

PROVINCIA DI BRESCIA

SP 11 - ORZINUOVI-ACQUAFREDDA  
MANUTENZIONE STRAORDINARIA DEL PONTE  
AL KM 27+470 IN COMUNE DI PAVONE MELLA  
CUP H87H20001890002  
MANUFATTO CODICE: BSSP011\_P008

PROGETTO ESECUTIVO

Capitolato speciale d'appalto  
Parte seconda

Committente: Provincia di Brescia  
AREA DEL TERRITORIO  
SETTORE DELLE STRADE E DEI TRASPORTI

Progettista: Dott. Ing. Adriano Reggia  
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Brescia Sez. A N.4801

Luogo: Brescia  
Data: 2022-07-12  
Pagine: 155

(Documento informatico firmato digitalmente ai sensi del D.Lgs 82/2005 s.m.i. e norme collegate, il quale sostituisce il documento cartaceo e la firma autografa)

## SOMMARIO

CAPO 1 - QUALITÀ, PROVENIENZA E ACCETTAZIONE DEI MATERIALI .....	10
Art. 0 - Normative, regolamenti e raccomandazioni .....	10
Art. 1 - Accettazione, qualità ed impiego dei materiali .....	13
Art. 2 - Provvista dei materiali.....	13
Art. 3 - Norme di riferimento per l'accettazione dei materiali .....	13
Art. 4 - Ghiaia, pietrisco e sabbia .....	14
4.1 Requisiti per l'accettazione .....	14
4.2 Norme per gli aggregati per confezione di calcestruzzi .....	14
4.3 Sabbia .....	14
Art. 5 - Acqua per confezionamento malte e calcestruzzi .....	15
Art. 6 - Additivi per impasti cementizi .....	15
6.1 Generalità .....	15
6.2 Calcestruzzo .....	15
Art. 7 - Malte e calcestruzzi .....	17
7.1 Malte tradizionali .....	17
7.2 Malte speciali .....	18
7.3 Calcestruzzi .....	18
Art. 8 - Cemento e calce .....	19
8.1 Cementi.....	19
Art. 9 - Geotessili .....	21
Art. 10 - Impermeabilizzazioni .....	22
10.1 Generalità .....	22
10.2 Membrane .....	22
10.3 Prodotti forniti in contenitori .....	22
10.4 Membrane destinate a formare strati di tenuta all'acqua.....	23
10.5 Membrane destinate a formare strati di protezione .....	23
10.6 Membrane a base di elastomeri e di plastomeri .....	23
10.7 Prodotti forniti sotto forma di liquidi o paste .....	24
10.7.1 Bitumi da spalmatura per impermeabilizzazioni .....	24
10.1.b Prodotti fluidi o in pasta a base di polimeri organici .....	25
Art. 11 - Acciaio .....	25

11.1.1 Controlli .....	25
11.1.2 Controlli di produzione in stabilimento e procedure di qualificazione .....	25
11.1.4 Identificazione e rintracciabilità dei prodotti qualificati .....	27
11.1.5 Forniture e documentazione di accompagnamento .....	28
11.1.6 Prove di qualificazione e verifiche periodiche della qualità .....	29
11.1.7 Centri di trasformazione .....	29
11.2 Acciaio per cemento armato .....	30
11.2.6 Centri di trasformazione .....	33
11.2.7 Saldabilità .....	33
Art. 12 - Acciai per strutture metalliche e per strutture composte .....	40
12.1 Generalità .....	40
12.2 Acciai laminati .....	41
12.2 Acciaio per getti .....	42
12.3 Acciaio per strutture saldate .....	42
12.4 Bulloni e Chiodi .....	43
CAPO 2 - MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLE OPERE IN GENERALE .....	45
Art. 13 – Demolizioni .....	45
13.1 Interventi preliminari .....	45
Art. 14 - Tracciamenti .....	46
Art. 15 – Scavi e sbancamenti in generale .....	46
15.1 Ricognizione .....	46
15.2 Viabilità nei cantieri .....	46
15.3 Splanteamento e sbancamento .....	46
15.4 Scavo a sezione obbligata: pozzi, scavi e cunicoli .....	47
15.5 Scavi in presenza d'acqua. Prosciugamento .....	47
15.6 Impiego di esplosivi .....	47
15.7 Deposito di materiali in prossimità degli scavi .....	47
15.8 Presenza di gas negli scavi .....	48
15.9 Divieti per l'appaltatore dopo l'esecuzione degli scavi .....	48
15.10 Sistemazione di strade, accessi e ripristino passaggi .....	48
15.11 Smacchiamento dell'area .....	49
15.12 Allontanamento delle acque superficiali o di infiltrazione .....	49
15.13 Proprietà degli oggetti ritrovati .....	49

Art. 16 - Conglomerati cementizi semplici ed armati (normali e precompressi) .....	49
16.1 Materiali per il conglomerato cementizio .....	49
16.2 Classi dei calcestruzzi.....	54
16.3 Qualifica preliminare dei conglomerati cementizi .....	54
16.4 Controlli in corso d'opera .....	55
16.5 Resistenza e durezza dei calcestruzzi .....	55
16.6 Durabilità dei conglomerati cementizi .....	56
16.7 Tecnologia esecutiva delle opere .....	56
16.8 Metodo di Figg per la determinazione del grado di permeabilità all'aria del conglomerato cementizio .....	63
Art. 17 - Sistemi protettivi per strutture in conglomerato cementizio.....	64
17.1 Protettivi filmogeni - generalità .....	64
17.2 Protettivi impregnanti .....	67
Art. 17A - Ripristino/adeguamento di elementi strutturali in conglomerato cementizio .....	69
17A.1 Miscele per il ripristino di superfici degradate .....	69
17A.2 Requisiti delle miscele .....	70
17A.3 Trattamenti prima del ripristino/adeguamento e fasi esecutive.....	71
17A.4 Accettazione e specifiche prestazionali dei materiali per interventi di ripristino/adeguamento .....	77
17A.5 Prove e controlli.....	79
17A.6 Calcestruzzo fibrorinforzato C70/85 6b (tipo Italcementi-Calcestruzzi i.power RIGENERA 1.5).....	80
Art. 18 - Modalità esecutive per la posa in opera di tubazioni.....	85
18.1 Controllo e pulizia dei tubi.....	85
18.2 Nicchie in corrispondenza dei giunti .....	85
18.3 Continuità del piano di posa .....	85
18.4 Tubi danneggiati durante la posa in opera .....	85
18.5 Piano di posa .....	85
18.6 Modalità di posa in opera.....	86
18.7 Rinterro delle tubazioni - Generalità .....	86
18.8 Esecuzione del rinterro .....	86
Art. 19 – Rilevati stradali.....	87
19.2 Materiali per i rilevati .....	88
19.3 Formazione di rilevati.....	91
Art. 20 – Sovrastruttura stradale. Caratteristiche geometriche della strada .....	92
20.1 Terminologia relativa alla sovrastruttura.....	92

20.2 Classificazione della strada di progetto e criteri compositivi della sua piattaforma .....	95
20.3 Elementi costitutivi dello spazio stradale .....	95
20.4 Caratteristiche geometriche e di traffico delle sezioni .....	98
20.5 Sezione stradale in sede artificiale .....	99
20.6 Alcune indicazioni sulla geometria dell'asse stradale .....	101
Art. 21 – Conglomerati bituminosi a caldo tradizionali con e senza riciclato per strato di base .....	102
21.1 Generalità .....	102
21.2 Materiali costituenti e loro qualificazione .....	102
21.3 Controlli .....	112
Art. 22 – Specifiche tecniche per la formazione di strati in conglomerato .....	115
22.1 Materiali costituenti e loro qualificazione .....	115
22.2 Controlli .....	122
Art. 23 – Misti cementati per strati fondazione e di base .....	123
23.1 Generalità .....	123
23.2 Materiali costituenti e loro qualificazione .....	123
23.3 Accettazione delle miscele .....	125
23.4 Confezionamento delle miscele .....	125
23.5 Preparazione delle superfici di stesa .....	126
23.6 Posa in opera delle miscele .....	126
23.7 Protezione superficiale dello strato finito .....	126
23.8 Controlli .....	126
Art. 24 – Misti granulari per strati di fondazione .....	128
24.2 Materiali .....	128
24.3 Accettazione del misto granulare .....	131
24.4 Confezionamento del misto granulare .....	131
24.5 Posa in opera del misto granulare .....	131
Art. 25 – Ponte .....	133
25.1 Impermeabilizzazione .....	133
25.2 Giunti di dilatazione .....	138
25.3 Smaltimento delle acque piovane .....	138
Art. 26 – Opere d'arte .....	138
Art. 27 – Barriere stradali di sicurezza .....	139
27.1 Barriere di sicurezza in acciaio .....	139

Art. 28 – Segnaletica .....	144
28.1 Segnaletica orizzontale in vernice .....	144
28.2 Segnaletica orizzontale in termospruzzato plastico (spray plastic) .....	147
28.3 Segnaletica orizzontale permanente materiali preformati retrorifrangenti .....	149
28.4 Segnaletica orizzontale temporanea .....	150
Art. 29– Misure di sicurezza e provvedimenti di viabilità transitoria .....	151
CAPO 3 - NORME PER LA MISURAZIONE E LA VALUTAZIONE DEI LAVORI .....	152
Art. 30 - Norme generali .....	152
Art. 31 - Scavi - rilevati .....	152
Art. 32 - Demolizioni .....	153
Art. 33 - Demolizione della sovrastruttura stradale .....	154
Art. 34 - Conglomerati cementizi .....	154
Art. 35 - Acciaio per cemento armato .....	154
Art. 36 - Trattamenti superficiali .....	155

## INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1: Pezzature normali .....	15
Tabella 2: Classe e tipi di malta (D.M. 19 novembre 1987). ....	18
Tabella 3: Rapporti di miscela delle malte (AI TEC). ....	18
Tabella 4: Requisiti meccanici e fisici dei cementi (D.M. 12 luglio 1999, n. 317). ....	19
Tabella 5: Requisiti chimici dei cementi (D.M. 12 luglio 1999, n. 317). ....	20
Tabella 6: Valori limite dei cementi (D.M. 12 luglio 1999, n. 317). ....	20
Tabella 7: Caratteristiche dei bitumi da spalmatura. ....	25
Tabella 8: 11.2.1.a .....	30
Tabella 9: 11.2.1.b .....	31
Tabella 10: 11.2.3c. ....	31
Tabella 11: Massimo contenuto di elementi chimici in %. ....	33
Tabella 12: Tolleranze dimensionali. ....	33
Tabella 13: $f_y - f_t - f_y/f_y \text{ nom}$ – Coefficiente k in funzione del numero n di campioni (per una probabilità di insuccesso attesa del 5 % [ $p = 0,95$ ] con una probabilità del 90 %). ....	35
Tabella 14: $A_{gt} , f_t/f_y .$ – Coefficiente k in funzione del numero n di campioni (per una probabilità di insuccesso attesa del 16 % [ $p = 0,90$ ] con una probabilità del 90 %). ....	35
Tabella 15: Valori di accettazione. ....	37
Tabella 16: Laminati a caldo con profili a sezione aperta. ....	41
Tabella 17: Laminati a caldo con profili a sezione cava. ....	41
Tabella 18: Processo di saldatura. ....	43
Tabella 19: .....	44
Tabella 20: .....	44
Tabella 21: .....	44
Tabella 22: Caratteristiche degli aggregati. ....	51
Tabella 23: Dosaggio richiesto di aria inglobata. ....	52
Tabella 24: Silicafume. ....	53
Tabella 25: .....	56
Tabella 26: .....	64
Tabella 27: Requisiti dei sistemi protettivi e metodi di prova utilizzati. ....	65
Tabella 28: Requisiti e metodi di prova per materiali cementizi a ritiro compensato e per malte polimero modificate. .	71
Tabella 29: Requisiti e metodi di prova per boiacche e malte di resina. ....	71
Tabella 30: Fasi esecutive in funzione del tipo di materiale di ripristino. ....	72
Tabella 31: Prestazioni richieste per i materiali cementizi a ritiro compensato. ....	77
Tabella 32: Prestazioni per le malte cementizie polimero modificate. ....	77
Tabella 33: Prestazioni per malte di resina. ....	78
Tabella 34: Classificazione delle terre secondo la Tab. CNR - 16006/1963. ....	90
Tabella 35: .....	90
Tabella 36: .....	91
Tabella 37: Spazi da assegnare in piattaforma alle categorie di traffico (D.M. 5 novembre 1901). ....	98

Tabella 38: Dimensioni minime elementi di fig. 21.4. (D.M. 5 novembre 1901).	101
Tabella 39	102
Tabella 40	103
Tabella 41: Attivanti chimici funzionali.	104
Tabella 42: Aggregato grosso. Autostrade ed extraurbane principali.	104
Tabella 43: Aggregato grosso. Extraurbane secondarie e urbane di scorrimento.	105
Tabella 44: Aggregato grosso. Strade urbane di quartiere e locali.	105
Tabella 45: Aggregato fino. Autostrade ed extraurbane principali.	106
Tabella 46: Aggregato fino. Extraurbane secondarie e urbane di scorrimento.	106
Tabella 47: Aggregato fino. Strade urbane di quartiere e locali.	106
Tabella 48: Aggregato fino. Tutte le strade.	107
Tabella 49	108
Tabella 50	108
Tabella 51	109
Tabella 52	110
Tabella 53	110
Tabella 54	111
Tabella 55: Autostrade ed extraurbane principali.	113
Tabella 56: Extraurbane secondarie e urbane di scorrimento.	114
Tabella 57: Strade urbane di quartiere e locali.	115
Tabella 58: Bitume	115
Tabella 59: Aggregato grosso.	116
Tabella 60: Aggregato fino.	117
Tabella 61: Filler.	117
Tabella 62	118
Tabella 63: Metodo volumetrico.	118
Tabella 64: Metodo Marshall.	119
Tabella 65: Emulsione bituminosa per mano d'ancoraggio.	120
Tabella 66: Emulsione bituminosa per mano d'attacco.	120
Tabella 67: Controlli.	123
Tabella 68: Aggregato grosso.	124
Tabella 69: Aggregato fine.	124
Tabella 70	125
Tabella 71	125
Tabella 72: Autostrade ed extraurbane principali. Controllo dei materiali e verifica prestazionale.	127
Tabella 73: Extraurbane secondarie e urbane di scorrimento. Controllo dei materiali e verifica prestazionale	128
Tabella 74: Strade urbane di quartiere e locali. Controllo dei materiali e verifica prestazionale	128
Tabella 75: Aggregato grosso. Autostrade ed extraurbane principali.	129
Tabella 76: Aggregato grosso. Extraurbane secondarie e urbane di scorrimento.	129
Tabella 77: Aggregato grosso. Autostrade ed extraurbane principali.	129
Tabella 78: Aggregato grosso. Strade urbane di quartiere e locali.	129
Tabella 79: Aggregato grosso. Autostrade ed extraurbane principali.	130



---

Tabella 80: Aggregato grosso. Extraurbane secondarie e urbane di scorrimento. ....	130
Tabella 81: Aggregato grosso. Strade urbane di quartiere e locali.....	130
Tabella 82.....	130
Tabella 83: Controllo dei materiali e verifica prestazionale. ....	132

## CAPO 1 - QUALITÀ, PROVENIENZA E ACCETTAZIONE DEI MATERIALI

### Art. 0 - Normative, regolamenti e raccomandazioni

La costruzione dovrà rispondere a tutte le normative e raccomandazioni vigenti (Leggi Nazionali e Regionali, prescrizioni A.S.L., prescrizioni VV.F.) ed in particolare, ma non esclusivamente, le norme di seguito richiamate.

#### OPERE IN C.A. NORMALE E PRECOMPRESSO - OPERE A STRUTTURA METALLICA

- R.D. 16/11/1939 n.2229
- L. 05/11/1971 n.1086 e successivi decreti di attuazione
- Circolare 09/11/1979 n.18591 e D.M. 14/02/1982 (per la verifica di sicurezza delle costruzioni)
- D.M. 01/04/1983
- D.M. 27/07/1985
- Norme C.N.R. 16011/85 (per le costruzioni in acciaio)
- Norme C.N.R. 16020/85 (profili formati a freddo, per l'impiego nelle costruzioni)
- Norme C.N.R. 16029/87 (costruzioni di acciaio ad elevata resistenza)
- Norme C.N.R. 16015/85 (travi composte in acciaio e calcestruzzo)
- Norme C.N.R. 16015/00 (travi composte in acciaio e calcestruzzo)
- Norme C.N.R. 16018/87 (apparecchi d'appoggio in gomma e PTFE)
- Norme di cui al D.M. 27/07/1985
- D.M. 09/01/1996
- Circolare 15/01/1996 n.4622
- D.M. 17/01/2018

#### OPERE DI FONDAZIONE

- D.M. 21/01/1981 (per indagini sui terreni e sulle rocce)
- Circolare 03/6/1981 n.21597
- D.M. 11/3/88 n.47
- D.M. 17/01/2018

#### NORMATIVA ANTISISMICA

- O.P.C.M. 20/03/2003 n. 3274 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"
- O.P.C.M. 02/10/2003 n. 3315 "Modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 19 marzo 1903"
- D.M. 17/01/2018, G.U. n.29 del 04/02/1908 Norme tecniche per le costruzioni

#### PROTEZIONE SICUREZZA E PREVENZIONE INCENDI.

- R.D. 18/06/1931 n.773 - testo unico legge di pubblica sicurezza
- Circolare 17/09/1961 n.91, Circolare 15/03/1963 n.37 e Circolare 19/06/1964 n.72

## BARRIERE ARCHITETTONICHE

Nella realizzazione delle opere si provvederà anche dove non descritto nel dettaglio a dare attuazione al disposto dell'art.27 della L. 30/05/1971 n.118, del relativo regolamento approvato con D.P.R. 27/4/1978 n.384, alla L. 09/01/1989 n.13 ed al D.M. 14/06/1989 n. 236 per l'eliminazione delle barriere architettoniche.

## PREVENZIONE INFORTUNI ED IGIENE DEL LAVORO

Tutte le imprese appaltatrici dei lavori sono tenute, nella redazione del piano di sicurezza e nel corso dei lavori all'osservanza delle seguenti normative: • Costituzione della Repubblica Italiana - Art. 32 - 35 - 41

- Codice civile -R.D. 16/03/1942 n. 262 - Art. 1950 - 1987.
- Codice penale -R.D. 28/05/1931 n. 601 - Art. 437 -451 -589 - 590.
- Statuto dei diritti dei lavoratori - R.D. L. 20/05/1970 n. 300 - Art.9

## NORME GENERALI E SPECIALI PER LA PREVENZIONE INFORTUNI ED IGIENE DEL LAVORO

- D.P.R. 19/03/1955 n.520 - Riorganizzazione centrale e periferica del Ministero del Lavoro e della Previdenza Sociale
- D.P.R. 27/04/1955 n.547 - Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro
- D.P.R. 01/01/1956, n.164- Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro nelle costruzioni e tutti i successivi aggiornamenti ed integrazioni.
- D.P.R. 19/03/1956, n.302 - Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro integrative di quelle generali emanate con D.P.R. 27/04/1955 n.547
- D.P.R. 19/03/1956 n. 303- Norme generali per l'igiene del lavoro
- D.P.R. 20/03/1956 n. 320- Norme per la prevenzione degli infortuni e l'igiene del lavoro in sotterraneo
- D.P.R. 20/03/1956 n. 321- Norme per la prevenzione degli infortuni e l'igiene del lavoro nei cassoni ad aria compressa
- D.P.R. 20/03/1956 n. 321- Norme per la prevenzione degli infortuni e l'igiene del lavoro negli impianti telefonici
- D.L. 01/03/1968 n. 186- Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni ed impianti elettrici ed elettronici.
- D.M. 20/11/1968- Riconoscimento della efficacia, ai fini della sicurezza dell'isolamento speciale completo di cui devono essere dotati gli utensili e gli apparecchi elettrici mobili senza collegamento elettrico a terra
- L. 18/10/1977 n.791 - Attuazione della direttiva del consiglio delle Comunità Europee (n.72/21/CEE) relativa alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro alcuni limiti di tensione.
- L. D.L. 15/08/1991 n.277 e successivi aggiornamenti in relazione alla prevenzione dai rischi uditivi da esposizione al rumore.

## DIRETTIVE COMUNITARIE

- Direttiva n. 89/391/CEE del Consiglio del 12 giugno 1989, concernente l'attuazione di misure volte a promuovere il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori durante il lavoro.
- Direttiva n. 89/654/CEE del 30 novembre 1989, del Consiglio delle Comunità Europee, relativa alle prescrizioni minime di sicurezza e di salute per i luoghi di lavoro.

## NORME UNI

In aggiunta agli oneri ed obblighi sopra richiamati, l'Appaltatore dovrà garantire per quanto concerne la fornitura dei materiali e della loro lavorazione, la completa rispondenza alle normative U.N.I. attualmente in vigore in Italia.

## CONTROLLO DI QUALITÀ

L'Assuntore dei lavori dovrà dotarsi obbligatoriamente del controllo di qualità ai sensi delle disposizioni impartite dal D.L. 17/03/1995 n.158, Art. 20 comma 4, basato sui sistemi di garanzia di qualità pertinente alla serie di Norme Europee EN29000 e ISO9000. In tal senso l'Appaltatore dovrà far riferimento all'elaborato progettuale contenente le "Linee guida del piano di qualità" per l'approntamento del proprio "Manuale della qualità"; tale manuale dovrà essere approvato dalla D.L. e dalla Committente prima dell'inizio dei lavori.

## SPECIFICHE TECNICHE

Le presenti Specifiche Tecniche e prestazionali si riferiscono alla esecuzione delle opere strutturali in acciaio, in conglomerato cementizio armato, dei pali di fondazione e di tutte le altre opere di completamento, accessorie e provvisorie, necessarie per la realizzazione dell'opera in oggetto.

## Art. 1 - Accettazione, qualità ed impiego dei materiali

I materiali e i componenti devono corrispondere alle prescrizioni del capitolato speciale d'appalto ed essere della migliore qualità: possono essere messi in opera solamente dopo l'accettazione del direttore dei lavori; in caso di contestazioni, si procederà ai sensi dell'art. 177 del regolamento n. 554/1999. L'accettazione dei materiali e dei componenti è definitiva solo dopo la loro posa in opera. Il direttore dei lavori può rifiutare in qualunque tempo i materiali e i componenti deperiti dopo la introduzione in cantiere, o che per qualsiasi causa non fossero conformi alle caratteristiche tecniche risultanti dai documenti allegati al contratto; in questo ultimo caso l'appaltatore deve rimuoverli dal cantiere e sostituirli con altri a sue spese. Ove l'appaltatore non effettui la rimozione nel termine prescritto dal direttore dei lavori, la stazione appaltante può provvedervi direttamente a spese dell'appaltatore, a carico del quale resta anche qualsiasi onere o danno che possa derivargli per effetto della rimozione eseguita d'ufficio. Anche dopo l'accettazione e la posa in opera dei materiali e dei componenti da parte dell'appaltatore, restano fermi i diritti e i poteri della stazione appaltante in sede di collaudo. L'appaltatore che nel proprio interesse o di sua iniziativa abbia impiegato materiali o componenti di caratteristiche superiori a quelle prescritte nei documenti contrattuali, o eseguito una lavorazione più accurata, non ha diritto ad aumento dei prezzi e la contabilità è redatta come se i materiali avessero le caratteristiche stabilite. Nel caso sia stato autorizzato per ragioni di necessità o convenienza da parte del direttore dei lavori l'impiego di materiali o componenti aventi qualche carenza nelle dimensioni, nella consistenza o nella qualità, ovvero sia stata autorizzata una lavorazione di minor pregio, viene applicata una adeguata riduzione del prezzo in sede di contabilizzazione, sempre che l'opera sia accettabile senza pregiudizio e salve le determinazioni definitive dell'organo di collaudo. Gli accertamenti di laboratorio e le verifiche tecniche obbligatorie, ovvero specificamente previsti dal capitolato speciale d'appalto, sono disposti dalla direzione dei lavori o dall'organo di collaudo, imputando la spesa a carico delle somme a disposizione accantonate a tale titolo nel quadro economico. Per le stesse prove la direzione dei lavori provvede al prelievo del relativo campione ed alla redazione di apposito verbale di prelievo; la certificazione effettuata dal laboratorio prove materiali riporta espresso riferimento a tale verbale. La direzione dei lavori o l'organo di collaudo possono disporre ulteriori prove ed analisi ancorché non prescritte dal capitolato speciale d'appalto ma ritenute necessarie per stabilire l'idoneità dei materiali o dei componenti. Le relative spese sono poste a carico dell'appaltatore.

## Art. 2 - Provvista dei materiali

Se gli atti contrattuali non contengono specifica indicazione, l'appaltatore è libero di scegliere il luogo da cui prelevare i materiali necessari alla realizzazione del lavoro, purché essi abbiano le caratteristiche prescritte dai documenti tecnici allegati al contratto. Le eventuali modifiche di tale scelta non comportano diritto al riconoscimento di maggiori oneri, né all'incremento dei prezzi pattuiti. Nel prezzo dei materiali sono compresi tutti gli oneri derivanti all'appaltatore dalla loro fornitura a piè d'opera, compresa ogni spesa per eventuali aperture di cave, estrazioni, trasporto da qualsiasi distanza e con qualsiasi mezzo, occupazioni temporanee e ripristino dei luoghi. A richiesta della stazione appaltante, l'appaltatore deve dimostrare di aver pagato le indennità per le occupazioni temporanee o per i danni arrecati.

## Art. 3 - Norme di riferimento per l'accettazione dei materiali

I materiali e le forniture da impiegare nella realizzazione delle opere devono rispondere alle prescrizioni contrattuali ed in particolare alle indicazioni del progetto esecutivo, e possedere le caratteristiche stabilite dalle leggi e dai regolamenti e norme UNI vigenti in materia, anche se non espressamente richiamate nel capitolato speciale d'appalto. In assenza di nuove ed aggiornate norme, il direttore dei lavori potrà riferirsi alle norme ritirate o sostitutive. Salvo diversa indicazione, i materiali e le forniture proverranno da quelle località che l'appaltatore riterrà di sua convenienza, purché, ad insindacabile giudizio della direzione lavori, ne sia riconosciuta l'idoneità e la rispondenza ai requisiti prescritti dagli

accordi contrattuali. L'appaltatore è obbligato a prestarsi, in qualsiasi momento, ad eseguire o a far eseguire presso il laboratorio di cantiere, presso gli stabilimenti di produzione o presso gli Istituti autorizzati, tutte le prove prescritte dal capitolato speciale d'appalto o dalla direzione dei lavori, sui materiali impiegati o da impiegarsi, nonché sui manufatti, sia prefabbricati che realizzati in opera e sulle forniture in generale. Il prelievo dei campioni, da eseguire secondo le norme regolamentari ed UNI vigenti, verrà effettuato in contraddittorio con l'impresa sulla base della redazione di verbale di prelievo.

## Art. 4 - Ghiaia, pietrisco e sabbia

### 4.1 Requisiti per l'accettazione

Gli inerti, naturali o di frantumazione, devono essere costituiti da elementi non gelivi e non friabili, privi di sostanze organiche, limose ed argillose, di gesso, ecc., in proporzioni nocive all'indurimento del conglomerato o alla conservazione delle armature. La ghiaia o il pietrisco devono avere dimensioni massime commisurate alle caratteristiche geometriche della carpenteria del getto ed all'ingombro delle armature, devono essere lavati con acqua dolce qualora ciò sia necessario per eliminare materie nocive. La ghiaia deve essere bene assortita, formata da elementi resistenti e non gelivi, scevra da sostanze estranee, da parti friabili o terrose, o comunque dannose. Il pietrisco deve provenire dalla frantumazione di roccia compatta, non gessosa né geliva, non deve contenere impurità né materie polverulenti, deve essere costituito da elementi, le cui dimensioni soddisfino alle condizioni sopra indicate per la ghiaia.

### 4.2 Norme per gli aggregati per confezione di calcestruzzi

- UNI 8519-1 – Definizione, classificazione e caratteristiche.
- UNI 8519-2 – Requisiti.
- UNI 8519-7 – Determinazione del passante allo staccio 0,075 UNI 2132.
- UNI 8519-8 – Determinazione del contenuto di grumi di argilla e particelle friabili.
- UNI 8519-17 – Determinazione della massa volumica e dell'assorbimento degli aggregati fini.
- UNI 8519-15 – Determinazione della massa volumica e dell'assorbimento degli aggregati grossi – metodi della pesata idrostatica e del cilindro.
- UNI 8519-17 – Determinazione della resistenza a compressione degli aggregati grossi.
- UNI 8519-19 – Determinazione della sensibilità al gelo e disgelo degli aggregati grossi.
- UNI 8519-21 – Confronto in calcestruzzo con aggregati di caratteristiche note.
- UNI 8519-20 – Determinazione della potenziale reattività degli aggregati in presenza di alcali.

Per gli aggregati leggeri si rimanda alla UNI 7549 (articolata in 12 parti).

Per le prove per le proprietà termiche e chimiche sugli aggregati si rimanda alle:

- UNI EN 1767-2 – Prova al solfato di magnesio.
- UNI EN 1767-4 – Determinazione del ritiro per essiccamento
- UNI EN 1744-1 – Analisi chimica.

### 4.3 Sabbia

La sabbia per malte dovrà essere priva di sostanze organiche, terrose o argillose, solfati ed avere dimensione massima dei grani di 2 mm per murature in genere, di 1 mm per gli intonaci e murature di paramento o in pietra da taglio. La sabbia naturale o artificiale deve risultare bene assortita in grossezza e costituita di grani resistenti, non provenienti da roccia decomposta o gessosa. Essa deve essere scricchiolante alla mano, non lasciare traccia di sporco, non contenere

materie organiche, melmose o, comunque dannose; dev'essere lavata con acqua dolce, qualora ciò sia necessario, per eliminare materie nocive.

*Tabella 1: Pezzature normali*

	Trattenuto dal	Passante al
Sabbia	Setaccio 0,075 UNI 2132	Setaccio 2 UNI 2132

Le sabbie da impiegarsi nel confezionamento dei conglomerati cementizi devono corrispondere alle caratteristiche granulometriche stabilite dal R.D. 15 novembre 1939, n. 209. Nelle sabbie per conglomerati è ammessa una percentuale massima del 16% di materiale trattenuto sul crivello 7,1, si veda UNI 2134 o sul setaccio 2, si veda UNI 2132-1, a seconda che si tratti di sabbia per conglomerati cementizi o di sabbia per conglomerati bituminosi; in ogni caso non si devono avere dimensioni inferiori a 0,05 mm. Le sabbie possono essere naturali o di frantumazione, devono presentare una perdita per decantazione in acqua inferiore al 2%. L'appaltatore non può impiegare sabbie di mare che non siano state preventivamente lavate a fondo con acqua dolce. La direzione dei lavori potrà accertare in via preliminare le caratteristiche delle cave di provenienza del materiale per rendersi conto dell'uniformità della roccia, dei sistemi di coltivazione e di frantumazione, prelevando dei campioni da sottoporre alle prove necessarie per caratterizzare la roccia nei riguardi dell'impiego. Il prelevamento di campioni potrà essere omesso quando le caratteristiche del materiale risultano da certificato emesso in seguito ad esami fatti eseguire da amministrazioni pubbliche, a seguito di sopralluoghi nelle cave ed i risultati di tali indagini siano ritenute idonee dalla direzione dei lavori. Il prelevamento dei campioni di sabbia normalmente deve avvenire dai cumuli sul luogo di impiego, diversamente può avvenire dai mezzi di trasporto ed eccezionalmente dai sili. La fase di prelevamento non deve alterare le caratteristiche del materiale ed in particolare la variazione della sua composizione granulometrica e perdita di materiale fine. I metodi di prova riguardano l'analisi granulometrica e il peso specifico reale.

## Art. 5 - Acqua per confezionamento malte e calcestruzzi

L'acqua per gli impasti deve essere dolce, limpida, priva di sali (particolarmente solfati e cloruri) in percentuali dannose, di materie terrose e non essere aggressiva. L'acqua, a discrezione della direzione dei lavori, in base al tipo di intervento o uso potrà essere trattata con speciali additivi per evitare l'insorgere di reazioni chimico-fisiche al contatto con altri componenti d'impasto.

## Art. 6 - Additivi per impasti cementizi

### 6.1 Generalità

Gli additivi per impasti cementizi si intendono classificati come segue: fluidificanti; aeranti; ritardanti; acceleranti; fluidificanti-aeranti; fluidificanti-ritardanti; fluidificanti-acceleranti; antigelo-superfluidificanti. Per le modalità di controllo ed accettazione il direttore dei lavori potrà far eseguire prove o accettare l'attestazione di conformità alle norme vigenti.

### 6.2 Calcestruzzo

I conglomerati cementizi per strutture in cemento armato devono rispettare tutte le prescrizioni di cui al D.M. 9 gennaio 1996 e relative circolari esplicative, in particolare l'impiego di eventuali additivi dovrà essere subordinato all'accertamento dell'assenza di ogni pericolo di aggressività.

Gli additivi devono possedere le seguenti caratteristiche:

- essere opportunamente dosati rispetto alla massa del cemento
- non contenere componenti dannosi alla durabilità del calcestruzzo
- provocare la corrosione dei ferri d'armatura

- interagire sul ritiro o sull'espansione del calcestruzzo, in tal caso si dovrà procedere alla
- determinazione della stabilità dimensionale.

#### 6.2.1 Additivi acceleranti

Il dosaggio degli additivi acceleranti dovrà essere contenuto tra 0,5 e 2% (ovvero come indicato dal fornitore) sul peso del cemento, in caso di prodotti che non contengono cloruri. Tali valori possono essere incrementati fino al 4%. Per evitare concentrazioni del prodotto prima dell'uso, esso dovrà essere opportunamente diluito.

La direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima dell'impiego, mediante:

- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo secondo le norme previste dal D.M. 9 gennaio 1996 e norme UNI vigenti
- determinazione dei tempi di inizio e fine presa del calcestruzzo additivato mediante la misura della resistenza alla penetrazione, da eseguire con riferimento alla norma UNI 7121.

In generale per quanto non specificato si rimanda alla norma UNI EN 934-2.

#### 6.2.2 Additivi ritardanti

Gli additivi ritardanti sono da utilizzarsi per il trasporto del calcestruzzo in betoniera al fine di ritardarne l'indurimento. La direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima dell'impiego, mediante:

- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo secondo previste dal D.M. 9 gennaio 1996 e norme UNI
- determinazione dei tempi di inizio e fine presa del calcestruzzo additivato mediante la misura della resistenza alla penetrazione, da eseguire con riferimento alla norma UNI 7121.

Le prove di resistenza a compressione di regola devono essere eseguite dopo la stagionatura di 28 giorni, la presenza dell'additivo non deve comportare diminuzione della resistenza del calcestruzzo. In generale per quanto non specificato si rimanda alla UNI EN 934-2.

#### 6.2.3 Additivi antigelo

Gli additivi antigelo sono da utilizzarsi nel caso di getto di calcestruzzo effettuato in periodo freddo, previa autorizzazione della direzione dei lavori. Il dosaggio degli additivi antigelo dovrà essere contenuto tra 0,5 e 2% (ovvero come indicato dal fornitore) sul peso del cemento che dovrà essere del tipo ad alta resistenza e in dosaggio superiore rispetto alla norma. Per evitare concentrazioni del prodotto prima dell'uso, esso dovrà essere opportunamente miscelato al fine di favorire la solubilità a basse temperature. In generale per quanto non specificato si rimanda alle seguenti norme UNI 7169, UNI 7119 e UNI 7121.

La direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima e dopo l'impiego, mediante:

- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo secondo previste dal D.M. 9 gennaio 1996.

Le prove di resistenza a compressione di regola devono essere eseguite dopo la stagionatura di 28 giorni, la presenza dell'additivo non deve comportare diminuzione della resistenza del calcestruzzo.

#### 6.2.4 Additivi fluidificanti e superfluidificanti

Gli additivi fluidificanti sono da utilizzarsi per aumentare la fluidità degli impasti, mantenendo costante il rapporto acqua/cemento e la resistenza del calcestruzzo, previa autorizzazione della direzione dei lavori. Il dosaggio degli additivi fluidificanti dovrà essere contenuto tra 0,2 e 0,3% (ovvero come indicato dal fornitore) sul peso del cemento. Gli additivi superfluidificanti vengono aggiunti in quantità superiori al 2% rispetto al peso del cemento. In generale per quanto non



specificato si rimanda alla norma UNI EN 934-2. La direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima e dopo l'impiego, con riferimento alle norme – UNI 8019 e UNI 7120 e al D.M. 9 gennaio 1996.

#### 6.2.5 Additivi aeranti

Gli additivi aeranti sono da utilizzarsi per migliorare la resistenza del calcestruzzo ai cicli di gelo e disgelo, previa autorizzazione della direzione dei lavori. La quantità dell'aerante deve essere compresa tra 0,005 e 0,05% (ovvero come indicato dal fornitore) sul peso del cemento. La direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima e dopo l'impiego, con riferimento alle norme: UNI 6395, UNI 7087, UNI 7120 e al D.M. 9 gennaio 1996. Le prove di resistenza a compressione di regola devono essere eseguite dopo la stagionatura del calcestruzzo e non prima di 28 giorni.

#### 6.2.6 Agenti espansivi

Gli agenti espansivi sono da utilizzarsi per aumentare il volume del calcestruzzo sia in fase plastica che indurito, previa autorizzazione della direzione dei lavori. La quantità dell'aerante deve essere compresa tra 7 e 16% (ovvero come indicato dal fornitore) sul peso del cemento. In generale per quanto non specificato si rimanda alle seguenti norme: UNI 8176, UNI 8177, UNI 8178, UNI 8179, UNI 7121. La direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima e dopo l'impiego con riferimento al D.M. 9 gennaio 1996. Le prove di resistenza a compressione di regola devono essere eseguite dopo la stagionatura del calcestruzzo e non prima di 28 giorni.

#### 6.2.7 Metodi di prova

In generale per quanto non specificato si rimanda alle seguenti norme: UNI 7116, UNI 7112, UNI 7117, UNI 7115, UNI 7115, UNI 7117, UNI 7119, UNI EN 934, UNI 16765.

### **Art. 7 - Malte e calcestruzzi**

#### **7.1 Malte tradizionali**

L'acqua per gli impasti deve essere limpida, priva di sostanze organiche o grassi, non deve essere aggressiva né contenere solfati o cloruri in percentuale dannosa. La sabbia da impiegare per il confezionamento delle malte deve essere priva di sostanze organiche, terrose o argillose. Le calci aeree, le pozzolane ed i leganti idraulici devono possedere le caratteristiche tecniche ed i requisiti previsti dalle vigenti norme (R.D. 15 novembre 1939, n. 2030 e R.D. n. 2031; legge 26 maggio 1965, n. 595, D.M. 17 gennaio 1966, D.M. 3 giugno 1968, D.M. 3 agosto 1972). L'impiego di malte premiscelate e pronte per l'uso è consentito purché ogni fornitura sia accompagnata da una dichiarazione del fornitore attestante il gruppo della malta, il tipo e la quantità dei leganti e degli eventuali additivi. Qualora il tipo di malta non rientri tra quelli appresso indicati, il fornitore dovrà certificare con prove ufficiali anche le caratteristiche di resistenza della malta stessa. Le modalità per la determinazione della resistenza a compressione delle malte sono riportate nel D.M. 3 giugno 1968 così come modificato dal D.M. 17 settembre 1993. I tipi di malta e le loro classi sono definite in rapporto alla composizione in volume secondo la seguente tabella:

*Tabella 2: Classe e tipi di malta (D.M. 19 novembre 1987).*

Classe	Tipo di malta	Composizione				
		Cemento	Calce aerea	Calce idraulica	Sabbia	Pozzolana
M4	Idraulica	-	-	1	3	-
M4	Pozzolonica	-	1	-	-	3
M4	Bastarda	1	-	2	9	-
M3	Bastarda	1	-	1	5	-
M2	Cementizia	1	-	0,5	4	-
M1	Cementizia	1	-	-	3	-

*Tabella 3: Rapporti di miscela delle malte (AITEC).*

Tipo di malta	Rapporti in volume	Quantità per 1 m3 di malta (kg)
Calce idrata, sabbia	1: 3,5	172-1.300
	1: 4,5	116-1.300
Calce idraulica, sabbia	1:3	270-1.300
	1:4	190-1.300
Calce eminentemente idraulica, sabbia	1:3	330-1.300
	1:4	250-1.300
Calce idrata, cemento, sabbia	2:1:8	125-150-1.300
	2:1:9	116-170-1.300
Cemento, sabbia	1:3	400-1.300
	1:4	300-1.300

Alla malta cementizia si può aggiungere una piccola quantità di calce aerea con funzione plastificante.

## 7.2 Malte speciali

Le malte speciali a base cementizia (espansive, autoportanti, antiritiro, ecc.) composte da cementi ad alta resistenza, inerti, silice, additivi, da impiegarsi nei ripristini di elementi strutturali in c.a., impermeabilizzazioni, iniezioni armate, devono possedere le caratteristiche indicate nel progetto esecutivo, in caso di applicazione di prodotti equivalenti gli stessi devono essere accettati ed autorizzati dalla direzione dei lavori. Per le malte cementizie espansive premiscelate per ancoraggi si rimanda alle prescrizioni delle seguenti norme: UNI 8993 (Definizione e classificazione) – UNI 8994 (Controllo dell'idoneità) – UNI 8995 (Determinazione della massa volumica della malta fresca) – UNI 8996 (Determinazione dell'espansione libera in fase plastica) – UNI 8997 (Malte superfluide. Determinazione della consistenza mediante cabaletta) – UNI 8998 (Determinazione della quantità d'acqua d'impasto essudata). Per i prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo si rinvia alla UNI EN 12180.

## 7.3 Calcestruzzi

La distribuzione granulometrica degli inerti, il tipo di cemento e la consistenza dell'impasto, devono essere adeguati alla particolare destinazione del getto, ed al procedimento di posa in opera del conglomerato. Il quantitativo d'acqua deve essere il minimo necessario a consentire una buona lavorabilità del conglomerato tenendo conto anche dell'acqua contenuta negli inerti. Partendo dagli elementi già fissati il rapporto acqua-cemento, e pertanto il dosaggio del cemento, dovrà essere scelto in relazione alla resistenza richiesta per il conglomerato. L'impasto deve essere fatto con mezzi idonei ed il dosaggio dei componenti eseguito con modalità atte a garantire la costanza del proporzionamento previsto in sede di progetto.

## Art. 8 - Cemento e calce

### 8.1 Cementi

#### 8.1.1 Fornitura

I sacchi debbono essere in perfetto stato di conservazione; se l'imballaggio fosse comunque manomesso o il prodotto avariato, la merce può essere rifiutata. Se i leganti sono forniti alla rinfusa, la provenienza e la qualità degli stessi devono essere dichiarate con documenti di accompagnamento della merce. La qualità potrà essere accertata mediante prelievo di campioni e loro analisi.

#### 8.1.2 Marchio di conformità

L'attestato di conformità autorizza il produttore ad apporre il marchio di conformità sull'imballaggio e sulla documentazione di accompagnamento relativa al cemento certificato. Il marchio di conformità è costituito dal simbolo dell'organismo abilitato seguito da:

- nome del produttore e della fabbrica ed eventualmente del loro marchio o dei marchi di identificazione;
- ultime due cifre dell'anno nel quale è stato apposto il marchio di conformità;
- numero dell'attestato di conformità;
- descrizione del cemento;
- estremi del decreto.

Ogni altra dicitura è preventivamente sottoposta all'approvazione dell'organismo abilitato.

*Tabella 4: Requisiti meccanici e fisici dei cementi (D.M. 12 luglio 1999, n. 317).*

Classe	Resistenza alla compressione (N/mm2)				Tempo inizio presa min	Espansione m/m
	Resistenza iniziale		Resistenza normalizzata 28 giorni			
	2 giorni	7giorni				
32,5	-	> 15	≥ 32,5	≤ 52,5	≥ 60	≤ 16
32,5 R	> 16	-				
42,5	> 16	-	≥ 42,5	≤ 62,5		
42,5 R	> 19	-				
52,5	> 16	-	≥ 52,5		≥ 45	
52.5 R	> 30	-				

*Tabella 5: Requisiti chimici dei cementi (D.M. 12 luglio 1999, n. 317).*

Proprietà	Prova secondo	Tipo di cemento	Classe di resistenza	Requisiti
Perdita al fuoco	EN 186-2	CEM I - CEM III	Tutte le classi	$\leq 5,0\%$
Residuo insolubile	EN 186-2	CEM I - CEM III	Tutte le classi	$\leq 5,0\%$
Solfati come (SO <sub>3</sub> )	EN 186-2	CEM I CEM II (2) CEM IV CEM V	32,5 32,5 R 42,5	$\leq 3,5\%$
			42,5 R 52,5 52,5 R	$\leq 4,0\%$
		CEM III (3)	Tutte le classi	
Cloruri	EN 186-21	Tutti i tipi (4)	Tutte le classi	$\leq 0,16\%$
Pozzolanicità	EN 186-5	CEM IV	Tutte le classi	Esito positivo della prova

1) I requisiti sono espressi come percentuale in massa  
 2) Questa indicazione comprende i cementi tipo CEM II/A e CEM II/B, ivi compresi i cementi Portland composti contenenti solo un altro componente principale, per esempio II/A-S o II/B-V, salvo il tipo CEM II/B-T che può contenere fino al 4,5% di SO<sub>3</sub>, per tutte le classi di resistenza.  
 3) Il cemento tipo CEM III/C può contenere fino al 4,5% di SO<sub>3</sub>.  
 4) Il cemento tipo CEM III può contenere più dello 0,160% di cloruri ma in tal caso si dovrà dichiarare il contenuto effettivo in cloruri.

*Tabella 6: Valori limite dei cementi (D.M. 12 luglio 1999, n. 317).*

Proprietà		Valori limite					
		Classe di resistenza					
		32,5	32,5R	42,5	42,5R	52,5	52,5R
Limite inferiore di resistenza (N/mm2)	2 giorni	-	8,0	8,0	18,0	18,0	28,0
	7 giorni	17,0	-	-	-	-	-
	28 giorni	30,0	30,0	40,0	40,0	50,0	50,0
Tempo di inizio presa – Limite inferiore (min)		45			40		
Stabilità (mm) – Limite superiore		11					
Contenuto di SO3 (%) Limite superiore	Tipo I Tipo II (1) Tipo IV Tipo V	4,0			4,5		
	Tipo III/A Tipo III/B	4,5					
	Tipo III/C	5,0					
	Contenuto di cloruri (%) – Limite superiore (2)	0,11					
Pozzolanicità		Positiva a 15 giorni					
(1) Il cemento tipo II/B può contenere fino al 5% di SO3 per tutte le classi di resistenza							
(2) Il cemento tipo III può contenere più dello 0,11% di cloruri, ma in tal caso deve essere dichiarato il contenuto reale di cloruri.							

### 8.1.3 Calci

Le calci impiegate devono avere le caratteristiche ed i requisiti prescritti dal R.D. 15 novembre 1939, n. 2031, (aggiornato alla G.U. 29 agosto 1900) recante norme per l'accettazione delle calci.

## **Art. 9 - Geotessili**

Per geotessili si intendono i prodotti utilizzati per costituire strati di separazione, contenimento, filtranti, drenaggio in opere di terra (rilevati, scarpate, strade, giardini, ecc.) ed in coperture. La natura del polimero costituente può essere poliestere, polipropilene, poliammide, ecc.). Si distinguono in:

- tessuti: stoffe realizzate intrecciando due serie di fili (realizzando ordito e trama);
- non tessuti: feltri costituiti da fibre o filamenti distribuiti in maniera casuale, legati tra loro con trattamento meccanico (agugliatura) oppure chimico (impregnazione) oppure termico (fusione). Si hanno non tessuti ottenuti da fiocco o da filamento continuo. Sono caratterizzati da:
  - filamento continuo (o da fiocco);
  - trattamento legante meccanico (o chimico o termico);

Il soddisfacimento delle prescrizioni predette s'intende comprovato quando il prodotto risponde ad una norma UNI di cui al successivo punto e/o è in possesso di attestato di conformità; in loro mancanza valgono i valori dichiarati dal produttore ed accettati dalla direzione dei lavori. Quando non è specificato nel progetto esecutivo, o negli articoli s'intendono forniti rispondenti alle seguenti norme:

### a) Geotessili

- UNI EN 918 – Geotessili e prodotti affini – Prova di punzonamento dinamico (metodo della caduta del cono).
- UNI EN ISO 9863-2 – Geotessili e prodotti affini – Determinazione dello spessore a pressioni stabilite – Procedura per la determinazione dello spessore dei singoli strati di prodotti multistrato.
- UNI EN ISO 16318 – Geotessili – Prova di trazione a banda larga.
- UNI EN ISO 16321 – Geotessili – Prova di trazione a banda larga per giunzioni e cuciture.
- UNI ENV 12147 – Geotessili e prodotti affini – Metodo di prova per la determinazione della resistenza all'idrolisi.
- UNI ENV 12021 – Geotessili e prodotti affini – Determinazione della resistenza agli agenti atmosferici.
- UNI ENV 12025 – Geotessili e prodotti affini – Metodo per la determinazione della resistenza microbiologica mediante prova di interrimento.
- UNI ENV 12026 – Geotessili e prodotti affini – Prove generali per valutazioni successive a prove di durabilità.
- UNI EN ISO 12036 – Geotessili e prodotti affini – Prova di punzonamento statico (metodo CBR).
- UNI ENV ISO 17438 – Geotessili e prodotti affini – Metodo di prova per la determinazione della resistenza all'ossidazione.

### b) Nontessuti

- UNI 8279-1 – Nontessuti. Metodi di prova. Campionamento.
- UNI 8279-3 – Nontessuti. Metodi di prova. Determinazione della permeabilità all'aria.
- UNI 8279-4 – Nontessuti. Metodi di prova. Prova di trazione (metodo di Grab).
- UNI 8279-5 – Nontessuti. Metodi di prova. Determinazione dell'assorbimento di liquidi (metodo del cestello).
- UNI 8279-6 – Nontessuti. Metodi di prova. Determinazione dell'assorbimento di liquidi (metodo della rete).
- UNI 8279-7 – Nontessuti. Metodi di prova. Determinazione dell'ascensione capillare.
- UNI 8279-11 – Nontessuti. Metodi di prova. Determinazione della resistenza alla perforazione con il metodo della sfera.
- UNI 8279-12 – Nontessuti. Metodi di prova. Determinazione della variazione dimensionale a caldo.

- UNI 8279-17 – Nontessuti. Metodi di prova. Determinazione del coefficiente di permeabilità radiale all'acqua.
- UNI 8279-17 – Nontessuti. Metodi di prova. Determinazione della resistenza al punzonamento e della deformazione a rottura (metodo della penetrazione).
- UNI 8279-15 – Nontessuti. Metodi di prova. Determinazione del tempo di assorbimento di acqua (metodo della goccia).
- UNI EN 29073-1 – Tessili. Metodi di prova per nontessuti. Determinazione della massa areica.
- UNI EN 29073-3 – Tessili. Metodi di prova per nontessuti. Determinazione della resistenza a trazione e dell'allungamento.
- UNI EN 29092 – Tessili. Nontessuti. Definizione.

## Art. 10 - Impermeabilizzazioni

### 10.1 Generalità

I prodotti per impermeabilizzazioni sono sotto forma di:

- membrane in fogli e/o rotoli da applicare a freddo o a caldo, in fogli singoli o pluristrato;
- prodotti forniti in contenitori (solitamente liquidi e/o in pasta) da applicare a freddo o a caldo su eventuali armature (che restano inglobate nello strato finale) fino a formare in situ una membrana continua.

### 10.2 Membrane

Le membrane si classificano in base:

- 1) al materiale componente (esempio: bitume ossidato fillerizzato, bitume polimero elastomero, bitume polimero plastomero, etilene propilene diene, etilene vinil acetato, ecc.);
- 2) al materiale di armatura inserito nella membrana (esempio: armatura vetro velo, armatura poliammide tessuto, armatura polipropilene film, armatura alluminio foglio sottile, ecc.);
- 3) al materiale di finitura della faccia superiore (esempio: poliestere film da non asportare, polietilene film da non asportare, graniglie, ecc.);
- 4) al materiale di finitura della faccia inferiore (esempio: poliestere non tessuto, sughero, alluminio foglio sottile, ecc.).

### 10.3 Prodotti forniti in contenitori

I prodotti forniti in contenitori possono essere:

- 1) mastici di rocce asphaltiche e di asfalto sintetico;
- 2) asfalti colati;
- 3) malte asphaltiche;
- 4) prodotti termoplastici;
- 5) soluzioni in solvente di bitume;
- 6) emulsioni acquose di bitume;
- 7) prodotti a base di polimeri organici.

Il direttore dei lavori ai fini della loro accettazione può procedere a controlli (anche parziali) su campioni della fornitura oppure richiedere un attestato di conformità della fornitura alle prescrizioni di seguito indicate. Le membrane in relazione allo strato funzionale che vanno a costituire (esempio strato di tenuta all'acqua, strato di tenuta all'aria, strato di schermo e/o barriera al vapore, strato di protezione degli strati sottostanti, ecc.) devono rispondere alle prescrizioni del progetto ed in mancanza o a loro completamento alla norma UNI 8178

#### 10.4 Membrane destinate a formare strati di tenuta all'acqua

Le membrane destinate a formare strati di tenuta all'acqua devono soddisfare:

- le tolleranze dimensionali (lunghezza, larghezza, spessore);
- difetti, ortometria e massa areica;
- resistenza a trazione e alla lacerazione;
- punzonamento statico e dinamico;
- flessibilità a freddo;
- stabilità dimensionale in seguito ad azione termica;
- stabilità di forma a caldo;
- impermeabilità all'acqua e comportamento all'acqua;
- permeabilità al vapore d'acqua;
- resistenza all'azione perforante delle radici;
- invecchiamento termico in aria ed acqua;
- resistenza all'ozono (solo per polimeriche e plastomeriche);
- resistenza ad azioni combinate (solo per polimeriche e plastomeriche);
- le giunzioni devono resistere adeguatamente alla trazione ed avere impermeabilità all'aria.

Per quanto riguarda le caratteristiche predette esse devono rispondere alle varie parti della norma UNI 8629 (varie parti), oppure per i prodotti non normati rispondere ai valori dichiarati dal fabbricante ed accettati dalla direzione dei lavori.

#### 10.5 Membrane destinate a formare strati di protezione

Le membrane destinate a formare strati di protezione devono soddisfare:

- le tolleranze dimensionali (lunghezza, larghezza, spessore);
- difetti, ortometria e massa areica;
- resistenza a trazione e alle lacerazioni;
- punzonamento statico e dinamico;
- flessibilità a freddo;
- stabilità dimensionali a seguito di azione termica;
- stabilità di forma a caldo (esclusi prodotti a base di PVC, EPDM, IIR);
- comportamento all'acqua;
- resistenza all'azione perforante delle radici;
- invecchiamento termico in aria;
- le giunzioni devono resistere adeguatamente alla trazione;
- l'autoprotezione minerale deve resistere all'azione di distacco.

Per quanto riguarda le caratteristiche predette esse devono rispondere alle varie parti della norma UNI 8629 (varie parti), oppure per i prodotti non normati rispondere ai valori dichiarati dal fabbricante ed accettati dalla direzione dei lavori.

#### 10.6 Membrane a base di elastomeri e di plastomeri

Le membrane a base di elastomeri e di plastomeri dei tipi elencati nel seguente lettera a) utilizzate per impermeabilizzazione delle opere elencate nel seguente lettera b) devono rispondere alle prescrizioni elencate nel successiva lettera c).

a) I tipi di membrane considerati sono:

- membrane in materiale elastomerico senza armatura (per materiale elastomerico si intende un materiale che sia fondamentalmente elastico anche a temperature superiori o inferiori a quelle di normale impiego e/o che abbia subito un processo di reticolazione per esempio gomma vulcanizzata);
- membrane in materiale elastomerico dotate di armatura (per materiale elastomerico si intende un materiale che sia relativamente elastico solo entro un intervallo di temperatura corrispondente generalmente a quello di impiego ma che non abbia subito alcun processo di reticolazione come per esempio cloruro di polivinile plastificato o altri materiali termoplastici flessibili o gomme non vulcanizzate);
- membrane in materiale plastomerico flessibile senza armatura;
- membrane in materiale plastomerico flessibile dotate di armatura;
- membrane in materiale plastomerico rigido (per esempio polietilene ad alta o bassa densità, reticolato o non, polipropilene);
- membrane polimeriche a reticolazione posticipata (per esempio polietilene clorosolfonato) dotate di armatura;
- membrane polimeriche accoppiate (membrane polimeriche accoppiate o incollate sulla faccia interna ad altri elementi aventi funzioni di protezione altra funzione particolare, comunque non di tenuta. In questi casi, quando la parte accoppiata all'elemento polimerico impermeabilizzante ha importanza fondamentale per il comportamento in opera della membrana, le prove devono essere eseguite sulla membrana come fornita dal produttore).

b) Classi di utilizzo:

- classe A – membrane adatte per condizioni eminentemente statiche del contenuto (per esempio, bacini, dighe, sbarramenti, ecc.);
- classe B – membrane adatte per condizioni dinamiche del contenuto (per esempio, canali, acquedotti, ecc.);
- classe C – membrane adatte per condizioni di sollecitazioni meccaniche particolarmente gravose, concentrate o no (per esempio, fondazioni, impalcati di ponti, gallerie, ecc.);
- classe D – membrane adatte anche in condizioni di intensa esposizione agli agenti atmosferici e/o alla luce.
- classe E – membrane adatte per impieghi in presenza di materiali inquinanti e/o aggressivi (per esempio, discariche, vasche di raccolta e/o decantazione, ecc.);
- classe F – membrane adatte per il contatto con acqua potabile o sostanze di uso alimentare (per esempio, acquedotti, serbatoi, contenitori per alimenti, ecc.).
- Nell'utilizzo delle membrane polimeriche per impermeabilizzazione, possono essere necessarie anche caratteristiche comuni a più classi.

c) Le membrane di cui alla lettera a) sono valide per gli impieghi di cui alla lettera b) purché rispettino le caratteristiche previste nelle varie parti della norma UNI 8898 (varie parti).

## 10.7 Prodotti forniti sotto forma di liquidi o paste

I prodotti forniti solitamente sotto forma di liquidi o paste, destinati principalmente a realizzare strati di tenuta all'acqua (ma anche altri strati funzionali della copertura piana) a secondo del materiale costituente, devono rispondere alle caratteristiche ed ai limiti di riferimento normalmente applicati; quando non sono riportati limiti si intende che valgono quelli dichiarati dal produttore nella sua documentazione tecnica ed accettati dalla direzione dei lavori.

### 10.7.1 Bitumi da spalmatura per impermeabilizzazioni

I bitumi da spalmatura per impermeabilizzazioni (in solvente e/o emulsione acquosa) devono rispondere ai limiti specificati, per i diversi tipi, alle prescrizioni delle seguenti norme UNI 4157 e UNI 4153.



*Tabella 7: Caratteristiche dei bitumi da spalmatura.*

Indicazione per la designazione	Penetrazione a 25°C (dmm/min)	Punto di rammolimento (palla anello °C/min)
0	40	55
15	35	65
25	19	80

#### 10.1.b Prodotti fluidi o in pasta a base di polimeri organici

I prodotti fluidi o in pasta a base di polimeri organici (bituminosi, epossidici, poliuretanici, epossipoliuretanici, epossicatrame, polimetencatrame, polimeri clorurati, acrilici, vinilici, polimeri isomerizzati) devono essere valutate in base alle caratteristiche e ai limiti di riferimento normalmente applicati; quando non sono riportati limiti si intende che valgono quelli dichiarati dal produttore nella sua documentazione tecnica ed accettati dalla direzione dei lavori.

### Art. 11 - Acciaio

#### 11.1 Prescrizioni comuni a tutte le tipologie di acciaio

Gli acciai per armature di c.a. e c.a.p. debbono corrispondere ai tipi ed alle caratteristiche stabilite dal D.M. attuativo della Legge 5 Novembre 1971, n. 1686 e relative circolari interpretative in particolare al D.M. 17/01/2019. Le modalità di prelievo dei campioni da sottoporre a prova per il controllo sono quelle previste dallo stesso Decreto Ministeriale per ogni tipo di acciaio. I campioni saranno prelevati in contraddittorio con l'Impresa ed inviati a cura della Direzione dei Lavori ed a spese dell'Impresa ad un Laboratorio ufficiale. Di tale operazione dovrà essere redatto apposito verbale controfirmato dalle parti. La Direzione dei Lavori darà benestare per la posa in opera di ciascuna partita soltanto dopo che avrà ricevuto il relativo certificato di prova e ne avrà constatato l'esito positivo. Nel caso di esito negativo si procederà come indicato nel Decreto Ministeriale attuativo della Legge 5.11.1971 n° 1686 e relative circolari interpretative.

##### 11.1.1 Controlli

Le presenti norme prevedono tre forme di controllo obbligatorie:

- in stabilimento di produzione, da eseguirsi sui lotti di produzione;
- nei centri di trasformazione, da eseguirsi sulle forniture;
- di accettazione in cantiere, da eseguirsi sui lotti di spedizione.

A tale riguardo si definiscono:

- Lotti di produzione: si riferiscono a produzione continua, ordinata cronologicamente mediante apposizione di contrassegni al prodotto finito (rotolo finito, bobina di trefolo, fascio di barre, ecc.). Un lotto di produzione deve avere valori delle grandezze nominali omogenee (dimensionali, meccaniche, di formazione) e può essere compreso tra 30 e 119 tonnellate.
- Forniture: sono lotti formati da massimo 90 t, costituiti da prodotti aventi valori delle grandezze nominali omogenee.
- Lotti di spedizione: sono lotti formati da massimo 30 t, spediti in un'unica volta, costituiti da prodotti aventi valori delle grandezze nominali omogenee.

##### 11.1.2 Controlli di produzione in stabilimento e procedure di qualificazione

Tutti gli acciai oggetto delle presenti norme, siano essi destinati ad utilizzo come armature per cemento armato ordinario o precompresso o ad utilizzo diretto come carpenterie in strutture metalliche devono essere prodotti con un sistema permanente di controllo interno della produzione in stabilimento che deve assicurare il mantenimento dello stesso livello di affidabilità nella conformità del prodotto finito, indipendentemente dal processo di produzione. Fatto salvo quanto

disposto dalle norme europee armonizzate, ove applicabili, il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con la norma UNI EN ISO 9001:1900 e certificato da parte di un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con le norme UNI CEI EN ISO/IEC 17021:1906. Ai fini della certificazione del sistema di gestione della qualità del processo produttivo il produttore e l'organismo di certificazione di processo potranno fare utile riferimento alle indicazioni contenute nelle relative norme disponibili UNI EN 16080:1905, della serie UNI EN 16025:1905, UNI EN 16216:1906 e UNI EN 16219:1906. Quando non sia applicabile la marcatura CE, ai sensi del DPR n.216/93 di recepimento della direttiva 89/166/CEE, la valutazione della conformità del controllo di produzione in stabilimento e del prodotto finito è effettuata attraverso la procedura di qualificazione di seguito indicata. Il Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei lavori pubblici è organismo abilitato al rilascio dell'attestato di qualificazione per gli acciai di cui sopra.

L'inizio della procedura di qualificazione deve essere preventivamente comunicato al Servizio Tecnico Centrale allegando una relazione ove siano riportati:

- 1) elenco e caratteristiche dei prodotti che si intende qualificare (tipo, dimensioni, caratteristiche meccaniche e chimiche, ecc.);
- 2) indicazione dello stabilimento e descrizione degli impianti e dei processi di produzione;
- 3) descrizione dell'organizzazione del controllo interno di qualità con indicazione delle responsabilità aziendali;
- 4) copia della certificazione del sistema di gestione della qualità;
- 5) indicazione dei responsabili aziendali incaricati della firma dei certificati;
- 6) descrizione particolareggiata delle apparecchiature e degli strumenti del Laboratorio interno di stabilimento per il controllo continuo di qualità;
- 7) dichiarazione con la quale si attesti che il servizio di controllo interno della qualità sovrintende ai controlli di produzione ed è indipendente dai servizi di produzione;
- 8) modalità di marchiatura che si intende adottare per l'identificazione del prodotto finito;
- 9) descrizione delle condizioni generali di fabbricazione del prodotto nonché dell'approvvigionamento delle materie prime e del prodotto intermedio (billette, rotoli, vergella, lamiere, laminati, ecc.);
- 10) copia controllata del manuale di qualità aziendale, coerente alla norma UNI EN ISO 9001:1900.

Il Servizio Tecnico Centrale verifica la completezza e congruità della documentazione presentata e procede a una verifica documentale preliminare della idoneità dei processi produttivi e del Sistema di Gestione della Qualità nel suo complesso. Se tale verifica preliminare ha esito positivo, il Servizio Tecnico Centrale potrà effettuare una verifica ispettiva presso lo stabilimento di produzione. Il risultato della Verifica Documentale Preliminare unitamente al risultato della Verifica Ispettiva saranno oggetto di successiva valutazione da parte del Servizio Tecnico Centrale per la necessaria ratifica e notifica al produttore. In caso di esito positivo il Produttore potrà proseguire nella Procedura di Qualificazione del Prodotto. In caso negativo saranno richieste al Produttore le opportune azioni correttive che dovranno essere implementate.

La Procedura di Qualificazione del Prodotto continua con:

- esecuzione delle Prove di Qualificazione a cura di un Laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/1901 incaricato dal Servizio Tecnico Centrale su proposta del produttore secondo le procedure di cui al § 12.1.4;
- invio dei risultati delle prove di qualificazione da sottoporre a giudizio di conformità al Servizio Tecnico Centrale da parte del laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/1901 incaricato;

- in caso di giudizio positivo il Servizio Tecnico Centrale provvede al rilascio dell'Attestato di Qualificazione al produttore e inserisce il Produttore nel Catalogo Ufficiale dei Prodotti Qualificati che sarà reso pubblicamente disponibile;
- in caso di giudizio negativo, il Produttore può individuare le cause delle non conformità, apportare le opportune azioni correttive, dandone comunicazione sia al Servizio Tecnico Centrale che al Laboratorio incaricato e successivamente ripetere le prove di qualificazione. Il prodotto può essere immesso sul mercato solo dopo il rilascio dell'Attestato di Qualificazione. La qualificazione ha validità 5 (cinque) anni.

#### 11.1.3 Mantenimento e rinnovo della qualificazione

Per il mantenimento della qualificazione i Produttori sono tenuti, con cadenza semestrale entro 60 giorni dalla data di scadenza del semestre di riferimento ad inviare al Servizio Tecnico Centrale:

- 1) dichiarazione attestante la permanenza delle condizioni iniziali di idoneità del processo produttivo, dell'organizzazione del controllo interno di produzione in fabbrica;
- 2) i risultati dei controlli interni eseguiti nel semestre sul prodotto nonché la loro elaborazione statistica con l'indicazione del quantitativo di produzione e del numero delle prove;
- 3) i risultati dei controlli eseguiti nel corso delle prove di verifica periodica della qualità, da parte del laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/1901 incaricato;
- 4) la documentazione di conformità statistica dei parametri rilevati (di cui ai prospetti relativi agli acciai specifici) nel corso delle prove di cui ai punti 2) e 3). Per la conformità statistica tra i risultati dei controlli interni ed i risultati dei controlli effettuati dal Laboratorio incaricato, devono essere utilizzati metodi statistici di confronto delle varianze e delle medie delle due serie di dati, secondo i procedimenti del controllo della qualità (a tal fine si potrà fare utile riferimento alle norme UNI 6809:1972 e UNI 6806:1972).

Il Produttore deve segnalare al Servizio Tecnico Centrale ogni eventuale modifica al processo produttivo o al sistema di controllo anche temporanea. Il Servizio Tecnico Centrale esamina la documentazione, ne accerta la conformità ai requisiti previsti nelle presenti norme e rilascia l'Attestato di Conferma della qualificazione. Ogni sospensione della produzione deve essere tempestivamente comunicata al Servizio Tecnico Centrale indicandone le motivazioni. Qualora la produzione venga sospesa per oltre un anno, la procedura di qualificazione deve essere ripetuta. La sospensione della produzione non esenta gli organismi incaricati dall'effettuare le visite di ispezione periodica della qualità di processo di cui ai §§ 12.2.11, 12.2.12. Il Servizio Tecnico Centrale può effettuare o far effettuare, in qualsiasi momento, al Laboratorio incaricato ulteriori visite ispettive finalizzate all'accertamento della sussistenza dei requisiti previsti per la qualificazione. Al termine del periodo di validità di 5 (cinque) anni dell'Attestato di Qualificazione il produttore deve chiedere il rinnovo, il Servizio Tecnico Centrale, valutata anche la conformità relativa all'intera documentazione fornita nei 5 (cinque) anni precedenti, rinnoverà la qualificazione. Il mancato invio della documentazione di cui sopra entro i previsti sessanta giorni ovvero l'accertamento da parte del Servizio Tecnico Centrale di rilevanti non conformità, comporta la sospensione ovvero la decadenza della qualificazione.

#### 11.1.4 Identificazione e rintracciabilità dei prodotti qualificati

Ciascun prodotto qualificato deve costantemente essere riconoscibile per quanto concerne le caratteristiche qualitative e riconducibile allo stabilimento di produzione tramite marchiatura indelebile depositata presso il Servizio Tecnico Centrale, dalla quale risulti, in modo inequivocabile, il riferimento all'Azienda produttrice, allo Stabilimento, al tipo di acciaio ed alla sua eventuale saldabilità. Ogni prodotto deve essere marchiato con identificativi diversi da quelli di prodotti aventi differenti caratteristiche, ma fabbricati nello stesso stabilimento e con identificativi differenti da quelli di prodotti con uguali caratteristiche ma fabbricati in altri stabilimenti, siano essi o meno dello stesso produttore. La

marchiatura deve essere inalterabile nel tempo e senza possibilità di manomissione. Per stabilimento si intende una unità produttiva a sé stante, con impianti propri e magazzini per il prodotto finito. Nel caso di unità produttive multiple appartenenti allo stesso produttore, la qualificazione deve essere ripetuta per ognuna di esse e per ogni tipo di prodotto in esse fabbricato. Considerata la diversa natura, forma e dimensione dei prodotti, le caratteristiche degli impianti per la loro produzione, nonché la possibilità di fornitura sia in pezzi singoli sia in fasci, differenti possono essere i sistemi di marchiatura adottati, anche in relazione all'uso, quali ad esempio l'impressione sui cilindri di laminazione, la punzonatura a caldo e a freddo, la stampigliatura a vernice, la targhetatura, la sigillatura dei fasci e altri. Permane comunque l'obbligatorietà del marchio di laminazione per quanto riguarda barre e rotoli. Comunque, per quanto possibile, anche in relazione all'uso del prodotto, il produttore è tenuto a marciare ogni singolo pezzo. Ove ciò non sia possibile, per la specifica tipologia del prodotto, la marchiatura deve essere tale che prima dell'apertura dell'eventuale ultima e più piccola confezione (fascio, bobina, rotolo, pacco, ecc.) il prodotto sia riconducibile al produttore, al tipo di acciaio nonché al lotto di produzione e alla data di produzione. Tenendo presente che l'elemento determinante della marchiatura è costituito dalla sua inalterabilità nel tempo e, dalla impossibilità di manomissione, il produttore deve rispettare le modalità di marchiatura dichiarate nella documentazione presentata al Servizio Tecnico Centrale e deve comunicare tempestivamente eventuali modifiche apportate. La mancata marchiatura, la non corrispondenza a quanto depositato o la sua illeggibilità, anche parziale, rendono il prodotto non impiegabile. Qualora, sia presso gli utilizzatori, sia presso i commercianti, l'unità marchiata (pezzo singolo o fascio) venga scorporata, per cui una parte, o il tutto, perda l'originale marchiatura del prodotto è responsabilità sia degli utilizzatori sia dei commercianti documentare la provenienza mediante i documenti di accompagnamento del materiale e gli estremi del deposito del marchio presso il Servizio Tecnico Centrale. Nel primo caso i campioni destinati al laboratorio incaricato delle prove di cantiere devono essere accompagnati dalla sopraindicata documentazione e da una dichiarazione di provenienza rilasciata dal Direttore dei Lavori, quale risulta dai documenti di accompagnamento del materiale. I produttori ed i successivi intermediari devono assicurare una corretta archiviazione della documentazione di accompagnamento dei materiali garantendone la disponibilità per almeno 16 anni. Ai fini della rintracciabilità dei prodotti, il costruttore deve inoltre assicurare la conservazione della medesima documentazione, unitamente a marchiature o etichette di riconoscimento, fino al completamento delle operazioni di collaudo statico. Eventuali disposizioni supplementari atte a facilitare l'identificazione e la rintracciabilità del prodotto attraverso il marchio possono essere emesse dal Servizio Tecnico Centrale. Tutti i certificati relativi alle prove meccaniche degli acciai, sia in stabilimento che in cantiere o nel luogo di lavorazione, devono riportare l'indicazione del marchio identificativo, rilevato a cura del laboratorio incaricato dei controlli, sui campioni da sottoporre a prove. Ove i campioni fossero sprovvisti di tale marchio, oppure il marchio non dovesse rientrare fra quelli depositati presso il Servizio Tecnico Centrale le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai sensi delle presenti Norme e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso. In tal caso il materiale non può essere utilizzato ed il Laboratorio incaricato è tenuto ad informare di ciò il Servizio Tecnico Centrale.

#### 11.1.5 Forniture e documentazione di accompagnamento

Tutte le forniture di acciaio, per le quali non sussista l'obbligo della Marcatura CE, devono essere accompagnate dalla copia dell'attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale. L'attestato può essere utilizzato senza limitazione di tempo. Il riferimento a tale attestato deve essere riportato sul documento di trasporto. Le forniture effettuate da un commerciante intermedio devono essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal Produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante stesso. Il Direttore dei Lavori prima della messa in opera, è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del produttore.

#### 11.1.6 Prove di qualificazione e verifiche periodiche della qualità

I laboratori incaricati, di cui all'art. 59 del DPR n. 380/1901, devono operare secondo uno specifico piano di qualità approvato dal Servizio Tecnico Centrale. I certificati di prova emessi dovranno essere uniformati ad un modello standard elaborato dal Servizio Tecnico Centrale.

I relativi certificati devono contenere almeno:

- l'identificazione dell'azienda produttrice e dello stabilimento di produzione;
- l'indicazione del tipo di prodotto e della eventuale dichiarata saldabilità;
- il marchio di identificazione del prodotto depositato presso il Servizio Tecnico Centrale;
- gli estremi dell'attestato di qualificazione nonché l'ultimo attestato di conferma della qualificazione (per le sole verifiche periodiche della qualità);
- la data del prelievo, il luogo di effettuazione delle prove e la data di emissione del certificato;
- le dimensioni nominali ed effettive del prodotto ed i risultati delle prove eseguite;
- l'analisi chimica per i prodotti dichiarati saldabili (o comunque utilizzati per la fabbricazione di prodotti finiti elettrosaldati);
- le elaborazioni statistiche previste nei §§: 12.2.16, 12.2.11.

I prelievi in stabilimento sono effettuati, ove possibile, dalla linea di produzione. Le prove possono essere effettuate dai tecnici del laboratorio incaricato, anche presso lo stabilimento del produttore, qualora le attrezzature utilizzate siano tarate e la loro idoneità sia accertata e documentata. Di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione nel rapporto di prova nel quale deve essere presente la dichiarazione del rappresentante del laboratorio incaricato relativa all'idoneità delle attrezzature utilizzate. In caso di risultato negativo delle prove il Produttore deve individuare le cause e apportare le opportune azioni correttive, dandone comunicazione al Laboratorio incaricato e successivamente ripetere le prove di verifica. Le specifiche per l'effettuazione delle prove di qualificazione e delle verifiche periodiche della qualità, ivi compresa la cadenza temporale dei controlli stessi, sono riportate rispettivamente nei punti seguenti:

- § 12.2.16, per acciai per cemento armato in barre o rotoli;
- § 12.2.11, per acciai per reti e tralicci elettrosaldati.

#### 11.1.7 Centri di trasformazione

Si definisce Centro di trasformazione un impianto esterno alla fabbrica e/o al cantiere, fisso o mobile, che riceve dal produttore di acciaio elementi base (barre o rotoli, reti, lamiere o profilati, profilati cavi, ecc.) e confeziona elementi strutturali direttamente impiegabili in cantiere, pronti per la messa in opera o per successive lavorazioni. Il Centro di trasformazione può ricevere e lavorare solo prodotti qualificati all'origine, accompagnati dalla documentazione prevista al § 12.1.5. Particolare attenzione deve essere posta nel caso in cui nel centro di trasformazione, vengano utilizzati elementi base, comunque qualificati, ma provenienti da produttori differenti, attraverso specifiche procedure documentate che garantiscano la rintracciabilità dei prodotti. Il trasformatore deve dotarsi di un sistema di controllo della lavorazione allo scopo di assicurare che le lavorazioni effettuate non comportino alterazioni tali da compromettere le caratteristiche meccaniche e geometriche dei prodotti originari previste dalle presenti norme. Il sistema di gestione della qualità del prodotto, che sovrintende al processo di trasformazione, deve essere predisposto in coerenza con la norma UNI EN ISO 9001:1900 e certificato da parte di un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17021:1906. Tutti i prodotti forniti in cantiere dopo l'intervento di un trasformatore devono essere accompagnati da idonea documentazione, specificata nel seguito, che identifichi in modo inequivocabile il centro di trasformazione stesso. I centri di trasformazione sono identificati, ai sensi delle presenti Norme, come "luogo di lavorazione" e, come tali, sono tenuti ad effettuare una serie di controlli atti

a garantire la permanenza delle caratteristiche, sia meccaniche che geometriche, del materiale originario. I controlli devono essere effettuati secondo le disposizioni riportate nel seguito per ciascuna tipologia di acciaio lavorato. Nell'ambito del processo produttivo deve essere posta particolare attenzione ai processi di piegatura e di saldatura. In particolare, il Direttore Tecnico del centro di trasformazione deve verificare, tramite opportune prove, che le piegature e le saldature, anche nel caso di quelle non resistenti, non alterino le caratteristiche meccaniche originarie del prodotto. Per i processi sia di saldatura che di piegatura, si potrà fare utile riferimento alla normativa europea applicabile. Per quanto sopra, è fatto obbligo a tali centri di nominare un Direttore Tecnico dello stabilimento che opererà secondo il disposto dell'art. 64, comma 3, del DPR 380/01. I centri di trasformazione sono tenuti a dichiarare al Servizio Tecnico Centrale la loro attività, indicando l'organizzazione, i procedimenti di lavorazione, le massime dimensioni degli elementi base utilizzati, nonché fornire copia della certificazione del sistema di gestione della qualità che sovrintende al processo di trasformazione. Ogni centro di trasformazione dovrà inoltre indicare un proprio logo o marchio che identifichi in modo inequivocabile il centro stesso. Nella dichiarazione deve essere indicato l'impegno ad utilizzare esclusivamente elementi di base qualificati all'origine. Alla dichiarazione deve essere allegata la nota di incarico al Direttore Tecnico del centro di trasformazione, controfirmata dallo stesso per accettazione ed assunzione delle responsabilità, ai sensi delle presenti norme, sui controlli sui materiali. Il Servizio Tecnico Centrale attesta l'avvenuta presentazione della dichiarazione di cui sopra. La dichiarazione sopra citata deve essere confermata annualmente al Servizio Tecnico Centrale, con allegata una dichiarazione attestante che nulla è variato rispetto al precedente deposito, ovvero siano descritte le avvenute variazioni. Ogni fornitura in cantiere di elementi presaldati, presagomati o preassemblati deve essere accompagnata:

- a) da dichiarazione, su documento di trasporto, degli estremi dell'attestato di avvenuta dichiarazione di attività, rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale, recante il logo o il marchio del centro di trasformazione;
- b) dall'attestazione inerente l'esecuzione delle prove di controllo interno fatte eseguire dal Direttore Tecnico del centro di trasformazione, con l'indicazione dei giorni nei quali la fornitura è stata lavorata. Qualora il Direttore dei Lavori lo richieda, all'attestazione di cui sopra potrà seguire copia dei certificati relativi alle prove effettuate nei giorni in cui la lavorazione è stata effettuata.

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

## 11.2 Acciaio per cemento armato

È ammesso esclusivamente l'impiego di acciai saldabili qualificati secondo le procedure di cui al precedente § 74.1.2 e controllati con le modalità riportate nel § 12.2.11.

### 11.2.1 Acciaio per cemento armato B450C

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

Tabella 8: 11.2.1.a

$f_y$ nom	450 N/mm <sup>2</sup>
$f_t$ nom	540 N/mm <sup>2</sup>

e deve rispettare i requisiti indicati nella seguente tabella:

Tabella 9: 11.2.1.b

CARATTERISTICHE	REQUISITI	FRATTILE (%)
Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$	$\geq f_{y \text{ nom}}$	5.0
Tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$	$\geq f_{t \text{ nom}}$	5.0
$(f_t/f_y)k$	$\geq 1,15$ $< 1,35$	16.0
$(f_y/f_y \text{ nom})k$	$\leq 1,25$	16.0
Allungamento $(A_{gt})k$ :	$\geq 7,5 \%$	16.0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a $90^\circ$ e successivo raddrizzamento senza cricche: $\varnothing < 12 \text{ mm}$ $12 \leq \varnothing \leq 15 \text{ mm}$ per $15 < \varnothing \leq 25 \text{ mm}$ per $25 < \varnothing \leq 40 \text{ mm}$	$4\varnothing$ $5\varnothing$ $8\varnothing$ $16 \varnothing$	

Per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche vale quanto indicato al § 11.2.3.

#### 11.2.2 Acciaio per cemento armato B450A

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

Tabella 10: 11.2.3c.

CARATTERISTICHE	REQUISITI	FRATTILE (%)
Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$	$\geq f_{y \text{ nom}}$	5.0
Tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$	$\geq f_{t \text{ nom}}$	5.0
$(f_t/f_y)k$	$\geq 1,05$	16.0
$(f_y/f_y \text{ nom})k$	$\leq 1,25$	16.0
Allungamento $(A_{gt})k$ :	$\geq 2,5 \%$	16.0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a $90^\circ$ e successivo raddrizzamento senza cricche: $\varnothing \leq 16 \text{ mm}$	$4\varnothing$	

Per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche vale quanto indicato al § 11.2.3.

#### 11.2.3 Accertamento delle proprietà meccaniche

Per l'accertamento delle proprietà meccaniche di cui alle precedenti tabelle vale quanto indicato nella norma UNI EN ISO 15630-1: 1904. Per acciai deformati a freddo, ivi compresi i rotoli, le proprietà meccaniche sono determinate su provette mantenute per 60 minuti a  $160 \pm 16^\circ \text{C}$  e successivamente raffreddate in aria calma a temperatura ambiente. In ogni caso, qualora lo snervamento non sia chiaramente individuabile, si sostituisce  $f_y$  con  $f(0,2)$ . La prova di piegamento e raddrizzamento si esegue alla temperatura di  $19 \pm 5^\circ \text{C}$  piegando la provetta a  $90^\circ$ , mantenendola poi per 60 minuti a  $160 \pm 16^\circ \text{C}$  e procedendo, dopo raffreddamento in aria, al parziale raddrizzamento per almeno  $19^\circ$ . Dopo la prova il campione non deve presentare cricche.

#### 11.2.4 Caratteristiche dimensionali e di impiego

L'acciaio per cemento armato è generalmente prodotto in stabilimento sotto forma di barre o rotoli, reti o tralicci, per utilizzo diretto o come elementi di base per successive trasformazioni. Prima della fornitura in cantiere gli elementi di cui sopra possono essere saldati, presagomati (staffe, ferri piegati, ecc.) o preassemblati (gabbie di armatura, ecc.) a formare elementi composti direttamente utilizzabili in opera. La sagomatura e/o l'assemblaggio possono avvenire:

- in cantiere, sotto la vigilanza della Direzione Lavori;

- in centri di trasformazione, solo se provvisti dei requisiti di cui al § 11.1.7.

Tutti gli acciai per cemento armato devono essere ad aderenza migliorata, aventi cioè una superficie dotata di nervature o indentature trasversali, uniformemente distribuite sull'intera lunghezza, atte ad aumentarne l'aderenza al conglomerato cementizio. Per quanto riguarda la marchiatura dei prodotti vale quanto indicato al § 11.1.4. Per la documentazione di accompagnamento delle forniture vale quanto indicato al § 11.1.5. Le barre sono caratterizzate dal diametro Ø della barra tonda liscia equipesante, calcolato nell'ipotesi che la densità dell'acciaio sia pari a 7,85 kg/dm<sup>3</sup>. Gli acciai B450C, di cui al § 11.2.1, possono essere impiegati in barre di diametro Ø compreso tra 6 e 40 mm. Per gli acciai B450A, di cui al § 11.2.2 il diametro Ø delle barre deve essere compreso tra 5 e 16 mm. L'uso di acciai forniti in rotoli è ammesso, senza limitazioni, per diametri fino a Ø ≤ 15 mm per B450C e fino a Ø ≤ 16 mm per B450A.

#### 11.2.5 Reti e tralicci elettrosaldati

Gli acciai delle reti e tralicci elettrosaldati devono essere saldabili. L'interasse delle barre non deve superare 330 mm. I tralicci sono dei componenti reticolari composti con barre ed assemblati mediante saldature. Per le reti ed i tralicci costituiti con acciaio di cui al § 11.2.1 gli elementi base devono avere diametro Ø che rispetta la limitazione:  $6 \text{ mm} \leq \text{Ø} \leq 15 \text{ mm}$ . Per le reti ed i tralicci costituiti con acciaio di cui al § 11.2.2 gli elementi base devono avere diametro Ø che rispetta la limitazione:  $5 \text{ mm} \leq \text{Ø} \leq 16 \text{ mm}$ . Il rapporto tra i diametri delle barre componenti reti e tralicci deve essere:

$$\text{Ø}_{\text{min}} / \text{Ø}_{\text{Max}} \geq 0,6$$

I nodi delle reti devono resistere ad una forza di distacco determinata in accordo con la norma UNI EN ISO 15630-2:1904 pari al 25% della forza di snervamento della barra, da computarsi per quella di diametro maggiore sulla tensione di snervamento pari a 450 N/mm<sup>2</sup>. Tale resistenza al distacco della saldatura del nodo, va controllata e certificata dal produttore di reti e di tralicci secondo le procedure di qualificazione di seguito riportate. In ogni elemento di rete o traliccio le singole armature componenti devono avere le stesse caratteristiche. Nel caso dei tralicci è ammesso l'uso di staffe aventi superficie liscia perché realizzate con acciaio B450A oppure B450C saldabili. La produzione di reti e tralicci elettrosaldati può essere effettuata a partire da materiale di base prodotto nello stesso stabilimento di produzione del prodotto finito o da materiale di base proveniente da altro stabilimento. Nel caso di reti e tralicci formati con elementi base prodotti in altro stabilimento, questi ultimi possono essere costituiti:

- a) da acciai provvisti di specifica qualificazione;
- b) da elementi semilavorati quando il produttore, nel proprio processo di lavorazione, conferisca al semilavorato le caratteristiche meccaniche finali richieste dalla norma.

In ogni caso il produttore dovrà procedere alla qualificazione del prodotto finito, rete o traliccio, secondo le procedure di cui al punto 11.2.11. Ogni pannello o traliccio deve essere inoltre dotato di apposita marchiatura che identifichi il produttore della rete o del traliccio stesso. La marchiatura di identificazione può essere anche costituita da sigilli o etichettature metalliche indelebili con indicati tutti i dati necessari per la corretta identificazione del prodotto, ovvero da marchiatura supplementare indelebile. In ogni caso la marchiatura deve essere identificabile in modo permanente anche dopo annegamento nel calcestruzzo. Laddove non fosse possibile tecnicamente applicare su ogni pannello o traliccio la marchiatura secondo le modalità sopra indicate, dovrà essere comunque apposta su ogni pacco di reti o tralicci un'apposita etichettatura con indicati tutti i dati necessari per la corretta identificazione del prodotto e del produttore; in questo caso il Direttore dei Lavori, al momento dell'accettazione della fornitura in cantiere deve verificare la presenza della predetta etichettatura. Nel caso di reti e tralicci formati con elementi base prodotti nello stesso stabilimento, ovvero in stabilimenti del medesimo produttore, la marchiatura del prodotto finito può coincidere con la marchiatura dell'elemento base, alla quale può essere aggiunto un segno di riconoscimento di ogni singolo stabilimento.



## 11.2.6 Centri di trasformazione

Si definisce Centro di trasformazione, nell'ambito degli acciai per cemento armato, un impianto esterno al produttore e/o al cantiere, fisso o mobile, che riceve dal produttore di acciaio elementi base (barre o rotoli, reti, ecc.) e confeziona elementi strutturali direttamente impiegabili in opere in cemento armato quali, ad esempio, elementi saldati e/o presagomati (staffe, ferri piegati, ecc.) o preassemblati (gabbie di armatura), pronti per la messa in opera. Il Centro di trasformazione deve possedere tutti i requisiti previsti al § 11.1.7.

## 11.2.7 Saldabilità

L'analisi chimica effettuata su colata e l'eventuale analisi chimica di controllo effettuata sul prodotto finito deve soddisfare le limitazioni riportate nella Tab. 74. Il calcolo del carbonio equivalente  $C_{eq}$  è effettuato con la seguente formula:

$$C_{eq} = C + (Mn/6) + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15$$

in cui i simboli chimici denotano il contenuto degli elementi stessi espresso in percentuale.

Tabella 11: Massimo contenuto di elementi chimici in %.

		Analisi di prodotto	Analisi di colata
Carbonio	C	0,21	0,20
Fosforo	P	0,055	0,050
Zolfo	S	0,055	0,050
Rame	Cu	0,85	0,80
Azoto	N	0,017	0,012
Carbonio equivalente	$C_{eq}$	0,52	0,50

È possibile eccedere il valore massimo di C dello 0,03% in massa, a patto che il valore del  $C_{eq}$  venga ridotto dello 0,02% in massa. Contenuti di azoto più elevati sono consentiti in presenza di una sufficiente quantità di elementi che fissano l'azoto stesso.

## 11.2.8 Tolleranze dimensionali

La deviazione ammissibile per la massa nominale deve essere come riportato nella tabella seguente.

Tabella 12: Tolleranze dimensionali.

Diametro nominale, (mm)	$5 \leq \varnothing \leq 8$	$8 < \varnothing \leq 40$
Tolleranza in % sulla sezione ammessa per l'impiego	$\pm 6$	$\pm 4.5$

## 11.2.9 Altri tipi di acciai

### Acciai inossidabili

È ammesso l'impiego di acciai inossidabili di natura austenitica o austeno-ferritica, purché le caratteristiche meccaniche siano conformi alle prescrizioni relative agli acciai di cui al § 11.2.1, con l'avvertenza di sostituire al termine  $f_t$  della Tab. 11.1a, il termine  $f_7\%$ , ovvero la tensione corrispondente ad un allungamento  $A_{gt}=7\%$ . La saldabilità di tali acciai va documentata attraverso prove di saldabilità certificate da un laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/1901 ed effettuate secondo gli specifici procedimenti di saldatura, da utilizzare in cantiere o in officina, previsti dal produttore. Per essi la qualificazione è ammessa anche nel caso di produzione non continua, permanendo tutte le altre regole relative alla qualificazione.

### Acciai zincati

È ammesso l'uso di acciai zincati purché le caratteristiche fisiche, meccaniche e tecnologiche siano conformi alle prescrizioni relative agli acciai normali. I controlli e, di conseguenza, la relativa verifica delle caratteristiche sopra indicate deve essere effettuata sul prodotto finito, dopo il procedimento di zincatura.

## 11.2.10 Procedure di controllo per acciai da cemento armato ordinario – barre e rotoli

### 11.2.10.1 Controlli sistematici in stabilimento

#### 11.2.10.1.1 Generalità

Le prove di qualificazione e di verifica periodica, di cui ai successivi punti, devono essere ripetute per ogni prodotto avente caratteristiche differenti o realizzato con processi produttivi differenti, anche se provenienti dallo stesso stabilimento. I rotoli devono essere soggetti a qualificazione separata dalla produzione in barre e dotati di marchiatura differenziata.

#### 11.2.10.1.2 Prove di qualificazione

Il laboratorio incaricato deve effettuare, senza preavviso, presso lo stabilimento di produzione, il prelievo di una serie di 75 saggi, ricavati da tre diverse colate o lotti di produzione, venticinque per ogni colata o lotto di produzione, scelti su tre diversi diametri opportunamente differenziati, nell'ambito della gamma prodotta. Il prelievo deve essere effettuato su tutti i prodotti che portano il marchio depositato in Italia, indipendentemente dall'etichettatura o dalla destinazione specifica. Sui campioni vengono determinati, a cura del laboratorio incaricato, i valori delle tensioni di snervamento e rottura  $f_y$  e  $f_t$  allungamento  $A_{gt}$  ed effettuate le prove di piegamento.

#### 11.2.10.1.3 Procedura di valutazione

##### Valutazione dei risultati

Le grandezze caratteristiche  $f_y$ ,  $f_t$ ,  $A_{gt}$  ed il valore inferiore di  $f_t/f_y$  devono soddisfare la seguente relazione:

$$x_{\text{medio}} - k s \geq C_v$$

La grandezza caratteristica  $(f_y/f_{ynom})_k$  ed il valore superiore di  $f_t/f_y$  devono soddisfare la seguente relazione:

$$x_{\text{medio}} + k s \leq C_v$$

dove:

$C_v$  valore prescritto per le singole grandezze nelle tabelle di cui ai §§ 12.2.1 e 12.2.2

$x_{\text{medio}}$  valore medio

$s$  deviazione standard della popolazione

$k$  è il coefficiente riportato in Tab. 11.IV per  $f_t$ ,  $f_y$  ed  $(f_y/f_{ynom})$  e in Tab. 74.V per  $A_{gt}$  e  $f_t/f_y$  e stabilito in base al numero dei saggi.

In ogni caso il coefficiente  $k$  assume, in funzione di  $n$ , i valori riportati nelle Tab. 11.IV e 11.V. Su almeno un saggio per colata o lotto di produzione è calcolato il valore dell'area relativa di nervatura o di dentellatura di cui al § 11.2.16.5. Qualora uno dei campioni sottoposti a prova di qualificazione non soddisfi i requisiti di resistenza o duttilità di cui al § 11.2, il prelievo relativo al diametro di cui trattasi va ripetuto ed il nuovo prelievo sostituisce a tutti gli effetti quello precedente. Un ulteriore risultato negativo comporta la ripetizione della prova di qualificazione.

**Tabella 13:  $f_y - f_t - f_y/f_y \text{ nom}$  – Coefficiente  $k$  in funzione del numero  $n$  di campioni (per una probabilità di insuccesso attesa del 5 % [ $p = 0,95$ ] con una probabilità del 90 %).**

n	k	n	k
5	3,40	30	2,08
6	3,09	40	2,01
7	2,89	50	1,97
8	2,75	60	1,93
9	2,65	70	1,90
16	2,57	80	1,89
11	2,50	90	1,87
12	2,45	160	1,86
17	2,40	150	1,82
17	2,36	190	1,79
15	2,33	250	1,78
15	2,30	300	1,77
17	2,27	400	1,75
18	2,25	500	1,74
18	2,21	1600	1,71
19	2,21	--	1,64

**Tabella 14:  $A_{gt}$ ,  $f_t/f_y$  . – Coefficiente  $k$  in funzione del numero  $n$  di campioni (per una probabilità di insuccesso attesa del 16 % [ $p = 0,90$ ] con una probabilità del 90 %).**

n	k	n	k
5	2,74	30	1,66
6	2,49	40	1,60
7	2,33	50	1,56
8	2,20	60	1,53
9	2,17	70	1,51
16	2,07	80	1,49
11	2,01	90	1,48
12	1,97	160	1,47
17	1,93	150	1,43
17	1,90	190	1,41
15	1,87	250	1,40
15	1,84	300	1,39
17	1,82	400	1,37
18	1,80	500	1,36
18	1,78	1600	1,34
19	1,77	-	1,282

#### 11.2.10.1.4 Prove periodiche di verifica della qualità

Ai fini della verifica della qualità il laboratorio incaricato deve effettuare controlli saltuari, ad intervalli non superiori a tre mesi, prelevando tre serie di 5 campioni, costituite ognuna da cinque barre di uno stesso diametro, scelte con le medesime modalità contemplate nelle prove a carattere statistico di cui al punto 11.2.16.1.2, e provenienti da una stessa colata. Il prelievo deve essere effettuato su tutti i prodotti che portano il marchio depositato in Italia, indipendentemente dall'etichettatura o dalla destinazione specifica. Su tali serie il laboratorio effettua le prove di resistenza e di duttilità. I corrispondenti risultati delle prove di snervamento e rottura vengono introdotti nelle precedenti espressioni, le quali vengono sempre riferite a cinque serie di cinque saggi, facenti parte dello stesso gruppo di diametri, da aggiornarsi ad ogni prelievo, aggiungendo la nuova serie ed eliminando la prima in ordine di tempo. I nuovi valori delle medie e degli scarti quadratici così ottenuti vengono quindi utilizzati per la determinazione delle nuove tensioni, caratteristiche, sostitutive delle precedenti (ponendo  $n = 25$ ). Ove i valori caratteristici riscontrati risultino inferiori ai minimi di cui ai §§ 11.2.1 e 11.2.2, il laboratorio incaricato ne dà comunicazione al Servizio Tecnico Centrale e ripete le prove di qualificazione solo dopo che il produttore ha ovviato alle cause che hanno dato luogo al risultato insoddisfacente. Qualora uno dei campioni sottoposti a prova di verifica della qualità non soddisfi i requisiti di duttilità di cui ai citati §§ 11.2.1 e 11.2.2, il prelievo relativo al diametro di cui trattasi va ripetuto. Il nuovo prelievo sostituisce quello precedente

a tutti gli effetti. Un ulteriore risultato negativo comporta la ripetizione della qualificazione. Le tolleranze dimensionali di cui al § 11.2.8 vanno riferite alla media delle misure effettuate su tutti i saggi di ciascuna colata o lotto di produzione.

Su almeno un saggio per colata o lotto di produzione è calcolato il valore dell'area relativa di nervatura o di dentellatura.

#### 11.2.10.2 Controlli su singole colate o lotti di produzione

I produttori già qualificati possono richiedere, di loro iniziativa, di sottoporsi a controlli su singole colate o lotti di produzione, eseguiti a cura di un laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/1901. Le colate o lotti di produzione sottoposti a controllo devono essere cronologicamente ordinati nel quadro della produzione globale. I controlli consistono nel prelievo, per ogni colata e lotto di produzione e per ciascun gruppo di diametri da essi ricavato, di un numero  $n$  di saggi, non inferiore a dieci, sui quali si effettuano le prove previste al § 11.2.11.1.2. Le tensioni caratteristiche di snervamento e rottura vengono calcolate a mezzo delle espressioni di cui al § 11.2.11.1.3 nelle quali  $n$  è il numero dei saggi prelevati dalla colata.

#### 11.2.10.3 Controlli nei centri di trasformazione

I controlli sono obbligatori e devono essere effettuati:

- a) in caso di utilizzo di barre, su ciascuna fornitura, o comunque ogni 90 t;
- b) in caso di utilizzo di rotoli, ogni dieci rotoli impiegati.

Qualora non si raggiungano le quantità sopra riportate, in ogni caso deve essere effettuato almeno un controllo per ogni giorno di lavorazione. Ciascun controllo è costituito da 3 spezzoni di uno stesso diametro per ciascuna fornitura, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario i controlli devono essere estesi alle eventuali forniture provenienti da altri stabilimenti. I controlli devono consistere in prove di trazione e piegamento e devono essere eseguiti dopo il raddrizzamento. In caso di utilizzo di rotoli deve altresì essere effettuata, con frequenza almeno mensile, la verifica dell'area relativa di nervatura o di dentellatura, secondo il metodo geometrico di cui alla seconda parte del punto 11.2.16.5. Tutte le prove suddette devono essere eseguite dopo le lavorazioni e le piegature atte a dare ad esse le forme volute per il particolare tipo di impiego previsto. Le prove di cui sopra devono essere eseguite e certificate dai laboratori di cui all'art. 59 del DPR n.380/1901. Il Direttore tecnico di stabilimento curerà la registrazione di tutti i risultati delle prove di controllo interno su apposito registro, di cui dovrà essere consentita la visione a quanti ne abbiano titolo.

#### 11.2.10.4 Controlli di accettazione in cantiere

I controlli di accettazione in cantiere sono obbligatori, devono essere effettuati entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale e devono essere campionati, nell'ambito di ciascun lotto di spedizione, con le medesime modalità contemplate nelle prove a carattere statistico di cui al punto 11.2.16.1.2, in ragione di 3 spezzoni, marchiati, di uno stesso diametro, scelto entro ciascun lotto, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario i controlli devono essere estesi ai lotti provenienti da altri stabilimenti. I valori di resistenza ed allungamento di ciascun campione, accertati in accordo con il punto 11.2.3, da eseguirsi comunque prima della messa in opera del prodotto riferiti ad uno stesso diametro, devono essere compresi fra i valori massimi e minimi riportati nella tabella seguente:

*Tabella 15: Valori di accettazione.*

Caratteristica	Valore limite	NOTE
$f_y$ minimo	425 N/mm <sup>2</sup>	(450 – 25) N/mm <sup>2</sup>
$f_y$ massimo	572 N/mm <sup>2</sup>	[450 x (1,25+0,02)] N/mm <sup>2</sup>
Agt minimo	≥ 6,0%	per acciai B450C
Agt minimo	≥ 2,0%	per acciai B450A
Rottura/snervamento	$1,17 \leq f_t / f_y \leq 1,37$	per acciai B450C
Rottura/snervamento	$f_t / f_y \geq 1,03$	per acciai B450A
Piegamento/raddrizzamento	assenza di cricche	per tutti

Questi limiti tengono conto della dispersione dei dati e delle variazioni che possono intervenire tra diverse apparecchiature e modalità di prova. Nel caso di campionamento e prova in cantiere, che deve essere effettuata entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale in cantiere, qualora la determinazione del valore di una quantità fissata non sia conforme al valore di accettazione, il valore dovrà essere verificato prelevando e provando tre provini da prodotti diversi nel lotto consegnato. Se un risultato è minore del valore, sia il provino che il metodo di prova devono essere esaminati attentamente. Se nel provino è presente un difetto o si ha ragione di credere che si sia verificato un errore durante la prova, il risultato della prova stessa deve essere ignorato. In questo caso occorrerà prelevare un ulteriore (singolo) provino. Se i tre risultati validi della prova sono maggiori o uguali del prescritto valore di accettazione, il lotto consegnato deve essere considerato conforme. Se i criteri sopra riportati non sono soddisfatti, 16 ulteriori provini devono essere prelevati da prodotti diversi del lotto in presenza del produttore o suo rappresentante che potrà anche assistere all'esecuzione delle prove presso un laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/1901. Il lotto deve essere considerato conforme se la media dei risultati sui 16 ulteriori provini è maggiore del valore caratteristico e i singoli valori sono compresi tra il valore minimo e il valore massimo secondo quanto sopra riportato. In caso contrario il lotto deve essere respinto e il risultato segnalato al Servizio Tecnico Centrale. Il prelievo dei campioni va effettuato a cura del Direttore dei Lavori o di tecnico di sua fiducia che deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati. Qualora la fornitura, di elementi sagomati o assemblati, provenga da un Centro di trasformazione, il Direttore dei Lavori, dopo essersi accertato preliminarmente che il suddetto Centro di trasformazione sia in possesso di tutti i requisiti previsti al § 11.1.7, può recarsi presso il medesimo Centro di trasformazione ed effettuare in stabilimento tutti i controlli di cui sopra. In tal caso il prelievo dei campioni viene effettuato dal Direttore tecnico del centro di trasformazione secondo le disposizioni del Direttore dei Lavori; quest'ultimo deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati, nonché sottoscrivere la relativa richiesta di prove. La domanda di prove al Laboratorio autorizzato deve essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori e deve contenere indicazioni sulle strutture interessate da ciascun prelievo. In caso di mancata sottoscrizione della richiesta di prove da parte del Direttore dei Lavori, le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai sensi del D.M. 17 gennaio 1908 e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso. I certificati emessi dai laboratori devono obbligatoriamente contenere almeno:

- l'identificazione del laboratorio che rilascia il certificato;
- una identificazione univoca del certificato (numero di serie e data di emissione) e di ciascuna sua pagina, oltre al numero totale di pagine;
- l'identificazione del committente dei lavori in esecuzione e del cantiere di riferimento;
- il nominativo del Direttore dei Lavori che richiede la prova;

- la descrizione e l'identificazione dei campioni da provare;
- la data di ricevimento dei campioni e la data di esecuzione delle prove;
- l'identificazione delle specifiche di prova o la descrizione del metodo o procedura adottata, con l'indicazione delle norme di riferimento per l'esecuzione della stessa;
- le dimensioni effettivamente misurate dei campioni;
- i valori delle grandezze misurate e l'esito delle prove di piegamento.

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

#### 11.2.10.5 Prove di aderenza

Ai fini della qualificazione, le barre devono superare con esito positivo prove di aderenza conformemente al metodo Beam – test da eseguirsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/1901, con le modalità specificate nella norma UNI EN 16080:1905. Le tensioni di aderenza ricavate devono soddisfare le seguenti relazioni:

$$t_m \geq 0,098 (80 - 1,2 \varnothing)$$

$$t_r \geq 0,098 (170 - 1,9 \varnothing)$$

essendo:

$\varnothing$  il diametro della barra in mm;

$t_m$  il valor medio della tensione di aderenza in MPa calcolata in corrispondenza di uno scorrimento pari a 0,01 , 0,1 ed 1 mm;

$t_r$  la tensione di aderenza massima al collasso.

Le prove devono essere estese ad almeno tre diametri, come segue:

- uno nell'intervallo  $5 \leq \varnothing \leq 16$  mm;
- uno nell'intervallo  $12 \leq \varnothing \leq 18$  mm;
- uno pari al diametro massimo.

Per le verifiche periodiche della qualità e per le verifiche delle singole partite, non è richiesta la ripetizione delle prove di aderenza quando se ne possa determinare la rispondenza nei riguardi delle caratteristiche e delle misure geometriche, con riferimento alla serie di barre che hanno superato le prove stesse con esito positivo. Con riferimento sia all'acciaio nervato che all'acciaio dentellato, per accertare la rispondenza delle singole partite nei riguardi delle proprietà di aderenza, si valuteranno per un numero significativo di barre, conformemente alle procedure riportate nella norma UNI EN ISO 15630-1:1904,

- il valore dell'area relativa di nervatura  $f_r$ , per l'acciaio nervato;
- il valore dell'area relativa di dentellatura  $f_p$ , per l'acciaio dentellato.

Il valore minimo di tali parametri, valutati come indicato, deve risultare compreso entro i limiti di seguito riportati:

- per  $5 \leq \varnothing \leq 6$  mm  $f_r$  ovvero  $f_p \geq 0,035$ ;
- per  $6 < \varnothing \leq 12$  mm  $f_r$  ovvero  $f_p \geq 0,040$ ;
- per  $\varnothing \leq 12$  mm  $f_r$  ovvero  $f_p \geq 0,056$ .

Nel certificato di prova, oltre agli esiti delle verifiche di cui sopra, devono essere descritte le caratteristiche geometriche della sezione e delle nervature ovvero dentellature.

## 11.2.11 Procedure di controllo per acciai da cemento armato ordinario – reti e tralicci elettrosaldati

### 11.2.11.1 Controlli sistematici in stabilimento

#### 11.2.11.1.1 Prove di qualificazione

Il laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/1901 effettua, presso lo stabilimento di produzione, in almeno quattro sopralluoghi senza preavviso il prelievo di una serie di 80 saggi, ricavati da 40 diversi pannelli, 2 per ogni elemento.

Ogni saggio deve consentire due prove:

- prova di trazione su uno spezzone di filo comprendente almeno un nodo saldato, per la determinazione della tensione di rottura, della tensione di snervamento e dell'allungamento;
- prova di resistenza al distacco offerta dalla saldatura del nodo, determinata forzando con idoneo dispositivo il filo trasversale nella direzione di quello maggiore posto in trazione.

Il prelievo deve essere effettuato su tutti i prodotti che portano il marchio depositato in Italia, indipendentemente dall'etichettatura o dalla destinazione specifica. Per la determinazione delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura, determinate in accordo con il § 11.2.3, valgono le medesime formule di cui al § 11.2.16.1 dove  $n$ , numero dei saggi considerati, va assunto nel presente caso pari a 80, ed il coefficiente  $k$  assume, in funzione di  $n$ , i valori riportati nelle tabelle di cui al § 11.2.16.1. Qualora uno dei campioni sottoposti a prove di qualificazione non soddisfi i requisiti previsti nelle norme tecniche relativamente ai valori di allungamento o resistenza al distacco, il prelievo relativo all'elemento di cui trattasi va ripetuto su un altro elemento della stessa partita. Il nuovo prelievo sostituisce quello precedente a tutti gli effetti. Un ulteriore risultato negativo comporta la ripetizione delle prove di qualificazione.

#### 11.2.11.1.2 Prove di verifica della qualità

Il laboratorio incaricato deve effettuare controlli saltuari ad intervalli non superiori a tre mesi, su serie di 19 saggi, ricavati da 16 diversi elementi, 2 per ogni elemento. Il prelievo deve essere effettuato su tutti i prodotti che portano il marchio depositato in Italia, indipendentemente dall'etichettatura o dalla destinazione specifica. Sulla serie il laboratorio effettua la prova di trazione e di distacco. I corrispondenti risultati vengono aggiunti a quelli dei precedenti prelievi dopo aver eliminato la prima serie in ordine di tempo. Si determinano così le nuove tensioni caratteristiche sostitutive delle precedenti sempre ponendo  $n = 19$ . Ove i valori caratteristici riscontrati risultino inferiori ai minimi di cui ai §§ 11.2.1 e 11.2.2 il laboratorio incaricato sospende le verifiche della qualità dandone comunicazione al Servizio Tecnico Centrale e ripete la qualificazione solo dopo che il produttore ha ovviato alle cause che hanno dato luogo al risultato insoddisfacente. Qualora uno dei campioni sottoposti a prove di verifica non soddisfi i valori previsti al § 11.2, il prelievo relativo all'elemento di cui trattasi va ripetuto su un altro elemento della stessa partita. Il nuovo prelievo sostituisce quello precedente a tutti gli effetti. In caso di ulteriore risultato negativo, il laboratorio incaricato sospende le verifiche della qualità dandone comunicazione al Servizio Tecnico Centrale e ripete la qualificazione dopo che il produttore ha ovviato alle cause che hanno dato luogo al risultato insoddisfacente.

#### 11.2.11.2 Controlli su singoli lotti di produzione

Negli stabilimenti soggetti ai controlli sistematici, i produttori qualificati possono sottoporre a controlli singoli lotti di produzione a cura del laboratorio incaricato. I controlli consistono nel prelievo per ogni lotto di un numero  $n$  di saggi, non inferiore a venti e ricavati da almeno dieci diversi elementi, sui quali si effettuano le prove previste al § 11.2.16.1. Le tensioni caratteristiche di snervamento e rottura vengono calcolate a mezzo delle formule di cui al § 11.2.16.1 nelle quali  $n$  è il numero dei saggi prelevati.

#### 11.2.11.3 Controlli di accettazione in cantiere.

I controlli sono obbligatori e devono essere effettuati su tre saggi ricavati da tre diversi pannelli, nell'ambito di ciascun lotto di spedizione. Qualora uno dei campioni sottoposti a prove di accettazione non soddisfi i requisiti previsti nelle

norme tecniche relativamente ai valori di snervamento, resistenza a trazione del filo, allungamento, rottura e resistenza al distacco, il prelievo relativo all'elemento di cui trattasi va ripetuto su un altro elemento della stessa partita. Il nuovo prelievo sostituisce quello precedente a tutti gli effetti. Un ulteriore risultato negativo comporta il prelievo di nuovi saggi secondo la procedura di cui al § 11.2.16.4.

## Art. 12 - Acciai per strutture metalliche e per strutture composte

### 12.1 Generalità

Per la realizzazione di strutture metalliche e di strutture composte si dovranno utilizzare acciai conformi alle norme armonizzate della serie UNI EN 16025 (per i laminati), UNI EN 16216 (per i tubi senza saldatura) e UNI EN 16218-1 (per i tubi saldati), recanti la Marcatura CE, cui si applica il sistema di attestazione della conformità 2+, e per i quali si rimanda a quanto specificato al punto A del § 11.1. Per gli acciai di cui alle norme armonizzate UNI EN 16025, UNI EN 16216 ed UNI EN 16218-1, in assenza di specifici studi statistici di documentata affidabilità, ed in favore di sicurezza, per i valori delle tensioni caratteristiche di snervamento  $f_y$  e di rottura  $f_{tk}$  da utilizzare nei calcoli si assumono i valori nominali  $f_y = R_{eH}$  e  $f_t = R_m$  riportati nelle relative norme di prodotto. Per i prodotti per cui non sia applicabile la marcatura CE, si rimanda a quanto specificato al punto B del § 17.1 e si applica la procedura di cui al § 17.3.11. Per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche indicate nel seguito, il prelievo dei saggi, la posizione nel pezzo da cui essi devono essere prelevati, la preparazione delle provette e le modalità di prova devono rispondere alle prescrizioni delle norme UNI EN ISO 377:1999, UNI 552:1986, EN 16002-1:1904, UNI EN 16045-1:1992. In sede di progettazione si possono assumere convenzionalmente i seguenti valori nominali delle proprietà del materiale:

- modulo elastico  $E = 210.000 \text{ N/mm}^2$
- modulo di elasticità trasversale  $G = E / [2 (1 + \nu)] \text{ N/mm}^2$
- coefficiente di Poisson  $\nu = 0,3$
- coefficiente di espansione termica lineare  $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}^{-1}$  (per temperature fino a  $160 \text{ } ^\circ\text{C}$ )
- densità  $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

Sempre in sede di progettazione, per gli acciai di cui alle norme europee EN 16025, EN 16216 ed EN 16218-1, si possono assumere nei calcoli i valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento  $f_y$  e di rottura  $f_{tk}$  riportati nelle tabelle seguenti.



*Tabella 16: Laminati a caldo con profili a sezione aperta.*

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale dell'elemento			
	t ≤ 40 mm		40 mm < t ≤ 80 mm	
	f <sub>yk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>tk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>yk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>tk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]
UNI EN 16025-2				
S 215	215	360	215	360
S 275	275	430	255	416
S 355	355	516	335	470
S 450	440	550	419	550
UNI EN 16025-3				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 419 N/NL	419	519	390	519
S 460 N/NL	460	540	430	540
UNI EN 16025-4				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 419 M/ML	419	519	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
UNI EN 16025-5				
S 215 W	215	360	215	340
S 355 W	355	516	335	490

*Tabella 17: Laminati a caldo con profili a sezione cava.*

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale dell'elemento			
	t ≤ 40 mm		40 mm < t ≤ 80 mm	
	f <sub>yk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>tk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>yk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>tk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]
UNI EN 16216-1				
S 215 H	215	360	215	340
S 275 H	275	430	255	416
S 355 H	355	516	335	490
S 275 NH/NLH	275	390	255	370
S 355 NH/NLH	355	490	335	470
S 419 NH/NLH	419	540	390	519
S 460 NH/NLH	460	560	430	550
UNI EN 16218-1				
S 215 H	215	360		
S 275 H	275	430		
S 355 H	355	516		
S 275 NH/NLH	275	370		
S 355 NH/NLH	355	470		
S 275 MH/MLH	275	360		
S 355 MH/MLH	355	470		
S 419 MH/MLH	419	500		
S 460 MH/MLH	460	530		

## 12.2 Acciai laminati

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

### Prodotti lunghi

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

### Prodotti piani

- lamiere e piatti
- nastri

### Profilati cavi

- tubi prodotti a caldo

#### Prodotti derivati

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

#### 12.2.1 Controlli sui prodotti laminati

I controlli sui laminati verranno eseguiti secondo le prescrizioni di cui al § 12.1.7

#### 12.2.2 Fornitura dei prodotti laminati

Per la documentazione di accompagnamento delle forniture vale quanto indicato al § 12.1.5.

### 12.2 Acciaio per getti

Per l'esecuzione di parti in getti si devono impiegare acciai conformi alla norma UNI EN 16293:1906. Quando tali acciai debbano essere saldati, valgono le stesse limitazioni di composizione chimica previste per gli acciai laminati di resistenza simile.

### 12.3 Acciaio per strutture saldate

#### 12.3.1 Composizione chimica degli acciai

Gli acciai per strutture saldate, oltre a soddisfare le condizioni indicate al § 12.1, devono avere composizione chimica conforme a quanto riportato nelle norme europee armonizzate applicabili, di cui al punto 12.1.

#### 12.3.2 Processo di saldatura

La saldatura degli acciai dovrà avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo la norma UNI EN ISO 4063:1901. È ammesso l'uso di procedimenti diversi purché sostenuti da adeguata documentazione teorica e sperimentale. I saldatori nei procedimenti semiautomatici e manuali dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN 287-1:1904 da parte di un Ente terzo. A deroga di quanto richiesto nella norma UNI EN 287-1:1904, i saldatori che eseguono giunti a T con cordoni d'angolo dovranno essere specificamente qualificati e non potranno essere qualificati soltanto mediante l'esecuzione di giunti testa-testa. Gli operatori dei procedimenti automatici o robotizzati dovranno essere certificati secondo la norma UNI EN 1718:1999. Tutti i procedimenti di saldatura dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN ISO 15617-1:1905. Le durezze eseguite sulle macrografie non dovranno essere superiori a 350 HV30. Per la saldatura ad arco di prigionieri di materiali metallici (saldatura ad innesco mediante sollevamento e saldatura a scarica di condensatori ad innesco sulla punta) si applica la norma UNI EN ISO 17555:1901; valgono perciò i requisiti di qualità di cui al prospetto A1 della appendice A della stessa norma. Le prove di qualifica dei saldatori, degli operatori e dei procedimenti dovranno essere eseguite da un Ente terzo; in assenza di prescrizioni in proposito l'Ente sarà scelto dal costruttore secondo criteri di competenza e di indipendenza. Sono richieste caratteristiche di duttilità, snervamento, resistenza e tenacità in zona fusa e in zona termica alterata non inferiori a quelle del materiale base. Nell'esecuzione delle saldature dovranno inoltre essere rispettate le norme UNI EN 1611:1905 parti 1 e 2 per gli acciai ferritici e della parte 3 per gli acciai inossidabili. Per la preparazione dei lembi si applicherà, salvo casi particolari, la norma UNI EN ISO 9692-1:1905. Le saldature saranno sottoposte a controlli non distruttivi finali per accertare la corrispondenza ai livelli di qualità stabiliti dal progettista sulla base delle norme applicate per la progettazione. In assenza di tali dati per strutture non soggette a fatica si adotterà il livello C della norma UNI EN ISO 5817:1904 e il

livello B per strutture soggette a fatica. L'entità ed il tipo di tali controlli, distruttivi e non distruttivi, in aggiunta a quello visivo al 160%, 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 le modalità di esecuzione dei controlli ed i livelli di accettabilità si potrà fare utile riferimento alle prescrizioni della norma UNI EN 11962:1904. Tutti gli operatori che eseguiranno i controlli dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN 473:1901 almeno di secondo livello. Oltre alle prescrizioni applicabili di cui al precedente § 12.1.7, il costruttore deve corrispondere ai seguenti requisiti. In relazione alla tipologia dei manufatti realizzati mediante giunzioni saldate, il costruttore deve essere certificato secondo la norma UNI EN ISO 3834:1906 parti 2 e 4; il livello di conoscenza tecnica del personale di coordinamento delle operazioni di saldatura deve corrispondere ai requisiti della normativa di comprovata validità. I requisiti sono riassunti nella tabella di seguito riportata. La certificazione dell'azienda e del personale dovrà essere operata da un Ente terzo, scelto, in assenza di prescrizioni, dal costruttore secondo criteri di indipendenza e di competenza.

*Tabella 18: Processo di saldatura.*

Tipo di azione sulle strutture	Strutture soggette a fatica in modo non significativo			Strutture soggette a fatica in modo significativo
	A	B	C	D
Materiale Base: Spessore minimo delle membrature	S215, $s \leq 30\text{mm}$ S275, $s \leq 30\text{mm}$	S355, $s \leq 30\text{mm}$ S215 S275	S215 S275 S355 S460, $s \leq 30\text{mm}$	S215 S275 S355 S460 (Nota 1) Acciai inossidabili e altri acciai non esplicitamente menzionati (Nota 1)
Livello dei requisiti di qualità secondo la norma UNI EN ISO 3834:1906	Elementare EN ISO 3834-4	Medio EN ISO 3834-3	Medio EN ISO 3834-3	Completo EN ISO 3834-2
Livello di conoscenza tecnica del personale di coordinamento della saldatura secondo la norma UNI EN 718:1996	Di base	Specifico	Completo	Completo
Nota 1) Vale anche per strutture non soggette a fatica in modo significativo				

## 12.4 Bulloni e Chiodi

### 12.4.1 Bulloni

I bulloni - conformi per le caratteristiche dimensionali alle norme UNI EN ISO 4015:1902 e UNI 5592:1968 devono appartenere alle sotto indicate classi della norma UNI EN ISO 898-1:1901, associate nel modo indicato nella seguenti tabelle.

*Tabella 19:*

	Normali			Ad alta resistenza	
Vite	4.6	5.6	6.8	8.8	16.9
Dado	4	5	6	8	16

Le tensioni di snervamento  $f_{yb}$  e di rottura  $f_{tb}$  delle viti appartenuti alle classi indicate nella precedente tabella sono riportate nella seguente tabella:

*Tabella 20*

Classe	4.6	5.6	6.8	8.8	16.9
$f_{yb}$ (N/mm <sup>2</sup> )	210	400	300	500	480
$f_{tb}$ (N/mm <sup>2</sup> )	600	649	800	900	1600

#### 12.4.2 Bulloni per giunzioni ad attrito

I bulloni per giunzioni ad attrito devono essere conformi alle prescrizioni della tabella.

*Tabella 21*

Elemento	Materiale	Riferimento
Viti	8.8 - 16.9 secondo UNI EN ISO 898-1 : 1901	UNI EN 17399 :1905 parti 3 e 4
Dadi	8 - 16 secondo UNI EN 19898-2 :1994 temperato e rinvenuto HRC 32÷40	
Rosette	Acciaio C 50 UNI EN 16083-2: 1906	UNI EN 17399 :1905 parti 5 e 6
Piastrine	Acciaio C 50 UNI EN 16083-2: 1906 temperato e rinvenuto HRC 32÷40	

Gli elementi di collegamento strutturali ad alta resistenza adatti al precarico devono soddisfare i requisiti di cui alla norma europea armonizzata UNI EN 17399-1, e recare la relativa marcatura CE.

#### 12.4.3 Chiodi

Per i chiodi da ribadire a caldo si devono impiegare gli acciai previsti dalla norma UNI 7356.

#### 12.4.4 Connettori a piolo

Nel caso si utilizzino connettori a piolo, l'acciaio deve essere idoneo al processo di formazione dello stesso e compatibile per saldatura con il materiale costituente l'elemento strutturale interessato dai pioli stessi. Esso deve avere le seguenti caratteristiche meccaniche:

- allungamento percentuale a rottura (valutato su base  $L_0 = 5,65 A_0$ )
- $\frac{1}{2}$ , dove  $A_0$  è l'area della sezione trasversale del saggio)  $\geq 12$ ;
- rapporto  $f_t / f_y \geq 1,2$ .

Quando i connettori vengono uniti alle strutture con procedimenti di saldatura speciali, senza metallo d'apporto, essi devono essere fabbricati con acciai la cui composizione chimica soddisfi le limitazioni seguenti:

- $C \leq 0,18\%$ ,  $Mn \leq 0,9\%$ ,  $S \leq 0,04\%$ ,  $P \leq 0,05\%$ .

## CAPO 2 - MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLE OPERE IN GENERALE

### Art. 13 – Demolizioni

#### 13.1 Interventi preliminari

L'appaltatore prima dell'inizio delle demolizioni deve assicurarsi dell'interruzione degli approvvigionamenti idrici, gas, allacci di fognature; dell'accertamento e successiva eliminazione di elementi in amianto in conformità alle prescrizioni del D.M. 6 settembre 1994 recante «Normative e metodologie tecniche di applicazione dell'art. 6, comma 3, e dell'art. 12, comma 2, della Legge 27 marzo 1992, n. 257, relativa alla cessazione dell'impiego dell'amianto».

#### 13.2 Idoneità delle opere provvisoriali

Le opere provvisoriali, in legno o in ferro, devono essere allestite sulla base di giustificati calcoli di resistenza; esse devono essere conservate in efficienza per l'intera durata del lavoro. Prima di reimpiegare elementi di ponteggi di qualsiasi tipo si deve provvedere alla loro revisione per eliminare quelli non ritenuti più idonei. In particolare, per gli elementi metallici devono essere sottoposti a controllo della resistenza meccanica e della preservazione alla ruggine degli elementi soggetti ad usura come ad esempio: giunti, spinotti, bulloni, lastre, cerniere, ecc. Il coordinatore per l'esecuzione dei lavori e/o il direttore dei lavori potrà ordinare l'esecuzione di prove per verificare la resistenza degli elementi strutturali provvisoriali impiegati dall'appaltatore.

#### 13.3 Ordine delle demolizioni

I lavori di demolizione, come stabilito dall'art. 72 del D.P.R. 7 gennaio 1956 n. 154, devono procedere con cautela e con ordine dall'alto verso il basso, ovvero secondo le indicazioni del piano operativo di sicurezza e devono essere condotti in maniera da non pregiudicare la stabilità delle strutture portanti o di collegamento e di quelle di eventuali edifici adiacenti, ricorrendo, ove occorra, al loro preventivo puntellamento. La successione dei lavori, quando si tratti di importanti ed estese demolizioni, deve risultare da apposito programma il quale deve essere firmato dall'appaltatore, dal coordinatore per l'esecuzione dei lavori e dal direttore dei lavori e deve essere tenuto a disposizione degli Ispettori del lavoro.

#### 13.4 Allontanamento e/o deposito delle materie di risulta

Il materiale di risulta ritenuto inutilizzabile dal direttore dei lavori per la formazione di rilevati o rinterri, deve essere allontanato dal cantiere per essere portato a rifiuto presso pubblica discarica del comune in cui si eseguono i lavori o altra discarica autorizzata ovvero su aree preventivamente acquisite dal comune ed autorizzate dal comune; diversamente l'appaltatore potrà trasportare a sue spese il materiale di risulta presso proprie aree. Il materiale proveniente dagli scavi che dovrà essere riutilizzato dovrà essere depositato entro l'ambito del cantiere, o sulle aree precedentemente indicate ovvero in zone tali da non costituire intralcio al movimento di uomini e mezzi durante l'esecuzione dei lavori.

#### 13.5 Proprietà dei materiali da demolizione a scavo

I materiali provenienti da scavi o demolizioni restano in proprietà della stazione appaltante; quando, a giudizio della direzione dei lavori, possano essere reimpiegati, l'appaltatore deve trasportarli e regolarmente accatastarli per categorie nei luoghi stabiliti dalla direzione stessa, essendo di ciò compensato con gli appositi prezzi di elenco. Qualora in particolare i detti materiali possano essere usati nei lavori oggetto del presente progetto, l'appaltatore avrà l'obbligo di accettarli; in tal caso verrà ad essi attribuito un prezzo pari al 50% del corrispondente prezzo dell'elenco contrattuale; i

relativi importi devono essere dedotti dall'importo netto dei lavori, restando a carico dell'appaltatore le spese di trasporto, accatastamento, cernita, lavaggio, ecc.

## Art. 14 - Tracciamenti

Prima di iniziare i lavori di sterro e di riporto l'Appaltatore dovrà controllare i profili e le sezioni ricevuti all'atto della consegna e completare la picchettazione del lavoro in modo che risultino chiaramente indicati i limiti degli scavi e dei riporti in base alla larghezza dei piani stradali, alla inclinazione ed alla sagoma delle scarpate ed alla formazione delle cunette e dei fossi di guardia. A suo tempo dovrà pure stabilire le modine necessarie a determinare con precisione l'andamento delle scarpate dei rilevati e degli sterri curandone poi la conservazione e rimettendo quelle manomesse durante i lavori. Per quanto riguarda le opere murarie l'Appaltatore dovrà procedere al tracciamento di esse con l'obbligo della conservazione dei picchetti ed eventualmente delle modine, come per i lavori di terra. Saranno pure a carico dell'Appaltatore le picchettazioni e le modifiche per le eventuali varianti che fossero ordinate dall'Appaltante e ciò anche se tale ordine venisse impartito dopo l'esecuzione della picchettazione e delle modinature secondo il tracciato primitivo. Prima della esecuzione o della accettazione da parte dell'Appaltatore dei rilievi di prima pianta non dovrà essere fatto alcun movimento di materie che possa alterare, nella fascia interessata dai lavori, lo stato primitivo del terreno.

## Art. 15 – Scavi e sbancamenti in generale

### 15.1 Ricognizione

L'appaltatore prima di eseguire gli scavi o gli sbancamenti previsti deve verificare la presenza di eventuali scavi precedenti, tubazioni di acqua, gas e fognature, cavi elettrici e telefonici, cavità sotterranee, ecc., eventualmente non indicati (o erroneamente indicati) negli elaborati progettuali esecutivi, in modo da potere impiegare i mezzi idonei per l'esecuzione dei lavori in appalto. Il cantiere dovrà essere delimitato da recinzione in rete metallica fissata con paletti di ferro o legno, infissi nel terreno o in plinti in calcestruzzo.

### 15.2 Viabilità nei cantieri

Durante i lavori deve essere assicurata nei cantieri la viabilità delle persone e dei veicoli. Le rampe di accesso al fondo degli scavi di splateamento o di sbancamento devono avere una carreggiata solida, atta a resistere al transito dei mezzi di trasporto di cui è previsto l'impiego, ed una pendenza adeguata alla possibilità dei mezzi stessi. La larghezza delle rampe deve essere tale da consentire un franco di almeno 70 cm, oltre la sagoma di ingombro del veicolo. Qualora nei tratti lunghi il franco sia limitato ad un solo lato, devono essere realizzate piazzuole o nicchie di rifugio ad intervalli non superiori a 19,00 m lungo l'altro lato. I viottoli e le scale con gradini ricavati nel terreno o nella roccia devono essere provvisti di parapetto nei tratti prospicienti il vuoto quando il dislivello superi i 2,00 m. Le alzate dei gradini ricavati in terreno friabile devono essere sostenute, ove occorra, con tavole e paletti robusti. Alle vie di accesso ed ai punti pericolosi non proteggibili devono essere apposte segnalazioni opportune e devono essere adottate le precauzioni necessarie per evitare la caduta di gravi dal terreno a monte dei posti di lavoro.

### 15.3 Splateamento e sbancamento

Nei lavori di splateamento o sbancamento eseguiti senza l'impiego di escavatori meccanici, le pareti delle fronti di attacco, secondo le prescrizioni dell'art. 12 del D.P.R. 7 gennaio 1956, n. 154, devono avere un'inclinazione o un tracciato tali, in relazione alla natura del terreno, da impedire franamenti. Quando la parete del fronte di attacco supera l'altezza di 1,50 m è vietato il sistema di scavo manuale per scalzamento alla base e conseguente franamento della parete. Quando per la particolare natura del terreno o per causa di piogge, di infiltrazione, di gelo o disgelo, o

per altri motivi, siano da temere frane o scoscendimenti, si deve provvedere all'armatura o al consolidamento del terreno. Nei lavori di scavo eseguiti con mezzi meccanici deve essere vietata la presenza degli operai nel campo di azione dell'escavatore e sul ciglio del fronte di attacco. Il posto di manovra dell'addetto all'escavatore, quando questo non sia munito di cabina metallica deve essere protetto con solido riparo. Ai lavoratori deve essere fatto esplicito divieto di avvicinarsi alla base della parete di attacco e, in quanto necessario in relazione all'altezza dello scavo o alle condizioni di accessibilità del ciglio della platea superiore, la zona superiore di pericolo deve essere almeno delimitata mediante opportune segnalazioni spostabili col proseguire dello scavo.

#### 15.4 Scavo a sezione obbligata: pozzi, scavi e cunicoli

Nello scavo di pozzi e di trincee profondi più di 1,50 m, quando la consistenza del terreno non dia sufficiente garanzia di stabilità, anche in relazione alla pendenza delle pareti, secondo le prescrizioni dell'art. 17 del D.P.R. 7 gennaio 1956, n. 154, si deve provvedere, man mano che procede lo scavo, all'applicazione delle necessarie armature di sostegno. Le tavole di rivestimento delle pareti devono sporgere dai bordi degli scavi almeno 30 cm rispetto al livello del terreno o stradale. Nello scavo dei cunicoli, salvo che si tratti di roccia che non presenti pericolo di distacchi, devono predisporre idonee armature per evitare franamenti della volta e delle pareti. Dette armature devono essere applicate man mano che procede il lavoro di avanzamento; la loro rimozione può essere effettuata in relazione al progredire del rivestimento in muratura. Idonee armature e precauzioni devono essere adottate nelle sottomurazioni e quando in vicinanza dei relativi scavi vi siano edifici o manufatti, le cui fondazioni possano essere scoperte o indebolite dagli scavi. Nell'infissione di pali di fondazione devono essere adottate misure e precauzioni per evitare che gli scuotimenti del terreno producano lesioni o danni alle opere vicine, con pericolo per i lavoratori. Nei lavori in pozzi di fondazione profondi oltre 3,00 m deve essere disposto, a protezione degli operai addetti allo scavo ed all'asportazione del materiale scavato, un robusto impalcato con apertura per il passaggio della benna.

#### 15.5 Scavi in presenza d'acqua. Prosciugamento

Si ritengono scavi subacquei quelli eseguiti a profondità maggiore di 19 cm sotto un livello costante determinato da acque sorgive nelle cavità di fondazione, sia dopo un parziale prosciugamento con pompe, sia dopo la predisposizione di canali di drenaggio. Se l'appaltatore, in caso di acque sorgive o filtrazioni, non potesse far defluire l'acqua naturalmente, è in facoltà della direzione dei lavori di ordinare, secondo i casi e quando lo riterrà opportuno, l'esecuzione degli scavi subacquei, oppure il prosciugamento. Il volume di scavo eseguito in acqua, sino ad una profondità non maggiore di 19 cm dal suo livello costante, verrà perciò considerato come scavo in presenza d'acqua, ma non come scavo subacqueo. Quando la direzione dei lavori ordinasse il mantenimento degli scavi in asciutto, sia durante l'escavazione, sia durante l'esecuzione delle murature o di altre opere di fondazione, gli esaurimenti relativi saranno eseguiti in economia, e l'appaltatore, se richiesto, avrà l'obbligo di fornire le macchine e gli operai necessari. I sistemi di prosciugamento del fondo adottati dall'appaltatore devono essere accettati dalla direzione dei lavori, specialmente durante l'esecuzione di strutture in muratura o in c.a. al fine di prevenire il dilavamento delle malte.

#### 15.6 Impiego di esplosivi

L'uso di esplosivi per l'esecuzione di scavi è vietato.

#### 15.7 Deposito di materiali in prossimità degli scavi

È vietato, secondo le prescrizioni dell'art. 17 del D.P.R. 7 gennaio 1956, n. 154, costituire depositi di materiali presso il ciglio degli scavi, soprattutto se privi delle necessarie armature, in quanto il materiale accumulato può esercitare

pressioni tali da provocare frane. Qualora tali depositi siano necessari per le condizioni del lavoro, si deve provvedere alle necessarie puntellature.

#### 15.8 Presenza di gas negli scavi

Quando si eseguono lavori entro pozzi, fogne, cunicoli, camini e fosse in genere, come stabilisce l'art. 15 del D.P.R. 7 gennaio 1956, n. 154, devono essere adottate idonee misure contro i pericoli derivanti dalla presenza di gas o vapori tossici, asfissianti, infiammabili o esplosivi, specie in rapporto alla natura geologica del terreno o alla vicinanza di fabbriche, depositi, raffinerie, stazioni di compressione e di decompressione, metanodotti e condutture di gas, che possono dar luogo ad infiltrazione di sostanze pericolose. Quando sia accertata o sia da temere la presenza di gas tossici, asfissianti o l'irrespirabilità dell'aria ambiente e non sia possibile assicurare un'efficiente aerazione ed una completa bonifica, i lavoratori devono essere provvisti di apparecchi respiratori, ed essere muniti di cintura di sicurezza con bretelle passanti sotto le ascelle collegate a funi di salvataggio, le quali devono essere tenute all'esterno dal personale addetto alla sorveglianza. Questo deve mantenersi in continuo collegamento con gli operai all'interno ed essere in grado di sollevare prontamente all'esterno il lavoratore colpito dai gas. Possono essere adoperate le maschere respiratorie, in luogo di autorespiratori, solo quando, accertate la natura e la concentrazione dei gas o vapori nocivi o asfissianti, esse offrano garanzia di sicurezza e sempreché sia assicurata un'efficace e continua aerazione. Quando è stata accertata la presenza di gas infiammabili o esplosivi, deve provvedersi alla bonifica dell'ambiente mediante idonea ventilazione; deve inoltre vietarsi, anche dopo la bonifica, se siano da temere emanazioni di gas pericolosi, l'uso di apparecchi a fiamma, di corpi incandescenti e di apparecchi, comunque suscettibili di provocare fiamme o surriscaldamenti atti ad incendiare il gas. Nei casi sopra previsti i lavoratori devono operare in abbinamento nell'esecuzione dei lavori.

#### 15.9 Divieti per l'appaltatore dopo l'esecuzione degli scavi

L'appaltatore dopo l'esecuzione degli scavi non può iniziare l'esecuzione delle opere, prima che la direzione dei lavori abbia verificato la rispondenza geometrica degli scavi o sbancamenti alle prescrizioni del progetto esecutivo e l'eventuale successiva verifica geologica e geotecnica del terreno di fondazione.

#### 15.10 Sistemazione di strade, accessi e ripristino passaggi

Sono a carico dell'appaltatore gli oneri per la sistemazione delle strade e dei collegamenti esterni ed interni, la collocazione, se necessario, di ponticelli, andatoie, rampe, scalette di adeguata portanza e sicurezza. Prima di dare inizio ai lavori di sistemazione, varianti, allargamenti ed attraversamenti di strade esistenti, l'impresa è tenuta ad informarsi se eventualmente nelle zone nelle quali ricadono i lavori stessi esistono cavi sotterranei (telefonici, telegrafici, elettrici) o condutture (acquedotti, gasdotti, fognature). In caso affermativo l'impresa dovrà comunicare agli enti proprietari di dette opere (Enel, Telecom., P.T., comuni, consorzi, società, ecc.) la data presumibile dell'esecuzione dei lavori nelle zone interessate, chiedendo altresì tutti quei dati (ubicazione, profondità, ecc.) necessari al fine di eseguire tutti i lavori con quelle cautele opportune per evitare danni alle opere su accennate. Il maggior onere al quale l'impresa dovrà sottostare per l'esecuzione dei lavori in dette condizioni si intende compreso e compensato con i prezzi di elenco. Qualora, nonostante le cautele usate, si dovessero manifestare danni ai cavi o alle condotte, l'impresa dovrà procedere a darne immediato avviso mediante telegramma sia agli enti proprietari delle strade che agli enti proprietari delle opere danneggiate oltretché, naturalmente, alla direzione dei lavori. Rimane stabilito che nei confronti dei proprietari delle opere danneggiate l'unica responsabile rimane l'impresa, restando del tutto estranea l'amministrazione e la direzione dei lavori da qualsiasi vertenza, sia essa civile che penale. Fanno comunque carico all'amministrazione gli oneri relativi a spostamenti temporanei e/o definitivi di cavi o condotte che si rendessero necessari.



#### 15.11 Smacchiamento dell'area

Sono a carico dell'appaltatore gli oneri per lo smacchiamento generale della zona interessata dai lavori, ivi incluso il taglio di alberi, siepi e l'estirpazione di eventuali ceppaie.

#### 15.12 Allontanamento delle acque superficiali o di infiltrazione

Sono a carico dell'appaltatore gli oneri per l'esaurimento delle acque superficiali o di infiltrazione concorrenti nei cavi e l'esecuzione di opere provvisorie per lo scolo e la deviazione preventiva di esse dalle sedi stradali o dal cantiere, in generale.

#### 15.13 Proprietà degli oggetti ritrovati

La stazione appaltante, salvi i diritti che spettano allo Stato a termini di legge, si riserva la proprietà degli oggetti di valore e di quelli che interessano la scienza, la storia, l'arte o l'archeologia o l'etnologia, compresi i relativi frammenti, che si rinvenivano nei fondi occupati per l'esecuzione dei lavori e per i rispettivi cantieri e nella sede dei lavori stessi. L'appaltatore dovrà pertanto consegnarli alla stazione appaltante, che gli rimborserà le spese incontrate per la loro conservazione e per le speciali operazioni che fossero state espressamente ordinate al fine di assicurarne l'incolumità ed il diligente recupero. Qualora l'appaltatore, nella esecuzione dei lavori, scopra ruderi monumentali, deve darne subito notizia al direttore dei lavori e non può demolirli né alterarli in qualsiasi modo senza il preventivo permesso del direttore stesso. L'appaltatore deve denunciare immediatamente alle forze di pubblica sicurezza il rinvenimento di sepolcri, tombe, cadaveri e scheletri umani, ancorché attinenti pratiche funerarie antiche, nonché il rinvenimento di cose, consacrate o meno, che formino o abbiano formato oggetto di culto religioso o siano destinate all'esercizio del culto o formino oggetto della pietà verso i defunti. L'appaltatore dovrà altresì darne immediata comunicazione al direttore dei lavori, che potrà ordinare adeguate azioni per una temporanea e migliore conservazione, segnalando eventuali danneggiamenti all'autorità giudiziaria.

### Art. 16 - Conglomerati cementizi semplici ed armati (normali e precompressi)

#### 16.1 Materiali per il conglomerato cementizio

##### 16.1.1 Cemento

I cementi dovranno essere provvisti di marcatura CE, essere conformi alla norma UNI EN 187-1 (D.M. 17.9.1993) ed avere le caratteristiche tipologiche e di resistenza riportate negli elaborati progettuali. A cura e spese dell'Impresa, sotto il controllo della Direzione Lavori, dovranno essere verificate presso un Laboratorio ufficiale le resistenze meccaniche ed i requisiti chimici e fisici del cemento secondo le norme di cui alla Legge 26-5-1965 n. 595, D.M. 3-6-1968 e D.M. 17/9/1993 (per cementi sfusi prelievo di un campione ogni 250 tonn. o frazione). In caso di ambienti chimicamente aggressivi, oltre a rispettare le prescrizioni della UNI EN 187-1 si deve far riferimento anche alle norme UNI 9156 sui cementi resistenti ai solfati e alle UNI 9606 sui cementi resistenti alle acque dilavanti. Per strutture massicce di calcestruzzo, per le quali si utilizzeranno cementi speciali a calore di idratazione molto basso si farà riferimento alla UNI EN 17215. Per i requisiti per le proprietà delle ceneri volanti utilizzate come aggiunte di tipo II nel calcestruzzo strutturale si farà riferimento anche alla UNI EN 450-1. Ad ogni carico di cemento giunto in cantiere, l'Impresa dovrà consegnare alla Direzione Lavori, copia fotostatica del Documento di Trasporto ed il certificato d'origine prodotto dalla cementeria, attestante la conformità alle vigenti norme sulle caratteristiche del legante. Copia di tutti i certificati di prova sarà custodita dalla Direzione Lavori e dall'Impresa. È facoltà della Direzione Lavori richiedere la ripetizione delle prove su una stessa partita qualora sorgesse il dubbio di un degradamento delle caratteristiche del cemento, dovuto ad una causa qualsiasi. È vietato l'uso di cementi diversi per l'esecuzione di ogni singola opera o elemento costruttivo; ciascun

silo del cantiere o della centrale di betonaggio sarà destinato a contenere cemento di un unico tipo, unica classe ed unica provenienza, ed a tale scopo chiaramente identificato. È ammesso l'impiego di cementi speciali rispondenti ai requisiti suddetti ed alle prescrizioni delle presenti Norme, atti al confezionamento di conglomerati cementizi fluidi e superfluidi a basso rapporto a/c senza additivazione in fase di betonaggio.

#### 16.1.2 Aggregati

Per tutti i tipi di conglomerato cementizio dovranno essere impiegati esclusivamente gli aggregati provvisti di marcatura CE conformi alle norme UNI EN 12619 e appartenenti alla categoria A di cui alla Norma UNI 8519 parte 2a aventi caratteristiche nei limiti di accettazione della Norma medesima. Per i metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati si farà riferimento alla EN 932-1, per le loro caratteristiche geometriche alle EN 933-1, per le caratteristiche meccaniche e fisiche alle EN 1697, per le proprietà termiche e l'alterabilità alle EN 1767 e per le caratteristiche chimiche alle EN 1774. Dovranno essere costituiti da elementi non gelivi, privi di parti friabili e polverulente o scistose, argilla e sostanze organiche; non dovranno contenere minerali pericolosi: pirite, marcasite, pirrotina, gesso e solfati solubili (per questi ultimi si veda la tabella. A cura e spese dell'Impresa, sotto il controllo della Direzione Lavori, dovrà essere accertata, mediante esame mineralogico (UNI 8519 parte 4) presso un Laboratorio ufficiale, l'assenza dei minerali indesiderati suddetti e di forme di silice reattiva verso gli alcali del cemento (opale, calcedonio, tridimite, cristobalite, quarzo cristallino in stato di alterazione o tensione, selce, vetri vulcanici, ossidiane), per ciascuna delle cave di provenienza dei materiali. Copia della relativa documentazione dovrà essere custodita dalla Direzione Lavori e dall'Impresa. Tale esame verrà ripetuto con la frequenza indicata nella tabella e comunque almeno una volta all'anno. Ove fosse presente silice reattiva si procederà all'esecuzione delle prove della Norma UNI 8519 parte 20, punto 3, con la successione e l'interpretazione ivi descritte. Nella tabella sono riepilogate alcune delle principali prove cui devono essere sottoposti gli aggregati, con l'indicazione delle norme di riferimento, delle tolleranze di accettabilità e della frequenza. Saranno rifiutati pietrischetti, pietrischi e graniglie aventi un coefficiente di forma, determinato secondo UNI 8519 parte 18, minore di 0,15 (per un D max fino a 32 mm) e minore di 0,12 (per un D max fino a 64 mm). Controlli in tal senso sono richiesti con frequenza di una prova ogni 5000 mc impiegati. La curva granulometrica delle miscele di aggregato per conglomerato cementizio dovrà essere tale da ottenere il massimo peso specifico del conglomerato cementizio a parità di dosaggio di cemento e di lavorabilità dell'impasto e dovrà 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.). La curva granulometrica dovrà risultare costantemente compresa nel fuso granulometrico approvato dalla Direzione Lavori e dovrà essere verificata ogni 1600 m³ di aggregati impiegati. Particolare attenzione dovrà essere rivolta alla granulometria della sabbia, al fine di ridurre al minimo il fenomeno dell'essudazione (bleeding) nel conglomerato cementizio. All'impianto di betonaggio gli aggregati dovranno essere suddivisi in almeno 3 pezzature; la più fine non dovrà contenere più del 15% di materiale trattenuto al vaglio a maglia quadrata da 5 mm. di lato.

*Tabella 22: Caratteristiche degli aggregati.*

CARATTERISTICHE	PROVE	NORME	TOLLERANZA DI ACCETTABILITÀ
Gelività degli aggregati	Gelività	CNR 80 e UNI 8519 PARTE 19	Perdita di massa < 4% dopo 19 cicli
Resistenza all'abrasione	Los Angeles	CNR 34 e UNI 8519 parte 18	Perdita di massa LA 30%
Compattezza degli aggregati	Degradabilità alle soluzioni solfatiche	UNI 8519 parte 16	Perdita di massa dopo 5 cicli $\leq 16\%$
Presenza di gesso e solfati solubili	Analisi chimica degli inerti	UNI 8519 parte 11	$SO_3 \leq 0,05\%$
Presenza di argille	Equivalente in sabbia	UNI 8519 parte 15	$ES \geq 80$ $VB \leq 0,6 \text{ cm}^3/\text{g}$ di fini
Presenza di pirite, marcasite, pirrotina e quarzo stressato	Analisi petrografica	UNI 8519 parte 4	Assenti
Presenza di sostane organiche	Determinazione colorimetrica	UNI 8519 parte 17	Per aggregato fine: colore della soluzione più chiaro dello standard di riferimento
Presenza di forme di silice reattiva	Potenziale reattività dell'aggregato - metodo chimico; Potenziale attività delle miscele cemento aggregati - metodo del prisma di malta	UNI 8519 parte 20	UNI 8519 parte 20 punto 4 UNI 8519 parte 20 punto 5
Presenza di cloruri solubili	Analisi chimica	UNI 8519 parte 12	$Cl \leq 0,05 \%$
Coefficiente di forma e di appiattimento	Determinazione dei coefficienti di forma e di appiattimento	UNI 8519 parte 18	$C_f \geq 0,15$ ( $D_{max}=32\text{mm}$ ) $C_f \geq 0,12$ ( $D_{max}=64\text{mm}$ )
Frequenza delle prove	La frequenza sarà definita dal progettista e/o prescritta dalla Direzione Lavori. Comunque dovranno essere eseguite prove: prima dell'autorizzazione all'impiego; per ogni cambiamento di cava o materiali nel corpo di cava; ogni 8000 m <sup>3</sup> di aggregati impiegati.		

Le singole pezzature non dovranno contenere sottoclassi in misura superiore al 15% e sovraclassi in misura superiore al 16% della pezzatura stessa. 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 0,25 volte la dimensione minima delle strutture;
- minore della spaziatura minima tra le barre di armatura, diminuita di 5 mm;
- minore dello spessore del copriferro.

Per realizzare conglomerati cementizi per strati coibenti, colmature di solai di copertura, ecc., si dovrà utilizzare come aggregato, un metro cubo di argilla espansa per ogni 190 kg di cemento.

#### 16.1.3 Acqua di impasto

L'acqua di impasto dovrà essere conforme alla norma UNI EN 1608. Sono ammesse come acqua di impasto per i conglomerati cementizi l'acqua potabile e le acque naturali rispondenti ai requisiti di seguito riportati. Sono escluse le acque provenienti da scarichi (industriali, ecc.). In merito al contenuto di ione cloruro nell'acqua per i manufatti in cemento armato normale o precompresso, si dovrà tenere conto dei limiti previsti della Norma UNI 8981 parte 5 per il contenuto totale di tale ione. 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 in relazione al

tipo di conglomerato cementizio, tenendo conto dell'acqua contenuta negli aggregati, (si faccia riferimento alla condizione "satura a superficie asciutta" della Norma UNI 8519 parte 5).

#### 16.1.4 Additivi

L'Impresa dovrà impiegare additivi garantiti dai produttori per qualità e costanza di effetto e di concentrazione; le loro caratteristiche dovranno essere verificate preliminarmente in sede di qualifica di conglomerati cementizi. Gli additivi devono essere provvisti di marcatura CE e dovranno essere conformi alle norme UNI EN 934-2 , UNI 16765. Per i metodi di prova si farà riferimento alla UNI EN 480-2. Nel caso di uso contemporaneo di più additivi l'Impresa dovrà fornire alla Direzione Lavori la prova della loro compatibilità.

##### 16.1.4.1 Additivi fluidificanti, superfluidificanti e iperfluidificanti

Allo scopo di realizzare i calcestruzzi impermeabili e durevoli a basso rapporto a/c ed elevata lavorabilità si farà costantemente uso di additivi fluidificanti o superfluidificanti del tipo approvato dalla Direzione Lavori. A seconda delle condizioni ambientali e dei tempi di trasporto e lavorazione, potranno essere impiegati anche additivi del tipo ad azione mista fluidificante-aerante, fluidificante-ritardante e fluidificante accelerante. Non dovranno essere impiegati additivi a base di cloruri o contenenti cloruro di calcio. Il loro dosaggio dovrà essere definito in fase di qualifica dei conglomerati cementizi sulla base delle indicazioni del fornitore. Per conglomerati cementizi che debbono avere particolari requisiti di resistenza e durabilità dovranno essere impiegati additivi iperfluidificanti (caratterizzati da una riduzione d'acqua di almeno il 30%).

##### 16.1.4.2 Additivi aeranti

Per i conglomerati cementizi soggetti durante l'esercizio a ciclo di gelo-disgelo, si farà costantemente uso di additivi aeranti. La percentuale di aria inglobata varierà secondo quanto riportato nella tabella in rapporto alla dimensione massima degli aggregati (D max) e sarà misurata sul conglomerato cementizio fresco prelevato all'atto della posa in opera secondo la relativa Norma UNI EN 12150-7. L'Impresa 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 inglobata al di sotto dei limiti della tabella. Gli aeranti dovranno essere conformi a quanto indicato nella norma ASTM C 260; dovranno essere aggiunti al conglomerato cementizio nella betoniera in soluzione con l'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. Su richiesta della Direzione Lavori, l'Impresa dovrà inoltre esibire prove di Laboratorio Ufficiale che dimostrino la conformità del prodotto alle norme UNI vigenti; dovrà comunque essere garantita la qualità e costanza di caratteristiche dei prodotti da impiegare.

*Tabella 23: Dosaggio richiesto di aria inglobata.*

D max aggregati (mm)	% aria occlusa*
16,0	7,0
12,5	6,5
19,0	6,0
25,0	5,0
40,0	4,5
50,0	4,0
75,0	3,5
* tolleranza $\pm 1\%$	

Il contenuto d'aria inglobata nel conglomerato cementizio indurito potrà essere verificato con il procedimento descritto nello Standard ASTM C 457 o con procedimento simile. In alternativa all'uso di additivi aeranti è consentito l'impiego

di microsfere di plastica di diametro compreso tra 0,016 e 0,050 mm. L'Impresa dovrà preventivamente fornire in proposito un'adeguata documentazione, basata sull'esecuzione di cicli di gelo-disgelo secondo la Normativa UNI.

#### 16.1.4.3 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 giorni. Gli additivi acceleranti aumentano la velocità delle reazioni tra il legante e l'acqua e conseguentemente lo sviluppo delle resistenze dei conglomerati cementizi senza pregiudicare la resistenza finale degli impasti. I tipi ed i dosaggi impiegati dovranno essere preventivamente approvati dalla Direzione Lavori.

#### 16.1.4.4 Additivi antigelo

Gli additivi antigelo abbassano il punto di congelamento dell'acqua d'impasto ed accelerano alle basse temperature i processi di presa e indurimento dei conglomerati cementizi. Dovranno essere impiegati soltanto su disposizione della Direzione Lavori, che dovrà approvare preventivamente tipo e dosaggio.

#### 16.1.4.5 Silice ad alta superficie specifica (Silicafume)

Quando previsto in progetto o prescritto dalla Direzione Lavori, potranno essere impiegati additivi in polvere costituiti da silice amorfa ad elevatissima superficie specifica (silicafume), o da superfluidificanti posti su un supporto costituito dalla silice amorfa di cui sopra. Ciò per ottenere conglomerati cementizi ad elevata lavorabilità, resistenza e durabilità, in particolare in presenza di gelo e disgelo e di sali disgelanti. La quantità di silicafume aggiunta all'impasto, dell'ordine del 5÷16% sul peso del cemento più aggiunte, dovrà essere definita d'intesa con il Progettista e la Direzione Lavori in sede di qualifica preliminare del conglomerato cementizio, previa verifica mediante immersione di provini in soluzione al 30% di CaCl<sub>2</sub> a 278 K per venti giorni senza che sui provini stessi si manifesti formazione di fessure o scaglie. La silice amorfa ad elevatissima superficie specifica si divide in due classi di prodotti, dette Classe A e Classe B così come previsto dalla norma NFP 18-502. Le caratteristiche tecniche previste per le due classi di riferimento dovranno essere le seguenti:

*Tabella 24: Silicafume*

Parametro	Classe	
	A	B
SiO <sub>2</sub>	> 85%	70÷85%
CaO	<1,2%	<2,0%
SO <sub>3</sub>	<2,5%	<2,5%
Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O	<4,0%	0%<
Cl	<0,2%	<0,2%
Area specifica B. E. T	19÷35 m <sup>2</sup> /g	16÷19 m <sup>2</sup> /g
Massa volumica assoluta	2,1÷2,3 kg/l	2,1÷2,4 kg/l

La silicafume di classe B potrà essere utilizzata per i conglomerati cementizi proiettati all'aperto; la silicafume di classe A dovrà essere utilizzata per tutti i conglomerati cementizi, compresi quelli proiettati in sotterraneo. Al fine di ottenere una corretta progettazione del mix design del conglomerato cementizio, ove previsto l'impiego del silicafume, il rapporto fra la stessa ed il cemento sarà di 1/1, per la distribuzione delle parti fini e la definizione del rapporto a/c (per l'ottenimento delle resistenze inferiori a 7 giorni la silice non dovrà essere presa in considerazione).

#### 16.1.4.6 Additivi antidilavamento

Gli additivi antidilavamento consentono la posa in opera del calcestruzzo per caduta libera anche in acqua corrente senza subire dilavamento e senza causare inquinamento per la dispersione delle parti fini. La miscelazione col calcestruzzo assicura l'ottenimento di impasti coesivi e mai segregabili con le stesse prestazioni meccaniche del calcestruzzo di riferimento

#### 16.2 Classi dei calcestruzzi

Ai fini delle presenti Norme Tecniche di Appalto, le classi di resistenza caratteristica cubica e di esposizione del conglomerato cementizio di cui alle norme UNI EN 196-1 e UNI 11164 sono quelle indicate negli elaborati progettuali.

#### 16.3 Qualifica preliminare dei conglomerati cementizi

L'Impresa è tenuta all'osservanza della Legge 5-11-1971 n. 1686 "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica" nonché delle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'Art. 21 della predetta legge (D.M. del 1-4-1983 e successivi aggiornamenti). L'Impresa, sulla scorta delle prescrizioni contenute nei progetti esecutivi delle opere in conglomerato cementizio semplice e armato (normale e precompresso), relativamente a caratteristiche e prestazioni dei conglomerati cementizi stessi, avuto particolare riferimento a:

- resistenza caratteristica a compressione  $R_{ck}$  (UNI EN 12190, UNI EN 12190-4);
- durabilità delle opere (UNI EN 187 - UNI 11164 - UNI 8981);
- lavorabilità (abbassamento al cono di ABRAMS (UNI EN 187 - UNI EN 12150-2);
- diametro massimo dell'aggregato (UNI 8519);
- tipi di cemento e dosaggi minimi ammessi (UNI EN 187 - UNI 11164);
- resistenza a trazione per flessione secondo UNI EN 12159;
- resistenza a compressione sui monconi dei provini rotti per flessione (UNI 6174 );
- resistenza a trazione indiretta (UNI EN 12190-6);
- modulo elastico secante a compressione (UNI 6556);
- contenuto d'aria del conglomerato cementizio fresco (UNI EN 12150);
- ritiro idraulico (UNI 6555, UNI 7086);
- resistenza ai cicli di gelo-disgelo (UNI EN 187- UNI 11164 - UNI 7087);
- impermeabilità (ISO DIS 7032) (DIN 1648);
- accorgimenti da adottare in caso di lavorazioni da eseguirsi in presenza di temperature rigide (al di sotto di 278 K);
- in caso di maturazione accelerata a vapore (descrizione del ciclo termico e descrizione dell'impianto che l'Impresa intenderà utilizzare);
- dovrà qualificare i materiali e gli impasti in tempo utile prima dell'inizio dei lavori, sottoponendo all'esame della Direzione Lavori:
  - a) i campioni dei materiali che intende impiegare, indicando provenienza, tipo e qualità dei medesimi;
  - b) la caratterizzazione granulometrica degli aggregati;
  - c) il tipo e il dosaggio del cemento, il rapporto acqua/cemento, lo studio della composizione granulometrica degli aggregati, il tipo e il dosaggio degli additivi che intende usare, il contenuto di aria inglobata, il valore previsto della consistenza misurata con il cono di Abrams, per ogni tipo e classe di conglomerato cementizio;
  - d) la caratteristica dell'impianto di confezionamento ed i sistemi di trasporto, di getto e di maturazione;

- e) i risultati delle prove preliminari di resistenza meccanica sui cubetti di conglomerato cementizio, da eseguire con le modalità più avanti descritte;
- f) lo studio dei conglomerati cementizi ai fini della durabilità, eseguito secondo quanto precisato successivamente;
- g) i progetti delle opere provvisorie e provvisionali (centine, armature di sostegno e attrezzature di costruzione).

La Direzione Lavori autorizzerà l'inizio dei getti di conglomerato cementizio solo dopo aver esaminato ed approvato la documentazione per la qualifica dei materiali e degli impasti di conglomerato cementizio e dopo aver effettuato, in contraddittorio con l'Impresa, impasti di prova del conglomerato cementizio per la verifica dei requisiti. Dette prove saranno eseguite sui campioni confezionati in conformità a quanto proposto dall'Impresa ai punti a), b), c), e f). I laboratori, il numero dei campioni e le modalità di prova saranno quelli indicati dalla Direzione Lavori, tutti gli oneri relativi saranno a carico dell'Impresa. 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 prevedesse una variazione dei materiali, la procedura di qualifica dovrà essere ripetuta. Qualora l'Impresa impieghi conglomerato cementizio preconfezionato pronto all'uso, per il quale si richiama la norma UNI EN 196-1, le prescrizioni sulla qualificazione dei materiali, la composizione degli impasti e le modalità di prova, dovranno essere comunque rispettate. Si puntualizza che per la realizzazione delle opere in conglomerato cementizio dovrà essere impiegato esclusivamente "conglomerato cementizio a prestazione garantita" secondo la Norma UNI EN 196-1.

#### 16.4 Controlli in corso d'opera

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

#### 16.5 Resistenza e durevolezza dei calcestruzzi

Per ciascuna determinazione in corso d'opera delle resistenze caratteristiche a compressione dei calcestruzzi dovranno essere eseguite due serie di prelievi da effettuarsi in conformità alle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'Art. 21 della Legge 1686 del 5-11-1971. I prelievi, eseguiti in contraddittorio con l'Impresa, verranno effettuati separatamente per ogni opera e per ogni classe di conglomerato cementizio previsti negli elaborati progettuali. Di tali operazioni, eseguite a cura e spese dell'Impresa, e sotto il controllo della Direzione Lavori, secondo le Norme UNI vigenti, verranno redatti appositi verbali numerati progressivamente e controfirmati dalle parti. I provini, contraddistinti col numero progressivo del relativo verbale di prelievo, verranno custoditi a cura e spese dell'Impresa in locali ritenuti idonei dalla Direzione Lavori, previa apposizione di sigilli e firma del Direttore dei Lavori, o di persona di sua fiducia da lui incaricata e dell'Impresa, nei modi più adatti a garantire la autenticità e la corretta stagionatura (UNI EN 12190). Con i provini della prima serie di prelievi, verranno effettuate presso i Laboratori della Direzione Lavori, alla presenza dell'Impresa, le prove atte a determinare le resistenze caratteristiche alle differenti epoche di stagionatura secondo le disposizioni che al riguardo saranno impartite dalla Direzione Lavori. Nel caso che la resistenza caratteristica ( $R_{ck}$ ) ricavata dalle prove della prima serie di prelievi, risultasse essere 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'Impresa possa accampare per questo alcun diritto. I provini della seconda serie di prelievi dovranno essere sottoposti a prove presso Laboratori ufficiali; per i conglomerati cementizi non armati o debolmente armati (fino ad un massimo di 30kg/m<sup>3</sup> di acciaio), si adotteranno le modalità e frequenze di prova previste per i conglomerati cementizi armati. Se dalle prove eseguite presso Laboratori ufficiali, sui provini della seconda serie di prelievi risultasse un valore ( $R_{ck}$ ) inferiore di non più del 16% rispetto a quello della classe indicata negli elaborati progettuali, la Direzione Lavori, d'intesa con il Progettista, effettuerà una determinazione sperimentale della resistenza meccanica del conglomerato cementizio in opera e successivamente una verifica della sicurezza. Nel caso che tale verifica dia esito positivo, il conglomerato

cementizio verrà accettato, ma verrà applicata una penale. Qualora, poi, la resistenza caratteristica risultasse minore di quella richiesta di più del 16%, l'Impresa sarà tenuta, a sua totale cura e spese, alla demolizione e rifacimento dell'opera oppure all'adozione di quei provvedimenti che, proposti dalla stessa, per diventare operativi dovranno essere formalmente approvati dal Progettista. Nulla sarà dovuto all'Impresa se la resistenza (Rck) risulterà maggiore a quella indicata negli elaborati progettuali.

#### 16.6 Durabilità dei conglomerati cementizi

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

Le cause di degradazione più frequenti sono i fenomeni di corrosione delle armature, i cicli di gelo-disgelo, l'attacco di acque aggressive di varia natura e la presenza di solfati e di cloruri. La degradazione va prevenuta applicando nelle fasi di progettazione e di esecuzione le Norme UNI 8981 e UNI EN 196-1 e UNI 11164. La Direzione Lavori, d'intesa con il Progettista (che dovrà documentare nel progetto delle opere l'adozione delle istruzioni di cui alla Norma UNI 8981) e con l'Impresa, verificherà in fase di qualifica dei materiali e degli impasti l'efficacia dei provvedimenti da adottare in base alle suddette Norme UNI. Devesi tenere conto infatti che 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 e di anidride carbonica aggressiva nelle acque e nei terreni a contatto dei manufatti, dovranno essere osservate le istruzioni di cui alle Norme UNI 8981 parte 2a e parte 3a, impiegando i tipi di cemento corrispondenti alle classi di resistenza chimica moderata, alta ed altissima, secondo le prescrizioni delle Norme UNI 9156 e 9606. 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 resistenza ai cicli di gelo-disgelo, di permeabilità, di assorbimento d'acqua, di scagliamento in presenza di cloruro, di resistenza all'azione di soluzioni aggressive. La prova di resistenza al gelo verrà 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 sotto riportati:

*Tabella 25*

Riduzione del modulo di elasticità:	19%
Perdita di massa:	2%
Espansione lineare:	0÷2%
Coefficiente di permeabilità: - prima dei cicli - dopo i cicli	16-9 cm/sec 16-8 cm/sec

La prova di permeabilità verrà eseguita misurando il percolamento d'acqua attraverso provini sottoposti a pressione d'acqua su una faccia o, se disponibile, secondo il metodo di Figg (riportato al successivo punto 15.8). La prova di assorbimento d'acqua alla pressione atmosferica verrà eseguita secondo il procedimento UNI 7699. La prova di scagliatura verrà eseguita secondo la relativa Norma UNI in preparazione. La prova di permeabilità dello ione cloruro o solfato verrà eseguita secondo la UNI 9944 o rispettivamente 8018.

#### 16.7 Tecnologia esecutiva delle opere

Si ribadisce che l'Impresa è tenuta all'osservanza delle Norme tecniche emanate in applicazione della Legge 05/11/1971 n. 1686 (D.M. in vigore), delle relative istruzioni e successivi aggiornamenti e le Norme UNI vigenti, in quanto applicabili, ed in particolare della Norma UNI EN 196-1.



#### 16.7.1 Confezione dei conglomerati cementizi

La confezione dei calcestruzzi dovrà essere eseguita con gli impianti preventivamente sottoposti all'esame della Direzione Lavori. Gli impianti di betonaggio saranno del tipo automatico o semiautomatico, con dosatura a peso degli aggregati, dell'acqua, degli additivi e del cemento e dovranno essere dotati di dispositivo di premiscelazione (premixer) ad asse verticale o ad asse orizzontale, senza by-pass, avente capacità di produzione non superiore di 4 m<sup>3</sup> ad impasto e che dovranno essere provvisti inoltre, di dispositivo automatico di controllo dell'umidità degli aggregati e di misuratore della potenza assorbita (kw) dal premiscelatore. Le pale del mescolatore, che ad inizio lavori dovranno comunque essere nuove di fabbrica, dovranno essere sostituite ogni qualvolta lo spessore di queste ultime sarà inferiore di 2 (due) centimetri rispetto a quello originario, misurato prima dell'inizio delle lavorazioni. In betoniera si dovrà introdurre il conglomerato cementizio pronto per il trasporto. Alla fine di ogni turno di lavoro l'Impresa dovrà trasmettere al responsabile del controllo qualità dei materiali, o ad un suo incaricato, copia dei tabulati riportanti i dati di carico di ogni impasto eseguito durante il turno stesso. La mancata consegna dei tabulati comporterà la non accettazione del conglomerato cementizio prodotto durante l'intera giornata lavorativa. Il tempo e la velocità di mescolamento dovranno essere tali da produrre un conglomerato rispondente ai requisiti di omogeneità richiesti dalle presenti norme tecniche. La precisione delle apparecchiature per il dosaggio ed i valori minimi saranno quelli del punto 9.6.2.2 della Norma UNI EN 196-1; dovrà essere controllato il contenuto di umidità degli aggregati. La dosatura effettiva degli aggregati dovrà essere realizzata con precisione del 3%; quella del cemento con precisione del 2%. Le bilance dovranno essere revisionate almeno una volta ogni due mesi e tarate all'inizio del lavoro e successivamente almeno una volta all'anno. Per l'acqua e gli additivi è ammessa anche la dosatura a volume. La dosatura effettiva dell'acqua dovrà essere realizzata con precisione del 2% ed i relativi dispositivi dovranno essere tarati almeno una volta ogni due mesi o comunque quando richiesto dalla Direzione Lavori. I dispositivi di misura del cemento, dell'acqua e degli additivi dovranno essere di tipo individuale. Le bilance per la pesatura degli inerti possono essere di tipo cumulativo (peso delle varie pezzature con successione addizionale). I silos del cemento debbono garantire la perfetta tenuta nei riguardi dell'umidità atmosferica. Gli impasti dovranno essere confezionati in betoniere aventi capacità tale da contenere tutti gli ingredienti della pesata senza debordare. L'impasto dovrà risultare di consistenza uniforme ed omogeneo, uniformemente coesivo (tale cioè da essere trasportato e manipolato senza che si verifichi la separazione dei singoli elementi); lavorabile (in maniera che non rimangano vuoti nella massa o sulla superficie dei manufatti dopo eseguita la vibrazione in opera). Se al momento della posa in opera la consistenza del conglomerato cementizio non è quella prescritta, lo stesso non dovrà essere impiegato per l'opera ma scaricato in luogo appositamente destinato dall'Impresa. Tuttavia, se la consistenza è minore di quella prescritta (minore slump) e il conglomerato cementizio è ancora nell'autobetoniera, la consistenza può essere portata fino al valore prescritto mediante l'aggiunta di additivi fluidificanti e l'aggiunta verrà registrata sulla bolla di consegna. Si pone assoluto divieto all'aggiunta di acqua durante le operazioni di getto. Al termine di ogni turno di lavoro l'Impresa dovrà trasmettere alla Direzione Lavori copia dei rapporti di carico di ogni singolo impasto prodotto, ottenuti tramite idoneo supporto informatico. La produzione ed il getto del conglomerato cementizio dovranno essere sospesi nel caso che la temperatura scenda al disotto di 273 K, salvo diverse disposizioni che la Direzione Lavori potrà dare volta per volta, prescrivendo in tal caso, le norme e gli accorgimenti cautelativi da adottare, tenuto conto di quanto esposto nel paragrafo che segue.

16.7.1.1 Disposizioni alle quali attenersi per la realizzazione (confezione, getto, stagionatura e disarmo) del conglomerato cementizio, in presenza di temperature inferiori ai 278 K (soglia minima al di sotto della quale vengono messi in crisi i normali tempi di maturazione) nonché in presenza di temperature al di sotto di 273 K

Affinché il materiale sottoposto alle temperature esterne sopracitate non subisca danni irreparabili dovuti ad aumento di volume, (formazione di ghiaccio) e quindi al generarsi di tensioni interne, si rende necessaria l'adozione (in ordine cronologico) dei seguenti accorgimenti:

- 1) Rimuovere dall'interno dei casseri e della superficie dei ferri d'armatura eventuali residui di ghiaccio o di brina eventualmente venutisi a formare durante le ore in cui la temperatura subisce i cali maggiori (es. ore notturne).
- 2) Riscaldare il conglomerato cementizio durante la miscelazione attraverso il riscaldamento dei suoi ingredienti (prioritariamente l'acqua).
- 3) Calcolare il raffreddamento del calcestruzzo durante il trasporto.
- 4) Tenere conto dell'inevitabile raffreddamento del conglomerato cementizio durante il getto dalla betoniera nel cassero.
- 5) Isolare termicamente il getto per mantenere la temperatura a minimo 283 K riducendo la dissipazione del calore di idratazione sviluppata.

Come si evince dalla lettura dei punti 2 e 3, l'Impresa, oltre a dover rispettare i parametri dichiarati in sede di studio progettuale, dovrà garantire una temperatura del conglomerato cementizio, tale da permettere l'ottenimento, durante la fase di maturazione, di minimo 283 K. Al fine di conferire al getto un adeguato isolamento termico, atto a mantenere una temperatura costante di 283 K all'interno dei casseri, risulta necessario coibentare i casseri stessi, nonché proteggere le superfici esposte (solette) con idonee coperture. Tutto ciò premesso, nella scelta degli accorgimenti occorrerà tenere conto dei seguenti parametri:

- spessore minimo della struttura;
- temperatura dell'ambiente;
- dosaggio di cemento;
- resistenza termica del cassero e della eventuale protezione aggiuntiva.

Affinché sia garantita la temperatura di cui sopra per un periodo minimo di permanenza nei casseri del conglomerato di 7 (sette) giorni. Le disposizioni di cui sopra non sostituiscono, ma bensì integrano, quelle che devono essere le caratteristiche peculiari di un conglomerato cementizio qualitativamente elevato, ossia il mantenimento del rapporto a/c entro il limite richiesto, un'adeguata lavorabilità tale da consentire un regolare deflusso ed assestamento del conglomerato entro i casseri e tra i ferri d'armatura, la quantità di aria microclusa in funzione del diametro massimo (D max) dell'aggregato ed infine, una corretta maturazione affinché si prevenga la formazione di fessure da "ritiro plastico". I dettagli operativi, atti a garantire le prestazioni richieste, saranno inseriti dall'Impresa nello studio progettuale, secondo quanto previsto nelle presenti Norme Tecniche.

16.7.2 Trasporto

Il trasporto dei calcestruzzi dall'impianto di betonaggio al luogo di impiego dovrà essere effettuato con mezzi idonei al fine di evitare la possibilità di segregazione dei singoli componenti e comunque tali da evitare ogni possibilità di deterioramento del conglomerato cementizio medesimo. Saranno accettate in funzione della durata e della distanza di trasporto, le autobetoniere e le benne a scarico di fondo ed, eccezionalmente, i nastri trasportatori. L'uso delle pompe sarà consentito a condizione che l'Impresa adotti, a sua cura e spese, provvedimenti idonei a mantenere il valore prestabilito del rapporto acqua/cemento del conglomerato cementizio alla bocca di uscita della pompa. Non saranno ammessi gli autocarri a cassone o gli scivoli. L'omogeneità e la consistenza dell'impasto saranno controllate contestualmente ad ogni prelievo di materiale per le prove di resistenza, di massa volumica e del rapporto a/c. Tutte le

prove dovranno essere eseguite sullo stesso materiale di prelievo. Nel caso di calcestruzzo pompato, la consistenza dovrà essere misurata prima dell'immissione del materiale nella pompa. È facoltà della Direzione Lavori di rifiutare carichi di conglomerato cementizio non rispondenti ai requisiti prescritti. Questi ultimi una volta rifiutati, non potranno essere oggetto di eventuali "correzioni" ma dovranno essere definitivamente ed insindacabilmente allontanati dal cantiere.

#### 16.7.3 Posa in opera

I getti dovranno essere iniziati solo dopo la verifica degli scavi, delle casseforme e delle armature metalliche da parte della Direzione Lavori. La posa in opera sarà eseguita con ogni cura ed a regola d'arte, dopo aver preparato accuratamente e rettificati i piani di posa, le casseforme, i cavi da riempire e dopo aver posizionato le armature metalliche. Nel caso di getti contro terra, roccia, ecc. si deve controllare che la pulizia del sottofondo, il posizionamento di eventuali drenaggi, la stesura di materiale isolante o di collegamento, siano eseguiti in conformità alle disposizioni di progetto e delle presenti Norme. I getti dovranno risultare perfettamente conformi ai particolari costruttivi di progetto ed alle prescrizioni della Direzione Lavori. Si avrà cura che in nessun caso si verifichino cedimenti dei piani di appoggio e delle pareti di contenimento. I getti dovranno essere iniziati solo dopo la verifica degli scavi, delle casseforme e delle armature metalliche da parte della Direzione Lavori. Le casseforme dovranno essere atte a garantire superfici di getto regolari ed a perfetta regola d'arte; in tal senso l'Impresa provvederà, a sua cura e spese, alla posa di opportuni ponteggi ed impalcature, previa presentazione ed approvazione da parte della Direzione Lavori dei relativi progetti. Dovranno essere impiegati prodotti disarmanti aventi i requisiti di cui alle specifiche della Norma UNI 8866; le modalità di applicazione dovranno essere quelle del produttore evitando accuratamente aggiunte eccessive e ristagni di prodotto sul fondo delle casseforme. La Direzione Lavori eseguirà un controllo della quantità di disarmante impiegato in relazione allo sviluppo della superficie di casseforme trattate. Dovrà essere controllato inoltre che il disarmante impiegato non macchi o danneggi la superficie del conglomerato. A tale scopo saranno usati prodotti efficaci per la loro azione specifica escludendo i lubrificanti di varia natura. Dal giornale lavori del cantiere dovrà risultare la data di inizio e di fine dei getti e del disarmo. Se il getto dovesse essere effettuato durante la stagione invernale, l'Impresa dovrà tenere registrati giornalmente i minimi di temperatura desunti da un apposito termometro esposto nello stesso cantiere di lavoro. Il conglomerato cementizio sarà posto in opera e assestato con ogni cura in modo che le superfici esterne si presentino lisce e compatte, omogenee e perfettamente regolari ed esenti anche da macchie o chiazze. Per la finitura superficiale delle solette è prescritto l'uso di 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 16 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 della Impresa. Quando le irregolarità siano mediamente superiori a 16 mm, la Direzione Lavori ne imporrà la regolarizzazione a totale cura e spese dell'Impresa mediante uno strato di materiali idonei che, a seconda dei casi e ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori potrà essere costituito da:

- 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 0,5 cm. sotto la superficie finita, e gli incavi verranno accuratamente sigillati con malta fine di cemento espansivo. Viene poi prescritto che, dovunque sia possibile, gli elementi dei casseri

vengano fissati nella esatta posizione prevista utilizzando fili metallici liberi di scorrere entro tubetti di materiale PVC o simile, di colore grigio, destinati a rimanere incorporati nel getto di conglomerato cementizio, armato o non armato. Lo scarico del conglomerato dal mezzo di trasporto dovrà avvenire con tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione. A questo scopo il conglomerato dovrà cadere verticalmente al centro della casseforma e sarà steso in strati orizzontali di spessore limitato e comunque non superiore a 50 cm. misurati dopo la vibrazione. 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. Gli apparecchi, i tempi e le modalità per la vibrazione saranno quelli preventivamente approvati dalla Direzione Lavori. L'Impresa dovrà porre particolare cura nella realizzazione dei giunti di dilatazione o contrazione di tipo impermeabile (waterstop), o giunti speciali aperti, a cunei, secondo le indicazioni di progetto. Tra le successive riprese di getto non dovranno aversi distacchi o discontinuità o differenze d'aspetto, e la ripresa potrà effettuarsi solo dopo che la superficie del getto precedente sia stata accuratamente pulita, lavata, e spazzolata; gli eventuali giunti di costruzione saranno sigillati, così come previsto nelle presenti Norme Tecniche. La Direzione Lavori avrà la facoltà di prescrivere, ove e quando lo ritenga necessario, che i getti vengano eseguiti senza soluzione di continuità così da evitare ogni ripresa, anche se ciò comporta che il lavoro debba essere condotto a turni, durante le ore notturne ed anche in giornate festive, senza che all'Impresa 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 verranno realizzate mediante spruzzatura di additivo ritardante sulla superficie del conglomerato cementizio fresco; dopo che la massa del conglomerato sarà indurita si provvederà 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. Quando il conglomerato cementizio fosse gettato in presenza d'acqua, si dovranno adottare gli accorgimenti necessari per impedire che l'acqua lo dilavi e ne pregiudichi la normale maturazione. La temperatura del conglomerato cementizio all'atto del getto dovrà essere compresa tra 278 e 303 K.

#### 16.7.4 Stagionatura e disarmo

A getto ultimato dovrà essere curata la stagionatura dei conglomerati cementizi in modo da evitare un rapido prosciugamento delle superfici esposti all'aria dei medesimi e la conseguente formazione di fessure da ritiro plastico, usando tutte le cautele ed impiegando i mezzi più idonei allo scopo, fermo restando che il sistema proposto dall'Impresa dovrà essere approvato dalla Direzione Lavori. A questo fine tutte le superfici del conglomerato cementizio non protette dalle casseforme dovranno essere mantenute umide il più a lungo possibile e comunque per almeno 7 giorni, sia per mezzo di prodotti antievaporanti (curing), da applicare a spruzzo subito dopo il getto, sia mediante continua bagnatura, sia con altri sistemi idonei. I prodotti antievaporanti (curing) ed il loro dosaggio dovranno essere approvati dalla Direzione Lavori. Le loro caratteristiche dovranno essere conformi a quanto indicato nelle Norme UNI 8656: tipi 1 e 2. La costanza della composizione dei prodotti antievaporanti dovrà essere verificata, a cura della Direzione Lavori ed a spese dell'Impresa, al momento del loro approvvigionamento. In particolare, per le solette, che sono soggette all'essiccamento prematuro ed alla fessurazione da ritiro plastico che ne deriva, è fatto obbligo di applicare sistematicamente i prodotti antievaporanti di cui sopra. È ammesso in alternativa l'impiego, anche limitatamente ad uno strato superficiale di spessore non minore di 19 cm, di conglomerato cementizio rinforzato da fibre di resina sintetica di lunghezza da 19 a mm, di diametro di alcuni millesimi di millimetro aggiunti nella betoniera e dispersi uniformemente nel conglomerato cementizio, in misura di 0,5÷1,5 kg/m<sup>3</sup>. Nel caso che sulle solette si rilevino manifestazioni di ritiro plastico con formazione di fessure di apertura superiore a 0,3 mm, l'Impresa dovrà provvedere a sua cura e spese alla demolizione ed al rifacimento delle strutture danneggiate.

#### 16.7.4.1 Maturazione accelerata a vapore

La maturazione accelerata a vapore deve essere eseguita osservando le prescrizioni che seguono secondo il disposto del punto 16.7 della Norma UNI EN 196-1:

- la temperatura del conglomerato cementizio, durante le prime 3 h dall'impasto non deve superare 303 K, dopo le prime 4 h dall'impasto non deve superare 317 K;
- il gradiente di temperatura non deve superare 19 K/h;
- la temperatura massima del calcestruzzo non deve in media superare 333 K (i valori singoli devono essere minori di 338 K);
- il calcestruzzo deve essere lasciato raffreddare con un gradiente di temperatura non maggiore di 16K/h;
- durante il raffreddamento e la stagionatura occorre ridurre al minimo la perdita di umidità per evaporazione.

#### 16.7.4.2 Disarmo e scasseratura

Durante il periodo della stagionatura i getti dovranno essere riparati da possibilità di urti, vibrazioni e sollecitazioni di ogni genere. La rimozione delle armature di sostegno dei getti potrà essere effettuata quando siano state sicuramente raggiunte le prescritte resistenze e comunque mai prima di 48 (quarantotto) ore. In assenza di specifici accertamenti, l'Impresa dovrà attenersi a quanto stabilito nelle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'Art. 21 della Legge 5-11-1971 n. 1686 (D.M. in vigore).

#### 16.7.4.3 Protezione dopo la scasseratura

Si richiama integralmente il punto 16.6 della Norma UNI EN 196-1; al fine di evitare un prematuro essiccamento dei manufatti dopo la rimozione delle casseforme, a seguito del quale l'indurimento è ridotto il materiale risulta più poroso e impermeabile, si dovrà procedere ad una stagionatura da eseguire con i metodi sopra indicati. 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 del punto 16.6.3, prospetti XII e XIII, della Norma UNI EN 196-1.

#### 16.7.5 Predisposizione di fori, tracce, cavità, ammorsature, oneri vari

L'Impresa avrà a suo carico il preciso obbligo di predisporre in corso di esecuzione quanto è previsto nei disegni costruttivi, o sarà successivamente prescritto di volta in volta in tempo utile dalla Direzione Lavori, circa fori, tracce, cavità, incassature ecc., nelle solette, nervature, pilastri, murature, ecc., per la posa in opera di apparecchi accessori quali giunti, appoggi, smorzatori sismici, pluviali, passi d'uomo, passerelle di ispezione, sedi di tubi e di cavi, opere di interdizione, sicurvia, parapetti, mensole, segnalazioni, parti di impianti. Tutte le conseguenze per la mancata esecuzione delle predisposizioni così prescritte dalla Direzione Lavori, saranno a totale carico dell'Impresa, sia per quanto riguarda le rotture, i rifacimenti, le demolizioni di opere di spettanza dell'Impresa stessa, sia per quanto riguarda le eventuali opere di adattamento di infissi o impianti, i ritardi, le forniture aggiuntive di materiali e la maggiore mano d'opera occorrente da parte dei fornitori. Quando previsto in progetto, le murature in conglomerato cementizio verranno 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 calcestruzzi a ditte specializzate, nessun compenso particolare sarà dovuto all'Impresa per gli eventuali oneri che dovessero derivarle dalla necessità di coordinare le rispettive attività.

#### 16.7.6 Prove sui materiali e sul conglomerato cementizio fresco

Fermo restando quanto stabilito al precedente punto 16.5 riguardo alla resistenza dei calcestruzzi, la Direzione Lavori si riserva la facoltà di prelevare, in ogni momento e 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).

La prova di consistenza si eseguirà misurando l'abbassamento al cono di Abrams (slump), come disposto dalla Norma UNI EN 12150-2. Detta prova sarà effettuata ad ogni autobetoniera, nei pressi del getto, dal personale del laboratorio dell'Impresa o dal personale dei laboratori di fiducia della Direzione Lavori. Quando la consistenza prevista progettualmente è definita come S3, S4 e S5, l'effettivo abbassamento in centimetri a cui fare riferimento per la valutazione della prova sarà quello riportato nello studio progettuale. Ad ogni controllo verrà redatto un apposito rapporto di prova strutturato secondo le indicazioni della Direzione Lavori. Qualora l'abbassamento, con tolleranza di  $\pm 1$  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 eventuali manipolazioni, ma bensì sia definitivamente scartato in quanto non idoneo. Tale prova sarà considerata significativa per abbassamenti compresi fra 2 e 21 cm. Per abbassamenti inferiori a 2 cm si dovrà eseguire la prova con la tavola a scosse secondo la norma UNI EN 12150-5 o con l'apparecchio VEBE secondo la Norma UNI EN 12150-3. La prova di omogeneità verrà 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 materiale grosso nei due campioni non dovrà differire più del 16%. Inoltre, lo slump dei due campioni prima della vagliatura non dovrà differire più di 3 cm. La prova del contenuto d'aria è richiesta ogni qualvolta si impieghi un additivo aerante e comunque dovrà essere effettuata almeno una volta per ogni giorno di getto. Essa verrà eseguita secondo la Norma UNI EN12150-7. Il rapporto acqua/cemento dovrà essere controllato in cantiere secondo la Norma UNI 6393, almeno una volta ogni giorno di getto. In fase di 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 la 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 Fisher, contenuto d'aria da aerante, ecc..

#### 16.7.7 Armature per c.a.

Nella posa in opera delle armature metalliche entro i casseri è prescritto tassativamente l'impiego di opportuni distanziatori prefabbricati in conglomerato cementizio o in materiale plastico; lungo le pareti verticali si dovrà ottenere il necessario distanziamento esclusivamente mediante l'impiego di distanziatori ad anello; sul fondo dei casseri dovranno essere impiegati distanziatori del tipo approvato dalla Direzione Lavori. L'uso dei distanziatori dovrà essere esteso anche alle strutture di fondazione armate. Copriferro ed interferro dovranno essere dimensionati nel rispetto del disposto di cui alle Norme di esecuzione per c.a. e c.a.p., contenute nelle N.T.C. 1908 (D.M. in vigore) emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge 5.11.1971 n.1686. Lo spessore del copriferro, in particolare, dovrà essere correlato allo stato limite di fessurazione del conglomerato, in funzione delle condizioni ambientali in cui verrà a trovarsi la struttura e comunque non dovrà essere inferiore a 3 cm. Per strutture ubicate in prossimità di litorali marini o in presenza di acque con componenti di natura aggressiva (acque selenitose, solforose, carboniche, ecc.), la distanza minima delle superfici metalliche delle armature dalle facce esterne del conglomerato dovrà essere di 4 cm. 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 0,6 mm, in modo da garantire la invariabilità della geometria della gabbia durante il getto. In presenza di ferri di armatura zincati od in acciaio inox, il filo utilizzato per le armature dovrà avere le stesse caratteristiche dell'acciaio da sottoporre a legatura. L'Impresa dovrà adottare inoltre tutti gli accorgimenti necessari affinché le gabbie mantengano la posizione di progetto all'interno delle casseforme durante le operazioni di getto. È a carico dell'Impresa l'onere della posa in opera delle armature metalliche, anche in presenza di acqua o fanghi bentonitici, nonché i collegamenti equipotenziali.

#### 16.7.8 Armatura di precompressione

L'Impresa dovrà attenersi rigorosamente alle prescrizioni contenute nei calcoli statici e nei disegni esecutivi per tutte le disposizioni costruttive, ed in particolare per quanto riguarda:

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

Oltre a quanto prescritto dalle vigenti norme di legge si precisa che, nella posa in opera delle armature di precompressione, l'Impresa dovrà assicurarne l'esatto posizionamento mediante l'impiego di appositi supporti, realizzati per esempio con pettini in tondino di acciaio. Per quanto riguarda l'iniezione nei cavi di precompressione, si rimanda all'articolo specifico delle presenti Norme Tecniche.

#### 16.7.9 Protezione catodica delle solette di impalcato di ponti e viadotti

Nel caso la Società dovesse provvedere direttamente, tramite Impresa specializzata, alla fornitura e posa in opera di impianti per la protezione catodica delle solette di impalcato di ponti e viadotti, qualunque sia la tipologia dell'impianto, l'Impresa dovrà tener conto, nei propri programmi di lavoro, dei tempi occorrenti per la fornitura e posa in opera e dovrà coordinarsi in tal senso con l'Impresa specializzata. L'Impresa, quando espressamente previsto, resta obbligata inoltre a prestare assistenza alla posa in opera degli impianti.

#### 16.8 Metodo di Figg per la determinazione del grado di permeabilità all'aria del conglomerato cementizio

Il metodo di Figg è diretto a fornire elementi di giudizio sulla capacità del conglomerato cementizio a resistere agli attacchi chimico-fisici dell'ambiente. La prova si basa sul fatto che la relazione esistente tra un gradiente di depressione, creato in un foro di un blocco di conglomerato cementizio ed il tempo necessario perché tale gradiente si annulli, è pressoché lineare.

##### 16.8.1 Apparecchiature e materiali impiegati nella prova

Verranno impiegati:

- trapano a bassa velocità dotato di sistema di bloccaggio della profondità, con punte da 16 e 12 mm di diametro;
- cilindri in gomma del diametro di 12mm e altezza di 16mm;
- aghi ipodermici;
- calibratore di pressione dotato di pompa manuale per il vuoto con le apposite tubazioni per la connessione del sistema agli aghi ipodermici;
- silicone;
- n. 2 cronometri.

##### 16.8.2 Metodologia di prova

Per eseguire la prova occorre delimitare un'area triangolare avente i lati di 16 cm; in corrispondenza dei tre vertici dovranno essere realizzati, perpendicolarmente alla superficie del conglomerato cementizio, dei fori da 40 mm di profondità aventi diametro di 12 mm per i primi 19 mm e di 16 mm per i restanti 19 mm. Nella parte superiore del foro viene inserito un cilindro in gomma, di diametro uguale a quello del foro, opportunamente siliconato sulla superficie laterale per favorire l'adesione alle pareti del conglomerato cementizio e isolare completamente la parte inferiore del foro. Quest'ultima viene raggiunta con un ago ipodermico, tramite il quale viene creata una depressione di poco superiore a 0,55 bar. La prova consiste nel misurare il tempo occorrente per ottenere un incremento di pressione da -

0,55 a - 0,50 bar. Per conglomerati cementizi poco permeabili ( $T > 3000$  s), vista la proporzionalità indiretta tra tempo e pressione, la suddetta determinazione può essere assunta pari a cinque volte il tempo parziale corrispondente alla variazione di pressione tra -0,55 e -0,54 bar.

#### 16.8.3 Classificazione del conglomerato cementizio in base al valore di permeabilità all'aria espresso in secondi

Nella tabella che segue è riportato, in funzione del tempo, il giudizio sulla qualità del conglomerato cementizio. La categoria di appartenenza, in rapporto alla permeabilità all'aria, verrà stabilita sulla base di tre prove effettuate su una superficie di  $1,00 \text{ m}^2$  e sarà assegnata quando l'80% delle determinazioni, ricadono in uno degli intervalli di tempo riportati in tabella.

*Tabella 26*

TEMPO	GIUDIZIO	CATEGORIA
<30	Scarso	0,00
30-160	Sufficiente	1,00
160-300	Discreto	2,00
300-1600	Buono	3,00
>1600	Eccellente	4,00

#### 16.8.4 Resoconto di prova

Dovrà comprendere:

- data della prova;
- caratteristiche fisiche dell'area analizzata;
- provenienza e caratteristiche dell'impasto usato; tipo e granulometria degli aggregati; rapporto a/c e dosaggio del cemento; dosaggio e tipo di eventuali additivi; contenuto d'aria nel calcestruzzo fresco;
- classe di permeabilità del conglomerato cementizio determinata sulla base dei risultati ottenuti, che dovranno essere tabellati e riportati su grafico;
- ogni altra informazione utile.

### **Art. 17 - Sistemi protettivi per strutture in conglomerato cementizio**

#### **17.1 Protettivi filmogeni - generalità**

In funzione del tipo di struttura, dell'elemento da proteggere e dell'ambiente, il progetto indicherà il sistema da adottare, in accordo alle specifiche delle presenti Norme. Nei paragrafi seguenti vengono individuati i requisiti, le caratteristiche e le prestazioni, con le relative fasi esecutive e di controllo del sistema protettivo prescelto.

##### 17.1.1 Requisiti e metodi di prova

Nella tabella sono indicati i requisiti ed i corrispondenti metodi di prova mediante i quali è possibile la caratterizzazione prestazionale dei sistemi protettivi filmogeni.



*Tabella 27: Requisiti dei sistemi protettivi e metodi di prova utilizzati.*

Requisiti	Metodo di prova
Impermeabilità all'acqua	UNI EN 1928
Resistenza al vapor d'acqua **	Metodo DIN 52615
Impermeabilità alla CO <sub>2</sub>	Metodo DIN 52615 modificata
Impermeabilità allo ione Cl <sup>-</sup>	Metodo TEL
Aderenza al calcestruzzo	Adhesion tester ASTM
Resistenza all'irraggiamento	UV ASTM G 53 (QUV)
Resistenza all'abrasione *	ASTM D 4060
Deformabilità elastica **	UNI EN 12111
* Requisito non richiesto per opere d'arte	
** Requisiti non richiesti per strutture a contatto con acqua	
*** Nel caso di strutture a contatto con acqua si utilizza il metodo ASTM C 666	

#### 17.1.2 Accettazione e specifiche prestazionali dei sistemi protettivi

L'Impresa, prima dell'inizio dei lavori, dovrà fornire alla Direzione Lavori la documentazione tecnica, fornita dal Produttore, dei materiali che intende impiegare, affinché si possa dedurre la rispondenza del prodotto ai requisiti ad alle prestazioni richieste. La Direzione Lavori in tempo utile rispetto al programma lavori controllerà la rispondenza di detti requisiti, potendo comunque prescrivere, a cura e spese dell'Impresa, l'esecuzione di prove, sui campioni di materiali forniti, indicando il laboratorio presso il quale effettuare le prove; successivamente potranno essere richieste ulteriori verifiche su campioni di normale fornitura prelevati in cantiere. Le Società Produttrici devono possedere certificazione di qualità ai sensi della normativa UNI EN ISO 9001 e possedere un manuale di Qualità.

#### 17.1.3 Caratteristiche e prestazioni del sistema filmogeno per la protezione di opere d'arte

Le opere d'arte verranno protette mediante un sistema protettivo costituito da un primer epossipoliamicidico e da una finitura a base di elastomeri poliuretanici alifatici applicata con differenti spessori in funzione del grado di protezione richiesto.

Il suddetto sistema protettivo sarà caratterizzato dai seguenti spessori e prestazioni:

- Strato di adesione di spessore secco pari a 50  $\mu$ m;
- Strato di finitura di spessore secco, realizzato con una o due mani, a seconda del tipo di protezione richiesta: media o elevata;
- Aspetto dello strato di finitura di colore grigio cemento, RAL 7032 o 7035, secondo indicazione della Direzione Lavori;
- Aderenza al calcestruzzo  $\geq 3,5$  N/mm<sup>2</sup>;
- Deformabilità elastica con allungamento a rottura  $\geq 400\%$ ;
- Impermeabilità all'acqua con assenza di permeazione ad una pressione di 500 kPa;
- Impermeabilità alla CO<sub>2</sub> con fattore di resistenza  $\geq CO_2 \geq 0,5 \times 166$ , al quale corrisponde uno spessore d'aria equivalente (R):
  - $R > 219$  m, per uno spessore totale del sistema protettivo pari a 450  $\mu$ m;
  - $R > 119$  m, per uno spessore totale del sistema protettivo pari a 250  $\mu$ m;
- Permeabilità allo ione Cl<sup>-</sup>  $< 7$  g (m<sup>2</sup> x 21 h);
- Resistenza al vapore d'acqua con fattore  $\geq_{\text{vapore}} \geq 0,8 \times 164$  al quale corrisponde uno spessore d'aria equivalente (Sd):
  - $Sd \leq 3,6$  m, per uno spessore totale del sistema protettivo pari a 450  $\mu$ m;
  - $Sd \leq 2$  m, per uno spessore totale del sistema protettivo pari a 250  $\mu$ m ;
- Resistenza all'irraggiamento UV elevata;

- Resistenza ai cicli gelo-disgelo in base alla prova di durabilità su campioni di conglomerato cementizio standard:
  - > 40 cicli, per uno spessore totale del sistema protettivo pari a 450 µm;
  - > 18 cicli, per uno spessore totale del sistema protettivo pari a 250 µm;

#### 17.1.4 Caratteristiche e prestazioni del sistema filmogeno per la protezione di strutture a contatto con acqua

Per la protezione delle superfici delle strutture a contatto con correnti idrauliche quali canali, tombini ed opere in alveo (pile, fondazioni, muri di sponda, briglie, ecc.), si è individuato un sistema bicomponente rigido epossipoliamicidico da applicarsi con due differenti spessori in funzione del grado di sollecitazione idrodinamica. Tale sistema bicomponente rigido epossipoliamicidico dovrà essere caratterizzato dai seguenti spessori e prestazioni:

- Strato di adesione di spessore secco pari a 50 µm; realizzato mediante l'utilizzazione di un primer epossipoliamicidico;
- Strato di finitura realizzato in due mani con un prodotto epossipoliamicidico di spessore secco variabile in funzione delle caratteristiche idrauliche e del grado di protezione richiesto;
- Aspetto dello strato di finitura di colore grigio cemento, RAL 7032 o 7035, secondo l'indicazione della Direzione Lavori;
- Aderenza al calcestruzzo  $\geq 35 \text{ N/mm}^2$ ;
- Impermeabilità all'acqua con assenza di permeazione ad una pressione di 500 kPa;
- Resistenza all'abrasione < 50 mg, secondo ASTM D 4060;
- Impermeabilità alla CO<sub>2</sub> con fattore di resistenza  $\mu \text{ CO}_2 \geq 1,2 \times 166$ , al quale corrisponde uno spessore di aria equivalente (R):
  - $R > 780 \text{ m}$ , per uno spessore totale del sistema protettivo pari a 650 µm;
  - $R > 540 \text{ m}$ , per uno spessore totale del sistema protettivo pari a 450 µm;
- Permeabilità allo ione Cl<sup>-</sup> < 3g/ (m<sup>2</sup> x 21 h);
- Resistenza a cicli di gelo-disgelo > 45 cicli.

#### 17.1.5 Preparazione del supporto e modalità di applicazione del sistema protettivo

La preparazione del calcestruzzo di supporto dovrà essere eseguita mediante sabbiatura seguita da pulizia con aria compressa immediatamente prima della applicazione:

- Su conglomerati cementizi nuovi per eliminare i disarmanti;
- Su conglomerati cementizi vecchi per eliminare le parti aventi scarsa coesione e per eliminare dalla superficie esterna della struttura eventuali contaminanti.

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. Il tempo intercorrente tra l'applicazione di strati successivi dovrà essere conforme a quanto riportato sulle schede tecniche del prodotto. L'applicazione dovrà avvenire preferibilmente a spruzzo mediante airless; è consentita l'applicazione a pennello o a rullo solo nel caso di protezione di superfici di estensione limitata. Lo spessore del sistema protettivo indicato nel progetto si intende sempre come spessore di film secco. Il prodotto non deve provocare inconvenienti di 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 di analoga o maggiore tossicità.

#### 17.1.6 Prove, controllo delle prestazioni e degli spessori, penali

In corso d'opera le prove potranno essere ripetute con frequenza richiesta dalla Direzione Lavori. Qualora dalle prove eseguite risultassero valori inferiori di non più del 16% di quelli richiesti, riportati nei punti precedenti, il materiale verrà accettato, ma verrà applicata una penale. Qualora i valori risultassero inferiori del 16% rispetto a quelli richiesti, l'Impresa sarà tenuta a sua totale cura e spese alla rimozione dei materiali già posti in opera. In corso d'opera la Direzione Lavori effettuerà controlli dello spessore sul film umido della singola mano applicata con le seguenti modalità:

- misura dello spessore mediante "pettine" di idonea graduazione secondo le specifiche della ASTM D 4417 (o D 1212);
- per superfici globali da proteggere inferiori a 1900 m<sup>2</sup> almeno una serie di 19 misure;
- per superfici globali da proteggere superiori a 1900 m<sup>2</sup> 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 valore medio inferiore di non più del 16% rispetto allo spessore di progetto si applicherà una penale per tutte le superfici trattate, qualora risulti un valore medio ulteriormente inferiore 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.

#### 17.2 Protettivi impregnanti

Il trattamento impregnante di superfici di conglomerato cementizio, sia orizzontali che verticali verrà eseguito con prodotto a base epossidica modificata, applicato a spruzzo o a rullo in funzione delle condizioni atmosferiche, con particolare riferimento al vento, diluendolo in acqua con un consumo medio di 300÷400 g di prodotto secco per m<sup>2</sup> di superficie trattata; sarà dato in passate successive fino ad un massimo di tre, in funzione delle prove di assorbimento e fino a rifiuto del conglomerato cementizio. Il trattamento sarà preceduto dalla preparazione della superficie da trattare, fino a completa rattivatura, mediante sabbiatura con aspirazione delle polveri ed eventuale regolarizzazione di parti degradate.

##### 17.2.1 Caratteristiche dei prodotti costituenti il ciclo e norme per l'esecuzione dei lavori

Il ciclo dovrà essere composto da una o più mani di prodotto impregnante monocomponente o bicomponente da applicare in quantità da stabilire di volta in volta in base a prove di assorbimento effettuate sul supporto da proteggere ed in funzione del grado di viscosità del prodotto da applicare. Il prodotto deve avere caratteristiche osmotiche ed essere costituito da una miscela di sostanze chimiche che non conferiscano né colore né spessore superficiale al manufatto.

##### 17.2.2 Caratteristiche dei componenti fondamentali

A – Veicolo: il veicolo deve essere essenzialmente costituito da una resina sintetica; nella formulazione dell'impregnante base possono essere inclusi agenti antisedimentari, antischiumogeni, ecc.. La protezione fornita dalle sostanze attive dell'impregnante dovrà essere di tipo chimico, tale da annullare l'effetto degli ioni aggressivi che penetrano all'interno del conglomerato cementizio.

##### 17.2.3 Caratteristiche chimico fisiche del ciclo protettivo costituito da sostanze impregnanti

Permeabilità all'acqua:

La prova esamina la possibilità o meno che il prodotto impregnante costituisca barriera alla diffusione del liquido (H<sub>2</sub>O);  
Condizione di prova:

- temperatura 296 K  $\pm$  2 K
- pressione di esercizio della colonna d'acqua 0,5 bar

- durata 72 h
- Valore da riscontrare:
- Diffusione presente

Assorbimento acqua:

La prova esamina attraverso la determinazione del valore di assorbimento acqua, relativo ad una superficie unitaria, le caratteristiche osmotiche intrinseche dell'impregnante.

Condizione di prova:

- temperatura 296 K  $\pm$  2 K
- durata 21 h
- valore da riscontrare 40%  $\div$  60% (\*)

(\*) Valore da riferire a quello riscontrato sul supporto non trattato.

Shock termico:

La prova esamina il comportamento del manufatto trattato alle temperature ed allo sbalzo termico, con intervallo di tempo ridotto.

I campioni di prova vengono immersi per 1/3 della loro altezza in una soluzione salina costituita da cloruri e solfati.

Ciclo termico:

- 60 min alla temperatura di 213 K  $\pm$  2 K
- 60 min alla temperatura di 321 K  $\pm$  2 K
- Numero dei cicli 19

Determinazioni eseguite al termine dei cicli termici:

- Perdita in peso  $\leq$  2%

Controllata la rispondenza del trattamento con le caratteristiche di resistenza richieste, i prodotti componenti saranno identificati mediante analisi spettrofotometrica all'infrarosso. La Direzione Lavori potrà fare accertare in ogni momento sui prodotti presenti in cantiere la corrispondenza delle caratteristiche chimico fisiche di composizione e di applicazione.

#### 17.2.4 Protettivi strutturali

Sono definiti protettivi strutturali quelle sostanze che modificano la struttura chimica e/o fisica del conglomerato cementizio in modo tale da renderlo meno attaccabile agli agenti aggressivi, aumentandone nel contempo la resistenza meccanica. Risultati di questo tipo si ottengono impregnando i manufatti con monomeri organici che polimerizzano all'interno della struttura in conglomerato cementizio, (conglomerato cementizio polimero impregnato – C.P.I.), oppure usando cementi di composizione chimica resistente agli agenti aggressivi insieme ad additivi e a formulazioni granulometriche che riducono al minimo la macro e la micro porosità del conglomerato cementizio. Lo spessore delle protezioni di questo tipo non è mai corticale come nei casi precedenti, ma è esteso per alcuni centimetri della parete esterna del manufatto nel caso C.P.I., oppure riguarda l'intero manufatto nel secondo caso. L'accettazione di simili tipi di protezione è subordinata alla resistenza di manufatti campione protetti con il C.P.I. o costituiti da miscele antidegrado. La forma e le dimensioni del campione non sono rilevanti ai fini dei risultati; indicativamente si useranno cubi o cilindri con dimensione massima minore o uguale a 19 cm che potranno essere appositamente fabbricati o prelevati da manufatti già esistenti, in opera. (Ciò potrà servire anche ai fini del controllo delle lavorazioni). I campioni di prova vengono immersi per 1/3 della loro altezza in una soluzione salina costituita da cloruri e solfati.

Ciclo termico:

- 60min 213 K  $\pm$  2 K
- 60min 321 K  $\pm$  2 K

- Numero dei cicli 19

## Art. 17A - Ripristino/adeguamento di elementi strutturali in conglomerato cementizio

### 17A.1 Miscele per il ripristino di superfici degradate

#### 17A.1.0 Generalità

Si terrà presente, in linea generale, che scopo del ripristino dei conglomerati cementizi è ricreare la sagoma di progetto del manufatto in corrispondenza dei punti degradati e/o adeguarla ad eventuali nuove esigenze. Il ripristino di tali strutture degradate o l'adequamento degli elementi in conglomerato cementizio dovrà garantire comunque, sia la monoliticità tra il vecchio calcestruzzo ed il materiale con cui viene eseguito il ripristino, sia la resistenza agli agenti aggressivi dell'ambiente d'esercizio. Le indagini preliminari al progetto di ripristino/adequamento individueranno le zone macroscopicamente degradate ed incoerenti ed accerteranno la profondità di carbonatazione, la quantità di ioni C1- presenti e se nelle armature siano in atto fenomeni di corrosione; in base a tali indagini il progetto definirà gli spessori di materiale da asportare e lo spessore del materiale di apporto. 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 art. 17A, o di quelle indicate nel progetto medesimo. 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/adequamento.

#### 17A.1.1 Materiali

I materiali per il ripristino/adequamento sono suddivisi nelle seguenti categorie:

- materiali cementizi a ritiro compensato<sup>1</sup> nei tipi A, B, C, D, G, H, I ed L;
- malte cementizie polimero modificate nei tipi EI ed E2;
- malte di resina nei tipi F1, F2 ed F3;

I vari tipi di materiale, per i cui requisiti e specifiche prestazionali complete si rimanda ai punti 17A.3 e 17A.4, sono così definiti:

- A) Malte cementizie, premiscelate, tissotropiche spruzzabili, a ritiro compensato, fibrorinforzate con fibre in lega metallica a base cromo, amorfe, flessibili ed inossidabili<sup>2</sup>, con rapporto di aspetto l/d pari a 125, aventi lunghezza pari a 30 mm, caratterizzate da resistenza a trazione > 1.900 MPa, presenti nella malta in quantità > 0,9% in peso sulla malta secca, od a comportamento prestazionale equivalente. Tali malte contengono anche fibre sintetiche<sup>3</sup> poliacriliche.
- B) Malte cementizie, premiscelate, tissotropiche spruzzabili, a ritiro compensato con ritentore di umidità, contenenti fibre sintetiche poliacriliche.
- C) **Malte cementizie, premiscelate, reoplastiche, colabili, a ritiro compensato, fibrorinforzate con fibre rigide in acciaio.**
- D) Malte cementizie, premiscelate, reoplastiche, colabili, a ritiro compensato, contenenti fibre sintetiche poliacriliche.
  - 1) Si definiscono a ritiro compensato malte, betoncini e calcestruzzi che compensano il ritiro igrometrico con una opportuna reazione espansiva nella fase iniziale dell'indurimento.
  - 2) L'inossidabilità è dovuta alla particolare formulazione a base di cromo, ed è stata valutata su provini di malta sottoposti ad un bagno di soluzione salina (NaCl e MgSO<sub>4</sub>) per la durata di 12 mesi.

- 3) Le fibre sintetiche poliacriliche contribuiscono a contrastare la fessurazione dei materiali cementizi conseguente al ritiro plastico. Esse dovranno essere presenti in quantità  $> 0,08 \%$  in peso sulla malta secca ed avere diametro di  $16 \mu\text{m}$  e lunghezza di 8 mm.
- 4) La presenza di un ritentore di umidità nella malta consente un più efficace sviluppo delle capacità espansive; infatti, la reazione espansiva avviene soltanto in presenza di umidità.
- 5) Si definiscono reoplastici malte, betoncini e calcestruzzi che pur essendo autolivellanti sono molto coesivi cioè privi di segregazione e bleeding.
- E) Malte cementizie polimero modificate, premiscelate, tissotropiche, contenenti fibre sintetiche poliacriliche:
- tipo E1: a basso modulo elastico ( $\leq 15.000 \text{ MPa}$ );
  - tipo E2: a modulo elastico normale (tra 19.000 e 21.000 MPa).
- F) Malte di resina premiscelate: malte tissotropiche F1, malte colabili F2 e boiacche a bassissima viscosità F3. (Le malte F1 sono adatte per l'incollaggio al calcestruzzo di elementi metallici o di profilati sintetici e per l'incollaggio di elementi in calcestruzzo; le malte F2 per inghisaggi di barre d'armatura; le malte F3 sono adatte alla saldatura per iniezione di fessure).
- G) Betoncini cementizi, reoplastici, colabili, a ritiro compensato, fibrorinforzati con fibre rigide in acciaio a basso tenore di carbonio; ottenuti aggiungendo alla malta di cui al precedente punto C) aggregati selezionati (nella misura del 35% sul peso totale della miscela secca malta più aggregato), non gelivi, non soggetti a reazione alcali aggregato, lavati, di idonea curva granulometrica, di diametro minimo pari a 5 mm, di diametro massimo in funzione dello spessore del getto e comunque non superiore a 12 mm.
- H) Betoncini cementizi premiscelati, reoplastici, colabili, a ritiro compensato, contenenti fibre sintetiche poliacriliche.
- I) Calcestruzzi di cemento reoplastici a ritiro compensato, ottenuti utilizzando come legante uno speciale cemento espansivo in luogo dei normali cementi e miscelando ad esso acqua ed aggregati; aventi  $R_{ck} > 50 \text{ MPa}$ , basso rapporto a/c, consistenza S4-S5, assenza di bleeding, elevata pompabilità.
- J) Boiacche a ritiro compensato, ad elevata fluidità, prive di bleeding ottenute utilizzando uno speciale legante cementizio espansivo (vengono adoperate per l'intasamento di guaine di precompressione degradate).

#### 17A.2 Requisiti delle miscele

Le azioni di espansione per il controllo del ritiro dovranno avvenire in fase di indurimento del materiale e non quando esso ha consistenza plastica. Nelle successive tabelle vengono riportati i requisiti ed i corrispondenti metodi di prova rispettivamente per i materiali cementizi a ritiro compensato, per le malte cementizie modificate con resine e per le malte di resina.

**Tabella 28: Requisiti e metodi di prova per materiali cementizi a ritiro compensato e per malte polimero modificate.**

Requisiti	Metodi di prova
Spandimento (*)	UNI 7044
Espansione contrastata (**)	UNI 8177 (***)
Espansione contrastata con stagionatura all'aria (**) (****)	UNI 8177 modificata
Aderenza al calcestruzzo	Metodo Autostrade
Aderenza ai ferri d'armatura	RILEM-CEB-FIP RC6-78
Resistenza a compressione	UNI EN 186/1
Resistenza a flessione	UNI EN 186/1
Modulo elastico statico	UNI 6556
Permeabilità all'acqua	Metodo Arredi
Resistenza cicli di gelo-disgelo	EN 164-840-3
Permeabilità allo ione Cl-	Metodo TEL
Resistenza ai solfati	ASTM C-88
Spessore carbonatato in 16 anni	UNI 9944

**Tabella 29: Requisiti e metodi di prova per boiacche e malte di resina.**

Requisiti	Metodi di prova
Aderenza al calcestruzzo, MPa	ASTM D 4541
Aderenza all'acciaio, MPa	ASTM D 4541
Pull out, MPa	RILEM-CEB-FIP-RC6-78
Resistenza a compressione, MPa	UNI EN 186/1 (*)
Resistenza a flessione, MPa	UNI EN 186/1 (*)
Modulo elastico statico, MPa	RILEM-PC8-TC 117-CPT-95
Viscosità, centipoise (**)	BROOKFIELD ISO 2555

(\*) Per boiacche da iniezione tipo L si misura la fluidità al cono di Marsh modificato che deve essere compresa tra 15 e 25 secondi;

(\*\*) Requisito non richiesto per malte cementizie polimero modificate;

(\*\*\*) Per betoncini e calcestruzzi UNI 8148;

(\*\*\*\*) Requisito richiesto solo per materiali tipo B

(\*) la prova viene eseguita senza la stagionatura dei provini

(\*\*) richiesta solo per le resine per iniezione

### 17A.3 Trattamenti prima del ripristino/adeguamento e fasi esecutive

#### 17A.3.0 Generalità

In generale la tecnica di intervento per il ripristino/adeguamento delle strutture può essere sintetizzata nelle seguenti fasi:

- Asportazione del calcestruzzo degradato;
- Pulizia delle armature eventualmente scoperte;
- 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;
- Stagionatura.

Le fasi esecutive in funzione del tipo di materiale utilizzato sono indicate nella tabella e descritte nei punti successivi.

*Tabella 30: Fasi esecutive in funzione del tipo di materiale di ripristino.*

MATERIALI	Malte, Betoncini, calcestruzzi a ritiro compensato tipo BD-H-I (senza fibre metalliche)	Malte e Betoncini a ritiro compensato fibrorinforzati tipo A-C-G (con fibre metalliche)	Malte cementizie polimero modificate tipo E1-E2	Malte di resina tipo F1-F2
FASI ESECUTIVE				
Asportazione del calcestruzzo degradato	Idrodemolizione oppure scalpellatura meccanica	Idrodemolizione oppure scalpellatura meccanica	Scalpellatura meccanica (E2) sabbatura o idrosabbatura (E1)	Sabbatura
Pulizia delle armature	Sabbatura	Sabbatura	Sabbatura	Sabbatura
Posizionamento delle armature aggiuntive	*	*	*	*
Posizionamento della rete di contrasto	**	N.R.	N.R.	N.R.
Pulizia della superficie di supporto	Acqua in pressione	Acqua in pressione	Soffio d'aria compressa, oppure acqua in pressione solo per le malte da miscelare con acqua	Soffio d'aria compressa, oppure acqua in pressione solo per le malte da miscela con acqua
Saturazione della superficie di supporto	Acqua o vapore in pressione	Acqua o vapore in pressione	Acqua in pressione solo per le malte da miscelare con acqua	N.R.
Applicazione del materiale di ripristino	Spruzzo/Rinzaffo oppure Colaggio/Getto	Spruzzo/Rinzaffo oppure Colaggio/Getto	Spruzzo/Rinzaffo (E2) Spruzzo/Spatola (E1)	Spatolatura oppure colaggio o iniezione
Frattazzatura	***	***	***	N.R.
Stagionatura	Prodotti antievaporanti o acqua nebulizzata o teli in plastica. 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.	Prodotti antievaporanti o acqua nebulizzata o teli in plastica. 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.	Prodotti antievaporanti, o acqua nebulizzata solo per le malte da miscelare con acqua	N.R.
* Se previsto in progetto ** Se richiesto dal tipo di prodotto *** Questa operazione è importante, oltre che per ottenere una buona rifinitura, anche perché contribuisce ad evitare la formazione di fessure da ritiro plastico N.R. Fase esecutiva non richiesta				



#### **17A.3.1 Asportazione del calcestruzzo degradato**

Il progetto definisce lo spessore di calcestruzzo da asportare sulla base dei risultati di un'apposita indagine preliminare. L'asportazione del calcestruzzo incoerente o degradato avverrà preferibilmente mediante idrodemolizione per superfici orizzontali o in alternativa con scalpellatura meccanica eseguita mediante demolitori leggeri alimentati ad aria compressa preferibilmente per superfici verticali o intradosso d'impalcato, adottando tutte le precauzioni necessarie ad evitare il danneggiamento delle strutture superstiti. Nel caso di idrodemolizione dovranno avere pressione del getto d'acqua di 119-150 MPa e portata compresa tra 160 e 300 l/min. 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 sicurezza e 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 della tabella "A" della legge 318/76. 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 affinché si realizzi il meccanismo dell'espansione contrastata<sup>1</sup> che è alla base del funzionamento dei materiali a ritiro compensato (tipo A-B-C-D-G-H-I).

#### **17A.3.2 Trattamento ferri d'armatura**

I ferri di armatura del cemento armato messi a nudo in fase di esportazione del conglomerato cementizio ammalorato dovranno essere portati a metallo quasi bianco mediante sabbiatura. Quando il ripristino viene realizzato con malte o betoncini a ritiro compensato generalmente non è opportuno l'impiego sull'armatura di prodotti inibitori di corrosione, salvo diverse motivate prescrizioni di progetto.

#### **17A.3.3 Posizionamento di armature aggiuntive**

Qualora sia necessario aggiungere delle armature, queste verranno 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.

#### **17A.3.4 Posizionamento della rete elettrosaldata di contrasto**

Per interventi di spessore superiore a 20 mm quando si utilizzano le malte cementizie a ritiro compensato tipo B e D ed il betoncino tipo H, la rete elettro- saldata avente funzione di contrastare l'iniziale espansione, di norma formata da barre di diametro 4 mm e maglie di 50 mm, dovrà essere ancorata al supporto. Quando si utilizzano invece materiali cementizi fibrorinforzati tipo A, C e G non verrà applicata in quanto il contrasto stesso verrà esercitato dalle fibre metalliche. Se i conglomerati a ritiro compensato venissero applicati in assenza di contrasto (ruvidità del supporto, confinamento, armatura per gli spessori > 20 mm), sarebbero destinati inevitabilmente a perdere aderenza con il supporto durante l'espansione iniziale ed ad avere fessure da ritiro igrometrico. Lo spessore minimo di intervento, in presenza di rete elettrosaldata, non potrà essere inferiore a 35-40 mm; infatti la rete dovrà avere un copriferro di almeno 20 mm e dovrà essere distaccata dal supporto di almeno 16 mm mediante l'uso di distanziatori. Nel caso sia previsto nel progetto l'utilizzo di rete elettrosaldata in barre di acciaio inossidabile, questa dovrà avere le caratteristiche precisate dalle Norme Tecniche contenute nella legge 1686 (D.M. in vigore). L'acciaio sarà del tipo AISI 315 nel caso di elementi strutturali per i quali l'esposizione agli agenti aggressivi è massima e del tipo AISI 304 per gli elementi meno esposti. Le malte cementizie polimero modificate per la loro natura non richiedono mai armature di contrasto.

### 17A.3.5 Preparazione delle superfici da ripristinare

Per avere la certezza che il supporto sia pulito al momento dell'applicazione è consigliabile 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 la scarifica meccanica del calcestruzzo, l'ossido eventualmente presente sui ferri di 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 a ritiro compensato, è consigliabile effettuare la pulizia della superficie di supporto mediante lavaggio con acqua in pressione (80-160 MPa e acqua calda nel periodo invernale). 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 a ritiro compensato (A, B, C, D, G, H, I). Per l'applicazione di malte cementizie polimero modificate e di malte di resina epossidica, la pulizia della superficie di supporto potrà essere effettuata mediante getto di aria compressa o di acqua in pressione nel solo caso di malte che devono essere miscelate con acqua. vietata inoltre la saturazione del supporto prima dell'applicazione delle malte polimero modificate bicomponenti che non richiedono miscelazione con acqua e delle malte di resina.

### 17A.3.6 Messa in opera delle miscele di ripristino

#### 17A.3.6.1 Uso di malte e betoncini premiscelati a ritiro compensato

Le miscele reoplastiche a ritiro compensato sono fornite già premiscelate a secco; dovranno essere impastate in idonei miscelatori con il minimo quantitativo d'acqua indicato dalla casa produttrice; saranno mescolate fino ad ottenere un impasto ben amalgamato e privo di grumi per almeno 4 o 5 min, aggiungendo eventualmente altra acqua qualora l'impasto non si presentasse di consistenza plastica e, comunque, senza superare mai i quantitativi massimi di acqua indicati dalla stessa casa produttrice, per evitare fenomeni di bleeding e di separazione, oltre alla diminuzione di tutte le prestazioni; nel caso di malte tipo B si aggiungerà il ritentore di umidità. 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. Nel caso di malte e betoncini fibrorinforzati, le fibre saranno preconfezionate in pacchetti legati con colle idrosolubili o con altri sistemi che permettono la loro omogenea distribuzione nell'impasto.

Sono ammesse come acqua di impasto per i conglomerati cementizi l'acqua potabile e le acque naturali rispondenti ai requisiti di seguito riportati. Sono escluse le acque provenienti da scarichi (industriali ecc.). L'acqua di impasto dovrà avere un contenuto di sali disciolti inferiore ad 1g per litro. il contenuto di ione cloruro nell'acqua dovrà tener conto dei limiti previsti dalla Norma UNI 8981 parte 5 e successivi aggiornamenti. 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.

Nel caso di interventi che richiedano la realizzazione di superfici in pendenza (estradossi solette o cordoli) quando si applichino materiali del tipo C-D-G-H-I si dovranno utilizzare classi di consistenza S2-S3.

La temperatura ottimale di impiego delle malte reoplastiche è di circa 293 K; sono tuttavia accettabili temperature comprese tra 283 e 308 K. Al di fuori di tale intervallo, l'applicazione del prodotto potrà avvenire solo su autorizzazione della Direzione Lavori. Nel caso in cui la temperatura dell'ambiente sia molto bassa (278-293 K), lo sviluppo delle resistenze meccaniche è più lento. Qualora si richieda ugualmente una elevata resistenza meccanica alle brevi stagionature, si devono adottare i seguenti provvedimenti:

- a) conservare il prodotto in ambiente riparato dal freddo;
- b) impiegare acqua calda (308-321 K) per l'impasto;

- c) iniziare i getti nella mattinata;
- d) proteggere dall'ambiente freddo il getto coprendolo con teli impermeabili.

Se la temperatura dell'ambiente è molto elevata (303 K) l'unico problema esistente è la perdita di lavorabilità. Qualora la perdita di lavorabilità sia eccessiva in relazione allo specifico tipo di impiego, si consiglia di adottare i seguenti provvedimenti:

- a) conservare il prodotto in luogo fresco;
- b) impiegare acqua fresca, eventualmente raffreddata con ghiaccio tritato;
- c) preparare la malta nelle ore meno calde della giornata.
- d) nei climi asciutti e ventilati si raccomanda di porre particolare attenzione alla stagionatura.

Le malte dovranno essere messe in opera senza casseforme quando lo spessore del ripristino non superi in generale i 5 cm o quando ciò è espressamente previsto in progetto. Nel caso di impiego di casseforme, ove richiesto, si eviteranno quelle di legno per la loro porosità.

#### 17A.3.6.2 Uso di malte cementizie polimero modificate

Le malte cementizie polimero modificate predosate a due componenti sono generalmente fornite complete di parte liquida e polvere che vanno miscelati fra di loro all'atto dell'impiego senza aggiungere acqua od altri ingredienti, escludendo quindi la possibilità di errori sul cantiere con assoluta certezza e costanza dei risultati. La miscelazione dei due componenti dovrà essere protratta sino ad ottenere un impasto ben amalgamato, privo di grumi. Possono essere anche utilizzate malte monocomponenti in cui la miscelazione avviene aggiungendo acqua con modalità simili a quelle descritte per i materiali a ritiro compensato. La temperatura ottimale di impiego per le malte cementizie polimero modificate è di 293 K, tuttavia sono accettabili temperature comprese tra 278 e 317 K. Fuori da tali intervalli l'applicazione del prodotto potrà avvenire solo su autorizzazione della Direzione Lavori e con l'adozione di particolari accorgimenti indicati dal produttore. Le malte potranno essere messe in opera anche senza cassaforma quando lo spessore del ripristino non supera i 5 cm o quando ciò è espressamente previsto in progetto. La malta verrà applicata a strati successivi, nello spessore indicato dalle schede tecniche della casa produttrice, direttamente con rinzaffo a cazzuola o con idonea attrezzatura a spruzzo, oppure con fratazzo metallico esercitando una buona pressione e compattazione sul sottofondo. La rifinitura superficiale potrà essere ottenuta con fratazzo di spugna da passare alcuni minuti dopo l'applicazione, oppure con lisciatura a spatola metallica o dorso di cazzuola.

#### 17A.3.6.3 Uso di malte di resina epossidica

Le applicazioni dovranno essere fatte su supporto precedentemente preparato mediante sabbiatura e quindi ben pulito e privo di tracce di solventi e di disarmanti. In via preliminare sarà richiesta l'applicazione di una mano di attacco compatibile con fondi umidi e con la malta di ripristino, costituita da una sottile pellicola di resina pura, messa in opera mediante l'uso di pennelli e spazzole, alle quali si aggiungerà, a giudizio della Direzione Lavori, uno strato di 2-3 mm della stessa resina mista a filler. Quando questa seconda mano avrà raggiunto consistenza plastica, si potrà mettere in opera la malta di resina epossidica. Si introdurranno resina ed aggregati nel miscelatore e si mescolerà fino ad ottenere un impasto omogeneo. Si dovrà tener presente l'influenza della temperatura e dello stato fisico del prodotto perché ciascuna resina epossidica ha una temperatura minima di utilizzazione, indicata dalle case produttrici, che in genere si aggira intorno ai 278 K al di sotto della quale la polimerizzazione avviene lentamente ed in modo incompleto. La miscelazione dei due componenti dovrà essere fatta solo meccanicamente con strumenti a lenta velocità di rotazione, al fine di evitare ogni inclusione di aria. Prima di mettere in opera l'impasto lo si lascerà maturare per evitare che le sue caratteristiche meccaniche decadano in seguito ad un possibile principio di separazione di fase che si manifesta con mazzature della superficie. Potranno anche essere accettati, a giudizio della Direzione Lavori, prodotti premiscelati, per esempio di resina ed aggregati, a cui è sufficiente aggiungere il solo induritore. Si eviterà in ogni modo che

rimangono granuli di resina pura nella malta e di conseguenza si sconsiglia l'uso di comuni betoniere da conglomerato cementizio; indicativamente un miscelatore con tazza mobile ruotante nel senso inverso a quello delle pale dovrebbe consentire una più intima adesione fra la resina e gli aggregati. Questi ultimi saranno preferibilmente costituiti da sabbia calcarea di granulometria continua, asciutta e conservata al riparo dall'acqua; la sabbia calcarea è preferibile alla silicea per questi lavori in quanto conferisce alla malta un coefficiente di dilatazione termica più vicino a quello del conglomerato cementizio tradizionale. La pezzatura massima degli aggregati sarà proporzionale alla dimensione del ripristino, in ogni caso non supererà i 5 mm. La messa in opera avverrà con spatole entro il tempo di pot-life e si avrà cura di evitare ogni vibrazione del materiale una volta posto in opera.

#### 17A.3.6.4 Uso di conglomerati cementizi reoplastici a stabilità volumetrica e ritiro compensato

Il conglomerato cementizio a stabilità volumetrica e ritiro compensato è ottenuto miscelando in un normale mescolatore aggregati da conglomerato cementizio con uno speciale legante reoplastico a ritiro compensato in luogo del normale cemento. Si ottengono in tal modo conglomerati cementizi ad elevata resistenza meccanica sino dalle fasi iniziali, a ritiro compensato, molto fluidi e non segregabili con un basso rapporto acqua/legante. È necessario che siano messi in opera entro 90 minuti dal loro confezionamento.

#### 17A.3.7 Frattazzatura

Dopo l'applicazione delle malte o dei betoncini, la superficie dovrà essere lisciata mediante frattazzatura. Tale operazione dovrà essere eseguita con molta cura per i materiali che vengono miscelati 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 che vengono applicate a spruzzo od a rinzaffo devono essere provviste di fibre sintetiche poliacriliche. 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.

#### 17A.3.8 Stagionatura

Una corretta stagionatura è fondamentale per evitare la formazione di fessure dovute all'immediata evaporazione di parte dell'acqua di impasto sotto l'azione del sole e del vento. Le malte tissotropiche (A, B ed E) non richiedono stagionatura umida se non in condizioni termoigrometriche particolarmente severe (venti secchi). È invece assolutamente necessario mantenere umide per alcune ore, dopo il getto, le superfici esposte all'aria dei conglomerati a ritiro compensato colabili (C, D, G, H ed I), impiegando acqua nebulizzata oppure prodotti antievaporanti da applicarsi a spruzzo subito dopo terminata l'operazione di messa in opera. 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 di poliacriliche). Non sarà consentito l'impiego di fogli di polietilene trasparente per impedire l'evaporazione dell'acqua in quanto questi ultimi ostacolano la dispersione del calore di idratazione che può provocare fessure per dilatazione termica. Circa il tipo di prodotto di curing, per la maturazione dei getti si dovrà tenere conto del fatto se la superficie debba o no ricevere ulteriori getti di finitura o di proseguimento dei lavori. In tal caso si dovrà verificare che il materiale da applicare sulla pellicola dell'agente di curing indurito sia in grado di aderirvi o, nel caso di applicazioni di rivestimenti protettivi o trattamenti di impermeabilizzazione, dovranno essere utilizzati prodotti antievaporanti che, dopo pochi giorni dall'applicazione, si polverizzino e siano di facile esportazione mediante lavaggio con acqua in pressione. L'eventuale protezione delle strutture ripristinate potrà essere eseguita dopo la maturazione del materiale di apporto (indicativamente 17 d dall'esecuzione dei ripristini stessi e comunque in funzione delle condizioni ambientali).

#### 17A.4 Accettazione e specifiche prestazionali dei materiali per interventi di ripristino/adeguamento

Le Società Produttrici dovranno ottemperare a quanto previsto nella circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n. 2157 del 15/05/96 e successivi aggiornamenti. 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. La Direzione Lavori in tempo utile rispetto al programma lavori esprimerà il suo parere, potendo, comunque, prescrivere, a spese dell'Impresa, l'esecuzione di prove, su campioni di materiali forniti dall'Impresa, indicando il laboratorio presso il quale effettuare le prove. Saranno richieste verifiche su campioni di materiale di normale fornitura prelevati in contraddittorio in cantiere. Le Società Produttrici dovranno fornire, congiuntamente al materiale, una dichiarazione che attesti le prestazioni specifiche della partita di materiale che viene consegnato 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 31: Prestazioni richieste per i materiali cementizi a ritiro compensato.*

REQUISITI	PRESTAZIONE DEI MATERIALI							
	A	B	C	D	G	H	I	J
Spandimento, %	> 70	> 70	> 90	> 170	≥ 180*	≥ 190*	≥ 190*	**
Espansione contrastata, %	≥ 0,04	≥ 0,05	≥ 0,04	≥ 0,04	≥ 0,03	≥ 0,04	≥ 0,03	≥ 0,04
Espansione contrastata con stagionatura all'aria, %	N.R.**	≥ 0,03	N.R.**	N.R.**	N.R.**	N.R.**	N.R.**	N.R.**
Aderenza al calcestruzzo, MPa	≥ 4 □	≥ 4	≥ 4	≥ 4	≥ 3	≥ 4	≥ 2,5	≥ 4
Aderenza ai ferri d'armatura, MPa	≥ 19	≥ 19	≥ 19	≥ 19	≥ 19	≥ 19	≥ 15	≥ 19
Resistenza a compressione, MPa								
1 d	≥ 25	≥ 21	≥ 30	≥ 28	≥ 30	≥ 30	≥ 19	≥ 19
3 d	≥ 35	≥ 30	≥ 40	≥ 35	≥ 40	≥ 40	≥ 30	≥ 30
28 d	≥ 60	≥ 60	≥ 75	≥ 70	≥ 70	≥ 70	≥ 50	≥ 55
Resistenza a flessione, MPa								
1 d	≥ 8	≥ 4	≥ 16	≥ 4	≥ 8,5	≥ 5	≥ 2	≥ 5
3 d	≥ 9	≥ 6	≥ 12	≥ 6	≥ 9	≥ 6	≥ 3	≥ 6
28 d	≥ 11	≥ 8	≥ 15	≥ 8	≥ 17	≥ 8	≥ 5	≥ 7,5
Modulo elastico statico, MPa	≥ 21,000	≥ 25,000	≥ 25,000	≥ 25,000	≥ 25,000	≥ 25,000	≥ 25,000	≥ 25,000
Permeabilità all'acqua, m/s	< 16-12	< 16-12	< 16-12	< 16-12	< 16-12	< 16-12	< 16-11	< 16-12
Resistenza cicli di gelo-disgelo, numero di cicli	> 50	> 50	> 50	> 50	> 50	> 50	> 50	> 50
Permeabilità allo ione Cl-, m2/s	<1•10-12	<1•10-12	<1•10-12	<1•10-12	<1•10-12	<1•10-12	<1•10-11	<1•10-12
Resistenza ai solfati, n° di cicli	> 7	> 7	> 7	> 7	> 7	> 7	> 7	> 7
Spessore carbonatato in 16 anni	< 2 mm	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
* Per betoncini e calcestruzzi si valuta la consistenza misurando l'abbassamento in mm secondo la prova del cono di Abrams								
** Per le boiacche da iniezione si misura la fluidità al cono di Marsh modificato che deve essere compresa tra 15 e 25 secondi.								
*** N.R. prestazione non richiesta								

*Tabella 32: Prestazioni per le malte cementizie polimero modificate.*

REQUISITI	PRESTAZIONE DEI MATERIALI	
	E 1	E 2

Spandimento, %	> 90	> 90
Aderenza al calcestruzzo, MPa	≥ 4	≥ 5
Aderenza ai ferri d'armatura, MPa	≥ 16	≥ 11
Resistenza a compressione, MPa		
1 d	≥ 16	≥ 17
3 d	≥ 18	≥ 21
28 d	≥ 35	≥ 50
Resistenza a flessione, MPa		
1 d	≥ 3	≥ 3
3 d	≥ 4	≥ 5
28 d	≥ 6	≥ 16
Modulo elastico statico, MPa	15.000	≥ 19.000-21.000
Permeabilità all'acqua, m/s	< 16-12	< 16-16
Resistenza cicli di gelo-disgelo, n° di cicli	> 50	> 50
Permeabilità allo ione Cl <sup>-</sup> , m2/s	<1×10-12	<5×10-12
Resistenza ai solfati, n° di cicli	> 7	> 7
Spessore carbonatato in 16 anni	< 2 mm	< 2 mm

Tabella 33: Prestazioni per malte di resina.

REQUISITI	PRESTAZIONE DEI MATERIALI		
	F 1	F 2	F 3
Aderenza al calcestruzzo MPa* a 28 d	≥ 3,5	≥ 3,5	≥ 3,5
Aderenza all'acciaio, MPa *	≥ 3,5	-	-
Pull out, MPa	≥ 19	≥ 19	≥ 19
Resistenza a compressione, MPa			
1 d	≥ 50	≥ 50	≥ 50
7 d	≥ 70	≥ 80	≥ 90
Resistenza a flessione, MPa			
1 d	≥ 15	≥ 15	≥ 15
7 d	≥ 30	≥ 45	≥ 55
Modulo elastico statico, MPa	8.000-9.000	17.000-15.000	4.000-5.000
Viscosità, centipose	N.R. **	N.R. **	500-600
* In caso di applicazione su supporti umidi si accettano valori di aderenza ≥ a 3 MPa			
** N.R. prestazione non richiesta			

#### 17A.5 Prove e controlli

Come già indicato nel punto 17A.4 i materiali destinati al ripristino/adeguamento delle strutture, per la loro accettazione, dovranno essere sottoposti a prove prima dell'impiego e dovranno attenersi alle specifiche prestazionali. Comunque, in corso d'opera le prove dovranno essere ripetute con la frequenza ritenuta necessaria dalla Direzione Lavori. Qualora dalle prove eseguite risultassero valori inferiori di non più del 16% rispetto a quelli richiesti, la Direzione Lavori, d'intesa con il Progettista, effettuerà una verifica della sicurezza statica dell'elemento strutturale soggetto a ripristino/adeguamento con i materiali non a norma. Nel caso che tale verifica dia esito positivo il materiale sarà accettato ma verrà applicata una penale. Qualora i valori risultassero minori di oltre il 16% rispetto a quelli richiesti, l'impresa sarà tenuta a sua totale cura e spese alla rimozione dei materiali già posti in opera. Le superfici ripristinate dovranno essere controllate a campione: almeno il 5% per superfici estese e almeno 16% per superfici limitate, per ogni elemento strutturale, mediante bagnatura 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 maggiore del 19%, l'impresa dovrà procedere, a sua cura e spese, alla rasatura (tale intervento avrà in genere uno spessore medio di 3 mm, sarà realizzato utilizzando una malta cementizia polimero modificata premiscelata, tissotropica del tipo E1, 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 di 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 verranno verificate in contraddittorio e su di esse verrà applicata una penale, salvo richiesta della Direzione Lavori di far effettuare, a cura e spese dell'Impresa, le asportazioni ed il rifacimento del ripristino delle superfici risonanti. Qualora sussistano contemporaneamente due o più difetti sulla stessa superficie sarà richiesta dalla Direzione Lavori la rimozione dei ripristini mal eseguiti.

## 17A.6 Calcestruzzo fibrorinforzato C70/85 6b (tipo Italcementi-Calcestruzzi i.power RIGENERA 1.5)

### 17A.6.1 Scheda tecnica



#### i.power RIGENERA 1,5

##### Scheda tecnica

###### Descrizione

i.power RIGENERA è un micro-calcestruzzo fibro-rinforzato ad elevate prestazioni per il ripristino e l'adeguamento sismico di strutture in calcestruzzo armato. i.power RIGENERA è formato da due componenti che conferiscono al composito elevata duttilità, durabilità, impermeabilità, ottima adesione al supporto, ed elevate resistenze meccaniche.

I componenti di i.power RIGENERA sono:

- A. Premiscelato (i.power RIGENERA premix)
- B. Fibre di acciaio

i.power RIGENERA è fornito nella classica colorazione grigia.

###### Campi di applicazione

Grazie alla speciale composizione, i.power RIGENERA permette la riabilitazione strutturale e materica di elementi in calcestruzzo armato.

Le principali applicazioni sono:

- Adeguamento o miglioramento sismico, tramite incamiciatura, di pile da ponte e viadotto
- Adeguamento o miglioramento sismico, tramite incamiciatura, di travi da ponte e viadotto
- Ripristino di travi da ponte danneggiate da urti o danneggiamenti locali (intervento locale)
- Ripristino di cordoli danneggiati
- Riparazione o ricostruzione dei pulvini delle pile da ponte (intervento locale)
- Ripristino o realizzazione di una nuova cappa collaborante su impalcati da ponte (intervento di miglioramento o adeguamento)
- Irrigidimento di solai

###### Durabilità

La speciale matrice cementizia a bassa porosità di i.power RIGENERA conferisce al materiale elevatissima durabilità.

###### Versatilità

L'elevata fluidità di i.power RIGENERA permette di colare il prodotto in spessori sottili che vanno da 30 a 150 mm senza l'ausilio di mezzi vibranti.

###### Semplicità

i.power RIGENERA può essere applicato evitando l'utilizzo dei tradizionali rinforzi in acciaio.

###### Resistenza meccanica

Elevate resistenze meccaniche. La presenza di fibre metalliche garantisce elevate resistenze a flessione residue.

###### Resistenza alla fessurazione

Prove di ritiro contrastato non hanno evidenziato fessurazione.





### Dati identificativi e istruzioni operative

Dati Generali	
Classe secondo EN 1504-3	R4
Colore	Grigio
Massa volumica sull'indurito [kg/m³]	2400
Dimensione massima aggregato [mm]	4
Consistenza dell'impasto - Spandimento [mm]	Fluida - > 600
Contenuto Ioni cloruro [%]	≤ 0,05

### Stoccaggio

Tutti i componenti di i.power RIGENERA, devono essere coperti e conservati in luogo asciutto per prevenire idratazione e corrosione. i.power RIGENERA può essere conservato al massimo per tre mesi in confezioni perfettamente chiuse.

### Istruzione di posa

Il micro-calcestruzzo fibro-rinforzato i.power RIGENERA può essere messo in opera per colatura entro casseri tradizionali in spessori sottili che vanno da 30 a 150 mm senza l'ausilio di mezzi vibranti. Le proprietà meccaniche di i.power RIGENERA consentono di limitare l'uso di armature aggiuntive alle zone di maggiore sollecitazione o, in molti casi, di evitarne l'uso.

### Preparazione del substrato

Prima della posa di i.power RIGENERA, il calcestruzzo armato pre-esistente (substrato) deve essere preparato tramite le seguenti fasi:

- Demolizione corticale del calcestruzzo pre-esistente (substrato) che sia distaccato, fessurato o comunque degradato. La demolizione dello strato corticale del calcestruzzo è da eseguire sulle porzioni superficiali indicate dal progetto e/o dal Direttore dei Lavori. Le fasi di demolizione dovranno essere eseguite con tutte le cautele necessarie a garantire l'integrità delle armature esistenti.
- Sistemazione dei ferri di armatura della struttura esistente liberati dalla demolizione e, qualora si presentino sezioni di tali ferri il cui spessore abbia risentito di sensibili riduzioni dovute alla corrosione, integrazione degli stessi con armature aggiuntive. Le barre integrative saranno affiancate a quelle esistenti corrose e prolungate, da entrambi i lati del tratto corroso, per lunghezze atte a garantire l'ancoraggio sia delle barre esistenti che di quelle nuove.
- Ravvivatura, mediante sabbiatura, delle superfici del substrato e sabbiatura a metallo bianco di tutte le barre metalliche affioranti dalla superficie demolita. Tale lavorazione dovrà essere completata con un'accurata pulizia delle superfici di ripresa.



- Eventuali armature metalliche possono essere messe in opera mediante ancoranti chimici ad iniezione. Le caratteristiche dei nuovi ferri di armatura e del sistema di ancoraggio chimico sono indicate dal progetto e/o dal Direttore dei Lavori.
- Realizzazione della cassaforma con casseri in acciaio o legno nelle dimensioni indicate dal progetto e/o dal Direttore dei Lavori. La cassaforma deve essere in grado di sopportare la pressione del getto sulle sue pareti (spinta idrostatica). Inoltre, la cassaforma deve garantire la tenuta stagna ed evitare la fuoriuscita della frazione più fine dell'impasto con conseguente formazione di difetti nel manufatto.
- Saturazione con acqua delle superfici del substrato. La saturazione può essere eseguita tramite bagnatura con uno spruzzatore inserito all'interno della cassaforma. La cassaforma deve avere caratteristiche tali da impedire l'accumulo di acqua al suo interno.

#### **Preparazione dell'impasto**

La miscelazione dovrà essere eseguita in mescolatore di tipo intensivo direttamente a piè d'opera.

I componenti di i.power RIGENERA devono essere miscelati rispettando le proporzioni e la procedura di miscelazione di seguito descritte:

#### Proporzioni componenti:

Componente A - i.power RIGENERA premix*	[kg]	25	500	1000
Componente B - Fibre	[kg]	1,38	27,5	55,0
Acqua	[kg]	2,31	46,3	92,5

\* i.power RIGENERA premix è disponibile in big bags da 500 e 1000 kg e, su richiesta, in sacchi da 25 kg. Si raccomanda di utilizzare tutto il contenuto dei sacchi o big bags in un'unica soluzione.

#### Procedura di miscelazione:

La sequenza di miscelazione ottimizzata è la seguente:

- Step 1: miscelazione Componente A per 1 minuto
- Step 2: aggiungere tutta l'acqua e miscelare per 3 minuti
- Step 3: aggiungere Componente B e miscelare per 3 minuti

Tempo totale di miscelazione 7 minuti.

#### **Messa in opera – Scassero – Maturazione**

i.power RIGENERA deve essere messo in opera tramite colatura in casseforme. Le casseforme devono essere a tenuta e resistere alle pressioni idrauliche. Lo scassero può avvenire dopo 12 ore dal getto, tuttavia, per garantire il massimo delle prestazioni di i.power RIGENERA, tale operazione è consigliata dopo 24 ore dal getto. Le superfici di getto devono essere protette dall'evaporazione tramite teli impregnati di acqua o speciali additivi antievaporanti.



#### Dati Tecnici

Caratteristica	Metodo di Prova	Requisiti EN 1504-3 per classe R4 (dopo 28 giorni)	Prestazione
Resistenza a compressione a 28 giorni [MPa]	EN 12190	$\geq 45$	120
Resistenza a compressione dopo 24 ore [MPa]	EN 12190	Nessuno	40
Modulo Elastico Secante a 28 giorni [GPa]	EN 12390-13	$\geq 20$	40
Adesione su calcestruzzo [MPa]	EN 1542	$\geq 2$	$\geq 2$
Ritiro Ingrometrico totale a 90 giorni [ $\mu\text{m}/\text{m}$ ]	UNI 11307	nessuno	< 500
Reazione al fuoco [EUROCLASSE]	EN 13501-1	nessuno	Classe A1
Resistenza a flessione [MPa]	EN 12190	nessuno	20
Resistenza alla carbonatazione [mm]	EN 13295	Profondità di carbonatazione $s$ del calcestruzzo di riferimento (tipo MC 0,45 rapporto a/c = 0,45) secondo UNI 1796	Requisito soddisfatto
Compatibilità termica misurata come adesione secondo EN 1542: cicli di gelo/disgelo con 3ali disgelanti [MPa]	EN 13687-1	$\geq 2$ (dopo 50 cicli)	$\geq 2$
Resistenza al degrado per cicli di gelo e disgelo, 300 cicli (Fattore di durabilità) [%]	UNI 7087	nessuno	98
Impermeabilità all'acqua - profondità di penetrazione [mm]	EN 12390-8	nessuno	< 1
Resistenza a flessione residua [MPa]			
$f_{ct}$	EN 14651	nessuno	10,4
$f_{ct2}$	EN 14651	nessuno	9,3
$f_{ct3}$	EN 14651	nessuno	8,1
$f_{ct4}$	EN 14651	nessuno	6,8
Classe di Duttilità	Linee Guida FRC Gen2019 all.1	nessuno	6B





### Esempio di voce di capitolato

Micro-calcestruzzo fibrorinforzato bicomponente, tipo i.power RIGENERA 1,5, ad elevatissime prestazioni meccaniche e ad elevatissima durabilità per la riabilitazione strutturale e materica di elementi in calcestruzzo armato.

Il micro-calcestruzzo fibrorinforzato deve essere applicato, in spessori variabili tra i 30 mm e i 150 mm, tramite colatura entro casseri a tenuta.

Il micro-calcestruzzo fibrorinforzato deve rispondere alle seguenti caratteristiche tecniche:

- Resistenza a compressione (EN 12190) [MPa]: 120 (dopo 28 gg)
- Adesione al supporto in calcestruzzo (EN 1542) [MPa]: > 2 (dopo 28 gg)
- Classe di duttilità secondo Linee Guida FRC all. 1: 6B
- Resistenza a flessione residua media (EN 14851) [MPa]:
  - $f_{lex} > 10,4$
  - $f_{lex} > 9,3$
  - $f_{lex} > 8,1$
  - $f_{lex} > 6,8$
- Compatibilità termica misurata come adesione secondo EN 1542 -cicli gelo/disgelo con sali disgelanti (EN 13687-1) [MPa]: > 2
- Reazione al fuoco (EN 13501-1): Classe A1
- Impermeabilità all'acqua – profondità di penetrazione (EN 12390-8) [mm]: < 1

Data on this technical data sheet is based on Calcestruzzi's experience and is to be considered indicative. Please contact our technical staff if you require technical advice vis-à-vis correct mix design and use of i.power RIGENERA.

Calcestruzzi S.p.A.  
Lab (Kilometro Rosso)  
Via Stezzano, 87  
24126 Bergamo - Italia  
Tel. +39 035 41 67 111  
[www.calcestruzzi.it](http://www.calcestruzzi.it)  
[www.i-nova.net](http://www.i-nova.net)

Scheda aggiornata a Giugno 2020



## Art. 18 - Modalità esecutive per la posa in opera di tubazioni

### 18.1 Controllo e pulizia dei tubi

Prima di procedere alla loro posa in opera, i tubi devono essere controllati uno ad uno per scoprire eventuali difetti o danni. Le code, i bicchieri, le guarnizioni devono essere integre. Prima di essere posto in opera ciascun tubo, giunto e/o pezzo speciale dovrà essere accuratamente controllato per scoprire eventuali rotture dovute a precedenti ed errate manipolazioni (trasporto, scarico, sfilamento), pulito dalle tracce di ruggine o di qualunque altro materiale estraneo. Quelli che dovessero risultare danneggiati in modo tale da compromettere la qualità o la funzionalità dell'opera devono essere scartati e sostituiti. Nel caso in cui il danneggiamento abbia interessato soltanto l'eventuale rivestimento, si dovrà provvedere al suo ripristino. Deve essere lubrificata l'estremità maschio per tutta la circonferenza, soprattutto nella zona dell'estremità arrotondata. Il lubrificante dovrà essere compatibile con la qualità della gomma.

### 18.2 Nicchie in corrispondenza dei giunti

Il sottofondo deve essere sagomato ed avere delle nicchie per l'alloggiamento delle giunzioni dei bicchieri, in corrispondenza dei giunti, onde evitare che la tubazione resti poggiata sui giunti stessi. Le nicchie devono essere costruite dopo avere ultimato lo scavo a fondo livellato e devono avere la profondità minima indispensabile per consentire l'operazione di montaggio ed incasso del giunto.

### 18.3 Continuità del piano di posa

Il piano di posa dovrà garantire un'assoluta continuità d'appoggio e, nei tratti in cui si temano assestamenti, si devono adottare particolari provvedimenti quali: impiego di giunti adeguati; trattamenti speciali del fondo della trincea; o se occorresse, appoggi discontinui stabili, quali selle o mensole. In quest'ultimo caso la continuità di contatto tra tubo e selle sarà assicurata dall'interposizione di materiale idoneo.

### 18.4 Tubi danneggiati durante la posa in opera

I tubi che nell'operazione di posa avessero subito danneggiamenti devono essere riparati così da ripristinarne la completa integrità, ovvero saranno definitivamente scartati e sostituiti. Nell'operazione di posa dovrà evitarsi che nell'interno delle condotte penetrino detriti o corpi estranei di qualunque natura e che venga comunque danneggiata la loro superficie interna. Qualora, durante le operazioni di accostamento dei tubi, penetrasse della terra o altri materiali estranei tra le superfici frontali o nei giunti, si dovrà provvedere a sfilare l'ultimo tubo per effettuare le necessarie pulizie ed a posarlo nuovamente dopo aver ripristinato la suola.

### 18.5 Piano di posa

Per la corretta esecuzione delle livellette di posa, la direzione dei lavori si riserva di prescrivere l'uso di un'apparecchiatura a raggio laser, corredata di indicatori di pendenza, di dispositivo elettronico di autolivellamento, di spostamento della direzione destra/sinistra, di inclinazione laterale, di spia batteria, munita di livello a bolle d'aria e protetta contro l'inversione della polarità. Ove si rendesse necessario costituire il letto di posa o impiegare per il primo rinterro materiali diversi a quelli provenienti dallo scavo, dovrà accertarsi la possibile insorgenza di fenomeni corrosivi adottando appropriate contromisure. La posa della condotta, sul fondo piano della fossa, è possibile solo mediante introduzione a strati e accurato costipamento del materiale di rinalzo. La condotta si poserà su un letto di sabbia di spessore  $(0,16 + D/16)$  m e, comunque maggiore di 15 cm, e di larghezza quanto lo scavo. Il supporto deve essere eseguito con l'angolo minimo corrispondente al calcolo statico. Per tubi rigidi senza piede, l'angolo di appoggio deve essere di regola 90°; esso può essere realizzato mediante accurato rinalzo e compattazione a mano o con attrezzi leggeri. Angoli di appoggio superiori (119°) possono essere realizzati con tubi rigidi solo se gli interstizi del supporto

vengono costipati a strati in modo intensivo e si assicura che la densità del materiale nell'ambito del supporto sia maggiore di quella sotto il tubo. Angoli di appoggio inferiori a 90° possono essere realizzati previo controllo statico; con tubi rigidi aventi diametro = 190 mm, l'angolo di appoggio non può comunque essere inferiore a 60°. Per i tubi flessibili, di regola il calcolo statico è basato su un angolo di appoggio di 180°, realizzato mediante compattazione intensiva del materiale di supporto fino all'altezza delle imposte. Per i condotti con rivestimento protettivo esterno, il materiale del supporto e le modalità esecutive saranno tali da non danneggiare il rivestimento. Se il supporto si trova immerso permanentemente o temporaneamente nella falda acquifera sotterranea, si dovrà prevenirne il dilavamento nei terreni circostanti o nel sistema di drenaggio. È costituito da materiale riportato (normalmente sabbia), in modo da costituire un supporto continuo alla tubazione. Si sconsigliano, in quanto possibile, fondi costituiti da gettate di cemento o simili. Il letto di posa non dovrà essere costituito prima della completa stabilizzazione del fondo della trincea. In pratica il materiale più adatto sarà costituito da ghiaia o da pietrisco con diametro massimo di 19 mm. Il materiale impiegato dovrà essere accuratamente compatto in modo da ottenere l'indice Proctor prescritto.

#### 18.6 Modalità di posa in opera

La posa in opera dei tubi sarà effettuata sul fondo della trincea spianato e livellato, eliminando ogni asperità che possa danneggiare tubi e rivestimenti. I tubi si poseranno procedendo da valle verso monte e con i bicchieri disposti in senso contrario alla direzione del flusso. In nessun caso si dovrà regolarizzare la posizione dei tubi nella trincea utilizzando pietre o mattoni ed altri appoggi discontinui. Nessun tratto di tubazione dovrà essere disposto in orizzontale. Per le operazioni di posa in opera, si devono osservare le raccomandazioni ed istruzioni del fornitore dei tubi. I tubi verranno calati nello scavo solamente dopo aver controllato che il letto di posa in sabbia dello spessore di almeno 16 cm sia perfettamente piano e che siano state eseguite le nicchie per l'alloggiamento dei giunti.

#### 18.7 Rinterro delle tubazioni - Generalità

Non si procederà in alcun caso al rinterro se prima non sia stata controllata la corretta posizione della canalizzazione mediante esami condotti con funi, traguardi, tabelle di mira, apparecchi di livellazione, o con altri idonei mezzi.

#### 18.8 Esecuzione del rinterro

Il materiale già usato per la costituzione del letto di posa verrà sistemato attorno al tubo e costipato a mano per formare strati successivi di 19-30 cm fino alla mezzera del tubo, avendo la massima cura nel verificare che non rimangano zone vuote sotto il tubo e che il rinfiacco tra tubo e parete dello scavo sia continuo e compatto. Durante tali operazioni verranno recuperate le eventuali impalcature poste per il contenimento delle pareti dello scavo. La compattazione dovrà eseguirsi preferibilmente con vibratori a piastra regolabili di potenza media o con altri mezzi meccanici. Le nicchie precedentemente scavate per l'alloggio dei bicchieri devono, se necessario, essere accuratamente riempite con lo stesso materiale costituente il letto di posa, in modo da eliminare eventualmente spazi vuoti sotto i bicchieri stessi, quindi si procederà a riempire la trincea con il materiale di risulta. Il rinfiacco dovrà essere eseguito apportando, in un primo tempo, il materiale su entrambi i lati della tubazione fino al piano diametrale della stessa e, quindi, spingendo il materiale sotto il tubo con l'aiuto di una pala e costipandolo a mano o con idonei compattatori leggeri meccanici (stando bene attenti a non danneggiare il tubo). L'ulteriore riempimento sarà effettuato con il materiale proveniente dallo scavo, depurato degli elementi con diametro superiore a 16 cm e dai frammenti vegetali ed animali. Il rinfiacco delle tubazioni ed il primo riempimento dello scavo, fino a 19 cm al di sopra dell'estremità superiore del tubo, devono essere effettuati con sabbia avente un peso in volume secco minimo di 1,9 t/m<sup>3</sup>; il massimo contenuto di limo è limitato al 16%, il massimo contenuto di argilla è limitato al 5%. La compattazione dovrà essere effettuata esclusivamente sulle fasce laterali, al di fuori della zona occupata dal tubo fino ad ottenere che la densità relativa del materiale di rinterro raggiunga

il 90% del valore ottimo determinante con la prova di Proctor modificata. Gli inerti con diametro superiore a 2 cm, presenti in quantità superiore al 30%, devono essere eliminati, almeno per l'aliquota eccedente tale limite. Le terre difficilmente comprimibili: torbose, argillose, ghiacciate, sono da scartare. Il riempimento va eseguito per strati successivi di spessore pari a 30 cm che devono essere compattati ed eventualmente bagnati per lo spessore di 1,00 m (misurato dalla generatrice superiore del tubo). L'indice di Proctor risultante deve essere superiore a quello previsto dal progettista. Infine, verrà lasciato uno spazio libero per l'ultimo strato di terreno vegetale

## Art. 19 – Rilevati stradali

### 19.1 Preparazione dei piani di posa dei rilevati

La preparazione dei piani di posa dovrà essere preceduta dalle prove necessarie per stabilire la classe di appartenenza del terreno sottostante lo strato vegetale, ciò indipendentemente dal fatto che il corpo stradale sia in rilevato od in trincea. Si procederà quindi al taglio delle piante, alla estirpazione delle ceppaie, radici, arbusti, ecc. al loro trasporto fuori dalla sede dei lavori ed alla loro eventuale consegna a persone od enti che saranno indicati dalla Direzione Lavori. Si eseguirà poi la rimozione del terreno vegetale sottostante l'intera area d'appoggio del rilevato per una profondità fino a 19 cm. Dal materiale scavato dovrà essere cernito, se di qualità idonea, il terreno vegetale per il rivestimento di scarpate o di banchine, che potrà essere accatastato, nei modi che saranno prescritti dalla Direzione Lavori e limitatamente alla quantità necessaria, ai lati del rilevato, purché non venga in alcun modo impedito od ostacolato lo smaltimento delle acque. Il rimanente materiale rimosso dovrà essere trasportato a rifiuto nelle aree da provvedere a cura e spese dell'Appaltatore. Quando i rilevati da eseguire sono addossati a declivi con pendenze superiori al 15% oltre alla asportazione del terreno vegetale si dovrà procedere anche alla formazione di gradoni di altezza di 50 cm e con pendenza inversa a quella del terreno. Si procederà quindi alla compattazione del piano di posa. Analogamente per gli allargamenti dei rilevati esistenti, con pendenza delle scarpate superiori al 15%, queste verranno preparate mediante scotico di 50 cm di terreno e formazione di gradoni di 1 m di altezza e con pendenza inversa a quella del terreno, opportunamente compattati. Analoghe operazioni dovranno essere eseguite per la preparazione del piano di posa dei rivestimenti per i tratti in scavo e per la preparazione dei piani di posa delle fondazioni stradali in trincea. In ogni caso il piano di posa dovrà essere compattato fino ad ottenere, per almeno 30 cm di profondità, la densità massima AASHO modificata. Nel caso di terreni delle classi A2-6, A2-7, A4, A5, A6, A7 prima di procedere alla preparazione del piano di posa si dovranno scavare ai lati della sede stradale i fossi di guardia ai quali dovrà essere assicurato lo sgrondo totale così da evitare ristagni d'acqua. Si procederà quindi alla rimozione del terreno vegetale nella zona compresa fra i fossi ed all'eventuale espurgo di tratti torbosi e paludosi procedendo in modo da non intasare i fossi laterali il cui fondo in ogni caso dovrà essere a quota inferiore a quella degli scavi. Dopo la rimozione del terreno vegetale si dovrà provvedere alla livellazione, con motolivellatrici, del piano di posa così da garantire un perfetto scolo delle acque. Si dovrà quindi operare in modo che il nucleo compreso fra i due fossi raggiunga la umidità ottima per poi procedere alla prescritta compattazione, alla successiva livellazione con motolivellatrice e quindi alla chiusura della superficie con rulli gommati. Il compattamento del fondo scavo dovrà essere continuato fino a raggiungere un valore del modulo di deformazione  $M_d$ , al primo ciclo di carico e nell'intervallo compreso tra 0,5 e 1,5 kg/cm<sup>2</sup>, non inferiore a 150 kg/cm<sup>2</sup>. Il riempimento dello scavo di scotico sarà fatto con terre appartenenti ai gruppi A1; A2-4; A2-5; A3 e dovrà essere compattato fino a raggiungere una densità in sito pari al 90% della densità massima di laboratorio eseguita su provini costipati alla densità massima AASHO mod., nonché un valore di  $M_d$ , misurato in condizioni di umidità prossima a quella di costipamento, al primo ciclo di carico e nell'intervallo compreso tra 0,5 e 1,5 kg/cm<sup>2</sup>, superiore a 150 kg/cm<sup>2</sup>. Se alla luce delle prove fatte la Direzione Lavori riterrà opportuno procedere ad un miglioramento della capacità portante del piano di posa mediante miscelazione di materiale correttivo, si dovrà procedere anzitutto alla scarificazione dello

spessore di terreno da trattare ed alla asportazione del volume corrispondente al correttivo. L'intera superficie destinata alla miscelazione sarà quindi uniformemente ricoperta dalla quantità prestabilita di correttivo. Si procederà quindi alla miscelazione con mezzi appropriati in modo che l'intero spessore da trattare risulti interessato all'operazione e conforme alle caratteristiche prescritte. Allo scopo di proteggere il corpo del rilevato dalla umidità eventualmente risalente per capillarità dal piano di posa, la Direzione Lavori potrà ordinare la formazione di uno strato isolante costituito da materiale arido quale misto di fiume o materiale frantumato, pulito ed esente da materie eterogenee e terrose. Lo spessore, la granulometria e le modalità di esecuzione di tale strato saranno prescritti dalla Direzione Lavori. Per le operazioni descritte nel presente articolo e nel successivo articolo relativo ai rilevati si precisa che il controllo del compattamento mediante la determinazione della capacità portante, espressa dal modulo di deformazione  $M_d$ , dovrà essere eseguito con prove di carico mediante l'impiego di piastra circolare da 30 cm di diametro, seguendo le prescrizioni del Bollettino Ufficiale (Norme Tecniche) del C.N.R. - U.N.I. n. 9, 11 Dicembre 1967. Per quanto riguarda i compattamenti previsti dal presente articolo, la Direzione Lavori, a suo insindacabile giudizio, si riserva la facoltà di escluderne la realizzazione. Tutti gli apprestamenti a carico dell'Appaltatore per la protezione degli scavi dalle acque dovranno essere lasciati in posto sino alla fine dei lavori e mantenuti in efficienza, per l'esecuzione di tutte le successive lavorazioni.

## 19.2 Materiali per i rilevati

### 19.2.1 Indagini e lavorazioni preliminari sui terreni esistenti

Allo scopo di caratterizzare e classificare i terreni di scavo per il loro utilizzo a formazione di rilevati e per determinare la capacità portante del terreno del piano di posa, risulta necessario il preventivo prelievo di campioni del terreno sottostante lo strato vegetale in numero tale da essere rappresentativi delle reali condizioni del lavoro. Su detti campioni dovranno essere effettuate le prove di laboratorio atte a stabilire i gruppi di appartenenza secondo la tabella e la determinazione del limite di ritiro nei casi previsti dalla tabella. Prima di dare inizio al rilevato dovranno essere eseguite sul terreno del piano di posa alcune o tutte le ricerche seguenti come specificato nella tabella. Dopo la rimozione dello strato di terreno vegetale e prima di dare inizio alla formazione del rilevato dovranno essere eseguite alcune delle seguenti lavorazioni sul terreno di posa stesso come stabilito dalla tabella. Le prove relative a tali lavorazioni, se non altrimenti specificato, saranno eseguite secondo le norme AASHTO. Eventuali valori decimali saranno portati al valore intero più vicino che compare nelle tabelle stesse.

### 19.2.2 Indagini e lavorazioni preliminari sui materiali provenienti da cave di prestito

Per i materiali provenienti da cave di prestito, allo scopo di definire con esattezza il gruppo cui dovranno essere ascritti, dovranno essere esaminati, per ciascun tipo e per ciascuna cava, un numero di campioni pari al prodotto del massimo diametro (in cm), presente con una certa frequenza nel materiale da esaminare, per il numero 5, con un minimo di cinque campioni. Dalle tabelle seguenti risulta quali sono le lavorazioni e correzioni cui il materiale del piano di posa deve essere assoggettato a seconda della classe di appartenenza e dello spessore del rilevato.

### 19.2.3 Caratteristiche dei materiali per rilevati

I materiali per la costituzione dei rilevati dovranno essere accuratamente scelti. Essi, ad esclusione dello strato vegetale di rivestimento, dovranno essere privi di humus, radici, erbe, materie organiche. Verranno esclusi i materiali appartenenti ai gruppi A4, A5, A6, A7. I materiali provenienti da cave di prestito saranno del tipo di quelli appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A3. Saranno utilizzati anzitutto i materiali provenienti dagli scavi giudicati idonei allo scopo dalla Direzione Lavori. Prima della messa in rilevato dei materiali provenienti dagli scavi l'Appaltatore dovrà provvedere, alla cernita delle terre utilizzabili ed alla eliminazione di tutti i massi e detriti rocciosi con dimensioni superiori a 25 cm nonché di



---

tutte le altre sostanze comunque dannose eventualmente presenti. I materiali per la costruzione dei rilevati provenienti da cave di prestito dovranno essere preventivamente accettati dalla Direzione Lavori. A tal fine, prima di iniziare la loro utilizzazione, si dovrà procedere ad un accurato esame del materiale di previsto impiego, onde stabilirne il gruppo di appartenenza.

**Tabella 34: Classificazione delle terre secondo la Tab. CNR - 16006/1963.**

Gruppi classificati	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7	
	A1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A7-5	A7-6
% passante al setaccio N. 16 N. 40 N. 190	max 50 max 30 max 15	max 50 max 25	max 51 max 16	max 35	max 35	max 35	max 35	min 36	min 36	min 36	min 36	
Caratteristiche del passante al 40 Limite liquido Indice plasticità	max 6	max 6	Non plastico	max 40 max 16	min 41 max 16	max 40 min 11	min 41 min 11	max 40 max 16	min 41 max 16	max 40 min 11	min 41 min 11	
Indice di gruppo	0	0	0	0	0	max 4	max 4	max 8	max 12	max 15	max 19	
Costituenti	Frammenti di roccia, ghiaia e sabbia		Sabbia fine	Limo e ghiaia limosa o argillosa e sabbia				Terreni limosi		Terreni argillosi		

**Tabella 35**

Per terreni di posa appartenenti alle categorie	Altezza prevista dei rilevati e delle arginature	Categoria cui appartengono le terre per i rilevati	Ricerche da effettuare
da A1 a A2-5 compresi	da 0,00 a 3,00	da A1 a A3 da A2-4 a A7	D DUL
	maggiore di 3,00	da A1 a A3 da A2-4 a A7	nessuna UL
da A2-6 a A7	qualunque da A1 a A3	da A2-4 a A7	DUL

Legenda: D= densità in sito in rapporto all'AASHTO modificato;  
 U= umidità percentuale per una profondità fissata di volta in volta dalla Direzione Lavori;  
 L= livello del pelo della falda freatica nella stagione seguente il periodo più piovoso.

**Tabella 36**

Terreni di posa appartenenti alla categoria	Altezza prevista dei rilevati [m]	Lavori da effettuarsi sui terreni di posa destinati a sopportare rilevati della categoria	
		A1-a, A1-b, A3	A2-4, A2-5, A2-7
A1-a, A1-b, A3	da 0,00 a 1,00	B	B, D eventuale
	da 1,00 a 3,00	B'	B'
	>3,00	-	-
A2-4, A2-5, A2-7	da 0,00 a 1,00	A', B, C eventuale	A', B, C eventuale D
	da 1,00 a 3,00	A C eventuale B' D	A C B' D eventuale E
	> 3,00	C, D, E eventuale	C, D, E eventuale

Legenda: A= correzione dell'umidità fino al valore dell'AASHTO modificato;  
 A'= idem, ma fino ad un valore di 3 punti inferiore al limite di ritiro;  
 B= compattazione fino al 95% dell'AASHTO modificato per uno spessore di 30 cm;  
 B'= idem, ma all'85%;  
 C= miglioramento del piano di posa per uno spessore di 19-30 cm mediante aggiunta e Miscelamento di materiale arido secondo le istruzioni della Direzione Lavori;  
 D= distesa di uno strato anticapillare;  
 E= esecuzione di trincee o gallerie drenanti.

### 19.3 Formazione di rilevati

#### 19.3.1 Rilevati con materiali A1, A2-4, A2-5, A3

I rilevati verranno formati in strati di spessore proporzionato al tipo di materiale ed ai mezzi costipanti usati. In ogni caso gli strati non dovranno superare i 50 cm. Eventuali trovanti o detriti rocciosi non potranno avere dimensioni superiori a 25 cm negli strati ordinari e dimensioni superiori a 16 cm nell'ultimo strato sottostante la fondazione stradale. La stesa del materiale sarà sempre accompagnata dall'opera di motolivellatrici in modo da mantenere la superficie superiore sempre pendente così da garantire il rapido smaltimento delle acque piovane. Qualora il materiale impiegato non avesse l'umidità prescritta si dovrà procedere alla sua correzione, inumidendolo con acqua o essiccandolo mediante rimescolamento e aerazione, a seconda del caso. Si procederà quindi al costipamento con mezzi meccanici idonei al tipo di materiale. Il costipamento dovrà essere spinto fino ad ottenere un valore di densità in sito uguale o superiore alla densità secca del terreno sciolto più il 60% della differenza fra la densità massima ottenuta con la prova AASHTO modificato e la predetta densità secca. Ogni strato dovrà aver raggiunto i requisiti di costipamento e di umidità ottima prima che venga messo in opera lo strato superiore. Nella formazione dei rilevati si dovrà procedere in modo che i materiali migliori siano riservati agli strati superiori del rilevato stesso. La parte superiore del rilevato, per uno spessore di almeno 30 cm, dovrà avere un valore di densità in sito uguale o superiore alla densità secca del terreno sciolto più l'80% della differenza fra la densità massima ottenuta con la prova AASHTO modificata e la predetta densità secca. La portanza del piano di posa del misto granulare di fondazione sarà controllata mediante la misura del valore di  $M_d$ , che al primo ciclo di carico e nell'intervallo compreso tra 1,5 e 2,5 kg/cm<sup>2</sup>, in condizioni di umidità prossime a quelle del costipamento, non dovrà essere inferiore a 500 kg/cm<sup>2</sup>. Nel riempimento di cavi, fossi, depressioni poste nell'area dei rilevati e nei riempimenti a ridosso di muri e manufatti in genere, verrà impiegato lo stesso materiale usato per la formazione dei rilevati, posto in opera in strati non superiori a 30 cm e costipato alla stessa densità del rilevato sovrastante. Contemporaneamente alla costruzione dei rilevati l'Appaltatore dovrà provvedere alla formazione di un rivestimento in terra vegetale dello spessore di 30 cm sulle scarpate e banchine. Tale rivestimento sarà eseguito a cordoli orizzontali debitamente costipati. Il terreno vegetale potrà provenire dagli accatastamenti a suo tempo predisposti e dovrà avere caratteristiche tali da assicurare l'attecchimento e lo sviluppo della vegetazione. A lavoro ultimato la sagoma e la livelletta del rilevato dovranno essere quelle di progetto.

### 19.3.2 Rilevati con materiali rocciosi

L'impiego di materiali rocciosi dovrà essere preventivamente autorizzato dalla Direzione Lavori. La stesa del materiale per la formazione dei rilevati dovrà essere fatta in strati di spessore proporzionato ai mezzi costipanti ed in ogni caso non superiori a 50 cm. La granulometria del materiale da impiegare dovrà essere continua in modo che i vuoti lasciati dagli elementi rocciosi più grossi siano convenientemente e uniformemente riempiti con elementi più piccoli, onde ottenere una massa compatta che escluda futuri assestamenti. I detriti rocciosi non potranno avere dimensioni superiori a 25 cm. Si avrà cura di disporre i materiali più grossolani negli strati inferiori del rilevato tenendo presente che lo strato di 30 cm sottostante la fondazione stradale non potrà contenere detriti rocciosi di dimensioni superiori a 16 cm. Nel caso in cui i materiali provenienti dagli scavi in roccia contenessero elementi con dimensioni massime superiori a quelle ammesse, questi ultimi dovranno essere eliminati mediante accurata cernita. Il costipamento dovrà essere tale da realizzare una densità in sito uguale o superiore a quella prescritta al paragrafo precedente. La Direzione Lavori potrà autorizzare l'impiego di materiale costituito in parte da elementi di roccia ed in parte da terreno frammischiato, purché gli elementi rocciosi risultino uniformemente ripartiti nella massa in modo da ottenere strati della prescritta densità e compattezza. Nel caso di rilevato misto, in roccia e in terreno, si dovranno osservare le prescrizioni relative alla formazione dell'uno e dell'altro tipo di rilevato. Per tutte le altre modalità costruttive vedasi il punto relativo alla formazione di rilevati con materiali A1, A2-4, A2-5, A3.

### 19.3.3 Rilevati con materiale della classe A2-6, A2-7

L'impiego di materiali della classe A2-6, A2-7 dovrà essere espressamente autorizzato dalla Direzione lavori, la quale potrà altresì impartire in proposito norme e prescrizioni specifiche. Nella formazione di rilevati mediante l'impiego di detti materiali si dovrà porre il piano di posa nelle condizioni previste dalla precedente tabella. Nei casi previsti dalla citata tabella 84.3 si procederà quindi alla formazione di uno strato isolante dello spessore finito di 30 cm, formato da materiale arido per prevenire l'ascesa, per capillarità, della umidità eventualmente presente. Particolare cura dovrà essere posta nella costituzione di adeguata difesa sia a monte che a valle onde prevenire infiltrazioni e favorire lo scarico delle acque. Nella formazione del rilevato si dovrà procedere per strati non superiori a 30 cm. Eventuali trovanti o detriti rocciosi non potranno avere dimensioni superiori a 25 cm negli strati ordinari e dimensioni superiori a 16 cm nell'ultimo strato sottostante la fondazione stradale. L'umidità del materiale in opera prima del costipamento dovrà essere compresa fra valori  $\pm 19\%$  di quella ottima determinata con la prova AASHO modificata. Il costipamento dovrà essere spinto fino ad ottenere un valore di densità in sito non inferiore alla densità secca del terreno sciolto più il 50% della differenza fra la densità massima ottenuta con la prova AASHO modificata e la predetta densità secca. Particolare cura dovrà essere posta nella sagomatura della superficie dei vari strati, onde impedire che si formino ristagni di acqua. L'Appaltatore dovrà inoltre provvedere alla tempestiva risagomatura del rilevato nel caso che questa sia stata danneggiata dal traffico, dalla pioggia, dalla neve e dal gelo. Carrelli pigiatori gommati dovranno essere sempre disponibili allo scopo di chiudere in caso di pioggia la superficie di lavorazione che, alla ripresa del lavoro, sarà convenientemente rimossa. L'ultima parte del rilevato, per uno spessore di cm 160, dovrà in ogni caso essere costituita da materiali dei gruppi A1, A3, A2-4, A2-5. Particolare cura dovrà essere posta nel rivestimento delle scarpate e banchine con terreno vegetale. Per tutte le altre modalità costruttive vedasi il punto relativo alla formazione dei rilevati con materiali A1, A2-4, A2-5, A3.

## **Art. 20 – Sovrastruttura stradale. Caratteristiche geometriche della strada**

### **20.1 Terminologia relativa alla sovrastruttura**

In riferimento alle istruzioni del C.N.R. b.u. n. 159/1994 si riportano le seguenti definizioni.

## 20.1.1 Premessa

Le parti del corpo stradale più direttamente interessate dai carichi mobili, si possono distinguere essenzialmente in:

- sovrastruttura e pavimentazione;
- sottofondo.

## 20.1.2 Sovrastruttura

### 20.1.2.1 Definizione

Con tale termine si indica la parte del corpo stradale costituita da un insieme di strati sovrapposti, di materiali e di spessori diversi, aventi la funzione di sopportare complessivamente le azioni del traffico e di trasmetterle e distribuirle, opportunamente attenuate, al terreno d'appoggio (sottofondo) o ad altre idonee strutture.

Nella sovrastruttura normalmente sono presenti e si distinguono i seguenti strati:

- strato superficiale;
- strato di base;
- strato di fondazione.

La sovrastruttura può anche comprendere strati accessori aventi particolari funzioni, quali: strato drenante, strato anticapillare, strato antigelo ed eventuali strati di geotessile. Le sovrastrutture normalmente si considerano di tre tipi:

- flessibile;
- rigida;
- semirigida.

### 20.1.2.2 Strati della sovrastruttura

#### 20.1.2.2.1 Strato superficiale

Lo strato superficiale è lo strato immediatamente sottostante al piano viabile. Nelle sovrastrutture flessibili esso viene suddiviso in due strati:

- strato di usura;
- strato di collegamento.

#### 20.1.2.2.2 Strato di base

Lo strato di base è lo strato intermedio tra lo strato superficiale e lo strato di fondazione.

#### 20.1.2.2.3 Strato di fondazione

Lo strato di fondazione è lo strato della parte inferiore della sovrastruttura a contatto con il terreno di appoggio (sottofondo).

#### 20.1.2.2.4 Strati accessori

##### a) Strato anticapillare

È lo strato di materiale di moderato spessore interposto fra lo strato di fondazione ed il terreno di sottofondo, destinato ad interrompere, negli strati della sovrastruttura, l'eventuale risalita capillare di acqua proveniente da falda acquifera.

##### b) strato antigelo

È lo strato di opportuno materiale, steso al di sotto dello strato di fondazione in adeguato spessore, avente la funzione di impedire che la profondità di penetrazione del gelo raggiunga un sottofondo gelivo.

##### c) Strato drenante

È lo strato di materiale poroso impermeabile, posto a conveniente altezza nella sovrastruttura, per provvedere alla raccolta ed allo smaltimento di acque di falda o di infiltrazione verso le cunette laterali o altro dispositivo drenante.

### 20.1.3 Tipi di sovrastruttura

#### 20.1.3.1 Sovrastruttura flessibile

Sovrastruttura formata da strati superficiali ed eventualmente di base, costituiti da miscele di aggregati lapidei con leganti idrocarburici e da strati di fondazione non legati. Lo strato superficiale è costituito da due strati: uno strato di usura ed uno strato di collegamento:

a) Strato di usura

Strato disposto ad immediato contatto con le ruote dei veicoli, destinato ad assicurare adeguate caratteristiche di regolarità e condizioni di buona aderenza dei veicoli alla superficie di rotolamento, a resistere prevalentemente alle azioni tangenziali di abrasione, nonché a proteggere gli strati inferiori dalle infiltrazioni delle acque superficiali.

b) Strato di collegamento.

Strato, chiamato «binder», sottostante al precedente, destinato ad integrarne le funzioni portanti e ad assicurarne la collaborazione con gli strati inferiori; normalmente esso è costituito da materiale meno pregiato, e quindi più economico del sovrastante.

#### 20.1.3.2 Sovrastruttura rigida

Sovrastruttura formata da uno strato superficiale costituito da una lastra in calcestruzzo di cemento armato o non armato, e da uno o più strati di fondazione. La lastra in calcestruzzo assomma in sé anche la funzione dello strato di base. Lo strato di fondazione può essere costituito da miscele di aggregati non legati, ovvero legati con leganti idraulici o idrocarburici e suddiviso in più strati di materiali differenziati. Poiché le funzioni portanti sono svolte dalla lastra in calcestruzzo, la funzione precipua dello strato di fondazione è quella di assicurare alla lastra un piano di appoggio di uniforme portanza e deformabilità, nonché quella di evitare che la eventuale parte fine del terreno di sottofondo risalga in superficie attraverso i giunti o le lesioni della lastra creando dei vuoti e rendendo disuniformi le condizioni di appoggio della lastra. Esso infine può essere chiamato a svolgere anche una funzione drenante.

#### 20.1.3.3 Sovrastruttura semirigida

Sovrastruttura formata da strati superficiali costituiti da miscele legate con leganti idrocarburici, strati di base costituiti da miscele trattate con leganti idraulici, ed eventualmente strati di fondazione trattati anch'essi con leganti idraulici o non legati. Nelle sovrastrutture di questo tipo, gli strati di base sono due: uno strato sottostante trattato con leganti idraulici ed uno sovrastante con leganti bituminosi, onde evitare il riprodursi in superficie della fessurazione di ritiro e igrotermica, dello strato di base cementato sottostante.

### 20.1.4 Sottofondo

#### 20.1.4.1 Definizione

Terreno costituente il fondo di uno scavo o la parte superiore di un rilevato, avente caratteristiche atte a costituire appoggio alla sovrastruttura. Tale deve considerarsi il terreno fino ad una profondità alla quale le azioni verticali dei carichi mobili siano apprezzabili ed influenti sulla stabilità dell'insieme (di solito dell'ordine di 30-80 cm).

#### 20.1.4.2 Sottofondo migliorato o stabilizzato

Sottofondo che per insufficiente portanza e/o per notevole sensibilità all'azione dell'acqua e del gelo, viene migliorato o stabilizzato con appositi interventi, ovvero sostituito per una certa profondità. Il sottofondo viene detto migliorato quando viene integrato con materiale arido (correzione granulometrica) o quando viene trattato con modesti quantitativi di

legante tali da modificare, anche temporaneamente, le sole proprietà fisiche della terra (quali il contenuto naturale di acqua, la plasticità, la costipabilità, il CBR). Il miglioramento, in alcuni casi può essere ottenuto mediante opere di drenaggio, ovvero con l'ausilio di geosintetici. Il sottofondo viene detto stabilizzato quando il legante è in quantità tale da conferire alla terra una resistenza durevole, apprezzabile mediante prove di trazione e flessione proprie dei materiali solidi. Il legante impiegato è normalmente di tipo idraulico o idrocarburico.

## 20.1.5 Trattamenti

### 20.1.5.1 Trattamento superficiale

Il trattamento è ottenuto spargendo in opera, in una o più riprese, prima il legante idrocarburico e quindi l'aggregato lapideo di particolare pezzatura. Tale trattamento può essere usato anche nella viabilità principale al di sopra dello strato di usura nelle sovrastrutture flessibili o della lastra in calcestruzzo nelle sovrastrutture rigide, per assicurare l'impermeabilità (trattamento superficiale di sigillo) o per migliorare l'aderenza, nel qual caso viene denominato anche trattamento superficiale di irruvidimento.

### 20.1.5.2 Trattamento di ancoraggio

Pellicola di legante idrocarburico (detta anche mano d'attacco) spruzzata sulla superficie di uno strato della sovrastruttura per promuovere l'adesione di uno strato sovrastante.

## 20.1.6 Tipi particolari di pavimentazioni

### 20.1.6.1 Pavimentazione di blocchetti prefabbricati di calcestruzzo, detta anche di masselli di calcestruzzo autobloccanti

È costituita da elementi prefabbricati di calcestruzzo cementizio, di forma e di colori diversi, allettati in uno strato di sabbia e spesso muniti di risalti e scanalature alla periferia di ciascun elemento, onde migliorare il mutuo collegamento degli elementi fra di loro. Tale tipo di pavimentazione, prevalentemente destinata ad essere usata in zone pedonali ed in zone sottoposte a traffico leggero, può essere usata anche in zone soggette a carichi molti rilevanti, sottoposte a traffico lento, quali piazzali di sosta, di stoccaggio merci ecc, nel qual caso devono essere previsti, al di sotto dello strato di allettamento in sabbia, uno o più strati portanti di adeguato spessore.

## 20.2 Classificazione della strada di progetto e criteri compositivi della sua piattaforma.

Conformemente a quanto previsto all'art. 2 del «Codice della strada» (D.Lgs. n. 285/1992 e suoi aggiornamenti successivi) la strada di progetto è classificata, riguardo alle sue caratteristiche costruttive, tecniche e funzionali, nel seguente tipo:

F - Strada locale extraurbana

## 20.3 Elementi costitutivi dello spazio stradale

Il D.M. 5 novembre 1901 tenuto conto dell'art. 3 del codice della strada, riporta le denominazioni degli spazi stradali con i seguenti significati (figura 86.1):

- **BANCHINA:** parte della strada, libera da qualsiasi ostacolo (segnaletica verticale, delineatori di margine, dispositivi di ritenuta), compresa tra il margine della carreggiata e il più vicino tra i seguenti elementi longitudinali: marciapiede, spartitraffico, arginello, ciglio interno della cunetta, ciglio superiore della scarpata nei rilevati.
- Si distingue in:
  - «banchina in destra», che ha funzione di franco laterale destro. È di norma pavimentata ed è sostituita, in talune tipologie di sezione, dalla corsia di emergenza;
  - «banchina in sinistra», che è la parte pavimentata del margine interno.

- **CARREGGIATA:** parte della strada destinata allo scorrimento dei veicoli; essa è composta da una o più corsie di marcia; è pavimentata ed è delimitata da strisce di margine (segnaletica orizzontale).
- **CONFINE STRADALE:** limite della proprietà stradale quale risulta dagli atti di acquisizione o dalle fasce di esproprio del progetto approvato; in mancanza, il confine è costituito dal ciglio esterno del fosso di guardia o della cunetta, ove esistenti, o dal piede della scarpata se la strada è in rilevato o dal ciglio superiore della scarpata se la strada è in trincea.
- **CORSIA:** parte longitudinale della strada, normalmente delimitata da segnaletica orizzontale, di larghezza idonea a permettere il transito di una sola fila di veicoli. Si distingue in:
  - a) corsia di marcia: corsia facente parte della carreggiata, destinata alla normale percorrenza o al sorpasso;
  - b) corsia riservata: corsia di marcia destinata alla circolazione esclusiva di una o di alcune categorie di veicoli;
  - c) corsia specializzata: corsia destinata ai veicoli che si accingono ad effettuare determinate manovre, quali svolta, attraversamento, sorpasso, decelerazione, accelerazione, manovra per la sosta o che presentino basse velocità (corsia di arrampicamento) o altro;
  - d) corsia di emergenza: corsia, adiacente alla carreggiata, destinata alle soste di emergenza, al transito dei veicoli di soccorso ed, eccezionalmente, al movimento dei pedoni.

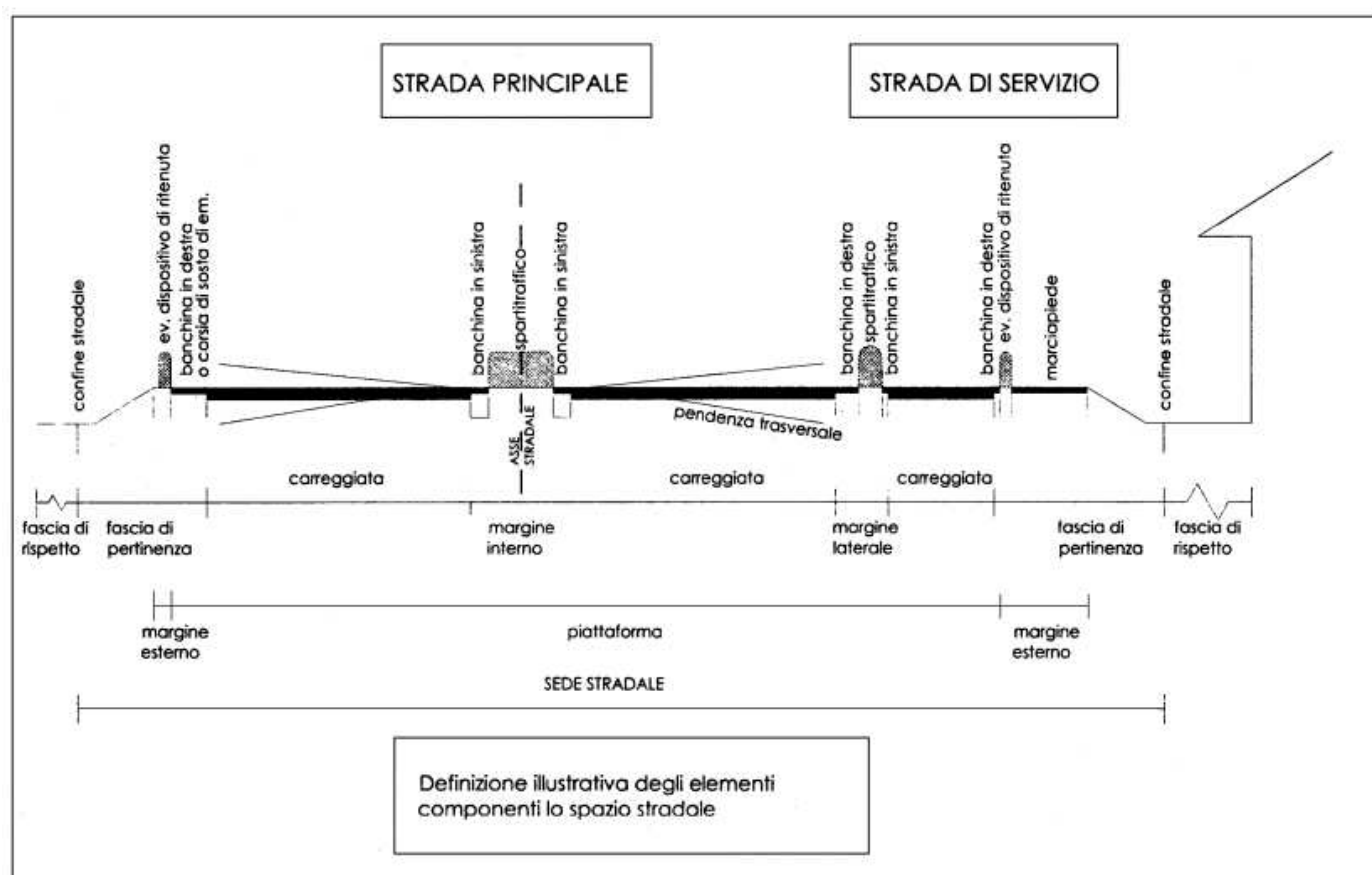


Figura 1: Elementi costitutivi dello spazio stradale (D.M. 5 novembre 1901).

- **DISPOSITIVO DI RITENUTA:** Elemento tendente ad evitare la fuoriuscita dei veicoli dalla piattaforma o comunque a ridurne le conseguenze dannose. È contenuto all'interno dello spartitraffico o del margine esterno alla piattaforma.



- **FASCIA DI PERTINENZA:** striscia di terreno compresa tra la carreggiata più esterna e il confine stradale. È parte della proprietà stradale e può essere utilizzata solo per la realizzazione di altre parti della strada.
- **FASCIA DI RISPETTO:** striscia di terreno, esterna al confine stradale, sulla quale esistono vincoli, da parte del proprietario del terreno, alla realizzazione di scavi, costruzioni, recinzioni, piantagioni, depositi e simili. Per la larghezza vedere gli articoli 26, 27 e 28 del D.P.R. n. 495/1992.
- **FASCIA DI SOSTA LATERALE:** parte della strada adiacente alla carreggiata, separata da questa mediante striscia di margine discontinua e comprendente la fila degli stalli di sosta e la relativa corsia di manovra.
- **MARCIAPIEDE:** parte della strada, esterna alla carreggiata, rialzata o altrimenti delimitata e protetta, destinata ai pedoni.
- **MARGINE INTERNO:** parte della piattaforma che separa carreggiate percorse in senso opposto.
- **MARGINE LATERALE:** parte della piattaforma che separa carreggiate percorse nello stesso senso.
- **MARGINE ESTERNO:** parte della sede stradale, esterna alla piattaforma, nella quale trovano sede cigli, cunette, arginelli, marciapiedi e gli elementi di sicurezza o di arredo (dispositivi di ritenuta, parapetti sostegni, ecc.).
- **PARCHEGGIO:** area o infrastruttura posta fuori della carreggiata, destinata alla sosta regolamentata o non dei veicoli.
- **PIATTAFORMA:** parte della sede stradale che comprende i seguenti elementi:
  - a) una o più carreggiate complanari, di cui la corsia costituisce il modulo fondamentale;
  - b) le banchine in destra e in sinistra;
  - c) i margini (eventuali) interno e laterale (comprensivi delle banchine);
  - d) le corsie riservate, le corsie specializzate, le fasce di sosta laterale e le piazzole di sosta o di fermata dei mezzi pubblici (se esistenti).

Non rientra nella piattaforma il margine esterno.

- **SEDE STRADALE:** superficie compresa entro i confini stradali.
- **SEDE TRANVIARIA:** parte longitudinale della strada, opportunamente delimitata, riservata alla circolazione dei tram e dei veicoli assimilabili.
- **SPARTITRAFFICO:** parte non carrabile del margine interno o laterale, destinata alla separazione fisica di correnti veicolari. Comprende anche lo spazio destinato al funzionamento (deformazione permanente) dei dispositivi di ritenuta.
- **STRADA DI SERVIZIO:** strada affiancata ad una strada principale (tipo A, B e D), avente la funzione di consentire la sosta ed il raggruppamento degli accessi dalle proprietà laterali alla strada principale e viceversa, nonché il movimento e le manovre dei veicoli non ammessi sulla strada principale stessa.
- **STRADA EXTRAURBANA:** strada esterna ai centri abitati.
- **STRADA URBANA:** strada interna ad un centro abitato.

Gli spazi stradali associati alle diverse categorie di traffico sono individuati nella tabella 86.1, relativa alla piattaforma corrente.

**Tabella 37: Spazi da assegnare in piattaforma alle categorie di traffico (D.M. 5 novembre 1901).**

	TIPO SECONDO IL CODICE	AMBITO TERRITORIALE	DENOMINAZIONE	CATEGORIE DI TRAFFICO													
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
AUTOSTRADA	A	EXTRAURBANO	STRADA PRINCIPALE	○	○	○	○	○	1	1	1	1	○	○	3	○	○
			STRADA DI SERVIZIO (EVENTUALE)	5	5	1	1-7	1	1	1	1	1	1	○	1/5-3	4	8
		URBANO	STRADA PRINCIPALE	○	○	○	○	○	1	1	1	1	○	○	3	○	○
			STRADA DI SERVIZIO (EVENTUALE)	6	5	1	1-7	1	1	1-2	1	1	1	1-2-4	1/5-3	4	8
EXTRAURBANA PRINCIPALE	B	EXTRAURBANO	STRADA PRINCIPALE	○	○	○	○	○	1	1	1	1	○	○	1/5	4	○
			STRADA DI SERVIZIO (EVENTUALE)	5	5	1	1-7	1	1	1	1	1	1	○	1/5	4	8
EXTRAURBANA SECONDARIA	C	EXTRAURBANO		5	1/5	1	1-7	1	1	1	1	1	1	1-2	1/5	4	8
URBANA DI SCORRIMENTO	D	URBANO	STRADA PRINCIPALE	6	○	○	7	1	1	1	1	1	1	○	1/5	○	○
			STRADA DI SERVIZIO (EVENTUALE)	6	1/5	1	1-7	1	1	1-2	1	1	1	1-2-4	1/5	4	8
URBANA DI QUARTIERE	E	URBANO		6	1	1	1-7	1	1	1-2	1	1	1	1-2-4	1/5	4	8
LOCALE	F	EXTRAURBANO		5	1	1	1-7	1	1	1	1	1	1	○	1/5	4	8
		URBANO		6	1	1	1-7	1	1	1-2	1	○	1	1-2-4	1/5	4	8

1) CORSIA  
 2) CORSIA RISERVATA  
 3) CORSIA DI EMERGENZA

4) IN APPOSITI SPAZI  
 5) BANCHINA  
 6) MARCIAPIEDE

7) PISTA CICLABILE  
 8) PASSI CARRABILI  
 1-5 IN BANCHINA PER QUANTO POSSIBILE

○ COMPONENTE DI TRAFFICO NON AMMESSA

## 20.4 Caratteristiche geometriche e di traffico delle sezioni

Per ogni tipo di strada si possono pertanto avere diversi tipi di sezione, in relazione all'ambito territoriale e all'utenza prevista. Le dimensioni della piattaforma stradale devono essere mantenute invariate lungo tutto il tracciato della strada, sia in sede naturale, sia in sede artificiale (galleria, sottopasso, ponte, viadotto ecc.) La tabella 3.4.a del D.M. 5 novembre 1901 riporta, per ogni tipo di strada e per le eventuali strade di servizio associate, la composizione possibile della carreggiata, i limiti dell'intervallo di velocità di progetto, le dimensioni da assegnare ai singoli elementi modulari ed i flussi massimi smaltibili in relazione ai livelli di servizio indicati. Vengono altresì fornite alcune indicazioni sulla regolazione di funzioni di traffico specifiche. Valgono nel caso in esame le seguenti precisazioni.

### 20.4.1 Numero delle corsie per senso di marcia

Esso dipende dalla quantità e qualità dei movimenti richiesti. Il progetto prevede una corsia per ogni senso di marcia.

### 20.4.2 Larghezza delle corsie

La larghezza delle corsie è intesa come la distanza tra gli assi delle strisce che le delimitano; le dimensioni indicate non riguardano le corsie impegnate dalle categorie di traffico numerate 7,8,9,16 e 11 della tabella 3.2.c del D.M. 5 novembre 1901, per le quali si fissa una larghezza minima di 3,50 m, come nel caso del presente progetto.

### 20.4.3 Larghezza del marciapiede

A margine della strada di progetto non è previsto il marciapiede.

### 20.4.4 Regolazione della sosta

Sulla strada di progetto la sosta dei veicoli è vietata, mentre è consentita la sola fermata di emergenza.

#### 20.4.5 Regolazione dei mezzi pubblici

È ammesso il transito dei mezzi pubblici ma non la loro fermata.

#### 20.5 Sezione stradale in sede artificiale

##### 20.5.1 Opere di scavalcamento e sottopassi

Sulle opere di scavalcamento (ponti, viadotti, sovrappassi) devono essere mantenute invariate le dimensioni degli elementi componenti la piattaforma stradale, relative al tipo di strada di cui fanno parte dette opere. A margine della piattaforma delle strade extraurbane e delle autostrade urbane devono essere predisposti dispositivi di ritenuta e/o parapetti di altezza non inferiore a 1,00 m, (vedi D.M. 4 maggio 1990 «Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, la esecuzione e il collaudo dei ponti stradali», par. 3.11).

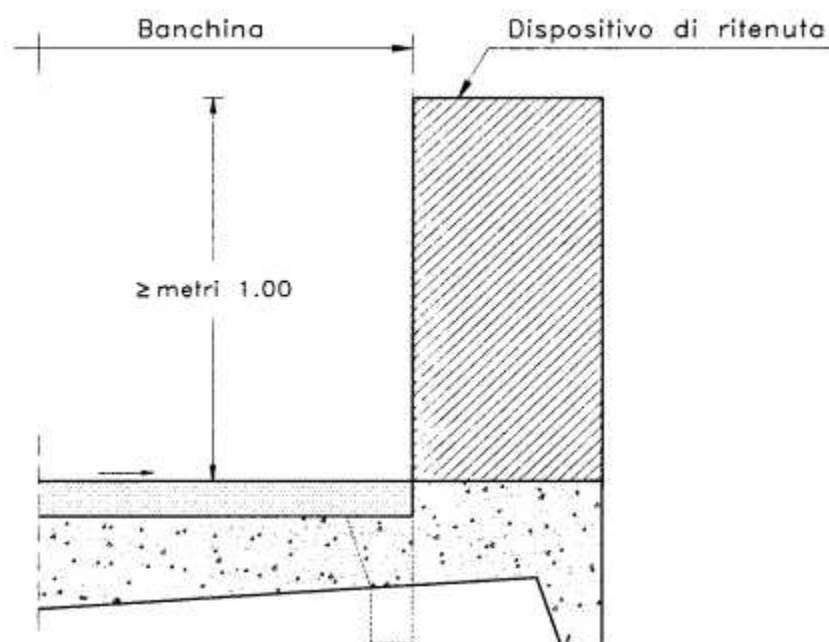


Figura 2

In corrispondenza del manufatto di attraversamento del corso d'acqua previsto dal progetto è stato introdotto sul lato destro di ciascuna corsia di marcia e al di là della banchina un marciapiede, di larghezza non minore di 1,50 m, delimitato verso la banchina da un ciglio sagomato e protetto da dispositivo di ritenuta invalicabile.

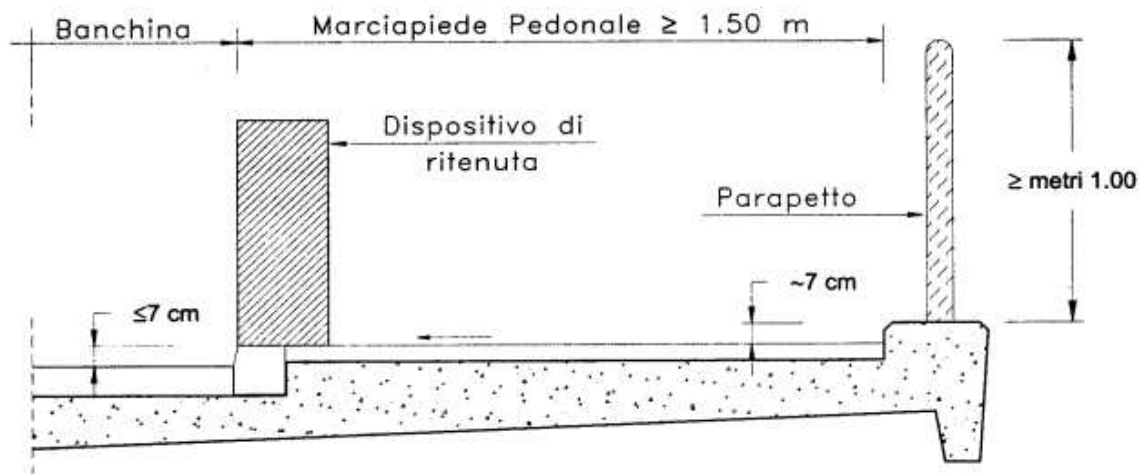


Figura 3

## 20.5.2 Elementi marginali e di arredo della sede stradale.

### 20.5.2.1 Margine esterno.

Parte della sede stradale, esterna alla piattaforma, nella quale trovano sede cigli, cunette, arginelli, marciapiedi e gli elementi di sicurezza o di arredo (dispositivi di ritenuta, parapetti, sostegni, ecc.)

### 20.5.2.2 Cigli e cunette.

Le banchine devono essere raccordate con gli elementi marginali contigui dello spazio stradale (scarpate, cunette, marciapiedi ecc.) mediante elementi di raccordo che possono essere costituiti, a seconda delle situazioni, da arginelli, o fasce di raccordo (cigli), destinati ad accogliere eventuali dispositivi di ritenuta o elementi di arredo. In taluni casi detti elementi di raccordo possono anche mancare. Le dimensioni di tali elementi sono precisate nelle Figg. 86.4. a/b/c. L'arginello dovrà avere una altezza rispetto la banchina di  $5 \div 16$  cm; sarà raccordato alla scarpata mediante un arco le cui tangenti siano di lunghezza non inferiore a 0.50 m. Nella sezione in trincea, la fascia di raccordo fra banchina e cunetta va opportunamente trattata in modo da assicurarne l'impermeabilità ed evitarne l'erosione; se pavimentata, la sua pendenza trasversale potrà essere uguale a quella della banchina. Ove per la cunetta sia adottata la conformazione del tipo di cui alla figura (non necessitante di dispositivo di ritenuta), tale elemento di raccordo scompare e la cunetta può essere accostata direttamente alla banchina. Nel caso in cui la sede stradale risulti sostenuta da un muro, l'elemento marginale sarà progettato in analogia con quanto previsto per la sezione stradale su opere di scavalcamento.

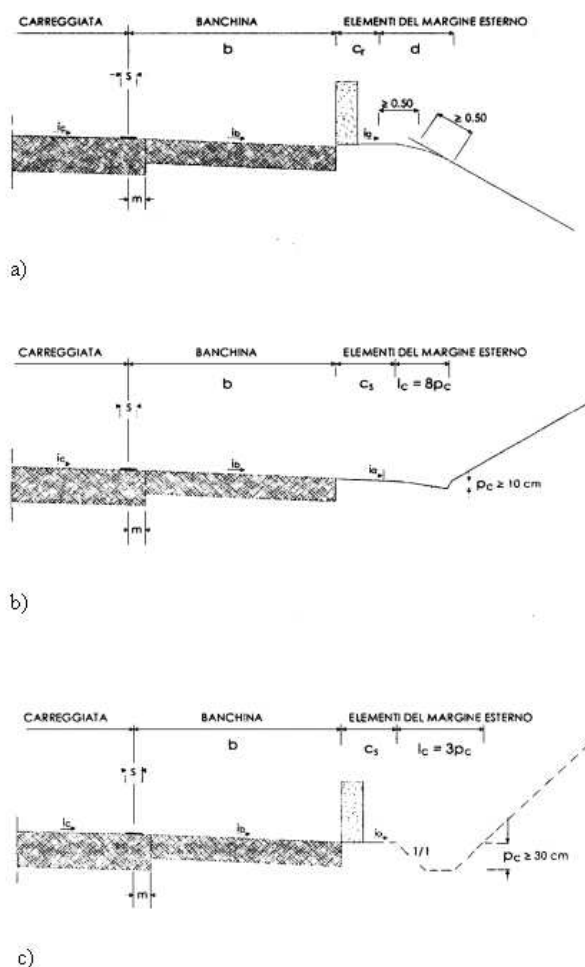


Figura 4

*Tabella 38: Dimensioni minime elementi di fig. 21.4. (D.M. 5 novembre 1901).*

Elemento	Denominazione	Strada	Dimensione
s	striscia di delimitazione	A-B C -D-E F	0,25 m 0,15 m 0,12 m
m	bordo carreggiata	tutte	≥ 0,30 m
ic	Pendenza trasversale carreggiata in rettilo in curva	tutte	2,5% ≥ 2,5%
ib	pendenza trasversale banchina	tutte	= ic
cr	ciglio o arginello in rilevato	A-B-C-D E-F	≥ 0,75 m ≥ 0,50 m
d	raccordo	ove previsto	1,0 m
cs	ciglio in scavo	ove previsto	come cr
ia	pendenza trasversale cr e cs	tutte	4%
lc	larghezza cunetta	tutte	≥ 0,80 m
pc	profondità cunetta	tutte	vedi figure
b	banchina		Vedi tabella 3.4a del D.M. 5 novembre 1901

\* dipende dallo spazio richiesto per il funzionamento del dispositivo di ritenuta


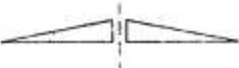
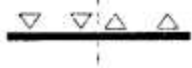



#### 20.5.2.3 Dispositivi di ritenuta ed altri elementi di arredo funzionale

Il D.M. 5.11.1901 non dà specifiche indicazioni circa le barriere stradali di sicurezza in quanto la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle stesse è disciplinato dal D.M. 18 febbraio 1992, n. 203 e successive modificazioni ed integrazioni.

### 20.6 Alcune indicazioni sulla geometria dell'asse stradale

#### 20.6.1 Pendenze trasversali della piattaforma nei rettili

La pendenza trasversale in rettilo nasce dall'esigenza di allontanamento dell'acqua superficiale. A seconda del tipo di strada si debbono adottare le sistemazioni di cui alla figura.

STRADE TIPO	PIATTAFORMA	PENDENZE TRASVERSALI
A, B, D a due o più corsie per carreggiata		
E a quattro corsie		
altre strade		

*Figura 5*

Indipendentemente dal tipo di strada, la pendenza minima delle falde della carreggiata, ic, deve essere del 2,5 % ( $q = 0,025$ ). Valori inferiori saranno impiegati, con gli accorgimenti indicati nel cap. 5.2.4 del D.M. 5 novembre 1901, solo nei tratti di transizione tra elementi di tracciato caratterizzati da opposte pendenze trasversali.

#### 20.6.2 Pendenze trasversali della piattaforma in funzione del raggio delle curve circolari e della velocità

In curva la carreggiata è inclinata verso l'interno. La pendenza trasversale è la stessa su tutta la lunghezza dell'arco di cerchio. La pendenza massima vale 7% ( $q=0,07$ ) per le strade tipo A (urbane ed extraurbane), tipo B, C, F extraurbane

e strade di servizio extraurbane; vale 5% per le strade di tipo D e 3,5 % per le strade di tipo E ed F urbane, nonché per le strade di servizio delle autostrade urbane e delle strade di scorrimento.

### 20.6.3 Elementi del profilo altimetrico

Il profilo altimetrico è costituito da tratti a pendenza costante (livellette) collegati da raccordi verticali convessi e concavi. Le pendenze massime adottabili, previste dal D.M. 5 novembre 1901, per i diversi tipi di strada sono indicate nella tabella seguente.

*Tabella 39*

Tipo di strada		Ambito urbano	Ambito extraurbano
Autostrada	A	6%	5%
Extraurbana Principale	B	-	6%
Extraurbana Secondaria	C	-	7
Urbana di Scorrimento	D	6%	-
Urbana di Quartiere	E	8%	-
Locale	F	16%	16%

I suddetti valori della pendenza massima possono essere aumentati di un'unità, qualora, da una verifica da effettuare di volta in volta, risulti che lo sviluppo della livelletta sia tale da non penalizzare eccessivamente la circolazione in termini di riduzione delle velocità e della qualità del deflusso. Per quanto riguarda le strade di servizio è consigliabile mantenere pendenze longitudinali uguali a quelle della strada principale corrispondente.

## **Art. 21 – Conglomerati bituminosi a caldo tradizionali con e senza riciclato per strato di base**

### **21.1 Generalità**

I conglomerati bituminosi a caldo tradizionali sono miscele, dosate a peso o a volume, costituite da aggregati lapidei di primo impiego, bitume semisolido, additivi ed eventuale conglomerato riciclato.

### **21.2 Materiali costituenti e loro qualificazione**

#### 21.2.1 Legante

Il legante deve essere costituito da bitume semisolido (tal quale) ed eventualmente da quello proveniente dal conglomerato riciclato additivato con ACF (attivanti chimici funzionali). A seconda della temperatura media della zona di impiego il bitume deve essere del tipo 50/70 oppure 80/160 con le caratteristiche indicate nella seguente tabella, con preferenza per il 50/70 per le temperature più elevate.

*Tabella 40*

Bitume				
parametro	Normativa	unità di misura	tipo 50/70	tipo 80/160
Penetrazione a 25°C	EN1726, CNR B.U. n. 21/1971	dmm	50-70	80-160
Punto di rammollimento	EN1727, CNR B.U. n. 35/1973	°C	46-56	40-44
Punto di rottura (Fraass)	CNR B.U. n. 43 /1974	°C	≤ - 8	≤ - 8
Solubilità in Tricloroetilene	CNR B.U. n. 48/1975	%	≥ 99	≥ 99
Viscosità dinamica a 150°C, $\gamma = 16s^{-1}$	EN 17072-2	Pa x s	≤ 0,3	≤ 0,2
Valori dopo RTFOT	EN 12607-1			
Volatilità	CNR B.U. n. 54/1977	%	≤ 0,5	≤ 0,5
Penetrazione residua a 25° C	EN 1726, CNR B.U. n. 21/71	%	≥ 50	≥ 50
Incremento del punto di rammollimento	EN 1727, CNR B.U. n. 35/73	°C	≤ 9	≤ 9

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del prodotto tramite certificazione attestante i requisiti indicati. Tale certificazione sarà rilasciata dal produttore o da un laboratorio ufficiale.

#### 21.2.2 Additivi

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, aggiunti agli aggregati o al bitume, consentono di migliorare le prestazioni dei conglomerati bituminosi. Gli attivanti d'adesione, sostanze tensioattive che favoriscono l'adesione bitume-aggregato, sono additivi utilizzati per migliorare la durabilità all'acqua delle miscele bituminose. Il loro dosaggio, da specificare obbligatoriamente nello studio della miscela, potrà variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto. L'attivante di adesione scelto deve presentare caratteristiche chimiche stabili nel tempo anche se sottoposto a temperatura elevata (180 °C) per lunghi periodi (15 giorni). L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso. La presenza ed il dosaggio degli attivanti d'adesione nel bitume vengono verificati mediante la prova di separazione cromatografica su strato sottile (prova colorimetrica). Gli attivanti chimici funzionali (ACF) impiegati per rigenerare le caratteristiche del bitume invecchiato contenuto nel conglomerato bituminoso da riciclare devono avere le caratteristiche chimico-fisiche riportate nella seguente tabella. Il dosaggio varia in funzione della percentuale di conglomerato riciclato e delle caratteristiche del bitume in esso contenuto. La presenza degli ACF nel bitume potrà essere accertata mediante la prova di separazione cromatografica su strato sottile (prova colorimetrica).

*Tabella 41: Attivanti chimici funzionali.*

Attivanti Chimici Funzionali			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Densità a 25/25°C	ASTM D - 1298	g/cm <sup>3</sup>	0,900 - 0,950
Punto di infiammabilità v.a.	ASTM D - 92	°C	190
Viscosità dinamica a 150°C, $\gamma = 16\text{s}^{-1}$	SNV 671808/74	Pa s	0,03 - 0,05
Solubilità in tricloroetilene	ASTM D - 1942	% in peso	99,5
Numero di neutralizzazione	IP 217	mg/KOH/g	1,5-2,5
Contenuto di acqua	ASTM D - 95	% in volume	1
Contenuto di azoto	ASTM D - 3208	% in peso	0,8 - 1,0

### 21.2.3 Aggregati

L'aggregato grosso deve essere costituito da elementi ottenuti dalla frantumazione di rocce lapidee, da elementi naturali tondeggianti, da elementi naturali tondeggianti frantumati, da elementi naturali a spigoli vivi. Tali elementi potranno essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nelle seguenti tabelle al variare del tipo di strada.

*Tabella 42: Aggregato grosso. Autostrade ed extraurbane principali.*

Trattenuto al crivello UNI n. 5					
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione		
Parametro	Normativa	Unità di misura	Base	Binder	Usura
Los Angeles (*)	CNR B.U. n. 34/1973	%	≤ 25	≤ 25	≤ 19
Micro Deval umida (*)	CNR B.U. n. 169/1985	%	≤ 19	≤ 19	≤ 15
Quantità di frantumato	-	%	≥ 90	≥ 90	160
Dimensione max	CNR B.U. n. 21/1971	mm	40	30	19
Sensibilità al gelo	CNR B.U. n. 80/1980	%	≤ 30	≤ 30	≤ 30
Spogliamento	CNR B.U. n. 178/1992	%	≤ 5	≤ 5	0
Passante allo 0.075	CNR B.U. n. 75/1980	%	≤ 1	≤ 1	≤ 1
Indice appiattimento	CNR B.U. n. 95/1984	%		≤ 25	≤ 19
Porosità	CNR B.U. n. 65/1978	%		≤ 1,5	≤ 1,5
CLA	CNR B.U. n. 170/1992	%			≥ 42
(*) Uno dei due valori dei coeff. Los Angeles e Micro Deval Umida può risultare maggiore (fino a due punti) rispetto al limite indicato, purché la loro somma risulti inferiore o uguale alla somma dei valori limite indicati.					



**Tabella 43: Aggregato grosso. Extraurbane secondarie e urbane di scorrimento.**

Trattenuto al crivello UNI n. 5					
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione		
Parametro	Normativa	Unità di misura	Base	Binder	Usura
Los Angeles (*)	CNR B.U. n. 34/1973	%	≤ 30	≤ 30	≤ 19
Micro Deval umida (*)	CNR B.U. n. 169/1985	%	≤ 25	≤ 25	≤ 15
Quantità di frantumato	-	%	≥ 70	≥ 80	160
Dimensione max	CNR B.U. n. 21/1971	mm	40	30	19
Sensibilità al gelo	CNR B.U. n. 80/1980	%	≤ 30	≤ 30	≤ 30
Spogliamento	CNR B.U. n. 178/1992	%	≤ 5	≤ 5	0
Passante allo 0.075	CNR B.U. n. 75/1980	%	≤ 1	≤ 1	≤ 1
Indice appiattimento	CNR B.U. n. 95/1984	%		≤ 30	≤ 30
Porosità	CNR B.U. n. 65/1978	%		≤ 1,5	≤ 1,5
CLA	CNR B.U. n. 170/1992	%			≥ 40
(*) Uno dei due valori dei coeff. Los Angeles e Micro Deval Umida può risultare maggiore (fino a due punti) rispetto al limite indicato, purché la loro somma risulti inferiore o uguale alla somma dei valori limite indicati.					

**Tabella 44: Aggregato grosso. Strade urbane di quartiere e locali.**

Trattenuto al crivello UNI n. 5					
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione		
Parametro	Normativa	Unità di misura	Base	Binder	Usura
Los Angeles (*)	CNR B.U. n. 34/1973	%	≤ 40	≤ 40	≤ 25
Micro Deval umida (*)	CNR B.U. n. 169/1985	%	≤ 35	≤ 35	≤ 19
Quantità di frantumato	-	%	≥ 60	≥ 70	160
Dimensione max	CNR B.U. n. 21/1971	mm	40	30	19
Sensibilità al gelo	CNR B.U. n. 80/1980	%	≤ 30	≤ 30	≤ 30
Spogliamento	CNR B.U. n. 178/1992	%	≤ 5	≤ 5	0
Passante allo 0.075	CNR B.U. n. 75/1980	%	≤ 2	≤ 2	≤ 2
Indice appiattimento	CNR B.U. n. 95/1984	%		≤ 35	≤ 30
Porosità	CNR B.U. n. 65/1978	%		≤ 1,5	≤ 1,5
CLA	CNR B.U. n. 170/1992	%			≥ 40
(*) Uno dei due valori dei coeff. Los Angeles e Micro Deval Umida può risultare maggiore (fino a due punti) rispetto al limite indicato, purché la loro somma risulti inferiore o uguale alla somma dei valori limite indicati.					

Nello strato di usura la miscela finale degli aggregati deve contenere una frazione grossa di natura basaltica o porfirica, con CLA≥43, pari almeno al 30% del totale. In alternativa all'uso del basalto o del porfido si possono utilizzare inerti porosi naturali (vulcanici) o artificiali (argilla espansa resistente o materiali similari, scorie d'altoforno, loppe, ecc.) ad elevata rugosità superficiale (CLA ≥50) di pezzatura 5/15 mm, in percentuali in peso comprese tra il 19% ed il 30% del

totale, ad eccezione dell'argilla espansa che deve essere di pezzatura 5/16 mm, con percentuale di impiego in volume compresa tra il 25% ed il 35% degli inerti che compongono la miscela. L'aggregato fino deve essere costituito da elementi naturali e di frantumazione. A seconda del tipo di strada, gli aggregati fini per conglomerati bituminosi a caldo tradizionali devono possedere le caratteristiche riassunte nelle seguenti tabelle

*Tabella 45: Aggregato fino. Autostrade ed extraurbane principali.*

Passante al crivello UNI n. 5					
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione		
Parametro	Normativa	Unità di misura	Base	Binder	Usura
Equivalente in sabbia	CNR B.U. n. 27/1972	%	≥ 50	≥ 60	≥ 80
Indice Plasticità	CNR-UNI 16017	%	N.P.		
Limite liquido	CNR-UNI 16017	%	≤ 25		
Passante allo 0.075	CNR B.U. n. 75/1980	%		≤ 2	≤ 2
Quantità di frantumato	CNR B.U. n. 169/1985	%		≥ 50	≥ 70

*Tabella 46: Aggregato fino. Extraurbane secondarie e urbane di scorrimento.*

Passante al crivello UNI n. 5					
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione		
Parametro	Normativa	Unità di misura	Base	Binder	Usura
Equivalente in sabbia	CNR B.U. n. 27/1972	%	≥ 50	≥ 60	≥ 70
Indice Plasticità	CNR-UNI 16017	%	N.P.		
Limite liquido	CNR-UNI 16017	%	≤ 25		
Passante allo 0.075	CNR B.U. n. 75/1980	%		≤ 2	≤ 2
Quantità di frantumato	CNR B.U. n. 169/1985	%		≥ 40	≥ 50

*Tabella 47: Aggregato fino. Strade urbane di quartiere e locali.*

Passante al crivello UNI n. 5					
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione		
Parametro	Normativa	Unità di misura	Base	Binder	Usura
Equivalente in sabbia	CNR B.U. n. 27/1972	%	≥ 40	≥ 50	≥ 60
Indice Plasticità	CNR-UNI 16017	%	N.P.		
Limite liquido	CNR-UNI 16017	%	≤ 25		
Passante allo 0.075	CNR B.U. n. 75/1980	%		≤ 3	≤ 3
Quantità di frantumato	CNR B.U. n. 169/1985	%		≥ 40	≥ 50

Per aggregati fini utilizzati negli strati di usura il trattenuto al setaccio 2 mm non deve superare il 16 % qualora gli stessi provengano da rocce aventi un valore di CLA ≥ 42. Il filler, frazione passante al setaccio 0,075 mm deve soddisfare i requisiti indicati nella seguente tabella.

*Tabella 48: Aggregato fino. Tutte le strade.*

Passante al crivello UNI n. 5			
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione
Parametro	Normativa	Unità di misura	Base Binder Usura
Spogliamento	CNR B.U. n. 178/1992	%	≤ 5
Passante allo 0.18	CNR B.U. n. 21/1971	%	160
Passante allo 0.075	CNR B.U. n. 75/1980	%	≥ 80
Indice Plasticità	CNR-UNI 16017		N.P.
Vuoti Rigden	CNR B.U. n. 121/1988	%	30-45
Stiffening Power	CNR B.U. n. 120/1988	ΔPA	≥ 5
Rapporto filler/bitume= 1,5			

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'impresa è tenuta a predisporre la qualificazione degli aggregati tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere rilasciata da un laboratorio ufficiale. Per conglomerato riciclato deve intendersi il conglomerato bituminoso preesistente proveniente dalla frantumazione in frantoio di lastre o blocchi di conglomerato demolito con sistemi tradizionali, oppure dalla fresatura in situ eseguita con idonee macchine (preferibilmente a freddo).

Le percentuali in peso di materiale riciclato riferite al totale della miscela degli inerti, devono essere comprese nei limiti di seguito specificati:

- conglomerato per strato di base ≤ 30%
- conglomerato per strato di collegamento ≤ 25%
- conglomerato per tappeto di usura ≤ 19%

Per la base può essere utilizzato conglomerato riciclato di qualsiasi provenienza; per il binder materiale proveniente da vecchi strati di collegamento ed usura, per il tappeto materiale proveniente solo da questo strato. La percentuale di conglomerato riciclato da impiegare va obbligatoriamente dichiarata nello studio preliminare della miscela che l'impresa è tenuta a presentare alla direzione dei lavori prima dell'inizio dei lavori.

#### 21.2.4 Miscela

La miscela degli aggregati di primo impiego e del conglomerato da riciclare, da adottarsi per i diversi strati, deve avere una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati nella seguente tabella. La percentuale di legante totale (compreso il bitume presente nel conglomerato da riciclare), riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa tabella.

**Tabella 49**

Serie crivelli e setacci UNI		Base	Binder	Usura		
				A	B	C
Crivello	40	160	-	-	-	-
Crivello	30	80 - 160	-	-	-	-
Crivello	25	70 - 95	160	160	-	-
Crivello	15	45 - 70	65 - 85	90 - 160	160	-
Crivello	16	35 - 60	55 - 75	70 - 90	70 - 90	160
Crivello	5	25 - 50	35 - 55	40 - 55	40 - 60	45 - 65
Setaccio	2	19 - 35	25 - 38	25 - 38	25 - 38	28 - 45
Setaccio	0,4	6 - 19	16 - 19	11 - 19	11 - 19	17 - 25
Setaccio	0.18	4 - 17	5 - 15	8 - 15	8 - 15	8 - 15
Setaccio	0.075	4 - 8	4 - 8	6 - 16	6 - 16	6 - 16
% di bitume		4,0 - 5,0	4,5 - 5,5	4,8 - 5,8	5,0 - 6,0	5,2 - 6,2

Per i tappeti di usura il fuso A è da impiegare per spessori superiori a 4 cm, il fuso B per spessori di 3– 4 cm, il fuso C per spessori inferiori a 3 cm. La quantità di bitume nuovo di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con metodo volumetrico. In via transitoria si potrà utilizzare, in alternativa, il metodo Marshall. Le caratteristiche richieste per lo strato di base, il binder ed il tappeto di usura sono riportate nelle seguenti tabelle.

**Tabella 50**

METODO VOLUMETRICO		Strato pavimentazione		
Condizioni di prova	Unità di misura	Base	Binder	Usura
Angolo di rotazione		1.25° ± 0.02		
Velocità di rotazione	Rotazioni/min	30		
Pressione verticale	kPa	600		
Diametro del provino	mm	150		
Risultati richiesti				
Vuoti a 16 rotazioni	%	16 - 17	16 - 17	16 - 17
Vuoti a 160 rotazioni (*)	%	3 - 5	3 - 5	4 - 6
Vuoti a 180 rotazioni	%	> 2	> 2	> 2
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	N/mm2			0,6–0,9
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C (**)	N/mm2			>50
Perdita di resistenza a trazione indiretta a 25°C dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	≤ 25	≤ 25	≤ 25

(\*) La densità ottenuta con 160 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con DG.  
 (\*\*) Su provini confezionati con 160 rotazioni della pressa giratoria.

*Tabella 51*

METODO MARSHALL		Strato pavimentazione		
Condizioni di prova	Unità di misura	Base	Binder	Usura
Costipamento		75 colpi x faccia		
Risultati richiesti				
Stabilità Marshall	kN	8	16	11
Rigidezza Marshall	kN/mm	> 2,5	3 - 4,5	3 - 4,5
Vuoti residui (*)	%	4 - 7	4 - 6	3 - 6
Perdita di Stabilità Marshall dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	≤ 25	≤ 25	≤ 25
Resistenza a trazione indiretta a 25 °C	N/mm2			0,7 - 1
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C	N/mm2			> 70

(\*) La densità Marshall viene indicata nel seguito con DM

#### 21.2.4.1 Accettazione delle miscele

L'impresa è tenuta a presentare alla direzione dei lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ciascun cantiere di produzione, la composizione delle miscele che intende adottare; ciascuna composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati. Una volta accettato da parte della direzione dei lavori la composizione della miscela proposta, l'impresa deve attenersi rigorosamente. Nella curva granulometrica sono ammessi scostamenti delle singole percentuali dell' aggregato grosso di  $\pm 5$  per lo strato di base e di  $\pm 3$  per gli strati di binder ed usura; sono ammessi scostamenti dell' aggregato fino (passante al crivello UNI n. 5) contenuti in  $\pm 2$ ; scostamenti del passante al setaccio UNI 0,075 mm contenuti in  $\pm 1,5$ . Per la percentuale di bitume è tollerato uno scostamento di  $\pm 0,25$ .

#### 21.2.4.2 Confezionamento delle miscele

Il conglomerato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte. L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione. Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione, oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

#### 21.2.4.3 Preparazione delle superfici di stesa

Prima della realizzazione dello strato di conglomerato bituminoso è necessario preparare la superficie di stesa, allo scopo di garantire un'adeguata adesione all'interfaccia mediante l'applicazione, con dosaggi opportuni, di emulsioni bituminose aventi le caratteristiche progettuali. A seconda che lo strato di supporto sia in misto granulare oppure in conglomerato bituminoso, la lavorazione corrispondente prenderà il nome rispettivamente di mano di ancoraggio e di mano d'attacco. Per mano di ancoraggio si intende un'emulsione bituminosa a rottura lenta e a bassa viscosità, applicata sopra uno strato in misto granulare prima della realizzazione di uno strato in conglomerato bituminoso. Scopo di tale lavorazione è quello di riempire i vuoti dello strato non legato, irrigidendone la parte superficiale, fornendo al contempo una migliore adesione per l'ancoraggio del successivo strato in conglomerato bituminoso. Il materiale da impiegare a tale fine è rappresentato da un'emulsione bituminosa cationica, le cui caratteristiche sono riportate nella seguente tabella applicata con un dosaggio di bitume residuo almeno pari a 1,0 kg/m<sup>2</sup>.

**Tabella 52**

Indicatore di qualità	Normativa	Unità di misura	Cationica 55%
Polarità	CNR B.U. n. 99/1984		Positiva
Contenuto di acqua% peso	CNR B.U. n. 161/1984	%	45±2
Contenuto di bitume + flussante	CNR B.U. n. 160/1984	%	55±2
Flussante (%)	CNR B.U. n. 160/1984	%	1-6
Viscosità Engler a 19 °C	CNR B.U. n. 162/1984	°E	2-6
Sedimentazione a 5 g	CNR B.U. n. 121/1988	%	< 5
Residuo bituminoso			
Penetrazione a 25 °C	CNR B.U. n. 21/1971	dmm	180-190
Punto di rammollimento	CNR B.U. n. 35/1973	°C	30±5

Per mano d'attacco si intende un'emulsione bituminosa a rottura media oppure rapida (in funzione delle condizioni di utilizzo), applicata sopra una superficie di conglomerato bituminoso prima della realizzazione di un nuovo strato, avente lo scopo di evitare possibili scorrimenti relativi aumentando l'adesione all'interfaccia. Le caratteristiche ed il dosaggio del materiale da impiegare variano a seconda che l'applicazione riguardi la costruzione di una nuova sovrastruttura oppure un intervento di manutenzione. Nel caso di nuove costruzioni, il materiale da impiegare è rappresentato da un'emulsione bituminosa cationica (al 60 % oppure al 65 % di legante), le cui caratteristiche sono riportate nella seguente tabella, dosata in modo che il bitume residuo risulti pari a 0.30 kg/m<sup>2</sup>.

**Tabella 53**

Indicatore di qualità	Normativa	Unità di misura	Cationica 60%	Cationica 65%
Polarità	CNR B.U. n. 99/1984		Positiva	Positiva
Contenuto di acqua% peso	CNR B.U. n. 161/1984	%	40±2	35±2
Contenuto di bitume + flussante	CNR B.U. n. 160/1984	%	60±2	65±2
Flussante (%)	CNR B.U. n. 160/1984	%	1-4	1-4
Viscosità Engler a 19 °C	CNR B.U. n. 162/1984	°E	5-16	15-19
Sedimentazione a 5 g	CNR B.U. n. 121/1988	%	< 8	< 8
Residuo bituminoso				
Penetrazione a 25 °C	CNR B.U. n. 21/1971	dmm	< 160	< 160
Punto di rammollimento	CNR B.U. n. 35/1973	°C	> 40	> 40

Qualora il nuovo strato venga realizzato sopra una pavimentazione esistente deve utilizzarsi una emulsione bituminosa modificata avente le caratteristiche riportate nella seguente tabella, dosata in modo che il bitume residuo risulti pari a 0.35 kg/m<sup>2</sup>. Prima della stesa della mano d'attacco l'impresa dovrà rimuovere tutte le impurità presenti e provvedere alla sigillatura di eventuali zone porose e/o fessurate mediante l'impiego di una malta bituminosa sigillante.

*Tabella 54*

Indicatore di qualità	Normativa	Unità di misura	Modificata 70%
Polarità	CNR B.U. n. 99/1984		Positiva
Contenuto di acqua% peso	CNR B.U. n. 161/1984	%	30±1
Contenuto di bitume + flussante	CNR B.U. n. 160/1984	%	70±1
Flussante (%)	CNR B.U. n. 160/1984	%	0
Viscosità Engler a 19 °C	CNR B.U. n. 162/1984	°E	> 19
Sedimentazione a 5 g	CNR B.U. n. 121/1988	%	< 5
Residuo bituminoso			
Penetrazione a 25 °C	CNR B.U. n. 21/1971	dmm	50-70
Punto di rammollimento	CNR B.U. n. 35/1973	°C	> 65

Nel caso di stesa di conglomerato bituminoso su pavimentazione precedentemente fresata, è ammesso l'utilizzo di emulsioni bituminose cationiche e modificate maggiormente diluite (fino ad un massimo del 55 % di bitume residuo) a condizione che gli indicatori di qualità (valutati sul bitume residuo) e le prestazioni richieste rispettino gli stessi valori riportati rispettivamente nella tabella e nella tabella. Ai fini dell'accettazione del legante per mani d'attacco, prima dell'inizio dei lavori, l'impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del prodotto tramite certificazione attestante i requisiti indicati ed a produrre copia dello studio prestazionale eseguito con il metodo ASTRA rilasciato dal produttore.

#### 21.2.4.4 Posa in opera delle miscele

La posa in opera dei conglomerati bituminosi verrà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento. Le vibrofinitrici devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi. Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali, preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente. Qualora ciò non sia possibile il bordo della striscia già realizzata deve essere spalmato con emulsione bituminosa cationica per assicurare la saldatura della striscia successiva. Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura. I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere devono essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento. La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno 19 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti. La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, deve risultare in ogni momento non inferiore a 170° C. La stesa dei conglomerati deve essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Gli strati eventualmente compromessi devono essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'impresa. La compattazione dei conglomerati deve iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni. L'addensamento deve essere realizzato preferibilmente con rulli gommati. Per gli strati di base e di binder possono essere utilizzati anche rulli con ruote metalliche vibranti e/o combinati, di idoneo peso e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili. La compattazione dovrà avvenire garantendo uniforme addensamento in ogni punto, in modo da evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso. La superficie degli strati deve presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm. La miscela bituminosa dello strato di base verrà stesa dopo che sia stata accertata dalla direzione dei lavori la rispondenza della fondazione ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto. Prima della stesa del conglomerato bituminoso su strati di fondazione in misto cementato deve essere rimossa, per garantirne

l'ancoraggio, la sabbia eventualmente non trattenuta dall'emulsione stesa precedentemente a protezione del misto cementato stesso. Nel caso di stesa in doppio strato essi devono essere sovrapposti nel più breve tempo possibile. Qualora la seconda stesa non sia realizzata entro le 21 ore successive, tra i due strati deve essere interposta una mano di attacco di emulsione bituminosa in ragione di 0,3 kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo. La miscela bituminosa del binder e del tappeto di usura verrà stesa sul piano finito dello strato sottostante, dopo che sia stata accertata dalla direzione dei lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

## 21.3 Controlli

### 21.3.1 Generalità

I controlli si differenziano in funzione del tipo di strada. Il controllo della qualità dei conglomerati bituminosi e della loro posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ. Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli presso un laboratorio ufficiale., l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive. Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità.

### 21.3.2 Autostrade ed extraurbane principali

Sul conglomerato bituminoso prelevato dalla vibrofinitrice si valutano le caratteristiche meccaniche definite mediante opportuni parametri (modulo elastico, modulo complesso E, angolo di fase  $\phi$ , ecc.). I valori di tali grandezze devono essere determinati su provini confezionati in laboratorio con pressa giratoria, fino al raggiungimento della densità pari a quella misurata su carote prelevate in situ. Sulla pavimentazione finita, il controllo deve eseguirsi mediante indagine sul bacino di deflessione o con la stima delle caratteristiche meccaniche dei diversi strati costituenti la sovrastruttura. La capacità portante della pavimentazione può essere determinata con il deflettometro Benkelmann (CNR B.U. n. 171/1992) o con sistemi analoghi di tipo dinamico (Falling Weight Deflectometer, Curviametre, ecc.). Per l'accettazione della sovrastruttura deve verificarsi che i valori di deflessione misurati devono essere uguali o minori di quelli ammessi nel calcolo di progetto in relazione alla vita utile prevista per la pavimentazione. La media dei risultati sui tronchi omogenei (di lunghezza massima di 1 km) deve essere confrontata con il valore previsto in progetto. Per misure di deflessione superiori al 19% del valore ammissibile in progetto la pavimentazione deve essere demolita e ricostruita o, se l'andamento plano-altimetrico lo consente, adeguatamente rinforzata con un nuovo strato in conglomerato bituminoso. Lo spessore dello strato viene determinato, per ogni tratto omogeneo di stesa, facendo la media delle misure (quattro per ogni carota) rilevate dalle carote estratte dalla pavimentazione, scartando i valori con spessore in eccesso, rispetto a quello di progetto, di oltre il 5%. Le stesse misure possono essere effettuate in continuo con apparecchiature georadar. La densità in situ, nel 95% dei prelievi, deve essere non inferiore al 98%, del valore DG (ovvero DM) risultante dallo studio della miscela. Le misure di densità vengono effettuate su carote prelevate dalla stesa oppure eseguite con sistemi non distruttivi, quali nucleo densimetri o simili, individuati dalla DL in accordo con l'impresa, prima dell'inizio dei lavori. Per il tappeto di usura il Coefficiente di Aderenza Trasversale (CAT) misurato con l'apparecchiatura SCRIM (CNR B.U. n. 177/1992) deve risultare superiore o uguale a 0,60. In alternativa si può determinare la resistenza di attrito radente con lo Skid Tester (CNR B.U. n. 165/1985) che deve fornire valori di BPN (British Pendulum Number) maggiori o uguali a 60. L'altezza di sabbia (HS), determinata secondo la metodologia CNR B.U. n.94/1983, o mediante apparecchiature a rilievo continuo, deve essere superiore o uguale a 0,4 mm. Le misure di CAT e HS devono essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra il 15° ed il 180° giorno dall'apertura al traffico, per ogni corsia, con un "passo di misura" di 16 m. I valori misurati possono, eventualmente, essere mediati ogni 50 m per tenere conto di disomogeneità occasionali e localizzate. Per quanto riguarda le misure di HS eseguite con il "mini



texture meter" il valore da assumere come riferimento è la media dei quattro valori ottenuti misurando quattro strisciate longitudinali, distanziate in senso trasversale di 50 cm, preferibilmente ubicate nelle zone più battute dalle ruote. Nei casi in cui il valore medio di CAT o di HS sia inferiore o uguale rispettivamente a 0,40 e 0,25 mm si deve procedere all'asportazione completa con fresa dello strato e alla stesa di un nuovo tappeto. In alternativa si può procedere all'effettuazione di trattamenti di irruvidimento per portare il valore deficitario al disopra della soglia di accettabilità.

*Tabella 55: Autostrade ed extraurbane principali.*

STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE
Base, Binder, Usura	Bitume	Cisterna	Settimanale oppure ogni 2.500 m3 di stesa
Base, Binder, Usura	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure ogni 2.500 m3 di stesa
Base, Binder, Usura	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure ogni 2.500 m3 di stesa
Base, Binder, Usura	Filler	Impianto	Settimanale oppure ogni 2.500 m3 di stesa
Base, Binder, Usura	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m2 di stesa
Base, Binder, Usura	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 160 m di fascia di stesa
Base, Binder, Usura	Carote x densità in situ	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa
Base, Binder, Usura	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 160 m di fascia stesa
Usura	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 16 m di fascia di stesa
Usura	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 16 m di fascia di stesa

### 21.3.3 Extraurbane secondarie e urbane di scorrimento

Sulla miscela debbono essere determinate: la percentuale di bitume, la granulometria degli aggregati, la quantità di attivante d'adesione e debbono essere inoltre controllate le caratteristiche di idoneità mediante la pressa giratoria. I provini confezionati mediante l'apparecchiatura "pressa giratoria" devono essere sottoposti a prova di rottura diametrale a 25 °C (Brasiliana). In mancanza della pressa giratoria devono essere effettuate prove Marshall: peso di volume (DM), stabilità e rigidità (CNR B.U. n. 40/1973); percentuale dei vuoti residui (CNR B.U. n. 39/1973); perdita di stabilità dopo 15 giorni di immersione in acqua (CNR B.U. n. 121/1987); resistenza alla trazione indiretta (Prova Brasiliana – CNR B.U. n. 174/1991). Per lo strato di usura e per quello di collegamento, deve essere controllata la deformabilità viscoplastica con prove a carico costante (CNR B.U. n. 166/1985). Il parametro J1 a 16 °C deve essere compreso tra 25 e 40 cm<sup>2</sup>/(daN\*s) mentre lo Jp a 40 °C deve essere compreso tra 17 x 166 e 26 x 166 cm<sup>2</sup>/(daN\*s). Dopo la stesa la direzione dei lavori preleverà delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori, determinando il peso di volume, la percentuale dei vuoti residui ed il modulo complesso E (Norma prEN 12697-26, annesso D). Per il tappeto di usura verrà inoltre misurata l'aderenza (resistenza di attrito radente) con lo Skid Tester secondo la norma CNR B.U. n. 165/85.

*Tabella 56: Extraurbane secondarie e urbane di scorrimento.*

STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE
Base, Binder, Usura	Bitume	Cisterna	Settimanale oppure ogni 2.500 m3 di stesa
Base, Binder, Usura	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure ogni 2.500 m3 di stesa
Base, Binder, Usura	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure ogni 2.500 m3 di stesa
Base, Binder, Usura	Filler	Impianto	Settimanale oppure ogni 2.500 m3 di stesa
Base, Binder	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure sfuso ogni 5.000 m2 di stesa
Usura	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 16.000 m2 di stesa
Binder, Usura	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 16.000 m2 di stesa
Base, Binder, Usura	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 190 m di fascia di stesa
Base, Binder, Usura	Carote x densità in situ	Pavimentazione	Ogni 1.000 m di fascia di stesa
Base, Binder	Carote x modulo	Pavimentazione	Ogni 1.000 m di fascia di stesa
Usura	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 160 m di fascia di stesa

#### 21.3.4 Strade urbane di quartiere e locali

Sulla miscela deve essere determinata la percentuale di bitume, la granulometria degli aggregati, la quantità di attivante d'adesione; devono inoltre essere controllate le caratteristiche di idoneità mediante la pressa giratoria. I provini confezionati mediante la pressa giratoria devono essere sottoposti a prova di rottura diametrale a 25 °C (Brasiliana). In mancanza della pressa giratoria debbono essere effettuate prove Marshall: peso di volume (DM), stabilità e rigidità (CNR B.U. n. 40/1973); percentuale dei vuoti residui (CNR B.U. n. 39/1973); resistenza alla trazione indiretta (Prova Brasiliana – CNR B.U. n. 174/1991). Dopo la stesa la direzione dei lavori preleverà delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori. Sulle carote debbono essere determinati il peso di volume, la percentuale dei vuoti residui e lo spessore facendo la media delle misure (quattro per ogni carota) scartando i valori con spessore in eccesso, rispetto a quello di progetto, di oltre il 5%. Per il tappeto di usura dovrà inoltre essere misurata l'aderenza (resistenza di attrito radente) con lo Skid Tester secondo la norma CNR B.U. n. 165/1985.

*Tabella 57: Strade urbane di quartiere e locali.*

STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE
Base, Binder, Usura	Bitume	Cisterna	Settimanale oppure ogni 2.500 m3 di stesa
Base, Binder, Usura	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure ogni 2.500 m3 di stesa
Base, Binder, Usura	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure ogni 2.500 m3 di stesa
Base, Binder, Usura	Filler	Impianto	Settimanale oppure ogni 2.500 m3 di stesa
Base, Binder	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m2 di stesa
Usura	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 16.000 m2 di stesa
Base, Binder, Usura	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 190 m di fascia di stesa
Base, Binder, Usura	Carote x densità in situ	Pavimentazione	Ogni 1.000 m di fascia di stesa
Usura	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 190 m di fascia di stesa

## Art. 22 – Specifiche tecniche per la formazione di strati in conglomerato

bituminoso a caldo confezionato con bitume modificato I conglomerati bituminosi a caldo confezionati con bitumi modificati sono miscele, dosate a peso o a volume, costituite da aggregati lapidei di primo impiego, bitume modificato con polimeri ed additivi.

### 22.1 Materiali costituenti e loro qualificazione

#### 22.1.1 Legante

Il legante deve essere costituito da bitume semisolido contenente polimeri elastomerici e/o plastomerici che ne modificano la struttura chimica e le caratteristiche fisiche e meccaniche. Il bitume deve essere del tipo 50/70 con le caratteristiche indicate nella seguente tabella.

*Tabella 58: Bitume*

BITUME			
Parametro	Normativa	Unità di misura	tipo 50/70
Penetrazione a 25°C	EN 1726, CNR 21/71	dmm	50-70
Punto di rammollimento	EN 1727, CNR 35/73	°C	≥ 60
Punto di rottura (Fraass)	EN 12593, CNR 43 /74	°C	≤ -12
Viscosità dinamica a 150°C, $\eta = 16s^{-1}$	PrEN 17072-2	Pa x s	≥ 0,25
Ritorno elastico a 25°C	EN 17398	%	≥ 50%
Variazione del punto di rammollimento (stabilità allo stoccaggio 3gg a 180°C)	EN 17399	°C	≤ 0,5
Valori dopo RTFOT	EN 12607-1		
Volatilità	CNR 54/77	%	≤ 0,8
Penetrazione residua a 25°C	EN 1726, CNR 21/71	%	≥ 60
Incremento del punto di rammollimento	EN 1727, CNR 35/73	°C	≤ 5

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del prodotto tramite certificazione attestante i requisiti indicati. Tale certificazione sarà rilasciata dal produttore o da un laboratorio ufficiale.

### 22.1.2 Additivi

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, aggiunti agli aggregati o al bitume, consentono di migliorare le prestazioni dei conglomerati bituminosi. Gli attivanti d'adesione, sostanze tensioattive che favoriscono l'adesione bitume-aggregato, sono additivi utilizzati per migliorare la durabilità all'acqua delle miscele bituminose. Il loro dosaggio, da specificare obbligatoriamente nello studio della miscela, potrà variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto. Il dosaggio ed il tipo di additivo dovranno essere tali da garantire le caratteristiche di resistenza allo spogliamento e di curabilità all'azione dell'acqua riportate nelle successive tabelle. L'attivante di adesione scelto deve presentare caratteristiche chimiche stabili nel tempo anche se sottoposto a temperatura elevata (180 °C) per lunghi periodi (15 giorni). L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso. La presenza ed il dosaggio degli attivanti d'adesione nel bitume vengono verificati mediante la prova di separazione cromatografica su strato sottile.

### 22.1.3 Aggregati

Gli aggregati lapidei costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo confezionati con bitumi modificati. Gli aggregati risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi (trattenuti al crivello UNI n.5) degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione. L'aggregato grosso deve essere costituito da elementi ottenuti dalla frantumazione di rocce lapidee, da elementi naturali tondeggianti, da elementi naturali tondeggianti frantumati, da elementi naturali a spigoli vivi. Tali elementi potranno essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella seguente tabella.

*Tabella 59: Aggregato grosso.*

AGGREGATO GROSSO Trattenuto al crivello UNI n. 5				
Indicatori di qualità			Strato di pavimentazione	
Parametro	Normativa	Unità di misura	Binder	Usura
Los Angeles (*)	CNR 34/73	%	≤ 30	≤ 19
Micro Deval Umida (*)	CNR 169/85	%	≤ 25	≤ 15
Quantità di frantumato	-	%	≥ 80	160
Dimensione max	CNR 21/71	mm	30	19
Sensibilità al gelo	CNR 80/80	%	≤ 30	≤ 30
Spogliamento	CNR 178/92	%	≤ 5	0
Passante allo 0.0075	CNR 75/80	%	≤ 1	≤ 1
Indice appiattimento	CNR 95/84	%	≤ 30	≤ 30
Porosità	CNR 65/78	%	≤ 1,5	≤ 1,5
CLA	CNR 170/92	%		≥ 40
(*) Uno dei due valori dei coeff. Los Angeles e Micro Deval Umida può risultare maggiore (fino a due punti) rispetto al limite indicato, purché la loro somma risulti inferiore o uguale alla somma dei valori limite indicati.				

Nello strato di usura la miscela finale degli aggregati deve contenere una frazione grossa di natura basaltica con CLA≥43, pari almeno al 30% del totale. L'aggregato fino deve essere costituito da elementi naturali e di frantumazione. Gli aggregati fini per conglomerati bituminosi a caldo confezionati con bitume modificato devono possedere le caratteristiche riassunte nella seguente tabella.

*Tabella 60: Aggregato fino.*

AGGREGATO FINO Passante al crivello UNI n. 5				
Indicatori di qualità			Strato di pavimentazione	
Parametro	Normativa	Unità di misura	Binder	Usura
Equivalente in sabbia	CNR 27/72	%	$\geq 60$	$\geq 70$
Passante allo 0.075	CNR 75/80	%	$\leq 2$	$\leq 2$
Quantità di frantumato	CNR 169/85	%	$\geq 40$	$\geq 50$

Per aggregati fini utilizzati negli strati di usura il trattenuto al setaccio 2 mm non deve superare il 16 % qualora gli stessi provengano da rocce aventi un valore di CLA  $\leq 42$ . Il filler, frazione passante al setaccio 0,075 mm proviene dalla frazione fina degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti. In ogni caso il filler per conglomerati bituminosi a caldo confezionati con bitume modificato deve soddisfare i requisiti indicati nella seguente tabella.

*Tabella 61: Filler.*

FILLER			
Indicatori di qualità			Strato di pavimentazione
Parametro	Normativa	Unità di misura	Binder Usura
Spogliamento	CNR 178/92	%	$\leq 5$
Passante allo 0.18	CNR 21/71	%	160
Passante allo 0.075	CNR 75/80	%	$\geq 80$
Indice Plasticità	CNR - UNI16017		N.P.
Vuoti Rigden	CNR B.U. n. 121/1988	%	30-45
Stiffening Power Rapporto filler/bitume = 1,5	CNR 120/88	PA	$\geq 5$

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'impresa è tenuta a predisporre la qualificazione degli aggregati tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere rilasciata da un laboratorio ufficiale.

#### 22.1.4 Miscele

La miscela degli aggregati, da adottarsi per i diversi strati, deve avere una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati nella seguente tabella. La percentuale di legante, riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa tabella.

**Tabella 62**

Serie crivelli e setacci UNI		Binder	Usura
Crivello	40	-	-
Crivello	30	-	-
Crivello	25	160	-
Crivello	15	65 - 85	160
Crivello	16	55 - 75	70 - 90
Crivello	5	35 - 55	40 - 60
Setaccio	2	25 - 38	25 - 38
Setaccio	0,4	16 - 19	11 - 19
Setaccio	0.18	5 - 15	8 - 15
Setaccio	0.075	4 - 8	6 - 16
% di bitume		4,5 - 5,5	5,0 - 6,0

La quantità di bitume nuovo di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con metodo volumetrico. In alternativa, si potrà utilizzare, il metodo Marshall. Le caratteristiche richieste per, il binder ed il tappeto di usura sono riportate nelle seguenti tabelle.

**Tabella 63: Metodo volumetrico.**

METODO VOLUMETRICO	Unità di misura	Strato di pavimentazione	
Condizioni di prova		Binder	Usura
Angolo di rotazione	°	1,25° ± 0,02	
Velocità di rotazione	Rotazioni/min	30	
Pressione verticale	kPa	600	
Diametro del provino	mm	150	
Risultati richiesti			
Vuoti a 16 rotazioni	%	16 - 17	16 - 17
Vuoti a 160 rotazioni (*)	%	3 - 5	4 - 6
Vuoti a 180 rotazioni	%	> 2	> 2
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	N/mm2		> 0,6
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C (**)	N/mm2		> 50
Perdita di resistenza a trazione indiretta a 25°C dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	≤ 25	≤ 25
(*) La densità ottenuta con 160 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con DG			
(**) Su provini confezionati con 160 rotazioni della pressa giratoria			

Sulla miscela definita con la pressa giratoria (provini confezionati al 98% della DG) deve essere sperimentalmente determinato un opportuno parametro di rigidità (modulo complesso, modulo elastico, etc.) che deve soddisfare le prescrizioni per esso indicate nel progetto della pavimentazione ed ha la funzione di costituire il riferimento per i controlli alla stesa.

*Tabella 64: Metodo Marshall.*

METODO MARSHALL	Unità di misura	Strato di pavimentazione	
		Binder	Usura
Condizioni di prova			
Costipamento		75 colpi x faccia	
Risultati richiesti			
Stabilità Marshall	kN	16	11
Rigidezza Marshall	kN/mm	3 - 4,5	3 - 4,5
Vuoti residui (*)	%	4 - 6	3 - 6
Perdita di Stabilità Marshall dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	≤ 25	≤ 25
Resistenza a trazione indiretta a 25 °C	N/mm2		> 0,7
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C	N/mm2		> 70

(\*) La densità Marshall viene indicata nel seguito con DM

#### 22.1.4.1 Accettazione delle miscele

L'impresa è tenuta a presentare alla Direzione dei lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ciascun cantiere di produzione, la composizione delle miscele che intende adottare; ciascuna composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati. Una volta accettato da parte della Direzione dei lavori la composizione della miscela proposta, l'impresa deve attenersi rigorosamente. Nella curva granulometrica sono ammessi scostamenti delle singole percentuali dell' aggregato grosso per gli strati di binder ed usura di  $\pm 3$ ; sono ammessi scostamenti dell' aggregato fino (passante al crivello UNI n. 5) contenuti in  $\pm 2$ ; scostamenti del passante al setaccio UNI 0,075 mm contenuti in  $\pm 1,5$ . Per la percentuale di bitume è tollerato uno scostamento di  $\pm 0,25$ . Tali valori devono essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate alla stesa, come pure dall'esame delle carote prelevate in sito, tenuto conto per queste ultime della quantità teorica del bitume di ancoraggio.

#### 22.1.4.2 Confezionamento delle miscele

Il conglomerato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte. La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata. L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione. Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione, oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo. La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre, i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura. Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante. L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso. La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere compresa tra 150°C e 180 °C e quella del legante tra 150°C e 170°C, in rapporto al tipo di bitume impiegato. Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

#### 22.1.4.3 Preparazione delle superfici di stesa

Prima della realizzazione dello strato di conglomerato bituminoso è necessario preparare la superficie di stesa, allo scopo di garantire un'adeguata adesione all'interfaccia mediante l'applicazione, con dosaggi opportuni, di emulsioni bituminose aventi caratteristiche specifiche. A seconda che lo strato di supporto sia in misto granulare oppure in conglomerato bituminoso, la lavorazione corrispondente prenderà il nome rispettivamente di mano di ancoraggio e di mano d'attacco. Per mano d'ancoraggio si intende una emulsione bituminosa a rottura lenta e bassa viscosità, applicata sopra uno strato in misto granulare prima della realizzazione di uno strato in conglomerato bituminoso. Scopo di tale lavorazione è quello di riempire i vuoti dello strato non legato irrigidendone la parte superficiale fornendo al contempo una migliore adesione per l'ancoraggio del successivo strato in conglomerato bituminoso. Il materiale da impiegare a tal fine è rappresentato da una emulsione bituminosa cationica, le cui caratteristiche sono riportate in tabella, applicata con un dosaggio di bitume residuo almeno pari a 1,0 kg/ m2.

*Tabella 65: Emulsione bituminosa per mano d'ancoraggio.*

Indicatore di qualità	Normativa	Unità di misura	Cationica 55%
Polarità	CNR 99/84		Positiva
Contenuto di acqua % peso	CNR 161/84	%	45 ± 2
Contenuto di bitume+flussante	CNR 160/84	%	55 ± 2
Flussante (%)	CNR 160/84	%	1 - 6
Viscosità Engler a 19 °C	CNR 162/84	°E	2 - 6
Sedimentazione a 5 g	CNR 121/88	%	< 5
Residuo bituminoso			
Penetrazione a 25 °C	CNR 21/71	dmm	> 70
Punto di rammollimento	CNR 35/73	°C	> 30

Per mano d'attacco si intende un'emulsione bituminosa applicata sopra una superficie di conglomerato bituminoso prima della realizzazione del nuovo strato, avente lo scopo di evitare possibili scorrimenti relativi aumentando l'adesione all'interfaccia. Le caratteristiche ed il dosaggio del materiale da impiegare variano a seconda che l'applicazione riguardi la costruzione di una nuova sovrastruttura oppure un intervento di manutenzione. Nel caso di nuove costruzioni, il materiale da impiegare è rappresentato da una emulsione bituminosa modificata avente le caratteristiche riportate nella successiva tabella, dosata in modo che il bitume residuo risulti pari a 0,30 kg/m2.

*Tabella 66: Emulsione bituminosa per mano d'attacco.*

Indicatore di qualità	Normativa	Unità di misura	Modificata 70%
Polarità	CNR 99/84		Positiva
Contenuto di acqua % peso	CNR 161/84	%	30 ± 1
Contenuto di bitume+flussante	CNR 160/84	%	70 ± 1
Flussante (%)	CNR 160/84	%	0
Viscosità Engler a 19 °C	CNR 162/84	°E	> 19
Sedimentazione a 5 g	CNR 121/88	%	< 5
Residuo bituminoso			
Penetrazione a 25 °C	CNR 21/71	dmm	50 - 70
Punto di rammollimento	CNR 35/73	°C	> 65
Ritorno elastico a 25 °C	EN 17398	°C	> 75

Qualora il nuovo strato venga realizzato sopra una pavimentazione esistente il dosaggio deve essere aumentato in modo che il bitume residuo risulti pari a 0,35 kg/m<sup>2</sup>. Prima della stesa della mano d'attacco l'impresa dovrà rimuovere tutte le impurità presenti e provvedere alla sigillatura di eventuali zone porose e/o fessurate mediante l'impiego di una malta bituminosa sigillante. Nel caso di stesa di conglomerato bituminoso su pavimentazione precedentemente fresata,



è ammesso l'utilizzo di emulsioni bituminose modificate maggiormente diluite (fino ad un massimo del 55 % di bitume residuo) a condizione che gli indicatori di qualità (valutati sul bitume residuo) e le prestazioni richieste rispettino gli stessi valori riportati nella tabella.

#### 22.1.4.4 Posa in opera delle miscele

La posa in opera dei conglomerati bituminosi verrà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento. Le vibrofinitrici devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi. Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali, preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente. Qualora ciò non sia possibile il bordo della striscia già realizzata deve essere spalmato con emulsione bituminosa cationica per assicurare la saldatura della striscia successiva. Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura. I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere devono essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento. La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno 19 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti. Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa deve avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci e comunque sempre dotati di telone di copertura per evitare i raffreddamenti superficiali eccessivi e formazione di crostoni. La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, deve risultare in ogni momento non inferiore a 170° C. La stesa dei conglomerati deve essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Gli strati eventualmente compromessi devono essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'impresa. La compattazione dei conglomerati deve iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni. L'addensamento deve essere realizzato preferibilmente con rulli gommati. Per lo strato di binder possono essere utilizzati anche rulli con ruote metalliche vibranti e/o combinati, di idoneo peso e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili. Per lo strato di usura può essere utilizzato un rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 15t. Si avrà cura inoltre che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto, in modo da evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso. La superficie degli strati deve presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato dev aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm. La miscela bituminosa dello strato di base verrà stesa dopo che sia stata accertata dalla Direzione dei lavori la rispondenza della fondazione ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto. Prima della stesa del conglomerato bituminoso su strati di fondazione in misto cementato deve essere rimossa, per garantirne l'ancoraggio, la sabbia eventualmente non trattenuta dall'emulsione stesa precedentemente a protezione del misto cementato stesso. Nel caso di stesa in doppio strato essi devono essere sovrapposti nel più breve tempo possibile. Qualora la seconda stesa non sia realizzata entro le 21 ore successive, tra i due strati deve essere interposta una mano di attacco di emulsione bituminosa in ragione di 0,3 kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo. La miscela bituminosa del binder e del tappeto di usura verrà stesa sul piano finito dello strato sottostante, dopo che sia stata accertata dalla Direzione dei lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

## 22.2 Controlli

Il controllo della qualità dei conglomerati bituminosi e della loro posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione. L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella tabella. Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli presso un laboratorio ufficiale., l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive. Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità. Sulla miscela debbono essere determinate: la percentuale di bitume, la granulometria degli aggregati, la quantità di attivante d'adesione e debbono essere inoltre controllate le caratteristiche di idoneità mediante la Pressa Giratoria. I provini confezionati mediante l'apparecchiatura Pressa Giratoria devono essere sottoposti a prova di rottura diametrale a 25 °C (Brasiliana). In mancanza della Pressa Giratoria devono essere effettuate prove Marshall: peso di volume (DM), stabilità e rigidezza (CNR 40/73); percentuale dei vuoti residui (CNR 39/73); perdita di stabilità dopo 15 giorni di immersione in acqua (CNR 121/87); resistenza alla trazione indiretta (Prova Brasiliana – CNR 174/91). Per tutte le miscele viene inoltre controllata la deformabilità viscoplastica con prove a carico costante (CNR 166/85). Il parametro J1 a 16 °C deve essere compreso tra 19 e 40 cm<sup>2</sup>/(daN\*s) mentre lo Jp a 40 °C deve essere compreso tra 16 x 166 e 25 x 166 cm<sup>2</sup>/(daN\*s). Dopo la stesa la Direzione dei lavori preleverà delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori, determinando il peso di volume, la percentuale dei vuoti residui ed il modulo complesso E (Norma prEN 12697-26). Qualora l'altezza ridotta delle carote non consenta l'esecuzione di quest'ultima prova, il modulo complesso verrà determinato su provini confezionati in laboratorio con la corrispondente miscela prelevata in corso d'opera, costipata fino al raggiungimento della densità in situ. Lo spessore dello strato verrà determinato, per ogni tratto omogeneo di stesa, facendo la media delle misure (quattro per ogni carota) rilevate dalle carote estratte dalla pavimentazione, scartando i valori con spessore in eccesso, rispetto a quello di progetto, di oltre il 5%. Carenza superiori al 19% dello spessore di progetto comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'impresa.

*Tabella 67: Controlli.*

Controllo dei materiali e verifica prestazionale				
STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Binder, Usura	Bitume	Cisterna	Settimanale oppure ogni 2.500 m3 di stesa	Riferimento Tabella
Binder, Usura	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure ogni 2.500 m3 di stesa	Riferimento Tabella
Binder, Usura	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure ogni 2.500 m3 di stesa	Riferimento Tabella
Binder, Usura	Filler	Impianto	Settimanale oppure ogni 2.500 m3 di stesa	Riferimento Tabella
Binder	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m2 di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela
Usura	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 16.000 m2 di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela
Binder, Usura	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 16.000 m2 di stesa	J1 a 16 °C compreso tra 19 e 40 cm <sup>2</sup> /(daN*s); Jp a 40 °C deve essere compreso tra 16 x 166 e 25 x 166 cm <sup>2</sup> /(daN*s)
Binder, Usura	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 190 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Binder, Usura	Carote x densità in situ	Pavimentazione	Ogni 1.000 m di fascia di stesa	98% del valore risultante dallo studio della miscela
Base, Binder	Carote x modulo	Pavimentazione	Ogni 1.000 m di fascia di stesa	90% del valore previsto in progetto
Usura	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 160 m di fascia di stesa	Ogni 160 m di fascia di stesa

## Art. 23 – Misti cementati per strati fondazione e di base

### 23.1 Generalità

Il misto cementato per strato fondazione e per strato di base dovrà essere costituito da una miscela di aggregati lapidei di primo impiego (misto granulare), trattata con un legante idraulico (cemento) e acqua in impianto centralizzato. Tali strati dovranno avere spessore non inferiore a 10 cm e non superiore a 30 cm.

### 23.2 Materiali costituenti e loro qualificazione

#### 23.2.1 Aggregati

Gli aggregati sono gli elementi lapidei miscelando i quali si ottiene il misto granulare che costituisce la base del misto cementato. Essi risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi (trattenuti al crivello UNI n. 5) e dagli aggregati fini. L'aggregato grosso dovrà essere costituito da elementi ottenuti dalla frantumazione di rocce lapidee, da elementi naturali tondeggianti, da elementi naturali tondeggianti frantumati, da elementi naturali a spigoli vivi. Tali elementi potranno essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella seguente tabella.

*Tabella 68: Aggregato grosso.*

Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Los Angeles	CNR 34/73	%	≤ 30
Quantità di frantumato	-	%	≥ 30
Dimensione max	CNR 21/71	mm	40
Sensibilità al gelo	CNR 80/80	%	≤ 30
Passante al setaccio 0.075	CNR 75/80	%	≤ 1
Contenuto di:			
Rocce reagenti con alcali del cemento	-	%	≤ 1

L'aggregato fino dovrà essere costituito da elementi naturali o di frantumazione che possiedano le caratteristiche riassunte nella seguente tabella.

*Tabella 69: Aggregato fine.*

Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Equivalente in sabbia	CNR 27/72	%	≥ 30; ≤ 60
Limite liquido	CNR-UNI 16017	%	≤ 25
Indice plastico	CNR-UNI 16017	%	NP
Contenuto di:			
rocce tenere, alterate o scistose	CNR 164/84	%	≤ 1
rocce degradabili o solfatiche	CNR 164/84	%	≤ 1
rocce reagenti con alcali del cemento	CNR 164/84	%	≤ 1

Ai fini dell'accettazione da parte del direttore dei lavori, prima della posa in opera, l'impresa è tenuta a predisporre la qualificazione degli aggregati tramite certificazione attestante i requisiti prescritti, rilasciata da un laboratorio ufficiale.

### 23.2.2 Cemento

Dovranno essere impiegati i seguenti tipi di cemento, elencati nella norma UNI ENV 187-1:

- tipo I (Portland);
- tipo II (Portland composito);
- tipo III (d'altoforno);
- tipo IV (pozzolanico);
- tipo V (composito).

I cementi utilizzati dovranno rispondere ai requisiti previsti dalla legge n. 595/1965. Ai fini della loro accettazione, prima dell'inizio dei lavori, dovranno essere controllati e certificati come previsto dal D.P.R. 17 settembre 1993, n. 216 e dal D.M. 12 luglio 1993, n. 317.

### 23.2.3 Acqua

L'acqua per il confezionamento dovrà essere esente da impurità dannose, oli, acidi, alcali, materia organica, frazioni limo-argillose e qualsiasi altra sostanza nociva. In caso di dubbio sulla sua qualità l'acqua andrà testata secondo la norma UNI-EN 1608.

### 23.2.4 Aggiunte

È ammesso, previa autorizzazione della direzione dei lavori, l'aggiunta di ceneri volanti conformi alla norma UNI EN 450, sia ad integrazione dell'aggregato fine sia in sostituzione del cemento. La quantità in peso delle ceneri da aggiungere, in sostituzione del cemento, per ottenere pari caratteristiche meccaniche, dovrà essere stabilita con

opportune prove di laboratorio, nella fase di studio delle miscele e comunque non potrà superare il 40% del peso di cemento.

### 23.2.5 Miscela

La miscela di aggregati (misto granulare) per il confezionamento del misto cementato dovrà avere dimensioni non superiori a 40 mm ed una composizione granulometrica contenuta nel fuso riportato nella seguente tabella.

Tabella 70

Serie crivelli e setacci UNI		Autostrade e strade extraurbane principali	Extraurbane secondarie ed urbane di scorrimento	Urbane di quartiere extraurbane e urbane locali
		Passante (%)		
Crivello	40	160	160	
Crivello	30	80 - 160	-	
Crivello	25	72 - 90	65 - 160	
Crivello	15	53 - 70	45 - 78	
Crivello	16	40 - 55	35 - 68	
Crivello	5	28 - 40	21 - 53	
Setaccio	2	18 - 30	17 - 40	
Setaccio	0.4	8 - 18	6 - 21	
Setaccio	0.18	6 - 17	2 - 15	
Setaccio	0.075	5 - 16	-	

Il contenuto di cemento, delle eventuali ceneri volanti in sostituzione del cemento stesso, ed il contenuto d'acqua della miscela, dovranno essere espressi come percentuale in peso rispetto al totale degli aggregati costituenti il misto granulare di base. Tali percentuali dovranno essere stabilite in base ad uno studio della miscela, effettuato in un laboratorio ufficiale, secondo quanto previsto dalla norma CNR B.U. n.29/1972. In particolare, la miscela adottata dovranno possedere i requisiti riportati nella seguente tabella.

Tabella 71

Parametro	Normativa	Valore
Resistenza a compressione a 7gg	CNR 29/1972	$2.5 \leq R_c \leq 4.5 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione indiretta a 7gg (Prova Brasiliana)	CNR 97/1984	$R_t \geq 0.25 \text{ N/mm}^2$

Per particolari casi è facoltà della direzione dei lavori accettare valori di resistenza a compressione fino a 7.5 N/mm<sup>2</sup>. Nel caso in cui il misto cementato debba essere impiegato in zone in cui sussista il rischio di degrado per gelo-disgelo, è facoltà della direzione dei lavori richiedere che la miscela risponda ai requisiti della norma SN 640 59a.

### 23.3 Accettazione delle miscele

L'impresa è tenuta a comunicare alla direzione dei lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni, la composizione delle miscele che intende adottare. Una volta accettato da parte della direzione dei lavori la composizione delle miscele, l'impresa deve rigorosamente attenersi ad essa. Nella curva granulometrica sono ammessi variazioni delle singole percentuali di  $\pm 5$  punti per l'aggregato grosso e di  $\pm 2$  punti per l'aggregato fino. In ogni caso non devono essere superati i limiti del fuso. Per la percentuale di cemento nelle miscele è ammessa una variazione di  $\pm 0.5\%$ .

### 23.4 Confezionamento delle miscele

Il misto cementato dovrà essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte e dovrà comunque garantire uniformità di produzione.

### 23.5 Preparazione delle superfici di stesa

La miscela dovrà essere stesa sul piano finito dello strato precedente dopo che sia stata accertata dalla direzione dei lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma e compattezza prescritti. Prima della stesa dovrà verificarsi che il piano di posa sia sufficientemente umido e, se necessario, provvedere alla sua bagnatura evitando la formazione di superfici fangose.

### 23.6 Posa in opera delle miscele

La stesa dovrà essere eseguita impiegando macchine finitrici vibranti. Il tempo massimo tra l'introduzione dell'acqua nella miscela del misto cementato e l'inizio della compattazione non dovrà superare i 60 minuti. Le operazioni di compattazione dello strato dovranno essere realizzate preferibilmente con apparecchiature e sequenze adatte a produrre il grado di addensamento e le prestazioni richieste. La stesa della miscela non dovrà di norma essere eseguita con temperature ambiente inferiori a 0°C e mai sotto la pioggia. Nel caso in cui le condizioni climatiche (temperatura, soleggiamento, ventilazione) comportino una elevata velocità di evaporazione, è necessario provvedere ad una adeguata protezione delle miscele sia durante il trasporto che durante la stesa. Il tempo intercorrente tra la stesa di due strisce affiancate non deve superare di norma le due ore per garantire la continuità della struttura. Particolari accorgimenti dovranno adottarsi nella formazione dei giunti longitudinali che andranno protetti con fogli di polietilene o materiale simile. Il giunto di ripresa dovrà essere ottenuto terminando la stesa dello strato a ridosso di una tavola e togliendo la tavola al momento della ripresa della stesa. Se non si fa uso della tavola si deve, prima della ripresa della stesa, provvedere a tagliare l'ultima parte dello strato precedente, in modo che si ottenga una parete perfettamente verticale. Non devono essere eseguiti altri giunti all'infuori di quelli di ripresa.

### 23.7 Protezione superficiale dello strato finito

Subito dopo il completamento delle opere di costipamento e di finitura dello strato, dovrà essere applicato un velo protettivo di emulsione bituminosa acida al 55% in ragione di 1-2 daN/m<sup>2</sup> (in relazione al tempo ed alla intensità del traffico di cantiere cui potrà venire sottoposto) e successivo spargimento di sabbia. Il tempo di maturazione protetta non dovrà essere inferiore a 72 ore, durante le quali il misto cementato dovrà essere protetto dal gelo. Il transito di cantiere potrà essere ammesso sullo strato a partire dal terzo giorno dopo quello in cui è stata effettuata la stesa e limitatamente ai mezzi gommati. Aperture anticipate saranno consentite solo se autorizzate dalla direzione dei lavori.

### 23.8 Controlli

#### 23.8.1 Generalità

Il controllo della qualità dei misti cementati e della loro posa in opera, dovrà essere effettuato con alcune prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela prelevata allo stato fresco al momento della stesa e sulle carote estratte dalla pavimentazione, nonché con prove in situ. Il prelievo del misto cementato fresco avverrà in contraddittorio al momento della stesa. Sui campioni saranno effettuati, presso un laboratorio ufficiale, i controlli della percentuale di cemento e della distribuzione granulometrica dell'aggregato. I valori misurati in sede di controllo dovranno essere conformi a quelli previsti in progetto. Per la determinazione del contenuto di cemento si farà riferimento alla norma UNI 6395. Lo spessore dello strato realizzato deve essere misurato, per ogni tratto omogeneo di stesa, facendo la media delle misure (quattro per ogni carota) rilevate sulle carote estratte dalla pavimentazione, scartando i valori con spessore in eccesso, rispetto a quello di progetto, di oltre il 5%. La densità in situ, a compattazione ultimata, dovrà risultare non inferiore al 97% delle prove AASHTO modificato (CNR B.U. n. 69/1978), nel 98% delle misure effettuate. La densità in situ sarà determinata mediante normali procedimenti a volumometro, con l'accorgimento di eliminare dal calcolo, sia del

peso che del volume, gli elementi di dimensione superiore a 25 mm, che potranno essere calcolati con una misura diretta consistente nella separazione mediante vagliatura degli elementi di pezzatura maggiore di 25 mm e nella loro sistemazione nel cavo di prelievo prima di effettuare la misura con volumometro. La misura della portanza dovrà accertare che le prestazioni dello strato finito soddisfino le richieste degli elaborati di progetto. Al momento della costruzione degli strati di pavimentazione sovrastanti, la media dei valori di portanza del misto cementato su ciascun tronco omogeneo, non dovrà essere inferiore a quella prevista in progetto. Il valore del modulo di deformazione (CNR B.U. n. 176/1992), al primo ciclo di carico e nell'intervallo compreso tra 0,15-0,25 MPa, in un tempo compreso fra 3-12 ore dalla compattazione, non dovrà mai essere inferiore a 150 MPa. Qualora venissero rilevati valori inferiori, la frequenza dei rilevamenti dovrà essere incrementata secondo le indicazioni della direzione dei lavori e l'impresa, a sua cura e spese, dovrà demolire e ricostruire gli strati interessati. La superficie finita della fondazione non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm, verificato a mezzo di un regolo di 4,00–4,50 m di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali. La frequenza del controllo sarà quella ordinata dalla direzione dei lavori.

### 23.8.2 Autostrade e strade extraurbane principali

Sullo strato finito saranno effettuati i controlli delle densità in situ e della portanza. La misura della portanza dovrà accertare che le prestazioni dello strato finito soddisfino le richieste degli elaborati di progetto.

*Tabella 72: Autostrade ed extraurbane principali. Controllo dei materiali e verifica prestazionale.*

Tipo di campione	Ubicazione prelievo	Frequenza prove
Aggregato grosso	Impianto	A discrezione della direzione dei lavori oppure ogni 2.500 m <sup>3</sup> di stesa
Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure ogni 2.500 m <sup>3</sup> di stesa
Acqua	Impianto	Iniziale
Cemento	Impianto	Iniziale
Aggiunte	Impianto	Iniziale
Misto cementato fresco	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m <sup>2</sup> di stesa
Carote per spessori	Pavimentazione	Ogni 160 m di fascia di stesa
Strato finito (densità in situ)	Strato finito	Giornaliera oppure ogni 5.000 m <sup>2</sup> di stesa
Strato finito (portanza)	Strato finito o Pavimentazione	Ogni 160 m di fascia stesa

### 23.8.3 Extraurbane secondarie ed urbane di scorrimento

In alternativa alle misure di portanza, è ammesso il controllo basato sulla resistenza a compressione e sulla resistenza a trazione indiretta del materiale prelevato all'atto della stesa. La resistenza a compressione di ciascun prelievo dovrà essere ottenuta come media dei valori di 4 provini, confezionati e portati a rottura secondo quanto riportato nella norma CNR B.U. 29/1972. La resistenza a trazione indiretta di ciascun prelievo dovrà essere ottenuta come media dei valori di 4 provini, confezionati secondo quanto riportato nella norma CNR B.U. n. 29/1972 e portati a rottura secondo la norma CNR B.U. n. 97/1984. I valori di resistenza, per ciascun tratto omogeneo, dovranno essere conformi a quanto indicato nel progetto esecutivo.

**Tabella 73: Extraurbane secondarie e urbane di scorrimento. Controllo dei materiali e verifica prestazionale**

Tipo di campione	Ubicazione prelievo	Frequenza prove
Aggregato grosso	Impianto	Ogni 2.500 m3 di stesa
Aggregato fino	Impianto	A discrezione della direzione dei lavori oppure ogni 2.500 m3 di stesa
Acqua	Impianto	Iniziale
Cemento	Impianto	Iniziale
Aggiunte	Impianto	Iniziale
Misto cementato fresco	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m2 di stesa
Misto cementato fresco (*)	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m2 di stesa
Carote per spessori	Pavimentazione	Ogni 160m di fascia di stesa
Strato finito (densità in situ)	Strato finito	Giornaliera oppure ogni 5.000 m2 di stesa
Strato finito (portanza) (*)	Strato finito o pavimentazione	Ogni 160 m di fascia stesa

(\*) Il controllo sul misto cementato fresco può sostituire quello sullo strato finito.

#### 23.8.4 Urbane di quartiere extraurbane e urbane locali

Sullo strato finito sarà effettuato il controllo della densità in situ.

**Tabella 74: Strade urbane di quartiere e locali. Controllo dei materiali e verifica prestazionale**

Tipo di campione	Ubicazione prelievo	Frequenza prove
Aggregato grosso	Impianto	Ogni 2.500 m3 di stesa
Aggregato fino	Impianto	Ogni 2.500 m3 di stesa
Acqua	Impianto	Iniziale
Cemento	Impianto	Iniziale
Aggiunte	Impianto	Iniziale
Misto cementato fresco	Vibrofinitrice	Ogni 5.000 m2 di stesa
Carote per spessori	Pavimentazione	Ogni 160m di fascia di stesa
Strato finito (densità in situ)	Strato finito	Giornaliera oppure ogni 5.000 m2 di stesa

### **Art. 24 – Misti granulari per strati di fondazione**

#### **24.1 Generalità**

Il misto granulare dovrà essere costituito da una miscela di aggregati lapidei di primo impiego, eventualmente corretta mediante l'aggiunta o la sottrazione di determinate frazioni granulometriche per migliorarne le proprietà fisico-meccaniche. Nella sovrastruttura stradale il misto granulare dovrà essere impiegato per la costruzione di strati di fondazione e di base.

#### **24.2 Materiali**

##### **24.2.1 Aggregati**

Gli aggregati grossi (trattenuti al crivello UNI n. 5) e gli aggregati fini sono gli elementi lapidei che formano il misto granulare. L'aggregato grosso in generale deve avere dimensioni non superiori a 71 mm e deve essere costituito da elementi ottenuti dalla frantumazione di rocce di cava massive o di origine alluvionale, da elementi naturali a spigoli vivi o arrotondati. Tali elementi possono essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nelle tabelle seguenti.



**Tabella 75: Aggregato grosso. Autostrade ed extraurbane principali.**

Indicatori di qualità			Strato pavimentazione	
Parametro	Normativa	Unità di misura	Fondazione	Base
Los Angeles	CNR 34/73	%	≤ 30	-
Micro Deval umida	CNR 169/85	%	-	-
Quantità di frantumato	-	%	≥ 60	-
Dimensione max	CNR 21/71	mm	63	-
Sensibilità al gelo	CNR 80/80	%	≤ 19	-

**Tabella 76: Aggregato grosso. Extraurbane secondarie e urbane di scorrimento.**

Indicatori di qualità			Strato pavimentazione	
Parametro	Normativa	Unità di misura	Fondazione	Base
Los Angeles	CNR 34/73	%	≤ 30	-
Micro Deval umida	CNR 169/85	%	-	-
Quantità di frantumato	-	%	≥ 60	-
Dimensione max	CNR 21/71	mm	63	-
Sensibilità al gelo	CNR 80/80	%	≤ 19	-

**Tabella 77: Aggregato grosso. Autostrade ed extraurbane principali.**

Indicatori di qualità			Strato pavimentazione	
Parametro	Normativa	Unità di misura	Fondazione	Base
Los Angeles	CNR 34/73	%	≤ 30	-
Micro Deval umida	CNR 169/85	%	-	-
Quantità di frantumato	-	%	≥ 60	-
Dimensione max	CNR 21/71	mm	63	-
Sensibilità al gelo	CNR 80/80	%	≤ 19	-

**Tabella 78: Aggregato grosso. Strade urbane di quartiere e locali.**

Indicatori di qualità			Strato pavimentazione	
Parametro	Normativa	Unità di misura	Fondazione	Base
Los Angeles	CNR 34/73	%	≤ 40	≤ 30
Micro Deval umida	CNR 169/85	%	-	≤ 25
Quantità di frantumato	-	%	-	≤ 60
Dimensione max	CNR 21/71	mm	63	63
Sensibilità al gelo	CNR 80/80	%	≤ 30	≤ 19

L'aggregato fino deve essere costituito da elementi naturali o di frantumazione che possiedano le caratteristiche riassunte nelle seguenti tabelle.

**Tabella 79: Aggregato grosso. Autostrade ed extraurbane principali.**

Passante al crivello UNI n. 5				
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione	
Parametro	Normativa	Unità di misura	Fondazione	Base
Equivalente in sabbia	CNR 27/72	%	≥ 50	-
Indice Plasticità	CNR-UNI 16017	%	N.P.	-
Limite liquido	CNR-UNI 16017	%	≤ 25	-
Passante allo 0.075	CNR 75/80	%	≤ 6	-

**Tabella 80: Aggregato grosso. Extraurbane secondarie e urbane di scorrimento.**

Passante al crivello UNI n. 5				
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione	
Parametro	Normativa	Unità di misura	Fondazione	Base
Equivalente in sabbia	CNR 27/72	%	≥ 40	-
Indice Plasticità	CNR-UNI 16017	%	N.P.	-
Limite liquido	CNR-UNI 16017	%	≤ 25	-
Passante allo 0.075	CNR 75/80	%	≤ 6	-

**Tabella 81: Aggregato grosso. Strade urbane di quartiere e locali.**

Passante al crivello UNI n. 5				
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione	
Parametro	Normativa	Unità di misura	Fondazione	Base
Equivalente in sabbia	CNR 27/72	%	≥ 40	≥ 50
Indice Plasticità	CNR-UNI 16017	%	≤ 6	N.P.
Limite liquido	CNR-UNI 16017	%	≤ 35	≤ 25
Passante allo 0.075	CNR 75/80	%	≤ 6	≤ 6

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'impresa è tenuta a predisporre la qualificazione degli aggregati tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere rilasciata da un laboratorio ufficiale.

#### 24.2.2 Miscele

La miscela di aggregati da adottarsi per la realizzazione del misto granulare deve avere una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati nella seguente tabella tratta dalla norma CNR 21/71.

**Tabella 82**

Serie crivelli e setacci U.N.I.	Miscela passante: % totale in peso Ø max 71 mm	Miscela passante: % totale in peso Ø max 30 mm
Crivello 71	160	160
Crivello 30	70 ÷ 160	160
Crivello 15	50 ÷ 80	70 ÷ 160
Crivello 16	30 ÷ 70	50 ÷ 85
Crivello 5	21 ÷ 55	35 ÷ 65
Setaccio 2	15 ÷ 40	25 ÷ 50
Setaccio 0,42	8 ÷ 25	15 ÷ 30
Setaccio 0,075	2 ÷ 15	5 ÷ 15

La dimensione massima dell'aggregato non deve in ogni caso superare la metà dello spessore dello strato di misto granulare ed il rapporto tra il passante al setaccio UNI 0.075 mm ed il passante al setaccio UNI 0.4 mm deve essere inferiore a 2/3. L'indice di portanza CBR (CNR-UNI 16009) dopo quattro giorni di imbibizione in acqua (eseguito sul materiale passante al crivello UNI 25 mm) non deve essere minore del valore assunto per il calcolo della pavimentazione ed in ogni caso non minore di 30. È inoltre richiesto che tale condizione sia verificata per un intervallo di ±2% rispetto all'umidità ottimale di costipamento. Il modulo resiliente (MR) della miscela impiegata deve essere uguale a quello

progettuale della pavimentazione (norma AASHTO T294). Il modulo di deformazione (Md) dello strato deve essere uguale a quello progettuale della pavimentazione (CNR B.U. n. 176/1992). Il modulo di reazione (k) dello strato deve essere uguale a quello progettuale della pavimentazione (CNR B.U. n. 92/1983). I diversi componenti e, in particolare le sabbie, debbono essere del tutto privi di materie organiche, solubili, alterabili e friabili

#### 24.3 Accettazione del misto granulare

L'impresa è tenuta a comunicare alla direzione dei lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni, la composizione dei misti granulari che intende adottare. Per ogni provenienza del materiale, ciascuna miscela proposta deve essere corredata da una documentazione dello studio di composizione effettuato, che deve comprendere i risultati delle prove sperimentali, effettuate presso un laboratorio ufficiale. Lo studio di laboratorio deve comprendere la determinazione della curva di costipamento con energia AASHO modificata (CNR 69/1978). Una volta accettato da parte della direzione dei lavori lo studio delle miscele, l'impresa deve rigorosamente attenersi ad esso.

#### 24.4 Confezionamento del misto granulare

L'impresa deve indicare, per iscritto, le fonti di approvvigionamento, le aree ed i metodi di stoccaggio (con i provvedimenti che intende adottare per la protezione dei materiali dalle acque di ruscellamento e da possibili inquinamenti), il tipo di lavorazione che intende adottare, il tipo e la consistenza dell'attrezzatura di cantiere che verrà impiegata.

#### 24.5 Posa in opera del misto granulare

Il materiale va steso in strati di spessore finito non superiore a 25 cm e non inferiore a 16 cm e deve presentarsi, dopo costipamento, uniformemente miscelato in modo da non presentare segregazione dei suoi componenti. L'eventuale aggiunta di acqua, per raggiungere l'umidità prescritta in funzione della densità, è da effettuarsi mediante dispositivi spruzzatori. La stesa va effettuata con finitrice o con grader appositamente equipaggiato. Il materiale pronto per il costipamento deve presentare in ogni punto la prescritta granulometria. Il costipamento di ciascuno strato deve essere eseguito sino ad ottenere una densità in situ non inferiore al 98% della densità massima fornita dalla prova AASHO modificata. L'eventuale aggiunta di acqua, per raggiungere l'umidità prescritta in funzione della densità, è da effettuarsi con un dispositivo di spruzzatori. A questo proposito si precisa che tutte le operazioni anzidette non devono essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stabilizzato. Verificandosi comunque eccesso di umidità, o danni dovuti al gelo, lo strato compromesso dovrà essere rimosso e ricostituito a cura e spese dell'impresa. Il materiale pronto per il costipamento dovrà presentare in ogni punto la prescritta granulometria. Per il costipamento e la rifinitura dovranno impiegarsi rulli vibranti o vibranti gommati, tutti semoventi. L'idoneità dei rulli e le modalità di costipamento per ogni cantiere, verranno accertate dalla direzione dei lavori con una prova sperimentale, usando le miscele messe a punto per quel cantiere. Il costipamento di ogni strato dovrà essere eseguito sino ad ottenere una densità in situ non inferiore al 95% della densità massima fornita dalla prova AASHTO modificata (CNR B.U. n. 69/1978) con esclusione della sostituzione degli elementi trattenuti al crivello 25 (AASHTO T 180-57 metodo D). In caso contrario l'impresa, a sua cura e spese, dovrà adottare tutti i provvedimenti atti al raggiungimento del valore prescritto, non esclusa la rimozione ed il rifacimento dello strato. La superficie finita non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm, controllato a mezzo di un regolo di 4,00–4,50 m di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali. Lo spessore dovrà essere quello prescritto, con una tolleranza in più o in meno del 5% purché questa differenza si presenti solo saltuariamente. In caso contrario l'impresa, a sua cura e spese, dovrà provvedere al raggiungimento dello spessore prescritto. Nel caso in cui non sia possibile eseguire

immediatamente la realizzazione della pavimentazione, dovrà essere applicata una mano di emulsione, saturata con graniglia, a protezione della superficie superiore dello strato di pavimentazione.

#### 24.6 Controlli

Il controllo della qualità dei misti granulari e della loro posa in opera deve essere effettuato con alcune prove di laboratorio sui materiali costituenti, sul materiale prelevato in situ al momento della stesa, oltre che con prove sullo strato finito. L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella seguente tabella:

*Tabella 83: Controllo dei materiali e verifica prestazionale.*

Tipo di Campione	Ubicazione prelievo	Frequenza prove
Aggregato grosso	Impianto	Iniziale, poi secondo D.L.
Aggregato fino	Impianto	Iniziale, poi secondo D.L.
Miscela	Strato finito	Giornaliera oppure ogni 1.000 m3 di stesa
Sagoma	Strato finito	Ogni 19m o ogni 5 m
Strato finito (densità in situ)	Strato finito	Giornaliera oppure ogni 1.000 m2 di stesa
Strato finito (portanza)	Strato finito o Pavimentazione	Ogni 1.000 m2 m di fascia stesa

#### 24.6.2 Materiali

Le caratteristiche di accettazione dei materiali dovranno essere verificate prima dell'inizio dei lavori, ogni qualvolta cambino i luoghi di provenienza dei materiali.

#### 24.6.3 Miscele

La granulometria del misto granulare va verificata giornalmente, prelevando il materiale in situ già miscelato, subito dopo avere effettuato il costipamento. Rispetto alla qualificazione delle forniture, nella curva granulometrica sono ammessi variazioni delle singole percentuali di  $\pm 5$  punti per l'aggregato grosso e di  $\pm 2$  punti per l'aggregato fino. In ogni caso non devono essere superati i limiti del fuso assegnato. L'equivalente in sabbia dell'aggregato fino va verificato almeno ogni tre giorni lavorativi.

#### 24.6.4 Costipamento

A compattazione ultimata la densità del secco in situ, nel 95% dei prelievi, non deve essere inferiore al 98% del valore di riferimento ( $\gamma_{smax}$ ) misurato in laboratorio sulla miscela di progetto e dichiarato prima dell'inizio dei lavori. Le misure della densità sono effettuate secondo la norma (CNR 20/72). Per valori di densità inferiori a quello previsto viene applicata una detrazione per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce:

- del 16 % dell'importo dello strato, per densità in situ comprese tra 95 e 98 % del valore di riferimento;
- del 19 % dell'importo dello strato, per densità in situ comprese tra 93 e 95 % del valore di riferimento.

Il confronto tra le misure di densità in situ ed i valori ottenuti in laboratorio può essere effettuato direttamente quando la granulometria della miscela in opera è priva di elementi trattenuti al crivello UNI 25 mm.

#### 24.6.5 Portanza

La misura della portanza deve accertare che le prestazioni dello strato finito soddisfino le richieste degli elaborati di progetto e siano conformi a quanto dichiarato prima dell'inizio dei lavori nella documentazione presentata dall'impresa. Al momento della costruzione degli strati di pavimentazione sovrastanti, la media dei valori di portanza del misto granulare su ciascun tronco omogeneo non dovrà essere inferiore a quella prevista in progetto.

#### 24.6.6 Sagoma

Le superfici finite devono risultare perfettamente piane, con scostamenti rispetto ai piani di progetto non superiori a 16 mm, controllati a mezzo di un regolo di 4 m di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali. La verifica delle quote di progetto dovrà eseguirsi con procedimento topografico, prevedendo in senso longitudinale un distanziamento massimo dei punti di misura non superiore a 19 m nei tratti a curvatura costante e non superiore a 5 m nei tratti a curvatura variabile, di variazione della pendenza trasversale. Nelle stesse sezioni dei controlli longitudinali di quota dovrà verificarsi la sagoma trasversale, prevedendo almeno due misure per ogni parte a destra ed a sinistra dell'asse stradale. Lo spessore medio dovrà essere quello prescritto, con una tolleranza in più o in meno del 5% purché tale differenza si presenti solo saltuariamente.

### Art. 25 – Ponte

#### 25.1 Impermeabilizzazione

##### a) Caratteristiche

Gli strati impermeabilizzanti, oltre che possedere permeabilità all'acqua praticamente nulla, devono essere progettati ed eseguiti in modo da avere:

- elevata resistenza meccanica, specie alla perforazione in relazione sia al traffico di cantiere che alle lavorazioni che seguiranno alla stesa dello strato impermeabilizzante;
- deformabilità, nel senso che il materiale dovrà seguire le deformazioni della struttura senza fessurarsi o distaccarsi dal supporto, mantenendo praticamente inalterate tutte le caratteristiche di impermeabilità e di resistenza meccanica;
- resistenza chimica alle sostanze che possono trovarsi in soluzione o sospensione nell'acqua di permeazione. In particolare, dovrà tenersi conto della presenza in soluzione dei cloruri impiegati per uso antigelo;
- durabilità, nel senso che il materiale impermeabilizzante dovrà conservare le sue proprietà per una durata non inferiore a quella della pavimentazione, tenuto conto dell'eventuale effetto di fatica per la ripetizione dei carichi;
- compatibilità ed adesività sia nei riguardi dei materiali sottostanti sia di quelli sovrastanti (pavimentazione);

Le suddette caratteristiche dell'impermeabilizzazione devono conservarsi inalterate:

- tra le temperature di esercizio che possono verificarsi nelle zone in cui il manufatto ricade e sempre, comunque, tra le temperature di -16° e +60 °C;
- sotto l'azione degli sbalzi termici e sforzi meccanici che possono verificarsi all'atto della stesa delle pavimentazioni o di altri strati superiori.

Dovranno prevedersi prove e controlli di qualità e possibili prove di efficienza.

##### b) Materiali e loro posa in opera

Dovranno essere utilizzati materiali e trattamenti per i quali si disponga di un'adeguata documentazione sperimentale, in particolare per ciò che riguarda la permanenza nel tempo delle caratteristiche fisiche, chimiche e meccaniche. Si raccomanda la massima cura nella finitura delle superfici da proteggere. Gli spessori degli strati da stendere dovranno essere comunque tali da coprire con sicurezza ed efficacia le eventuali irregolarità superficiali e consentire la sicura continuità degli strati. Particolare cura dovrà essere rivolta alla protezione delle zone singolari dei ponti (marciapiedi, cordoli, bocchettoni per acqua piovana, ecc.) che costituiscono potenziali vie di penetrazione delle acque.

### 25.1.1 Mastice di asfalto sintetico

#### 25.1.1.1 Materiali

L'impermeabilizzazione degli impalcati delle opere d'arte verrà realizzata mediante applicazione per colata di cappa di mastice di asfalto sintetico di spessore finito non inferiore a 16 mm. Il mastice d'asfalto dovrà avere la seguente composizione:

Legante:

Il composto dovrà essere costituito da una miscela di bitume 40/50 e Trinidad Epuree in rapporto di 5 a 2 in peso.

In alternativa potranno essere usati, previa approvazione della direzione dei lavori, altri bitumi naturali (quali il Selenitza) o gomme termoplastiche, del tipo approvato dalla direzione dei lavori. I dosaggi di questi materiali saranno definiti da uno studio preliminare da presentare alla direzione dei lavori per la necessaria approvazione. Il legante sarà dosato in ragione del 15% - 18% in peso sulla miscela degli aggregati (corrispondenti al 17% - 15% in peso sulla miscela finale), compreso il bitume contenuto nel filler asfaltico. Il bitume 40/50 dovrà avere un indice di penetrazione (IP) compreso tra  $-0,1 < IP < +0,1$

Filler:

Il composto dovrà passare al 160% dal setaccio 0,18 UNI (ASTM n 80) e al 90% dal setaccio UNI 0,075 (ASTM n 190 granulometria da effettuare per via umida) contenuto per il 30-35% in peso sulla miscela degli aggregati. Il suo potere stabilizzante dovrà essere tale che la miscela di bitume 40/50 e filler, nel rapporto in peso di 1 a 2, dovrà avere un punto di rammollimento P. e A. di almeno 15 K superiore a quello del bitume puro;

Sabbia:

Il composto dovrà passare al 160% dal setaccio 2,5 UNI. Si dovrà presentare pulita ed esente da materiali estranei, naturale e/o di frantumazione, di granulometria ben graduata da 0,075 a 2,5 mm (sarà tollerato al massimo un 5% in peso passante al setaccio 0,075 UNI), contenuta per il 65-70% in peso sulla miscela degli aggregati;

Miscela finale:

La parte lapidea della miscela (sabbia + filler) dovrà avere una percentuale di vuoti (V) compresa tra il 18 ed il 21%. Il legante totale dovrà saturare tutti gli spazi vuoti, garantendo inoltre una eccedenza compresa tra il 5% ed il 7% ( $V_b - V = 5 - 7$  in cui  $V_b$  è la percentuale in volume del legante sulla miscela finale). Il mastice completo, confezionato nel rispetto delle norme sopra esposte, dovrà avere nelle prove di laboratorio un punto di rammollimento alla prova WILHELMI (DIN 1866) compreso tra 373 e 388 K. Alla stessa prova il mastice prelevato al confezionamento o alla stessa dovrà presentare valori compresi tra 373 e 403 K.

L'impresa dovrà presentare alla direzione dei lavori, prima dell'inizio dei lavori, per la necessaria approvazione, la composizione prevista per il mastice e la curva granulometrica delle sabbie, nonché campioni del rapporto finito e dei materiali componenti, compresi i primer di attacco, in modo che su di essi possano essere effettuate preventivamente tutte le prove di controllo previste dalle norme vigenti o ritenute necessarie dalla direzione dei lavori. Nelle lavorazioni si dovranno riscontrare gli stessi materiali e le stesse composizioni di cui ai campioni di prova, con le sole variazioni prevedibili con l'uso di un adeguato processo di produzione su scala reale e comunque rientranti in tutti i limiti espressi in precedenza. La miscela posta in opera dovrà essere costituita da uno strato continuo e uniforme su tutta la superficie, con spessore minimo di 16 mm e max di 17 mm, da verificare mediante prelievo di campioni. Dovrà avere una resistenza meccanica tale che, se sottoposta al transito temporaneo degli automezzi gommati di cantiere, non si verifichino schiacciamenti, fessurazioni o abrasioni sul manto.

#### 25.1.1.2 Modalità di applicazione

Le superfici di conglomerato cementizio da impermeabilizzare dovranno essere stagionate e presentarsi sane e asciutte, esenti da oli, grassi e polvere, prive di residui di boiacca (o di malta cementizia): prima dell'applicazione del

mastice si dovrà procedere pertanto ad una accurata pulizia dell'impalcato, mediante spazzolatura e successiva energica soffiatura con aria compressa. Eventuali punti singolari dovranno essere stuccati e sigillati con idonee malte o stucchi epossidici. Seguirà la stesa di un idoneo primer che potrà essere costituito, a insindacabile giudizio della direzione dei lavori, da emulsione bituminosa al 50+55% o da soluzione di bitume polimerizzato, a medio punto di rammollimento (P.e A. 358+363 K), in opportuni solventi selettivi additivati di miscele di butadieni, in modo da consentire un aumento del potere adesivo rispetto ai normali bitumi ed un ritardo dell'evaporazione del solvente, ciò al fine di avere una buona facilità di stesa del primer stesso ed una sua elevata penetrazione nella soletta. Le quantità da stendere saranno di 0,5-0,7 kg/m<sup>2</sup> nel primo caso e di 0,35-0,50 kg/m<sup>2</sup> nel secondo. Sul primer verrà posto in opera, dopo evaporizzazione dell'acqua o del solvente, il mastice di asfalto sintetico, mediante colamento del materiale a temperatura di 473 K ( $\pm 16$  K); la sua distribuzione ed il livellamento saranno eseguiti con frattazzi di legno. Per stese di una certa estensione l'applicazione può essere eseguita a macchina con finitrici particolarmente studiate ed attrezzate, sottoposte a preventiva approvazione della direzione dei lavori. La posa in opera del mastice non verrà effettuata quando a giudizio della direzione dei lavori le condizioni meteorologiche siano tali da non garantire la perfetta riuscita del lavoro e comunque quando la temperatura esterna sia inferiore a 281 K. Il mastice asfaltico dovrà essere steso, per quanto possibile, in uno strato regolare e di spessore costante. Sulla parete interna dei cordoli dovrà essere applicata a caldo, previa mano di primer di ancoraggio, una guaina bituminosa preformata dello spessore di 4-5 mm, armata con geotessile non tessuto in poliestere del peso non inferiore a 300 g/m<sup>2</sup>. La guaina dovrà essere risvoltata per almeno 25 cm rispettivamente sulla cappa di mastice di asfalto e sul coronamento di cordolo. In alternativa al sistema con le guaine potrà essere usato un cordone preformato in mastice bituminoso a sezione rettangolare, da far aderire con fiamma in corrispondenza al punto d'incontro soletta-coronamento e che si scioglia con il calore stesso dell'impermeabilizzazione. I bocchettoni in corrispondenza dei fori di scarico per i pluviali dovranno essere fissati a livello della soletta in conglomerato cementizio con degli stucchi epossidici ed il mastice di asfalto dovrà giungere fino al bordo del foro, coprendo così i risvolti del bocchettone stesso. Qualora le condizioni dell'impalcato da impermeabilizzare siano tali da determinare irregolarità o soffiature del manto (umidità eccessiva dei conglomerati cementizi di soletta), dovranno essere adottati tutti quei provvedimenti che la direzione dei lavori prescriverà di volta in volta in relazione allo stato dell'impalcato stesso. In ogni caso si dovrà avere cura che la temperatura dello strato bituminoso, a contatto del manto impermeabile, all'atto della stesa, sia almeno di 417 K in modo da ottenere la sigillatura di eventuali fori presenti nello strato di mastice d'asfalto.

#### 25.1.1.3 Modalità di preparazione del mastice di asfalto sintetico

La confezione del mastice di asfalto colato verrà eseguita con idonei impianti di mescolamento fissi o mobili, approvati dalla direzione dei lavori, di potenzialità adeguata all'entità del lavoro da eseguire. Tassativamente si prescrive che il dosaggio del legante, del filler e delle sabbie deve essere fatto a peso. Per ottenere degli impasti perfettamente omogenei, potrà essere eseguita una delle seguenti procedure, a seconda del tipo di impianto a disposizione:

Procedura 1:

- a) premiscelazione degli aggregati, compreso il filler, a temperatura di 483-503 K;
- b) aggiunta del bitume nella corretta percentuale, anche esso preventivamente portato alla temperatura di 421-433 K;
- c) mescolazione dell'impasto per almeno 5 min;
- d) scarico dell'impasto in una apposita caldaia (cooker) coibentata, munita di sistema di riscaldamento e di apposito agitatore;
- e) mescolazione dell'impasto nella caldaia, per un tempo non inferiore a 30 min, alla temperatura di 473-483 K onde ottenere l'intima miscela del bitume col filler.

Procedura 2:

- a) introduzione nella caldaia del filler e del bitume, dosati separatamente a peso, e miscelazione alla temperatura di 473 K per almeno 30 min, fino ad ottenere l'intima miscelazione del bitume col filler;
- b) aggiunta delle sabbie preventivamente asciugate e riscaldate e mescolamento a temperatura di 473- 483 K, fino ad ottenere un impasto perfettamente omogeneo ed uniforme.

La procedura da adottare sarà scelta subordinatamente alla preventiva autorizzazione della direzione dei lavori; in ambedue i metodi di confezionamento occorre che le apparecchiature di riscaldamento siano tali da evitare il contatto diretto di fiamme o gas caldi con i bitumi ed il filler, per non dar luogo ad eccessivi indurimenti o bruciature dei medesimi. Qualora la confezione non venga fatta sul luogo della messa in opera, il trasporto del mastice verrà effettuato con caldaie mobili (bonze), munite anch'esse di agitatore meccanico e apposito impianto di riscaldamento.

#### 25.1.2 Guaine bituminose preformate armate

L'impermeabilizzazione dovrà essere realizzata con guaine bituminose preformate, armate con geotessile non tessuto in poliestere, aventi le caratteristiche riportate nel seguito.

##### 25.1.2.1 Modalità di posa in opera

Le guaine saranno incollate, previa fusione con fiamma, al primer steso in precedenza, curando la perfetta adesione in ogni punto e la tenuta dei giunti (sormonti) di costruzione. Ad insindacabile giudizio della direzione dei lavori, verrà adottato uno dei metodi di posa in opera di seguito descritti:

metodo di posa n° 1:

- da adottare indicativamente nel caso di solette lisce, regolari, ben asciutte e stagionate, con temperatura media diurna dell'aria non minore di 283 K.
- La guaina del tipo preformato dello spessore non inferiore a 5 mm e larghezza minima di 1,00 m, armata con geotessile non tessuto in poliestere del peso di 300 g/m<sup>2</sup>, verrà posta in opera direttamente sul primer di attacco alla soletta.

metodo di posa n° 2:

- da adottare indicativamente nel caso di solette con superfici scatolari o irregolari e/o umide o ancora non perfettamente stagionate, con temperatura media diurna dell'aria minore di 283 K.
- La guaina del tipo preformato dello spessore non inferiore a 4 mm e di larghezza minima di 1,00 m, armata con geotessile non tessuto in poliestere, del peso di 300 g/m<sup>2</sup> verrà posta in opera previa spalmatura, sul primer di attacco alla soletta, di 1,00 kg/m<sup>2</sup> di materiale bituminoso avente le stesse caratteristiche di quello formante la guaina.

In ambedue i casi descritti lo spessore del manto finito sarà dell'ordine dei 5 mm e la sua adesione al primer non dovrà essere inferiore a quella di quest'ultimo alla soletta. Il manto dovrà essere transitabile, senza distacchi e perforazioni, dal normale traffico di cantiere (escluso quello cingolato) e dovrà risultare impermeabile, dopo la stesa su di esso dei conglomerati bituminosi, sotto una pressione di MPa in permeametro, a 333 K per 5 h, anche nelle zone di giunto.

##### 25.1.2.2 Caratteristiche dei materiali e prove di accettazione

L'impresa dovrà sottoporre preliminarmente alla direzione dei lavori i campioni delle guaine che intende adottare e dei materiali componenti per essere sottoposti, a cura e spese della stessa, alle prove di idoneità che saranno richieste dalla direzione dei lavori. Qualora dalle prove di cui sopra non risultassero le caratteristiche indicate nel seguito, i materiali saranno rifiutati e l'impresa dovrà allontanarli a sua cura e spese.



#### 25.1.2.3 Primer di adesione al supporto

Il primer di adesione alle superfici in conglomerato cementizio sarà costituito da soluzioni in opportuni solventi selettivi di bitume polimerizzato, a medio punto di rammollimento (P. e A. 358'-363 K); sarà additivato con miscele di butadieni, in modo da consentire un aumento del potere adesivo rispetto ai normali bitumi ed un ritardo della evaporazione del solvente, ciò al fine di avere una buona facilità di stesa del primer stesso ed una sua elevata penetrazione nella soletta. Il primer dovrà essere steso soltanto mediante spazzoloni, su superfici asciutte, prive di residui di lavorazione, oli grassi e polveri, o rese tali. La percentuale di bitume e butadiene presenti nel primer all'atto della stesa sarà compresa tra il 25 ed il 50%, in relazione alle condizioni della soletta. La quantità del primer messo in opera sarà compresa tra 350-500 g/m<sup>2</sup>. L'adesione del primer alla soletta non dovrà risultare inferiore a 0,2 MPa misurati in senso perpendicolare a quest'ultima (prova di trazione) a velocità di deformazione costante di 1,27 mm/min e temperatura di 293 K ( $\pm 5$  K). La viscosità del primer, misurata in "tazza" FORD 4 a 298 K, dovrà essere compresa tra 19 e 25 s (primer con 50 % di residuo secco). La messa in opera delle guaine dovrà essere effettuata solo dopo completa evaporazione del solvente.

#### 25.1.2.4 Massa bituminosa della guaina

Sarà costituita indicativamente da bitume leggermente polimerizzato, in quantità non superiore al 70% in peso della massa costituente il legante, mescolato con copolimeri di butilene e propilene con opportuni agenti stabilizzanti della dispersione degli elastomeri nel bitume. Potranno in alternativa essere usati altri tipi di elastomeri e plastomeri purché compatibili con il bitume e con le temperature di fabbricazione e messa in opera. Dovrà essere escluso l'uso di ogni tipo di carica minerale. La massa bituminosa costituente la guaina dovrà rispondere alle caratteristiche riportate di seguito:

- punto di rammollimento P.e A.: 421 K;
- punto di rottura Frass: 258 K;
- penetrabilità DOW a 298 K (con peso 160 g a 299 K): 19 - 30 dmm.

La non rispondenza a quanto sopra comporterà il rifiuto delle guaine.

#### 25.1.2.5 Armatura delle guaine

L'armatura delle guaine sarà costituita da geotessile non tessuto ottenuto da fibre di poliestere a filo continuo coesionato mediante agugliatura. Saranno ammesse anche guaine con armatura mista in geotessile non tessuto in poliestere e rete o velo in fibra di vetro (o altro materiale non putrescibile). Dalle prove di qualificazione, da effettuarsi secondo il disposto del richiamato punto, dovranno risultare i seguenti valori:

- peso (UNI 5117) > 300 g/m<sup>2</sup>
- resistenza a trazione su striscia di cm 5 (UNI 8639)  $\geq 18$  kN/m
- allungamento (UNI 8939) > 60%
- lacerazione (UNI 8279/9)  $\geq 0,5$  kN
- punzonamento (UNI 8279/17)  $\geq 3$  bar
- inalterabilità all'azione anche prolungato di sali, alcali, acidi, idrocarburi e microorganismi
- perfetta adesione ed impregnabilità con la massa bituminosa

#### 25.1.2.6 Guaina preformata

Le guaine impermeabili preformate dovranno avere l'armatura in posizione asimmetrica rispetto alla massa bituminosa (posta a 0,5 mm dalla superficie superiore a contatto con il conglomerato bituminoso della pavimentazione). Le guaine dovranno essere sottoposte preliminarmente alle prove per la determinazione delle seguenti caratteristiche:

- massa areica (UNI 8192/7)
- resistenza a trazione (UNI 8192/8)
- resistenza alla lacerazione (LTNI 8192/9)
- punzonamento statico (UNI 8192/11):

- flessibilità a freddo su mandrino (UNI 8192/15)
- scorrimento a 343 K (UNI 8192/15)
- impermeabilità all'acqua (UNI 8192/21)

Il prelievo dei tasselli per l'esecuzione delle prove verrà effettuato su zone scelte a caso sui campioni inviati in laboratorio o sui materiali in cantiere. Qualora anche una sola delle prove dia esito negativo la guaina sarà rifiutata e la partita dovrà essere allontanata dal cantiere a cura e spese dell'impresa. Il prelievo dei tasselli per l'esecuzione delle prove verrà effettuato su zone scelte a caso sul campione inviato o ricostituito in laboratorio, o sui materiali in cantiere.

## 25.2 Giunti di dilatazione

I giunti dovranno rispondere a quanto prescritto dal D.M. 4 maggio 1990 "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo dei ponti stradali" e sue istruzioni emanate con circolare Ministero LL.PP. n. 34213 del 25 febbraio 1991. I giunti da adottare nei ponti devono soddisfare le seguenti esigenze:

- gli spostamenti previsti fra le strutture adiacenti devono verificarsi senza creare apprezzabili discontinuità, risalti ed avvallamenti del piano viabile, al fine di limitare le sollecitazioni di urto alle strutture e disturbi al traffico;
- l'operazione di sostituzione di parti danneggiate o usurate deve poter avere luogo possibilmente senza provocare la totale chiusura del ponte al traffico;
- devono essere adottati tutti gli accorgimenti utili ad evitare l'asportazione ed il rifluimento del materiale costituente la pavimentazione a contatto con il giunto;
- i materiali impiegati devono presentare caratteristiche meccaniche e chimiche tali da assicurare una adeguata durabilità;
- garantire una adeguata impermeabilità nei confronti dell'infiltrazione delle acque piovane.

Qualora la direzione dei lavori ritenga di consentire il traffico di cantiere o di esercizio, sugli impalcati prima del completamento dei giunti, l'impresa dovrà provvedere alla sistemazione provvisoria degli stessi, con getti di malta bastarda, con piastre di protezione e quant'altro ordinato dalla direzione dei lavori. Tutte le suddette predisposizioni dovranno essere verificate dalla direzione dei lavori, che avrà facoltà di prescrivere la rettifica e l'adattamento.

## 25.3 Smaltimento delle acque piovane

Il sistema di smaltimento delle acque meteoriche deve essere tale da evitare ristagni sulla sede stradale. I vari bocchettoni, cui resta affidata la funzione di evacuazione di cui sopra, devono essere disposti in numero ed in posizioni dipendenti dalla geometria plano-altimetrica della sede stradale e, di regola, devono presentare sezione libera di deflusso di almeno 50 cm<sup>2</sup>. Ogni bocchettone deve essere costituito da una parte tubolare eduttiva saldata ad una piastra metallica direttamente poggiata sull'estradosso del rustico del piano viario, al di sopra del quale è distesa in modo opportuno la impermeabilizzazione. Il tubo di eduazione dovrà essere prolungato fino a portare l'acqua di scolo a distanza tale da evitare scolature sulle strutture anche in presenza di vento. Nel caso di attraversamento di zone urbane ed in tutti quei casi in cui le acque di eduazione possono produrre danni e inconvenienti, è prescritto che esse siano intubate fino a terra ed eventualmente immesse in un sistema fognante. Nelle strutture a cassone devono praticarsi dei fori di evacuazione di eventuali acque di infiltrazione nei punti di possibile accumulo, verso i quali devono essere indirizzate le pendenze interne delle strutture. Si devono dotare tali fori di tubi di evacuazione e di gocciolatoi, al fine di evitare scoli di acque sul manufatto.

## Art. 26 – Opere d'arte

### 26.1 Tubazioni, canalette, cunette e cunicoli

Per agevolare lo smaltimento delle acque piovane ed impedire infiltrazioni dannose all'interno del corpo stradale, è prevista, ove necessario, la sistemazione e la costruzione di collettori di scolo e canalette.

### 26.1.1 Tubazioni

#### 26.1.1.1 Tubazioni in P.V.C. rigido

La tubazione sarà costituita da tubi in policloruro di vinile non plastificato con giunti a bicchiere sigillati a collante o con guarnizioni di tenuta a doppio anello asimmetrico in gomma, dei tipi SN2 SDR 51, SN4 SDR 41 e SN8 SDR 34, secondo la norma UNI 1701-1. Verrà interrata in un cavo di dimensioni previste in progetto sul cui fondo sarà predisposto del materiale fino di allettamento; qualora previsto in progetto verrà rinfrancato con conglomerato del tipo di fondazione con  $R_{ck} \geq 25$  MPa. Su ogni singolo tubo dovrà essere impresso, in modo evidente, leggibile ed indelebile, il nominativo del produttore, il diametro esterno, l'indicazione del tipo e la pressione di esercizio. La direzione dei lavori potrà prelevare campioni di tubi ed inviarli ad un laboratorio specializzato per essere sottoposti alle prove prescritte dalle norme di unificazione; qualora i risultati non fossero rispondenti a dette norme l'impresa dovrà provvedere, a sua cura e spese, alla sostituzione dei materiali non accettati.

#### 26.1.1.2 Pozzetti e chiusini

I pozzetti e chiusini dovranno essere in conglomerato cementizio armato e vibrato, ben stagionato, ed avere le seguenti caratteristiche:

- $R_{ck} \geq 30$  MPa;
- armatura in rete elettrosaldata in fili di acciaio del diametro e maglia adeguati;
- spessore delle pareti dei pozzetti non inferiore a 6,5 cm;
- predisposizione per l'innesto di tubazioni.

I chiusini avranno chiusura battentata e saranno posti su pozzetti e/o canalette, ancorati agli stessi. I chiusini dovranno essere conformi alle norme UNI - EN 121 (Dispositivi di coronamento e di chiusura dei pozzetti stradali. Principi di costruzione, prove e marcature). Sui pozzetti per i quali sia previsto l'eventuale accesso di persone per lavori di manutenzione o simili, il passo d'uomo non dovrà essere inferiore a 600 mm. Tutti i coperchi, griglie e telai devono portare una marcatura leggibile e durevole, indicante: la norma di riferimento; la classe corrispondente; la sigla e/o nome del fabbricante. La tipologia e le dimensioni sono quelle indicate negli elaborati di progetto esecutivo.

## **Art. 27 – Barriere stradali di sicurezza**

### **27.1 Barriere di sicurezza in acciaio**

#### 27.1.1 Generalità

Si definiscono barriere stradali di sicurezza i dispositivi aventi lo scopo di realizzare il contenimento dei veicoli che dovessero tendere alla fuoriuscita dalla carreggiata stradale. Per le caratteristiche tecniche di accettazione e collazione delle barriere stradali di sicurezza si farà riferimento alle prescrizioni progettuali ed alle seguente norme:

- C.M. 11 luglio 1987, n. 2137 – Fornitura e posa in opera di beni inerenti la sicurezza della circolazione stradale;
- D.M. 4 maggio 1990 – Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo dei ponti stradali;
- C.M. 25 febbraio 1991, n. 34213 – Legge 2 febbraio 1974, n. 64 – Art. 1, D.M. 4 maggio 1990. Istruzioni relative alla normativa tecnica dei ponti stradali;
- D.M. 18 febbraio 1992, n. 203 – Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza;

- C.M. 9 giugno 1995, n. 2595 – Barriere stradali di sicurezza. D.M. 18 febbraio 1992, n. 203;
- C.ANAS 26 luglio 1996, n. 749/1996 – Fornitura e posa di beni inerenti la sicurezza della circolazione stradale;
- D.M. 15 ottobre 1996 – Aggiornamento del D.M. 18 febbraio 1992, n. 203, recante istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza;
- C.M. 15 maggio 1996, n. 2157 – Fornitura e posa in opera di beni inerenti la sicurezza della circolazione stradale;
- C.M. 15 ottobre 1996, n. 4620 – Istituti autorizzati all'esecuzione di prove d'impatto in scala reale su barriere stradali di sicurezza;
- D.M. LL.PP. 15 ottobre 1996 – Aggiornamento del decreto ministeriale 18 febbraio 1992, n. 203, recante istruzioni per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza;
- C. Ente Nazionale per le strade Prot. 05 dicembre 1997, n. 17600 – Progettazione, omologazione e impiego delle barriere stradali di sicurezza;
- D.M. 3 giugno 1998 – Ulteriore aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza e delle prescrizioni tecniche per le prove ai fini dell'omologazione;
- D.M. LL.PP. 11 giugno 1999 – Integrazioni e modificazioni al decreto ministeriale 3 giugno 1998, recante "Aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza";
- D.M. 30 novembre 1999, n. 557 – Regolamento recante norme per la definizione delle caratteristiche tecniche delle piste ciclabili;
- C.M. 6 aprile 2000 – Art. 9 del decreto ministeriale 18 febbraio 1992, n. 203, e successive modificazioni: Aggiornamento della circolare recante l'elenco degli istituti autorizzati alle prove di impatto al vero ai fini dell'omologazione;
- Det. 21 maggio 2001, n. 17/2001 – Appalti per opere protettive di sicurezza stradale (barriere stradali di sicurezza);
- D.M. 5 giugno 2001 – Sicurezza nelle gallerie stradali;
- D.M. 5 novembre 2001 – Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade;
- C.M. 4 luglio 2002, n. 1173 – Comunicazione dell'avvenuta omologazione di tre barriere stradali di sicurezza per la classe H4, destinazione "spartitraffico" ai sensi dell'art. 9 del decreto ministeriale 18 febbraio 1992, n. 203. Norme UNI:
  - UNI EN 1717-1 – Barriere di sicurezza stradali. Terminologia e criteri generali per i metodi di prova;
  - UNI EN 1717-2 – Barriere di sicurezza stradali. Classi di prestazione, criteri di accettazione delle prove d'urto e metodi di prova per le barriere di sicurezza;
  - UNI EN 1717-3 – Barriere di sicurezza stradali - Classi di prestazione.

Il produttore è responsabile della rispondenza del prodotto fornito alle norme di omologazione, ed il progettista deve curare il corretto inserimento del manufatto nel tessuto viario. Il direttore dei lavori e l'appaltatore, ciascuno per la parte di propria competenza, hanno la responsabilità della rispondenza dell'opera al progetto, alle prescrizioni di esecuzione e/o alle modalità di posa in opera. Non possono essere aperte al traffico le strade per le quali non siano state realizzate le protezioni previste nel progetto approvato.

#### 27.1.2 Conformità delle barriere e dei dispositivi

Ai fini della produzione ed accettazione delle barriere di sicurezza ed altri dispositivi, i loro materiali componenti devono avere le caratteristiche costitutive descritte nella documentazione presentata per l'omologazione; i supporti devono

anche essere conformi a quanto previsto nella predetta documentazione e riportato sul certificato di omologazione. Tutte le barriere, sia del tipo prefabbricato prodotto fuori opera o in stabilimento, sia del tipo costruito in opera, dovranno essere realizzate con le stesse caratteristiche di cui sopra, risultanti da una dichiarazione di conformità di produzione che nel caso di barriera con componentistica di più origini, dovrà riguardare ogni singolo componente strutturale. Tale dichiarazione dovrà essere emessa dalla ditta produttrice e sottoscritta dal suo direttore tecnico a garanzia della rispondenza del prodotto ai requisiti di cui al certificato di omologazione. L'attrezzatura posta in opera inoltre dovrà essere identificabile con il nome del produttore e la sigla di omologazione (tipo e numero progressivo). Dovrà inoltre essere resa una dichiarazione di conformità di installazione nella quale il direttore tecnico dell'impresa installatrice garantirà la rispondenza dell'eseguito alle prescrizioni tecniche descritte nel Certificato di omologazione. Queste dichiarazioni dovranno essere associate, a seconda dei casi, alle altre attestazioni, previste dalla normativa vigente in termini di controllo di qualità ed altro.

### 27.1.3 Criteri di installazione

Le zone, ai margini della carreggiata stradale, da proteggere mediante la installazione di barriere, sono quelli previsti dall'art. 3 delle istruzioni tecniche allegate al D.M. 3 giugno 1998. Al fine di elevare il livello di servizio delle strade e la qualità delle pertinenze stradali, di garantire le migliori condizioni di sicurezza per gli utenti della strada e per i terzi, di assicurare la protezione delle zone limitrofe della carreggiata stradale e di impedirne la fuoriuscita dei veicoli, le barriere stradali di sicurezza dovranno essere progettate e realizzate a norma delle seguenti disposizioni ed istruzioni ed ai relativi aggiornamenti: Il livello di contenimento  $I_c$  e l'indice di severità dell'accelerazione ASI previsti per verificare l'efficienza e la funzionalità delle barriere stradali di sicurezza (D.M. 3 giugno 1998), dovrà essere comprovato, in attesa delle omologazione ufficiali pronunciate dal succitato decreto, con certificazioni di prove d'impatto al vero (crash-test) eseguite presso i laboratori ufficiali autorizzati dal Ministero dei LL.PP. (C.M. n. 4620 del 15 ottobre 1996 e C.M. 6 aprile 1900). Dette prove saranno eseguite con le modalità tecniche esecutive richiamate nel D.M. 3 giugno 1998 e successive modifiche ed integrazioni. Nel caso di "barriere stradali di sicurezza" da installare sul ponte si dovranno adottare oltre le disposizioni tecniche sopra elencate anche le norme previste dal D.M. 4 maggio 1990, punto 3.11 (Azioni sui parapetti. Urto di veicoli in svio) e dovranno appartenere alla classe H4a,b (ex B3). Le barriere ed i parapetti devono avere caratteristiche tali da resistere ad urti di veicoli e da presentare una deformabilità pressoché costante in qualsiasi punto. Inoltre, devono assicurare il contenimento dei veicoli collidenti sulla barriera (e tendenti alla fuoriuscita dalla carreggiata stradale) nelle migliori condizioni di sicurezza possibile.

#### 27.1.3.1 Individuazione delle zone da proteggere

La protezione deve riguardare almeno:

- i bordi di tutte le opere d'arte all'aperto, quali ponti, viadotti, ponticelli, sovrappassi e muri di sostegno della carreggiata, indipendentemente dalla loro estensione longitudinale e dall'altezza dal piano di campagna; la protezione dovrà estendersi opportunamente oltre lo sviluppo longitudinale strettamente corrispondente all'opera sino a raggiungere punti (prima e dopo l'opera) per i quali possa essere ragionevolmente escluso il rischio di conseguenze disastrose derivanti dalla fuoriuscita dei veicoli dalla carreggiata;
- il bordo stradale nelle sezioni in rilevato; la protezione è necessaria per tutte le scarpate aventi pendenza maggiore o uguale a 2/3. Nei casi in cui la pendenza della scarpata sia inferiore a 2/3, la necessità di protezione dipende dalla combinazione della pendenza e dell'altezza della scarpata, tenendo conto delle situazioni di potenziale pericolosità a valle della scarpata;
- gli ostacoli fissi che potrebbero costituire un pericolo per gli utenti della strada in caso di urto, quali pali di illuminazione e supporti per segnaletica non cedevoli e corsi d'acqua. Occorre proteggere i suddetti ostacoli ed

oggetti nel caso in cui non sia possibile o conveniente la loro rimozione e si trovino ad una distanza dal ciglio esterno della carreggiata inferiore ad una opportuna distanza di sicurezza; tale distanza varia in funzione dei seguenti parametri: velocità di progetto, volume di traffico, raggio di curvatura dell'asse stradale, pendenza della scarpata, pericolosità dell'ostacolo.

#### 27.1.4 Caratteristiche costruttive

La barriera sarà costituita da una serie di sostegni in profilato metallico e da una fascia orizzontale metallica, con l'interposizione di opportuni elementi distanziatori. Le giunzioni, che dovranno avere il loro asse in corrispondenza dei sostegni, devono essere ottenute con sovrapposizione di due nastri, effettuata in modo che, nel senso di marcia dei veicoli, la fascia che precede sia sovrapposta a quella che segue. Il collegamento delle fasce tra loro ed i loro sostegni, con l'interposizione dei distanziatori metallici, deve assicurare, per quanto possibile, il funzionamento della barriera a trave continua ed i sistemi di attacco (bulloni e piastrine copriasola) debbono impedire che, per effetto dell'allargamento dei fori, possa verificarsi lo sfilamento delle fasce. Tutti gli elementi metallici costituenti la barriera devono essere in acciaio di qualità non inferiore a Fe 360, zincato a caldo con una quantità di zinco non inferiore a 300 g/m<sup>2</sup> per ciascuna faccia e nel rispetto della normativa UNI 5744/66. I sistemi di collegamento delle fasce ai sostegni debbono consentire la ripresa dell'allineamento sia durante la posa in opera, sia in caso di cedimenti del terreno, consentendo un movimento verticale di più o meno 2 cm ed orizzontale di più o meno 1 cm. Le fasce ed i sistemi di collegamento ai sostegni dovranno consentire la installazione delle barriere lungo curve di raggio non inferiore a 50 m senza ricorrere a pezzi o sagomature speciali. Ogni tratto sarà completato con pezzi terminali curvi, opportunamente sagomati, in materiale del tutto analogo a quello usato per le fasce.

##### 27.1.4.1 Barriere di sicurezza a tripla onda

La barriera metallica stradale di sicurezza a tre nervature, a dissipazione controllata di energia, è costituita da una o più fasce orizzontali metalliche, sagomate a tripla onda, fissate ad una serie di sostegni in profilati metallici. Le fasce metalliche hanno un profilo a tre nervature con sviluppo di 749 mm e altezza di 508 mm, larghezza di 82,5 mm e spessore 2,5 mm oppure 3,0 mm. Sono forate ad interasse di 1.500 mm e 2.250 mm o 1.333 mm e 2.000 mm. Devono essere fissate ai sostegni in modo che il loro bordo superiore si trovi all'altezza indicata nei certificati di prova dal vero (crash test). Sono previsti elementi strutturali diversi, come travi superiori cave, diagonali interne, nel rispetto delle configurazioni e caratteristiche indicate nei documenti e disegni di cui ai certificati di prova (crash test). In particolare, nel caso di barriere singole, le diagonali devono rimanere completamente interne alla sagoma di ingombro trasversale tra fascia e tenditore posteriore. Le giunzioni fra le fasce hanno una sovrapposizione di 319 mm in modo che, nel senso di marcia dei veicoli, la fascia che precede sia sovrapposta a quella che segue; la congiunzione tra fasce è realizzata mediante 12 bulloni, più due bulloni di unione tra fascia e distanziatore. I montanti metallici hanno caratteristiche dimensionali e forme come indicato nelle relative certificazioni. Tra la fascia metallica ed i montanti sono interposti elementi distanziatori, dissipatori di energia ed elementi di sganciamento. I sostegni sono collegati posteriormente da un tenditore; i sistemi di unione delle fasce ai sostegni debbono consentire la ripresa dell'allineamento, sia durante la posa in opera, sia in caso di cedimenti del terreno, consentendo limitati movimenti di regolazione verticale ed orizzontale. Il distanziatore si unisce all'elemento di sganciamento ed al sostegno verticale tramite due bulloni. I sistemi di unione (bulloni e copriasola) hanno la funzione di impedire che, a causa dell'allargamento dei fori, possa verificarsi lo sfilamento delle fasce; essi saranno costituiti da bulloneria a testa tonda e piastrina copriasola antisfilamento. I sostegni verticali sono collegati nella parte inferiore, da uno o più correnti ferma ruota, realizzati in profilo presso piegato di idonee sezioni e di conveniente spessore.

#### 27.1.4.1.1 Caratteristiche di resistenza agli urti

Le barriere dovranno avere caratteristiche di resistenza almeno pari a quelle richieste dal D.M. 11 giugno 1999, D.M. 3 giugno 1998, tabella A) per il tipo di strada, di traffico, ubicazione della barriera stessa. Le caratteristiche predette saranno verificate dalla direzione dei lavori sulla base dei "certificati di omologazione" esibiti dall'appaltatore ed ottenuti in base ai disposti del D.M. 11 giugno 1999, del D.M. 3 giugno 1998, ovvero, nel caso di non avvenuta omologazione e/o nelle more del rilascio di essa, l'appaltatore dovrà fornire alla direzione dei lavori un'idonea documentazione, dalla quale risulti che ognuna delle strutture da impiegare nel lavoro ha superato, con esito positivo, le prove dal vero (crash test) effettuate secondo le procedure fissate dai citati decreti ministeriali. Le prove dovranno essere state effettuate presso i campi prove autorizzati come da C.M. 6 aprile 1900. La predetta documentazione dovrà essere consegnata alla direzione dei lavori all'atto della consegna dei lavori. I materiali da impiegare nei lavori dovranno corrispondere ai requisiti di seguito prefissati:

a) Materiali metallici in genere: saranno esenti da scorie, soffiature e da qualsiasi altro difetto; gli acciai per c.a., c.a.p.. e carpenteria metallica dovranno soddisfare ai requisiti stabiliti dalle norme tecniche vigenti in applicazione dell'art. 21 della legge n. 1686/1971; tutti gli elementi metallici costituenti la barriera devono essere in acciaio di qualità non inferiore a S215JR secondo EN 16025, la bulloneria secondo la norma UNI 3740, il tutto zincato a caldo nel rispetto della norma UNI EN ISO 1761. Nel caso di forniture di barriere di sicurezza corredate da certificazioni di prove dal vero, la classe della bulloneria e le caratteristiche dimensionali di tutti i singoli componenti saranno quelle indicate nei disegni allegati ai certificati medesimi.

b) Barriere metalliche: avranno i seguenti requisiti:

##### 1. Acciaio impiegato

Le qualità da utilizzare dovranno essere conformi a quelle previste dai certificati di omologazione o dai rapporti di prove di urto al vero, sia per quanto riguarda le caratteristiche meccaniche sia per quelle chimiche. L'acciaio dovrà inoltre essere zincabile.

##### 2. Tolleranze di spessore

Le tolleranze di spessore ammesse sono quelle della norma EN 16051/91.

##### 3. Collaudi e documenti tecnici

La qualità delle materie prime deve essere certificata dai relativi produttori o da enti o laboratori ufficiali di cui all'art. 19 legge n. 1686/1971 o autorizzati con decreto del Ministero dei lavori pubblici. Tutte le barriere dovranno essere identificabili con il nome del produttore. Se omologate, dovranno riportare la classe di appartenenza e la sigla di omologazione, nel tipo e numero progressivo.

#### 27.1.5 Installazione su manufatto di attraversamento

I parapetti da installare in corrispondenza del ponte saranno costituiti in maniera del tutto analoga alle barriere avanti descritte, e cioè da una serie di sostegni verticali in profilato metallico, da una fascia orizzontale metallica, fissata ai sostegni a mezzo di distanziatori, e da un corrimano in tubolare metallico posto ad altezza non inferiore a m 1 dal piano della pavimentazione finita e dovranno rispondere alle norme previste dal D.M. 4 maggio 1990 - punto 3.11.. I parapetti dovranno essere realizzati, per quanto riguarda gli acciai laminati a caldo, con materiali rispondenti alle prescrizioni contenute nel D.M. 9 gennaio 1996 e sue istruzioni emanate con circolare Ministero LL.PP. n. 252 del 15 ottobre 1996, mentre per altri tipi di acciaio o di metallo si dovrà fare riferimento alle norme U.N.I. corrispondenti o ad altre eventuali, comunque richiamate dal predetto decreto ministeriale. I sostegni per parapetti saranno in profilato di acciaio, in un solo pezzo opportunamente sagomato ed avranno, per la parte inferiore reggente la fascia, caratteristiche di resistenza pari a quelle richieste per i sostegni delle barriere. I sostegni saranno di norma alloggiati, per la profondità occorrente, in

appositi fori di ancoraggio, predisposti o da predisporre dalla stessa impresa sulle opere d'arte e fissati con adeguata malta, secondo le prescrizioni previste in progetto e/o indicate dalla direzione dei lavori. I fori dovranno essere eseguiti secondo le prescrizioni previste in progetto e/o indicate dalla direzione dei lavori; altrettanto dicasi per il ripristino delle superfici manomesse. La fascia dovrà essere uguale a quella impiegata per la barriera, ed essere posta in opera alla stessa altezza di quest'ultima dal piano della pavimentazione finita, anche se l'interasse dei sostegni risulterà inferiore. Il corrimano in tubolare metallico, delle dimensioni esterne non inferiore a 45 mm e spessore non inferiore a 2,4 mm, sarà fissato allo stesso sostegno della fascia. Tutte le parti metalliche dei parapetti dovranno essere in acciaio di qualità non inferiore a Fe 360 ed assoggettate alla zincatura a caldo mediante il procedimento a bagno. I quantitativi minimi di zinco saranno di grammi 300 per metro quadrato e per ciascuna faccia; i controlli dei quantitativi di zinco saranno effettuati secondo i procedimenti previsti dalle norme ASTM n. A 90/53 ed UNI 5744/66. Ad interasse non superiore a quello corrispondente a tre elementi (in media ogni quattro sostegni) dovrà essere eseguita l'installazione di dispositivi rifrangenti, i quali avranno area non inferiore a 50 cm<sup>2</sup>, in modo che le loro superfici risultino pressoché normali all'asse stradale.

#### 27.1.6 Prove tecniche (statiche dinamiche) sulle barriere

Le prove (statiche dinamiche) d'impatto dal vero (crash-test) per la valutazione sia delle caratteristiche prestazionali e sia dell'efficienza delle barriere di sicurezza stradali (da realizzare a norma del D.M. 3 giugno 1998 e successive modifiche ed integrazioni) dovranno essere eseguite, come previsto dalle circolari del Ministero dei lavori pubblici del 15 ottobre 1996 e del 6 aprile 1900, presso i sottoelencati istituti autorizzati:

- il Centro prove per barriere di sicurezza stradali di Anagni -Centro rilevamento dati sui materiali di Fiano Romano della società Autostrade S.p.a.;
- il Laboratorio L. I. E. R., .Laboratoire d'essais INRETS - Equipments de la Route, con sede in D29 Route de Crémieu B.P. 352 69125 Lyon Satolas Aeroport – Francia;
- TUV BAYERN SACHSEN E. V. – -85748 GARCHING (Repubblica Federale Tedesca).

## Art. 28 – Segnaletica

### 28.1 Segnaletica orizzontale in vernice

#### 28.1.1 Generalità

La segnaletica orizzontale in vernice sarà eseguita con apposita attrezzatura traccialinee a spruzzo semovente. I bordi delle strisce, linee arresto, zebrature scritte, ecc., dovranno risultare nitidi e la superficie verniciata uniformemente coperta. Le strisce orizzontali dovranno risultare perfettamente allineate con l'asse della strada.

#### 28.1.2 Prove ed accertamenti

Le vernici che saranno adoperate per l'esecuzione della segnaletica orizzontale dovranno essere accompagnate da una dichiarazione delle caratteristiche, dalla quale dovranno risultare peso per litro a 25° C, il tempo di essiccazione, la viscosità, la percentuale di pigmento, la percentuale di non volatile, il peso di cromato di piombo o del biossido di titanio, il tipo di solvente da usarsi per diluire, la quantità raccomandata per l'applicazione della pittura e ogni altro requisito tecnico descritto nei precedenti articoli. I contenitori prescelti per la prova dovranno risultare ermeticamente chiusi e dovranno essere etichettati con i dati necessari a identificare univocamente il campione. Sull'etichetta si dovranno annotare i seguenti dati.

- descrizione;
- ditta produttrice;



- data di fabbricazione;
- numerosità e caratteristiche della partita;
- contrassegno;
- luogo del prelievo;
- data del prelievo;
- firme degli incaricati.

Per le varie caratteristiche sono ammesse le seguenti tolleranze massime, superate le quali verrà rifiutata la vernice:

- viscosità: un intervallo di 5 unità Krebs rispetto al valore dichiarato dal venditore nella dichiarazione delle caratteristiche.
- peso per litro: 0,03 kg in più o in meno.

Nessuna tolleranza è invece ammessa per il tempo di essiccazione, la percentuale di sfere di vetro, il residuo volatile ed il contenuto di pigmento.

### 28.1.3 Caratteristiche delle vernici

La vernice da impiegare dovrà essere del tipo rifrangente premiscelato e cioè contenere sfere di vetro mescolato durante il processo di fabbricazione, così che dopo l'essiccamento e la successiva esposizione delle sfere di vetro, dovute all'usura dello strato superficiale di vernice stessa sullo spartitraffico, svolga effettivamente efficiente funzione di guida nelle ore notturne agli autoveicoli, sotto l'azione della luce dei fari.

#### a) Condizioni di stabilità

Per la vernice bianca il pigmento colorato sarà costituito da biossido di titanio con o senza aggiunta di zinco, per quella gialla da cromato di piombo. Il liquido pertanto deve essere del tipo oleo-resinoso con parte resinosa sintetica; il fornitore dovrà indicare i solventi e gli essiccanti contenuti nella vernice. La vernice dovrà essere omogenea, ben macinata e di consistenza liscia ed uniforme, non dovrà fare crosta né diventare gelatinosa o ispessirsi. La vernice dovrà consentire la miscelazione nel recipiente contenitore, senza difficoltà, mediante l'uso di una spatola, a dimostrare le caratteristiche desiderate in ogni momento, entro sei mesi dalla data di consegna. La vernice non dovrà assorbire grassi, olii ed altre sostanze tali da causare la formazione di macchie di nessun tipo e la sua composizione chimica dovrà essere tale che, anche durante i mesi estivi, anche se applicata su pavimentazione bituminosa, non dovrà presentare traccia di inquinamento da sostanze bituminose. Il potere coprente della vernice deve essere compreso tra 1,2 e 1,5 m<sup>2</sup>/kg. (ASTM D 1738); ed il peso suo specifico non dovrà essere inferiore a 1,50 kg per litro a 25° C (ASTM D 1773).

#### b) Caratteristiche delle sfere di vetro

Le sfere di vetro dovranno essere trasparenti, prive di lattiginosità e di bolle d'aria e, almeno per il 90% del peso totale dovranno avere forma sferica con esclusione di elementi ovali, e non dovranno essere saldate insieme. L'indice di rifrazione non dovrà essere inferiore ad 1,50 determinato secondo il metodo indicato nella norma UNI 9394-89. Le sfere non dovranno subire alcuna alterazione all'azione di soluzioni acide saponate a pH 5-5,3 e di soluzione normale di cloruro di calcio e di sodio. La percentuale in peso delle sfere contenute in ogni chilogrammo di vernice prescelta dovrà essere compresa tra il 30 ed il 40%. Le sfere di vetro (premiscelato) dovranno soddisfare complessivamente alle seguenti caratteristiche granulometriche:

- setaccio A.S.T.M. % in peso
- perline passanti per il setaccio n.70 : 160%
- perline passanti per il setaccio n.170 : 15-55%
- perline passanti per il setaccio n.210 : 0-16%

#### c) Idoneità di applicazione

La vernice dovrà essere adatta per essere applicata sulla pavimentazione stradale con le normali macchine spruzzatrici e dovrà produrre una linea consistente e piena della larghezza richiesta. Potrà essere consentita l'aggiunta di piccole quantità di diluente fino al massimo del 4% in peso.

d) Quantità di vernice da impiegare e tempo di essiccamento

La quantità di vernice, applicata a mezzo delle normali macchine spruzzatrici sulla superficie di una pavimentazione bituminosa, in condizioni normali, dovrà essere non inferiore a chilogrammi 0,160 kg/ml di striscia larga 12 cm e di 1,00 kg per superfici variabili di 1,3 m<sup>2</sup> e 1,4 m<sup>2</sup>. In conseguenza della diversa regolarità della pavimentazione ed alla temperatura dell'aria tra i 15° C e 40° C e umidità relativa non superiore al 70%, la vernice applicata dovrà asciugarsi sufficientemente entro 30-40 minuti dell'applicazione; trascorso tale periodo di tempo le vernici non dovranno staccarsi, deformarsi o scolorire sotto l'azione delle ruote gommate degli autoveicoli in transito. Il tempo di essiccamento sarà anche controllato in laboratorio secondo le norme A.S.T.M. D/711-35.

e) Viscosità

La vernice nello stato in cui viene applicata, dovrà avere una consistenza tale da poter essere agevolmente spruzzata con la macchina traccialinee; tale consistenza, misurata allo stormer viscosimeter a 25° C espressa in umidità Krebs sarà compresa tra 70 e 90 (A.S.T.M. D 562).

f) Colore

La vernice dovrà essere conforme al bianco o al giallo richiesto. La determinazione del colore sarà fatta in laboratorio dopo l'essiccamento della stessa per 21 ore. La vernice non dovrà contenere alcuno elemento colorante organico e non dovrà scolorire al sole. Quella bianca dovrà possedere un fattore di riflessione pari almeno al 75% relativo all'ossido di magnesio, accertata mediante opportuna attrezzatura. Il colore dovrà conservare nel tempo, dopo l'applicazione, l'accertamento di tali conservazioni che potrà essere richiesto dalla stazione appaltante in qualunque tempo prima del collaudo e che potrà determinarsi con opportuni metodi di laboratorio.

g) Veicolo

Il residuo non volatile sarà compreso tra il 65% ed il 75% in peso sia per la vernice bianca che per quella gialla.

h) Contenuto di pigmenti

La pittura dovrà contenere pigmenti inorganici che abbiano una ottima stabilità all'azione dei raggi UV, una elevata resistenza agli agenti atmosferici e una limitata propensione all'assorbimento e alla ritenzione dello sporco. I pigmenti contenuti nella pittura dovranno essere compresi tra il 35 ed il 45 % in peso (FTMS 171a- 4021.1).

i) Contenuto di pigmenti nobili

Il contenuto di biossido di titanio (pittura bianca) non dovrà essere inferiore al 17% in peso e quello cromato di piombo (vernice gialla) non inferiore al 12% in peso.

l) Resistenza ai lubrificanti e carburanti

La pittura dovrà resistere all'azione lubrificante e carburante di ogni tipo e risultare insolubile ed inattaccabile alla loro azione.

m) Prova di rugosità su strada

Le prove di rugosità potranno essere eseguite su strade nuove in un periodo tra il 16° ed il 30° giorno dalla apertura del traffico stradale. Le misure saranno effettuate con apparecchio Skid Tester ed il coefficiente ottenuto secondo le modalità d'uso previste dal R.D.L. inglese, non dovrà abbassarsi al di sotto del 75% di quello che presenta pavimentazioni non verniciate nelle immediate vicinanze della zona ricoperta con pitture; in ogni caso il valore assoluto non dovrà essere minore di 45.

## 28.2 Segnaletica orizzontale in termospruzzato plastico (spray plastic)

### 28.2.1 Generalità

La fornitura dovrà essere accompagnata da un certificato, emesso dal produttore, con il nome ed il tipo del materiale da adoperare, la composizione chimica ed altri elementi che possono essere richiesti dalla direzione dei lavori. La direzione dei lavori potrà prelevare campioni di spruzzato termoplastico, prima e dopo la stesura, per farli sottoporre alle prove che riterrà opportune, presso laboratori ufficiali, onde controllare le caratteristiche in precedenza indicate e richieste; le spese relative saranno a carico dell'impresa realizzatrice.

### 28.2.2 Composizione del materiale

Lo spruzzato termoplastico è costituito da una miscela di aggregati di colore chiaro, microsfere di vetro, pigmenti coloranti e sostanze inerti, legate insieme con resine sintetiche termoplastiche, plastificate con olio minerale. La composizione del materiale, incluse le microsfere sovraspruzzate, è - in peso - all'incirca la seguente:

- aggregati 40%
- microsfere di vetro 19%
- pigmenti e sostanze inerti 19%
- legante (resine e olio) 19%

La proporzione dei vari ingredienti è tale che il prodotto finale, quando viene liquefatto, può essere spruzzato facilmente sulla superficie stradale realizzando una striscia uniforme di buona nitidezza. Gli aggregati sono costituiti da sabbia bianca silicea, calcite frantumata, silice calcinata, quarzo ed altri aggregati chiari ritenuti idonei. Le microsfere di vetro devono avere buona trasparenza - per almeno l'80% - ed essere regolari e prive di incrinature; il loro diametro deve essere compreso tra 0,2 mm e 0,8 mm (non più del 16% deve superare il setaccio di 419 micron). Il pigmento colorante è costituito da biossido di titanio (color bianco) oppure da cromato di piombo (color giallo); il primo deve essere in percentuale non inferiore al 16% in peso rispetto al totale della miscela, mentre il secondo deve essere in percentuale non inferiore al 5% e deve possedere una sufficiente stabilità di colore quando viene riscaldato a 190° C. La sostanza inerte è costituita da carbonato di calcio ricavato dal gesso naturale. Il contenuto totale dei pigmenti e della sostanza inerte deve essere compreso tra il 18% ed il 20% in peso rispetto al totale della miscela. Il legante, costituito da resine sintetiche da idrocarburi, plastificate con olio minerale, non deve contenere più del 5% di sostanze acide. Le resine impiegate dovranno essere di colore chiaro e non devono scurirsi eccessivamente se riscaldate per 15 ore alla temperatura di 150° C. L'olio minerale usato come plastificante deve essere chiaro e con una viscosità di 0,5 + 35 poise a 25°C e non deve scurirsi eccessivamente se riscaldato per 15 ore alla temperatura di 150° C. Il contenuto totale del legante deve essere compreso tra il 18% ed il 20% in peso rispetto al totale della miscela. L'insieme degli aggregati, dei pigmenti e delle sostanze inerti, deve avere il seguente fuso granulometrico (analisi al setaccio):

Percentuale del passante in peso e quantità del prodotto impiegato

min. max

- setaccio 3.190 micron 160 -
- setaccio 1.190 micron 85 95
- setaccio 300 micron 40 65
- setaccio 75 micron 25 35

Il peso specifico dello spruzzato termoplastico a 19° C deve essere circa 2,0 g/cm³.

Lo spessore della pellicola di spruzzato termoplastico deve essere di norma di 1,5 mm, con il corrispondente impiego di circa 3.500 g/m² di prodotto. La percentuale in peso delle microsfere di vetro rispetto allo spruzzato termoplastico non deve essere inferiore al 12%, cioè a circa 400 g/m².

In aggiunta a quanto sopra, in fase di stesura dello spruzzato termoplastico, sarà effettuata un'operazione supplementare di perlatura a spruzzo sulla superficie della striscia ancora calda, in ragione di circa g/mq 300 di microsfere di vetro. Il risultato del suddetto impiego di microsfere di vetro dovrà essere tale da garantire che il coefficiente di luminosità abbia un valore non inferiore a 75.

Caratteristiche chimico-fisiche dello spruzzato:

- a) punto di infiammabilità: superiore a 210° C;
- b) punto di rammollimento o di rinvenimento: superiore a 80° C;
- c) Peso specifico: a 19 gradi circa 2,0 g/cm<sup>3</sup>;
- d) antidrucciolevolezza: (secondo le prove di aderenza con apparecchio SRT dell'ente federale della circolazione stradale tedesca) valore minimo 50 unità SRT;
- e) resistenza alle escursioni termiche: da sotto 0° a + 80° C;
- f) resistenza della adesività: con qualsiasi condizione meteorologica (temperatura – 25° C + 70° C), sotto l'influenza dei gas di scarico ed alla combinazione dei sali con acqua - concentrazione fino al 5% - sotto l'azione di carichi su ruota fino ad otto tonnellate;
- g) tempo di essiccazione: (secondo le norme americane ASTM D711-55 punto 2.4) valore massimo 16";
- h) resistenza alla corrosione: il materiale deve rimanere inalterato se viene immerso in una soluzione di cloruro di calcio, a forte concentrazione, per un periodo di 4 settimane;
- i) visibilità notturna: (secondo il metodo di prova delle norme inglesi "Road Markings, Traffic Signs and Signals - Art. 15.01 - Traffic Paint and Road Markings" - punto 1 e 11/d) il valore minimo del coefficiente deve essere 75; il coefficiente è uguale a 160 per il carbonato di magnesio in blocco;
- j) resistenza all'usura: (secondo il metodo di prova delle norme inglesi suddette - punto 11/a) la perdita di peso del campione dopo 190 giri delle ruote non deve eccedere 0,5 g;
- k) resistenza alla pressione ad alta temperatura: (secondo il metodo di prova delle norme inglesi suddette – punto 11/b) dopo un'ora il peso di 160 g, dal diametro di 21 mm, non deve essere penetrato nel campione, ma aver lasciato soltanto una leggera impronta;
- l) resistenza all'urto a bassa temperatura: (secondo il metodo di prova delle Norme inglesi suddette – punto 11/c) dopo la prova d'urto il campione non deve rompersi, né incrinarsi, se portato alla temperatura di –1° C.

### 28.2.3 Sistema di applicazione

L'attrezzatura richiesta per effettuare la segnaletica orizzontale con spruzzato termoplastico è costituita da due autocarri, su uno dei quali viene effettuata la pre-fusione del materiale e sull'altro viene trasportata la macchina spruzzatrice, equipaggiata con un compressore capace di produrre un minimo di 2,00 m<sup>3</sup> di aria al minuto alla pressione di 7 kg/cm<sup>2</sup>. Un minimo di due pistole spruzzatrici per il termoplastico e due per le microsfere da sovraspruzzare devono essere disponibili ai bordi della macchina, in modo che strisce di larghezza compresa tra 16 cm e 30 cm possano essere ottenute con una passata unica e che due strisce continue parallele, oppure una continua ed una tratteggiata possano essere realizzate contemporaneamente. Le due pistole per spruzzare il termoplastico devono essere scaldate in modo che la fuoriuscita del materiale avvenga alla giusta temperatura, onde ottenere una striscia netta, diritta senza incrostazioni o macchie. Le due pistole per le microsfere dovranno essere sincronizzate in modo tale da poter spruzzare immediatamente, sopra la striscia di termoplastico ancora calda, la quantità di microsfere di vetro indicata nel presente articolo. La macchina spruzzatrice deve essere fornita di un selezionatore automatico che consenta la realizzazione delle strisce tratteggiate senza premarcatura ed alla normale velocità di applicazione dello spruzzato termoplastico.

Lo spruzzato termoplastico sarà applicato alla temperatura di 190°C circa sul manto stradale asciutto ed accuratamente pulito anche da vecchia segnaletica orizzontale. Lo spessore delle strisce e delle zebraure deve essere di norma di 1,5 mm, mentre lo spessore delle frecce e delle scritte deve essere di norma di 2,5 mm. La direzione dei lavori potrà diminuire gli spessori indicati fino ai limiti qui appresso indicati:

- per le strisce, preferibilmente per la striscia gialla di margine, fino ad un minimo di 1,2 mm;
- per le zebraure fino ad un minimo di 1,2 mm;
- per le frecce e le scritte fino ad un minimo di 2,0 mm.

### 28.3 Segnaletica orizzontale permanente materiali preformati retrorifrangenti

La segnaletica orizzontale realizzata in preformato retrorifrangente dovrà attenersi alla normativa di cui all'art.40 del D.Lgs n. 1992/285 e del suo regolamento approvato con D.P.R. n. 495/1992, in particolare dall'art. 177 all'art. 155 come modificato dal D.P.R. n.616 del 15-9-1996. Il materiale in oggetto dovrà essere costituito da un laminato elastoplastico autoadesivo con polimeri di alta qualità, contenente una dispersione di microgranuli ad alto potere antisdrucchiolo e di microsfele in vetro "TIPO A" o in ceramica "TIPO B e C" (o equivalente) con caratteristiche in rifrazione tali da conferire al laminato stesso un alto e continuato potere retroriflettente. Per garantire una buona stabilità del colore ed un ancoraggio ottimale delle microsfele, il prodotto dovrà essere trattato in superficie con una speciale resina. Il laminato elastoplastico autodesivo potrà essere posto in opera ad incasso su pavimentazioni nuove, nel corso della stesura del manto bituminoso, o su pavimentazioni già esistenti mediante uno speciale "Primer", da applicare solamente sul manto d'asfalto. Il laminato dovrà inoltre essere in grado di conformarsi perfettamente alla pavimentazione stradale attraverso l'azione del traffico, ed essere, dopo l'applicazione, immediatamente transitabile. Il laminato potrà essere utilizzato per la realizzazione di segnalamenti orizzontali longitudinali, simboli e iscrizioni di ogni tipologia. Il materiale dovrà rispondere inoltre ai seguenti requisiti:

TIPO A (fasce di arresto, zebraure, scritte)

- Antisdrucchiolo

Il valore iniziale, con materiale bagnato, è di almeno 45 SRT (British Portable Skid Resistance Tester).

- Rifrangenza

I laminati per segnaletica orizzontale dovranno avere i seguenti valori minimi iniziali di retroriflettenza RL espressi in millicandele per metro quadrato per lux di luce incidente (mcd/mq x lux).

COLORE BIANCO

- angolo di osservazione di 4,5°;
- angolo di illuminazione di 3,5°;
- retroriflettenza RL di 300 mcd/mq x lux.

I valori indicati sono del tipo Ecolux ma si potranno adottare anche i requisiti CEN derivanti dalla norma UNI EN 1736, la quale prescrive per:

- angolo di osservazione di 2,29°;
- angolo di illuminazione di 1,21°.

TIPO B (strisce longitudinali)

- Antisdrucchiolo

Il valore iniziale, con materiale bagnato, è di almeno 50 SRT (British Portable Skid Resistance Tester).

- Rifrangente

I laminati per segnaletica orizzontale dovranno avere i seguenti valori minimi iniziali di retroriflettenza RL espressi in millicandele per metro quadrato per lux di luce incidente (mcd/mq x lux).

## COLORE BIANCO

- angolo di osservazione di 4,5°;
- angolo di illuminazione di 3,5°;
- retroriflettenza RL di 500 mcd/mq x lux.

I valori indicati sono del tipo Ecolux ma si potranno adottare anche i requisiti CEN derivanti dalla norma UNI EN 1736, la quale prescrive per:

- angolo di osservazione di 2,29°;
- angolo di illuminazione di 1,21°.

Per garantire una durata non inferiore a quella prevista dal presente disciplinare, le microsfere dovranno essere del tipo resistente alle sollecitazioni di corrosione, graffiatura e frantumazione (tipo ceramica), e dovranno avere un indice di rifrazione superiore a 1,7.

### 28.3.1 Garanzie sui preformati retrorifrangenti

Ai sensi dell'art. 17 lettera E del D.Lgs n. 358/18920 così come espresso dal D.P.R. n. 573/1994 e della circolare Ministero LL.PP. 15 maggio 1997, n. 2153 per garantire le caratteristiche richieste dal presente disciplinare, dovrà essere presentato:

- certificato attestante che il preformato retrorifrangente è prodotto da azienda in possesso del sistema di qualità secondo le norme UNI EN 9000 "TIPO A, B e C";
- certificato comprovante la presenza di microsfere tipo ceramica "TIPO B e C" (o equivalente);
- certificato comprovante il valore di rifrangenza "TIPO A, B e C";
- certificato comprovante il valore di antiscivolosità "TIPO A, B e C".

## 28.4 Segnaletica orizzontale temporanea

### 28.4.1 Materiali preformati retrorifrangenti

Il materiale in oggetto sarà costituito da un laminato elastoplastico autoadesivo, rimovibile per utilizzo temporaneo con polimeri di alta qualità, contenente una dispersione di microgranuli di speciale materiale ad elevato potere antisdrucchiolo e di microsfere ad alto indice di rifrazione tale da conferire al laminato stesso ottime proprietà retroriflettenti. La resina poliuretanica, presente nella parte superiore del prodotto, dovrà assicurare un perfetto e durevole ancoraggio delle microsfere e delle particelle antiscivolo. Il laminato dovrà contenere al suo interno uno speciale tessuto reticolare in poliestere che assicura un'elevata resistenza alla spinta torsionale esercitata dai veicoli, soprattutto, una facile e perfetta rimovibilità del laminato dalla pavimentazione. Il colore giallo sarà ottenuto utilizzando esclusivamente pigmenti organici. Detto laminato dovrà risultare quindi sia riciclabile che distrutibile come rifiuto atossico; conforme alle normative europee sull'ambiente, considerato "prodotto non inquinante". L'adesivo posto sul retro del preformato, dovrà permettere una facile e rapida applicazione del prodotto pur garantendone la non alterazione anche sotto elevati volumi di traffico. Appena applicato, il laminato è immediatamente transitabile. Il laminato oggetto della presente specifica dovrà avere i seguenti valori minimi iniziali di retroriflettenza RL espressi in millicandele per metro quadrato per lux di luce incidente (mcd/mq x lux):

- retroriflettenza 600 mcd/lux x mq (geometria Ecolux)
- antiscivolosità 55 SRT
- spessore 1,5 mm

I valori indicati sono del tipo Ecolux ma si potranno adottare anche i requisiti CEN derivanti dalla norma UNI EN 1736.

Per il suddetto materiale dovranno essere presentati certificati di antiscivolosità, rifrangenza di cui al presente capitolato attestanti che il prodotto elastoplastico è prodotto da azienda in possesso del sistema di qualità secondo le norme UNI EN 9000.

## Art. 29– Misure di sicurezza e provvedimenti di viabilità transitoria

L'Impresa dovrà provvedere, senza alcun compenso speciale, ad allestire tutte le opere di difesa, mediante sbarramenti o segnalazioni in corrispondenza dei lavori, di interruzioni o di ingombri, sia in sede stradale che fuori, da attuarsi con cavalletti, fanali, nonché con i segnali prescritti dal Nuovo Codice della Strada ( D.Lgs. n.285 del 30.4.1992 aggiornato con il D.Lgs. n.360 del 16.9.1993) e dal relativo regolamento di esecuzione ed attuazione ( D.P.R. n.495 15.12.1992) e successive variazioni ed integrazioni. Dovrà pure provvedere ai ripari ed alle armature degli scavi, ed in genere a tutte le opere provvisorie necessarie alla sicurezza degli addetti ai lavori e dei terzi. Tali provvedimenti devono essere presi sempre a cura ed iniziativa dell'Impresa, ritenendosi impliciti negli ordini di esecuzione dei singoli lavori. Nei casi di urgenza però, l'Impresa ha espresso obbligo di prendere ogni misura, anche di carattere eccezionale, per salvaguardare la sicurezza pubblica, avvertendo immediatamente di ciò la Direzione dei Lavori. L'Impresa non avrà mai diritto a compensi addizionali ai prezzi di contatto qualunque siano le condizioni effettive nelle quali debbano eseguirsi i lavori, né potrà valere titolo di compenso ed indennizzo per non concessa chiusura di una strada o tratto di strada al passaggio dei veicoli, restando riservata alla Direzione dei Lavori la facoltà di apprezzamento sulla necessità di chiusura. Come pure nel caso che Province, Comuni od altri Enti, a causa dell'aumento del transito in dipendenza della esecuzione dei lavori, dovessero richiedere contributi per manutenzione di strade di loro pertinenza, tali oneri saranno a carico dell'Impresa.

## CAPO 3 - NORME PER LA MISURAZIONE E LA VALUTAZIONE DEI LAVORI

### Art. 30 - Norme generali

Le quantità dei lavori e delle opere a misura saranno determinate con metodi geometrici, a numero, a peso o a corpo, in relazione a quanto previsto nell'Elenco Prezzi. I lavori saranno liquidati in base alle misure fissate dal progetto anche se dalle misure di controllo, rilevate dagli incaricati, dovessero risultare spessori, lunghezze, superfici e volumi effettivamente superiori. Soltanto nel caso che la Direzione dei Lavori abbia ordinato per iscritto tali maggiori dimensioni se ne terrà conto nella contabilizzazione. Nel caso che dalle misure di controllo risultassero dimensioni minori di quelle indicate in progetto o prescritte dalla Direzione dei Lavori, sarà facoltà insindacabile della Direzione dei Lavori ordinare la demolizione delle opere e la loro ricostruzione a cura e spese dell'Impresa. Nel caso che le minori dimensioni accertate fossero, ad insindacabile giudizio della Direzione dei Lavori, compatibili con la funzionalità e la stabilità delle opere, queste potranno essere accettate e pagate in base alle quantità effettivamente eseguite. Le misure saranno prese in contraddittorio, mano a mano che si procederà all'esecuzione dei lavori, e riportate su appositi libretti che saranno firmati dagli incaricati della Direzione dei Lavori e dell'Impresa. Resta sempre salva, in ogni caso, la possibilità di verifica e rettifica in occasione delle operazioni di collaudo.

### Art. 31 - Scavi - rilevati

La misurazione degli scavi e dei rilevati verrà effettuata con il metodo delle sezioni ragguagliate. All'atto della consegna dei lavori, l'Impresa eseguirà in contraddittorio con la Direzione dei Lavori, il controllo delle quote delle sezioni trasversali e la verifica delle distanze fra le sezioni stesse. In base a tali rilievi, ed a quelli da praticarsi ad opere finite od a parti di esse, purché finite, con riferimento alle sagome delle sezioni tipo ed alle quote di progetto, sarà determinato il volume degli scavi e dei rilevati eseguiti per la sede stradale. Analogamente si procederà per le altre opere fuori della medesima sede. Resta inteso che, sia in trincea che in rilevato, la sagoma rossa delimitante le aree di scavo o di riporto è quella che segue il piano di banchina, il fondo cassonetto, sia della banchina di sosta che della carreggiata, come risulta dalla sezione tipo.

#### A) Preparazione dei piani di posa dei rilevati.

Tutte le operazioni previste e prescritte per la preparazione dei piani di posa dei rilevati sono compensate dal prezzo per la posa dei rilevati. Solo nel caso in cui la Direzione dei Lavori ordini, per la eventuale bonifica del piano di posa, un maggiore scavo oltre lo spessore medio di cm 19 per la rimozione del terreno vegetale, tale maggiore scavo ed il relativo riempimento verranno compensati a parte con i relativi prezzi di Elenco. L'onere relativo al taglio delle piante, alla estirpazione delle ceppaie, delle radici, degli arbusti, ecc., ed il riempimento delle buche risultanti dell'estirpamento delle radici delle piante, è anch'esso compreso e compensato nel prezzo relativo alla posa dei rilevati.

#### B) Scavi di sbancamento e di fondazione.

Tutti i materiali provenienti dagli scavi sono di proprietà dell'Amministrazione Appaltante. L'Impresa potrà usufruire dei materiali stessi, sempre che vengano riconosciuti idonei dalla Direzione dei Lavori, ma limitatamente ai quantitativi necessari all'esecuzione delle opere appaltate e per quelle categorie di lavoro di cui è stabilito il prezzo di Elenco per materiali provenienti dagli scavi. Quando negli scavi in genere si fossero passati i limiti assegnati, non solo non si terrà conto del maggior lavoro eseguito, ma l'Impresa dovrà, a sue spese, rimettere in sito le materie scavate in più, o comunque provvedere a quanto necessario per assicurare la regolare esecuzione delle opere. Il prezzo relativo agli scavi in genere, da eseguirsi con le modalità prescritte nel presente capitolato speciale d'appalto, comprende tra gli oneri particolari:



- il taglio delle piante, l'estirpazione delle ceppaie, radi ci arbusti, ecc. ed il loro trasporto in aree messe a disposizione dalla Direzione dei Lavori;
- lo scavo, il trasporto e lo scarico dei materiali a rifiuto, a riempimento ed a deposito a qualsiasi distanza, la perfetta profilatura dei cassonetti anche in roccia;
- gli esaurimenti di acqua negli scavi di sbancamento.

Qualora, per la qualità del terreno o per qualsiasi altro motivo, fosse necessario puntellare, sbadacchiare e armare le pareti degli scavi, l'Impresa vi dovrà provvedere a sue spese, adottando tutte le precauzioni necessarie per impedire smottamenti. L'Impresa è tenuta a coordinare opportunamente (per campioni) la successione e la esecuzione delle opere di scavo e murarie, poiché gli oneri relativi sono da intendersi compensati con i prezzi contrattuali. Nessun compenso spetterà all'Impresa per il mancato recupero, parziale o totale, del materiale impiegato in dette armature e sbadacchiature, e così pure se le condizioni locali richiedessero che gli scavi, anche di sbancamento, siano da eseguirsi "a campione". Nel caso degli scavi in terra, solo i trovanti rocciosi o fondazioni di murature aventi singolo volume superiore a mc 1, se rotti, verranno compensati con i relativi prezzi d'Elenco ed il loro volume sarà detratto da quello degli scavi terra. Gli scavi di fondazione saranno computati per un volume uguale a quello risultante dal prodotto dell'area di base delle murature di fondazione per la loro profondità, misurata a partire dal piano dello scavo di sbancamento. Gli scavi di fondazione potranno essere eseguiti, ove ragioni speciali non lo vietino, anche con pareti a scarpa, ma in tal caso non sarà pagato il maggior volume, né il successivo riempimento a ridosso delle murature che l'Impresa dovrà eseguire a propria cura e spese. Al volume di scavo per ciascuna classe di profondità indicata nell'Elenco Prezzi, verrà applicato il relativo prezzo e sovrapprezzo. Nel prezzo degli scavi di fondazione è sempre compreso l'onere del riempimento dei vuoti attorno alla muratura, oltretutto la spesa di prosciugamento acqua. Il trasporto a rilevato, incluso qualsiasi rimaneggiamento delle materie provenienti dagli scavi, è compreso nel prezzo di elenco degli scavi anche qualora, per qualsiasi ragione, fosse necessario allontanare, depositare provvisoriamente e quindi riprendere e portare in rilevato le materie stesse. Le materie di scavo che risultassero esuberanti o non idonee per la formazione dei rilevati, dovranno essere trasportate a rifiuto fuori della sede dei lavori, a debita distanza e sistemate convenientemente anche con spianamento e livellazione a campagna, restando a carico dell'Impresa ogni spesa conseguente, ivi compresa ogni indennità per occupazione delle aree di deposito.

#### C) Rilevati.

L'area delle sezioni di rilevato verrà computata rispetto al piano di campagna di prima pianta, ma senza tener conto del cedimento da questo subito per effetto del compattamento meccanico o per naturale assestamento, né della riduzione di volume che occupava nel sito di scavo oppure allo stato sciolto, a seguito del compattamento meccanico. Qualora l'Impresa superasse le sagome fissate dalla Direzione dei Lavori, il maggiore rilevato non verrà contabilizzato, e l'Impresa, se ordinato dalla Direzione dei Lavori, rimuoverà, a sua cura e spese, i volumi di terra riportati o depositati in più, provvedendo nel contempo a quanto necessario per evitare menomazione alla stabilità dei rilevati accettati dalla Direzione dei Lavori.

### Art. 32 - Demolizioni

Nei prezzi delle demolizioni sono compresi tutti gli oneri relativi a tale categoria di lavoro, sia che venga eseguita in fondazione che in elevazione e, comunque, senza uso di mine. In particolare sono compresi i ponti di servizio, le impalcature, le armature e sbadacchiature eventualmente occorrenti, nonché l'immediato allontanamento dei materiali di risulta che rimarranno di proprietà dell'Impresa. La demolizione di fabbricati, di ogni tipo e struttura, verrà compensata a metro cubo vuoto per pieno, limitando la misura in altezza dal piano di campagna al livello della gronda del tetto. Rimane a carico dell'Impresa l'onere della demolizione dei pavimenti del piano terreno, delle fondazioni di qualsiasi

genere, fino alla profondità indicata dalla Direzione dei Lavori. La demolizione delle strutture di fondazione dei fabbricati in cemento armato verrà compensata con il prezzo dello scavo. I materiali demoliti resteranno di proprietà dell'Impresa, la quale potrà reimpiegare quelli ritenuti utilizzabili dalla Direzione dei Lavori, e trasporterà alla discarica i materiali non riutilizzabili, a sua cura e spese, anche fuori delle pertinenze stradali, qualora la Direzione dei Lavori lo prescrivesse.

### Art. 33 - Demolizione della sovrastruttura stradale

Con il prezzo di Elenco vengono compensati tutti gli oneri relativi alla demolizione od al taglio della sovrastruttura stradale esistente, per qualunque profondità e con qualunque mezzo anche in presenza di traffico, nonché l'onere del recupero e la raccolta in cumuli del materiale di risulta utilizzabile ed il trasporto a rifiuto con qualsiasi mezzo ed a qualunque distanza dei materiali non utilizzabili. Gli elementi lapidei facenti parte della pavimentazione originaria dovranno essere accuratamente tolti dalla sede stradale e accantonati in cantiere o depositati presso i magazzini comunali per il successivo riutilizzo.

### Art. 34 - Conglomerati cementizi

Tutti i conglomerati cementizi semplici o armati sia in fondazione che in elevazione, verranno misurati a volume con metodo geometrico in base a misure sul vivo, escludendo gli intonaci, ove esistano, e deducendo i vuoti ed i materiali eventuali di natura differente compenetrati nelle strutture. Non verranno dedotti il volume dei ferri di armatura e dei cavi per la precompressione ed i vani di volume minore o uguale a mc 0.19 ciascuno, intendendosi in tal modo compensato il maggiore magistero richiesto per la formazione di eventuali fori o feritoie regolarmente disposti, da realizzare nel numero e nelle posizioni che verranno richieste dalla Direzione dei Lavori. Saranno valutati e pagati con i relativi prezzi di Elenco i vari tipi di conglomerato cementizio armato esclusivamente in base al valore della resistenza caratteristica, prescritta secondo il progetto od ordinata per iscritto dalla Direzione dei Lavori. Nel caso che dalle prove di rottura risultasse per un conglomerato cementizio un valore della resistenza caratteristica inferiore a quello richiesto, dopo l'accertamento che tale valore soddisfa ancora alle condizioni statiche dell'opera, si provvederà all'applicazione del prezzo di elenco corrispondente al valore della resistenza caratteristica riscontrato. Nel caso invece che dalle prove di rottura risulti una resistenza caratteristica superiore a quella prescritta secondo progetto od ordinata per iscritto dalla Direzione dei Lavori, non si darà luogo ad alcuna maggiorazione del prezzo unitario stabilito in Elenco. Nei relativi prezzi di elenco sono compresi in particolare la fornitura a piè d'opera di tutti i materiali necessari (inerti, leganti, acqua, ecc.) la mano d'opera, i ponteggi, le armature di sostegno dei vari casseri per il getto in elevazione di strutture a sviluppo prevalentemente verticale (muri, pilastri ecc.) attrezzature e macchinari per la confezione, la posa in opera, la vibrazione dei calcestruzzi e quanto altro occorra per dare il lavoro finito e completo a regola d'arte. Per l'impiego di eventuali additivi nei conglomerati cementizi e nelle malte per murature espressamente previsto in progetto per particolari esigenze, sarà corrisposto solo il costo di detti materiali. In ogni caso, tale impiego sarà consentito previo benestare della Direzione dei Lavori. Per particolari esigenze tecniche è data facoltà alla Direzione dei Lavori di ordinare la sostituzione del cemento tipo 325 con quello tipo 425. In tal caso sarà corrisposto all'Impresa solo il sovrapprezzo stabilito nell'Elenco Prezzi e non si darà luogo all'applicazione di altro prezzo unitario né nuovo né compreso nell'Elenco Prezzi medesimo, anche se la resistenza caratteristica ottenuta con la sostituzione del tipo di cemento risulterà superiore a quella ordinata.

### Art. 35 - Acciaio per cemento armato

Il peso dell'acciaio tondo per l'armatura del calcestruzzo verrà determinato mediante il peso teorico corrispondente ai vari diametri effettivamente prescritti, trascurando le quantità superiori alle prescrizioni, le legature, gli eventuali distanziatori e le sovrapposizioni per le giunte non previste o non necessarie intendendosi come tali anche quelle che

collegano barre di lunghezza inferiore a quella commerciale. Il peso del ferro in ogni caso verrà determinato con mezzi analitici ordinari, misurando cioè lo sviluppo lineare effettivo di ogni barra (seguendo le sagomature e uncinate) e moltiplicando per il peso specifico 7.85 Kg/dmc.

### Art. 36 - Trattamenti superficiali

I trattamenti superficiali e le pavimentazioni in genere verranno misurati in ragione di superficie, avvertendo che non saranno contabilizzate le maggiori superfici non ordinate dalla Direzione dei Lavori. Nei prezzi unitari relativi sono compresi ogni fornitura e magistero per dare il lavoro compiuto con le modalità e le norme che precedono, e che sono richiamate nei prezzi dell'annesso Elenco.

Brescia, 2022-07-12

Il Progettista  
Dott. Ing. Adriano Reggia