ohm per sistemi a tensione nominale superiore a 50 V;
- 150.000 ohm per sistemi a tensione nominale inferiore o uguale a 50 V.

La norma CEI 64-7 terza edizione del 1998 fascicolo 4618, in vigore dal 1 settembre 1998 e relativa agli *impianti elettrici d'illuminazione pubblica*, prescrive che l'intero sistema elettrico, all'atto della verifica iniziale, deve presentare una resistenza d'isolamento verso terra non inferiore a:

$$\frac{2U_0}{L + N} = Mohm$$

Dove:

- U_0 è la tensione nominale verso terra in kv, con un minimo di 1kV;
- L è la lunghezza complessiva della linea in chilometri con un minimo di 1km;
- N è il numero di apparecchi d'illuminazione presenti nel sistema elettrico.

25.16 VERIFICA DELLE STABILITÀ DEI CAVI

Si dovrà procedere a estrarre uno o più cavi dal tratto di tubo o condotto compreso tra due cassette o scatole successive e controllare che questa operazione non abbia provocato danneggiamenti agli stessi. La verifica va eseguita su tratti di tubo o condotto per una lunghezza pari complessivamente a una percentuale compresa tra l'1% e il 5% della lunghezza totale. A questa verifica prescritta dalla Norma CEI 11-11 (impianti elettrici degli edifici civili), si dovranno aggiungere, per gli impianti elettrici negli edifici prefabbricati e nelle costruzioni modulari, le verifiche relative al rapporto tra diametro interno del tubo o condotto e quello del cerchio circoscritto al fascio di cavi in questi contenuto, e al dimensionamento dei tubi o condotti. Quest'ultima verifica si dovrà effettuare a mezzo di apposita sfera come descritto nella norma CEI sopra richiamata.

25.17 MISURA DELLE CADUTE DI TENSIONE

La misura delle cadute di tensione va eseguita tra il punto di inizio dell'impianto e il punto scelto per la prova mediante l'inserimento di un voltmetro nel punto iniziale e un altro nel secondo punto (i due strumenti devono avere la stessa classe di precisione).

Dovranno essere alimentati tutti gli apparecchi utilizzatori che possono funzionare contemporaneamente: nel caso di apparecchiature con assorbimento di corrente istantaneo si farà riferimento al carico convenzionale scelto come base per la determinazione delle sezioni delle condutture.

Le letture dei due voltmetri verranno eseguite contemporaneamente e si procederà poi alla determinazione della caduta di tensione percentuale.

25.18 VERIFICA DELLE PROTEZIONI CONTRO I CORTO CIRCUITI E I SOVRACCARICHI

Si dovrà controllare che:

- il potere di interruzione degli apparecchi di protezione contro i cortocircuiti sia adeguato alle condizioni dell'impianto e della sua alimentazione;
- la taratura degli apparecchi di protezione contro i sovraccarichi sia correlata alla portata dei conduttori protetti dagli stessi.

25.19 VERIFICA DELLE PROTEZIONI CONTRO I CONTATTI INDIRETTI

Dovranno essere eseguite le verifiche dell'impianto di terra descritte nelle norme per gli impianti di messa a terra (Norma CEI 64-8)⁷ e in particolare:

- esame a vista dei conduttori di terra e di protezione. Si intende che andranno controllate sezioni, materiali e modalità di posa nonché lo stato di conservazione sia dei conduttori che delle giunzioni. Occorrerà inoltre controllare che i conduttori di protezione assicurino il collegamento tra i conduttori di terra e il morsetto di terra degli utilizzatori fissi e il contatto di terra delle prese a spina;
- misura del valore di resistenza di terra dell'impianto, che andrà effettuata con appositi strumenti di misura o con il metodo voltamperometrico utilizzando un dispersore ausiliario e una sonda di tensione, che vanno posti a una sufficiente distanza dall'impianto di terra e tra loro. Si possono ritenere ubicati in modo corretto quando siano sistemati a una distanza dal suo contorno pari a 5 volte la dimensione massima dell'impianto stesso; quest'ultima, nel caso di semplice dispersore a picchetto, può assumersi pari alla sua lunghezza. Una pari distanza deve essere mantenuta tra la sonda di tensione e il dispositivo ausiliario;
- controllo, in base ai valori misurati, del coordinamento degli stessi con l'intervento nei tempi previsti dei dispositivi di massima corrente differenziale; se richieste dall'amministrazione appaltante, misure delle tensioni di contatto e di passo, che vengono di regola eseguite da professionisti, ditte o enti specializzati, seguendo le istruzioni fornite dalla Norma CEI 64-8.

25.20 VERIFICA FUNZIONALE

La verifica funzionale dovrà accertare che gli impianti siano in condizione di poter funzionare normalmente secondo il progetto e con tutti gli interblocchi operativi e di sicurezza.

Fanno parte di queste prove:

- la messa in esercizio dei sistemi di distribuzione primaria

⁷ Si ricorda che per gli impianti soggetti alla disciplina del D.P.R. 547 va effettuata la denuncia degli stessi alle Aziende Sanitarie Locali (ASL) a mezzo dell'apposito modulo, fornendo gli elementi richiesti cioè i risultati delle misure della resistenza di terra. Nel presente impianto il sistema primario di terra verrà verificato dall'Enel

- Il controllo del funzionamento di:
 - commutazioni Rete-G.E.;
 - vari assetti che l'impianto d'illuminazione e di ventilazione in galleria possono assumere;
 - la messa in servizio degli apparati di supervisione;
 - la verifica sulle postazione di supervisione degli allarmi e degli stati, la pagine video ecc.

La verifica funzionale ha lo scopo di consentire, in caso di esito favorevole, l'inizio delle prove di funzionamento degli impianti a uso degli utenti ai quali sono destinati.

25.21 COLLAUDO DEFINITIVO DEGLI IMPIANTI

Il collaudo definitivo dovrà avere inizio dalla data di ultimazione dei lavori e concludersi, entro i termini definiti dai documenti contrattuali.

Il collaudo definitivo dovrà accertare che gli impianti e i lavori - per quanto riguarda i materiali impiegati, l'esecuzione e la funzionalità - siano in tutto corrispondenti a quanto precisato nel progetto, tenuto conto di eventuali modifiche concordate in sede di aggiudicazione dell'appalto o nel corso dell'esecuzione dei lavori con l'approvazione della D.L.

Si dovrà procedere alle seguenti verifiche di collaudo:

- rispondenza alle disposizioni di legge;
- rispondenza alle prescrizioni dei vigili del fuoco;
- rispondenza alle prescrizioni particolari concordate in sede di offerta;
- rispondenza alle norme CEI relative al tipo di impianto.

In particolare, occorrerà verificare che:

- siano state osservate le norme tecniche generali e di sicurezza;
- gli impianti e i lavori siano in tutto corrispondenti alle indicazioni contenute nel presente progetto, purché non siano state concordate delle modifiche in sede di aggiudicazione **dell'appalto o nel corso dell'esecuzione dei lavori;**
- gli impianti e i lavori corrispondano inoltre a tutte quelle eventuali modifiche concordate in sede di aggiudicazione dell'appalto o nel corso dell'esecuzione dei lavori su disposizione o benestare della D.L.;
- i materiali impiegati nell'esecuzione degli impianti, dei quali siano stati presentati i campioni, siano corrispondenti ai campioni stessi;

Inoltre dovranno ripetersi i controlli prescritti per la *verifica funzionale* e si dovrà redigere l'apposito verbale del collaudo definitivo.

25.22 COLLAUDO IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE IN GALLERIA

Dovrà essere verificato, mediante prova certificata da ente esterno comunque a carico dell'Appaltatore, che i valori illuminotecnici rilevati rispondano alla normativa in vigore e allo studio illuminotecnico di progetto.

Le condizioni irrinunciabili sono le seguenti:

- Valori di luminanze, illuminamento ed uniformità non inferiori ai risultati degli studi illuminotecnici con una tolleranza max. del $\pm 5\%$ per i permanenti e rinforzi. I valori, al netto della tolleranza: - 5%, NON devono, comunque, essere mai inferiori a quanto prescritto dalla UNI 11095 ultima edizione.
- Quantità minima e consumi energetici degli apparecchi illuminanti come da studio illuminotecnico

Il collaudo comprende anche la rispondenza del sistema di controllo alle condizioni della specifica.

25.23 PROVE SISTEMATICHE DI CONTROLLO IN FASE ESECUTIVA

In relazione a quanto precisato precedentemente circa la qualità e le caratteristiche dei materiali impiegati e da impiegare, l'Appaltatore dovrà sottostare a tutte le spese di prelevamento e di invio dei campioni ai Laboratori Ufficiali indicati dall'Ente Appaltante, ed anche alle verifiche in sito, sulle rispondenze funzionali di ogni prodotto prima dell'installazione. I campioni per le verifiche in sito verranno prelevati in contraddittorio.

Degli stessi dovrà essere ordinata la conservazione previa apposizione di sigilli e firme del Direttore dei Lavori e dell'Appaltatore e nei modi più adatti a garantire l'autenticità e la conservazione.

I risultati ottenuti in tali laboratori saranno i soli riconosciuti validi dalle due parti; ad essi si farà esclusivo riferimento a tutti gli effetti del presente Appalto.

25.24 DOCUMENTAZIONE TECNICA RICHIESTA

25.24.1 DOCUMENTAZIONE

L'Appaltatore ha nei propri oneri la fornitura dei documenti costruttivi delle varie apparecchiature elettriche e meccaniche.

Per le parti meccaniche dovranno essere consegnati tutti i disegni d'ingombro ed i dettagli costruttivi, in modo particolare quelli indispensabili per la manutenzione.

A fine installazione e prima dell'espletamento del singolo collaudo, l'Appaltatore è tenuto ad emettere/riemettere tutti i documenti (vedi doc. elenco elaborati) in revisione "AS BUILT", sia per gli schemi costruttivi, sia per l'impiantistica, sia per le parti civili di propria competenza:

ad esempio: ubicazione apparecchiature, canalizzazioni, tabella dei cavi e posizione di questi nelle canalizzazioni, a titolo esemplificativo e non esaustivo:

- i disegni d'installazione dei materiali;
- gli schemi elettrici (unifilari, funzionali e morsettiere);
- i disegni degli armadi (prospetti ed equipaggiamenti);
- le nomenclature dettagliate dei materiali;
- i disegni di distribuzione;
- i diagrammi di funzionamento;
- i programmi.

Gli schemi dei circuiti, corredati di sigle e valori dei componenti previsti, di caratteristiche particolari dei dispositivi e degli strumenti di misura, dovrà permettere una facile comprensione di tutti i dettagli di funzionamento dell'impianto.

Tutti i morsetti collegati fra di loro da un conduttore ed il conduttore stesso devono essere indicati con lo stesso contrassegno.

Tale contrassegno verrà riportato sul disegno delle morsettiere, oltre alla targhettatura dei cavi in campo.

Per i circuiti si dovrà altresì fornire:

- lo schema di principio a blocchi destinato a far comprendere il principio di funzionamento degli apparati e le dipendenze funzionali;
- lo schema logico atto a rappresentare gli elementi di entrata, di elaborazione e di uscita di un dispositivo di comando.

Su tutti gli schemi dovranno essere riportati opportuni riferimenti che indichino i legami corretti degli schemi e dei circuiti si precisa che dovranno essere anche indicati l'interconnessione fra i vari fogli e le funzioni logiche dei segnali.

Allo scopo di facilitare le riparazioni, devono essere indicati dei punti di misurazione e le caratteristiche elettriche che si devono ivi rilevare.

Devono essere riportate le informazioni riguardanti gli apparecchi di controllo.

La D.L. procederà ad un controllo a "campione" sulla correttezza delle revisioni.

Tutta la documentazione dovrà essere fornita su supporto informatico e dovrà essere del tipo modificabile successivamente da parte della Committente, senza ulteriori interventi di conversione di alcun tipo.

25.24.2 MANUALI D'ISTRUZIONE E MANUTENZIONE

Dovranno essere fornite tre copie, su supporto informatico e cartaceo, suddivise in adeguati raccoglitori, delle raccolte dei manuali d'istruzione, comprendenti i libretti d'istruzione, manuali funzionali d'uso e manutenzione, cataloghi e bollettini di collaudo e di conformità.

In ogni cabina dovrà essere presente una ulteriore copia cartacea di detti documenti.

La raccolta dovrà comprendere anche un indice dei documenti inseriti nella raccolta e l'elenco disegni dell'impianto oltre ad una descrizione sommaria dell'impianto e delle operazioni di avviamento, ripristino e delle modalità operative per gli interventi d'emergenza.

A titolo non esaustivo, si elencano i contenuti del manuale:

Manuale operativo.

Il manuale operativo ha lo scopo di consentire l'esercizio dell'impianto dopo l'avviamento stesso attraverso fasi successive:

- 1) controllo a vista del completamento meccanico;
- 2) verifica dei collegamenti e del funzionamento dei blocchi e delle apparecchiature di sicurezza;
- 3) taratura degli strumenti e dei relé con certificazione di ogni singola operazione;
- 4) prova di funzionamento in bianco e sotto carico di ogni unità funzionale e documentazione relativa;
- 5) verifica della completezza della documentazione e della rispondenza dell'identificazione di componenti, morsetti e collegamenti;
- 6) correzione in ogni fase delle anomalie riscontrate e di aggiornamento della documentazione;
- 7) compilazione delle procedure ed istruzioni per l'avviamento/messa in servizio, secondo le procedure e le istruzioni compilate per ciascun impianto e rilievo documentato delle prestazioni di ciascuno di essi.

Il manuale operativo sarà suddiviso secondo i capitoli desumibili dalla consistenza degli impianti realizzati e degli apparati, sia quelli forniti e messi in opera sia quelli messi in opera, e dai loro legami funzionali.

A titolo non esaustivo, si propone il seguente elenco di capitoli:

- 1) impianto distribuzione elettrica
- 2) impianto di ventilazione in galleria
- 3) impianto ventilazione in galleria di emergenza e vie di fuga
- 4) impianto di illuminazione
- 5) impianto segnaletica
- 6) impianto antincendio
- 7) impianti SOS
- 8) impianti speciali (semafori, pannelli a messaggio variabile)
- 9) controllo, trasmissione e supervisione

10) altri impianti.

Per ciascun capitolo sarà riportato al minimo:

A. Catalogo meccanico

costituito da:

- elenco dei componenti individuati con relativi item
- documentazione dei componenti costituita da cataloghi dei costruttori e certificati di laboratorio;
- dati garantiti;
- dati dimensionali.

B. Catalogo elettrico e speciale

costituito da:

- elenco dei componenti individuati con le relative posizioni;
- documentazione dei componenti, costituita da cataloghi dei costruttori e certificati di laboratorio;
- dati garantiti;
- dati dimensionali;

C. Documentazione operativa

costituita da:

- elenco disegni di montaggio;
- elenco unità funzionali;
- schemi funzionali di ciascuna unità funzionale ed esauriente descrizione operativa;
- certificazioni delle prove di accettazione in corso d'opera;
- documentazione pre avviamento;
- procedure ed istruzioni di avviamento;
- descrizione dei funzionamenti.

D. Manuale di manutenzione.

Le istruzioni di manutenzione devono indicare:

- le istruzioni per l'avviamento e per l'uso delle apparecchiature;
- i lavori di manutenzione preventiva e predittiva;
- le istruzioni per i lavori di manutenzione, compresi gli accorgimenti particolari per la manutenzione e per la sostituzione degli apparecchi e loro parti;
- le istruzioni per le regolazioni e le messe a punto;
- la periodicità dei controlli;
- le istruzioni per diagnosticare rapidamente le disfunzioni ed i guasti;
- le istruzioni devono permettere una rapida localizzazione delle parti difettose;
- le istruzioni per la manutenzione delle apparecchiature elettroniche devono contenere tutte le informazioni necessarie per l'installazione, la taratura e la messa a punto di tutti i dispositivi, insieme ed i relativi strumenti necessari;

- se durante le riparazioni o le manutenzioni si possono correre rischi, questi dovranno essere chiaramente descritti.

E. Elenco dei componenti

L'elenco deve comprendere tutti i componenti delle apparecchiature.

L'elenco deve essere completo di tutti i dati per l'eventuale ordine al Costruttore.

I componenti commerciali eventualmente adattati dal Costruttore o dall'Appaltatore dovranno essere evidenziati.

L'elenco dei componenti deve riportare le caratteristiche tecniche ed il suo riferimento (posizione) di identificazioni utilizzato sugli schemi ed in campo.

Tutta la documentazione dovrà essere redatta in lingua italiana.

25.25 PARTI DI RICAMBIO

Premesso che tutte le parti di ricambio necessarie durante l'attività di prove e collaudi sono incluse in appalto, l'Appaltatore dovrà consegnare 30 giorni prima del collaudo finale, per la verifica da parte della Committente, l'elenco delle parti di ricambio previste per i primi due anni d'esercizio.

L'Appaltatore dovrà fornire i disegni esplicativi della lista dei ricambi che permettano la corretta identificazione di ogni parte nella loro rispettiva posizione di assiemaggio (viste esplose).

25.26 ELENCO SPECIFICHE TECNICHE

La presente sezione identifica ed elenca le Specifiche Tecniche delle apparecchiature e materiali previste per il presente Appalto.

Pos.	Titolo
7.1	Shelter alloggiamento apparecchiature
7.2	Quadri e Apparecchiature di B.T.
7.3	Canalizzazioni elettriche
7.4	Gruppi Statici di Continuità - UPS
7.5	Cavi elettrici, di segnalamento e cablaggio strutturato
7.6	Impianti di Illuminazione
7.7	Segnaletica luminosa: PMV e indicatori di agibilità corsia
7.8	Cartelli luminosi e indicatori PISM
7.9	Impianto di videosorveglianza
7.10	Rilevazione incendio in galleria
7.11	Rete trasmissione dati
7.12	Sistema di automazione
7.13	Risoluzione delle interferenze

ALLEGATO 1 - Capitolato per spostamenti del cavo in rame a seguito di opere civili di ampliamento e di modifica della sede autostradale - Descrizione Lavorazioni e Caratteristiche Tecniche

**Capitolato per spostamenti del cavo in rame a seguito di opere civili
di ampliamento e di modifica della sede autostradale**

- Descrizione Lavorazioni e Caratteristiche Tecniche -

Ottobre 2007
Rev. 1.0

INDICE

1	INTRODUZIONE	4
1.1	DATI DA PRECISARE NELLE RICHIESTE DI OFFERTA E NELLE ORDINAZIONI	4
2	DESCRIZIONE LAVORAZIONI.....	5
2.1	SCELTE REALIZZATIVE	5
2.2	INFRASTRUTTURA E POSA DEI CAVI.....	6
2.2.1	Infrastruttura.....	6
2.2.1.1	Tubi interrati.....	6
2.2.1.2	Canalette posate a vista	7
2.2.1.3	Canalette interrate	7
2.2.1.4	Pozzetti	7
2.2.2	Posa dei cavi.....	8
2.2.2.1	Giunzioni e terminazioni dei cavi	8
3	CARATTERISTICHE TECNICHE DEI MATERIALI PER LA REALIZZAZIONE DELLE INFRASTRUTTURE DI POSA DEI CAVI	9
3.1	TUBI	9
3.1.1	Tubazioni in PEHD a Superficie Esterna Corrugata.....	9
3.1.1.1	Sistema di giunzione per tubo corrugato in PEHD	10
3.2	CORDINO DI NYLON	11
3.3	CANALETTE IN ACCIAIO ZINCATO.....	11
3.4	POZZETTI IN CLS E CHIUSINI IN GHISA	13
3.4.1	Pozzetti di Dimensioni Interne 125x80 cm.....	13
3.4.2	Chiusini in Ghisa a 4 semicoperchi.....	13
3.4.3	Pozzetti di Dimensioni Interne 90x70 cm.....	15
3.4.4	Chiusini in Ghisa a 2 semicoperchi.....	15
4	CARATTERISTICHE TECNICHE DEI MATERIALI PER LA REALIZZAZIONE DELLE OPERE ELETTRICHE	17
4.1	COSTITUZIONE DEL CAVO	17
4.1.1	Conduttore	17
4.1.2	Isolamento del conduttore.....	17
4.1.3	Formazione delle bicoppie	17
4.1.4	Segni di distinzione dei conduttori e delle bicoppie	17
4.1.5	Cordatura delle bicoppie	18
4.1.6	Formazioni	18
4.1.7	Fasciatura del nucleo.....	18
4.1.8	Guaina metallica	18
4.1.9	Barriera anticorrosiva.....	19
4.1.10	Guaina esterna	19
4.2	MODALITA' DI FORNITURA DEL CAVO	19
4.2.1	Lunghezza delle pezzature	19
4.2.2	Lunghezza totale della fornitura.....	20
4.2.3	Bobine e targatura	20
4.3	CONTROLLI E ACCETTAZIONE DEL CAVO	20
4.3.1	Controlli durante la fabbricazione	20
4.3.2	Condizioni di collaudo e accettazione.....	20
4.4	CARATTERISTICHE DI TEMPERATURA DEI CAVI	21
4.5	PROVE SUI CAVI	21
4.5.1	Prove su intere pezzature	21
4.5.1.1	Resistenza	21
4.5.1.2	Squilibri di resistenza.....	21
4.5.1.3	Prove di tensione	22
4.5.1.4	Resistenza di isolamento.....	22
4.5.1.5	Capacità mutua o effettiva	22
4.5.1.6	Squilibri di capacità.....	23
4.5.2	Prove sui materiali e controlli vari	24

4.5.2.1	Caratteristiche meccaniche dei fili di rame	24
4.5.2.2	Caratteristiche elettriche dai fili di rame	24
4.5.2.3	Polietilene espanso	24
4.5.2.4	Guaina metallica	26
4.5.2.5	Barriera anticorrosiva	27
4.5.2.6	Guaina esterna in PE	28
4.6	GUAINE TERMORESTRINGENTI PER CHIUSURA GIUNTI	31
4.7	CASSETTA STAGNA DI SEZIONAMENTO E TERMINAZIONE	31
4.7.1	Caratteristiche costruttive	32
4.8	CASSETTA DI TERMINAZIONE	32
5	MODALITA' DI ESECUZIONE DEGLI SCAVI, DEI RIPRISTINI	33
5.1	SCAVI IN GENERE E MOVIMENTO DI MATERIE	33
5.1.1	Scavi a Sezione Ristretta	34
5.1.2	Rinterri	34
6	MODALITA' DI REALIZZAZIONE DELLE INFRASTRUTTURE DI POSA DEI CAVI	36
6.1	POSA INTERRATA CON SCAVO IN TRINCEA SU TERRENO VEGETALE	36
6.1.1	In Testa alla Scarpata	36
6.1.2	A Metà Scarpata	36
6.1.3	In Fondo alla Scarpata	37
6.1.4	Modalità di Esecuzione	37
6.2	POSA INTERRATA CON SCAVO IN TRINCEA SOTTO PAVIMENTAZIONE BITUMINOSA	38
6.2.1	Modalità di Esecuzione	38
6.3	POSA ENTRO CANALETTA IN ACCIAIO ZINCATO	39
6.3.1	Modalità di Esecuzione	39
6.4	POSA DEI POZZETTI DI DIMENSIONI INTERNE 125X80 CM E 90X70 CM	39
6.5	PRECOLLAUDO	40
6.6	COLLAUDO	40
7	MODALITA' DI REALIZZAZIONE DELLE OPERE OTTICHE ED ELETTRICHE	41
7.1	POSA DEI CAVI	41
7.1.1	Posa in Tubazioni (Tubi in PEHD)	41
7.1.2	Posa su Passerelle Metalliche nei Cunicoli Esistenti	41
7.1.3	Posa nei Pozzetti	42
7.1.4	Posa all'Interno degli shelter	42
7.2	TERMINAZIONE DEI CAVI IN RAME A COPPIE	42
7.2.1	Terminazione su Testina TA	42
7.3	GIUNZIONE DEI CAVI IN RAME A COPPIE	43
7.4	CHIUSURA DI GIUNTI RAME CON GUAINE TERMORESTRINGENTI	44
7.5	PRECOLLAUDO	45
7.5.1	Scopo	45
7.5.2	Precollaudo per Cavi in rame a coppie	45
7.5.2.1	Prove di Continuità e Numerazione	46
7.5.2.2	Resistenze Rame e Sbilanciamento (Mod.3)	46
7.5.2.3	Prove di Isolamento dei Conduttori (Mod.4)	46
7.5.2.4	Paradiafonia (Mod.5)	47
7.5.3	Distribuzione della Documentazione	47
7.6	COLLAUDO	47
7.6.1	Modalità Operative	47
7.6.2	Adempimenti dell'Impresa Appaltatrice	48
7.6.3	Determinazione del Campione da sottoporre a Collaudo	48
7.6.4	Criteri di Accettazione e di Rifiuto del Collaudo	48
7.6.5	Documentazione	49
7.6.5.1	Generalità	49
7.6.5.2	Prove di continuità e numerazione	49
7.6.5.3	Mod. 3: Misure di Resistenza e Sbilanciamento	49
7.6.5.4	Mod. 4: Misure di Paradiafonia	49
7.6.5.5	Mod. 5: Misure di Isolamento	50
7.6.5.6	Mod. 6: Verbale di collaudo	50
7.6.5.7	Distribuzione della Documentazione	50
7.6.6	Modelli di Collaudo	51

8	GARANZIA	57
9	ALLEGATI – PARTICOLARI COSTRUTTIVI	58
9.1	CAVO TE 7X(2X2X0,9)H/A5E	58
9.2	CASSETTA STAGNA E TESTINA DI TERMINAZIONE.....	59
9.3	CANALETTA IN ACCIAIO ZINCATO.....	60
9.4	POZZETTO IN CLS 125X80	61
9.5	CHIUSINI A 4 COPERCHI TRIANGOLARI	62
9.6	SEZIONE SCAVO IN VEGETALE PER COLLEGAMENTO DATI	63
9.7	SEZIONE SCAVO IN ASFALTO PER COLLEGAMENTO DATI.....	64
9.8	PARTICOLARE LAVORAZIONI SU GUAINA TERMORESTRINGENTE PER CHIUSURA GIUNTI	65

1 INTRODUZIONE

Il presente documento riguarda le linee guida da seguire nelle lavorazioni per gli spostamenti del cavo in rame a seguito di opere civili di ampliamento della sede autostradale.

In particolare sono di seguito descritte le lavorazioni per:

- la realizzazione della infrastruttura (canalizzazione)
- la fornitura in opera del portante fisico (cavi rame per trasmissione dati).

Il presente documento riporta inoltre le norme per la fornitura e il collaudo dei cavi telefonici con conduttori di rame isolati con materiale Polietilene espanso (PE) Foam Skin, cordati a biccoppie, e in cui tutte le biccoppie hanno uguali caratteristiche fisiche.

Il cavo in oggetto è costituito inoltre da guaina metallica per protezione meccanica mediante tubo di alluminio.

1.1 DATI DA PRECISARE NELLE RICHIESTE DI OFFERTA E NELLE ORDINAZIONI

- Numero distintivo del Capitolato di fornitura
- Numero di biccoppie
- Diametro dei conduttori
- Capacità mutua media dei circuiti reali (38, 5 o 35 nF/km): in mancanza di indicazione, la capacità deve essere 38 5 nF/km
- Lunghezza totale richiesta per ciascun tipo di cavo
- Lunghezza delle pezzature: in mancanza di indicazione, la lunghezza deve essere quella nominale, prevista nel presente Capitolato. Quando la lunghezza viene indicata, questa deve intendersi come "tassativa", nel senso che non sono ammesse tolleranze in meno
- Eventuale suddivisione della fornitura in lotti e ordine di precedenza per la presentazione al collaudo

2 DESCRIZIONE LAVORAZIONI

2.1 SCELTE REALIZZATIVE

Le principali scelte realizzative adottate sono riassunte nel seguito.

A livello di portante fisico saranno utilizzati cavi in rame a bicipie.

Un qualunque portante fisico che si sviluppi su distanze considerevoli deve essere giuntato lungo il percorso e terminato in corrispondenza di ricoveri quali shelter o centrali TLC.

La tecnica di giunzione scelta prevederà la realizzazione di giunti rame eseguiti con spiralino saldato e protetto con tubetto termorestringente, secondo le indicazioni riportate nelle specifiche, oppure impartite dalla Direzione Lavori. La zona di giunzione sarà protetta da idonea guaina termorestringente, in grado di assicurare l'affidabilità e il corretto funzionamento del sistema.

La tecnica di terminazione scelta prevederà l'attestazione dei cavi su testina TA all'interno di cassetta FS in shelter o centrale TLC.

Nei tratti dove non è già presente, la canalizzazione sarà realizzata con una polifora da posare interrata, oppure da canalette staffata su manufatti (viadotti, tombini, ecc.). La composizione della polifora sarà composta da n.2 tubi PEHD corrugato doppia parete di diametro esterno $d = 125$ mm. La canaletta sarà in acciaio zincato delle dimensioni 80 x 80 mm.

Nei tratti dove invece è già presente la polifora si procederà prima alla verifica della sua integrità e poi alla posa del cavo. Qualora le canalizzazioni dovessero risultare non idonee allo scopo si procederà alla realizzazione della nuova canalizzazione come indicato sopra.

Nella polifora di nuova realizzazione sarà lasciato sempre e comunque almeno un foro libero, disponibile per usi futuri (espandibilità).

In corrispondenza di viadotti, o di alcuni muri di contenimento del rilevato stradale e comunque dove non è presente un sufficiente spessore del pacchetto autostradale, non sarà possibile realizzare una posa interrata della canalizzazione e, pertanto, questa sarà posata a vista, protetta da adeguata canaletta in acciaio zincato.

La polifora sarà interrotta, ad intervalli il più possibile regolari, da una serie di pozzetti affioranti, in cls armato da fornire in opera, delle dimensioni interne di 90x70 cm, con chiusino carrabile a 2 semicoperchi con cerniera, in ghisa D400.

I pozzetti saranno forniti in opera in relazione al tracciato ed in base alle indicazioni delle specifiche tecniche. I pozzetti saranno utilizzati sia per il tiro dei cavi in fase di installazione, sia per le giunzioni di linea e di derivazione dei cavi, sia per l'alloggiamento delle scorte di questi ultimi. I pozzetti potranno avere profondità variabili a seconda della sede di posa.

In corrispondenza dei viadotti e delle gallerie di lunghezza significativa, i pozzetti saranno posizionati all'inizio e al termine del manufatto.

Le pezzature del cavo saranno il più possibile standard, permettendo quindi l'utilizzo di sole bobine di lunghezza 500 m \pm 1,2%.

Il percorso del cavo sarà segnalato mediante l'apposizione, in punti adiacenti al tracciato della polifora, di targhette metalliche di dimensioni 19x14 cm, sp. 2 mm. Queste saranno o sorrette da un apposito paletto in tubolare di acciaio zincato di altezza $l = 1$ m min., infisso per almeno 20 cm nel terreno, oppure fissate ad un qualche manufatto, là dove non sia possibile piantare il paletto nel suolo.

Le targhette saranno posizionate lungo il percorso del cavo, ogni 300 m e riporteranno una scritta incisa con il nome della Committente (Autostrade per l'Italia S.p.A.) ed il tipo di cavo (CAVO Cu a bicoppie). In aggiunta a queste, analoghe targhette saranno poste anche in coincidenza di punti singolari del tracciato del cavo, quali i pozzetti contenenti i giunti di linea, di derivazione e le 2 estremità degli attraversamenti delle carreggiate autostradali. In questi casi, oltre alla suddetta informazione, nella scritta incisa sulle targhette sarà riportata anche l'identificazione del giunto (GL o eventualmente GD, e relativo numero progressivo), o la dizione "ATTRAVERSAMENTO".

All'interno delle stazioni autostradali, degli shelter e di alcuni edifici, saranno realizzate le terminazioni dei cavi. La tecnica consisterà nell'attestare tutte le coppie in rame (n. cp per lato) all'interno della testina TA.

I cavi, nei tratti percorsi all'interno di stazioni autostradali, shelter e altri edifici, o in cunicolo, saranno individualmente protetti entro materassini antifiama da fornire in opera e posati su passerella metallica.

Laddove è necessario i tratti di canalizzazione provvisoria, saranno realizzati con tubo di diametro 63mm fissato alla recinzione, quando presente, o posato in sicurezza sul piano di campagna.

2.2 INFRASTRUTTURA E POSA DEI CAVI

2.2.1 *Infrastruttura*

Lungo il percorso autostradale, i cavi saranno alloggiati all'interno di tubi protettivi, esistenti o di nuova realizzazione, da fornire in opera secondo quanto descritto nei seguenti paragrafi.

La posa dei cavi avverrà all'interno di dette canalizzazioni e sarà effettuata sia a mano, che con l'ausilio di idonei mezzi meccanici (argani, ecc.), secondo le modalità e le prescrizioni indicate nelle specifiche di progetto.

2.2.1.1 *Tubi interrati*

Le nuove canalizzazioni interrate saranno realizzate posando dei tubi sul fondo di una trincea ottenuta con

scavo da effettuarsi in scarpata. La profondità dello scavo dovrà essere di 80 cm; in certi casi particolari (presenza di rocce, di altre condotte, ecc.) essa potrà essere inferiore a quella standard, ma in nessun caso minore di 30 cm su terreno vegetale. In tali casi la polifora sarà comunque protetta con cassetta di acciaio zincato all'interno di bauletto di cls del tipo con $R_{ck} \geq 150 \text{ kg/cm}^2$.

Onde evitare eccessivi attriti nella fase di posa dei cavi, le canalizzazioni saranno posate mantenendo raggi di curvatura i più ampi possibile. Quando sarà necessario deviare rispetto all'asse predisposto, la deviazione sarà impostata molto in anticipo, per assicurare comunque una curvatura ampia.

Prima di iniziare gli scavi, dovrà essere effettuata un'indagine del sottosuolo per l'individuazione dei sottoservizi che interferiscono con lo scavo. In particolare occorrerà acquisire, presso gli Enti proprietari, i Gestori ed i Concessionari, informazioni e documenti sulla presenza di sottoservizi nel tracciato previsto.

2.2.1.2 Canalette posate a vista

Le canalette posate a vista saranno utilizzate in presenza di viadotti (posa sul cordolo esterno), tombini e muri di contenimento del rilevato stradale e saranno in acciaio zincato. In corrispondenza dei giunti di dilatazione dei viadotti devono essere predisposti dei dispositivi a cannocchiale che prevedono l'interruzione della canaletta di protezione del cavo e la sovrapposizione di una canaletta maggiorata (lunghezza circa 1 metro) fissata con mensole e staffe su di un solo lato del viadotto.

La canaletta deve essere prolungata alle estremità fino ad arrivare alla normale profondità di posa del tubo in trincea.

2.2.1.3 Canalette interrate

Le canalette interrate saranno utilizzate nei tratti di scavo di raccordo fra pozzetti e le canalette posate a vista su viadotti, tombini e muri di contenimento del rilevato stradale e saranno in acciaio zincato.

Le stesse canalette saranno utilizzate per proteggere la polifora anche nei tratti in cui la profondità dello scavo sarà inferiore a quella standard.

2.2.1.4 Pozzetti

E' prevista la posa di pozzetti di dimensioni interne 90x70 cm:

- per il tiro dei cavi;

E' prevista la posa di pozzetti di dimensioni interne 125x80 cm:

- per l'eventuale sistemazione delle scorte dei cavi;
- per l'alloggiamento dei giunti di linea;
- per la realizzazione delle derivazioni;

realizzati in cls armato e dotati di chiusino carrabile in ghisa D400 a 4 e a 2 semicoperchi con cerniera.

La distanza tra di essi sarà di circa 100 m tale da consentire un agevole tiro del cavo e una corretta giunzione delle pezzature.

I pozzetti saranno posati tutti affioranti su terreno vegetale in scarpata.

2.2.2 Posa dei cavi

I cavi in rame delle potenzialità e del tipo previsti, saranno forniti su bobine ed il carico e lo scarico dovranno avvenire con modalità e attrezzature idonee.

Le operazioni di posa dovranno essere condotte in modo da evitare al cavo brusche piegature, ammaccature, abrasioni, ecc. Inoltre, dovranno essere rispettati tassativamente i raggi minimi di curvatura specificati.

I cavi potranno essere posati sia a mano, che con mezzi meccanici (ad es.: argani), avendo cura di non superare mai il massimo tiro in testa sopportabile.

La posa dei cavi sarà realizzata nelle infrastrutture descritte in precedenza.

2.2.2.1 Giunzioni e terminazioni dei cavi

Per la descrizione sia dei giunti di linea e di derivazione, che delle terminazioni dei cavi, si vedano Specifiche allegate.

Giunzioni

Le giunzioni saranno realizzate per collegare due pezzature di cavo o per effettuare una derivazione verso una terminazione.

Il giunto di linea sarà realizzato giuntando le coppie in rame delle due teste dei cavi concorrenti nel giunto; il tutto sarà quindi protetto da apposita guaina termorestringente.

Il giunto di derivazione non sarà altro che un giunto tra il cavo esistente, tagliato nei pressi della cassetta FS anch'essa esistente, e il cavo di nuova posa. Conseguentemente, anche con questo giunto, protetto da apposita guaina termorestringente, saranno giuntate le coppie in rame delle due teste dei cavi concorrenti nel giunto.

Nei giunti di cui sopra devono essere rispettate le numerazioni delle bicoppie.

Terminazioni

Le terminazioni saranno realizzate all'interno di shelter esistenti o all'interno delle sale TLC nelle stazioni autostradali e in alcuni fabbricati.

In particolare i nuovi cavi saranno attestati alla testina TA esistente previo sfilaggio del vecchio cavo.

3 CARATTERISTICHE TECNICHE DEI MATERIALI PER LA REALIZZAZIONE DELLE INFRASTRUTTURE DI POSA DEI CAVI

3.1 TUBI

3.1.1 Tubazioni in PEHD a Superficie Esterna Corrugata

I tubi corrugati devono essere prodotti in conformità alla Norma CEI EN 50086-1-2-4.

Il tubo è un profilato di materiale plastico, con struttura coestrusa a doppia parete realizzata da un tubo esterno corrugato in PEHD e da una guaina interna liscia in PELD (polietilene a bassa densità), che deve essere priva di irregolarità quali buchi e grumi non fusi ed avere un'ondulazione il cui diametro massimo sia non superiore al 3% del diametro nominale esterno del tubo. Gli spessori delle guaine interna ed esterna devono essere tali da garantire le prestazioni meccaniche e tecniche richieste per il tubo corrugato; eventuali variazioni nello spessore delle singole guaine devono risultare non superiori al 20%.

Tale profilato costituisce la protezione meccanica per i cavi che in tale struttura saranno ospitati.

La massa termoplastica del tubo deve risultare inerte alla corrosione, agli agenti chimici presenti nel terreno, così come agli agenti atmosferici; deve inoltre resistere ai batteri, alle spore ed ai funghi, agli idrocarburi, ai detersivi ed all'acqua.

I materiali delle 2 guaine devono inoltre essere di opportuna composizione in modo da fornire un'elevatissima resistenza alla radiazione U.V. (almeno 6 mesi).

Il tubo corrugato deve essere realizzato con materiali che minimizzino l'impatto ambientale durante l'intero ciclo di vita, come previsto dalle guide ISO 64.2 ed IEC 109 e, preferibilmente, con prodotti di cui siano attivate procedure di riciclaggio secondo quanto riportato nel D.L. n.22 del 5.2.1997.

I monotubi da usare dovranno avere le seguenti caratteristiche nominali:

diametro esterno	125
diametro interno	105
rotolo di metri	50

resistenza allo schiacciamento a 450 N con deformazione del diametro $\leq 5\%$ (misurata su 5 cm di tubo a 20 °C)

Il fornitore deve dichiarare il minimo raggio di curvatura che il tubo può sopportare in modo permanente, senza che questo causi alcun degrado delle caratteristiche meccaniche e senza che avvengano distacchi fra le 2 guaine, o fessurazioni di quella interna, tali da compromettere l'integrità del prodotto.

Il raggio di curvatura minimo deve essere 15 volte il diametro esterno.

Il tubo corrugato viene fornito in matasse, opportunamente reggiate, in modo da rendere più agevoli le operazioni di trasporto, di posa e di eventuali verifiche. Le estremità del tubo devono essere chiuse con tappi, o altro sistema analogo, per evitare l'ingresso di corpi estranei nei periodi di stoccaggio; su una delle 2 estremità deve essere anche fornito un manicotto lineare di giunzione in PEHD per il raccordo fra tubi.

All'interno del tubo deve essere posizionata una sonda tirafilo, con carico di rottura 400÷600 N, per facilitare l'inserimento di una fune tiracavo.

Sul tubo, ad intervalli regolari di lunghezza non superiore a 3 m e su tutta la pezzatura, devono essere riportate le seguenti indicazioni mediante stampigliatura indelebile:

longitudinalmente :

- la sigla del fornitore;
- la data di costruzione (mm/aa);
- trasversalmente :
- la sigla del fornitore;
- il diametro esterno;
- la scritta "EN 50086-2-4" (CEI 23-46);
- classe N;
- il marchio IMQ, o equivalente;
- marcatura CE.

3.1.1.1 Sistema di giunzione per tubo corrugato in PEHD

Il dispositivo ha il compito di raccordare 2 tubi corrugati dello stesso diametro e di proteggere il giunto da intrusione di acqua e polvere.

Deve essere in PEHD, rispondente alla Normativa CEI EN 50086-2-4, per garantire che a varie temperature non esista differenza di ritiro fra il tubo ed il dispositivo.

Il raccordo deve essere realizzato con un accessorio esterno ai tubi, che deve anche garantire l'allineamento dei tubi stessi (è consentito un disallineamento dovuto soltanto alle tolleranze dei tubi giuntati), in modo che la luce interna dei due tubi raccordati sia completamente sgombra, cioè che non si formino gradini nella giunto.

Il sistema di giunzione deve essere realizzato con materiali che minimizzino l'impatto ambientale durante l'intero ciclo di vita, come previsto dalle guide ISO 64.2 ed IEC 109 e, preferibilmente, con prodotti di cui siano attivate procedure di riciclaggio secondo quanto riportato nel D.L. n.22 del 5.2.1997.

Il prodotto, una volta installato, deve essere ermetico e non deve necessitare di manutenzione. Deve inoltre avere una conformazione particolare, tale da fornire un'elevata resistenza alla trazione dei tubi raccordati.

Sul sistema di giunzione, in maniera indelebile e chiaramente leggibile, devono essere riportate le seguenti indicazioni:

- la sigla (o il nome) del fornitore;
- il mese e l'anno di costruzione (mm/aa).

3.2 CORDINO DI NYLON

Eseguita la posa dei tubi il trafilato presente all'interno degli stessi dovrà essere sostituito con il cordino di nylon per il successivo tiro della fune per la posa del cavo.

E' costituito da fili di nylon alta tenacità assemblati in modo tale da formare una treccia di 3 mm di diametro nominale. Le caratteristiche devono essere:

- carico di rottura : $\geq 270 \text{ kg} \pm 3\%$
- peso nominale : $\geq 5,3 \text{ g/m}$

La confezione finale dovrà essere del tipo cilindrico, con incrocio di precisione, da $1000 \text{ m} \pm 2\%$, senza nodi di giunzione ed avvolta su bobine flangiate. La confezione dovrà avere le seguenti dimensioni:

- altezza : $200 \div 230 \text{ mm}$
- diametro : $230 \div 300 \text{ mm}$.

Per ogni scatola di imballo dovranno essere disposti 6 rocchetti come i suddetti e sull'esterno della scatola dovrà essere precisato il nome ed il tipo del materiale contenuto ed il nome della Ditta fornitrice.

3.3 CANALETTE IN ACCIAIO ZINCATO

Le canalette in acciaio zincato sono utilizzate per la protezione meccanica dei tubi e dei cavi, in particolare all'esterno di ponti, o tombini.

Le canalette in acciaio zincato a caldo sono costituite da un corpo di forma ad U, che rappresenta il vano di contenimento e da un coperchio di chiusura ad incastro, entrambi realizzati in acciaio (Fe 360 B UNI 7070-82 EN 10025) zincato con processo di immersione a caldo, tali da dare all'insieme un'elevata robustezza.

Sia il corpo che il relativo coperchio devono presentare una imbutitura anteriore che permette l'innesto della canaletta successiva.

Le canalette devono rispondere ai seguenti requisiti:

- Materiale: Il corpo ed il coperchio devono essere realizzati in lamiera di acciaio Fe 360 B UNI 7070-82 EN 10025.
- Rivestimento: Il rivestimento interno ed esterno deve essere realizzato a mezzo di zincatura a caldo in relazione alla Norma UNI 5744-66, con zinco di prima fusione con purezza non minore di quella

dello zinco ZN A 98,25 UNI 2013.

Dimensioni e pesi:

Tipo	Larghezza (A) mm	Altezza (B) mm	Spessore (S) mm	Lunghezza (L) mm
80x80	80 +/- 2%	80 +/- 2%	0,7	3000 +/- 0,5%

Il peso è calcolato per una canalina con relativo coperchio, intesa come unità.

Zincatura a caldo: Il procedimento di zincatura a caldo, prevede l'immersione nello zinco fuso dopo tutte le lavorazioni meccaniche; il rivestimento risulterà su tutti i lati esterni ed interni, sui bordi e fori, quanto per offrire resistenza ad azioni meccaniche ed ossidanti.

Lo strato di zincatura deve risultare continuo e senza macchie nere; le gocce ed eccessi di zinco devono essere tolte solo se pregiudicano l'uso finale della canaletta.

Lo strato di zincatura deve risultare aderente affinché possa resistere senza criccarsi, o spellarsi, quando sia sottoposto alle normali condizioni di impiego della canaletta.

Le caratteristiche della zincatura a caldo devono essere conformi alle Norme UNI 4179 punto 3 e UNI 5744-66 punti 4 e 5.

Colore: Il colore della canaletta, risulterà il grigio classico della zincatura a caldo.

La canaletta dovrà inoltre avere le seguenti caratteristiche:

- resistenza all'urto (resilienza) : valor medio ≥ 27 J (Norma UNI EN 10025 e EN 10045/1);
- resistenza allo snervamento : ≥ 235 N/mm² (Norma EN 10025);
- rottura a trazione : $\geq 360\div510$ N/mm² (Norma UNI EN 10025 e EN 10002/1);
- spessore del rivestimento : ≥ 78 μ m, per il valore singolo
86 μ m, per la media dei campioni misurati
(Norma UNI ISO 2178 e CEI 7-6).

Ciascuna canaletta deve essere provvista di cartellino fissato mediante piombino, recante le seguenti indicazioni:

- nome, o sigla del fornitore;
- descrizione del materiale;

- mese ed anno di costruzione.

3.4 POZZETTI IN CLS E CHIUSINI IN GHISA

I pozzetti, che l'Impresa dovrà fornire e porre in opera, hanno lo scopo di:

- realizzare punti di tiro e di cambio di direzione del cavo;
- alloggiare giunti e se richieste eventuali scorte del cavo;
- consentire un tempestivo e agevole intervento manutentivo.

Il produttore dovrà avere sistema di qualità certificato ISO 9000.

3.4.1 Pozzetti di Dimensioni Interne 125x80 cm

I pozzetti, in cls armato prefabbricato, di dimensioni interne: 125x80 cm \pm 3%, utilizzati solo come punti di tiro, di cambio di direzione, sono posti in opera affioranti

Indipendentemente dal tipo di installazione:

- il pozzetto è costituito da un anello di fondo, da eventuali anelli di sopralzo di altezza pari a 10 cm, o 20 cm, o 40 cm, infine da un anello portachiusino (altezza 12,5 cm) e da un chiusino in ghisa sferoidale (di spessore 12cm), rispondente alla classe D400 della Norma UNI EN 124.
- l'anello di fondo del pozzetto deve presentare alla base un setto a frattura per consentire il drenaggio di acque;
- le pareti devono presentare asole in cls non armato da sfondare per permettere l'accesso delle tubazioni.
- le caratteristiche e requisiti dei materiali impiegati per la realizzazione del pozzetto devono essere:
- calcestruzzo Rbk non inferiore a 300 kg/cm²;
- ferro d'armatura tipo FeB44K (UNI 6407-69, UNI EN 60).

3.4.2 Chiusini in Ghisa a 4 semicoperchi

Chiusino realizzato in ghisa sferoidale GJS500 (EN1563 o ISO1083), conforme alla normativa europea EN124:1994 appartenente alla classe D400, da installarsi su un manufatto in cemento in gruppo 4 (secondo EN124), ovvero su carreggiate di strade, banchine transitabili e aree di sosta per tutti i veicoli stradali; progettato e realizzato da azienda con certificazione ISO9001:2000.

I chiusini devono essere costituiti da:

- Telaio con ingombro massimo 1330x775 mm e altezza minima 120 mm, superficie libera per accesso a cameretta minima 1200x600, dotato di appositi fori idonei al montaggio di anello in neoprene tra il

- telaio stesso e la cameretta e quattro occhielli per il sollevamento;
- Quattro semicoperchi triangolari contrapposti con tre punti d'appoggio e incernierati al telaio, in modo da garantire la perfetta complanarità e contatto delle superfici.
 - Uno dei coperchi è dotato di serratura in acciaio inox e tappo in plastica e gli altri sono vincolati in sequenza tramite accavallamento, con apertura superiore a 105° e autobloccaggio a 90° in fase di chiusura.
 - I semicoperchi risultano manovrabili con uno sforzo inferiore a 30 kg e completamente sfilabili dal telaio in posizione di completa apertura.
 - La serratura del chiusino risulta utilizzabile solo con apposita chiave codificata.
 - Non sono consentite saldature e il chiusino deve essere privo di difetti che ne possano pregiudicare l'idoneità all'uso.
 - La superficie del coperchio deve presentare un motivo a rombi a rilievo.
 - Il rivestimento protettivo deve essere realizzato con vernice atossica e non inquinante.

Infine, tutte le parti del chiusino devono essere prive di bave e non devono presentare difetti di lavorazione, riparazioni.

Sui chiusini devono essere riportate le seguenti indicazioni sul semicoperchio "maestro":

- Logo tipo della Committente;

Su tutti i semicoperchi:

- nome e/o marchio di identificazione del fornitore;
- ultime due cifre dell'anno di costruzione (per ragioni di ingombro possono essere allocate sotto il semicoperchio);
- numero del lotto di fonderia (per ragioni di ingombro possono essere allocate sotto il semicoperchio);
- scritta "EN 124 - D400";
- il marchio di un Ente di certificazione riconosciuto a livello europeo (attestante la certificazione ISO 9001 ed il rispetto delle caratteristiche dichiarate del prodotto).

Sul telaio:

- nome e/o marchio di identificazione del fornitore;
- ultime due cifre dell'anno di costruzione;
- numero del lotto di fonderia, posto sulla faccia interna sottostante al bordo di appoggio del coperchio;
- scritta "EN 124 - D400";

- il marchio di un Ente di certificazione riconosciuto a livello europeo (attestante la certificazione ISO 9001 ed il rispetto delle caratteristiche dichiarate del prodotto).

Il chiusino non deve presentare parti sporgenti, pertanto il granulato antisdrucchiolo e la siglatura devono avere lo stesso livello di rilievo.

3.4.3 Pozzetti di Dimensioni Interne 90x70 cm

I pozzetti, in cls armato prefabbricato, di dimensioni interne: 90x70 cm \pm 3%, utilizzati solo come punti di tiro, di cambio di direzione, sono posti in opera affioranti

Indipendentemente dal tipo di installazione:

- il pozzetto è costituito da un anello di fondo (altezza 28 cm), da eventuali anelli di sopralzo di altezza pari a 10 cm, o 20 cm, o 40 cm, infine da un anello portachiusino (altezza 12,5 cm) e da un chiusino in ghisa sferoidale (di spessore 10 cm), rispondente alla classe D400 della Norma UNI EN 124 (1995), di tipo doppio, dotato di due semicoperchi triangolari.
- l'anello di fondo del pozzetto deve presentare alla base un setto a frattura per consentire il drenaggio di acque;
- le pareti devono presentare asole in cls non armato da sfondare per permettere l'accesso delle tubazioni.
- le caratteristiche e requisiti dei materiali impiegati per la realizzazione del pozzetto devono essere:
- calcestruzzo Rbk non inferiore a 300 kg/cm²;
- ferro d'armatura tipo FeB44K (UNI 6407-69, UNI EN 60).

3.4.4 Chiusini in Ghisa a 2 semicoperchi

Chiusino realizzato in ghisa sferoidale GJS500 (EN1563 o ISO1083), conforme alla normativa europea EN124:1994 appartenente alla classe D400, da installarsi su un manufatto in cemento in gruppo 4 (secondo EN124), ovvero su carreggiate di strade, banchine transitabili e aree di sosta per tutti i veicoli stradali; progettato e realizzato da azienda con certificazione ISO9001:2000.

Costituito da:

- Telaio con ingombro 925x850 mm e altezza minima 100 mm, superficie libera per accesso a cameretta minima 700x800, dotato di appositi fori idonei al montaggio di anello in neoprene tra il telaio stesso e la cameretta e due occhielli per il sollevamento.
- Due semicoperchi triangolari contrapposti con tre punti d'appoggio e incernierati al telaio, in modo da garantire la perfetta complanarità e contatto delle superfici.
- Uno dei coperchi è dotato di serratura in acciaio inox e tappo in plastica e il secondo è vincolato al primo tramite accavallamento, con apertura superiore a 105° e autobloccaggio a 90° in fase di

chiusura.

- I semicoperchi risultano manovrabili con uno sforzo inferiore a 30 kg e completamente sfilabili dal telaio in posizione di completa apertura.
- La serratura del chiusino risulta utilizzabile solo con apposita chiave codificata.

Non sono consentite saldature e il chiusino deve essere privo di difetti che ne possano pregiudicare l'idoneità all'uso.

La superficie del coperchio deve presentare un motivo a rombi a rilievo.

Il rivestimento protettivo deve essere realizzato con vernice atossica e non inquinante.

Marchature:

Su tutti gli elementi costituenti il chiusino devono essere presenti le seguenti marchature:

- EN124 D400
- Nome del fabbricante
- Marchio di un ente di certificazione di prodotto accreditato
- Identificazione del lotto di produzione

Peso: circa 125 kg

4 CARATTERISTICHE TECNICHE DEI MATERIALI PER LA REALIZZAZIONE DELLE OPERE ELETTRICHE

4.1 COSTITUZIONE DEL CAVO

4.1.1 Conduttore

Ciascun conduttore deve essere costituito da un filo cilindrico di rame elettrolitico ricotto, avente aspetto omogeneo e superficie liscia, regolare, esente da rigature, paglie, screpolature, sbavature; ammanchi di materia, inclusioni od altri difetti.

Il diametro del conduttore deve essere scelto tra i seguenti:

0,7 mm	0,9 mm	1,3 mm
--------	--------	--------

In ogni pezzatura non devono esserci, di norma, giunti di fabbrica nei conduttori. Qualora alcuni giunti risultino necessari, essi devono essere fatti mediante saldatura testa a testa, eseguita o elettricamente senza apporto di metalli o con lega d'argento senza impiego di acidi.

La resistenza elettrica e quella alla trazione di un pezzatura di filo lungo 1 metro e contenente un giunto debbono essere comprese negli stessi limiti di un uguale pezzo di filo senza giunto. Nel punto di giunzione non debbono esservi asperità tali da poter danneggiare il rivestimento.

4.1.2 Isolamento del conduttore

Per l'isolamento dei conduttori deve essere utilizzato il Polietilene (PE) espanso Foam Skin. Il materiale utilizzato per l'isolamento dei conduttori (PE Foam Skin) deve essere conforme a quanto riportato nei seguenti paragrafi.

Lo spessore dell'isolante dei conduttori è determinato dal costruttore del cavo in modo tale da soddisfare tutte le prescrizioni previste dalla presente specifica tecnica, fermo restando che lo spessore medio minimo di detto isolante deve essere comunque non inferiore a 0,35 mm.

4.1.3 Formazione delle bicoppie

Due conduttori, isolati come indicato nell'articolo precedente, devono essere avvolti ad elica per formare una coppia. Due coppie, aventi diverso passo di binatura, devono essere avvolte ad elica per formare una bicoppia.

4.1.4 Segni di distinzione dei conduttori e delle bicoppie

Le coppie devono essere individuabili attraverso la colorazione dell'isolante dei conduttori secondo la codifica di seguito riportata.

- Coppia n.1: Bianco-Rosso
- Coppia n.2: Verde-Blu

Le bicoppie a loro volta devono essere individuabili attraverso nastrino numerato.

4.1.5 Cordatura delle bicoppie

Le bicoppie, formate come detto negli articoli precedenti, devono essere regolarmente cordate in strati cilindrici, alternativamente in senso destro e sinistro, in modo da costituire un insieme simmetrico e compatto. A tal fine, se necessario, le bicoppie del centro possono essere cordate con riempitivi e l'insieme può essere avvolto con uno o più nastri in modo da portare il diametro del centro al valore desiderato.

4.1.6 Formazioni

Le formazioni dei cavi devono essere quelle riportate di seguito:

Potenzialità numero di bicoppie	Formazione numero di bicoppie	
	Centro	Primo strato
7	1	6
10	2	8

4.1.7 Fasciatura del nucleo

Prima della protezione con la guaina metallica, sarà applicata sul nucleo una fasciatura a strati dello spessore di almeno mm 0,2 realizzata con nastri sintetici a strati. Su detta fasciatura sarà applicata, qualora necessaria nel processo costruttivo del cavo, una barriera per la protezione termica.

Inoltre, un nastrino di materiale sintetico, da disporre all'interno del cavo durante la fasciatura con la nastratura del nucleo, deve riportare in modo indelebile:

- il nome del Fornitore;
- l'anno di fabbricazione.

4.1.8 Guaina metallica

Sull'anima del cavo viene realizzata una guaina di protezione meccanica in alluminio.

Il tubo di alluminio costituente la guaina del cavo dovrà essere di diametro e spessore uniforme per tutta la lunghezza, dovrà essere esente da discontinuità, da difetti superficiali e da giunti.

La guaina può essere applicata per estrusione o per saldatura longitudinale di un laminato di alluminio opportunamente sagomato.

Nel caso di guaina saldata longitudinalmente dovranno essere osservate le seguenti prescrizioni:

- la saldatura dovrà essere eseguita mediante impiego di elettrodi di idonea lega e in atmosfera inerte.
- durante tutta la fase di saldatura, per ogni pezzatura di cavo, dovrà essere garantita l'uniformità e la continuità della tensione di alimentazione dell'arco.
- qualora la saldatura dovesse risultare imperfetta o irregolare in qualche punto, si dovrà ripetere l'operazione sulla intera pezzatura utilizzando un nuovo laminato di alluminio.
- la guaina di alluminio saldato dovrà superare le prove riportate più avanti negli appositi paragrafi.

4.1.9 *Barriera anticorrosiva*

Sulla guaina in alluminio sarà applicata una barriera anticorrosiva.

Le miscele da usare per la spalmatura delle guaine metalliche devono essere dense, adesive e debbono costituire, per quanto possibile, una protezione contro fenomeni di corrosione elettrolitica ed azioni aggressive del terreno.

Le miscele potranno essere a base di miscela bituminosa, densa, adesiva ed applicata a caldo.

La miscela dovrà costituire una protezione anticorrosiva che non dovrà dare luogo ad azioni nocive nei confronti della guaina esterna e della guaina metallica sulla quale risulta applicata.

La barriera anticorrosiva da applicare sulla guaina di alluminio dovrà superare le prove riportate più avanti negli appositi paragrafi.

4.1.10 *Guaina esterna*

La protezione esterna alla guaina di alluminio deve essere realizzata in PE di colore nero.

Per ogni pezzatura verrà impressa sulla guaina più esterna, senza arrecare deformazioni apprezzabili, una marcatura ben visibile realizzata con tecnologia ink-jet con inchiostro reticolato UV o con tecnologia a nastro in contrasto di colore che riporti:

- il nome del Fornitore, la sigla “Autostrade per l’Italia” e l’anno di costruzione;
- sigla del cavo secondo quanto stabilito dalle norme CEI-UNEL 36011 “Cavi per sistemi di comunicazione. Sigle di designazione” ed. vigente.

Sulla guaina esterna dovrà inoltre essere realizzata anche una marcatura metrica progressiva. La sequenza dei valori riportati potrà iniziare da un valore diverso da zero. Nel caso dovessero verificarsi, durante il processo di lavorazione, inconvenienti tali da pregiudicare la funzionalità della marcatura il cavo potrà riportarne una seconda di colore diverso.

La misura riportata dalla marcatura metrica è da intendersi indicativa e non farà fede per la determinazione della misura della lunghezza delle pezzature.

4.2 MODALITA' DI FORNITURA DEL CAVO

4.2.1 *Lunghezza delle pezzature*

La lunghezza nominale delle pezzature deve essere di 500 m.

La lunghezza effettiva delle pezzature può differire da quella nominale al massimo del $\pm 1,2$ %.

La Committente potrà ordinare pezzature di lunghezza nominale superiore, fermo restando il limite di tolleranza delle lunghezze effettive fissato all' 1,2 %.

4.2.2 Lunghezza totale della fornitura

Per ciascun tipo di cavo, la lunghezza totale non deve essere minore di quella richiesta; è invece accettata una eccedenza non superiore dell' 1 %.

La distinzione dei cavi per tipo si intende relativa al numero di bicipie, al diametro dei conduttori e al rivestimento protettivo sul tubo di protezione metallica.

4.2.3 Bobine e targatura

Il cavo deve essere avvolto su bobine, robuste e costruite a regola d'arte in relazione al peso da portare. Il diametro del tamburo della bobina deve essere almeno 25 volte il diametro esterno del tubo di protezione metallica del cavo su di essa avvolto.

Le due teste della pezzatura devono essere accuratamente chiuse e saldate con cappuccio. Esse devono essere facilmente accessibili per le verifiche, senza bisogno di svolgere il cavo.

La bobina deve contenere un numero di strati di cavo tale che tra lo strato esterno ed il bordo della flangia esista un margine non inferiore a 6 cm.

Sulla bobina devono esservi:

- una targa stampata dalla quale risultino i seguenti dati: nome del fabbricante, numero, delle bicipie, diametro dei conduttori, capacità mutua media, tipo di rivestimento protettivo, lunghezza della pezzatura, tara della bobina;
- un numero di matricola.

4.3 CONTROLLI E ACCETTAZIONE DEL CAVO

4.3.1 Controlli durante la fabbricazione

Il Committente si riserva il diritto di far sorvegliare la fabbricazione del cavo e di effettuare le prove che ritiene opportuno. Pertanto il Fabbricante deve avvertire in tempo utile il Committente dell'inizio di fabbricazione del cavo e mettere a disposizione dei funzionari delegati per le prove il personale e i mezzi occorrenti.

4.3.2 Condizioni di collaudo e accettazione

Il Fabbricante deve consegnare al collaudatore uno schema della sezione trasversale del cavo con l'indicazione della numerazione (identificazione) delle bicipie e i bollettini contenenti i risultati delle prove effettuate sulle singole pezzature. Inoltre deve fornire, l'assistenza tecnica ed i mezzi occorrenti per l'esecuzione del collaudo.

Tutte le pezzature della stessa potenzialità e diametro del conduttore, presentate al collaudo, costituiscono un lotto, purché il loro numero non superi 50. Altrimenti, le pezzature vengono suddivise a caso dal collaudatore in lotti di 50 ciascuno, con l'avvertenza che l'eventuale lotto residuo, se costituito da meno di 10 pezzature, va incorporato in uno degli altri lotti.

Il collaudatore deve scegliere, a suo giudizio, da ciascun lotto: il 10% delle pezzature, arrotondato all'intero superiore, per prove elettriche su intere pezzature e per prove su materiali e controlli vari.

Se tutte le pezzature scelte risultano rispondenti al Capitolato, il lotto è accettato.

Se una o più pezzature risultano non rispondenti, anche in una sola prova, l'intero lotto è rifiutato.

Per le prove elettriche su intere pezzature, il collaudatore esegue normalmente su ogni pezzatura il 10% delle misure eseguite dal Fabbrikante; tale percentuale può tuttavia essere estesa, a suo giudizio.

4.4 CARATTERISTICHE DI TEMPERATURA DEI CAVI

I cavi devono soddisfare i seguenti requisiti:

- temperature di esercizio: -25 °C ÷ 65 °C
- temperature di posa: -10 °C ÷ 50 °C
- temperature di esercizio: -40 °C ÷ 70 °C

4.5 PROVE SUI CAVI

4.5.1 Prove su intere pezzature

4.5.1.1 Resistenza

La resistenza di ciascun conduttore, misurata in corrente continua e riferita a 20°C, non deve superare i valori seguenti:

diametro	mm	0,7	0,9	1,3
resistenza massima	ohm/km di cavo	47,0	28,4	13,6

Per il 10% dei conduttori della pezzatura, si ammette una tolleranza del 2% sui valori indicati.

Per riportare a 20 °C la resistenza R_t misurata a t gradi centigradi, si applica la formula:

$$R_{20} = R_t \cdot 254,5 / (234,5 + t)$$

In caso di controversia, la misura deve essere eseguita con la bobina posta in acqua, dopo 24 ore di immersione. La temperatura dell'acqua serve di base per la determinazione della resistenza a 20 °C.

Per tutte le pezzature, il Fabbrikante deve eseguire la misura su almeno un conduttore di ogni bicipia.

4.5.1.2 Squilibri di resistenza

Per ciascuna coppia, la differenza tra le resistenze dei due conduttori, non deve essere maggiore dell'1% della resistenza dei conduttori stessi connessi in serie.

Per ciascuna bicipia, la differenza fra le resistenze dei lati del doppino, ogni lato essendo costituito dai due conduttori di una stessa coppia connessi in parallelo, non deve essere maggiore del 2% della resistenza del doppino stesso.

Il Fabbrikante deve eseguire la misura su tutte le coppie. e bicoppie di tutte le pezzature.

4.5.1.3 Prove di tensione

Tra il fascio di conduttori riuniti in parallelo e il tubo di protezione metallica messo a terra deve essere applicata, con salita rapida, una tensione alternata di 3.500 V efficaci e frequenza di 50 Hz, oppure una tensione continua di 5.000 V; detta tensione deve essere mantenuta per 1 minuto primo e non devono verificarsi perforazioni degli isolanti.

Tra l'insieme dei fili a e l'insieme dei fili b deve essere applicata, con salita rapida, una tensione alternata di 1.400 V efficaci e frequenza di 50 Hz, oppure una tensione continua di 2.000 V; detta tensione deve essere mantenuta per 1 minuto primo e non devono verificarsi perforazioni degli isolanti.

Il Fabbrikante deve eseguire le prove su tutte le pezzature.

4.5.1.4 Resistenza di isolamento

La resistenza di isolamento di ciascun conduttore rispetto a tutti gli altri collegati al tubo di protezione metallica messo a terra, misurata con una tensione continua di almeno 300 V, deve risultare non minore di 10.000 megaohm • km dopo un minuto primo di elettrizzazione; inoltre la media della resistenza di isolamento di tutti i conduttori della pezzatura non deve essere inferiore a 15.000 megaohm • km.

Detti limiti valgono per temperatura da 15 a 25 °C. Per temperature fuori dall'intervallo 15 – 25 °C il valore misurato della resistenza di isolamento va riportato a 20 °C mediante coefficienti correttivi ricavati sperimentalmente dal Fabbrikante. Il Collaudatore può a suo giudizio, controllare detti coefficienti.

In caso di controversia, la misura deve essere eseguita con la bobina posta in acqua, dopo 24 ore di immersione. La temperatura dell'acqua viene assunta come temperatura del cavo.

Il Fabbrikante deve eseguire la misura su tutti i conduttori di tutte le pezzature. Il collaudatore può, a suo giudizio, effettuare la prova su groppi di conduttori collegati in parallelo.

4.5.1.5 Capacità mutua o effettiva

Circuiti reali

La media della capacità mutua di tutte le coppie (circuiti reali di conduttori della pezzatura, misurata con corrente alternata di frequenza 800 – 1.000 Hz fra i due conduttori della coppia, mentre tutti gli altri conduttori del cavo sono collegati al tubo di protezione metallica messo a terra, deve esserci 38,5 nF/km con una tolleranza di + 5% (intervallo da 36,6 a 40,4 nF/km) per almeno il 90% delle pezzature, arrotondato all'intero superiore, e di + 8% (intervallo da 35,4 a 41,6 nF/km) per le rimanenti pezzature.

A richiesta del Committente, la capacità mutua media può essere 35 nF/km con una tolleranza di \pm 5% (intervallo da 33,2 a 36,7 nF/km) per almeno il 90% delle pezzature, arrotondato all'intero superiore, e di +8% (intervallo da 32,2 a 37,8 nF/km) per le rimanenti pezzature.

Circuiti virtuali

La media della capacità mutua de circuito virtuale di tutte le bicoppie della pezzatura, misurata con corrente alternata di frequenza 800 – 1.000 Hz tra i due conduttori in parallelo di una coppia e i due conduttori in parallelo dell'altra coppia, mentre tutti gli altri conduttori del cavo sono collegati al tubo di protezione metallica messo a terra, deve essere 1,57 volte la capacità mutua media riscontrata nella medesima pezzatura per i circuiti reali, con una tolleranza di + 5% (intervallo da 1,49 a 1,65).

Scarti di capacità

Gli scarti di capacità dei circuiti reali e virtuali della pezzatura non devono oltrepassare i seguenti valori:

- scarto medio 4% della capacità mutua media
- scarto massimo 100% della capacità mutua media

Per scarto di capacità si, intende il valore assoluto della differenza fra la capacità di un singolo circuito (reale o virtuale) e la capacità media di tutti i circuiti reali o virtuali della pezzatura. Lo scarto medio è quindi la media aritmetica degli scarti di capacità e lo scarto massimo è lo scarto avente il massimo valore.

Il Fabbrikante deve eseguire le misure e determinare gli scarti su tutte le pezzature.

4.5.1.6 Squilibri di capacità

Gli squilibri di capacità devono essere misurati con corrente alternata di frequenza 800 ÷ 1.000 Hz, e non devono superare i valori indicati nella tabella seguente: (pezzature di 500 m)

Squilibri di capacità	Medio pF	Massimo pF
a) in ciascuna bicoppia		
reale-reale	45	220
virtuale-reale	145	550
reale-esterno	-	770
virtuale-esterno	-	1.530
b) fra coppie del centro, fra bicoppie del centro e dello strato esterno, fra bicoppie adiacenti dello strato esterno		
virtuale-virtuale	-	220
virtuale -paio	-	175
paio- paio	-	135
c) fra bicoppie non adiacenti (con intervallo di una bicoppia) dello stesso		
virtuale-virtuale	-	55
virtuale -paio	-	55
paio- paio	-	55

Le misure di cui al punto a) devono essere eseguite dal Fabbrikante su tutte le bicoppie di tutte le pezzature; i risultati di dette misure devono essere indicati, nei bollettini forniti dal collaudatore, in valore e segno, per consentire di predisporre il piano di bilanciamento.

Le misure di cui al punto b) devono essere eseguite sul 10%, delle pezzature arrotondato all'intero superiore, e per tutte le combinazioni.

Le misure di cui al punto c) devono essere eseguite sul 3% delle pezzature, arrotondato all'intero superiore, limitatamente al 5% delle combinazioni, arrotondato all'intero superiore, con un minimo di 2 combinazioni.

Per le pezzature di lunghezza diversa da quella indicate nella relativa tabella, gli squilibri di capacità non devono superare i valori che si ottengono applicando le seguenti regole:

per il valore medio reale - reale, moltiplicare i valori della tabella per la radice quadrata del rapporto tra la lunghezza in esame e quella indicata nella relativa tabella;

per il valore medio virtuale - reale e per tutti i valori massimi, moltiplicare i valori della tabella per il rapporto tra lunghezza in esame e quella indicata nella relativa tabella.

4.5.2 Prove sui materiali e controlli vari

4.5.2.1 Caratteristiche meccaniche dei fili di rame

La verifica delle caratteristiche meccaniche dei fili di rame deve essere eseguita con i metodi descritti nelle Norme CEI 7-1.

Il carico di rottura a trazione deve essere compreso tra 22 e 32 kg/mm².

L'allungamento a rottura, su provini di 200 mm, deve risultare non inferiore al 20%, per i diametri di 0,7 mm e 0,9 mm, e non inferiore al 25% per il diametro di 1,3 mm.

Il numero di piegature, con raggio di curvatura di 5 mm, prima della rottura deve risultare non minore dei seguenti valori:

diametro in mm	0,7	0,9	1,3
numero di piegature	30	27	18

Le verifiche si eseguono su 5 provini.

4.5.2.2 Caratteristiche elettriche dai fili di rame

La resistività elettrica deve risultare non superiore a 17,241 ohm • mm² / km alla temperatura di 20 °C.

Il metodo di controllo e il riferimento dei risultati a 20°C devono essere conformi alle Norme CEI 7-1, adottando per il peso specifico del rame a 20 °C il valore di 8,89 kg/dm³.

4.5.2.3 Polietilene espanso

Caratteristiche dell'isolante prima e dopo l'invecchiamento

Dalla pezzatura in esame scartando la testa per almeno mezzo metro si preleverà un campione di isolante da provare di lunghezza sufficiente per preparare almeno 5 provini tubolari di lunghezza pari a circa 100 mm per la prova di trazione senza invecchiamento e altrettanti per la prova di trazione dopo invecchiamento.

L'invecchiamento sarà eseguito sui 5 provini secondo le modalità contenute nella Norma CEI 20-34/1-2 e sua variante par. 8.1.

Si determinerà poi la sezione trasversale del provino secondo le metodologie contenute nella Norma CEI 20-34/1-1 par. 9.1.4b).

I provini verranno sottoposti alle prove di trazione solo dopo essere stati mantenuti per almeno 3 ore alla temperatura di 23 ± 5 °C (sia quelli invecchiati che quelli non invecchiati).

La prova andrà eseguita secondo le metodologie contenute nella Norma CEI 20-34/1-1 par. 9.1 determinando il carico di rottura e l'allungamento a rottura percentuale su tutti e cinque i provini.

I valori da registrare quale risultato della prova saranno i valori mediani dei risultati ottenuti per ciascuna caratteristica.

I valori del carico di rottura e dell'allungamento percentuale a rottura prima e dopo l'invecchiamento, a 80 ± 2 °C per 7 giorni, dovranno essere i seguenti:

- senza invecchiamento
 - carico di rottura: ≥ 9 Mpa
 - allungamento a rottura: ≥ 400 %
- dopo invecchiamento
 - allungamento a rottura: ≥ 250 %

Massa volumica (densità)

Dalla pezzatura in esame scartando la testa per almeno mezzo metro si preleverà, perpendicolarmente all'asse del conduttore, un campione di isolante da provare.

Su tale campione sarà determinata la massa volumica con il metodo indicato nella Norma CEI 20-34/1-3 par. 8 o con altro metodo equivalente tra quelli previsti nelle norme di riferimento ISO, IEC, e/o ASTM.

Il valore della massa volumica Mv a 23°C dovrà essere pari a:

per PE media densità $0,925 \text{ g/cm}^3 \leq Mv \leq 0,940 \text{ g/cm}^3$

per PE alta densità $Mv > 0,940 \text{ g/cm}^3$

Indice di fluidità a caldo

La prova sarà eseguita sul materiale originario impiegato per l'isolamento dei conduttori secondo la Norma CEI 20-34/4-1 par. 10. La temperatura di prova sarà di $190 \pm 0,5$ °C ed il valore non dovrà essere superiore a 1 g /10'.

Ritiro a caldo

Dalla pezzatura in esame scartando la testa per almeno mezzo metro si preleveranno campioni di conduttore isolato sui quali si effettuerà la prova.

La prova sarà eseguita secondo la metodologia contenuta nella Norma CEI 20-34/1-3 par. 10, su una lunghezza $L = 200 \pm 5$ mm e per un tempo pari a circa 1 ora.

La prova sarà effettuata ad una temperatura di 100 ± 2 °C.

Al termine della prova il provino non dovrà aver subito un ritiro percentuale superiore al 5 %.

Avvolgimento dopo invecchiamento in stufa ad aria

Dalla pezzatura in esame si preleverà un campione di cavo della lunghezza di 2 m dal quale saranno ricavati 4 provini della stessa lunghezza. La prova dovrà essere eseguita secondo la metodologia contenuta nella Norma CEI 20-34/4-2 par. 10 alla temperatura di 100 ± 2 °C per 14 giorni.

Dopo raffreddamento a temperatura ambiente i provini, sottoposti ad un esame a vista senza ingrandimenti, non dovranno presentare screpolature.

Nel caso di risultato negativo di un provino la prova potrà essere ripetuta una sola volta. Se dopo la ripetizione della prova si dovesse ottenere un nuovo risultato negativo la pezzatura dovrà essere scartata.

Stabilità a lungo termine

Dalla pezzatura in esame saranno prelevati tre campioni d'anima aventi una lunghezza di 2 m.

La prova sarà eseguita secondo le metodologie contenute nella Norma CEI 20-34/4-2 appendice A alla temperatura di 100 ± 2 °C.

Al termine della prova i provini, sottoposti ad un esame a vista, non dovranno presentare screpolature o fessurazioni e l'aumento di massa non dovrà essere superiore a 1 mg.

Attività residua dell'antiossidante

La prova sarà eseguita secondo le metodologie contenute nella Norma CEI 20-34/4-2 appendice B su un appropriato numero di provini di lunghezza 4mm circa in modo da ottenere un peso di materiale isolante fra 3 e 5 mg.

Al termine della prova il tempo di induzione ossidativa (OIT) misurato dovrà essere superiore a 15 min.

4.5.2.4 Guaina metallica

Spessore

Lo spessore medio non potrà risultare inferiore a 1,20 mm. Lo spessore effettivo nei singoli punti non dovrà essere inferiore a: $(0,9 \cdot S) - 0,1$ mm. La verifica dello spessore medio può farsi direttamente in base al peso, ammettendo per l'alluminio un peso specifico di 2,7 Kg/dm³.

Prove di pressione

Allo scopo di controllare la ermeticità della guaina metallica, si introduce nel cavo dell'aria secca fino a raggiungere una pressione effettiva P (cioè al di sopra di quella atmosferica) data dalla formula:

$P = 40 \cdot S / D$ (Bar), con il limite massimo di 5 Bar

essendo D il diametro interno e S lo spessore del tubo di metallo espresso in mm.

Detta pressione deve essere mantenuta almeno per 3 ore e per non più di 4 ore, e non devono manifestarsi perdite.

Il fabbricante deve eseguire le prove su tutte le pezzature costituenti la fornitura prima di applicare i rivestimenti sulla guaina metallica.

Il collaudatore normalmente eseguirà le prove sul cavo finito.

Prove di piegatura

Questa prova è destinata ad accertare che il cavo abbia proprietà meccaniche tali che, senza nuocere al metallo della guaina o ai conduttori, si possa avvolgere e successivamente svolgere 6 volte consecutive sul tamburo avente diametro uguale a 30 volte il diametro del cavo finito. La prova si esegue su spezzone di 3 metri, che viene piegato ad U una volta in un senso e la successiva in senso opposto.

Per verificare l'assenza di danneggiamenti dopo la piegatura, lo spezzone dovrà essere spogliato della guaina esterna fino a mettere a nudo la guaina metallica e quindi immerso nell'acqua per 2 ore (l'immersione dovrà essere effettuata avendo cura di sigillare ermeticamente le due estremità dello spezzone e verificando che le stesse, durante l'immersione, non risultino in alcun modo a contatto con l'acqua).

Al termine di tale periodo si dovrà misurare la resistenza di isolamento dei conduttori secondo quanto previsto al successivo par. 5.1.4 verificando il rispetto dei relativi valori dell'isolamento.

Prova di corrosione

Su di un campione di cavo a temperatura ambiente viene prima effettuata la seguente prova di piegatura: 3 cicli di avvolgimento e svolgimento su di un tamburo avente un diametro pari a 30 volte il diametro del cavo finito (cavo con guaina di alluminio liscia).

Al centro di detto spezzone si preleva poi un tratto di cavo, della lunghezza di 50 cm, sul quale si praticano, attraverso la guaina di materiale termoplastico e lo strato anticorrosivo, fino a mettere a nudo l'alluminio, quattro fori del diametro di 10 mm, distanti 10 cm l'uno dall'altro e dalle estremità del campione sfasati angularmente di 90°. Le pareti dei fori debbono essere perpendicolari alla superficie del campione e l'alluminio deve essere messo a nudo su tutto il fondo del foro senza far uso di solventi.

Si sigillano le due estremità del campione, dopo aver connesso elettricamente all'alluminio un filo conduttore isolato che deve fuoriuscire da una delle estremità sigillate. Si pone il campione orizzontalmente in un bagno costituito da una soluzione di solfato di sodio all' 1 % (10 g di Na₂SO₄ anidro per litro di acqua), in modo che le superfici poste a nudo si trovino 10 cm al di sotto della superficie della soluzione.

Si applica tra l'alluminio e la soluzione una tensione continua di 100 V, disponendo in serie una resistenza di protezione di 10 K Ω , in modo che il filo isolato sia connesso alla polarità negativa.

Si utilizza come anodo una lastra di acciaio, di nichel o di altro materiale, avente la superficie di almeno 500 cm², che si immerge nella soluzione ad una distanza non superiore a 10 cm dal campione di cavo.

Dopo 100 ore si toglie la guaina di materiale termoplastico e si libera internamente l'alluminio dalla miscela anticorrosiva.

In queste condizioni, con un esame a vista della guaina di alluminio, non si deve rilevare alcun segno di corrosione a più di 10 mm, in senso radiale, dalla periferia delle superfici inizialmente messe a nudo.

Semplici alterazioni di colore, in queste zone, non devono essere interpretate come effetto di corrosione.

La prova deve essere eseguita su 5 campioni.

4.5.2.5 Barriera anticorrosiva

Resistenza alla screpolatura

La miscela adoperata per la spalmatura delle guaine metalliche dovrà screpolarsi solo a temperatura minore di 5 °C.

Per provare la resistenza alla screpolatura si applicherà, mediante una spatola, uno strato di miscela dello spessore di circa 0,5 mm, sopra una striscia di metallo, della larghezza di circa 14 mm e dello spessore di circa 0,4 mm, accuratamente pulita e riscaldata con una fiamma a gas; la miscela superflua sarà tolta mediante una spatola riscaldata.

La striscia così preparata sarà tenuta per un'ora alla suddetta temperatura di 5°C.

La striscia sarà poi avvolta a spirale sopra un mandrino cilindrico del diametro di 15 mm fissato orizzontalmente; le spire saranno formate in modo adiacente una all'altra con una velocità di circa un giro ogni 2 secondi.

Dopo tale operazione lo strato di miscela non dovrà presentare screpolature né tendenza a staccarsi dalla striscia di acciaio. La prova dovrà essere effettuata su almeno tre campioni.

Punto di rammollimento

Il punto di rammollimento rilevato secondo le norme ASTM D.36 dovrà essere maggiore di 75 °C. La prova dovrà essere effettuata su almeno un campione.

Penetrazione

Il valore di penetrazione ricavato secondo le norme ASTM D.5 dovrà essere compreso tra 55 e 85 decimi di millimetro alla temperatura di 25 °C. La prova dovrà essere effettuata su almeno un campione.

4.5.2.6 Guaina esterna in PE

Lo spessore nominale S in mm della guaina esterna in PE verrà determinato con la formula:

$$S = 1,0 + 0,05 D$$

dove D è il diametro esterno della sottostante guaina di alluminio. I valori risultanti dalla formula saranno arrotondati di 0,1 in 0,1 mm, lo spessore nominale verrà assunto uguale a 1,5 mm qualora dalla formula risultasse un valore inferiore.

Lo spessore medio della guaina di materiale termoplastico non dovrà essere inferiore a quello nominale; lo spessore effettivo non dovrà risultare in nessun punto inferiore a quello nominale di oltre mm $0,1 + 0,15 S$ (minimo assoluto).

La misura degli spessori suddetti dovrà essere effettuata come segue: dalle due estremità della pezzatura in esame, scartando la testa per almeno mezzo metro, si dovranno prelevare due anelli di materiale termoplastico di altezza all'incirca uguale al diametro. Con un micrometro a frizione avente uno dei contatti a sfera si eseguono su ciascun anello 5 misure di spessore in punti regolarmente distribuiti. Il più piccolo dei 10 valori misurati non dovrà essere inferiore al minimo stabilito al punto precedente; la media aritmetica dei 10 valori non deve essere inferiore al valore medio effettivo pure stabilito al punto precedente.

Massa volumica

Da una estremità della pezzatura in esame scartando la testa per almeno mezzo metro si preleverà un campione sul quale sarà determinata la massa volumica con il metodo indicato nella Norma CEI 20-34/1-3 par. 8 o con altro metodo equivalente tra quelli previsti nelle norme di riferimento ISO, IEC, e/o ASTM.

Il valore della massa volumica M_v a 23°C dovrà rispettare il seguente limite:

$$M_v \leq 0,940 \text{ g/cm}^3$$

Indice di fluidità a caldo

Dalla pezzatura in esame scartando la testa per almeno mezzo metro si preleverà un campione sul quale sarà determinato l'indice di termofluidità con il metodo indicato nella Norma CEI 20-34/4-1 par. 10. La temperatura di prova sarà di $190 \pm 0,5$ °C ed il valore non dovrà essere superiore a 0,4 g /10'.

Percentuale di nerofumo

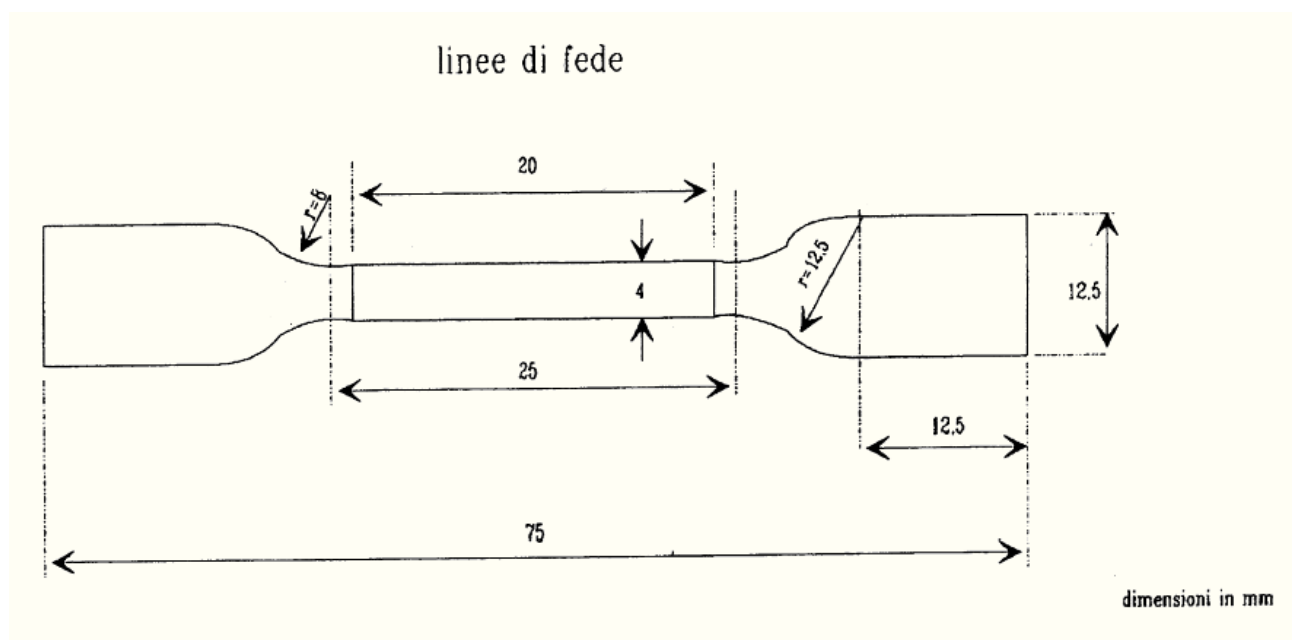
Dalla estremità della pezzatura in esame scartando la testa per almeno mezzo metro si preleverà un campione di polietilene per il quale sarà determinato il contenuto di nerofumo secondo la Norma CEI 20-34/4-1 par. 11 che dovrà essere non inferiore al 2%. La dispersione di nerofumo dovrà essere regolare e uniforme su tutta la guaina

Caratteristiche meccaniche della guaina prima e dopo l'invecchiamento

Da ciascuna pezzatura in esame scartando la testa per almeno mezzo metro si preleverà un campione di guaina di lunghezza sufficiente per preparare almeno 5 provini fustellati di lunghezza pari a circa 100 mm per la prova di trazione senza invecchiamento e altrettanti per la prova di trazione dopo invecchiamento.

L'invecchiamento sarà eseguito, in stufa ad aria, sui 5 provini secondo le modalità contenute nella Norma CEI 20-34/1-2 e sua variante par. 8.1.

Dai campioni vengono poi ritagliati, con adatta fustella, i provini di forma normale (vedi figura), prendendoli in direzione longitudinale secondo l'asse della guaina.



Su di essi si segnano due linee di fede a distanza di 20 mm una dall'altra. Si determinerà poi la sezione trasversale del provino secondo le metodologie contenute nella Norma CEI 20-34/1-1 par. 9.2.4.

I provini verranno sottoposti alle prove di trazione solo dopo essere stati mantenuti per almeno 3 ore alla temperatura di 23 ± 2 °C (sia quelli invecchiati che quelli non invecchiati).

La prova andrà eseguita secondo le metodologie contenute nella Norma CEI 20-34/1-1 par. 9.2 determinando il carico di rottura e l'allungamento a rottura percentuale su tutti e cinque i provini.

I valori da registrare quale risultato della prova saranno i valori mediani dei risultati ottenuti per ciascuna caratteristica.

I valori del carico di rottura e dell'allungamento percentuale a rottura prima e dopo l'invecchiamento, a 100 ± 2 °C per 10 giorni, dovranno essere i seguenti:

- senza invecchiamento
 - carico di rottura: ≥ 10 Mpa
 - allungamento a rottura: ≥ 300 %
- dopo invecchiamento
 - allungamento a rottura: ≥ 300 %

Pressione ad alta temperatura

Dalla pezzatura in esame, scartando la testa per almeno mezzo metro, saranno prelevati, da uno spezzone avente lunghezza compresa tra 250 e 500 mm, 3 campioni adiacenti di guaina. La lunghezza di ogni campione dovrà essere compresa tra 50 e 100 mm.

La prova dovrà essere eseguita secondo le metodologie contenute nella Norma CEI 20-34/3-1 par. 8.2 alla temperatura di 85 ± 3 °C per 24 ore.

La lama utilizzata per la prova dovrà esercitare sul provino una forza in Newton espressa dalla seguente relazione:

$$F = K \cdot \sqrt{(2D\delta - \delta^2)}$$

dove K assumerà il valore di:

- 0,6 per cavi con $D \leq 15$ mm
- 0,7 per cavi con $D > 15$ mm

D è il valore medio del diametro esterno del provino e δ è il valore medio dello spessore del provino di guaina.

Al termine della prova il valore mediano delle impronte misurate sui tre provini prelevati dalla guaina non dovrà essere superiore al 50 % del valore medio dello spessore del provino.

Allungamento a bassa temperatura

Dalla pezzatura in esame, scartando la testa per almeno mezzo metro, saranno prelevati 2 campioni di opportuna lunghezza. La prova dovrà essere eseguita secondo le metodologie contenute nella Norma CEI 20-34/1-4 par. 8.4 alla temperatura di -35 ± 3 °C .

Per calcolare l'allungamento saranno necessari almeno 3 valori validi, altrimenti la prova dovrà essere ripetuta.

L'allungamento minimo, senza rottura, in nessuno dei risultati validi dovrà essere inferiore al 20 %.

Resistenza alla degradazione ambientale

La prova sarà effettuata sul materiale originale impiegato per le guaine seguendo le metodologie contenute nelle Norme CEI 20-34/4-1 par. 8 (procedimento B).

Prova di corrosione

Questa prova deve essere eseguita su un pezzo di cavo lungo circa 2 metri, dal quale siano stati tolti i rivestimenti eventualmente esistenti sulla protezione esterna anticorrosiva.

Lo spezzone deve restare immerso (con le teste fuori) per 10 giorni nell'acqua contenuta in un recipiente metallico, mentre una tensione continua di 200 V (con il polo negativo collegato al tubo di protezione metallica di alluminio e quello positivo ad un elettrodo di rame immerso nell'acqua) deve essere senza interruzione applicata alla guaina. L'acqua deve contenere in soluzione 1 grammo di solfato di rame cristallizzato e 10 grammi di cloruro di sodio per ogni litro e deve essere mantenuta a 20 ± 5 °C. Alla fine della prova lo spezzone deve sopportare la tensione alternata del valore efficace di 1.500 V applicata tra alluminio e acqua.

4.6 GUAINA TERMORESTRINGENTI PER CHIUSURA GIUNTI.

Il kit di chiusura dei giunti deve essere composto da:

- Guaina termorestringente
- Supporto materiale multistrato
- Cerniere
- Clip di tenuta
- Nastro di alluminio nastro adesivo in PVC tela abrasiva
- Corda equipotenziale
- Fazzoletto detergente
- Istruzioni d'installazione.

4.7 CASSETTA STAGNA DI SEZIONAMENTO E TERMINAZIONE

La Cassetta stagna di sezionamento e terminazione ha la possibilità di sezionare mediante i ponticelli mobili i cavi entranti ed uscenti e di isolare i cavi stessi dagli equipaggiamenti per prove ed altre necessità. L'installazione può essere eseguita su apposita piantana, a parete o a palo. La cassetta stagna deve rispondere ai Capitolati dell'Istituto Superiore P.T., deve avere le morsettiere in materiale sintetico anigroscopico adatto per alte frequenze.

La terminazione dei cavi deve essere eseguita in camera chiusa riempibile con miscela e collegamento dei conduttori a saldatura. Collegamento dei conduttori di derivazione e di permutazione a saldatura e serratili in

camera anteriore stagna con coperchio a cerniera su guarnizioni. Sezionamento con ponticelli a molle multiple. Possibilità di attestare due cavi in entrata e due cavi in uscita, con dispositivi a pressacavo o eventualmente a saldatura.

La cassetta Stagna deve essere in ghisa lavorata e verniciata, la viteria e i morsetti devono essere in ottone nichelato e i ponticelli con molle stampate, ribadite e saldate. Tutte le guarnizioni devono essere in neoprene.

Si possono terminare all'interno della cassetta stagna cavi con conduttori fino a 1.5 mm di diametro.

4.7.1 Caratteristiche costruttive

La Cassetta Stagna deve essere in ghisa lavorata e verniciata, la viteria e morsetti in ottone nichelato.

Parti saldabili stagnate, e guarnizioni in neoprene.

4.8 CASSETTA DI TERMINAZIONE

Le terminazioni all'interno delle cassette FS 3/10N, il cavo a bicipie sarà terminato su una testina di terminazione tipo TA 10D con imbocco a pressa cavo, completa di 40 ponticelli N13.

5 MODALITA' DI ESECUZIONE DEGLI SCAVI, DEI RIPRISTINI

5.1 SCAVI IN GENERE E MOVIMENTO DI MATERIE

Gli scavi in genere per qualsiasi lavoro, a mano, o con mezzi meccanici, dovranno essere eseguiti secondo le particolari prescrizioni che saranno impartite dall'Ente proprietario dell'autostrada.

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

L'Impresa dovrà, inoltre, provvedere a sue spese affinché le acque scorrenti alla superficie del terreno siano deviate in modo che non abbiano a riversarsi negli scavi.

Le materie provenienti dagli scavi, ove non siano utilizzabili, o non ritenute adatte (a giudizio insindacabile della Committente) ad altro impiego nei lavori, **dovranno essere portate fuori della sede del cantiere, alle pubbliche discariche, ovvero su aree che L'Impresa dovrà provvedere a rendere disponibili a sua cura e spese.**

Qualora le materie provenienti dagli scavi debbano essere successivamente utilizzate, esse dovranno essere depositate nell'ambito del cantiere, previo assenso della Direzione Lavori, per essere poi riprese a tempo opportuno. In ogni caso le materie depositate non dovranno essere di danno ai lavori, alle proprietà pubbliche, o private ed al libero deflusso delle acque scorrenti in superficie.

La Direzione Lavori potrà fare asportare, a spese dell'Impresa, le materie depositate in contravvenzione alle precedenti disposizioni.

Qualora i materiali siano ceduti all'Impresa, si applica il disposto del 3° comma dell'art. 40 del Capitolato Generale d'Appalto (D.P.R. 16 luglio 1962, n. 1063).

Gli scavi dovranno essere eseguiti a regola d'arte, provvedendosi da parte dell'Impresa a tutti quegli sbadacchiamenti e puntellature che risulteranno necessari onde impedire franamenti ed all'adozione di tutti quegli accorgimenti atti a facilitare lo smaltimento delle eventuali acque di infiltrazione e sorgive raccogliendole in appositi drenaggi, canalette, o tubi e guidandole al punto di scarico e di loro esaurimento.

L'obbligo delle puntellature si intende, se necessario, anche ad eventuali fabbricati.

Il fondo degli scavi non dovrà presentare infossature, o sporgenze, rispetto al piano delle livellette che sono indicate nel profilo longitudinale. Le sezioni normali dovranno essere conformi a quelle prescritte dalla Committente.

Gli scavi dovranno contornarsi di resistenti sbarre di difesa per la sicurezza dei pedoni e dei veicoli: le tavole di tali parapetti dovranno mantenersi imbiancate ed essere prive di chiodi sporgenti e scheggiature.

In corrispondenza ai punti di passaggio dei veicoli e dei pedoni, al disopra degli scavi, si costruiranno adeguati ponti provvisori in legno, muniti di opportuni parapetti.

I materiali provenienti dagli scavi, o della demolizione e che non dovranno essere riutilizzati per i rinterri e

per ulteriori lavori, saranno portati a rifiuto nelle località indicate dalla Committente.

Riguardo alla lunghezza delle tratte da scavare, l'Impresa dovrà uniformarsi alle prescrizioni della Committente senza che ciò possa costituire titolo a speciale compenso.

Lungo le strade pubbliche di ogni genere e categoria, sia durante l'esecuzione dei lavori per l'apertura degli scavi, sia per tutto il tempo in cui questi restano aperti, l'Impresa dovrà adottare tutte le disposizioni necessarie per garantire la libertà e la sicurezza del transito ai pedoni, agli animali e ai veicoli, a giudizio e dietro indicazioni della Committente.

5.1.1 Scavi a Sezione Ristretta

Per scavi a sezione ristretta in generale si intendono quelli incassati necessari per dar luogo alla realizzazione di canalizzazioni.

Qualunque sia la natura e la qualità del terreno, gli scavi per fondazione, dovranno essere spinti fino alla profondità che dalla Committente verrà ordinata all'atto della loro esecuzione.

In caso di attraversamento di altri sottoservizi, la tubazione dovrà essere protetta con idonea canaletta metallica e, al di sopra di essa, getto di cls dello spessore di almeno 10 cm.

Gli scavi dovranno, quando occorra, essere solidamente puntellati e sbadacchiati con robuste armature, in modo da proteggere contro ogni pericolo gli operai ed impedire ogni smottamento di materie durante l'esecuzione tanto degli scavi, che delle successive lavorazioni.

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

5.1.2 Rinterri

Per la formazione di qualunque opera di rinterro e fino alle quote prescritte dalla Direzione Lavori, si impiegheranno in generale e, salvo quanto segue, fino al loro totale esaurimento, i materiali prescritti ed accettati: gli stessi si preleveranno ovunque l'Impresa crederà di sua convenienza, purché riconosciuti idonei dalla Direzione Lavori.

Nella formazione dei suddetti rinterri e riempimenti dovrà essere usata ogni diligenza perché la loro esecuzione proceda per strati orizzontali di eguale altezza, per massimo 10 cm, battuti ed inaffiati, posando a circa 30 cm dal piano campagna il nastro segnalatore.

Le materie trasportate in rinterro con vagoni, automezzi, o carretti, non potranno essere scaricate

direttamente negli scavi, ma dovranno essere depositate in vicinanza dell'opera per essere riprese poi, al momento della formazione dei suddetti rinterri.

Per tali movimenti di materie dovrà sempre provvedersi ad una idonea dislocazione delle materie stesse, da farsi secondo le prescrizioni che verranno indicate dalla Direzione Lavori.

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

Non si procederà al rinterro di una canalizzazione senza preventivo assenso della Direzione Lavori.

6 MODALITA' DI REALIZZAZIONE DELLE INFRASTRUTTURE DI POSA DEI CAVI

Particolare cura deve essere posta nella realizzazione dell'infrastruttura di posa dei cavi, in quanto questa rappresenta un patrimonio che deve durare per molti anni e deve garantire quell'affidabilità che costituisce oggi requisito fondamentale di un qualunque sistema di telecomunicazioni.

Lungo il percorso autostradale, i cavi saranno alloggiati all'interno di tubi protettivi, da posare:

- interrati;
- entro canalette (in acciaio zincato; a vista, o parzialmente interrate);

Le canalizzazioni interrate saranno posate, sempre sul fondo di scavo da realizzare:

- in scarpata;
- sotto asfalto (piazzali di stazione o carreggiate);

Onde evitare eccessivi attriti nella fase di posa dei cavi, le canalizzazioni dovranno essere posate cercando di mantenere raggi di curvatura più ampi possibile; qualora, per vari motivi, sia necessario deviare rispetto all'asse predisposto, la deviazione dovrà essere impostata molto in anticipo, al fine di assicurare comunque una curvatura ampia.

Occorrerà acquisire, presso gli Enti proprietari ed i Gestori, informazioni e documenti sulla presenza di servizi nel tracciato previsto. Le canalette a vista saranno utilizzate in presenza di ponti, o tombini, o muri di contenimento del rilevato stradale e potranno essere in vetroresina, o in acciaio zincato.

6.1 POSA INTERRATA CON SCAVO IN TRINCEA SU TERRENO VEGETALE

Questa tipologia di posa sarà quella, ove possibile, prevalentemente attuata ed interesserà la scarpata a fianco della carreggiata autostradale, o il terreno non pavimentato che si incontra nelle uscite verso le centrali TLC, o gli shelter.

Nel caso di scavo in scarpata, questo può essere dei seguenti tipi.

6.1.1 *In Testa alla Scarpata*

Quando c'è spazio sufficiente tra il limite dell'asfalto e l'inizio del tratto inclinato della scarpata, ove non siano presenti altre strutture quali guard-rail, altre canalizzazioni, o plinti di pali, che interferiscono con lo scavo.

Questa è la soluzione da preferire, quando praticabile.

6.1.2 *A Metà Scarpata*

Quando il profilo della scarpata presenta una inclinazione, rispetto al piano orizzontale, non superiore a 30° e comunque tale da garantire una realizzazione della tubazione affidabile, tale da evitare successivi franamenti, o cedimenti, della medesima, da qualsiasi causa ambientale generati.

Nel caso di inclinazioni superiori sarà compito della Committente autorizzare, o meno, l'utilizzo di questa zona della scarpata, in funzione anche del suo stato.

6.1.3 *In Fondo alla Scarpata*

Quando c'è spazio sufficiente tra il limite di proprietà della Committente e la fine del tratto inclinato della scarpata, ove non siano presenti altre strutture quali altre canalizzazioni, o plinti di pali.

6.1.4 *Modalità di Esecuzione*

L'infrastruttura di posa sarà realizzata mediante scavo a sezione ristretta obbligata (scavo in trincea), eseguito in genere con mezzi meccanici adeguati (escavatori, pale meccaniche, ecc.), o a mano in situazioni particolari.

Particolare attenzione deve essere posta nel rispetto di opere ed impianti sotterranei preesistenti da mantenere, quali condutture, cavi elettrici, o telefonici, ecc., nonché opere d'arte di interesse archeologico.

Eliminazione dal fondo di pietre, o protuberanze in genere, comprese radici di piante, o altro; tiro in alto delle materie scavate, eventuali sbadacchiature e relativo recupero; eventuale allargamento della sezione di scavo onde permettere l'utilizzazione e la manovra dei mezzi meccanici e degli attrezzi d'opera; carico, trasporto e scarico a rifiuto, fino a qualsiasi distanza, del materiale di risulta.

Le profondità di scavo dovrà essere **80 cm**, eventuali variazioni di profondità saranno concordate con la Direzione dei Lavori che si riserverà piena facoltà di chiedere la misura che reputerà più conveniente, senza che ciò possa dare all'Impresa motivo alcuno di fare eccezioni, o domande di speciali compensi.

Sul fondo dello scavo, deposito di strato di almeno 5cm di spessore di sabbia pozzolanica o tufacea o di altra provenienza a granulometria molto fine; fornitura ed allettamento dei tubi corrugati doppia parete in PEHD d=125mm, in posizione orizzontale. Ricoprimento per uno spessore di 15cm ed a lato della polifora del tubo con sabbia pozzolanica.

Qualora, per la presenza di terreno roccioso, od altro, non sia possibile raggiungere la profondità di posa prescritta, oppure lo scavo sia realizzato in prossimità di alberi le cui radici potrebbero provocare danneggiamenti, la polifora dovrà essere protetto da canaletta in acciaio zincato e quindi dalla mantellina in cls con $R_{ck} \geq 150 \text{ kg/cm}^2$, che garantisca uno spessore minimo di 10 cm rispetto al massimo ingombro verticale della polifora stessa.

Dove la distanza tra i pozzetti sia tale da richiedere la giunzione di due pezzature di tubo, questa dovrà essere realizzata in modo da evitare che acqua, o polvere, penetrino nei tubi ed inoltre, che le due estremità da giuntare siano disallineate. Il giunto dovrà garantire una buona resistenza meccanica e tenuta pneumatica.

6.2 POSA INTERRATA CON SCAVO IN TRINCEA SOTTO PAVIMENTAZIONE BITUMINOSA

Questa tipologia di posa sarà attuata nei tratti in cui le condizioni del terreno circostante il percorso autostradale non consentono la posa in scarpata, ed in generale nei luoghi in cui si ha la necessità di attraversare una pavimentazione in conglomerato bituminoso.

6.2.1 Modalità di Esecuzione

La canalizzazione sarà realizzata mediante demolizione del manto superficiale a strati di pavimentazione in conglomerato bituminoso di qualsiasi spessore per una larghezza di 2 m, eseguito con mezzo meccanico adeguato (fresatrice a freddo munita di autocaricante), proseguito poi, a partire dallo strato di base, con taglio netto della larghezza di 50 cm e secondo le specifiche del presente Disciplinare.

Lo scavo a sezione ristretta obbligata (scavo in trincea), eseguito con mezzi meccanici adeguati, o a mano in situazioni particolari e per brevissimi tratti, avrà profondità media di 100 cm, su terreno di qualsiasi natura e consistenza, asciutto, bagnato, o melmoso, eseguito anche in presenza di acqua con battente massimo di 20 cm. Particolare attenzione deve essere posta nel rispetto di opere ed impianti sotterranei preesistenti da mantenere, quali condutture, cavi elettrici, o telefonici, ecc., nonché opere d'arte di interesse archeologico.

Eliminazione dal fondo di pietre, o protuberanze in genere; tiro in alto delle materie scavate, eventuali sbadacchiature e relativo recupero; eventuale allargamento della sezione di scavo onde permettere l'utilizzazione e la manovra dei mezzi meccanici e degli attrezzi d'opera; carico, trasporto e scarico a rifiuto, fino a qualsiasi distanza, del materiale di risulta.

Sul fondo dello scavo, deposito di strato di almeno **5cm** di spessore di sabbia pozzolanica o tufacea o di altra provenienza a granulometria molto fine; fornitura ed allettamento dei tubi corrugati doppia parete in PEHD d=125mm, in posizione orizzontale. Ricoprimento per uno spessore di **15cm** ed a lato della polifora del tubo con sabbia pozzolanica.

Successivo riempimento con **65 cm** di misto cementato con posa del nastro di segnalazione.

Al di sopra di quest'ultimo sarà realizzato uno strato conglomerato bituminoso (binder), miscelato in centrale con l'impiego fino al 15% dell'intera miscela di materiali provenienti dalle scarifiche, confezionato secondo le prescrizioni delle N.T.A., compresi attivanti, rigeneranti-fluidificanti ed ogni altro onere, di spessore circa **15 cm** e comunque fino alla quota del piano di calpestio. Successivamente, si procederà alla scarificazione superficiale per una profondità di **5 cm** e per una larghezza pari a 2 metri, o in base alle indicazioni della D.L.; pulizia del cavo fresato effettuata con idonee attrezzature pulenti-aspiranti (motospazzatrice aspirante); realizzazione del nuovo strato di usura, previa fornitura e posa in opera di mano d'attacco (MAMT) per microtappeti, confezionata con bitumi modificati per la quantità di 0,600 kg per m², mediante fornitura e posa in opera di conglomerato bituminoso a caldo per microtappeto (MT) dello spessore di **5 cm**, confezionato con inerti basaltici, compresa la stesa, la compattazione, la fornitura di attivanti ed ogni altro onere. Ripristino della segnaletica superficiale, utilizzando materiali e con le modalità indicate nel presente Disciplinare.

Qualora, per la presenza di terreno roccioso od altro, non sia possibile raggiungere la profondità di posa prescritta, la polifora dovrà essere protetto da canaletta in acciaio zincato e quindi dalla mantellina in cls con

$R_{ck} \geq 150 \text{ kg/cm}^2$, che garantisca uno spessore minimo di 10 cm rispetto al massimo ingombro verticale della polifora stessa.

Dove la distanza tra i pozzetti sia tale da richiedere la giunzione delle due pezzature di ciascun tubo, questa dovrà essere realizzata in modo da evitare che acqua, o polvere, penetrino nei tubi ed inoltre, che le due estremità da giuntare siano disallineate. Il giunto dovrà garantire una buona resistenza meccanica e tenuta pneumatica.

In presenza di cavalcavia con fondazioni di dimensioni tali da interferire con il percorso delle canalizzazioni interrato, lo scavo sarà realizzato in prossimità della linea tratteggiata di demarcazione tra le corsie.

Qualora lo scavo interessasse due corsie per un certo tratto, la scarificazione e il successivo ripristino del manto d'usura e della segnaletica stradale dovranno essere realizzate per entrambe le corsie.

6.3 POSA ENTRO CANALETTA IN ACCIAIO ZINCATO

Questa tipologia di posa sarà utilizzata in presenza di viadotti, ponti, o tombini, o muri di contenimento della scarpata.

6.3.1 Modalità di Esecuzione

Nella posa aerea, le canalette, di dimensioni 80x80 in acciaio zincato, devono essere ancorate al manufatto mediante staffe in acciaio zincato munite di tasselli ad espansione (qualora ciò non sia possibile, si possono usare mensole opportunamente staffate); l'interasse di fissaggio deve essere di circa 1 m, e comunque tale da garantire la massima stabilità dell'infrastruttura con il massimo equipaggiamento possibile. L'opera finita non dovrà presentare aperture.

In corrispondenza dei giunti di dilatazione dei viadotti devono essere predisposti dei dispositivi a cannocchiale che prevedono l'interruzione della canaletta di protezione del cavo e la sovrapposizione di una canaletta maggiorata (lunghezza circa 1 metro) fissata con mensole e staffe su di un solo lato del viadotto.

La canaletta deve essere prolungata alle estremità fino ad arrivare alla normale profondità di posa del tubo in trincea.

6.4 POSA DEI POZZETTI DI DIMENSIONI INTERNE 125X80 CM E 90X70 CM

Il pozzetto in cls armato è costituito dall'elemento di base, con altezza globale, l'anello di sopralzo, la soletta portachiusino ed il chiusino, tale da risultare affiorante.

Per la loro messa in opera si procederà preliminarmente allo scavo a sezione ristretta obbligata di dimensioni e profondità adeguate, comunque tali che, una volta posato il pozzetto, le asole di ingresso risultino perfettamente allineate con la polifora.

Il pozzetto deve essere sempre posato sull'asse della canalizzazione.

La posa prevede il trasporto a rifiuto del materiale di risulta, il livellamento della base di scavo con eliminazione di asperità; la fornitura e posa di strato di ghiaio (granulometria intorno a 10 mm) dello

spessore adeguato a rendere il pozzetto affiorante, e comunque non inferiore a 5 cm; la posa del manufatto perfettamente in piano, mediante l'uso degli appositi inserti di aggancio. La polifora sarà posata all'interno del manufatto utilizzando esclusivamente le apposite asole predisposte, ad una distanza di circa 10 cm dalla base interna del pozzetto; sarà bloccata con malta cementizia sia nel lato interno, sia in quello esterno. I tubi dovranno sporgere di circa 10 cm all'interno del manufatto.

Il pozzetto dovrà essere affiorante; l'allineamento con il piano di calpestio sarà garantito eventualmente aggiungendo gli anelli di sopralzo, sigillati con malta cementizia. Le pareti saranno perfettamente stuccate e lisciate, sia in corrispondenza dell'ingresso dei tubi, sia tra gli elementi del pozzetto stesso. Le pareti laterali saranno rinfiacate esternamente con materiale di risulta, adeguatamente selezionato e compattato. Il foro di scolo alla base del pozzetto dovrà essere libero.

Il chiusino da fornire in opera deve rispondere alle indicazioni della Norma UNI EN 124, in particolare, sarà in ghisa sferoidale, di classe D 400 e carico di rottura pari a 400 kN.

Nel caso in cui il pozzetto debba essere inserito affiancato ad uno esistente e debba essere posto in collegamento con esso, occorre realizzare la foratura del pozzetto adiacente per il passaggio della condotta, con successiva stuccatura da eseguire a regola d'arte.

6.5 PRECOLLAUDO

Al termine dei lavori, prima di procedere al collaudo, l'Impresa appaltatrice dovrà effettuare il precollaudo di tutto dell'infrastruttura di posa.

Per ogni misura, verifica e controllo, saranno concordate con la Direzione Lavori le modalità di esecuzione, i criteri di valutazione ed i limiti di accettazione.

Copia della documentazione contenente tutte le misure di precollaudo effettuate dovrà essere consegnata alla Stazione appaltante.

6.6 COLLAUDO

Lo scopo del collaudo sarà quello di verificare, attraverso la definizione e l'esecuzione di misure e controlli la corretta installazione dell'infrastruttura di posa, nonché la sua rispondenza alle specifiche e agli standard nazionali.

7 MODALITA' DI REALIZZAZIONE DELLE OPERE OTTICHE ED ELETTRICHE

7.1 POSA DEI CAVI

I cavi sono forniti su bobine ed il carico e lo scarico dovranno avvenire con modalità e attrezzature idonee. Le operazioni di posa saranno condotte in modo da evitare al cavo brusche piegature, ammaccature, abrasioni, ecc.; dovranno essere rispettati tassativamente i raggi minimi di curvatura consentiti. La posa del cavo può essere realizzata sia a mano sia con mezzi meccanici (argani, ecc.) e **si avrà cura di non superare mai il massimo tiro in testa supportabile da quel tipo di cavo**. Nelle varie tratte, l'eventuale eccedenza di cavo rispetto alle pezzature previste, deve essere disperso nei pozzetti presenti, in base alle indicazioni della Committente.

7.1.1 Posa in Tubazioni (Tubi in PEHD)

All'interno di ciascun tubo deve essere posato un solo cavo. Nella posa tradizionale con argani, è necessario precedere il tiro del cavo con alcune operazioni preliminari: preparazione del tubo destinato alla posa del cavo, apertura di tutti i pozzetti interessati dalla posa, predisposizione della fune di tiro, posizionamento della bobina, predisposizione di eventuali dispositivi per consentire il tiro del cavo, ecc.

Il tubo destinato alla posa del cavo deve essere preventivamente accorciato fino alla misura di 10cm circa, all'interno dei pozzetti. La posa può essere eseguita con l'ausilio dell'argano a motore; in ogni caso il tiro applicato non deve mai superare i limiti ammessi dalle specifiche del costruttore del cavo. Il cavo dovrà essere tirato utilizzando una fune da applicare alla testa del cavo, tramite giunto antitorsione. A tale proposito, al giunto deve essere collegato il rivestimento in filati di vetro, che rappresenta appunto l'elemento di tiro, previa asportazione della guaina esterna. Le operazioni di posa possono essere condotte sia applicando argani intermedi, che opportunamente posizionati lungo il tracciato collaborano con l'argano principale nel tiro del cavo, sia posizionando la bobina al centro della tratta, effettuando il tiro in una direzione e completando poi l'operazione nell'altra direzione, dopo aver svolto la bobina nel caratteristico "otto".

Per facilitare lo scorrimento del cavo, devono essere usati idonei lubrificanti da applicare sia sulla superficie del cavo, sia all'interno del tubo utilizzato. Conclusa la posa del cavo, eliminato il giunto antitorsione, verificata la completa assenza di umidità all'interno del cavo, la testa deve essere richiusa con un cappellotto termorestringente, mentre il cavo stesso deve essere fissato all'estremità del tubo tramite un tappo spaccato.

7.1.2 Posa su Passerelle Metalliche nei Cunicoli Esistenti

Questa tipologia di posa sarà utilizzata nei cunicoli posti in prossimità delle stazioni e all'interno di shelter o centrali TLC. Nel caso sia già presente un supporto continuo, ad es. passerella metallica, il cavo può essere sistemato su tale supporto senza la necessità di installare la canaletta, ma comunque deve essere fissato

alla stessa con apposite fascette plastiche ad intervalli di circa 90 cm. Il cavo non deve presentare piegature. Nelle salite deve essere legato ai ferri delle passerelle ad intervalli di 50 cm sempre con apposite fascette plastiche. Terminata la posa del cavo questi dovrà essere protetto con tubo spaccato.

In tutto il percorso sopra il tubo spaccato devono essere applicate le targhette di identificazione ad intervalli di 50 cm.

7.1.3 Posa nei Pozzetti

Dopo le operazioni di tiro, il cavo deve essere bloccato all'interno del tubo nei pozzetti, utilizzando un tappo spaccato.

Se il pozzetto è passante, il cavo dovrà essere sistemato sul fondo del pozzetto verso la parete, avendo cura di rispettare le seguenti indicazioni:

- I raggi di curvatura dei cavi non devono essere mai inferiori ai limiti previsti dal costruttore.
- I cavi non devono essere protetti all'interno del pozzetto.
- Su ogni cavo dovrà essere inserita la targhetta di identificazione.

Nei pozzetti in prossimità degli shelter e/o all'ingresso delle centrali TLC, pur non essendo presente il giunto, sarà allocata una idonea scorta di cavo, per eventuali necessità realizzative.

7.1.4 Posa all'Interno degli shelter

All'interno dello shelter, il cavo dovrà essere posato a parete all'interno di canaletta in PVC autoestinguente da fornire in opera e sotto il pavimento protetto da guaina guidacavo in PVC autoestinguente.

In tutto il percorso dei cavi all'interno dello shelter devono essere applicate le targhette di identificazione.

7.2 TERMINAZIONE DEI CAVI IN RAME A COPPIE

Si realizza ogniqualevolta è necessario prevedere il collegamento futuro agli apparati o come sezionamento del cavo.

7.2.1 Terminazione su Testina TA

L'attestazione delle coppie dei cavi entranti sarà eseguita nella camera chiusa situata nel retro della testina i conduttori dovranno essere saldati e terminata l'attestazione di tutte le coppie, dovrà essere riempita con miscela.

All'interno dei locali di Autostrade la camera chiusa non deve essere riempita con la miscela.

L'attestazione delle coppie di eventuali **cavi di derivazione** sarà eseguita nella camera chiusa situata nel

davanti della testina, i conduttori dovranno essere saldati, completata l'attestazione, i collegamenti tra le coppie in entrata e le coppie di derivazione, saranno eseguiti con ponticelli a molle multiple.

7.3 GIUNZIONE DEI CAVI IN RAME A COPPIE

Il collegamento di una o più pezzature di cavo in rame è realizzato mediante la realizzazione di un giunto di linea.

La giunzione dei cavi in rame sarà effettuata mediante realizzazione di apposita muffola.

La giunzione viene eseguita connettendo le estremità dei cavi che convergono nel punto di giunzione, conduttore a conduttore, in una successione perfettamente ordinata; la distribuzione delle coppie all'interno dei cavi permette di far corrispondere ad ogni conduttore di un'estremità un conduttore dell'altra, o delle altre estremità, ben determinato in base anche alla distribuzione di coppie prevista.

All'interno di un giunto si trovano tanti punti di giunzione quanti sono i conduttori del cavo, che confluiscono ad uno dei suoi estremi, ad eccezione delle eventuali coppie di riserva o di quelle non utilizzate.

- In ciascun giunto viene assicurata:
- la continuità metallica, e quindi elettrica, di ogni conduttore;
- l'isolamento rispetto agli altri conduttori e la guaina oppure lo schermo.

Nella giunzione fra cavi omogenei, allo scopo di consentire successivi interventi, vengono ripristinati i contrassegni che permettono di individuare ciascun conduttore nell'ambito della coppia, e ciascuna coppia nell'ambito del settore o dello strato di cui fa parte.

Il complesso delle giunzioni viene infine fasciato e protetto con rivestimento protettivo esterno, che prolunga con continuità la guaina ed il rivestimento propri del cavo.

La giunzione viene predisposta durante le operazioni di posa delle pezzature di cavo, mediante sovrapposizione delle loro estremità di una quantità opportuna (1,5-2,5 m.).

Al momento della giunzione si provvederà ad asportare il rivestimento esterno della quantità necessaria a liberare il fascio dei conduttori per la lunghezza occorrente alla giunzione.

Il collegamento provvisorio fra le guaine e le armature dei cavi ha il compito di rendere equipotenziali le strutture metalliche, ad evitare i pericoli per l'operatore, che potrebbero derivare dalla insorgenza di sovratensioni.

La giunzione viene predisposta disponendo le coppie in ordinata successione detta “**pettine**”, che procede dalla 1° bicoppia a tutte le altre, procedendo nel senso rotatorio individuato.

L'operazione viene solitamente eseguita contemporaneamente su entrambe le estremità di una stessa pezzatura di cavo.

Affinché la giunzione possa essere eseguita correttamente, debbono convergere in essa estremità di cavi il cui senso di rotazione, la 1° bicoppia sia destro da un lato e sinistro dall'altro, diversamente la giunzione

avviene in modo intrecciato.

Il corretto orientamento dei cavi viene controllato durante la posa delle pezzature; è conveniente che si orienti sempre la testata destra di ogni pezzatura (contrassegnata dalla lettera D) riportata sulla guaina esterna rivolta verso la centrale.

La giunzione avviene mediante "spiralino" e successivamente lo stesso deve essere stagnato a caldo e protetto da tubetto termorestringente.

Effettuata la giunzione, le coppie vengono fasciate con nastro di politene e quindi si procede ad inserire le coppie all'interno di un supporto in materiale multistrato. Il canotto, con i bordi opportunamente tagliati longitudinalmente, affinché possa essere rastremato per adattarsi al diametro dei cavi, viene portato a ricoprire il giunto e quindi saldato alle guaine dei cavi, ben pulite e raspite in fase preparatoria, mediante nastro adesivo e mastice. Quest'ultimo è in grado di sciogliere superficialmente la guaina ed il manicotto, realizzando, con l'evaporazione del solvente, una perfetta saldatura.

La chiusura del giunto viene effettuata mediante guaina termorestringente di dimensione appropriata.

Qualora in una tratta di cavo, fosse necessario effettuare la pupinizzazione delle coppie, l'Impresa dovrà attenersi scrupolosamente alle indicazioni che saranno impartite dalla Committente, relativamente a:

- coppie da pupinizzare
- al passo di pupinizzazione da tenere
- ecc.

7.4 CHIUSURA DI GIUNTI RAME CON GUAINE TERMORESTRINGENTI

Terminata la giunzione delle coppie, la corda equipotenziale in dotazione nel kit, dovrà collegare le due estremità dei cavi, successivamente si dovrà avvolgere strettamente il supporto in multistrato di rinforzo al giunto e fissarlo con del nastro adesivo. Successivamente si dovrà chiudere le due estremità del supporto di rinforzo, sempre con il nastro adesivo iniziando dalla parte del supporto stesso con una sovrapposizione del nastro del 50%. Lato cavo il nastro adesivo dovrà aderire allo stesso per 0,5 cm. In seguito dopo aver pulito ed abraso il cavo con carta vetrata a grana fine, per proteggere dal calore la guaina, dovrà essere applicato al cavo il nastro di alluminio.

Dopo aver riscaldato l'area compresa tra la fine del supporto di rinforzo e il nastro di alluminio, si dovrà avvolgere attorno al supporto di rinforzo la guaina termorestringente chiudendola su se stessa e fermandola con la clip di tenuta, poi inserire sulle apposite guide le cerniere fino a che non si congiungano sopra la clip di tenuta.

Completare la lavorazione iniziando a riscaldare la guaina termorestringente dal centro nel senso della circonferenza, riscaldando uniformemente ambedue i lati fino ad arrivare alla cerniera. Il restringimento della

cerniera deve avvenire alla fine dell'installazione. Precedere al riscaldamento fino al variare della colorazione termosensibile da verde a nero. Eseguito il riscaldamento da entrambi i lati riscaldare la zona della cerniera, dove dovranno apparire due linee bianche per tutta la lunghezza, se la quantità di calore è stata sufficiente. Al termine bisognerà attendere un periodo di raffreddamento di circa 15 minuti prima di muovere il giunto.

Il kit di chiusura deve essere composto da:

- Guaina termorestringente
- Supporto materiale multistrato
- Cerniere
- Clip di tenuta
- Nastro di alluminio nastro adesivo in PVC tela abrasiva
- Corda equipotenziale
- Fazzoletto detergente
- Istruzioni d'installazione.

7.5 PRECOLLAUDO

Al termine dei lavori l'Impresa è tenuta ad effettuare il precollaudo dell'impianto.

Le misure di precollaudo devono essere eseguite secondo le modalità indicate nel presente Capitolato.

Tutte le verifiche e le misure devono essere eseguite dall'Impresa sul 100% degli elementi presenti nella sezione da collaudare.

7.5.1 Scopo

Lo scopo del precollaudo è quello di verificare la corretta installazione degli impianti, l'esercibilità degli stessi, il loro corretto inserimento nella rete preesistente, nonché la loro rispondenza agli standard nazionali e alle specifiche contenute nel presente Capitolato, attraverso la definizione e l'esecuzione di misure e controlli.

Per gli impianti già in esercizio da sottoporre a precollaudo, devono essere applicate le presenti disposizioni esclusivamente sulle parti non interessate dal servizio, salvo diversa indicazione della Committente.

7.5.2 Precollaudo per Cavi in rame a coppie

Le misure per la verifica dei parametri elettrici dell'impianto in cavo da eseguire in fase di precollaudo delle coppie terminate devono essere, in sequenza, le seguenti:

- continuità e numerazione;
- resistenza rame e sbilanciamento;

- isolamento dei conduttori (tra filo "a" e filo "b", e tra ognuno di questi e terra);
- paradiafonia;
- continuità della guaina del cavo.

Per le coppie di riserva, le misure si riducono a quelle dei punti 3) e 4).

Dovrà essere consegnata alla Committente copia della documentazione delle misure di precollaudo effettuate.

7.5.2.1 Prove di Continuità e Numerazione

Deve essere accertata la continuità elettrica dei conduttori delle coppie nominali dei cavi; dai terminali deve essere riscontrata la continuità e la numerazione delle coppie che deve corrispondere rigorosamente ai piani di giunzione.

Per ciò che concerne la predisposizione ai sistemi PCM, si deve controllare la regolarità su ogni singola tratta (tra contenitori e contenitore tratto centrale).

La misura deve essere eseguita con tensione continua non superiore a 5 volt.

7.5.2.2 Resistenze Rame e Sbilanciamento(Mod.3)

Deve essere misurata la resistenza (a+b) di ciascuna coppia in rame applicando una tensione continua non superiore a 5 volt.

Preso in considerazione il valore minimo di resistenza, devono essere individuate le coppie che presentano un valore rispetto ad esso superiore o uguale a 10 Ohm.

Per tali coppie, si deve misurare lo sbilancio resistivo che dovrà risultare inferiore a 5 Ohm.

Le coppie che presentano valori superiori sono da considerare non conformi.

La misura di sbilancio delle coppie in rame va eseguita secondo le modalità seguenti:

- Filo "a" = $((a+b) + (a+c) - (b+c))/2$ Ohm
- Filo "b" = $((a+b) + (a+c) - (a+c))/2$ Ohm

Dove "c" è un conduttore della coppia immediatamente successiva.

7.5.2.3 Prove di Isolamento dei Conduttori (Mod.4)

Deve essere verificato che il valore di resistenza d'isolamento di ogni conduttore con tutti gli altri conduttori in cortocircuito e collegati a terra, sia non inferiore a 1000 Mohm/Km per i cavi di nuova posa e 100 Mohm/Km per i cavi di vecchia posa.

La misura va eseguita almeno 60 secondi dopo aver applicata al conduttore una tensione continua pari a 250 V.

In alternativa, la misura può essere eseguita connettendo il generatore contemporaneamente a tutti i conduttori da misurare per un tempo non inferiore a 120 secondi; qualora non verranno rilevati valori di isolamento che evidenzino contatti verso terra, va eseguita la prova di cui al punto precedente, senza attendere i 60 secondi di elettrizzazione.

7.5.2.4 Paradiafonia (Mod.5)

Si devono eseguire le misure di paradiafonia fra due coppie della stessa quarta per cavi a quarte o bicoppie; il valore di attenuazione di paradiafonia tra le due coppie non deve essere inferiore a 60 dB alla frequenza di 800 Hz.

Per le misure su ciascuna sezione del collegamento PCM l'attenuazione di paradiafonia deve essere eseguita alla frequenza di 1,024 Mhz da ambo i lati di ciascuna sezione (valore minimo accettabile: 60dB).

Qualora si rilevano valori inferiori, occorre eliminare le cause che possono avere determinato l'irregolarità.

7.5.3 Distribuzione della Documentazione

La documentazione deve essere redatta in triplice copia e distribuita come di seguito specificato:

- n. 2 copie alla Committente;
- n. 1 copia all'Impresa

7.6 COLLAUDO

7.6.1 Modalità Operative

Prima dell'effettuazione del collaudo, l'Impresa appaltatrice dovrà fornire alla Committente la documentazione di seguito elencata:

- lo schema fisico degli impianti;
- lo schema logico degli impianti;
- lo schema dei cablaggi e l'elenco delle utenze;
- layout della sala TLC con indicazione degli apparati e degli accessori;
- la documentazione tecnica dei dispositivi, dei materiali e degli accessori forniti in opera;
- la dichiarazione di conformità degli impianti realizzati (L.46/90);
- la scheda attestante i risultati delle misure e delle ispezioni visive eseguite nel precollaudo di ogni sito;
- le misure di precollaudo.

I termini di esecuzione del collaudo saranno concordati fra il Collaudatore, all'uopo nominato dalla Committente e l'Impresa appaltatrice.

In caso di collaudo con esito non favorevole, l'eliminazione delle anomalie riscontrate dovrà essere effettuata entro i limiti stabiliti dal Collaudatore. Inoltre, a seguito di formale segnalazione da parte del Collaudatore medesimo, la Committente non darà luogo alla liquidazione dei lavori, fino al successivo invio dello stesso verbale di collaudo comprovante l'avvenuta rimozione delle irregolarità precedentemente riscontrate e quindi l'esito positivo.

7.6.2 Adempimenti dell'Impresa Appaltatrice

Per tutta la durata del collaudo, l'Impresa appaltatrice sarà tenuta a garantire la presenza di personale responsabile in grado di prendere provvedimenti a seguito di eventuali rilievi mossi dal Collaudatore; la mancanza di tale requisito precluderà l'avvio delle operazioni di collaudo.

L'Impresa appaltatrice sarà inoltre tenuta a fornire a sue spese: mezzi, personale, attrezzi e strumentazione necessari per tutto il tempo di esecuzione del collaudo.

Gli oneri relativi all'impiego, da parte della Committente, di personale e mezzi per l'esecuzione di un collaudo risultato negativo, saranno a carico dell'Impresa appaltatrice.

L'Impresa è responsabile degli eventuali inconvenienti che dovessero verificarsi sull'impianto prima del collaudo, e dovrà provvedere alla regolarizzazione degli impianti stessi a sua cura e spese entro i termini previsti per l'esecuzione del collaudo medesimo.

7.6.3 Determinazione del Campione da sottoporre a Collaudo

Il campione da sottoporre a collaudo dovrà essere inferiore al 20% del totale delle coppie in rame presenti nelle sezioni da collaudare.

7.6.4 Criteri di Accettazione e di Rifiuto del Collaudo

L'esito del collaudo si definirà positivo quando tutte le misure e le ispezioni visive eseguite risulteranno conformi al precollaudo e alle specifiche tecniche richieste.

La formalizzazione dell'esito positivo del collaudo avverrà mediante la firma e la consegna del verbale di collaudo(mod 6).

L'esito del collaudo si definirà negativo quando almeno una delle misure e/o delle ispezioni visive previste darà esito negativo.

Tale evenienza dovrà essere notificata per iscritto dal Collaudatore all'Impresa appaltatrice e, successivamente, dovranno essere concordati i termini per la regolarizzazione delle anomalie riscontrate e fissata la data del nuovo collaudo.

Il nuovo campione da sottoporre al collaudo dovrà essere quantitativamente equivalente a quello precedentemente scelto.

Infine, nel caso in cui i valori rilevati in sede di collaudo, pur rientrando nei limiti di accettazione, si

discostassero da quelli delle misure di precollaudo ben oltre la tolleranza strumentale dichiarata dalla casa costruttrice degli strumenti, determinando così una perdita di affidabilità delle misure di precollaudo stesse, l'Impresa appaltatrice sarà tenuta a rieseguire a sue spese le misure di precollaudo.

In tale caso il collaudo dovrà essere sospeso fino alla presentazione delle nuove misure di precollaudo.

7.6.5 Documentazione

7.6.5.1 Generalità

Tutti i modelli devono riportare, nella casella "foglio", sia il numero progressivo del foglio, sia il numero totale dei fogli costituenti la documentazione di precollaudo.

L'insieme così predisposto, corredato della copertina allegata (Mod. 2), costituisce la documentazione di collaudo che dovrà essere riprodotta in tre copie ed inviata a cura dell'Impresa alla Committente.

Per la registrazione dell'esito delle misure di precollaudo del cavo in rame, sono stati predisposti i seguenti modelli:

- Mod. 3: Misure di Resistenza e Sbilanciamento.
- Mod. 4: Misure di Isolamento.
- Mod. 5: Misure di Paradiafonia.
- Mod. 6: Verbale di collaudo

7.6.5.2 Prove di continuità e numerazione

Deve essere accertata la continuità elettrica dei conduttori delle coppie nominali dei cavi; dai terminali deve essere riscontrata la continuità e la numerazione delle coppie che deve corrispondere rigorosamente ai piani di giunzione.

7.6.5.3 Mod. 3: Misure di Resistenza e Sbilanciamento

La misura di sbilancio delle coppie in rame va eseguita secondo le modalità seguenti:

- Filo "a" = $((a+b) + (a+c) - (b+c))/2$ Ohm
- Filo "b" = $((a+b) + (a+c) - (a+c))/2$ Ohm

Dove "c" è un conduttore della coppia immediatamente successiva.

7.6.5.4 Mod. 4: Misure di Paradiafonia

Si devono eseguire le misure di paradiafonia fra due coppie dello stesso gruppo per cavi a gruppi o bicoppie; il valore di attenuazione di paradiafonia tra le due coppie non deve essere inferiore a 60 dB alla frequenza di 800 Hz. Per le misure su ciascuna sezione del collegamento PCM l'attenuazione di paradiafonia deve essere eseguita alla frequenza di 1,024 Mhz da ambo i lati di ciascuna sezione (valore minimo accettabile:

60dB).

7.6.5.5 Mod. 5: Misure di Isolamento

Il valore di resistenza d'isolamento di ogni conduttore con tutti gli altri conduttori in cortocircuito e collegati a terra, non deve essere inferiore a 1000 Mohm/Km per i cavi di nuova.

7.6.5.6 Mod. 6: Verbale di collaudo

In questo modello devono essere riportate le indicazioni relative all'esito del collaudo, specificando le eventuali irregolarità rilevate sui parametri descritti.

Esso, vistato dal Collaudatore, deve essere utilizzato per il benestare al pagamento dei lavori.

7.6.5.7 Distribuzione della Documentazione

La documentazione deve essere redatta in triplice copia e distribuita come di seguito specificato:


- n. 1copia alla Committente;
- n. 1copia al Collaudatore;
- n. 1 copia all'Impresa.

7.6.6 Modelli di Collaudo


Mod. 1

	RICHIESTA DI COLLAUDO ELETTRICO	
IMPIANTO _____ SEZIONE _____ IMPRESA _____		
DOCUMENTAZIONE ALLEGATA		
Schema di posa dell'impianto Schema dei collegamenti	Carte planimetriche Schema di allocazione dei pozzetti Tracciato di posa Misure di verifica elettrica Schema delle terminazioni	
NOTE		
	Data	Firma

Mod.2

		
<p>DOCUMENTAZIONE DI COLLAUDO ELETTRICO</p> <p>IMPIANTO _____</p> <p>SEZIONE _____</p> <p>IMPRESA _____</p> <p>DATA DI COLLAUDO ____ / ____ / ____</p>		

Mod.3

		MISURE DI RESISTENZA E SBILANCIAMENTO							
Da									
A									
Km									
		resistenza Ω	resistenza Ω	resistenza Ω	resistenza Ω	resistenza Ω	resistenza Ω	resistenza Ω	resistenza Ω
Cp 1 2	A+B								
	A+C								
	A+D								
	B+D								
	C+D								
	B+C								
Cp 3 4	A+B								
	A+C								
	A+D								
	B+D								
	C+D								
	B+C								
NOTE:									

Data: _____ Firma: _____

Data: _____ Firma: _____


Mod.4

		MISURE DI ISOLAMENTO							
Da									
A									
Km									
		Isolamento MΩ	Isolamento MΩ	Isolamento MΩ	Isolamento MΩ	Isolamento MΩ	Isolamento MΩ	Isolamento MΩ	Isolamento MΩ
Cp 1	A								
	B								
Cp 2	A								
	B								
Cp 3	A								
	B								
Cp 4	A								
	B								
NOTE:									

Data: _____ Firma: _____

Data: _____ Firma: _____


Mod.5

		MISURE DI PARADIAFONIA					
Da							
A							
Km							
	Frequenza dB	Paradiafonia dB	Paradiafonia dB	Paradiafonia dB	Paradiafonia dB	Paradiafonia dB	Paradiafonia dB
Tx Rx	800						
	1024						
	1600						
	2000						
	2400						
Tx Rx	800						
	1024						
	1600						
	2000						
	2400						
Tx Rx	800						
	1024						
	1600						
	2000						
	2400						

Data: _____ Firma: _____

Data: _____ Firma: _____

Mod.6

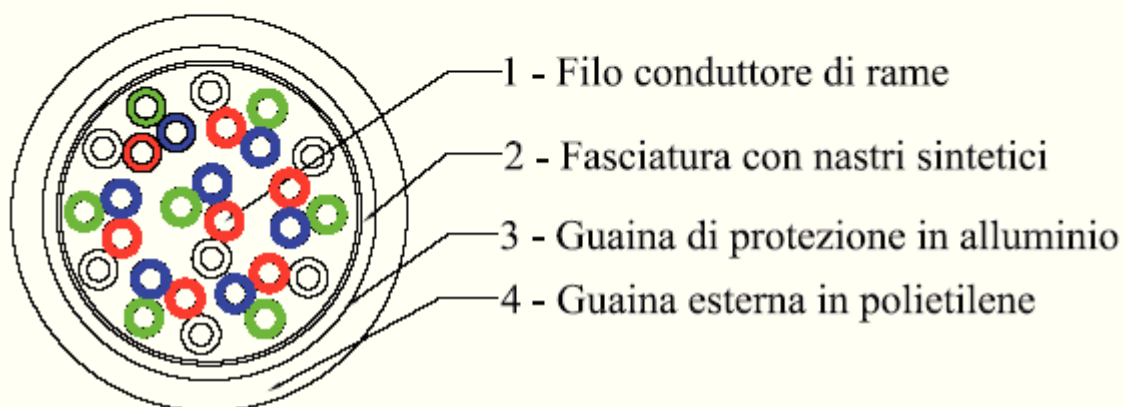
	COLLAUDO ELETTRICO	
IMPIANTO _____ IMPRESA _____ SEZIONE _____ TIPO CAVO _____ POTENZIALITA' _____		
VERBALE DI COLLAUDO		
ESITO NEGATIVO <input type="checkbox"/>		
Irregolarità rilevate: _____ _____ _____ _____ _____		
Firma del collaudatore Impresa _____ Data ____/____/____ Firma del collaudatore Autostrada _____ Visto _____		
ESITO POSITIVO <input type="checkbox"/>		
Firma del collaudatore Impresa _____ Data ____/____/____ Firma del collaudatore Autostrada _____ Visto _____		
NOTE _____ _____ _____		

8 GARANZIA

I cavi sono garantiti contro ogni difetto di fabbricazione per la durata di 10 anni, a partire dal giorno in cui vengono accettati al collaudo in fabbrica. Se entro tale termine viene constatato qualche difetto originario di fabbricazione, il Fabbrikante deve fornire gratuitamente il cavo necessario per rimettere l'impianto in condizioni normali.

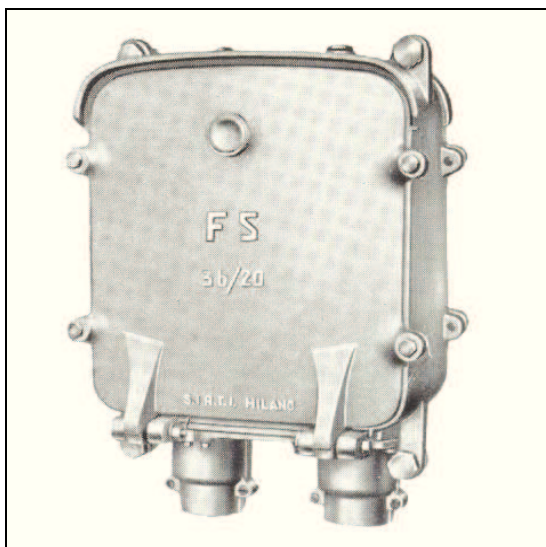
9 ALLEGATI – PARTICOLARI COSTRUTTIVI

9.1 CAVO TE 7X(2X2X0,9)H/A5E

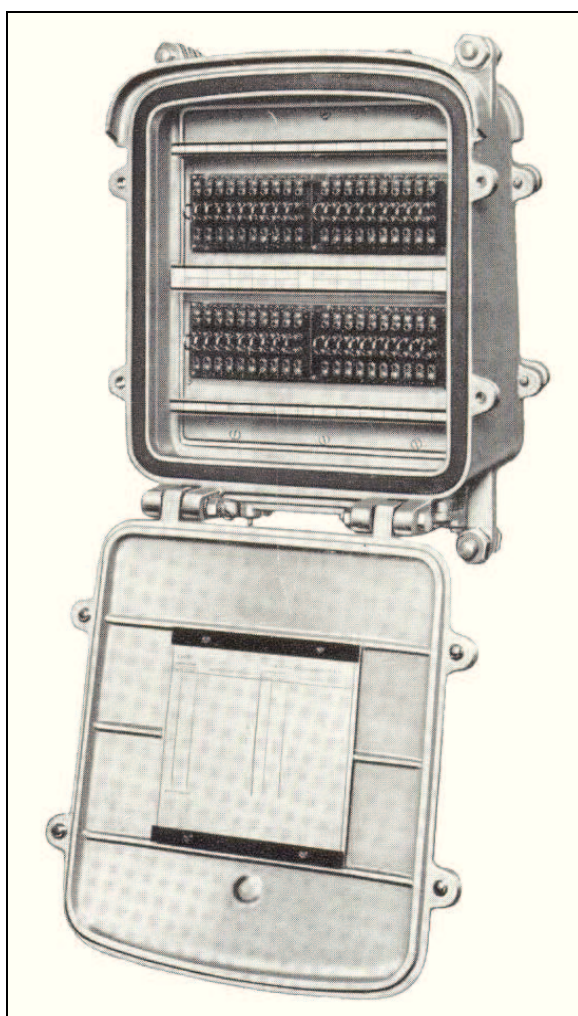


Le bicoppie si distinguono fra loro
mediante nastrino numerato

9.2 CASSETTA STAGNA E TESTINA DI TERMINAZIONE

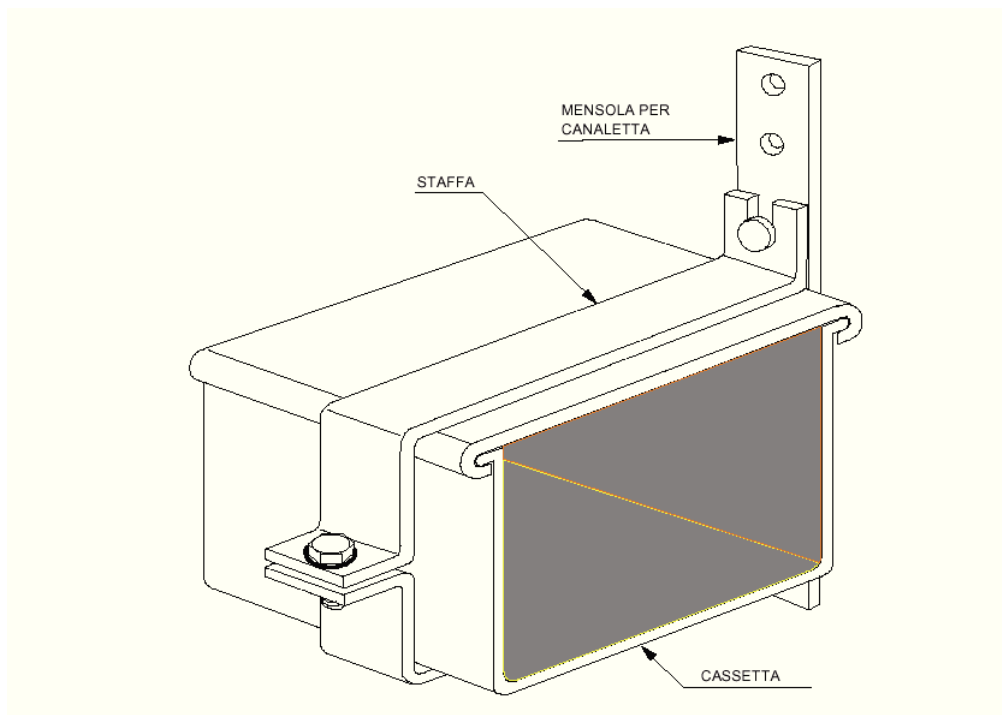


Cassetta Stagna FS 3

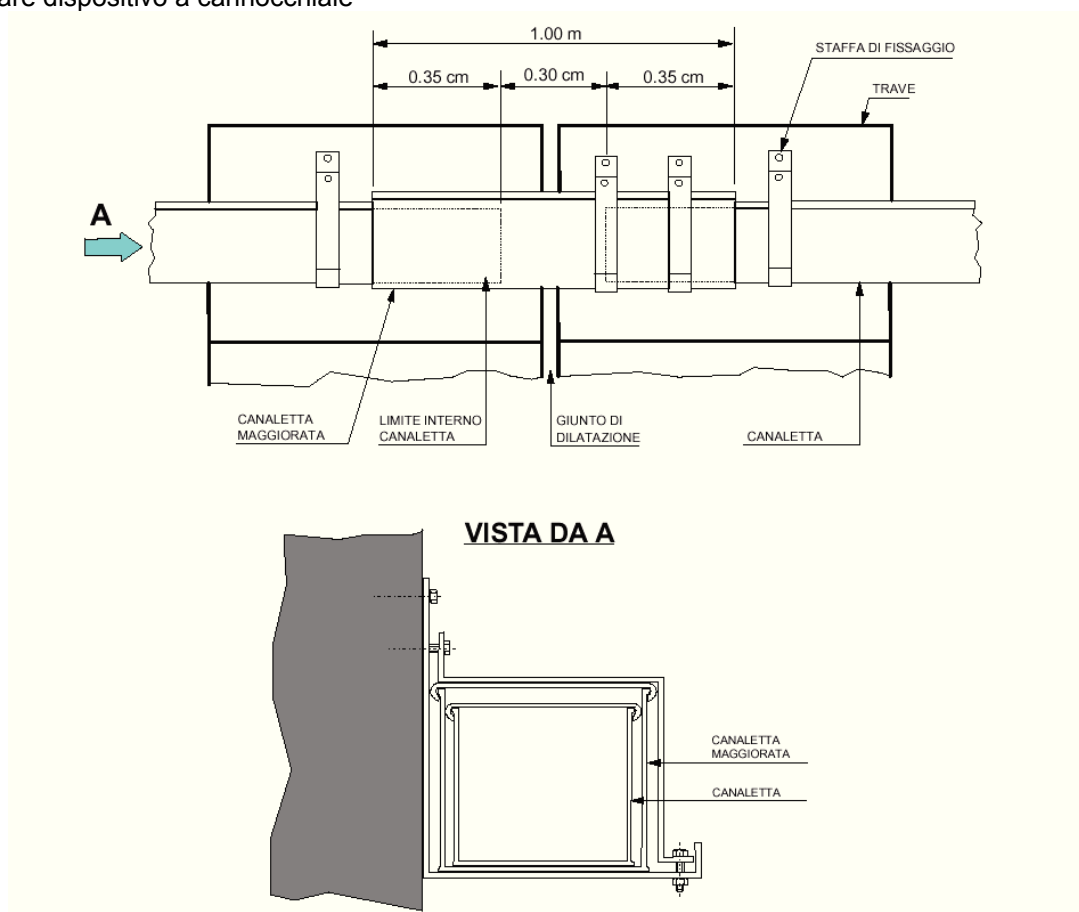


Testina Terminazione

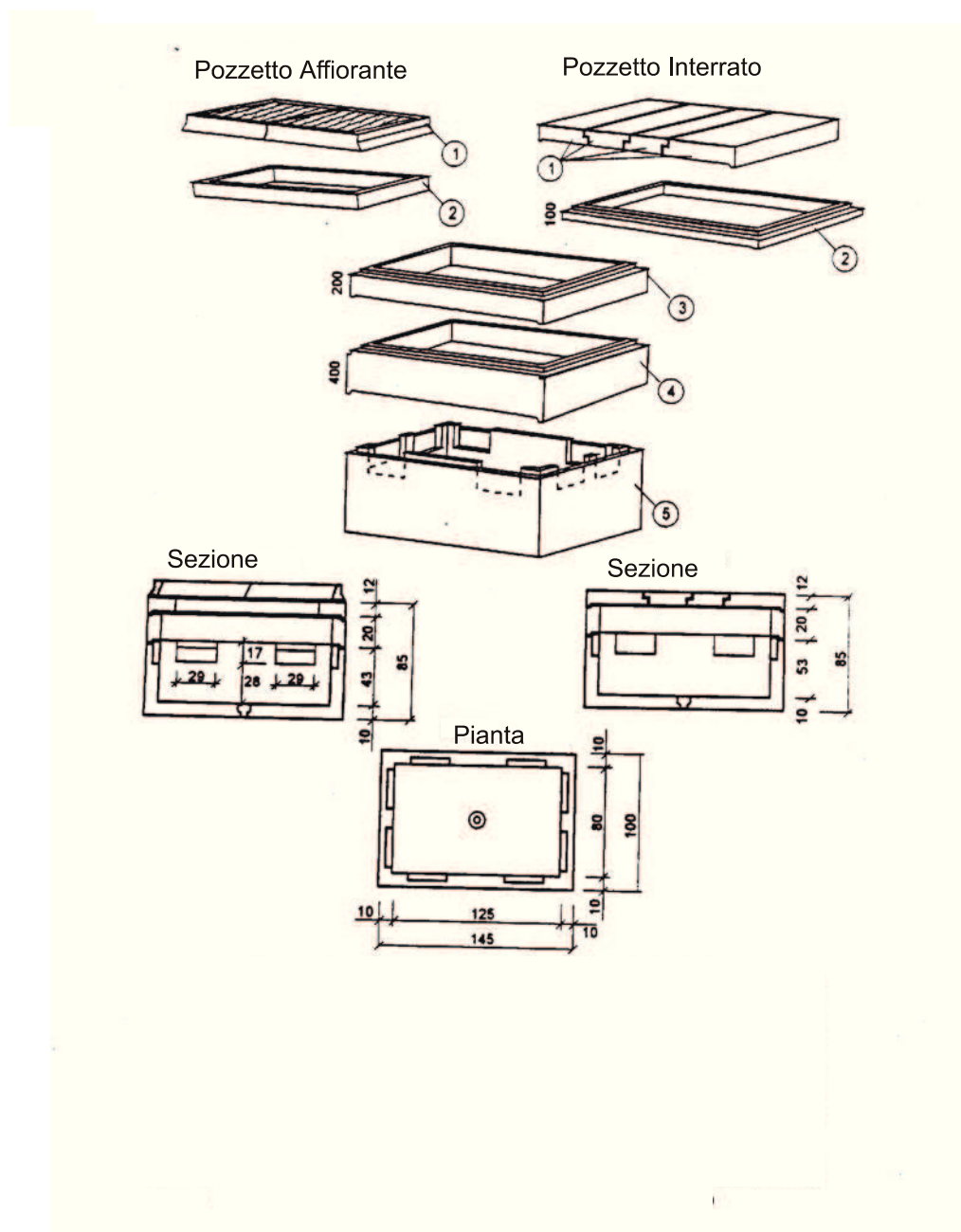
9.3 CANALETTA IN ACCIAIO ZINCATO



Particolare dispositivo a cannocchiale



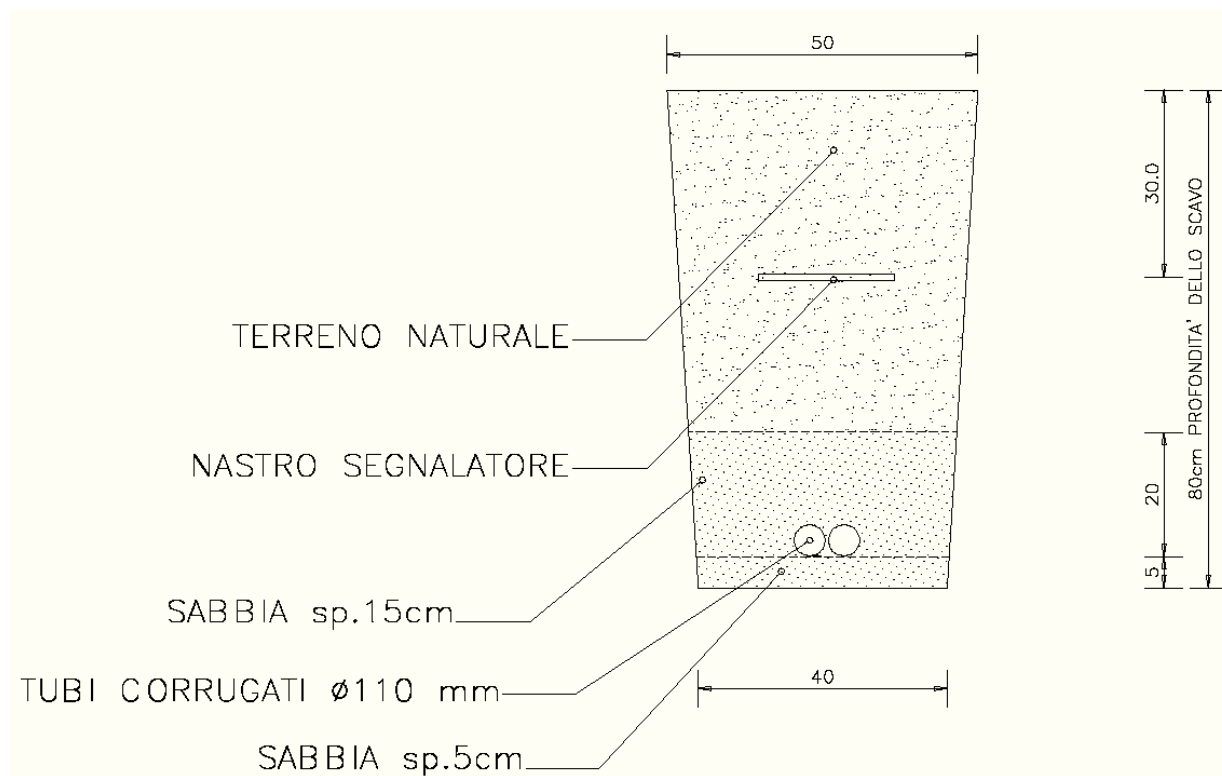
9.4 POZZETTO IN CLS 125X80



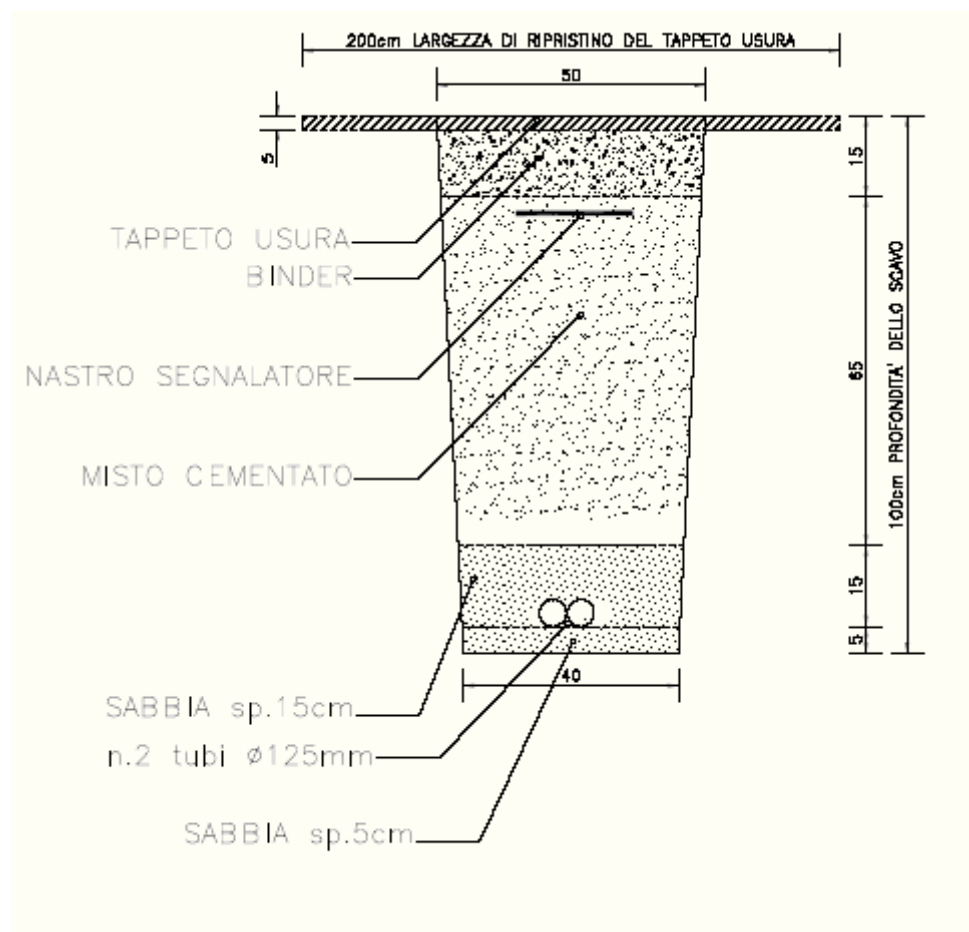
Technical drawing of a rectangular metal safe, showing dimensions and components. The drawing includes the following labels and dimensions:

- SemiCoperchio "MAESTRO"**: Label pointing to the top cover.
- Serratura per chiave di sicurezza**: Label pointing to the key lock mechanism.
- SemiCoperchio 'SERVENTE'**: Label pointing to the middle cover.
- SemiCoperchio 'SERVENTE'**: Label pointing to the bottom cover.
- SemiCoperchio 'SERVENTE'**: Label pointing to the bottom cover.
- Classe D400**: Label indicating the fire resistance class.
- Classe C250**: Label indicating the fire resistance class.
- 1255**: Dimension indicating the height of the safe.
- 1252**: Dimension indicating the height of the safe.
- 884**: Dimension indicating the width of the safe.

9.6 SEZIONE SCAVO IN VEGETALE PER COLLEGAMENTO DATI



9.7 SEZIONE SCAVO IN ASFALTO PER COLLEGAMENTO DATI

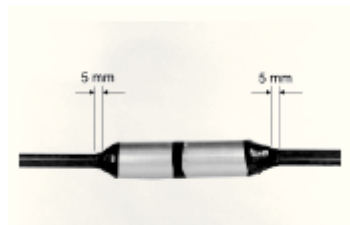


9.8 PARTICOLARE LAVORAZIONI SU GUAINA TERMORESTRINGENTE PER CHIUSURA GIUNTI

1



2



3



4



5



6



7

