



**COMUNE DI PARMA**  
SETTORE OPERE PUBBLICHE



**responsabile unico del progetto**  
**Ing. Matteo Mochi**

Parma Infrastrutture S.p.a.

**progettista**  
**Ing. Valerio Filiberti**

Parma Infrastrutture S.p.a.

**collaboratori al progetto**  
**Geom. Gianluca Giovati**

**Ing. Guido Casoli**

**Geom. Edoardo Schiappa**

Parma Infrastrutture S.p.a.

**coord. della sicurezza in fase di progettazione**  
**Geom. Michele Simonetti**

con studio in strada della Repubblica 77, Parma

**coord. della sicurezza in fase esecutiva**  
**Geom. Michele Simonetti**

con studio in strada della Repubblica 77, Parma

**progettista**  
**Ing. Valerio Filiberti**

Parma Infrastrutture S.p.a.

## **PROGETTO ESECUTIVO**

# **ACCORDO QUADRO MANUTENZIONE STRAORDINARIA E ORDINARIA RETE STRADALE DEL COMUNE DI PARMA 2026**

**CUI L02346630342202400003 - CUP D97H26000040005**

titolo elaborato:

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

TAVOLA:

| serie    | numero     |
|----------|------------|
| <b>G</b> | <b>4.0</b> |
| formato  |            |
| scala    |            |
| file:    |            |



## Sommarario

|                                                                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Premessa.....                                                                                                                                  | 6  |
| Generalità .....                                                                                                                               | 7  |
| CAPITOLO I - QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI.....                                                                                          | 8  |
| ART. 1        CONDIZIONI GENERALI D'ACCETTAZIONE .....                                                                                         | 8  |
| Art. 1.1 - Materiali in genere, dichiarazione di conformità e marchiatura ce, impiego .....                                                    | 9  |
| Art. 1.2 - Collocamento in opera .....                                                                                                         | 10 |
| Art. 1.3 - Prove sui materiali .....                                                                                                           | 10 |
| ART. 2        GENERALITÀ SUI MATERIALI .....                                                                                                   | 10 |
| Art. 2.1 - Acqua per gli impasti .....                                                                                                         | 10 |
| Art. 2.2 - Leganti .....                                                                                                                       | 11 |
| Art. 2.3 - Pietrisco. pietrischetto, graniglia, mista di cava, ciottoli, ghiaia, ghiaietto, polveri di rocce asfaltiche, sabbia, additivi..... | 13 |
| Art. 2.4 - Pietre naturali .....                                                                                                               | 14 |
| Art. 2.5 - Pietre da taglio .....                                                                                                              | 14 |
| Art. 2.6 - Materiali laterizi .....                                                                                                            | 15 |
| Art. 2.7 - Legnami .....                                                                                                                       | 15 |
| Art. 2.8 - Bitumi, emulsioni .....                                                                                                             | 15 |
| Art. 2.9 - Materiali metallici .....                                                                                                           | 16 |
| Art. 2.10 - Materiali non metallici .....                                                                                                      | 17 |
| Art. 2.11 - Materiali per applicazioni geologiche-geosintetici .....                                                                           | 17 |
| Art. 2.12 - Tubazioni.....                                                                                                                     | 19 |
| ART. 3        QUALITÀ ED IMPIEGO DEI MATERIALI. CERTIFICAZIONI DI CONFORMITÀ .....                                                             | 21 |
| PARTE PRIMA: MOVIMENTI TERRA, DEMOLIZIONI E COSTRUZIONE DEL CORPO STRADALE.....                                                                | 22 |
| ART. 4        MOVIMENTI DI TERRA .....                                                                                                         | 22 |
| ART. 5        DISERBAMENTO E SCOTICAMENTO.....                                                                                                 | 23 |
| ART. 6        SCAVI .....                                                                                                                      | 23 |
| Art. 6.1 - Norme generali .....                                                                                                                | 23 |
| Art. 6.2 - Materiali di risulta: riutilizzo e sistemazione a deposito .....                                                                    | 25 |
| Art. 6.3 - Scavi di sbancamento.....                                                                                                           | 25 |
| Art. 6.4 - Scavi di fondazione .....                                                                                                           | 26 |
| ART. 7        DEMOLIZIONI .....                                                                                                                | 28 |
| ART. 7.1 - DEMOLIZIONE DI PAVIMENTAZIONE TOTALE O PARZIALE DI STRATI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO REALIZZATA CON FRESE .....                     | 28 |
| ART. 7.2 - DEMOLIZIONE DELL'INTERA SOVRASTRUTTURA REALIZZATA CON SISTEMI TRADIZIONALI .....                                                    | 28 |
| ART. 8        RILEVATI .....                                                                                                                   | 29 |
| Art. 8.1 - Definizione.....                                                                                                                    | 29 |
| Art. 8.2 - Materiali per la formazione dei rilevati.....                                                                                       | 29 |
| Art. 8.3 - Preparazione del piano di posa.....                                                                                                 | 31 |
| Art. 8.4 - Formazione del rilevato .....                                                                                                       | 35 |
| PARTE SECONDA: PAVIMENTAZIONI STRADALI .....                                                                                                   | 38 |
| PREMESSA                                                                                                                                       | 38 |
| ART. 9        FONDAZIONE A LEGANTE IDRAULICO O NON LEGATE .....                                                                                | 42 |
| ART. 9.1 - FONDAZIONE IN MISTO GRANULARE .....                                                                                                 | 42 |
| ART. 9.2 - FONDAZIONE IN MISTO CEMENTATO CONFEZIONATO IN CENTRALE .....                                                                        | 44 |

|                                                                                                                             |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ART. 9.3 - FONDAZIONE CON MATERIALI STABILIZZATI A CEMENTO E/O CALCE E CEMENTO, LA TECNICA DELLA MISCELAZIONE IN SITO ..... | 48  |
| ART. 9.4 – FONDAZIONE CON TECNICA DEL BITUME SCHIUMATO REALIZZATO IN SITO .....                                             | 51  |
| ART. 9.5 – FONDAZIONE CON TECNICA DEL BITUME SCHIUMATO REALIZZATO IN IMPIANTO .....                                         | 55  |
| ART. 9.6 – FONDAZIONE STABILIZZATA CON CEMENTO ED EMULSIONE BITUMINOSA SOVRASTABILIZZATA.....                               | 57  |
| ART. 10     LEGANTI BITUMINOSI E LORO MODIFICATI.....                                                                       | 65  |
| ART. 10.1 - LEGANTI BITUMINOSI SEMISOLIDI .....                                                                             | 65  |
| ART. 10.2 – EMULSIONI BITUMINOSE .....                                                                                      | 67  |
| ART. 10.3 – ADDITIVI RIGENERANTI / FLUIDIFICANTI .....                                                                      | 71  |
| ART. 10.4 – ATTIVANTI DI ADESIONE (DOPES, DP) .....                                                                         | 72  |
| ART. 10.5 – FIBRE PER IL RINFORZO STRUTTURALE DEL BITUME (FB) .....                                                         | 72  |
| ART. 10.6 – TABELLA SINOTTICA DEI MATERIALI LEGANTI E LORO ADDITIVI .....                                                   | 73  |
| ART. 10.7 – TABELLA SINOTTICA DELLE MANI D’ATTACCO / ANCORAGGIO.....                                                        | 74  |
| ART. 10.8 – NORMATIVE PER LA DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEI LEGANTI BITUMINOSI DI CUI AI PUNTI PRECEDENTI         | 75  |
| ART. 11     CONGLOMERATI BITUMINOSI A CALDO.....                                                                            | 75  |
| ART. 11.1 - CONGLOMERATI BITUMINOSI DI BASE, BASEBINDER, BINDER, USURA .....                                                | 75  |
| ART. 11.2 - CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATI DI USURA DRENANTE E DRENANTE ALLEGGERITO CON ARGILLA ESPANSA....             | 89  |
| ART. 11.3 - CONTROLLO SULLA QUALITÀ DELLA COMPATTAZIONE DELLE MISCELE .....                                                 | 93  |
| ART. 11.4 - REQUISITI DI LABORATORIO SOTTOPOSTI A DETRAZIONE.....                                                           | 93  |
| ART. 12     STRATO DI BASE RICICLATO A FREDDO .....                                                                         | 93  |
| Art 12.1 – Aggregati lapidei .....                                                                                          | 94  |
| Art. 12.2 - Leganti ed additivi.....                                                                                        | 94  |
| Art. 12.3 – Studio della miscela .....                                                                                      | 95  |
| Art. 12.4 - Controllo dei requisiti di accettazione .....                                                                   | 95  |
| Art. 12.5 - Formazione delle miscele .....                                                                                  | 96  |
| Art. 12.6 - Confezione delle miscele .....                                                                                  | 96  |
| Art. 12.7 - Posa in opera della miscela.....                                                                                | 97  |
| ART. 13     CONGLOMERATI BITUMINOSI A TIEPIDO (WARM ASPALT) .....                                                           | 97  |
| Art. 13.1 – Generalità.....                                                                                                 | 97  |
| Art. 13.2 – Strati di Base realizzati con conglomerati bituminosi a tiepido .....                                           | 98  |
| Art. 13.3 – Strati di Binder realizzati con conglomerati bituminosi a tiepido .....                                         | 103 |
| Art. 13.4 – Strati di Usura realizzati con conglomerati bituminosi a tiepido .....                                          | 108 |
| Art. 13.5 – Esecuzione dei Lavori .....                                                                                     | 113 |
| ART. 14     TRATTAMENTI SUPERFICIALI .....                                                                                  | 115 |
| Art. 14.1 – Conglomerato bituminoso a caldo per risagomature di pavimentazioni.....                                         | 115 |
| Art. 14.2 - Trattamenti di irruvidimento con sistemi meccanici.....                                                         | 117 |
| Art. 14.3 - Microtappeti a freddo tipo "slurry - seal" (macro-seal).....                                                    | 118 |
| ART. 15     CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE DELLE PAVIMENTAZIONI E RELATIVE DETRAZIONI.....                         | 121 |
| ART. 15.1 ADERENZA E TESSITURA .....                                                                                        | 123 |
| ART. 15.2 QUALITÀ E PERCENTUALE DI BITUME .....                                                                             | 126 |
| ART. 15.3 – SPESSORI DEGLI STRATI DELLA PAVIMENTAZIONE.....                                                                 | 127 |

|                                                                                                                                                         |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Art. 15.4 – Detrazioni per incongruenze relative alla % dei vuoti residui.....                                                                          | 128 |
| Art. 15.5 – Detrazioni per incongruenze relative alla granulometria degli strati di pavimentazione in asfalto.....                                      | 128 |
| Art. 15.6 – Ancoraggio degli strati di pavimentazione.....                                                                                              | 129 |
| 15.7 - Applicazione di eventuali penali multiple.....                                                                                                   | 130 |
| ART. 16 DRENAGGI .....                                                                                                                                  | 131 |
| Art. 16.1 - Drenaggi tradizionali (esterni alle zone pavimentate) .....                                                                                 | 131 |
| Art. 16.2 - Drenaggi con filtro in "non tessuto" (esterni alle zone pavimentate o effettuati prima di stendere le pavimentazioni) .....                 | 131 |
| Art. 16.3 - Drenaggi a scavo automatizzato e con riempimento in calcestruzzo poroso (per drenare zone già pavimentate) .....                            | 132 |
| ART. 17 SIGILLATURA DI LESIONI O GIUNTI DI STRISCIATA .....                                                                                             | 134 |
| Art. 17.1 - Sigillatura delle lesioni della pavimentazione eseguita con bitume modificato e lancia termica.....                                         | 134 |
| Art. 17.2 - Sigillatura delle lesioni delle pavimentazioni eseguita con nastro bituminoso preformato e autoadesivo .....                                | 134 |
| Art. 17.3 - Sigillatura della linea di contatto tra cordolo e pavimentazione nei ponti e viadotti eseguita con bitume modificato e lancia termica ..... | 135 |
| ART. 18 ARMATURA DI GIUNTI LONGITUDINALI PER RIDURRE LA TRASMISSIONE DELLE FESSURE E GESTIONE DEGLI SCAVI PER SOTTOSERVIZI .....                        | 135 |
| Art. 18.1 - Descrizione .....                                                                                                                           | 135 |
| Art. 18.2 - Caso del giunto longitudinale .....                                                                                                         | 135 |
| Art. 18.3 - Chiusura degli scavi risultanti da interventi per sottoservizi .....                                                                        | 136 |
| ART. 19 RIPARAZIONE SUPERFICI DEGRADATE DI LIMITATA ESTENSIONE.....                                                                                     | 137 |
| Art. 19.1 - Caso dei rappezzi localizzati.....                                                                                                          | 137 |
| ART. 20 TRATTAMENTO FUNZIONALE DELLE BUCHE (INTERVENTI PUNTUALI) .....                                                                                  | 138 |
| ART. 21 INDICAZIONI SULLE SOLUZIONI APPLICABILI NEI CASI DI RIPARAZIONE .....                                                                           | 139 |
| Art. 21.1 - Indicazioni sui criteri progettuali .....                                                                                                   | 139 |
| TIPOLOGIE DI INTERVENTO .....                                                                                                                           | 140 |
| Art. 21.2 - Riparazioni superficiali di soccorso (RSS).....                                                                                             | 140 |
| Art. 21.3 - Trattamenti superficiali (TS).....                                                                                                          | 141 |
| Art. 21.4 - Risanamenti superficiali (RS) .....                                                                                                         | 142 |
| Art. 21.5 - RISANAMENTI PROFONDI (RP) .....                                                                                                             | 143 |
| Art. 21.6 - Risanamenti progetto delle pavimentazioni nuove costruzioni (NC) .....                                                                      | 146 |
| Art. 21.7 - Indicazioni generali per la scelta delle soluzioni di intervento .....                                                                      | 148 |
| Art. 21.8 - Lunghezza ed ubicazione trasversale degli interventi nella sezione stradale .....                                                           | 150 |
| Art. 21.9 - Traffico di riferimento per le scelte degli interventi .....                                                                                | 151 |
| Art. 21.10 - Traffico e durate teoriche di progetto delle pavimentazioni .....                                                                          | 153 |
| ART. 22 PAVIMENTAZIONI IN PIETRA .....                                                                                                                  | 154 |
| Art. 22.1 - Pavimentazioni in pietra .....                                                                                                              | 154 |
| Art. 22.2 - Tipologia di pavimentazioni.....                                                                                                            | 159 |
| Art. 22.3 - Tipologia posa e di sigillatura .....                                                                                                       | 161 |
| Art. 22.4 - Acciottolati .....                                                                                                                          | 163 |
| Art. 22.5 - Pavimentazioni in lastre di granito, di pietre varie e cordonature.....                                                                     | 163 |
| ART. 23 PAVIMENTAZIONI DI MARCIAPIEDI E PISTE CICLABILI .....                                                                                           | 164 |
| Art. 23.1 - Pavimentazione in conglomerato bituminoso .....                                                                                             | 164 |
| Art. 23.2 - Pavimentazione in calcestruzzo .....                                                                                                        | 172 |
| Art. 23.3 - Pavimentazione in pietra naturale.....                                                                                                      | 172 |
| Art. 23.4 - Pavimentazione in masselli autobloccanti.....                                                                                               | 173 |
| ART. 24 MATERIALI ROTTI O DIFETTOSI .....                                                                                                               | 173 |
| PARTE SECONDA: OPERE EDILI .....                                                                                                                        | 174 |

|              |                                                                                               |     |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ART. 25      | CONSOLIDAMENTO TERRENI.....                                                                   | 174 |
| Art. 25.1    | - Palificazioni in castagno.....                                                              | 174 |
| Art. 25.2    | - Gabbioni .....                                                                              | 174 |
| Art. 25.3    | - Gradonata e cordonata viva .....                                                            | 175 |
| Art. 25.4    | - Massi di cava.....                                                                          | 175 |
| ART. 26      | CONSOLIDAMENTO DI MURATURE .....                                                              | 177 |
| Art. 26.1    | - Opere di presidio (puntelli, centinature e armature provvisoriale) .....                    | 178 |
| Art. 26.2    | - Ricucitura delle murature mediante sostituzione parziale del materiale (scuci e cucì) ..... | 181 |
| Art. 26.3    | - Consolidamento mediante iniezioni di miscele leganti .....                                  | 182 |
| Art. 26.4    | - Consolidamento mediante iniezioni di non armate .....                                       | 183 |
| Art. 26.5    | - Consolidamento mediante iniezioni armate .....                                              | 187 |
| Art. 26.6    | - Consolidamento mediante placcaggio di superficie (betoncino armato).....                    | 189 |
| Art. 26.7    | - Consolidamento mediante placcaggio con materiali compositi (frp) .....                      | 193 |
| ART. 27      | CONSOLIDAMENTO CEMENTO ARMATO .....                                                           | 193 |
| ART. 28      | CONSOLIDAMENTO DI VOLTE IN MURATURA (LATERIZIO E/O PIETRA).....                               | 202 |
| ART. 29      | CONGLOMERATI SEMPLICI E ARMATI.....                                                           | 208 |
| ART. 30      | STRUTTURE METALLICHE .....                                                                    | 227 |
| ART. 31      | SCATOLARI PREFABBRICATI .....                                                                 | 230 |
| ART. 32      | DISPOSITIVI PER LO SMALTIMENTO DELL'ACQUA DAGLI IMPALCATI .....                               | 231 |
| ART. 33      | GIUNTI DI DILATAZIONE SU OPERE D'ARTE.....                                                    | 231 |
| ART. 34      | BARRIERE DI SICUREZZA .....                                                                   | 251 |
| ART. 35      | SEGNALETICA ORIZZONTALE .....                                                                 | 255 |
| CAPITOLO III | METODO DI VALUTAZIONE E MISURAZIONE DELLE OPERE.....                                          | 272 |
| ART. 36      | NORME GENERALI – ONERI RICOMPRESE NEI PREZZI.....                                             | 272 |
| ART. 37      | NORME DI CARATTERE SPECIFICO .....                                                            | 273 |
| ART. 38      | CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE DEI CALCESTRUZZI E RELATIVE DETRAZIONI .....          | 283 |

## Premessa

Il presente Capitolato detta le Norme Tecniche per definire le lavorazioni necessarie per dare le opere previste nell'Appalto in oggetto, compiute a regola d'arte.

Le Norme Tecniche contenute all'interno del Capitolato Speciale possono essere di tipo *prescrittivo o prestazionale*. Le Norme del primo tipo si fondano sulla conoscenza della buona riuscita di precedenti realizzazioni, analoghe per tipologie e condizioni di esercizio; in tal senso l'Impresa viene guidata lungo il percorso realizzativo compreso tra la scelta dei materiali da impiegare e la loro posa in opera.

Le Norme del secondo tipo, viceversa, definiscono le prestazioni che l'opera dovrà garantire al termine della sua realizzazione. Tali prestazioni sono associate a grandezze (parametri) di controllo che possono essere valutate, a prescindere dai materiali che saranno impiegati e dalle tecniche di lavorazione utilizzate (controllo globale), attraverso attrezzature e sistemi di prova specifici. Le prestazioni sono richieste per i materiali costituenti (se lavorati) e, principalmente per i prodotti composti ottenuti con essi ed altri, dopo la posa in opera; in mancanza di queste prestazioni sono previste riduzioni dei prezzi dell'elenco.

In considerazione di ciò, nei singoli articoli, oltre ai criteri per il rispetto delle prescrizioni, sono previsti controlli prestazionali che, in alternativa ai sistemi continui (da preferire, quando possibile), potranno essere di tipo puntuale; inoltre, si precisa che per la scelta dei materiali e dei livelli prestazionali è stato fatto riferimento al volume e dal tipo di traffico che interessa l'infrastruttura.

La Normativa Tecnica di riferimento è quella C.N.R. integrata, per quei casi in cui sono disponibili, anche dalle Norme C.E.N.; viceversa nei casi in cui mancano le specifiche Norme C.N.R., sono state utilizzate Norme U.N.I..

Tutti i materiali comunque devono essere della migliore qualità, rispondenti alle indicazioni contenute "Regolamento Prodotti da Costruzione n°305/2011" s.m.i. e corrispondere a quanto stabilito nel presente Capitolato Speciale; ove non si prevedano espressamente le caratteristiche per l'accettazione dei materiali a piè d'opera o per le modalità di esecuzione delle lavorazioni, si stabilisce che, in caso di controversia, saranno osservate le norme U.N.I., C.E.I., C.N.R., quelle stabilite dal Capitolato Speciale d'Appalto dell'ANAS pubblicato nel 2022 e basate sulla letteratura scientifica internazionale le quali devono intendersi come requisiti minimi al di sotto dei quali e salvo accettazione, verrà applicata una adeguata riduzione del prezzo dell'elenco.

La D.L. ha la facoltà di richiedere il campionario di quei materiali che riterrà opportuno e che l'Appaltatore intende impiegare, prima che vengano approvvigionati in cantiere. Inoltre, è facoltà della Stazione Appaltante chiedere all'Appaltatore di presentare informa dettagliata e completa tutte le informazioni utili per stabilire la composizione e le caratteristiche dei singoli elementi componenti le miscele dei conglomerati bituminosi o in calcestruzzo, ovvero tutti i presupposti e le operazioni di mix design necessarie per l'elaborazione progettuale dei diversi conglomerati che l'Impresa ha intenzione di mettere in opera per l'esecuzione dei lavori. In ogni caso i materiali, prima della posa in opera, dovranno essere riconosciuti idonei ed accettati dalla D.L.; ciò non esenta tuttavia l'Impresa dalla responsabilità della riuscita delle opere anche per quanto dipendente dai materiali stessi. L' utilizzo, da parte dell'Impresa, di prodotti provenienti da operazioni di riciclaggio è ammesso, purché il materiale finito rientri nelle successive prescrizioni di accettazione. La loro presenza deve essere dichiarata alla D.L. Tutte le seguenti prescrizioni tecniche valgono salvo diversa o

ulteriore indicazione più restrittiva espressa nell'elenco prezzi di ogni singola lavorazione. Negli articoli descrittivi dei prodotti, costituenti o finali, sono indicati alcune prescrizioni di base ed i criteri di progetto. L'Impresa, infatti, oltre ad ottenere le prestazioni finali di cui sopra ha anche l'obbligo di fare eseguire a sue spese, le prove necessarie alla preventiva verifica di idoneità degli elementi componenti e delle miscele da Lei progettate (aggregati, bitume, additivi, ecc) e che essa intende adottare per ogni cantiere. Gli studi di progetto, che accompagnano i materiali per le prove di verifica, corredati da una completa documentazione delle formulazioni effettuate devono essere presentati alla D.L. e firmati dal responsabile dell'Impresa. Il rispetto delle formulazioni originali e/o delle loro modifiche, anche se indicate dalla Stazione Appaltante, non eliminano la responsabilità dell'Impresa nell'ottenimento in opera delle prestazioni previste per i singoli strati e per il lavoro complessivo. Durante i lavori, l'Impresa esecutrice deve attenersi alla formulazione definitiva di progetto indicata, operando i controlli di produzione e di messa in opera secondo il Sistema di Qualità da essa adottato.

La D.L. potrà comunque effettuare, in ogni momento a loro insindacabile giudizio, in cantiere di stesa ed in impianto, in relazione ai risultati su strada o sui campioni di laboratorio, in contraddittorio ed a spese dell'Impresa, prelievi, controlli, misure e verifiche sia sui singoli componenti della miscela che sul prodotto finito, sulle attrezzature di produzione, accessorie e di messa in opera: a seguito di questi controlli potrà intervenire in ogni momento sulle operazioni che non garantiscono i risultati richiesti. Le prestazioni vincolanti da ottenere in opera sono riportate negli specifici articoli del presente Capitolato nei quali sono specificate anche le detrazioni da applicare qualora non siano state ottenute le prestazioni richieste.

Si ricorda altresì che l'impresa ha il compito previsto dalle leggi, di caratterizzare i materiali da scavare, demolire ed allontanare dal cantiere, prima dell'inizio delle attività, seguendo le disposizioni del D.lgs. 152/2006 "Norme in materia Ambientale". Tale documentazione dovrà pervenire agli uffici della D.L. dichiarando la discarica di destino.

Al fine di incrementare la corretta gestione dei materiali da conferire in discarica, l'impresa dovrà procedere con la differenziazione in ogni categoria direttamente in cantiere. Relativamente al codice rifiuto 17.09.04 corrispondente a "rifiuti misti da demolizione e costruzione", per ogni cantiere, gli accumuli dei materiali non dovranno mai superare le 2 t, quantitativo oltre il quale sarà necessario procedere alla separazione.

## **Generalità**

Per quanto riguarda la qualità, la provenienza dei materiali e le modalità d'esecuzione di ogni categoria di lavoro, la misurazione e la valutazione dei lavori e delle opere stesse, saranno osservate le prescrizioni del presente Capitolato Speciale ed in mancanza si farà riferimento al Capitolato Speciale d'Appalto dell'A.N.A.S. pubblicato nel 2022 e s.m.i.. Dovrà essere sempre garantito il rispetto del Decreto CAM dove il progetto prevede la sua applicazione.

## CAPITOLO I - QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI

### Art. 1 Condizioni generali d'accettazione

I materiali da impiegare per i lavori di cui all'appalto dovranno corrispondere, come caratteristiche, a quanto stabilito nelle leggi e regolamenti ufficiali vigenti in materia e nel successivo art. 2; in mancanza di particolari prescrizioni dovranno essere delle migliori qualità esistenti in commercio.

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

In ogni caso i materiali, prima della posa in opera, dovranno essere riconosciuti idonei ed accettati dalla Direzione Lavori, la quale dovrà attenersi alle direttive di carattere generale o particolare eventualmente impartite dai competenti Uffici della Società.

In dettaglio, i materiali da impiegare nei lavori dovranno essere:

- a) prequalificati corredandoli di tutti i certificati di prove sperimentali o di dichiarazioni a cura del Produttore necessari ad attestare, prima dell'impiego, la loro conformità in termini di caratteristiche meccanico-fisico-chimiche alle prescrizioni del presente Capitolato Speciale;
- b) certificati mediante la documentazione di attestazione rilasciata da un Ente terzo indipendente (DoP e Marcatura CE) ovvero, ove previsto, autocertificati dal Produttore. L'Appaltatore dovrà consegnare alla Direzione Lavori una copia dei certificati;
- c) identificati riportando le loro caratteristiche nel Documento di Trasporto con cui il materiale viene consegnato in cantiere o a piè d'opera. L'Appaltatore dovrà consegnare alla Direzione Lavori una copia del DdT (Documento di Trasporto) e dell'eventuale documentazione allegata entro e non oltre il giorno successivo all'arrivo in cantiere;
- d) accettati dal Direttore Lavori mediante controllo delle certificazioni cui ai punti precedenti e mediante prove sperimentali di prequalifica;
- e) ulteriormente verificati sia durante che al termine delle lavorazioni.

L'accettazione dei materiali non è in ogni modo definitiva se non dopo che siano stati posti in opera e l'opera sia stata collaudata.

Quando la Direzione Lavori, nel caso in cui il materiale risulti non conforme agli standard ed ai controlli previsti ai punti a), b), c), o d), abbia rifiutata una qualsiasi provvista come non atta all'impiego, l'Impresa dovrà sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche volute; i materiali rifiutati dovranno essere allontanati immediatamente dal cantiere a cura e spese della stessa Impresa. Le opere già costruite utilizzando materiale non conforme dovranno essere demolite a totale cura e spese dell'Appaltatore.

Nel caso in cui il materiale al termine dei lavori dovesse avere prestazioni inferiori a quelle richieste ma, accettate dalla Direzione Lavori, esso sarà compensato a livello economico con applicazioni di degradi con percentuale in base alla prestazione data.

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

La Direzione Lavori si riserva di disporre a suo insindacabile giudizio l'impiego dei materiali di recupero, nel rispetto della normativa vigente in materia, per l'esecuzione dei lavori appaltati, da valutarsi con i prezzi ad essi attribuiti in apposito verbale di concordamento. L'utilizzo, da parte dell'Impresa, di prodotti provenienti da operazioni di riciclaggio è ammesso, purché il materiale finito rientri nelle successive prescrizioni di accettazione. La loro presenza deve essere sempre dichiarata alla Direzione lavori.

Tutte le seguenti prescrizioni tecniche valgono salvo diversa o ulteriore indicazione più restrittiva espressa nell'elenco prezzi di ogni singola lavorazione, oppure riportate sugli altri elaborati progettuali.

#### **Art. 1.1 - Materiali in genere, dichiarazione di conformità e marchiatura ce, impiego**

I prodotti che riportano la DoP e la marcatura CE, che ne attesta l'idoneità per un dato impiego previsto, secondo un insieme di prestazioni minime che si rifanno ai requisiti essenziali del "Regolamento Prodotti da Costruzione n°305/2011" s.m.i., beneficiano di presunzione di rispondenza alle caratteristiche dichiarate.

Tutti i materiali forniti dall'Appaltatore da impiegare nei lavori dovranno presentare, ove previsto dalla Normativa vigente alla data dell'offerta, la DoP e la marcatura CE, a garanzia della conformità del prodotto a tutte le direttive e norme ad esso applicabili. Si potranno utilizzare anche materiali innovativi per i quali il produttore potrà pervenire alla Marcatura CE in conformità a Benestari Tecnici Europei (ETA), ovvero, in alternativa, dovrà essere in possesso di un Certificato di Idoneità tecnica all'impiego rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale (rif. NTC approvate con Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018 e s.m.i.).

Materiali non rispondenti a tale requisito, non saranno ritenuti idonei all'impiego e dovranno essere immediatamente allontanati dal cantiere, sostituendoli con altri che corrispondano alle caratteristiche volute.

Tutti i macchinari, impianti, equipaggiamenti, dispositivi, strumenti e attrezzature da impiegare nei lavori dovranno presentare la Marcatura CE, a garanzia della conformità del prodotto a tutte le direttive e norme ad esso applicabili, compreso il libretto di immatricolazione INAIL.

Macchinari sprovvisti della Marcatura CE e del libretto di immatricolazione INAIL o immessi sul mercato prima dell'entrata in vigore della Marcatura CE non saranno ritenuti idonei all'impiego e dovranno essere immediatamente allontanati dal cantiere, sostituendoli con altri che corrispondano alle caratteristiche volute. L'utilizzo di un prodotto sprovvisto della DoP, della Marcatura CE e del libretto di immatricolazione INAIL dovrà essere preventivamente autorizzato dal Direttore Lavori previa motivata richiesta scritta dell'Appaltatore.

Per quanto riguarda i conglomerati, l'impresa dovrà produrre, almeno 10 gg prima dell'utilizzo, la miscela proposta (conforme al presente CSA) e marcatura CE e DoP di conglomerato, bitume ed inerti.

Per la provvista dei materiali in genere si richiamano espressamente le prescrizioni del Capitolato Generale e, per la scelta ed accettazione dei materiali stessi, saranno, a seconda dei casi, applicabili le norme ufficiali in vigore, all'osservanza delle quali l'appaltatore è tenuto, ad ogni effetto.

L'impresa resta comunque totalmente responsabile della riuscita delle opere, anche per quanto dipende dai materiali stessi, la cui accettazione non pregiudica in nessun caso i diritti 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.

**Art. 1.2 - Collocamento in opera**

Il collocamento in opera di qualsiasi manufatto, materiale od apparecchio consisterà in generale nel suo prelevamento dal luogo di deposito nel cantiere dei lavori e nel trasporto in sito, il tutto eseguito con qualsiasi sussidio o mezzo meccanico, opera provvisoria, ecc. nonché il collocamento nel luogo esatto di destinazione, a qualunque profondità ed in qualunque posizione e tutte le opere conseguenti a tagli di strutture, fissaggio, adattamento, ecc.

**Art. 1.3 - Prove sui materiali**

In correlazione a quanto prescritto circa la qualità e le caratteristiche dei materiali per la loro accettazione, l'Impresa sarà obbligata a prestarsi in ogni tempo alle prove dei materiali impiegati o da impiegare, anche se non incluse nelle presenti Norme purché facenti riferimento ad una normativa in uso, sottostando a tutte le spese per il prelievo, la formazione e l'invio dei campioni ai Laboratori in seguito specificati o indicati dalla Società e/o dalla Direzione Lavori, nonché per le corrispondenti prove ed esami.

I campioni saranno prelevati in contraddittorio. Degli stessi potrà essere ordinata la conservazione nei locali indicati dalla Direzione Lavori, previa apposizione di sigilli e firme del Direttore Lavori e dell'Impresa e nei modi più adatti a garantirne l'autenticità e la conservazione.

Le diverse prove ed esami sui campioni saranno effettuate presso i laboratori ufficiali specificati nell'art. 20 della Legge 5/11/1971 n. 1086 e s.m.i.; la Direzione Lavori potrà a suo giudizio, autorizzare l'esecuzione delle prove presso altri laboratori di sua fiducia.

**Art. 2 Generalità sui materiali**

I materiali da impiegare per i lavori di cui all'appalto dovranno corrispondere, come caratteristiche, a quanto stabilito nelle leggi e regolamenti ufficiali vigenti in materia ed in particolare da quanto previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (N.T.C.), approvate con Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018 e s.m.i..

In mancanza di particolari prescrizioni dovranno essere delle migliori qualità esistenti in commercio.

Per quanto riguarda la qualità, la provenienza dei materiali e le modalità d'esecuzione di ogni categoria di lavoro, la misurazione e la valutazione dei lavori e delle opere stesse, saranno osservate le prescrizioni del presente capitolato ed in mancanza si farà riferimento al Capitolato Speciale d'Appalto ANAS pubblicato nel 2022 ed alle eventuali revisioni emesse negli anni successivi, ed alla migliore letteratura scientifica nazionale ed internazionale.

In particolare, si stabiliscono i seguenti requisiti:

**Art. 2.1 - Acqua per gli impasti**

L'acqua dovrà essere dolce, limpida, non inquinata da materie organiche o comunque dannose all'uso cui l'acqua medesima è destinata e rispondere ai requisiti stabiliti dalle norme tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge 1086 del 5/11/1971, (D.M. in vigore).

Proverrà da fonti ben definite che diano acqua di caratteristiche costanti. Sono ammesse come acqua di impasto: l'acqua potabile, acqua proveniente da depuratori delle acque di aggettamento di cantiere, l'acqua di ricircolo degli impianti di betonaggio, qualora rispondenti ai requisiti indicati nella UNI EN 1008:2003 (Acqua d'impasto per il calcestruzzo).

L'acqua di impasto dovrà avere un contenuto in sali disciolti inferiore a 1g per litro. La quantità di materiale inorganico in sospensione dovrà essere inferiore a 2 g/l; la quantità di sostanze organiche (COD) inferiore a 0,1 g/l. Dovrà avere un PH compreso fra 6 e 8 e torbidezza inferiore al 2%.

## **Art. 2.2 - Leganti**

### **2.2.1 - Calci Aeree**

Le calci aeree dovranno rispondere ai requisiti di accettazione e prove di cui alle norme vigenti riportate nel R.D. 16.11.1939, n. 2231 e D.M. 31.08.1972.

### **2.2.2 - Calci Idrauliche**

Le calci aeree dovranno rispondere ai requisiti di accettazione e prove di cui alle norme vigenti riportate nel R.D. 16.11.1939, n. 2231 e D.M. 31.08.1972.

Le calci perverranno dalle migliori fornaci, saranno di recente cottura, colore uniforme, non bruciate né vitree. Saranno rifiutati tutti quei sacchi con grumo o parti avariate o che comunque diano segni di aver subito l'azione dell'umidità.

Si distinguono con la seguente nomenclatura e caratteristiche:

- calce idraulica naturale o artificiale in polvere (a 28 giorni: trazione 5 kg/cm<sup>2</sup>; compressione 10 kg/cm<sup>2</sup>);
- calce eminentemente idraulica naturale o artificiale (a 29 giorni: trazione 19 kg/cm<sup>2</sup>; compressione 100 kg/cm<sup>2</sup>).

Le calci idrauliche dovranno essere conservate al secco, al riparo dalle piogge, su pavimenti in legno o cemento.

### **2.2.3 - Agglomerati Cementizi**

La fornitura e l'impiego degli agglomeranti cementizi debbono soddisfare le prescrizioni della Legge 26.5.1965 n°595, del D.M. 3.6.1968, relativi decreti di attuazione, del D.M. 31.8.1972, della Legge 5.11.1971, n°1086, del D.M. 9.1.1996 e delle Norme Tecniche per le Costruzioni (N.T.C.) approvate con Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018 e s.m.i.

Anche se, in seguito ad esito favorevole delle prove, fosse già avvenuta l'accettazione di una partita di agglomerante, verranno rifiutate ed allontanate dal cantiere tutte le giacenze che non si presentino più allo stato di polvere completamente sciolta, ma contengano grumo o parti avariate.

Si distinguono con la seguente nomenclatura e caratteristiche:

- Cemento normale di classe 32,5 (flessione: 40 kg/cm<sup>2</sup> dopo 7 giorni; 60 kg/cm<sup>2</sup> dopo 28 giorni; compressione: 175 kg/cm<sup>2</sup> dopo 7 giorni; 325 kg/cm<sup>2</sup> dopo 28 giorni);
- Cemento ad alta resistenza di classe 42,5 (flessione 40 kg/cm<sup>2</sup> dopo 3 giorni; 60 kg/cm<sup>2</sup> dopo 7 giorni; 70 kg/cm<sup>2</sup> dopo 28 giorni; compressione 290 kg/cm<sup>2</sup> dopo 3 giorni; 300 kg/cm<sup>2</sup> dopo 7 giorni; 425 kg/cm<sup>2</sup> dopo 28 giorni);

- Cemento ad alta resistenza e rapido indurimento di classe 525 (flessione: 40 kg/cm<sup>2</sup> dopo 3 giorni; 60 kg/cm<sup>2</sup> dopo 7 giorni; 80 kg/cm<sup>2</sup> dopo 28 giorni; compressione: 175 kg/cm<sup>2</sup> dopo 3 giorni; 325 kg/cm<sup>2</sup> dopo 7 giorni; 525 kg/cm<sup>2</sup> dopo 28 giorni);
- Cemento bianco (deve avere tutte le caratteristiche del cemento normale classe 32,5);
- Cemento bianco ad alta resistenza (deve avere tutte le caratteristiche del cemento ad alta resistenza classe 42,5);
- Cemento alluminoso o fuso (flessione: 40 kg/cm<sup>2</sup> dopo 24 ore; 60 kg/cm<sup>2</sup> dopo 3 giorni; 80 kg/cm<sup>2</sup> dopo 28 giorni; compressione: 175 kg/cm<sup>2</sup> dopo 3 giorni; 325 kg/cm<sup>2</sup> dopo 7 giorni; 525 kg/cm<sup>2</sup> dopo 28 giorni);
- Conglomerato cementizio per riempimenti confezionato con:
  - ✓ aggregati selezionati, lavati, del tutto privi di sostanze dannose e conformi alla norma Uni 9858.
  - ✓ cementi di tipo composito o pozzolanico, in possesso del marchio ICITE, la tipologia e il dosaggio del cemento vengono scelte dalla D.L. in funzione dei diversi tipi di lavoro che vanno ad eseguire.
  - ✓ acqua di qualità controllata conforme alle Normative vigenti.
  - ✓ additivi di qualità controllata, forniti da Società in possesso di un sistema di controllo della qualità certificato, e conformi alle norme UNI 7101+ 7120 e UNI 8145.

Le caratteristiche fondamentali delle miscele di calcestruzzo per riempimenti sono:

- ✓ curva granulometrica cumulativa degli aggreganti continua ed equilibrata, con diametro massimo non superiore a 8 mm.
- ✓ resistenza a compressione a 28 giorni di maturazione, variabile tra 10 e 35 MPa
- ✓ contenuto d'aria inglobata compreso tra 20% ed il 30%, omogeneamente distribuita in micro e macro bolle con spaziatura uniforme
- ✓ massa volumica del conglomerato cementizio indurito di 1750±100 kg/m<sup>3</sup>.
- ✓ tempo di indurimento variabile da 12 a 24 ore (in funzione del tipo di dosaggio del cemento)
- ✓ consistenza variabile a scelta della D.L.
- ✓ assoluta omogeneità dell'impasto con assenza di segregazione
- ✓ modulo di deformazione, misurato con prove di carico su piastra di 30 cm di diametro, è il seguente:
 

|           |                                                                        |
|-----------|------------------------------------------------------------------------|
| - a 24 h  | 110 N/mm <sup>2</sup> con $\Delta P$ tra 0,15 e 0,25 N/mm <sup>2</sup> |
| - a 48 h  | 430 N/mm <sup>2</sup> con $\Delta P$ tra 0,15 e 0,25 N/mm <sup>2</sup> |
|           | 330 N/mm <sup>2</sup> con $\Delta P$ tra 0,15 e 0,25 N/mm <sup>2</sup> |
| - a 28 gg | 750 N/mm <sup>2</sup> con $\Delta P$ tra 0,15 e 0,25 N/mm <sup>2</sup> |
|           | 600 N/mm <sup>2</sup> con $\Delta P$ tra 0,15 e 0,25 N/mm <sup>2</sup> |
- ✓ modulo di deformazione, misurato con prove a piastra dinamiche secondo la normativa TB\_BF STB sez. B 8.3 che dovrà avere i seguenti valori:
  - a 24 h maggiore di 110N/mm<sup>2</sup>
  - a 48 h compreso tra 330N/mm<sup>2</sup> e 430N/mm<sup>2</sup>

- a 28 gg maggiore di 1200N/mm<sup>2</sup>

Le miscele di calcestruzzo per riempimenti possono essere richieste in funzione della D.L., con le seguenti caratteristiche:

- ✓ dosaggio di cemento variabile da 100 a 200 Kg/m<sup>3</sup>
- ✓ tipo di cemento: II/A-L (composito) o IV/A (pozzolanico)
- ✓ in funzione della velocità di incremento delle resistenze meccaniche, cementi con resistenze a compressione, su malta plastica, superiore a 32,5 MPa e a 42,5 MPa.

#### **2.2.4 - Additivi**

Gli additivi eventualmente impiegati dovranno essere conformi alle Norme UNI dalla 7101/72 alla 7120/72. Gli additivi contenenti cloruri potranno essere usati solo in proporzioni tali che il tenore di cloruri nell'impasto, calcolato in CaCl e tenuto conto anche della loro presenza nel cemento, negli inerti e nell'acqua, non sia maggiore dell'1,5% in peso rispetto al cemento.

#### **Art. 2.3 - Pietrisco, pietrischetto, graniglia, mista di cava, ciottoli, ghiaia, ghiaietto, polveri di rocce asfaltiche, sabbia, additivi**

Si fa riferimento ai fascicoli 4 (1953) e (1956) delle norme della Commissione di Studio e dei materiali stradali del Consiglio Nazionale delle Ricerche, al D.M. 09.01.1996 e dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (N.T.C.) approvate con Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018 e s.m.

##### **2.3.1 - Materiali calcarei di cava**

I pietrischi ed i pietrischetti dovranno essere di natura calcarea, sana, non gelivi, provenienti da cava o da frantumazione di ciottoli di fiume con caratteristiche uniformi di materiale, privo di cappellaccio, sostanze marmose o terrose, nelle prescritte pezzature, ricavati da frantumazione e vagliatura meccaniche, opportunamente lavati.

Le pezzature prescritte sono le seguenti: 40 - 70; 25 - 40; 15 - 25; 10 - 15.

In particolare, saranno accettati pietrischi di requisiti non inferiori alla categoria seconda e pietrischi non inferiori alla categoria quarta delle norme citate.

##### **2.3.2 - Graniglie e pietrischetti di fiume**

La graniglia ed il pietrischetto di fiume saranno ricavati dalla frantumazione omogenea di ciottoli di rocce silicee e calcaree ed in genere ad elevata durezza.

Dovranno essere forniti conformi al campione da presentarsi, nelle pezzature mm. 0-3; 3-5; 5-10; 10-15; 15-25.

Dovranno essere privi di ghiaia, ghiaietto, materie sabbiose, terrose, eterogenee, e di ciottoli alterati; in caso contrario verranno subito rifiutati e l'assuntore è obbligato a rinnovare a proprie spese il materiale.

Saranno accettati materiali di requisiti non inferiori alla categoria quarta.

##### **2.3.3 - Sabbia, ghiaietti e ciottoli**

La sabbia, naturale ed artificiale, di fiume o calcarea di frantoio deve risultare bene assortita in grossezza e costituita da grani resistenti non provenienti da rocce decomposte o gessose, deve essere scricchiolante alla

mano, non lasciare traccia di sporco, essere scevra di materie organiche e melmose e comunque deve essere lavata salvo che il Direttore dei Lavori non lo ritenga necessario.

Il ghiaietto ed i ciottoli devono presentare le stesse caratteristiche della sabbia, devono essere composti di elementi duri, resistenti e non gelivi, essere esenti di elementi friabili e terrosi e non devono contenere polvere.

Come per le sabbie, per il ghiaietto è prescritto il lavaggio, salvo che ciò non sia ritenuto necessario dalla Direzione Lavori.

Per tutti i materiali deve essere presentato un campione prima di iniziare la fornitura, le prove di caratterizzazione e di accettazione saranno eseguite in conformità alle norme citate e l'Appaltatore dovrà curarsi di ottenere l'approvazione dei campioni da parte della Direzione Lavori.

Saranno ritenute non avvenute ed escluse dalla contabilità, salvo risarcimento di legge, quelle forniture di materiali che non rispondessero alle norme citate.

#### **Art. 2.4 - Pietre naturali**

Le pietre da impiegare per le murature, nei drenaggi, nelle gabbionate, ecc. dovranno essere sostanzialmente compatte ed uniformi, sane e di buona resistenza alla compressione, prive di parti alterate. Esse dovranno corrispondere ai requisiti d'accettazione stabiliti nel R.D. 16-11-1939 "Norme per l'accettazione delle pietre naturali da costruzione" n° 2232 e al fascicolo n° 5 (1954) delle norme della Commissione di Studio dei Materiali Stradali Consiglio Nazionale Ricerche.

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

#### **Art. 2.5 - Pietre da taglio**

Proverranno dalle cave che saranno accettate dalla Direzione Lavori.

Esse dovranno essere sostanzialmente uniformi e compatte, sane e tenaci, senza parti alterate, vene, peli od altri difetti, senza immasticature o tasselli. Esse dovranno corrispondere ai requisiti di accettazione stabiliti dal R.D. 16-11-1939 "Norme per l'accettazione delle pietre naturali da costruzione" n° 2232.

Le lavorazioni che potranno essere adottate per le pietre da taglio saranno le seguenti:

- a) a grana grossa;
- b) a grana ordinaria;
- c) a grana mezza fina;
- d) a grana fina.

Quando anche si tratti di facce semplicemente abbozzate, esse dovranno venire lavorate sotto regolo in modo da non presentare incavi o sporgenze maggiori di 2 cm rispetto al piano medio; le pietre lavorate a punta grossa non presenteranno irregolarità maggiori di 1 cm. Per le pietre lavorate a punta mezzana od a punta fina i letti di posa saranno lavorati a perfetto piano e le facce dovranno avere gli spigoli vivi e ben rifilati

in modo che le commessure non eccedano i 5 mm. Dove sia prescritta la lavorazione a martellina le superfici e gli spigoli dovranno essere lavorati in modo che le commessure non eccedano i 3 mm.

Non saranno tollerate né, smussature agli spigoli né cavità nelle facce né mastichature o rattoppi.

#### **Art. 2.6 - Materiali laterizi**

I laterizi, da impiegare per lavori di qualsiasi genere, dovranno corrispondere alle norme per l'accettazione di cui al R.D. 16.11.1939 n° 2233 e al D.M. 26.03.1980 e successive modificazioni ed integrazioni, nonché alle norme UNI vignet.

I laterizi saranno delle migliori fornaci, di pasta fine, compatta, omogenea, privi di noduli e di calcinelli. Essi dovranno risultare sonori alla percussione, non contorti, nè vetrificati, nè screpolati.

Tutti i laterizi dovranno possedere inoltre i requisiti indicati nel D.M. 20 novembre 1987 relativo alla progettazione e costruzione degli edifici in muratura.

#### **Art. 2.7 - Legnami**

I legnami da impiegare dovranno essere ben stagionati, di fibra dritta, senza nodi, fenditure o altro difetto. Saranno tagliati almeno da un anno. Per le prove e l'accettazione dei legnami valgono le norme approvate con R.D. 30 Ottobre 1912 ed alle Norme Tecniche per le Costruzioni (N.T.C.) approvate con Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018 e s.m.i.

Di qualunque essenza essi siano dovranno soddisfare, sia per le opere definitive che per quelle provvisorie, a tutte le prescrizioni ed avere i requisiti delle precise categorie di volta in volta prescritte e non dovranno presentare difetti incompatibili con l'uso a cui sono destinati. I legnami rotondi o pali dovranno provenire da vero tronco e non dai rami, saranno dritti in modo che la congiungente i centri delle due basi non esca in alcun modo dal palo.

Dovranno essere scortecciati per tutta la loro lunghezza e rettificati in superficie; la differenza fra i diametri medi delle estremità non dovrà oltrepassare il quarto del maggiore dei due diametri. I legnami grossolanamente squadrati e a spigolo smussato dovranno avere tutte le facce spianate, tollerandosi in corrispondenza ad ogni spigolo l'alburno e lo smusso in misura non maggiore di 1/5 della minore dimensione trasversale dell'elemento. I legnami a spigolo vivo dovranno essere lavorati e squadrati a sega e dovranno avere tutte le facce esattamente spianate, senza rientranze o risalti, con gli spigoli tirati a filo vivo, senza alburno né smussi di sorta.

#### **Art. 2.8 - Bitumi, emulsioni**

I loro requisiti di qualità dovranno corrispondere alle norme per l'accettazione dei bitumi, delle emulsioni e dei catrami per usi stradali dettate dalla Commissione di Studio dei Materiali Stradali del Consiglio Nazionale delle Ricerche (C.N.R.).

Al riguardo, vedere quanto specificato nelle prescrizioni esecutive (titolo 3).

L'impresa ha l'obbligo di fare eseguire prove sperimentali sui campioni di aggregato e di legante per la relativa accettazione. Tutti gli studi delle miscele riguardanti i lavori corredati da una completa documentazione delle prove effettuate in laboratorio, dovranno essere presentati alla committenza con congruo anticipo prima dell'inizio dei lavori ed approvati dalla D.L. Una volta accettata dalla D.L. l'impresa

dovrà attenersi rigorosamente alla composizione granulometrica della curva di progetto proposta, comprovandone l'osservanza con esami periodici. Non saranno ammesse variazioni delle singole percentuali del contenuto di aggregato grosso di  $\pm 5$  per lo strato di base e di  $\pm 3$  per gli strati di binder e usura. Per gli strati di base, binder e usura non saranno ammesse variazioni percentuali del contenuto di sabbia di  $\pm 2$ , per il filler  $\pm 1,5$ . Per il bitume, non sarà tollerato uno scostamento percentuale da quello di progetto superiore a  $\pm 0,25$ . Tali valori dovranno essere soddisfatti sia dall'esame dei prelievi in impianto che dalle carote prelevate in sito.

#### **Art. 2.9 - Materiali metallici**

I materiali metallici da impiegare nella costruzione delle varie macchine o apparecchiature, delle strutture di ogni tipo, delle tubazioni e condotte dovranno essere esenti da scorie, soffiature, bruciature, paglie o qualsiasi altro difetto apparente o latente di fusione, laminazione, trafilatura, fucinatura e simili. Sottoposti ad analisi chimica dovranno risultare esenti da impurità e da sostanze anormali.

La loro struttura micrografica dovrà essere tale da dimostrare l'ottima uscita dal processo metallurgico di fabbricazione e da escludere qualsiasi alterazione derivante dalla successiva lavorazione a macchina o a mano che possa menomare la sicurezza d'impiego.

Ferma restando l'applicazione del D.M. 15 Luglio 1925 che fissa norme e condizioni per le prove e l'accettazione dei materiali ferrosi, per le prove meccaniche e tecnologiche dei materiali metallici saranno rispettate le norme di unificazione UNI.

In particolare, essi dovranno inoltre presentare, a seconda della loro qualità, i seguenti requisiti:

##### **2.9.1 - Ferro comune**

Il ferro dovrà essere di prima qualità, di natura fibrosa a grana fine omogenea, senza slegamenti, sfogliature, peli, ruggine, di vena diritta e continua, di colore bianco azzurrognolo e dovrà resistere senza rompersi ad una trazione di 40 kg/mm<sup>2</sup> di sezione.

##### **2.9.2 - Acciaio trafilato o laminato**

Tale acciaio, nella varietà dolce, semiduro o duro, dovrà essere privo di difetti, di screpolature, di bruciature e di altre soluzioni di continuità. In particolare, per la prima varietà sono richieste perfette malleabilità e lavorabilità a freddo e a caldo, senza che ne derivino screpolature o alterazioni; esso dovrà altresì essere saldabile e non suscettibile di perdere la tempratura; alla rottura dovrà presentare struttura lucente e finemente granulare.

##### **2.9.3 - Acciaio fuso in getti**

L'acciaio in getti per cuscinetti, cerniere, rulli e per qualsiasi altro lavoro, dovrà essere di prima qualità, esente da soffiature e da qualsiasi altro difetto.

##### **2.9.4 - Acciaio per opere in conglomerato cementizio**

Dovrà essere conforme in ogni tipo alla normativa vigente per le varie opere all'epoca di esecuzione dei lavori e, in particolare, dovrà avere qualità e resistenza prescritte dalla Legge 5 Novembre 1971 n° 1086 e D.M. 30 Maggio 1972 e successivi. Gli acciai per opere in cemento armato, cemento armato precompresso e

per carpenteria metallica dovranno soddisfare i requisiti stabiliti dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (N.T.C.) approvate con Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018 e s.m.i. La Direzione Lavori, a suo insindacabile giudizio, effettuerà i controlli in cantiere in base alla suddetta disposizione di Legge.

### 2.9.5 - Ghisa

I manufatti in ghisa dovranno essere in ghisa affinata di prima o seconda fusione, privi di soffiature, bolle, incrinature o altri difetti; i chiusini, caditoie e simili, dovranno essere esenti da basculamento.

È assolutamente escluso l'impiego di ghise fosforose. I chiusini e le caditoie saranno in ghisa grigia o ghisa sferoidale secondo norma UNI 4544, realizzati secondo norme UNI EN 124 di classe adeguata al luogo di utilizzo, in base al seguente schema, condividendo ogni scelta con la D.L.:

| Luogo di utilizzo                                        | Classe | Portata |
|----------------------------------------------------------|--------|---------|
| Per carichi elevati in aree speciali                     | E600   | t 60    |
| Per strade a circolazione normale                        | D400   | t 40    |
| Per banchine e parcheggi con presenza di veicoli pesanti | C250   | t 25    |
| Per marciapiedi e parcheggi autovetture                  | B125   | t 12,5  |

### 2.9.6 - Metalli vari e leghe metalliche

I vari metalli e le leghe metalliche da impiegare dovranno essere delle migliori qualità, ben fusi o laminati, a seconda delle specie di lavori a cui sono destinati, e scevri da ogni impurità o difetto che ne vizi la forma o ne alteri la resistenza o la durata.

### 2.9.7 - Acciaio inossidabile

Sulla superficie non dovranno essere visibili difetti di origine meccanica od inclusioni, queste ultime dannose perché funzionano da innesco per la corrosione; le superfici saranno lisce, lucidate a specchio. Dovrà presentare elevata resistenza alla corrosione ed al calore e rispondere, per composizione chimica, caratteristiche e prescrizioni generali, alla norma UNI 6900-71. Le lamiere in acciaio inox saranno laminate a freddo secondo la norma UNI 8317.

## Art. 2.10 - Materiali non metallici

I materiali non metallici (quali: materie plastiche o similari, resine, gomma, neoprene, materiali per guarnizioni e tenute stagne, impermeabilizzanti, prodotti vernicianti, trattamenti superficiali, materiali ceramici, vetri e cristalli, ecc.), da impiegare nella costruzione, completamente e rifinitura delle varie opere o apparecchiature, dovranno avere caratteristiche, resistenza, spessori o dimensioni tali da soddisfare le esigenze delle varie applicazioni.

Detti materiali dovranno, in tutto e per tutto, essere conformi alle norme UNI ed ad altre eventuali norme che regolano la materia.

## Art. 2.11 - Materiali per applicazioni geologiche-geosintetici

### 2.11.1 - Geotessili non tessuti

Teli realizzati a struttura piana composta da fibre sintetiche "coesionate" mediante agugliatura meccanica o con termosaldatura. In relazione alla lunghezza delle fibre di polipropilene e/o poliestere, i geotessili non tessuti si distinguono a filamento continuo e a filamento non continuo (a fiocco). Tali materiali saranno posti

in opera per l'esecuzione di drenaggi, come separatori o elementi di rinforzo. Per l'applicazione di drenaggi, devono usare i geotessili non tessuti a filo continuo e devono avere i seguenti requisiti: peso unitario di almeno 110 g/mq, permeabilità di circa 300 l/mq/s e diametro di filtrazione di 0,235 mm a secco e 0,15 mm a umido, salvo diversa prescrizione o indicazione della Direzione lavori. Per tutti gli altri impieghi si dovranno utilizzare geotessili non tessuti, con caratteristiche funzionali adatti alla particolare situazione dell'applicazione, previa autorizzazione della Direzione lavori. Per determinare peso e spessore si farà riferimento le norme di cui ai B.U. - C.N.R. n. 110 del 23 dicembre 1985 e n. 111 del 24 novembre 1985, e le norme U.N.I. 4818, 5114, 511, 5121, 5419, U.N.I. 8279/1-16 ediz. 1981-87, U.N.I. 8639-84, 8727-85, 8986-87.

#### **2.11.2 - Geotessili tessuti**

Sono definite come strutture piane e regolari formate dall'intreccio di due o più serie di fili costituiti da fibre sintetiche di fibre di polipropilene e/o poliestere, che consentono di ottenere aperture regolari e di piccole dimensioni. In relazione alla sezione della fibra, possono suddividersi in tessuti a monofilamento o a bandalette (nastri appiattiti). L'applicazione di questi materiali è identica a quella dei geotessili non tessuti. Il geotessile dovrà essere atossico, completamente imputrescibile, resistente agli agenti chimici presenti nei terreni nelle normali concentrazioni, inattaccabile da insetti, muffe e microrganismi. Le caratteristiche minime saranno espresse dalla Direzione Lavori a seguito di ordinativi.

#### **2.11.3 - Georeti**

Geosintetici con struttura a maglia costituite da due serie sovrapposte di fili (con spessore compreso tra 3 e 10 mm) che si incrociano con angolo costante (tra 60° e 90°), in modo da formare aperture regolari costanti tra 10 e 60 mm di ampiezza. Vengono prodotte per estrusione di polimeri termoplastici (polietilene ad alta densità o polipropilene) e la saldatura delle due serie di fili viene eseguita per parziale compenetrazione nei punti di contatto. Devono essere applicate congiuntamente a geotessili come filtri, come elementi di tenuta per assolvere la funzione di drenaggio o per protezione meccanica nel caso di una loro applicazione non combinata.

#### **2.11.4 - Biotessili**

Costituite da fibre naturali (juta e/o cocco) sono assemblate in modo da formare una struttura a tessitura aperta o più chiusa mediante sistema di agugliatura meccanica garantendo sempre la deformazione. Le fibre naturali trovano applicazione per il rivestimento superficiale a protezione dall'erosione durante la crescita di vegetazione.

#### **2.11.5 - Biostuoie**

Sono costituite da fibre naturali quali paglia, cocco, sisal ecc..., in genere contenute tra reti di materiale sintetico (polipropilene o poliammide) o naturale (juta). La loro applicazione consiste esclusivamente in quella di rivestimento superficiale dall'erosione durante la fase di inerbimento delle scarpate stradali.

#### **2.11.6 - Geostuoie**

Sono costituite da filamenti di materiale sintetici (polietilene ad alta densità, poliammide, polipropilene o altro), aggrovigliati in modo da formare uno strato molto deformabile dello spessore di 10/20 mm, caratterizzato da

un indice dei vuoti molto elevato > del 90%. La loro applicazione risponde essenzialmente a due applicazioni ovvero come protezione dall'erosione superficiale provocata da acque piovane e di ruscellamento e di rivestimento di sponde di corsi d'acqua con basse velocità.

#### **2.11.7 - Geocompositi per drenaggio**

Sono formati dall'associazione (in produzione) di uno strato di georete o di geostuoia racchiuso tra uno o due strati di geotessile. Lo spessore complessivo del geocomposito può variare tra 5 e 30 mm.

#### **2.11.8 - Geogriglie**

Le geogriglie hanno lo scopo principale di rinforzo sia dei terreni naturali che degli strati bituminosi delle sovrastrutture stradali.

Sono così classificabili:

**estruse:** strutture piane realizzate con materiali polimerici (polietilene ad alta densità o polipropilene) mediante processo di estrusione e stiratura, che può essere svolto in una sola direzione (geogriglie monodirezionali) o nelle due direzioni principali (bidirezionali);

**tessute:** strutture piane a forma di rete realizzate mediante la tessitura di fibre sintetiche su vari tipi di telai, eventualmente ricoperte da un ulteriore strato protettivo (PVC o altro materiale plastico);

a sovrapposizione: sono realizzate mediante la sovrapposizione e successiva saldatura di geonastri costituiti da un nucleo in poliestere ad alta tenacità rivestito con guani protettiva in polietilene.

La geogriglia dovrà essere completamente imputrescibile, resistente agli agenti chimici presenti nei terreni nelle normali concentrazioni, inattaccabile da insetti, muffe e microrganismi. e stabilizzato ai raggi UV. Il materiale fornito dovrà essere certificato secondo le norme ISO 9002 e dovranno essere note le curve sforzo/deformazione nel tempo sino ai 120 anni. Le caratteristiche minime saranno espresse dalla Direzione Lavori a seguito di ordinativi e dovranno essere certificate dall'Appaltatore.

#### **2.11.9 - Geocelle**

Sono composte da celle giustapposte prodotte per assemblaggio o estrusione di strisce di materiali sintetici di altezza pari a circa 75/150 mm, che realizzano una struttura a nido d'ape o simile. Le geocelle possono essere realizzate anche con materiali naturali es. fibra di cocco. Il loro scopo è quello di contenimento del terreno in pendio per evitare scoscendimenti superficiali.

Per tutte le diverse applicazioni e tipi dei geosintetici, l'Appaltatore prima di ogni loro impiego dovrà fornire alla Direzione dei lavori i relativi certificati di produzione del materiale, quest'ultimo, a suo insindacabile giudizio, ha tuttavia la facoltà di effettuare prelievi a campione sui prodotti approvvigionati in cantiere.

### **Art. 2.12 - Tubazioni**

#### **Tubi di acciaio:**

I tubi di acciaio dovranno essere trafilati e perfettamente calibrati. Quando i tubi di acciaio saranno zincati dovranno presentare una superficie ben pulita e scevra di grumi; lo strato di zinco sarà di spessore uniforme e ben aderente al pezzo, di cui dovrà ricoprire ogni parte.

#### **Tubi di cemento:**

I tubi di cemento dovranno essere confezionati con calcestruzzo sufficientemente ricco di cemento, ben stagionati, ben compatti, levigati, lisci, perfettamente rettilinei, a sezione interna esattamente circolare, di spessore uniforme e scevri affatto da screpolature. Le superfici interne dovranno essere intonacate e lisciate. La fattura dei tubi di cemento dovrà essere pure compatta, senza fessure ed uniforme. Il ghiaietto del calcestruzzo dovrà essere così intimamente mescolato con la malta che i grani dovranno rompersi sotto l'azione del martello senza distaccarsi dalla malta.

**Tubi di poli-cloruro di vinile (PVC):**

I tubi PVC dovranno avere impressi sulla superficie esterna, in modo evidente, il nominativo della ditta costruttrice, il diametro, l'indicazione del tipo e della pressione di esercizio; sulle condotte per acqua potabile dovrà essere impressa una sigla per distinguerle da quelle per altri usi, come disposto dalla Circ. Min. Sanità n. 125 del 18 luglio 1967.

Come previsto dalle norme UNI EN 1452-2:2001, UNI EN 1329, UNI EN 1329-1:2000, UNI EN 1401 i tubi si distinguono in:

- tipo 311, per fluidi non alimentari in pressione, con temperature fino a 60°;
- tipo 312, per liquidi alimentari e acqua potabile in pressione, per temperature fino a 60°;
- tipo 313, per acqua potabile in pressione;
- tipo 301, per acque di scarico e ventilazione nei fabbricati, per temperature max perm. di 50°;
- tipo 302, per acque di scarico, per temperature max perm. di 70°;
- tipo 303/1 e 303/2, per acque di scarico, interrate, per temperature max perm. di 40°.

Il Direttore dei lavori potrà prelevare a suo insindacabile giudizio dei campioni da sottoporre a prove, a cure e spese dell'Appaltatore, e qualora i risultati non fossero rispondenti a quelli richiesti, l'Appaltatore sarà costretto alla completa sostituzione della fornitura, ancorché messa in opera, e al risarcimento dei danni diretti ed indiretti.

**Tubi di polietilene (PE):**

I tubi in PE saranno prodotti con PE puro stabilizzato con nero fumo in quantità del 2-3% della massa, dovranno essere perfettamente atossici ed infrangibili ed in spessore funzionale alla pressione normalizzata di esercizio (PN 2, 5, 4, 6, 10). Il tipo a bassa densità risponderà alle norme UNI ISO 3394:2020, mentre il tipo ad alta densità risponderà alle norme UNI 10910-1:2001 e UNI 10910-3:2001, UNI EN 12666-1:2006.

**Tubi drenanti in PVC:**

I tubi drenanti saranno in PVC duro ad alto modulo di elasticità, a basso coefficiente di scabrezza, conformi alle D.I.N. 16961, D.I.N. 1187 e D.I.N. 7748.

I tubi si distinguono nei seguenti tipi:

- 1) tipo flessibile corrugato a sez. circolare, anche rivestito di filtro in geotessile o polipropilene, fessure di mm 1,3 di larghezza, (d.e. mm da 50 a 200);
- 2) tipo rigido a doppia parete corrugato, sez. circolare, fessure di mm 0,8 di larghezza, (d.i. mm da 100 a 250);
- 3) tipo tunnel corrugato con suola d'appoggio liscia, fessure mm 0,8 di larghezza (d.n. mm da 80 a 300).

Per i tubi per adduzione di acqua per uso potabile, agricolo, industriale e per fognatura, dovranno essere garantiti i requisiti di cui alle tabelle allegate al D.M. 12 dicembre 1985.

### **Art. 3 Qualità ed impiego dei materiali. certificazioni di conformità**

In correlazione a quanto è prescritto circa la qualità e le caratteristiche dei materiali per la loro accettazione, l'Impresa sarà obbligata a prestarsi in ogni tempo alle prove dei materiali impiegati o da impiegarsi, nonché a quelle di campioni di lavori eseguiti, da prelevarsi in opera, sottostando a tutte le spese di prelevamento ed invio di campioni al Laboratorio prove ed analisi debitamente riconosciuto.

Si richiamano le indicazioni e le disposizioni dell'articolo 15 del capitolato generale d'appalto (D.M. LL.PP. n. 145/2000). Qualora nelle somme a disposizione riportate nel quadro economico del progetto esecutivo non vi fosse l'indicazione o venga a mancare la relativa disponibilità economica a seguito dell'affidamento dei lavori, le relative spese per gli accertamenti di laboratorio e le verifiche tecniche previste dal presente capitolato si dovranno intendere a completo carico dell'Impresa appaltatrice. Tale disposizione vale anche qualora l'importo previsto nelle somme a disposizione non sia sufficiente a coprire per intero le spese per accertamenti e verifiche di laboratorio; pertanto, in questo caso l'Impresa esecutrice dei lavori dovrà farsi carico della sola parte eccedente alla relativa copertura finanziaria.

Dei campioni potrà essere ordinata la conservazione nel competente ufficio tecnico o sedi distaccate dell'Amministrazione appaltante, numerandoli di sigilli e firma del Direttore dei lavori (o dai Direttori Operativi) e dell'Impresa, nei modi più adatti a garantire l'autenticità. Per la fornitura e posa in opera di beni inerenti alla sicurezza della circolazione stradale di seguito elencate:

- apparecchi, giunti, appoggi e sistemi antisismici per ponti e viadotti;
- barriere di sicurezza;
- barriere fonoassorbenti;
- impianti elettrici;
- impianti di illuminazione;
- impianti di ventilazione;
- impianti tecnologici per l'edilizia civile ed industriale;
- segnaletica verticale e orizzontale;

L'Impresa appaltatrice delle relative forniture si dovrà attenere alle specifiche riportate sulle Circolari del Ministero dei LL.PP. del 16 maggio 1996, n. 2357, 27 dicembre 1996, n. 5923, 9 giugno 1997, n. 3107 e del 17 giugno 1998, n. 3652 nei riguardi della presentazione della dichiarazione di impegno o di conformità o certificazione di conformità sia all'atto dell'offerta che all'aggiudicazione dei lavori.

Per i prodotti per i quali sono state emanate le disposizioni attuative che consentono l'apposizione del marchio di conformità CE o laddove sia prevista una procedura di omologazione/approvazione dello stesso che sostituisce la certificazione di conformità.

## **CAPITOLO II - NORME PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

### **Premessa**

L'Impresa dovrà eseguire le opere in ottemperanza alle Leggi, ai regolamenti vigenti ed alle prescrizioni degli enti competenti in materia di Lavori Pubblici, con particolare riferimento alle Norme Tecniche sottoelencate:

- «Norme Tecniche per le Costruzioni (N.T.C.) approvate con Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018» e s.m.i;
- «Norme Tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche» di cui al D.M.LL.PP. in vigore, emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge n. 1086 del 5/11/1971, nonché dell'art. 1 della Legge n. 64 del 2/2/1974 (D.M. LL.PP. 2/8/1980, circ. LL.PP. n. 20977 del 11/11/1980, D.M. 11/3/1988 e successivi aggiornamenti);
- «Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento» di cui al D.M.LL.PP. 20/11/1987, emanate in applicazione della Legge n. 64 del 2/2/1974;
- «Norme Tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate» di cui al D.M. LL.PP. 3/12/1987, emanate in applicazione della Legge n. 64 del 2/2/1974;
- alla Circolare n. 2357 del 16/05/96 e successivi aggiornamenti, riguardante la fornitura in opera dei beni inerenti alla sicurezza della circolazione stradale;
- agli ordini che la Direzione Lavori le impartirà, sulla base delle direttive che i competenti uffici della Società, in accordo con i Progettisti, riterranno di emettere.

Pertanto, fermo restando ogni altra responsabilità dell'Impresa a termini di legge, essa rimane unica e completa responsabile dell'esecuzione delle opere. Con cadenza giornaliera e con un anticipo minimo di 24 (ventiquattro) ore, rispetto allo svolgersi delle lavorazioni, l'Impresa dovrà comunicare in forma scritta (tramite e-mail) alla Direzione Lavori, quali di queste ultime intenderà intraprendere. Ogni variazione rispetto a quanto programmato dovrà essere tempestivamente comunicata in forma scritta (tramite e-mail) alla Direzione Lavori. In caso di mancata trasmissione del programma o di cambiamenti a questo apportati, la Direzione Lavori potrà procedere alla verifica ed al controllo di quanto eseguito tramite i mezzi di indagine (distruttivi e non distruttivi) che di volta in volta riterrà più opportuni. Gli oneri per l'esecuzione di ogni controllo supplementare saranno a totale carico dell'Impresa.

La conformità a quanto previsto dal progetto sarà sancita dalla redazione di un apposito verbale di constatazione, firmato dal Direttore dei Lavori e dal Direttore Tecnico dell'Impresa: il verbale riporterà, oltre ai dati identificativi della lavorazione, i tipi e la quantità dei controlli eseguiti.

Le presenti Norme Tecniche unitamente alle descrizioni delle voci contenute nell' Elenco Prezzi determinano le modalità esecutive, i materiali e le lavorazioni.

## **PARTE PRIMA: MOVIMENTI TERRA, DEMOLIZIONI E COSTRUZIONE DEL CORPO STRADALE**

### **Art. 4 MOVIMENTI DI TERRA**

L'impresa prima di effettuare qualunque tipologia di scavo è tenuta all' adempimento di tutte le prescrizioni in vigore in termini ambientali per la gestione corretta delle terre e rocce da scavo previste dal Titolo V parte IV del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i..

L'Impresa è tenuta ad eseguire la picchettazione completa o parziale del lavoro, prima di iniziare i lavori di sterro o riporto, in modo che risultino indicati i limiti degli scavi e dei riporti in base alla larghezza del piano

stradale, alla inclinazione delle scarpate e alla formazione delle cunette. A suo tempo dovrà pure posizionare delle modine, nei tratti più significativi o nei punti indicati dalla Direzione lavori, utili e necessarie a determinare con precisione l'andamento delle scarpate tanto degli sterri che dei rilevati, curandone poi la conservazione e rimettendo quelli manomessi durante la esecuzione dei lavori.

Qualora ai lavori in terra siano connesse opere murarie o in calcestruzzo armato, l'Appaltatore dovrà procedere al tracciamento di esse, pure con l'obbligo della conservazione dei picchetti ed eventualmente delle modine, come per i lavori in terra.

I movimenti di terra comprendono le seguenti categorie di lavoro:

- Diserbamento e scoticamento
- Scavi
- Rinterri
- Rilevati

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

#### **Art. 5 DISERBAMENTO E SCOTICAMENTO**

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

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

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

- a) il diserbamento e lo scoticamento del terreno dovranno sempre essere eseguiti prima di effettuare qualsiasi lavoro di scavo o rilevato;
- b) tutto il materiale vegetale, inclusi ceppi e radici, dovrà essere completamente rimosso, alterando il meno possibile la consistenza originaria del terreno in sito.
- c) Il materiale vegetale scavato, se riconosciuto idoneo dalla D.L., previo ordine di servizio, potrà essere utilizzato per il rivestimento delle scarpate; diversamente il materiale scavato dovrà essere trasportato a discarica. Rimane comunque categoricamente vietata la posa in opera di tale materiale per la costruzione dei rilevati.
- d) La larghezza dello scoticamento ha l'estensione dell'intera area di appoggio e potrà essere continua od opportunamente gradonata secondo i profili e le indicazioni che saranno date dalla D.L. in relazione alle pendenze dei siti di impianto. Lo scoticamento sarà stabilito di norma alla quota di cm 20 al di sotto del piano campagna e sarà ottenuto praticando i necessari scavi di sbancamento tenuto conto della natura e consistenza delle formazioni costituenti i siti di impianto preventivamente accertate anche con l'ausilio di prove di portanza.

#### **Art. 6 SCAVI**

##### **Art. 6.1 - Norme generali**

L'Appaltatore dovrà provvedere ad apporre alle aree di scavo opportune recinzioni e segnaletiche diurne e notturne secondo le vigenti norme di legge.

L'Appaltatore dovrà adottare tutte le cautele necessarie (indagini preliminari, sondaggi, scavi campione ecc.) per evitare il danneggiamento di manufatti e reti interrato di qualsiasi natura, compresa tra le cautele la temporanea sostituzione dei manufatti o deviazione delle reti ed il tempestivo ripristino a fine lavori.

L'Appaltatore è tenuto a rispettare la geometria degli scavi prevista dal Progetto. In particolare, dovrà rifinire il fondo e le pareti dello scavo secondo quote e pendenze di Progetto, curando anche che il fondo degli scavi sia compattato secondo le indicazioni fornite dalla D.L..

Per quanto riguarda le opere di sostegno multi-tirantate, nessuno scavo potrà essere eseguito al disotto della quota prevista per la realizzazione dell'ordine di tiranti in corso, se prima l'ordine stesso non sarà completato e messo in tensione.

Prima di procedere a fasi di lavoro successive, l'Appaltatore dovrà segnalare l'avvenuta ultimazione degli scavi per eventuale ispezione da parte della Direzione Lavori.

Qualora, per la qualità del terreno o per qualsiasi altro motivo, fosse necessario puntellare, sbatacchiare ed armare le pareti degli scavi, l'Impresa dovrà provvedervi a sue spese, adottando tutte le precauzioni necessarie per impedire smottamenti e franamenti; in ogni caso resta a carico dell'Impresa il risarcimento per i danni dovuti a tali motivi, subiti da persone, cose o dall'opera medesima.

Nel caso di franamento degli scavi è a carico dell'Impresa procedere alla rimozione dei materiali ed al ripristino del profilo di scavo; nulla è dovuto all'Impresa per il mancato recupero, parziale o totale, del materiale impiegato per le armature e sbatacchiature.

Nel caso che, a giudizio della Direzione Lavori, le condizioni nelle quali i lavori si svolgono, lo richiedano, l'Impresa sarà tenuta a coordinare opportunamente per campioni la successione e l'esecuzione delle opere di scavo e murarie.

Qualora negli scavi in genere si fossero superati i limiti assegnati, l'Impresa dovrà rimettere in sito le materie scavate in più, utilizzando materiali idonei.

L'Appaltatore, in contraddittorio con la D.L., dovrà prevedere tutti gli opportuni e necessari accorgimenti realizzativi per garantire durante tutte le fasi del lavoro la stabilità dei fronti di scavo con adeguati margini di sicurezza.

La realizzazione degli scavi deve avvenire per conci successivi, la cui estensione dovrà essere ponderata in situ alla luce di:

- condizioni idrauliche
- effettive condizioni di stabilità del fronte (condizioni geotecniche, stratigrafiche)
- necessità di interventi e/o accorgimenti.

La casistica e la tempistica realizzativi degli scavi deve essere tale da garantire la stabilità a breve termine anche in riferimento alla natura dei terreni (permeabilità, granulometria, plasticità, ecc.).

In ogni caso, i tempi di apertura degli scavi dovranno essere sufficientemente contenuti al fine di considerare realistiche le ipotesi di condizioni non drenate e scongiurando il rischio di fenomeni di rilascio tensionale e rotture progressive dei terreni coinvolti (decadimento della resistenza al taglio).

Le pendenze degli scavi provvisori riportate sugli elaborati grafici di progetto sono del tutto indicative e dovranno essere verificate alla luce delle effettive condizioni geotecniche, stratigrafiche ed idrauliche in sito.

Dovrà inoltre procedere, quando necessario:

- al taglio delle piante, all'estirpazione delle ceppaie, radici, arbusti, ecc. e l'eventuale loro trasporto in aree apposite;

- all'eventuale demolizione di massicciate stradali esistenti.

L'Impresa dovrà assicurare in ogni caso il regolare smaltimento e deflusso delle acque nonché gli esaurimenti, compresi gli oneri per il loro trattamento secondo le vigenti norme di legge.

#### **Art. 6.2 - Materiali di risulta: riutilizzo e sistemazione a deposito**

I materiali provenienti dagli scavi dovranno essere caratterizzati dal punto di vista della compatibilità ambientale, a cura dell'Appaltatore, in accordo con la normativa vigente (D.Lgs. 152/2006).

I materiali provenienti dagli scavi, esuberanti il fabbisogno del lotto o non idonei per essere riutilizzati, dovranno essere portati a rifiuto nelle aree di deposito (discariche) indicate in progetto o individuate in corso d'opera, qualunque sia la distanza, dietro formale autorizzazione della D.L., fatte salve le vigenti norme di Legge.

La collocazione dei materiali a rifiuto in tali siti andrà effettuata con le modalità e le prescrizioni previste negli elaborati relativi alle aree di deposito (discariche), facenti parte integrante del progetto dell'opera; nell'eventualità invece che l'Impresa debba provvedere direttamente al reperimento dell'area di deposito (discarica) dovrà, a sua cura e spese, ottenere la disponibilità delle aree e dei loro accessi, comprese le relative indennità, nonché provvedere alla sistemazione e alla regolarizzazione superficiale dei materiali, secondo quanto proposto dall'Impresa ed approvato dalla Direzione Lavori.

Nel caso in cui a seguito di prove eseguite dall'Impresa, a sua cura e spese, sotto il controllo della Direzione Lavori, i materiali fossero ritenuti idonei, dovranno essere trasportati in aree di accumulo e custoditi opportunamente.

Le quantità di materiali riutilizzabili dovranno eventualmente essere trattati per ridurli alle dimensioni prescritte, secondo necessità delle presenti Norme, ripresi anche più volte e trasportati nelle zone di utilizzo, a cura e spese dell'Impresa.

Fermi tutti gli obblighi e le responsabilità in materia di prevenzione degli infortuni, l'Appaltatore risponde della solidità e stabilità delle scarpate e delle armature di sostegno degli scavi ed è tenuto a modificare, rinnovare o rinforzare quelle parti provvisorie che risultassero deboli. Egli dovrà contornare, a suo esclusivo carico, tutti gli scavi mediante robusti parapetti o barriere che garantiscano un'adeguata protezione e che siano conformi a quanto previsto dall'art. 21 del Codice della Strada e del relativo Regolamento d'Esecuzione.

#### **Art. 6.3 - Scavi di sbancamento**

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

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

Qualora gli scavi vengano eseguiti su pavimentazioni bituminose, si dovrà provvedere al taglio accurato dello spessore del conglomerato bituminoso, che dovrà risultare rettilineo, senza sbavature, utilizzando apposite taglierine o fresatrici e senza disestare la pavimentazione stradale adiacente.

L'Appaltatore è obbligato ad apporre a proprie cure e spese gli opportuni sbatacchi, puntellature ed armature in modo da impedire scoscendimenti e franamenti, restando, oltre che responsabile di eventuali danni alle persone e alle cose, anche obbligato a provvedere a sue spese alla rimozione delle materie franate; dovrà inoltre provvedere a sue spese affinché le acque scorrenti alla superficie del terreno siano deviate in modo che non abbiano a riversarsi negli scavi.

#### **Art. 6.4 - Scavi di fondazione**

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

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

Gli scavi saranno, a giudizio insindacabile della D.L., spinti alla necessaria profondità, fino al rinvenimento del terreno avente la capacità portante prevista in progetto. I piani di fondazione saranno perfettamente orizzontali o disposti a gradoni con leggera pendenza verso monte per quelle opere che ricadessero sopra falde inclinate; le pareti saranno verticali od a scarpa.

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

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

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

Per gli scavi di fondazione si applicheranno le norme previste dal D.M. 11/3/1988 ( S.O. alla G.U. 1/6/1988n. 127; Circ. Serv. Tecnico Centrale LL. PP. del 24/09/1988 n° 30483) e successivi aggiornamenti.

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

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

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

Provvederà, a sua cura e spesa, a togliere ogni impedimento, ogni causa di rigurgito che si opponesse così al regolatore deflusso delle acque, anche ricorrendo alla apertura di canali fugatori; analogamente l'Impresa dovrà adempiere agli obblighi previsti dalle leggi (decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152 e successivi aggiornamenti ed integrazioni, leggi regionali emanate in applicazione del citato decreto) in ordine alla tutela delle acque dall'inquinamento, all'espletamento delle pratiche per l'autorizzazione allo scarico nonché all'eventuale trattamento delle acque.

**Art. 7 DEMOLIZIONI****Art. 7.1 - Demolizione di pavimentazione totale o parziale di strati in conglomerato bituminoso realizzata con frese**

La demolizione della parte della sovrastruttura legata a bitume per l'intero spessore o parte di esso deve essere effettuata con idonee attrezzature munite di frese a tamburo funzionanti a freddo, munite di nastro caricatore per il carico del materiale di risulta; su parere della Direzione Lavori potranno essere impiegate fresatrici a sistema misto (preriscaldamento leggero), purché non compromettano il legante esistente nella pavimentazione restante.

Le attrezzature tutte devono essere perfettamente efficienti e funzionanti e di caratteristiche meccaniche, dimensioni e produzioni approvate preventivamente dalla Direzione Lavori.

La superficie del cavo (nel caso di demolizioni parziali del pacchetto) deve risultare perfettamente regolare in tutti i punti, priva di residui di strati non completamente fresati che possono compromettere l'aderenza dei nuovi tappeti da porre in opera.

L'Impresa si deve scrupolosamente attenere agli spessori di demolizione definiti dal progetto o dalle indicazioni impartite dalla D.L.. Qualora questi dovessero risultare inadeguati a contingenti situazioni in essere e comunque diversi per difetto o per eccesso rispetto all'ordinativo di lavoro, l'Impresa è tenuta a darne immediata comunicazione al Direttore dei Lavori o ad un suo incaricato che potranno autorizzare la modifica delle quote di scarifica.

Il rilievo dei nuovi spessori deve essere effettuato in contraddittorio.

Lo spessore della demolizione deve essere mantenuto costante in tutti i punti e deve essere valutato mediando l'altezza delle due pareti laterali con quella della parte centrale del cavo.

La pulizia del piano di scarifica, nel caso di fresature corticali o subcorticali deve essere eseguita con attrezzature approvate dalla Direzione Lavori munite di spazzole e dispositivi aspiranti, in grado di dare un piano depolverizzato, perfettamente pulito.

Le pareti dei giunti longitudinali devono risultare perfettamente verticali e con andamento longitudinale rettilineo e prive di "sgretolature".

Sia la superficie risultante dalla fresatura che le pareti del cavo devono, prima della posa in opera dei nuovi strati di riempimento, risultare perfettamente pulite, asciutte e uniformemente rivestite dalla mano di attacco di legante bituminoso tal quale o modificato.

**Art. 7.2 - Demolizione dell'intera sovrastruttura realizzata con sistemi tradizionali**

La demolizione dell'intera sovrastruttura può anche essere effettuata con impiego di attrezzature tradizionali, quali escavatori, pale meccaniche, martelli demolitori, ecc. a discrezione della D.L. ed a suo insindacabile giudizio. Le pareti verticali dello scavo dovranno risultare perfettamente verticali e con andamento longitudinale rettilineo e privo di sgretolature.

Eventuali danni causati dall'azione dei mezzi sulla parte di pavimentazione da non demolire dovranno essere riparati a cura e spese dell'Impresa.

L'Impresa è inoltre tenuta a regolarizzare e compattare il piano di posa della pavimentazione demolita.

**Art. 8 RILEVATI****Art. 8.1 - Definizione**

Si definiscono con il termine di rilevati tutte quelle opere in terra destinate a formare il corpo stradale, le opere di presidio, i piazzali nonché il piano d'imposta delle pavimentazioni.

Le caratteristiche geometriche, la natura e le proprietà fisico meccaniche dei materiali che costituiscono il corpo del rilevato sono quelle indicate dal Progettista.

Nel caso in cui l'Impresa non dovesse reperire i materiali previsti, potrà proporre alla Direzione Lavori soluzioni alternative che dovranno essere verificate ed accettate, d'intesa col Progettista.

Resta inteso che l'Impresa dovrà sottoporre alla preventiva approvazione della Direzione Lavori un progetto di dettaglio ad integrazione e conforto del progetto esecutivo nel quale dovrà indicare la natura e le proprietà fisico meccaniche dei materiali che intende adottare, le modalità esecutive, le sequenze cronologiche degli interventi.

Dovrà fornire inoltre una serie di verifiche di stabilità a breve e lungo termine relative al rilevato e al complesso rilevato terreno di fondazione; dovrà altresì verificare il cedimento totale e differenziale del piano di imposta indicando il decorso dello stesso nel tempo.

L'Impresa, sotto il controllo della Direzione Lavori, eseguirà, a sua cura e spese, sondaggi geotecnici, pozzetti esplorativi, prove penetrometriche statiche e/o dinamiche, prove di carico su piastra e qualsiasi altra indagine aggiuntiva (prove geofisiche, etc.), atte a verificare con sufficiente dettaglio che le caratteristiche locali stratigrafiche, idrogeologiche e fisico-meccaniche dei terreni di sedime siano conformi alle previsioni di progetto.

Salvo controindicazioni della Direzione Lavori i punti di indagine saranno posti ad intervalli di almeno 100 m e le indagini saranno spinte ad una profondità almeno pari alla metà della larghezza del piano di posa del rilevato salvo attestarsi nell'eventuale substrato roccioso.

**Art. 8.2 - Materiali per la formazione dei rilevati****8.2.1 - Provenienza dei materiali**

Qualora le leggi regionali lo prescrivano, la Società provvederà ad ottenere dagli Enti competenti il benestare necessario alla coltivazione delle cave e l'Impresa dovrà utilizzare i materiali provenienti dalle cave indicate in progetto; ove non previsto quest'ultima potrà aprire cave di prestito ovunque lo riterrà di sua convenienza, subordinatamente alle vigenti disposizioni di Legge, all'idoneità dei materiali da utilizzare per la formazione dei rilevati, nonché all'osservanza di eventuali disposizioni della Direzione Lavori.

Prima di impiegare i materiali provenienti dagli scavi o dalle cave di prestito, l'Impresa dovrà esperire una campagna di indagini corredata di tutte le opportune prove di laboratorio, atte a fornire alla Direzione Lavori un'esauriente documentazione in merito alle caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali al fine di ottenere l'idoneità all'utilizzo dei singoli materiali.

Per ogni zona di provenienza l'Impresa dovrà altresì eseguire un adeguato numero di sondaggi (almeno 1 sondaggio e/o pozzetto ogni 20.000 m3).

L'Impresa dovrà sottoporre alla preventiva approvazione della Direzione Lavori il programma di coltivazione delle cave e delle eventuali fasi di lavorazione successive, quali vagliatura, frantumazione e miscelazione atte a conferire ai materiali le caratteristiche di idoneità previste dalle Norme Tecniche.

Laddove sarà previsto l'impiego di smarino di galleria o di materiali provenienti da scavo in roccia, la stesa a rilevato sarà autorizzata soltanto dopo il prelievo di campioni e il favorevole esito delle prove di laboratorio; l'Impresa provvederà inoltre, a sua cura e spese, all'eventuale frantumazione e vagliatura del materiale stesso, al fine di ridurlo ad idonea pezzatura.

Prima di avviare la coltivazione delle cave di prestito o dell'impiego a rilevato dei materiali da scavo, dovranno essere asportate le eventuali coltri vegetali, sostanze organiche, rifiuti e rimossi tutti quegli agenti che possono provocare la contaminazione del materiale durante la coltivazione.

Le cave di prestito, da aprirsi a totale cura e spese dell'Impresa, dovranno essere coltivate nel rispetto delle vigenti norme di Legge, secondo le previsioni di progetto ed in modo che, tanto durante la cavatura che a cavatura ultimata, non si abbiano a verificare condizioni pregiudizievoli per la salute e l'incolumità pubblica.

Le stesse condizioni di sicurezza dovranno essere garantite per le eventuali aree di stoccaggio e/o di lavorazione di cui, a sua cura e spese, l'Impresa dovesse avvalersi.

In relazione alla variabilità della provenienza, gli aggregati ottenuti dal riciclo di materiali da costruzione verranno impiegati unicamente se:

- prevalentemente costituiti da frammenti di laterizi, di murature, di intonaci, di conglomerati cementizi, di sovrastrutture stradali e ferroviarie, di allettamenti, di rivestimenti, di prodotti ceramici, di scarti dell'industria di prefabbricazione di manufatti in calcestruzzo, di materiali lapidei
- facenti parte di lotti o partite, previamente caratterizzati secondo quanto previsto dalle normative e leggi vigenti.

È ammesso l'utilizzo di aggregati misti prodotti miscelando aggregati naturali e aggregati riciclati.

Gli aggregati utilizzati devono essere identificati almeno nei seguenti termini:

- fonte e produttore; se il materiale è stato stoccato in un deposito devono essere indicati sia la fonte sia il deposito,
- tipo di aggregato ai sensi anche della EN 932-3,
- dimensione dell'aggregato in termini d/D.

La bolla di consegna deve contenere almeno le seguenti informazioni:

- designazione;
- data di spedizione;
- numero di serie della bolla.

### 8.2.2 - Prove di controllo dei materiali

I materiali che si intendono utilizzare saranno preventivamente sottoposti a prove che attestino la loro ecocompatibilità (sia alla fonte che nell'area di stoccaggio e al momento della loro messa in opera), ai sensi della legislazione vigente (D.Lgs. 152/2006).

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

- analisi granulometrica (almeno una ogni 20.000 m<sup>3</sup> di materiale);
- determinazione del contenuto naturale d'acqua (almeno una ogni 20.000 m<sup>3</sup> di materiale);
- determinazione del limite liquido e dell'indice di plasticità sull'eventuale porzione di passante al setaccio 0,4 UNI 2332 (almeno una ogni 40.000 m<sup>3</sup> di materiale);

- prova di compattazione AASHTO Mod. T/180-57 (almeno una ogni 40.000 m<sup>3</sup> di materiale) ed esecuzione eventuale di:
- analisi granulometrica sui materiali impiegati nella prova di compattazione, prima e dopo la prova stessa limitatamente a quei materiali per i quali è sospetta la presenza di componenti instabili;
- prova edometrica limitatamente ai materiali coesivi e semicoesivi prelevati dal campione dopo l'esecuzione della prova AASHTO Mod. T/180-57 e compattati al 95% della densità massima ( $\pm 2\%$ ).

Il prelievo dei campioni sarà effettuato in contraddittorio con la Direzione Lavori la quale provvederà ad indicare il nominativo del laboratorio (o dei laboratori) presso il quale l'Impresa provvederà a far eseguire a sua cura e spese, sotto il controllo della medesima, le prove richieste.

### 8.2.3 - Autorizzazioni

Prima di essere autorizzata ad iniziare la costruzione dei rilevati, l'Impresa, in relazione a quanto previsto dalle leggi regionali, dovrà sottoporre alla Direzione Lavori la seguente documentazione:

- Benestare degli Enti eventualmente competenti ad autorizzare la coltivazione della cava;
- Una mappa dell'area di cava in scala 1:1000 - 1:2000 indicante l'ubicazione dei saggi esplorativi;
- Una relazione completa delle prove di laboratorio eseguite tanto per i materiali da cave che dagli scavi;
- Il programma di coltivazione delle cave e delle eventuali fasi di lavorazione successive;
- Progetti di ripristino ambientale in accordo con le normative e Leggi vigenti.

## Art. 8.3 - Preparazione del piano di posa

### 8.3.1 - Scotico, bonifica e gradonature

Per la preparazione del piano di posa dei rilevati l'Appaltatore dovrà provvedere, nei limiti dell'area di costruzione, innanzitutto alle verifiche nei confronti della presenza di ordigni bellici e di sottoservizi; successivamente dovrà provvedere al taglio delle piante e all'estirpazione delle ceppaie, radici, arbusti ecc. e al loro sistematico ed immediato allontanamento a discarica.

Sarà di seguito eseguita la totale asportazione del terreno vegetale sottostante l'impronta del rilevato per la profondità stabilita in progetto in accordo con le risultanze delle indagini di cui ai precedenti articoli e secondo le direttive impartite dal Direttore dei Lavori. L'Impresa provvederà a far sì che il piano di posa dei rilevati sia il più possibile regolare, privo di bruschi avvallamenti e tale da evitare il ristagno di acque piovane. Il piano di posa dei rilevati dovrà essere approvato previa ispezione e controllo da parte della Direzione Lavori; in quella sede la Direzione Lavori potrà richiedere ulteriori scavi di sbancamento per bonificare eventuali strati di materiali coesivi, teneri o torbosi, in accordo con il Progettista, o per l'asportazione dei materiali rimaneggiati o rammolliti per negligenza da parte dell'Impresa.

Laddove una maggiorazione di scavo sarà da imputarsi ad errori topografici, alla necessità di asportare quei materiali rimaneggiati o rammolliti per negligenza dell'Impresa o a bonifiche non preventivamente autorizzate dalla Direzione Lavori, l'Impresa eseguirà detti scavi e il relativo riempimento con idonei materiali, a sua cura e spese.

Il materiale proveniente dallo scavo di preparazione del piano di posa dei rilevati e dallo scavo di sbancamento per bonifica potrà essere reimpiegato se ritenuto idoneo nella sistemazione a verde delle scarpate; quello in eccesso dovrà essere immediatamente rimosso e portato nelle zone di discarica autorizzate.

Il quantitativo da reimpiegarsi nella sistemazione a verde delle scarpate sarà accantonato in località e con modalità precedentemente autorizzate dalla Direzione Lavori; l'accumulo di detti materiali dovrà comunque consentire il regolare deflusso delle acque e dovrà risultare tale che non si abbiano a verificare condizioni pregiudizievoli per la salute e l'incolumità pubblica.

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

Ogniqualvolta i rilevati poggiano su declivi caratterizzati dalla presenza di acque sotterranee superficiali, i primi strati costituenti il corpo del rilevato verranno realizzati con materiale a grana grossa (aggregato naturale o riciclato o misto) con permeabilità significativamente superiore a impedire l'imbibizione del corpo del rilevato e assicurarne la stabilità.

Oltre a quanto sopra, nell'esecuzione dei lavori l'Appaltatore dovrà farsi carico delle prescrizioni e degli oneri di seguito elencati:

- controllo geometrico allo scopo di verificare che gli scavi siano stati eseguiti secondo le pendenze, le dimensioni e le quote di Progetto;
- segnalare l'avvenuta ultimazione degli scavi di scortico e di bonifica per l'eventuale ispezione da parte della Direzione Lavori, prima di procedere a fasi di lavoro successive;
- provvedere alla rimozione di trovanti di qualsiasi natura e dimensione provvedendo altresì alla frantumazione dei materiali non trasportabili e/o non riutilizzabili;
- provvedere al carico, trasporto e scarico del materiale proveniente dagli scavi che si intende riutilizzare, purché idoneo; è incluso l'onere per il reperimento di idonee aree di stoccaggio, eventualmente indicate dalla Direzione Lavori, nonché per il deposito ordinato e per la ripresa dei materiali per il loro riutilizzo;
- recintare e apporre sistemi di segnaletica diurna e notturna alle aree di lavoro;
- provvedere con qualsiasi sistema al contenimento delle pareti degli scavi in accordo a quanto previsto nel Progetto e in conformità alle norme di sicurezza;
- adottare tutte le cautele necessarie per evitare il danneggiamento di manufatti e servizi interrati esistenti di qualsiasi natura; è inclusa, ove necessario, la temporanea deviazione ed il tempestivo ripristino delle opere danneggiate o temporaneamente messe fuori servizio;
- provvedere ad un adeguato drenaggio per effettuare gli scavi all'asciutto, per evitare accumuli d'acqua nel fondo scavo, fino ad ultimazione delle operazioni di riempimento.

Quando siano prevedibili cedimenti dei piani di posa dei rilevati eccedenti i 15 cm, l'Impresa sottoporrà alla Direzione Lavori un programma per l'installazione di piastre assestometriche.

La posa in opera delle piastre e la rilevazione degli eventuali cedimenti saranno eseguite a cura e spese dell'Impresa in accordo con la Direzione Lavori.

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

### **8.3.2 - Caratteristiche del piano di posa del rilevato e della pavimentazione autostradale in trincea**

Salvo diverse e più restrittive prescrizioni motivate in sede di progettazione dalla necessità di garantire la stabilità del rilevato, il modulo di deformazione  $M_d$  al primo ciclo di carico su piastra (diametro 30 cm) eseguito secondo la normativa CNR BU 146/92 dovrà risultare non inferiore a:

- **60 MPa:** nell'intervallo compreso tra  $1,5 \div 2,5$  daN/cm<sup>2</sup> sul piano di posa della fondazione della pavimentazione autostradale in rilevato, in trincea e nel riempimento dell'arco rovescio in galleria;
- **20 MPa:** nell'intervallo compreso tra  $0,5 \div 1,5$  daN/cm<sup>2</sup> sul piano di posa del rilevato quando posto a 1,00 m da quello della fondazione della pavimentazione autostradale;
- **15 MPa:** nell'intervallo compreso tra  $0,5 \div 1,5$  daN/cm<sup>2</sup> sul piano di posa del rilevato quando posto a 2,00 m da quello della fondazione della pavimentazione autostradale.

Identici valori dovranno essere ottenuti in alternativa con il metodo del carico su piastra dinamico secondo la normativa ASTM E2835-11.

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

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

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

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

Laddove le peculiari caratteristiche dei terreni in posto (materiali coesivi o semicoesivi, saturi o parzialmente saturi) rendessero inefficace la rullatura, la Direzione Lavori, sentito il Progettista, procederà ad un intervento di bonifica con l'impiego di materiali idonei adeguatamente miscelati e compattati.

A rullatura eseguita la densità in sito dovrà risultare come segue:

- almeno pari al 90% della densità massima AASHTO mod.T/180-57, sul piano di posa dei rilevati;
- almeno pari al 95% della densità massima AASHTO mod.T/180-57 sul piano di posa della fondazione della pavimentazione autostradale in trincea.

### 8.3.3 - Strato di transizione (Rilevato-Terreno)

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

- **la posa di uno strato granulare con funzione anticapillare:** lo strato dovrà avere uno spessore compreso tra  $0,3 \div 0,5$  m; sarà composto di materiali aventi granulometria assortita da  $2 \div 50$  mm, con passante al vaglio da 2 mm non superiore al 15% in peso e comunque con un passante al vaglio UNI 0,075 mm non superiore al 3%.

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

- **la posa di uno strato di geotessile non tessuto,** anche con funzione anticontaminante: lo strato di geotessile da stendere sul piano di posa del rilevato dovrà essere del tipo non tessuto in polipropilene o

poliestere, di peso non inferiore a 500 g/m<sup>2</sup>. Il geotessile dovrà avere le caratteristiche di cui all'art. 2, delle presenti Norme.

La campionatura del materiale dovrà essere fatta secondo la Norma UNI 8279/Parte 1, intendendosi per N l'unità elementare di un rotolo. I prelievi dei campioni saranno eseguiti a cura dell'Impresa sotto il controllo della Direzione Lavori; le prove dovranno essere effettuate a spese dell'Impresa presso Laboratori qualificati, preliminarmente su materiali approvvigionati in cantiere, prima del loro impiego; successivamente, su materiali prelevati durante il corso dei lavori.

Dalle prove dovranno risultare soddisfatti i seguenti requisiti:

|                                                                                                                                                                                         |                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| - peso (EN ISO9864)                                                                                                                                                                     | $\geq 500 \text{ g/m}^2$                  |
| - resistenze a trazione su striscia di cm 5 (EN ISO 10319)                                                                                                                              | $\geq 35 (\pm 4.6) \text{ kN/m}$          |
| - allungamento Longitudinale (EN ISO 10319)                                                                                                                                             | $\geq 60 (\pm 13)\%$                      |
| - allungamento Trasversale (EN ISO 10319)                                                                                                                                               | $\geq 75 (\pm 17)\%$                      |
| - lacerazione (UNI 8279/9)                                                                                                                                                              | $\geq 0,5 \text{ kN/m}$                   |
| - punzonamento (EN ISO 12236)                                                                                                                                                           | $\geq 6,4 (\pm 0,7) \text{ kN}$           |
| - permeabilità radiale all'acqua alla pressione di 0,002 MPa (EN ISO 11058)                                                                                                             | $\geq 28 (\pm 9) \text{ l/(m}^2\text{s)}$ |
| - dimensione della granulometria passante per filtrazione idrodinamica, corrispondente a quella del 95% in peso degli elementi di terreno che attraversano il geotessile (EN ISO 12956) | $\leq 60 (\pm 18) \mu\text{m}$            |

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

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

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

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

#### 8.3.4 - Prove di controllo sul piano di posa

Il numero minimo delle prove di controllo da eseguire sul piano di posa dei rilevati o della fondazione delle pavimentazioni sia in trincea che in rilevato è messo in relazione alla differenza di quota (S) fra i piani di posa del rilevato e della fondazione della pavimentazione.

|                            | S=0-1 m             | S=1-2 m             | S>2 m               |
|----------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Prove di carico su piastra |                     |                     |                     |
| - una ogni                 | 1500 m <sup>2</sup> | 2000 m <sup>2</sup> | 3000 m <sup>2</sup> |
| prove di densità in sito   |                     |                     |                     |
| - una ogni                 | 1500 m <sup>2</sup> | 2000 m <sup>2</sup> | 2000 m <sup>2</sup> |

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

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

Il controllo dello strato anticapillare sarà effettuato mediante analisi granulometriche da eseguirsi in ragione di almeno 10 ogni m<sup>3</sup> 1000.

Le prove di controllo sono tutte a totale cura e spese dell'Impresa.

#### **Art. 8.4 - Formazione del rilevato**

La classificazione delle terre e la determinazione del loro gruppo di appartenenza sarà conforme alle norme C.N.R. - UNI 10006.

##### **8.4.1 - Costruzione del rilevato**

###### **8.4.1.1 - Stesa dei materiali**

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

Durante le fasi di lavoro si dovrà garantire il rapido deflusso delle acque meteoriche conferendo sagomature aventi pendenza trasversale non inferiore al 2%.

In presenza di paramenti di rilevati in terra armata o di muri di sostegno in genere, la pendenza sarà contrapposta ai manufatti.

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

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

Comunque, tale spessore non dovrà risultare superiore ai seguenti limiti:

- 30 cm per rilevati formati con aggregati naturali, riciclati o misti stabilizzati a calce o cemento
- 40 cm per rilevati formati con aggregati industriali alleggeriti e per rilevati in terra rinforzata

Al fine di garantire che siano raggiunte condizioni di compattazione adeguate anche nella zona di scarpata, sarà onere dell'Appaltatore effettuare la posa di materiale in eccesso di almeno 30 cm rispetto alla sezione teorica e successiva rimozione e riprofilatura.

Nel caso di allargamento di un rilevato esistente, previa asportazione dello strato di terreno vegetale, si dovrà con cautela gradinare la scarpata del rilevato esistente, sulla quale verrà addossato il materiale costituente il rilevato di allargo. Tale operazione avverrà per fasi, avendo cura di far eseguire immediatamente ad ogni gradonatura (dell'altezza massima di 50cm) la posa del relativo nuovo strato ed il suo costipamento.

Si dovrà inoltre garantire la sistematica e tempestiva protezione delle scarpate mediante la posa di uno strato di terreno vegetale tale da assicurare il pronto attecchimento e sviluppo del manto erboso. Lo spessore minimo dello strato di terreno vegetale sarà di 20cm, da stendere a cordoli orizzontali, opportunamente costipati, ricavando se necessari gradoni di ancoraggio.

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

#### 8.4.1.2 - Compattazione

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

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

Il tipo, le caratteristiche e il numero dei mezzi di compattazione nonché le modalità esecutive di dettaglio (numero di passate, velocità operativa, frequenza) dovranno essere sottoposte alla preventiva approvazione della Direzione Lavori; nelle fasi iniziali del lavoro, l'Impresa dovrà adeguare le proprie modalità esecutive in funzione delle terre da impiegarsi e dei mezzi disponibili.

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

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

In presenza di paramenti flessibili e murature laterali, la compattazione dietro alle opere dovrà essere tale da escludere una riduzione nell'addensamento e allo stesso tempo il danneggiamento delle opere stesse.

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

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

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

A ridosso delle murature dei manufatti si dovrà eseguire la stabilizzazione a cemento dei rilevati mediante mescolazione in sito del legante con i materiali costituenti i rilevati stessi, privati però delle pezzature maggiori di 40 mm.

Il cemento potrà essere del tipo I, II, III, IV, V 32,5 o 32,5R ed in ragione di  $25\div 50 \text{ kg/m}^3$  di materiale compattato.

La Direzione Lavori prescriverà il quantitativo di cemento da utilizzare, in funzione del materiale da impiegare e delle condizioni operative da affrontare.

La miscela dovrà essere compattata fino al 95% della densità max AASHTO Mod. procedendo per strati di spessore non superiore a 30 cm.

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

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

Si dovrà inoltre garantire la sistematica e tempestiva protezione delle scarpate mediante la stesa di uno strato di terreno vegetale tale da assicurare il pronto attecchimento e sviluppo del manto erboso.

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

#### 8.4.1.3 - Condizioni climatiche

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

Nell'esecuzione dei rilevati con terre ad elevato contenuto della frazione coesiva dovranno essere tenuti a disposizione anche dei carrelli pigiatori gommati che consentono di chiudere la superficie dello strato in lavorazione in caso di pioggia.

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

#### 8.4.1.4 - Prove di controllo ed autorizzazione

Prima che sia messo in opera uno strato successivo, ogni strato di rilevato dovrà essere sottoposto alle prove di controllo e possedere i requisiti di costipamento richiesti.

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

L'Impresa dovrà eseguire le prove di controllo in contraddittorio con la Direzione Lavori nei punti indicati dalla Direzione Lavori stessa.

Tali prove potranno essere eseguite oltre che nel laboratorio dell'Impresa anche da un laboratorio esterno.

È comunque richiesto che fra le prove indicate almeno una su dieci sia eseguita da un Laboratorio Ufficiale.

Il personale addetto dovrà comunque essere di provata esperienza ed affidabilità; il numero dei tecnici nonché quello delle attrezzature effettivamente disponibili dovrà essere tale da poter esperire le prove in sito e in laboratorio con tempestività, continuità e con le frequenze previste.

Le prove di laboratorio dovranno comunque essere eseguite in una sede attrezzata adeguatamente e capiente che sia distaccata presso gli uffici di cantiere dell'Impresa o comunque tale da risultare accessibile alla Direzione Lavori.

Prima di iniziare i lavori l'Impresa dovrà sottoporre alla Direzione Lavori l'elenco del personale, delle attrezzature di prova nonché i certificati di calibrazione e taratura delle apparecchiature; durante i lavori l'esito delle prove dovrà essere trascritto tempestivamente su appositi moduli.

La serie di prove sui primi 5.000 m<sup>3</sup> sarà effettuata una volta tanto a condizione che i materiali mantengano caratteristiche omogenee e siano costanti le modalità di compattazione.

In caso contrario la Direzione Lavori potrà prescrivere la ripetizione della serie.

Le prove successive devono intendersi riferite a quantitativi appartenenti allo stesso strato di rilevato.

Tutti gli oneri conseguenti all'effettuazione e certificazione delle prove di cui al presente articolo devono intendersi a totale carico dell'Impresa.

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

|      |                       |                     |                    |
|------|-----------------------|---------------------|--------------------|
| Tipo | Rilevati Autostradali | Terre Rinforzate ed | Rilevati precarico |
|------|-----------------------|---------------------|--------------------|

| di<br>prova                                                                                                                                                                      | Corpo del rilevato           |                              | Ultimo strato di spess.<br>30 cm |                              | Armature                     |                              | Riempimenti banche           |                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|                                                                                                                                                                                  | primi 5000<br>m <sup>3</sup> | successivi<br>m <sup>3</sup> | primi 5000<br>m <sup>3</sup>     | successivi<br>m <sup>3</sup> | primi<br>5000 m <sup>3</sup> | successivi<br>m <sup>3</sup> | primi 5000<br>m <sup>3</sup> | successivi<br>m <sup>3</sup> |
| Classificazione<br>CNR-UNI 10006                                                                                                                                                 | 500                          | 10000                        | 500                              | 2500                         | 500                          | 5000                         | 5000                         | 20000                        |
| Costipamento<br>AASHTO Mod. CNR                                                                                                                                                  | 500                          | 10000                        | 500                              | 2500                         | 500                          | 5000                         | 5000                         | 20000                        |
| Densità in sito CNR 22                                                                                                                                                           | 250                          | 5000                         | 250                              | 1000                         | 250                          | 1000                         | 1000                         | 1000                         |
| Carico su piastra CNR<br>BU 146/92 e ASTM<br>E2835-11                                                                                                                            | *                            | *                            | 500                              | 1000                         | 1000                         | 5000                         | -                            | -                            |
| Controllo umidità                                                                                                                                                                | **                           | **                           | **                               | **                           | **                           | **                           | **                           | **                           |
| Resistività                                                                                                                                                                      | *                            | *                            | *                                | *                            | 500                          | 5000                         | *                            | *                            |
| pH                                                                                                                                                                               | *                            | *                            | *                                | *                            | 500                          | 5000                         | *                            | *                            |
| Solfati e cloruri                                                                                                                                                                | *                            | *                            | *                                | *                            | 500                          | 5000                         | *                            | *                            |
| Solfuri                                                                                                                                                                          | *                            | *                            | *                                | *                            | 500                          | 5000                         | *                            | *                            |
| * Su prescrizioni della Direzione Lavori;<br>** Frequenti e riportate alle condizioni meteorologiche locali alle caratteristiche di omogeneità dei materiali portati a rilevato. |                              |                              |                                  |                              |                              |                              |                              |                              |

## PARTE SECONDA: PAVIMENTAZIONI STRADALI

### Premessa

Le presenti Norme Tecniche si riferiscono all'esecuzione di lavori per la sovrastruttura stradale denominata nel seguito pavimentazione; i lavori da svolgere con i materiali descritti nel seguito potranno essere di tre tipi diversi:

- Lavori per interventi su pavimentazioni esistenti al fine di ordinaria manutenzione delle medesime, definito **MO, manutenzione ordinaria**, tra i quali:
  - 1- Trattamento superficiale di sigillatura ed irruvidimento tipo slurry-seal (macro-seal).
  - 2- Sigillatura di fessure superficiali.
  - 3- Rappezzi preceduti da riquadratura della zona degradata.
  - 4- Irruvidimento meccanico di zone potenzialmente scivolose.
  - 5- Riparazioni superficiali di soccorso con fresatura e ricostruzione.

- Lavori per interventi su pavimentazioni esistenti al fine della loro completa o parziale ricostruzione di e/o rafforzamento definiti **MS**, **manutenzione straordinaria**, tra i quali il risanamento superficiale e il risanamento profondo.
- Lavori per pavimentazione di nuove costruzioni o adeguamenti di strade esistenti, definiti **NC**, nuove costruzioni.

I materiali dovranno corrispondere a quanto stabilito dalla normativa di settore e dal presente documento. I materiali dovranno provenire da località o siti di produzione che l'Impresa riterrà di sua convenienza, purché rispondano ai requisiti del presente documento.

In ogni caso i materiali e le loro miscele prima della posa in opera, dovranno essere riconosciuti idonei ed accettati dalla Direzione dei Lavori, sia per i lavori prescritzionali, che per quelli prestazionali.

I conglomerati bituminosi per essere ritenuti idonei e quindi impiegabili, dovranno essere dotati obbligatoriamente di marcatura CE, e i requisiti obbligatori sono: contenuto dei vuoti a 10 rotazioni (categoria e valore reale), temperatura della miscela alla produzione e alla consegna (valori di soglia), composizione granulometrica (valore %), contenuto minimo di legante (categoria e valore reale).

Tutte queste grandezze dovranno rientrare nei parametri indicati nelle presenti norme, oltre alle altre qui richieste, ma non facenti parte della marcatura CE.

#### **Generalità per l'esecuzione dei lavori – Autocontrollo dell'impresa**

L'autocontrollo da parte dell'Impresa esecutrice consiste nella verifica diretta, di sua iniziativa costante e continuativa, dei materiali delle miscele e delle lavorazioni finalizzate all'ottenimento delle prestazioni richieste; quindi, deve prevedere le seguenti modalità per ciascuna fase delle lavorazioni:

- prima dell'esecuzione dei lavori;
- durante l'esecuzione dei lavori
- al termine dei lavori eseguiti

Gli studi dovranno essere presentati alla Direzione Lavori con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni ed approvati dalla stessa D.L. e dovranno contenere tutte le caratteristiche previste ai fini dell'ottenimento delle DoP e marcatura CE..

Ad esempio, tutte le curve di progetto per le miscele contenenti bitume e/o cemento devono essere verificate mediante l'impiego della apparecchiatura "Pressa Giratoria".

Entro 15 gg dalla presentazione degli studi, la D.L. si riserva la facoltà di rifiutare gli studi proposti, chiedendone il rifacimento.

L'accettazione delle miscele da parte della D.L., che potrà effettuare controlli con i Laboratori descritti in seguito, non solleva l'Impresa dalla responsabilità di ottenimento dei risultati finali prescritti.

Durante l'esecuzione dei lavori il controllo basato sulle presenti Norme Tecniche andrà esercitato in modo continuo dai Laboratori approvati dalla D.L.

La D.L. si riserva la facoltà di verificare la sufficienza di dette prove, qualora le ritenga non adeguate per i controlli di produzione.

La D.L. potrà comunque effettuare controlli tramite i suoi Laboratori ai fini del rilievo del *modus operandi* delle Imprese in corso d'opera e al fine della verifica di congruità tra il progetto presentato e il lavoro in esecuzione.

In tale ambito potrà richiedere documentazione (schede tecniche, bolle di accompagnamento ecc.) atte a facilitare la verifica di idoneità delle lavorazioni in oggetto.

Tutti i prelievi dei materiali devono essere effettuati in contraddittorio con l'Impresa.

In caso di lavorazioni di particolare rilevanza e complessità, come i riciclaggi in sito, va prevista l'effettuazione di una serie di verifiche in corso d'opera, considerando la possibile variabilità del materiale da stabilizzare per cui potrebbe essere insufficiente l'effettuazione di un solo studio (*mix design*) per ottimizzare la lavorazione.

Tali attività di autocontrollo durante l'esecuzione dei lavori, necessarie per la corretta esecuzione delle lavorazioni, sono obbligatorie e a carico dell'Impresa.

### **Prescrizioni generali per le attività di verifica**

Per le attività di verifica l'Impresa sarà comunque obbligata a prestarsi in ogni tempo alle prove dei materiali impiegati o da impiegare, sottostando a tutte le spese per il prelievo, l'invio di campioni ad ogni Laboratorio indicato dalla Direzione Lavori.

I campioni verranno prelevati in contraddittorio. Degli stessi potrà essere ordinata la conservazione nei locali indicati dalla Direzione dei Lavori, previa apposizione di sigilli e firme del Direttore dei Lavori e dell'Impresa e nei modi più adatti a garantire l'autenticità e la conservazione.

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

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

### **Norme di misurazione**

Tutte le lavorazioni verranno valutate in base alla superficie ordinata, secondo le larghezze e con gli spessori finiti prescritti.

Nei relativi prezzi sono compresi tutti gli oneri per le forniture degli inerti e del legante secondo le formule accettate e/o prescritte dalla Direzione Lavori, la fornitura e la stesa del legante per mano di attacco e di ancoraggio (laddove inclusa nella corrispondente voce di elenco prezzi), il nolo dei macchinari funzionanti per la confezione, il trasporto, la stesa e la compattazione dei materiali, la manodopera, l'attrezzatura e quanto altro occorra per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte.

In particolare, si intendono compensati con i relativi prezzi anche tutti gli oneri relativi alla stesa a mano dei conglomerati nelle zone inaccessibili alle macchine, quali ad esempio quelle tra le barriere di sicurezza.

La Direzione Lavori, a suo insindacabile giudizio, avrà la facoltà di tollerare localmente, ed in via del tutto eccezionale, valori degli indicatori di controllo dei requisiti difforni rispetto ai valori stabiliti.

Nel caso di esecuzione di ricariche su avvallamenti del piano viabile, e di stesa di microtappeti per la risagomatura di ormaie, le quantità di conglomerato impiegato verranno contabilizzate a volume compattato.

Si stabilisce che i conglomerati bituminosi e in genere i materiali legati a bitume e/o cemento (schiumati) dovranno essere approvvigionati da impianti ubicati di norma a distanza non superiore ai 70 km dai luoghi di impiego.

### **Demolizione delle pavimentazioni**

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

Tutte le attrezzature dovranno essere perfettamente efficienti e funzionanti e di caratteristiche meccaniche, dimensioni e produzioni approvate preventivamente dalla D.L.; dovranno inoltre avere caratteristiche tali che il materiale risultante dall'azione di scarifica risulti idoneo per lo stoccaggio e il reimpiego nella confezione di nuovi conglomerati.

Il materiale fresato resta di proprietà dell'Impresa che deve essere dotata delle necessarie autorizzazioni allo stoccaggio e al reimpiego come disciplinato dalle norme di settore, e secondo le previsioni del progetto, del Contratto, del CSA e dell'EP.

La superficie del cavo (nel caso di demolizioni parziali del pacchetto) dovrà risultare perfettamente regolare in tutti i punti, priva di residui di strati non completamente fresati che possono compromettere l'aderenza dei nuovi strati da porre in opera. Non saranno tollerate scanalature provocate da tamburi ed utensili inadeguati o difformemente usurati che presentino una profondità misurata, tra cresta e gola, superiore a 0,5 cm.

L'Impresa si dovrà scrupolosamente attenere agli spessori di demolizione previsti nel progetto e definiti dalla D.L.. Qualora questi dovessero risultare inadeguati e comunque diversi per difetto o per eccesso, l'Impresa è tenuta a darne immediata comunicazione al Direttore dei Lavori che potrà autorizzare la modifica delle quote di scarifica. Il rilievo dei nuovi spessori dovrà essere effettuato in contraddittorio.

La demolizione degli strati bituminosi potrà essere effettuata con uno o più passaggi di fresa, secondo quanto previsto dal progetto o prescritto dalla D.L.; nei casi in cui si debbano effettuare più passaggi, si avrà cura di ridurre la sezione del cassonetto inferiore formando un gradino tra uno strato demolito ed il successivo di almeno 20 cm di base per ciascun lato.

La pulizia del piano di scarifica, nel caso di fresature corticali o sub-corticali dovrà essere eseguita con attrezzature approvate dalla D.L. munite di spazzole e dispositivi aspiranti, in grado di dare un piano depolverizzato, perfettamente pulito.

Le pareti dei giunti, sia longitudinali sia trasversali, dovranno risultare perfettamente verticali e con andamento privo di sgretolature.

Sia la superficie risultante dalla fresatura, che le pareti del cavo, dovranno, prima della posa in opera dei nuovi strati di riempimento, risultare perfettamente pulite, asciutte e uniformemente rivestite dalla mano di attacco di legante bituminoso tal quale o modificato.

Non è ammessa la demolizione dell'intera sovrastruttura con escavatori, pale meccaniche, martelli demolitori ecc. se non espressamente previsto nel progetto o autorizzata.

Eventuali danni causati dall'azione dei mezzi sulla parte di pavimentazione da non demolire dovranno essere riparati a cura e spese dell'Impresa.

L'impresa prima dell'inizio delle demolizioni dovrà accertarsi della presenza nelle pavimentazioni di sensori per la misura del traffico (spire induttive, sensori piezoelettrici ecc.) ed eventuali sottoservizi, accertando preventivamente la possibile loro presenza.

Eventuali danni causati dall'azione dei mezzi sui sensori dovranno essere riparati a cura e spese dell'impresa.

## **Art. 9 FONDAZIONE A LEGANTE IDRAULICO O NON LEGATE**

### **Art. 9.1 - Fondazione in misto granulare**

La fondazione in oggetto è costituita da una miscela di materiali granulari, misto granulare, stabilizzati per granulometria, priva di leganti aggiunti. Lo spessore da assegnare alla fondazione sarà fissato dalla D.L. in relazione alla portata del sottofondo; la posa deve avvenire in strati successivi, ciascuno dei quali non dovrà mai avere uno spessore finito superiore a cm 20 e inferiore a cm 10.

La fondazione potrà essere formata da materiale di apporto idoneo oppure da correggersi con adeguata attrezzatura in impianto fisso di miscelazione.

#### **9.1.1 - Caratteristiche dei materiali da impiegare**

Gli aggregati lapidei detti più semplicemente inerti, compongono il misto granulare che costituisce gli strati di fondazione. Gli inerti devono essere non gelivi, duri e durevoli, non possono contenere particelle friabili, organiche, argillose, limose soggette a rigonfiamenti.

Devono rispettare quanto definito dalle norme UNI EN 13242 – 13285 – 11531-1.

Il materiale in opera, dopo l'eventuale correzione e miscelazione, risponderà alle caratteristiche seguenti:

- a) l'aggregato non deve avere dimensioni superiori a 63 mm, nè forma appiattita, allungata o lenticolare;
- b) granulometria compresa nel seguente fuso e avente andamento continuo ed uniforme praticamente concorde a quello delle curve limite:

| setacci UNI (mm) | Fuso (passante %) |
|------------------|-------------------|
| setaccio 63      | 100-100           |
| setaccio 40      | 84-100            |
| setaccio 20      | 70-92             |
| setaccio 14      | 60-85             |
| setaccio 8       | 46-72             |
| setaccio 4       | 30-56             |
| setaccio 2       | 24-44             |
| setaccio 0.25    | 8-20              |
| setaccio 0.063   | 6-12              |

- c) perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature inferiore al 30% in peso;
- d) equivalente in sabbia misurato sulla frazione passante al setaccio ASTM n. 4 compreso tra 40 e 80 (la prova va eseguita con dispositivo meccanico di scuotimento).

Tale controllo dovrà anche essere eseguito per materiale prelevato dopo costipamento.

Il limite superiore dell'equivalente in sabbia pari a 80 potrà essere modificato dalla D.L. in funzione delle provenienze e delle caratteristiche del materiale.

Per tutti i materiali aventi equivalente in sabbia compreso tra 40 e 60 la D.L. richiederà in ogni caso (anche se la miscela contiene più del 60% in peso di elementi frantumati) la verifica dell'indice di portanza C.B.R..

L'indice di portanza C.B.R. (CNR UNI 10009) dopo quattro giorni di imbibizione in acqua (eseguito sul materiale passante al crivello UNI 25 mm) non minore di 50, per un intervallo di  $\pm 2\%$  rispetto all'umidità ottima di costipamento.

Se le miscele contengono oltre il 60% in peso di elementi frantumati a spigoli vivi, l'accettazione avverrà sulla base delle sole caratteristiche indicate ai precedenti commi a, b, c, d, salvo nel caso citato al comma d) in cui la miscela abbia equivalente in sabbia compreso tra 25 e 35.

### 9.1.2 – Studio preliminare

L'Impresa dovrà indicare, per iscritto, le fonti di approvvigionamento, il tipo di lavorazione che intende adottare, il tipo e la consistenza dell'attrezzatura di cantiere che verrà impiegata.

Le caratteristiche suddette dovranno essere accertate dalla D.L. mediante prove di laboratorio sui campioni che l'Impresa avrà cura di presentare a tempo opportuno per la loro valutazione prima dell'inizio delle lavorazioni.

I requisiti di accettazione verranno inoltre accertati con controlli della D.L. in corso d'opera, prelevando il materiale in sito già miscelato, prima e dopo avere effettuato il costipamento.

### 9.1.3 – Modalità esecutive

Il piano di posa dello strato dovrà avere le quote, la sagoma, i requisiti di compattezza ed essere ripulito da materiale estraneo non idoneo.

Il materiale verrà steso in strati di spessore finito non superiore a 30 cm e non inferiore a 20 cm e dovrà presentarsi, dopo costipato, uniformemente miscelato in modo da non presentare segregazione dei suoi componenti. L'eventuale aggiunta di acqua, per raggiungere l'umidità prescritta in funzione della densità, è da effettuarsi mediante dispositivi spruzzatori.

A questo proposito si precisa che tutte le operazioni anzidette non devono essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stabilizzato.

Verificandosi comunque eccesso di umidità o danni dovuti al gelo lo strato compromesso dovrà essere rimosso e ricostituito a cura e spese dell'Impresa.

Il materiale pronto per il costipamento dovrà presentare in ogni punto la prescritta granulometria.

Per il costipamento e la rifinitura verranno impiegati rulli vibranti, rulli gommati o combinati (ferro- gomma), tutti semoventi.

L'idoneità dei rulli e le modalità di costipamento verranno, per ogni cantiere, determinate dalla D.L. con una prova sperimentale, usando le miscele messe a punto per quel cantiere (prove di costipamento), tali da portare alla eventuale taratura dei mezzi costipanti.

Il costipamento di ogni strato dovrà essere eseguito sino ad ottenere una densità in sito non inferiore al 97% della densità massima fornita dalla prova AASHTO modificata (EN 13286-2:2005) con esclusione della sostituzione degli elementi trattenuti al setaccio 3/4".

La portanza dello strato dovrà essere rilevata mediante LWD (Light Weight Deflectometer) con valore minimo di 80 MPa secondo procedura di prova descritta all'art 9.1.4.

La D.L. effettuerà tale controllo prima della stesa degli strati superiori; in caso di carenze interromperà le lavorazioni successive fino all'ottenimento del valore richiesto.

#### 9.1.4 – Prove di carico con piastra dinamica tipo LWD

Le prove LWD devono rispettare le Norme ASTM E2583-07 “Standard Test Method for Measuring Deflections with a Light Weight Deflectometer (LWD)” e andranno eseguite applicando uno sforzo di sollecitazione pari a circa 70 kPa mentre la durata dell'impulso di carico sarà pari a circa 30 msec.

Tale configurazione si ottiene utilizzando il carico da 10 kg con una altezza di caduta (distanza tra terreno e base del carico) pari a 100 cm.

Le battute del LWD, secondo quanto indicato nella Norma, dovranno essere ripetute fino ad ammettere uno scarto tra le deflessioni a centro piastra  $\leq 3\%$ ; pur nel rispetto del limite di modulo elastico richiesto, se non viene raggiunto il limite dello scarto tra due deflessioni consecutive dopo 4 ripetizioni per più di 5 punti di misura distanziati almeno 5 metri tra loro lo strato andrà riaddensato.

Le prove eseguite, salvabili su file informatico, devono registrare almeno la pressione effettivamente applicata, il tempo di applicazione del carico, la deflessione al centro piastra ed il modulo elastico che dovrà essere calcolato con la seguente espressione  $E = f \cdot (1 - \mu^2) \cdot \frac{P}{r \cdot d_0}$  con  $f = 2$ ,  $\mu = 0,35$ ,  $P$  = sforzo effettivamente applicato (intorno a 70 kPa),  $r = 150$  mm (raggio della piastra), e  $d_0$  = deflessione misurata al centro piastra.

#### Art. 9.2 - Fondazione in misto cementato confezionato in centrale

Gli strati in misto cementato per fondazione o per base sono costituiti da un misto granulare di ghiaia (o pietrisco) e sabbia, impastati con cemento e acqua in impianti centralizzati a produzione continua, con dosatori a peso o a volume.

La miscela deve assumere, dopo un adeguato tempo di stagionatura, una resistenza meccanica durevole ed apprezzabile mediante prove eseguibili su provini di forma assegnata, anche in presenza di acqua o gelo.

Lo spessore da assegnare alla fondazione è fissato dalla D.L. in relazione alla portata del sottofondo; la stesa di norma deve avvenire in un unico strato spesso 20 cm e comunque variabile a discrezione della D.L.

#### 9.2.1 - Caratteristiche dei materiali da impiegare

##### 9.2.1.1 – Aggregati lapidei

Saranno impiegate ghiaie e sabbie di cava e/o di fiume con percentuale di frantumato complessiva maggiore del 60% in peso sul totale degli inerti.

In ogni caso la miscela finale dovrà essere tale da presentare le stesse resistenze a compressione e a trazione a sette giorni prescritte nel seguito.

L'aggregato non dovrà essere di dimensioni superiori a 40 mm, nè di forma appiattita, allungata o lenticolare.

La granulometria dovrà essere compresa nel seguente fuso ed avere andamento continuo ed uniforme:

| Setacci UNI (mm) | Fuso (passante %) |
|------------------|-------------------|
| Setaccio 40      | 100-100           |
| Setaccio 31,5    | 90-100            |
| Setaccio 20      | 70-90             |
| Setaccio 14      | 58-78             |
| Setaccio 8       | 43-61             |
| Setaccio 4       | 28-44             |
| Setaccio 2       | 18-32             |

|                |      |
|----------------|------|
| Setaccio 0,4   | 9-20 |
| Setaccio 0,125 | 6-13 |
| Setaccio 0,063 | 5-10 |

Inoltre, si dovranno avere:

- Perdita in peso alla prova Los Angeles (UNI EN 933-1) non superiore al 30% in peso.
- Equivalente in sabbia (UNI EN 933-8) compreso fra 30 e 60.
- Indice di plasticità (CNR UNI 10014) uguale a zero (materiale non plastico).

#### 9.2.1.2 – Legante

Verrà impiegato cemento normale (Portland, pozzolanico o d'altoforno) di classe 325.

A titolo indicativo la percentuale di cemento sarà compresa tra il 2,5% e il 4% sul peso degli inerti asciutti.

#### 9.2.1.3 – Acqua

Dovrà essere esente da impurità dannose, oli, acidi, alcali, materia organica, e qualsiasi altra sostanza nociva.

La quantità di acqua nella miscela sarà quella corrispondente all'umidità ottima di costipamento (rilevabile con lo studio con pressa giratoria) con una variazione compresa entro  $\pm 2\%$  del peso della miscela per consentire il raggiungimento delle resistenze appresso indicate.

#### 9.2.2 – Studio della miscela

L'Impresa dovrà proporre alla D.L. la composizione granulometrica da adottare e le caratteristiche della miscela.

La percentuale di cemento e la percentuale di acqua, saranno stabilite in relazione alle seguenti prove:

- Classificazione del materiale
- Limiti di Atterberg
- Studio proctor
- Contenuto di acqua
- Indice di portanza CBR

#### Caratteristica di resistenza

I provini vanno maturati a 40 °C e termostati a 25 °C per 4 ore prima del test di rottura.

I parametri sopra descritti devono essere ricercati mediante l'effettuazione di uno studio finalizzato alla determinazione delle percentuali ottimali del cemento e dell'acqua di compattazione oltreché allo stabilire la curva ottimale.

A tal fine si dovranno realizzare provini, secondo il seguente schema (indicativo):

| Cemento (%)                | 2 |   |   | 3 |   |   | 4 |   |   | Le percentuali sono da intendersi in peso sulla miscela degli aggregati |
|----------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-------------------------------------------------------------------------|
| acqua di compattazione (%) | 5 | 6 | 7 | 5 | 6 | 7 | 5 | 6 | 7 |                                                                         |
| N° provini                 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |                                                                         |

La miscela di studio verrà preparata partendo da tutte le classi previste per gli aggregati, mescolandole tra loro, con il cemento e l'acqua.

I suddetti valori per la compressione e la trazione devono essere ottenuti dalla media di 3 provini, se ciascuno dei singoli valori non si scosta dalla media stessa + 15%, altrimenti dalla media dei due restanti dopo aver scartato il valore anomalo.

Per particolari casi è facoltà della D.L. accettare valori di resistenza a compressione anche fino a 5,0 MPa a 3gg e 7,0 MPa a 7gg.

Da questi dati di laboratorio dovranno essere scelti la curva, la densità (misurabile sui provini confezionati con pressa giratoria a 180 giri) e le resistenze di progetto da usare come riferimento nelle prove di controllo.

### 9.2.3 – Modalità esecutive

Le miscele saranno confezionate in impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

Gli impianti dovranno comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele del tutto rispondenti a quelle di progetto.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti sarà 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 dovranno essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Si farà uso di almeno quattro classi di aggregati con predosatori in numero corrispondenti alle classi impiegate.

La miscela verrà stesa sul piano finito dello strato precedente dopo che sia stata accettata dalla D.L. la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma e compattezza prescritti.

La stesa verrà eseguita impiegando finitrici vibranti comunque dei tipi approvati dalla D.L. in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento sia longitudinale che trasversale.

Le operazioni di addensamento dello strato dovranno essere realizzate in ordine con le seguenti attrezzature: rullo a due ruote vibranti da 10 tonnellate per ruota o rullo con una sola ruota vibrante di peso non inferiore a 18 tonnellate; rullo gommato con pressione di gonfiaggio superiore a 5 atm e carico di almeno 18 tonnellate. Potranno essere impiegati in alternativa rulli combinati (ferro-gomma), comunque tutti approvati dalla D.L., rispondenti alle caratteristiche sopra riportate.

La stesa della miscela non dovrà di norma essere eseguita con temperature ambiente inferiori a 0°C e superiori a 25°C e mai sotto la pioggia.

Tuttavia, a discrezione della D.L., potrà essere consentita la stesa a temperature diverse, mai superiori a 35 °C.

Nel caso di stesa tra 25°C e 35°C sarà necessario proteggere da evaporazione la miscela durante il trasporto dall'impianto di confezione al luogo di impiego (ad esempio con teloni); sarà inoltre necessario provvedere ad una abbondante bagnatura del piano di posa del misto cementato. Infine, le operazioni di costipamento e di stesa del velo di protezione con emulsione bituminosa dovranno essere eseguite immediatamente dopo la stesa della miscela.

Le condizioni ideali di lavoro si hanno con temperature comprese tra 15°C e 18°C ed umidità relativa del 50% circa; temperature superiori saranno ancora accettabili con umidità relativa anch'essa crescente;

comunque è opportuno, anche per temperature inferiori alla media, che l'umidità relativa all'ambiente non scenda al di sotto del 15%, in quanto ciò potrebbe provocare ugualmente una eccessiva evaporazione della miscela.

Il tempo intercorrente tra la stesa di due strisce affiancate non dovrà superare di norma le 2 ore per garantire la continuità della struttura.

Il giunto di ripresa sarà 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 sarà necessario, prima della ripresa della stesa, provvedere a tagliare l'ultima parte dello strato precedente, in modo che si ottenga una parete perfettamente verticale.

Non dovranno essere eseguiti altri giunti all'infuori di quelli di ripresa.

Il transito di cantiere potrà essere ammesso sullo strato a partire dal terzo giorno dopo quello in cui è stata effettuata la stesa e limitatamente ai mezzi gommati e previa verifica che il transito non danneggi lo strato.

Strati eventualmente compromessi dalle condizioni meteorologiche o da altre cause dovranno essere rimossi e sostituiti a totale cura e spese dell'Impresa.

Subito dopo il completamento delle opere di costipamento e di rifinitura dovrà essere eseguita la spruzzatura di un velo protettivo di emulsione bituminosa sovrastabilizzata (designazione secondo UNI EN 13808: C60B10 – vedi art 7.2.3) in ragione di 1,5 - 2kg/m<sup>2</sup>, in relazione alla capacità di assorbimento dello strato, oltre che al tempo ed alla intensità del traffico di cantiere cui potrà venire sottoposto, e successivo spargimento di sabbia.

A discrezione della Direzione dei Lavori verrà verificata la rispondenza delle caratteristiche granulometriche delle miscele.

Verrà ammessa una tolleranza di  $\pm 5$  punti percentuali fino al passante al setaccio 4 e di  $\pm 2$  punti percentuali per il passante al setaccio 2 ed inferiori, purché non vengano superati i limiti del fuso.

La rispondenza delle caratteristiche e l'idoneità dei materiali saranno accertate mediante le medesime prove di laboratorio eseguite per la loro qualifica in cantiere mediante laboratorio mobile. La rispondenza delle granulometrie delle miscele a quelle di progetto dovrà essere verificata con controlli giornalieri, e comunque ogni 300 m<sup>3</sup> di materiale posto in opera.

A compattazione ultimata la densità in sito dovrà essere non inferiore al 97% della densità dei provini confezionati con 180 giri di pressa giratoria nel 100% delle misure effettuate.

La D.L. effettuerà tale controllo prima della stesa degli strati superiori; in caso di carenze interromperà le lavorazioni successive fino all'ottenimento del valore richiesto.

Lo spessore stabilito non dovrà avere tolleranze in difetto superiori al 5% nel 98% dei rilevamenti; in caso contrario sia per la planarità che per le zone omogenee con spessore in difetto sarà obbligo dell'Appaltatore a sua cura e spesa compensare gli spessori carenti incrementando in egual misura lo spessore in conglomerato bituminoso sovrastante.

I valori di portanza verranno misurati mediante LWD (Light Weight Deflectometer) secondo quanto previsto all'art 1.4e dovranno avere valori:

| Maturazione | Modulo elastico (Mpa) |
|-------------|-----------------------|
|-------------|-----------------------|

|        |         |
|--------|---------|
| 4 ore  | 60      |
| 24 ore | 200-600 |

### **Art. 9.3 - Fondazione con materiali stabilizzati a cemento e/o calce e cemento, la tecnica della miscelazione in sito**

Il misto cementato per strati di fondazione con miscelazione in sito e inerente esclusivamente ai lavori di manutenzione straordinaria (MS) sarà costituito da una miscela di aggregati derivanti dalla preesistente fondazione in misto granulare da miscelare in sito, mediante pulvimixer, dopo aggiunta di cemento ed acqua, per uno spessore variabile secondo le indicazioni della D.L..

Nei casi in cui lo strato di fondazione da stabilizzare abbia indice di plasticità  $IP > 6$  (CNR UNI 10014:1964) verrà determinato dalla D.L. il trattamento deve essere operato un pretrattamento con calce.

Qualora nello strato di sottofondazione al di sotto dello strato da stabilizzare si trovi localmente materiale argilloso molto plastico, lo stesso andrà opportunamente trattato con calce o addirittura sostituito prima della stabilizzazione dello strato sovrastante.

Altri spessori potranno essere richiesti secondo le caratteristiche progettuali.

#### **9.3.1 - Caratteristiche dei materiali da impiegare**

##### **9.3.1.1 – Aggregati lapidei**

È ammessa la miscelazione della preesistente fondazione in misto granulare, solo nel caso in cui la classificazione delle terre attesti l'appartenenza ai gruppi A1-a e A1-b.

La granulometria (UNI EN 933-1) dovrà rientrare nel fuso seguente:

| setacci UNI (mm) | Fuso (passante %) |
|------------------|-------------------|
| setaccio 63      | 100-100           |
| setaccio 40      | 86-100            |
| setaccio 20      | 70-96             |
| setaccio 14      | 62-90             |
| setaccio 8       | 48-76             |
| setaccio 4       | 30-58             |
| setaccio 2       | 20-42             |
| setaccio 0,25    | 7-20              |
| setaccio 0,063   | 5-12              |

Qualora le caratteristiche del misto non rispondessero a tali indicazioni la D.L. potrà permetterne la correzione mediante aggiunta di inerti di dimensioni e caratteristiche tali da riportare la curva granulometrica nel fuso richiesto e per un massimo del 20% in peso del totale della miscela.

Nel caso di impiego totale di misto granulare nuovo di apporto la curva granulometrica dovrà essere sempre continua ed uniforme e rispettare i limiti del fuso di seguito riportato; gli inerti non dovranno avere forma allungata o lenticolare e la perdita in peso Los Angeles (UNI-EN1097-2) non superiore a 30% in peso; il materiale dovrà risultare non plastico (N.P.).

| setacci UNI (mm) | Fuso (passante %) |
|------------------|-------------------|
| setaccio 63      | 100-100           |
| setaccio 40      | 84-100            |
| setaccio 20      | 68-90             |
| setaccio 14      | 58-82             |
| setaccio 8       | 44-70             |
| setaccio 4       | 28-54             |
| setaccio 2       | 22-42             |
| setaccio 0,25    | 8-20              |
| setaccio 0,063   | 6-12              |

### 9.3.1.2 – Legante

Nel caso di trattamento con solo cemento verrà impiegato cemento normale (Portland, pozzolanico o d'altoforno) di classe 325.

A titolo indicativo la percentuale di cemento sarà compresa tra il 2,5% e il 4% sul peso degli inerti asciutti.

Nel caso di trattamento con calce e cemento, nel pretrattamento con calce dovrà essere utilizzata calce idrata costituita prevalentemente da idrossido di calcio.

A titolo indicativo, nelle stabilizzazioni con calce e cemento, la percentuale di cemento sarà compresa tra il 2,0% e il 3,0%, la percentuale di calce sarà compresa tra l'1,5% e il 2,0%, in entrambi i casi in peso rispetto agli aggregati asciutti.

### 9.3.1.3 – Acqua

Dovrà essere pura ed esente da sostanze organiche.

L'umidità potrà essere controllata in cantiere con sistemi rapidi.

Nel caso di lavori durante la stagione calda sarà opportuno riumidificare il misto miscelato, prima della rullatura.

### 9.3.2 – Studio della miscela

Prima delle lavorazioni si dovrà prevedere un saggio del materiale sufficiente ad effettuare uno studio da realizzare per stabilire le percentuali di cemento/calce e acqua ottime ed eventuali integrazioni.

A tal fine si dovranno realizzare provini secondo il seguente schema (indicativo):

| Cemento (%)                | 2 |   |   | 3 |   |   | 4 |   |   | Le percentuali<br>sonoda intendersi<br>in peso sulla<br>miscela degli<br>aggregati |
|----------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|------------------------------------------------------------------------------------|
| acqua di compattazione (%) | 5 | 6 | 7 | 5 | 6 | 7 | 5 | 6 | 7 |                                                                                    |
| N° provini                 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |                                                                                    |

I sei provini (per ciascun punto dello studio) andranno maturati e rotti tre a compressione e tre a trazione indiretta a 3 o 7 gg

Dallo studio si potrà evidenziare anche la necessità di integrare la miscela da riciclare con eventuali aggregati di integrazione.

### 9.3.3 – Modalità esecutive

La demolizione degli strati legati a bitume dovrà interessare la corsia da sistemare per una larghezza che sarà di volta in volta indicata dalla D.L. e che comunque non dovrà essere inferiore, dove possibile, a 4,5 m alla base dello scavo.

Si dovranno comunque comprendere nella superficie da demolire anche i giunti di strisciata dei vari strati, gradonando la sezione di scavo dalla quota superiore a quella inferiore in modo che la larghezza dello strato da miscelare non sia inferiore a 4,0 m.

Nel caso di fondazioni in macadam o scapoli di pietrame e di fondazioni in misto granulare o stabilizzato molto compromesse, si procederà, dietro preciso ordine della D.L. alla loro demolizione ed asportazione; la ricostruzione dello strato sarà effettuata mediante la stabilizzazione a cemento con aggregati interamente di integrazione.

Il cemento verrà distribuito sul materiale da stabilizzare in modo uniforme su tutta la superficie rimossa mediante idonei spargitori.

La miscelazione, preceduta da umidificazione il cui grado sarà definito in funzione della percentuale di umidità presente nel materiale da trattare e dalle condizioni ambientali, sarà realizzata con idonea attrezzatura approvata dalla D.L. in grado di rimuovere e mescolare uniformemente uno spessore minimo di 20 cm.

La miscelazione dovrà interessare tutta la superficie in modo uniforme comprese le fasce adiacenti alle pareti verticali dello scavo. La miscelazione non dovrà mai essere eseguita in condizioni ambientali e atmosferiche avverse quali pioggia o temperatura ambiente non comprese tra 5° C e 35° C. Le condizioni ambientali ottimali si verificano con temperature intorno a 18° C e con tasso di umidità di circa il 50%; con temperature superiori l'umidità dovrà risultare anch'essa crescente. Con temperature inferiori il tasso di umidità non dovrà essere inferiore al 15%.

Completata l'operazione di miscelazione si dovrà provvedere al regolare ripristino dei piani livellando il materiale con idonea attrezzatura secondo le quote e le disposizioni della D.L..

Il materiale dovrà presentare in ogni suo punto uniformità granulometrica e giusto dosaggio di cemento.

Le operazioni di costipamento e la successiva stesa dello strato di protezione dovranno essere eseguite immediatamente dopo le operazioni di miscelazione e di risagomatura; dovranno comunque essere ultimate entro tre ore dalla stesa del cemento.

L'addensamento dello strato che potrà essere preceduto, a discrezione della D.L., da una eventuale ulteriore umidificazione e dovrà essere realizzato in ordine con le seguenti attrezzature:

rullo a due ruote vibranti da 10 tonnellate per ruota o rullo con una sola ruota vibrante di peso non inferiore a 18 tonnellate;

rullo gommato con pressione di gonfiaggio superiore a 5 atm e carico di almeno 18 tonnellate.

Potranno essere impiegati in alternativa rulli combinati (ferro-gomma), comunque tutti approvati dalla D.L., rispondenti alle caratteristiche sopra riportate.

Subito dopo il completamento delle opere di costipamento e di rifinitura dovrà essere eseguita la spruzzatura di un velo protettivo di emulsione bituminosa sovrastabilizzata in ragione di  $1,5 \div 2,0 \text{ Kg/m}^2$ , in relazione

alla capacità di assorbimento dello strato, oltre che al tempo ed alla intensità del traffico di cantiere cui potrà venire sottoposto, e successivo spargimento di sabbia.

Considerata la complessità dell'effettuazione di uno studio completo che segua lavorazioni di notevole rilevanza e anche l'estrema variabilità potenziale del materiale da stabilizzare che potrebbe vanificare l'effettuazione di un solo studio su un solo prelievo per ottimizzare la lavorazione, si dovrà effettuare una serie di verifiche durante l'esecuzione dei lavori secondo la metodologia descritta di seguito.

Ogni 500 m circa di lavorazione dovranno essere effettuate le seguenti valutazioni: promesse per la presenza di sostanze argillose od altro, si procederà, dietro

- verifica della granulometria
- verifica della % di umidità;
- verifica della % di cemento che dovrà avere un valore legato alla natura del materiale da riciclare ed alla sua % di umidità.

Indicativamente si fornisce la seguente tabella per l'impiego di cemento in funzione del contenuto d'acqua:

| Contenuto d'acqua totale | Cemento | kg cemento/calce a m <sup>2</sup> su 25 cm di lavorazione. |
|--------------------------|---------|------------------------------------------------------------|
| 5-6%                     | 2,5 %   | 12,5                                                       |
| 6-7%                     | 3,0 %   | 15,0                                                       |
| 7-10%                    | 3,5 %   | 17,5                                                       |

I valori di portanza verranno misurati mediante LWD (Light Weight Deflectometer) secondo quanto previsto all'art 1.4 e dovranno avere valori:

| Maturazione | Modulo elastico (MPa) |
|-------------|-----------------------|
| 4 ore       | 60                    |
| 24 ore      | 180-600               |

#### Art. 9.4 – Fondazione con tecnica del bitume schiumato realizzato in sito

La lavorazione dello schiumato permette di riciclare in sito vecchie fondazioni (misti cementati ammalorati, misti stabilizzati da “potenziare” (manutenzione straordinaria) o per realizzare la fondazione o sottofondazione (Nuove Costruzioni) con la posa in opera e la lavorazione di materiale idoneo, vergine o proveniente da fresature o rimozioni di pacchetti stradali ammalorati, previa autorizzazione della D.L..

Questa lavorazione si può impiegare nelle Manutenzioni Straordinarie e nelle Nuove Costruzioni (MS, NC).

Nella manutenzione straordinaria la lavorazione consiste nella rimozione e miscelazione (mediante idonee riciclatrici), e successiva compattazione, di strati profondi ammalorati (stabilizzati, cementati ecc.) compresa (se necessario) una parte di conglomerato bituminoso (per spessori max di 4-10 cm) compatibilmente con la macchina riciclatrice impiegata e lo stato del conglomerato residuo. L'opportunità di fresare in anticipo questi strati verrà decisa di volta in volta in accordo con la D.L..

Il bitume viene immesso nella camera di mescolazione della riciclatrice (insieme all'acqua), mentre il cemento viene in genere steso prima anteriormente al treno di riciclaggio.

Le attuali tecnologie permettono di “trattare” spessori massimi di 25-27 cm compattati.

Prima di iniziare la lavorazione, al fine di verificare gli spessori, vanno eseguiti 2-3 carotaggi per km, mentre per la caratterizzazione del materiale da riciclare va eseguito minimo un saggio di almeno 150 kg; lo scopo è quello di ottenere il raggiungimento delle resistenze indicate rispettando i parametri fondamentali su miscele addensate con pressa giratoria.

Nel caso non si possa effettuare uno studio preventivo completo per l'ottimizzazione dei parametri della lavorazione (cemento, bitume, eventuali integrazioni, eventuale acqua di aggiunta ecc...), si potrà iniziare la lavorazione ed analizzare quindi il materiale del saggio per valutare, in corso d'opera, i parametri fondamentali che seguono.

La fondazione potrà essere formata da materiale di apporto (Nuove Costruzioni) idoneo oppure da correggersi con adeguata attrezzatura in impianto fisso di miscelazione.

Lo spessore da assegnare alla fondazione sarà fissato progettualmente e verificato dalla D.L..

L'Impresa dovrà proporre alla D.L. la composizione granulometrica da adottare e le caratteristiche della miscela.

#### 9.4.1 - Caratteristiche dei materiali da impiegare

Il materiale in opera, dopo l'eventuale correzione e miscelazione, risponderà alle caratteristiche seguenti:

- granulometria compresa nel seguente fuso (post estrazione se compresa di conglomerato bituminoso) e avente andamento continuo ed uniforme praticamente concorde a quello delle curve limite:

| setacci UNI (mm) | Fuso (passante %) |
|------------------|-------------------|
| setaccio 63      | 100-100           |
| setaccio 40      | 86-100            |
| setaccio 20      | 70-95             |
| setaccio 14      | 62-90             |
| setaccio 8       | 48-75             |
| setaccio 4       | 30-56             |
| setaccio 2       | 20-40             |
| setaccio 0.25    | 8-20              |
| setaccio 0.063   | 5-10              |

- i bitumi da impiegare dovranno essere saranno quelli descritti all'art. 7.1.3 e andranno impiegati orientativamente al 3% in peso sulla miscela, salvo diverse indicazioni derivanti dallo studio e da indicazioni della D.L.;
- verrà impiegato cemento normale (Portland, pozzolanico o d'altoforno) di classe 325 in percentuale connessa al contenuto d'acqua del materiale da riciclare (ricavato dal saggio effettuato) e alle resistenze da ottenere.

#### 9.4.2 – Studio della miscela

Ai fini della determinazione delle percentuali di cemento, bitume e umidità ottima si dovranno realizzare provini con 180 giri di pressa giratoria aventi le seguenti caratteristiche:

##### Caratteristiche provini giratoria

|                                  |                 |
|----------------------------------|-----------------|
| Pressione verticale kPa          | 600 $\pm$ 3     |
| Angolo di rotazione              | 1,25 $\pm$ 0,02 |
| Velocità di rotazione (giri/min) | 30              |
| Diametro provino (mm)            | 150             |

**Caratteristiche di resistenza**

|                                                       |             |                                      |
|-------------------------------------------------------|-------------|--------------------------------------|
|                                                       | 3 gg        | Dimensioni provini                   |
| Rt 25°C (GPa x 10 <sup>-3</sup> )                     | 0,32 – 0,55 | Diametro 150mm altezza<br>100-130 mm |
| CTI 25°C (GPa x 10 <sup>-3</sup> )                    | $\geq$ 50   |                                      |
| Compressione semplice 25 °C (GPa x 10 <sup>-3</sup> ) | 1,0 – 3,0   | Diametro 150mm altezza<br>160-200 mm |

I provini vanno maturati a 40 ° C e termostati a 25 ° C per 4 ore prima del test di rottura.

Per la corretta esecuzione della lavorazione deve essere sempre effettuata un'integrazione di materiale in sito con il 10% di sabbia di frantumazione 0/4 (circa 2,5 cm di spessore da stendere con finitrice) a meno di riciclare strati con notevole contenuto di fino.

Potrà essere prevista anche l'integrazione di una graniglia di integrazione (max 15%) che potrà variare avere dimensione massima 30 mm a seconda della tipologia e della granulometria del materiale da riciclare.

Sarà la D.L. a stabilire le modalità di procedere, valutando se è necessaria l'integrazione del materiale in sito.

I parametri sopra descritti potranno essere ricercati mediante l'effettuazione di uno studio finalizzato alla determinazione delle percentuali ottimali dei leganti (cemento e bitume) e dell'acqua di compattazione, oltre che allo stabilire l'eventuale aggiunta di aggregati di integrazione.

A tal fine si dovranno realizzare provini con pressa giratoria (punto d) secondo il seguente schema (indicativo):

| Cemento (%)                | 2 |   |   | 3 |   |   | 4 |   |   | Le percentuali sono daintendersi in peso sulla miscela |
|----------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------------------------------------------------------|
| Bitume schiumato (%)       | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 |                                                        |
| Acqua di compattazione (%) | 5 | 6 | 7 | 5 | 6 | 7 | 5 | 6 | 7 |                                                        |
| N° provini                 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |                                                        |

I sei provini (per ciascun punto dello studio) andranno maturati e rotti tre a compressione e tre a trazione indiretta.

**9.4.3 – Modalità esecutive**

Il materiale verrà steso in strati di spessore (compattato) non superiore a 28 cm e non inferiore a 18 cm e dovrà presentarsi, dopo costipato, uniformemente miscelato in modo da non presentare segregazione dei suoi componenti.

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 riciclato.

Verificandosi comunque eccesso di umidità o danni dovuti a pioggia o gelo lo strato compromesso dovrà essere rimosso e ricostituito a cura e spese dell'Impresa.

Il materiale pronto per il costipamento dovrà presentare in ogni punto la prescritta granulometria.

Per il costipamento e la rifinitura verranno impiegati un rullo monotamburo vibrante di almeno 18 tonnellate preferibilmente accoppiato ad un rullo gommato di almeno 24 tonnellate.

Lo spessore dovrà essere quello prescritto, con una tolleranza in più o in meno del 5% purché questa differenza si presenti solo saltuariamente.

Il materiale dopo il passaggio della riciclatrice dovrà presentarsi omogeneo e con il bitume ben disperso (senza la presenza di grumi).

Va sempre effettuata una sovrapposizione delle strisciate di 15-30 cm in relazione alla larghezza del "tamburo" della stabilizzatrice che dovrà essere scelto di dimensioni adeguate alla larghezza dell'intervento da realizzare.

È da evitare la stesa in condizioni di pioggia e con temperature inferiori a 10 °C.

Per la stesa dello strato superiore si dovrà attendere il giorno successivo (o almeno 6-8 ore nel caso di esigenze operative improrogabili).

Particolare attenzione va posta nel controllo della umidità che dovrà rimanere nei limiti indicati per non compromettere l'esito della lavorazione.

Per quanto riguarda il controllo delle lavorazioni considerata la complessità dell'effettuazione di uno studio completo che segua lavorazioni di notevole rilevanza e anche l'estrema variabilità potenziale del materiale da stabilizzare che potrebbe vanificare l'effettuazione di un solo studio su un solo prelievo per ottimizzare la lavorazione, si dovrà effettuare una serie di verifiche durante l'esecuzione dei lavori secondo la metodologia descritta di seguito.

Ogni 250 m circa di lavorazione dovranno essere effettuate le seguenti valutazioni:

- verifica della granulometria (post estrazione) con % di bitume risultante nella miscela presente che deve essere compreso tra 3,0 e 4,5%;
- verifica della % di umidità;
- prelievo di materiale su cui effettuare test a resistenza diametrale, ~~vedi art. 4.2~~
- verifica della temperatura del bitume in fase di schiumaggio che deve essere sempre >160 °C (alla autobotte 165 °C).
- verifica della % di cemento che dovrà avere un valore legato alla natura del materiale da riciclare ed alla sua % di umidità; nel caso ci sia una variazione di umidità la quantità di cemento per i tratti successivi al prelievo va adeguata secondo quanto prescritto nella tabella di seguito.

Indicativamente considerando una lavorazione di 25 cm, si fornisce la tabella per l'impiego di cemento in funzione del contenuto d'acqua:

| Contenuto d'acqua totale | Cemento | Kg cemento a m <sup>2</sup> su 25cm di lavorazione. |
|--------------------------|---------|-----------------------------------------------------|
| 5-6%                     | 2 %     | 10                                                  |

|        |       |      |
|--------|-------|------|
| 6-8%   | 2,5 % | 12,5 |
| 8-10%  | 3 %   | 15   |
| 10-12% | 3,5 % | 17,5 |

I valori di portanza verranno misurati mediante LWD (Light Weight Deflectometer) secondo quanto previsto all'art 1.4 e dovranno avere valori:

| Maturazione | Modulo elastico (MPa) |
|-------------|-----------------------|
| 4 ore       | >60                   |
| 24 ore      | 180-600               |

Nel caso i materiali da stabilizzare con tecnica del bitume schiumato rilevati nei saggi esplorativi presentino caratteristiche plastiche ( $IP > 6$ ) la D.L. potrà valutare, nella fase di esecuzione, la sostituzione del materiale o un pretrattamento a calce.

#### Art. 9.5 – Fondazione con tecnica del bitume schiumato realizzato in impianto

La tecnologia dello schiumato in impianto va applicata per reimpiegare materiali fresati o vergini, stoccati in cumuli, lavorandoli con opportuni impianti in aree adiacenti il tratto da risanare o realizzare o a fianco degli impianti a caldo; il materiale a cui sono aggiunti i leganti e l'acqua dovrà essere steso con finitrice e compattato.

Gli impianti devono prevedere la possibilità di caricare direttamente il materiale sui camion per il trasporto in sito e la stesa (opzione preferibile); è possibile stoccare in cumuli il materiale già “schiumato” per 1 o 2 ore, ma è preferibile stenderlo e compattarlo subito e comunque il conglomerato schiumato in impianto dovrà essere steso e compattato entro 4 ore dall'uscita dall'impianto.

Nella miscela è possibile impiegare vecchie fondazioni o pavimentazioni (misti cementati ammalorati, misti stabilizzati da riciclare, fresati di conglomerati bituminosi), materiali vergini, purché opportunamente frantumati e rispondenti alle caratteristiche in seguito illustrate e ritenuti comunque idonei dalla D.L..

##### 9.5.1 - Caratteristiche dei materiali da impiegare

Il materiale in opera, dopo l'eventuale correzione e miscelazione, risponderà alle caratteristiche seguenti:

- granulometria compresa nel seguente fuso (post estrazione se compresa di conglomerato bituminoso) e avente andamento continuo ed uniforme praticamente concorde a quello delle curve limite:

| setacci UNI (mm) | Fuso (passante %) |
|------------------|-------------------|
| setaccio 63      | 100-100           |
| setaccio 40      | 94-100            |
| setaccio 20      | 88-100            |
| setaccio 14      | 62-88             |
| setaccio 8       | 44-72             |
| setaccio 4       | 28-54             |

|                |       |
|----------------|-------|
| setaccio 2     | 22-40 |
| setaccio 0.25  | 5-18  |
| setaccio 0.063 | 4-10  |

- i bitumi da impiegare dovranno essere saranno quelli descritti all'art. 10.1.3 e andranno impiegati orientativamente al 3% in peso sulla miscela, salvo diverse indicazioni derivanti dallo studio e da indicazioni della D.L.;
- verrà impiegato cemento normale (Portland, pozzolanico o d'altoforno) di classe 325 in percentuale connessa al contenuto d'acqua del materiale da riciclare (ricavato dal saggio effettuato) e alle resistenze da ottenere.

### 9.5.2 – Studio della miscela

Ai fini della determinazione delle percentuali di cemento, bitume e umidità ottima si dovranno realizzare provini con 180 giri di pressa giratoria aventi le seguenti caratteristiche:

#### Caratteristiche provini giratoria

|                                  |                 |
|----------------------------------|-----------------|
| Pressione verticale kPa          | 600 $\pm$ 3     |
| Angolo di rotazione              | 1,25 $\pm$ 0,02 |
| Velocità di rotazione (giri/min) | 30              |
| Diametro provino (mm)            | 150             |

#### Caratteristiche di resistenza

|                                                       |             |                                      |
|-------------------------------------------------------|-------------|--------------------------------------|
|                                                       | 3 gg        | Dimensioni provini                   |
| Rt 25°C (GPa x 10 <sup>-3</sup> )                     | 0,32 – 0,55 | Diametro 150mm altezza<br>100-130 mm |
| CTI 25°C (GPa x 10 <sup>-3</sup> )                    | $\geq$ 40   |                                      |
| Compressione semplice 25 °C (GPa x 10 <sup>-3</sup> ) | 1,0 – 2.5   | Diametro 150mm altezza<br>160-200 mm |

I provini vanno maturati a 40° C e termostati a 25 ° C per 4 ore prima del test di rottura.

Nel caso si impieghi solo materiale proveniente dalla fresatura di conglomerati bituminosi per la corretta esecuzione della lavorazione è bene integrare il materiale con il 10% di sabbia di frantumazione 0/4 e 15-20 % di graniglia.

Sarà la D.L. a stabilire le modalità di procedere, valutando se è necessario integrare con materiale di pezzature diverse.

I parametri sopra descritti potranno essere ricercati mediante l'effettuazione di uno studio finalizzato alla determinazione delle percentuali ottimali dei leganti (cemento e bitume) e dell'acqua di compattazione.

A tal fine si dovranno realizzare provini con pressa giratoria secondo il seguente schema (indicativo):

|             |     |   |     |  |
|-------------|-----|---|-----|--|
| Cemento (%) | 1,5 | 2 | 2,5 |  |
|-------------|-----|---|-----|--|

|                            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                                         |
|----------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---------------------------------------------------------|
| Bitume schiumato (%)       | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | Le percentuali sono da intendersi in peso sulla miscela |
| Acqua di compattazione (%) | 5 | 6 | 7 | 5 | 6 | 7 | 5 | 6 | 7 |                                                         |
| N° provini                 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |                                                         |

I sei provini (per ciascun punto dello studio) andranno maturati e rotti tre a compressione e tre a trazione indiretta.

### 9.5.3 – Modalità esecutive

Il materiale verrà steso in strati di spessore finito non superiore a 20 cm e non inferiore a 15 cm e dovrà presentarsi, dopo costipato, uniformemente miscelato in modo da non presentare segregazione dei suoi componenti. È possibile, per spessori superiori a 20 cm, dividere la lavorazione in due strati.

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 riciclato.

Verificandosi comunque eccesso di umidità o danni dovuti alla pioggia o gelo lo strato compromesso dovrà essere rimosso e ricostituito a cura e spese dell'Impresa.

Il materiale pronto per il costipamento dovrà presentare in ogni punto la prescritta granulometria.

Per il costipamento e la rifinitura verranno impiegati un rullo monotamburo vibrante di almeno 19 tonnellate preferibilmente accoppiato ad un rullo gommato di almeno 18 tonnellate.

Lo spessore dovrà essere quello prescritto, con una tolleranza in più o in meno del 5% purché questa differenza si presenti solo saltuariamente.

La D.L. effettuerà tale controllo prima della stesa degli strati superiori; in caso di carenze interromperà le lavorazioni successive fino all'ottenimento del valore richiesto.

Il materiale dopo la stesa con vibrofinitrice dovrà presentarsi omogeneo e con bitume ben disperso (senza la presenza di grumi).

I valori di portanza verranno misurati mediante LWD (Light Weight Deflectometer) secondo quanto previsto all'art 9.1.4 e dovranno avere valori:

| Maturazione | Modulo elastico (MPa) |
|-------------|-----------------------|
| 4 ore       | >60                   |
| 24 ore      | 180-600               |

### Art. 9.6 – Fondazione stabilizzata con cemento ed emulsione bituminosa sovrastabilizzata

Le miscele stabilizzate con cemento ed emulsione bituminosa, da impiegare negli strati di fondazione, sono costituite da aggregati vergini ovvero da materiali di riciclo della vecchia pavimentazione con quantità variabili di conglomerato bituminoso di recupero (fresato) che possono arrivare fino al 100%.

Queste miscele trovano impiego sia nella costruzione di nuove infrastrutture stradali, sia negli interventi di manutenzione di pavimentazioni stradali.

#### 9.6.1 - Caratteristiche dei materiali da impiegare

##### 9.6.1.1 – Aggregati lapidei

Sono in generale costituiti da materiali di riciclo di pavimentazioni stradali esistenti: conglomerato bituminoso di recupero (fresato), misto cementato, misto granulare tout venant, eventualmente integrati con aggregati vergini (di primo impiego). Non è escluso l'impiego di soli aggregati di primo impiego. Qualora i materiali di riciclo della vecchia pavimentazione contengano frazioni limo- argillose ( $IP > 6$ ), queste devono essere eliminate (sostituite con materiali idonei) ovvero preventivamente trattate con calce.

Il conglomerato bituminoso di recupero (fresato), nei casi in cui la miscelazione sia prevista in impianto (fisso o mobile) deve essere vagliato prima del suo reimpiego per eliminare eventuali elementi (grumi, placche, ecc.) di dimensioni superiori a 31,5 mm. Tale operazione non è necessaria quando è prevista la miscelazione in sito mediante pulvimixer.

La granulometria degli aggregati, compreso il fresato, deve essere eseguita per via umida sul materiale prelevato all'impianto, dopo la vagliatura, oppure dopo un passaggio di pulvimixer quando sia prevista la miscelazione in sito.

Qualora la granulometria degli aggregati di riciclo si discosti dal fuso indicato nella sottostante tabella, la Direzione Lavori potrà ordinarne l'integrazione mediante l'aggiunta di aggregati di primo impiego di dimensioni e caratteristiche tali da riportare la curva granulometrica nel fuso previsto.

| setacci UNI (mm) | Fuso (passante %) |
|------------------|-------------------|
| Setaccio 40      | 100               |
| Setaccio 31,5    | 80-100            |
| Setaccio 16      | 58-92             |
| Setaccio 8       | 42-76             |
| Setaccio 4       | 30-56             |
| Setaccio 2       | 18-40             |
| Setaccio 0,5     | 9-25              |
| Setaccio 0,063   | 3-8               |

Gli aggregati di primo impiego sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali: rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi.

Gli aggregati impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 12620.

Le caratteristiche tecniche degli aggregati e i metodi di attestazione devono essere conformi al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 16 novembre 2009.

La designazione dell'aggregato grosso deve essere eseguita mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della UNI EN 12620.

L'aggregato grosso e l'aggregato fine possono essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, siano soddisfatti i requisiti indicati nelle tabelle sottostanti.

| AGGREGATO GROSSO |       |         |                 |                  |           |
|------------------|-------|---------|-----------------|------------------|-----------|
| Requisito        | Norma | Simbolo | Unità di misura | Valori richiesti | Categoria |

|                                              |               |      |    |      |                    |
|----------------------------------------------|---------------|------|----|------|--------------------|
| Resistenza alla frammentazione (Los Angeles) | UNI EN 1097-2 | LA   | %  | ≤25  | LA <sub>25</sub>   |
| Percentuale di particellefrantumate          | UNI EN 933-5  | C    | %  | 100  | C <sub>NR/70</sub> |
| Dimensione massima                           | UNI EN 933-1  | D    | mm | 40   | -                  |
| Passante allo 0.063                          | UNI EN 933-1  | f    | %  | ≤1   | f <sub>1</sub>     |
| Resistenza al gelo e disgelo                 | UNI EN 1367-1 | F    | %  | ≤1   | F <sub>1</sub>     |
| Indice di appiattimento                      | UNI EN 933-3  | FI   | %  | ≤30  | FI <sub>30</sub>   |
| Assorbimento d'acqua                         | UNI EN 1097-6 | WA24 | %  | ≤1,5 | WA <sub>242</sub>  |

| AGGREGATO FINE         |                        |         |                 |                  |           |
|------------------------|------------------------|---------|-----------------|------------------|-----------|
| Requisito              | Norma                  | Simbolo | Unità di misura | Valori richiesti | Categoria |
| Equivalente in sabbia  | UNI EN 933-8           | ES      | %               | ≥60              | -         |
| Quantità di frantumato |                        |         | %               | 100              | -         |
| Indice di plasticità   | UNI CEN ISO/TS17892-12 |         |                 | NP               | -         |
| Limite Liquido         | UNI CEN ISO/TS17892-12 |         | %               | ≤25              |           |

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle sopra riportate viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori indicati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore degli aggregati. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal Produttore.

Per i requisiti di accettazione eventualmente non riportati nella Dichiarazione di Prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

#### 9.6.1.2 – Emulsione bituminosa

Il legante bituminoso viene inserito sotto forma di emulsione bituminosa. Tale emulsione deve essere specificatamente formulata, cioè di bitume distillato, sovrastabilizzata (designazione secondo UNI EN 13808: C60B10), con le caratteristiche riportate nella sottostante.

| EMULSIONE BITUMINOSA C 60 B10           |              |         |                 |                  |           |
|-----------------------------------------|--------------|---------|-----------------|------------------|-----------|
| Requisito                               | Norma        | Simbolo | Unità di misura | Valori richiesti | Categoria |
| Contenuto di acqua                      | UNI EN 1428  | W       | %               | 40+/-1           | 6         |
| Contenuto di legante (bitume+flussante) | UNI EN 1431  | -       | %               | > 59             | 6         |
| Omogeneità                              | UNI EN 1429  | -       | %               | <0,2             |           |
| Sedimentazione a 7gg.                   | UNI EN 12847 | ST      | %               | <10              | 3         |
| pH (grado di acidità)                   | UNI EN 12850 | pH      |                 | 2÷4              |           |
| Miscelazione con leganteidraulico       | UNI EN 12848 | -       | %               | < 2              | 10        |

Il possesso dei requisiti dell'emulsione bituminosa riportati nella tabella sovrastante viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

#### 9.6.1.3 - Cemento

I cementi impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento prodotti da costruzione 305/2011/CPR con dichiarazione di prestazione (DoP). Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13282-1 (Rapid gardening hydraulic road binders) e UNI EN 13282-2 (Normal gardening hydraulic road binders).

È preferibile usare legante idraulici resistente ai solfati (SR 0) e a basso calore d'idratazione, il suo dosaggio deve essere determinato con specifici studi di laboratorio.

#### 9.6.1.4 - Acqua

L'acqua impiegata deve essere esente da impurità dannose, conforme alla norma UNI EN 1008.

#### 9.6.2 – Studio della miscela

Le percentuali ottimali di cemento, acqua ed emulsione bituminosa e dell'eventuale integrazione di inerti sono stabilite mediante uno specifico studio in laboratorio.

Per una corretta valutazione delle caratteristiche del materiale esistente nel tronco stradale interessato dal trattamento devono esser eseguiti prelievi ogni 500 m, eventualmente intensificati in caso di disomogeneità.

Nel caso sia prevista la miscelazione con pulvimixer i campioni degli aggregati per lo studio della miscela devono esser prelevati in cantiere, subito dopo un passaggio di pulvimixer senza la stesa dei leganti.

Sui campioni prelevati devono essere eseguiti analisi granulometriche per via umida (UNI EN 933-1) ed indice di plasticità (UNI CEN ISO/TS 17892-12) per stabilire la necessità di trattamento con calce e l'integrazione degli inerti.

Prima di definire la giusta combinazione di leganti, deve essere determinato il contenuto ottimale di acqua sulla miscela granulare con il 2% in peso di cemento, secondo le indicazioni riportate nella tabella sottostante.

I provini con diverso contenuto di acqua devono essere compattati con pressa giratoria (UNI EN 12697-31) nelle seguenti condizioni di prova:

Tipo di fustella: NON drenata Angolo di rotazione:  $1.25^{\circ} \pm 0.02^{\circ}$

Velocità di rotazione: 30 rotazioni al minuto Pressione verticale: 600kPa

Dimensioni provino: 150 mm n° giri: 100

Peso campione: 2800 g (comprensivi di cemento e acqua)

Nel caso in cui gli elementi più grossolani impediscano la produzione di provini geometricamente regolari deve essere eliminato il trattenuto al setaccio da 20 mm.

| Cemento [%]  | 2,0 |     |     |     |     |     |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Acqua[%]     | 3,0 | 4,0 | 5,0 | 6,0 | 7,0 | 8,0 |
| Provini [n°] | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   |

Ogni provino deve essere pesato prima e dopo la compattazione al fine di determinare la percentuale di (eventuale) acqua espulsa.

I provini così ottenuti devono essere essiccati fino a peso costante in stufa a  $40^{\circ}$  C e sottoposti a prova per la valutazione della massa volumica (UNI EN 12697-6/procedura D). Il contenuto ottimo di acqua è quello che permette di raggiungere il valore più elevato di massa volumica della miscela (secca) e un quantitativo di acqua espulsa durante la compattazione minore dello 0,5%.

Secondo la stessa procedura di compattazione e con il contenuto di acqua ottimo, devono essere confezionati provini con differenti quantità (percentuali riferite al peso degli inerti) di cemento e di emulsione bituminosa, come indicato nella tabella sottostante.

| Acqua [%]                | Contenuto ottimo |     |     |     |     |     |     |     |     |
|--------------------------|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Cemento [%]              | 1,5              |     |     | 2,0 |     |     | 2,5 |     |     |
| Emulsione bituminosa [%] | 2,5              | 3,0 | 3,5 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 2,5 | 3,0 | 3,5 |
| Provini [n°]             | 4                | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   |

Nel contenuto ottimo di acqua della miscela bisogna considerare anche l'acqua apportata dall'emulsione.

I provini così confezionati devono subire una maturazione a  $40^{\circ}$  C per 72 ore e successivamente devono essere sottoposti a prova di resistenza a trazione indiretta (UNI EN 12697-23), dopo un condizionamento per 4 ore in camera climatica a  $25^{\circ}$  C. Tali provini devono fornire resistenza a trazione diametrale  $R_t > 0,35$  MPa.

Sui provini confezionati con le miscele che soddisfano i requisiti di resistenza a trazione indiretta, maturati per 72 ore a  $40^{\circ}$  C, si devono determinare:

- modulo di rigidità in configurazione di trazione indiretta (spostamento orizzontale imposto  $5 \pm 0.2$   $\mu\text{m}$ ) secondo la Norma UNI EN 12697/26;
- perdita di resistenza dopo imbibizione a  $25^\circ \text{C}$  per 1 ora sottovuoto a 50 mm di mercurio;
- perdita di resistenza dopo saturazione in acqua (per il tempo necessario al raggiungimento del peso costante) e 15 cicli gelo - disgelo ( $-20^\circ \text{C}/+20^\circ \text{C}$ ).

La miscela ottima di progetto è quella che fornisce il modulo di rigidità a  $20^\circ \text{C}$  più piccolo tra quelli che risultano maggiori di 3000 MPa e resistenza a trazione indiretta dopo imbibizione maggiore del 70% di quella ottenuta su provini non immersi in acqua, resistenza a trazione indiretta e resistenza a compressione dopo cicli gelo - disgelo maggiore del 50% di quella ottenuta su provini non trattati.

Sulla miscela ottima si deve determinare la densità geometrica a 100 giri di pressa giratoria che costituisce il riferimento per il controllo della densità in sito.

L'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori, almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori e per ogni cantiere di produzione, la composizione delle miscele che intende adottare; ogni composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati.

Una volta accettata dalla Direzione Lavori la composizione granulometrica di progetto, non saranno ammesse variazioni delle singole percentuali dei trattenuti di  $\pm 10$  per gli aggregati riciclati, di  $\pm 5$  per gli aggregati di integrazione. Per la percentuale di emulsione bituminosa (determinata per differenza tra la quantità di legante complessivo e la quantità di bitume contenuta nel fresato) non deve essere tollerato uno scostamento da quella di progetto di  $\pm 0,25$ .

Tali valori dovranno essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate al momento della stesa, come pure dall'esame delle carote prelevate in sito.

### 9.6.3 – Confezione e posa in opera delle miscele

La stabilizzazione con cemento ed emulsione bituminosa può essere realizzata mediante un "treno" di riciclaggio costituito da: fresa, macchina stabilizzatrice (pulvimixer tale da frantumare i grumi del conglomerato fresato e miscelare omogeneamente cemento ed emulsione), autobotte per il legante bituminoso, autobotte per l'acqua, livellatrice e almeno due rulli.

Subito dopo la miscelazione si deve procedere al livellamento della miscela ed alla compattazione mediante l'impiego di un rullo vibrante di peso non inferiore a 18 tonnellate con controllo di frequenza e di ampiezza di vibrazione e di un rullo gommato di carico statico non inferiore a 24 tonnellate.

Si avrà cura, inoltre, che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

In alternativa al "treno" di riciclaggio, per la confezione delle miscele potrà essere utilizzato un impianto mobile da installare in cantiere. 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. In questo caso la stesa viene effettuata con macchina vibrofinitrice cui segue la compattazione come nel caso del treno di riciclaggio.

Il trattamento di stabilizzazione deve essere sospeso con temperatura dell'aria inferiore ai 10 ° C e comunque quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Strati eventualmente compromessi dalle condizioni meteorologiche, o da altre cause, devono essere rimossi e sostituiti a totale cura e spese dell'Impresa.

La superficie finita, controllata a mezzo di un regolo di 4,00 m di lunghezza, disposto secondo due direzioni ortogonali, non deve scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 10 mm e tale scostamento non può essere che saltuario. Qualora si riscontri un maggior scostamento dalla sagoma di progetto, non è consentito "correggere" il difetto con il riporto e la successiva rullatura di piccole quantità di materiale (anche se costituita dalla stessa miscela). Si suggerisce pertanto di realizzare lo strato con spessore in eccesso di 10 - 15 mm e di risagomare il piano finito, a costipamento ultimato, con macchina fresatrice.

Ultimato il costipamento, compatibilmente con le attività di cantiere, lo strato deve essere fatto maturare per qualche giorno, favorendo l'evaporazione dell'acqua, prima di essere coperto. Quando invece è prevista pioggia lo strato deve essere immediatamente protetto. In entrambi i casi viene utilizzata emulsione sovra stabilizzata (tipo C60B10), la stessa usata nella formazione della miscela, con un dosaggio di circa 1,5 kg/m<sup>2</sup>, e successivo spargimento di graniglia o sabbia.

#### **9.6.4 – Controllo sulla qualità della lavorazione**

Il controllo della qualità degli strati stabilizzati con cemento ed emulsione bituminosa deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

La frequenza dei controlli sarà di norma ogni 5000 m<sup>2</sup> di superficie realizzata (trattata). La Direzione Lavori potrà variare in più o in meno il numero di controlli riguardo all'andamento dei lavori e/o a specifiche problematiche di cantiere.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità. La granulometria della miscela di aggregati deve essere verificata su campioni prelevati prima dell'aggiunta dei leganti, all'impianto di produzione oppure in situ, dopo un passaggio della macchina riciclatrice (pulvimixer).

Sulla miscela con i leganti vengono determinate: la percentuale di bitume (per differenza tra la quantità di legante complessivo e la quantità di bitume contenuta nel fresato) e la percentuale d'acqua. Su provini confezionati con pressa giratoria vengono eseguite le prove di resistenza a trazione indiretta ed il modulo di rigidezza in configurazione di trazione indiretta.

Dopo 90 giorni dal trattamento vengono eseguite prove per la determinazione del modulo elastico dinamico mediante deflettometro a massa battente (Falling Weight Deflectometer – FWD). Sulle carote prelevate vengono determinati il peso di volume e lo spessore. Potranno inoltre, a discrezione della Direzione Lavori, essere determinati lo spessore, il peso di volume la resistenza a trazione indiretta Rt (UNI EN 12697-23) (UNI EN 13286-42) e il modulo di rigidezza (UNI EN 12697-26 Annesso C).

A compattazione ultimata la densità secca in situ ( $\rho_{s\text{ situ}}$ ), nel 95% dei punti controllati (con prelievo di carote), non deve essere inferiore al 97% del valore di riferimento ( $\rho_{s\text{ laboratorio}}$ ) misurato in laboratorio sulla miscela di progetto costipata con pressa giratoria a 100 giri e dichiarato prima dell'inizio dei lavori. Quando possibile il valore di riferimento deve essere costituito dall'addensamento ottenuto sulla miscela

effettivamente utilizzata in quel punto, costipata direttamente in cantiere con pressa giratoria collocata su un laboratorio mobile. Il campione, costituito da circa 2800 g di miscela (comprensiva di cemento e acqua) deve essere costipato con 100 giri di pressa giratoria.

Le misure della massa volumica su provini asciutti sono effettuate secondo la norma (UNI EN 12697-6/procedura D).

Nella prova di trazione indiretta (UNI EN 12697-23) eseguita su carote prelevate dopo 90 giorni dalla realizzazione o su provini confezionati in cantiere con la pressa giratoria (100 giri), maturati in camera climatica per 72 ore a 40 ° C e successivamente, condizionati per 4 ore a 25 ° C, la Resistenza a Trazione Indiretta  $R_t$  non deve essere inferiore a 0,35 MPa.

Il modulo di rigidezza alla temperatura di 20° C determinato in configurazione di trazione indiretta (UNI EN 12697-26) con deformazione imposta di  $5 \pm 0.2 \mu\text{m}$  su carote prelevate dopo 90 giorni dalla realizzazione e su provini confezionati in cantiere con la pressa giratoria a densità di progetto (100 giri), maturati in camera climatica per 72 ore a 40° C oppure dopo 28 giorni di maturazione a 20° C, nel 95% dei campioni, non deve essere inferiore a 3000 MPa. Sugli stessi provini e con gli stessi diametri di misura, il modulo di rigidezza alla temperatura di 40° C deve essere minore del 75% del valore ottenuto a 20° C.

Il modulo elastico, rilevato dopo 90 giorni dal trattamento con Falling Weight Deflectometer, e riferito alla temperatura di 20° C, al 15° percentile non deve essere inferiore a 3,0 GPa.

Per valori del modulo elastico (15 percentile) compresi tra 1,5 e 3,0 GPa viene applicata allo strato di fondazione una detrazione pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 10s + 5s^2$$

dove  $s$  è la differenza tra 3 GPa ed il valore del 15 percentile del modulo elastico del tratto omogeneo (cui il valore si riferisce) espresso in GPa.

Valori del modulo elastico inferiori a 1,5 GPa comportano la demolizione ed il rifacimento dello strato di fondazione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

In alternativa la Direzione Lavori può indicare l'esecuzione di interventi compensativi della carenza rilevata che consentono di raggiungere la vita utile della pavimentazione prevista dal progetto.

Nel caso non vengano eseguite prove FWD l'accettazione della lavorazione o l'eventuale calcolo delle detrazioni viene eseguito con riferimento al modulo di rigidezza determinato sulle carote in configurazione di trazione indiretta (UNI EN 12697-26), applicando lo stesso criterio previsto per il modulo elastico.

A integrazione dei controlli precedenti possono essere eseguite prove con piastra dinamica leggera (dynamic plate-load test). Il modulo dinamico  $E_{vd}$  dopo la compattazione non deve essere inferiore a 70 MPa nel 90% dei punti analizzati. Le misure di modulo dinamico sono riportate alla temperatura di riferimento (25° C) applicando correzioni di un punto percentuale ogni grado centigrado di scostamento, incrementando il valore del modulo nel caso di misure effettuate a temperature maggiori di 25° C, diminuendolo nel caso di misure effettuate a temperature minori di 25° C. L'attrezzatura impiegata deve essere equipaggiata con una massa battente da 10 kg che genera una forza d'impatto di 7,07 kN con una durata dell'impulso di 18 ms su una

piastra di diametro di 300 mm. La procedura di prova prevede l'applicazione di tre colpi successivi di cui vengono acquisite le deformazioni e, nota la tensione di carico applicata, la macchina restituisce automaticamente il risultato (modulo dinamico) definito come la media delle tre misurazioni. I tre colpi di prova devono essere preceduti da altri tre colpi in modo tale da ottenere un buon contatto tra il piatto di carico ed il suolo. La piastra di carico deve essere sistemata su un piano adeguatamente liscio con l'eventuale disposizione di sabbia mono - granulare per livellare la superficie. Nei casi in cui non si realizzi un buon contatto tra piastra e pavimentazione, oppure l'inclinazione del piano sia eccessiva (maggiore del 6%), si possono verificare degli spostamenti laterali che inficiano i risultati.

## Art. 10 Leganti bituminosi e loro modificati

### Art. 10.1 - Leganti bituminosi semisolidi

Per leganti bituminosi semisolidi si intendono i bitumi per uso stradale costituiti sia da bitumi di base che da bitumi modificati.

#### 10.1.1 – Bitumi di base

I bitumi di base per uso stradale sono quelli con le caratteristiche indicate in tab. 10.A impiegati per il confezionamento di conglomerati bituminosi di cui all' art. 11. Le tabelle seguenti si riferiscono nella prima parte al prodotto di base così come viene prelevato nelle cisterne (stoccaggi), nella seconda parte al prodotto sottoposto all'invecchiamento artificiale; la non rispondenza del legante alle caratteristiche richieste comporta l'applicazione delle detrazioni di cui all' art.14, qualora il materiale sia accettato dalla D.L..

**Tabella 10.A – Bitumi di base**

| TABELLA 7.A                                                              |        | Bitume 50/70 | Bitume 70/100 |
|--------------------------------------------------------------------------|--------|--------------|---------------|
| caratteristiche                                                          | U.M.   | Valore       |               |
| PRIMA PARTE                                                              |        |              |               |
| penetrazione a 25° C                                                     | dmm    | 50-70        | 70-100        |
| punto di rammollimento                                                   | ° C    | 45-60        | 40-60         |
| punto di rottura Fraass, min.                                            | ° C    | ≤-6          | ≤-8           |
| ritorno elastico a 25° C                                                 | %      | -            | -             |
| stabilità allo stoccaggio tube test                                      | °C     | -            | -             |
| viscosità dinamica 160°C (Shear rate 5*10 <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> ) | Pa x s | 0,03-0,15    | 0,02-0,15     |
| viscosità dinamica 160°C (cilindri coassiali S21 20rpm )                 |        |              |               |
| SECONDA PARTE - valori dopo RTFOT (Rolling Thin Film Oven Test)          |        |              |               |
| incremento del punto di rammollimento                                    | °C     | ≤ 9          | ≤ 9           |
| penetrazione residua                                                     | %      | ≥40          | ≥50           |

I leganti bituminosi per essere ritenuti idonei e quindi impiegabili, dovranno essere dotati obbligatoriamente di marcatura CE. I requisiti obbligatori richiesti sono:

- Penetrazione a 25° C (UNI EN 1426);
- Punto di rammollimento (UNI EN 1427).

Tutte queste grandezze dovranno rientrare nei parametri indicati nel presente Capitolato (oltre alle altre non facenti parte della marcatura CE ma contenute nelle presenti Norme Tecniche).

**10.1.2 - Bitumi modificati**

I bitumi di base di tipo 70-100 potranno essere modificati in raffineria o tramite lavorazioni successive mediante l'aggiunta di polimeri (elastomeri e loro combinazioni) effettuata con idonei dispositivi di miscelazione al fine di ottenere migliori prestazioni dalle miscele in modo soft SF (modifica media) e in modo hard HD (modifica forte) con le caratteristiche riportate nella tabella 10.B

Possono essere inoltre impiegati bitumi di base modifica BM opportunamente preparati per una successiva modifica.

I bitumi di tipo soft potranno essere impiegati nelle miscele normali (base, binder, usura) mentre dovranno essere tassativamente impiegati i bitumi di tipo hard nelle miscele speciali (vedi art. 11.2) salvo diversa indicazione della Committente.

**Tabella 10.B - Bitumi modificati con aggiunta di polimeri**

| caratteristiche                                                                                                                  | U.M.   | Soft<br>2.5%-3.5% SF (°) | Hard<br>4%-6% HD (°) |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------------------------|----------------------|
| penetrazione a 25° C                                                                                                             | dmm    | 50-70                    | 50-70                |
| punto di rammollimento                                                                                                           | ° C    | 60-80                    | 70-90                |
| punto di rottura Fraass                                                                                                          | ° C    | ≤ -10                    | ≤ -12                |
| ritorno elastico a 25° C                                                                                                         | %      | > 70                     | > 80                 |
| viscosità dinamica 160°C (Shear rate $5 \cdot 10^2 \text{ s}^{-1}$ )<br>viscosità dinamica 160°C (cilindri coassiali S21 20rpm ) | Pa x s | 0,10-0,35                | 0,15-0,55            |
| Stabilità allo stoccaggio tube test                                                                                              | °C     | ≤ 3 <sup>(°°)</sup>      | ≤ 3 <sup>(°°)</sup>  |
| valori dopo RTFOT - Rolling Thin Film Oven Test                                                                                  |        |                          |                      |
| penetrazione residua a 25° C                                                                                                     | %      | > 40                     | > 40                 |
| Incremento del punto di rammollimento                                                                                            | ° C    | < 5                      | < 5                  |

(°) le percentuali indicate si riferiscono alla quantità di polimero impiegata

(°°) entrambi i valori del punto di rammollimento ottenuti per il tube test non devono differire dal valore di rammollimento di riferimento di più di 5°C

**Tabella 10.C - Bitumi modificati per mani d'attacco – bitume soft o hard**

| Caratteristiche                                                         | U.M.   | valori    |
|-------------------------------------------------------------------------|--------|-----------|
| penetrazione a 25° C                                                    | dmm    | 50-70     |
| punto di rammollimento                                                  | ° C    | 60-90     |
| punto di rottura Fraass                                                 | ° C    | ≤ -10     |
| viscosità dinamica a 160° C (Shear rate $5 \cdot 10^2 \text{ s}^{-1}$ ) | Pa x s | 0,10-0,55 |

I leganti bituminosi modificati per essere ritenuti idonei e quindi impiegabili, dovranno essere dotati obbligatoriamente di marcatura CE.

I requisiti obbligatori richiesti sono:

- Penetrazione a 25°C.
- Punto di rammollimento e ritorno elastico a 25°C.

Tutte queste grandezze dovranno rientrare nei parametri indicati nel presente Capitolato (oltre alle altre non facenti parte della marcatura CE ma contenute nelle presenti Norme Tecniche).

### 10.1.3 - Bitume per lavori di riciclaggio a freddo mediante tecnica dello schiumato

Per utilizzare la tecnologia del riciclaggio a freddo mediante bitume schiumato si dovrà usare un legante TQ o BM adatto alla “schiumatura”, con le seguenti caratteristiche:

|                                         |        |                                              |
|-----------------------------------------|--------|----------------------------------------------|
| Palla e anello (°C)                     | 40-60  | -                                            |
| Penetrazione (dmm)                      | 80–100 | -                                            |
| Rapporto di espansione                  | > 20   | Rapporto tra volume schiuma e volume liquido |
| Tempo di dimezzamento (half life) - sec | > 15   | Tempo per dimezzare il volume di schiuma     |
| Velocità di espansione - sec            | < 5    | Tempo per arrivare al massimo volume         |

La “velocità di espansione” è il tempo necessario al bitume per raggiungere il massimo volume di schiumaggio alla prescelta quantità di acqua a partire dalla fine della fase di spruzzo. Ai fini della scelta della percentuale di acqua ottima (acqua di schiumaggio), nel range di accettabilità, è da preferire il valore che produce il max volume di schiumaggio, ferma restando la condizione di non superare mai il 4,5 % di acqua.

## Art. 10.2 – Emulsioni Bituminose

### 10.2.1 - Emulsioni bituminose (cationiche non modificate) per mano di attacco

Per mano di attacco si intende una emulsione bituminosa 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 dell'interfaccia. La mano d'attacco può essere realizzata con emulsioni bituminose cationiche non modificate solo tra base e base binder, binder e usure chiuse nel caso si tratti di conglomerati realizzati con bitume tal quale. In tutti gli altri casi, fatta eccezione per le usure aperte, per le quali deve essere utilizzato bitume modificato hard, si usa bitume o emulsione affine con i conglomerati da utilizzare.

**Tabella 10.D - Emulsioni bituminose (cationiche non modificate) per mano di attacco**

| caratteristiche                     | unità di misura | Emulsioni a rapida rottura                   | Emulsioni a media velocità di rottura |
|-------------------------------------|-----------------|----------------------------------------------|---------------------------------------|
| contenuto d'acqua                   | % in peso       | ≤40                                          | ≤45                                   |
| contenuto di bitume                 | % in peso       | ≥ 60                                         | ≥ 55                                  |
| grado di acidità (pH)               |                 | 2-5                                          | 2-5                                   |
| polarità delle particelle           |                 | positiva (cationiche) o negativa (anioniche) |                                       |
| caratteristiche del bitume estratto |                 |                                              |                                       |
| penetrazione a 25° C                | dmm             | 50-120                                       | 100-150                               |

|                         |     |           |           |
|-------------------------|-----|-----------|-----------|
| punto di rammollimento  | ° C | $\geq 40$ | $\geq 40$ |
| punto di rottura Fraass | ° C | $\leq -8$ | $\leq -8$ |

Le emulsioni cationiche bituminose per essere ritenuti idonei e quindi impiegabili, dovranno essere dotate obbligatoriamente di marcatura CE.

I requisiti obbligatori richiesti sono:

Emulsioni cationiche bituminose per applicazioni stradali: C69B2

- PH (UNI EN 12850): 2-5
- Contenuto di bitume (UNI EN 1428): 67-71 %
- Polarità particelle bitume (UNI EN 1430): positiva

CARATTERISTICHE DEL LEGANTE:

- Penetrazione a 25° C (UNI EN 1426)  $\leq (150) \times 0.1$  mm
- Punti rammollimento (UNI EN 1427)  $\geq 43$  °C

Tutte queste grandezze dovranno rientrare nei parametri indicati nel presente Capitolato (oltre alle altre non facenti parte della marcatura CE ma contenute nelle presenti Norme Tecniche).

#### 10.2.2 - Emulsioni bituminose (cationiche non modificate) per mano di ancoraggio (C55B4)

Per mano di 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 e, al contempo, fornendo una migliore adesione per l'ancoraggio del successivo strato in conglomerato bituminoso.

Il materiale da impiegare a tale fine è rappresentato da una emulsione bituminosa a rottura lenta con il 55% di bitume residuo (designazione secondo UNI EN 13808: C55B4) rispondente alle specifiche indicate nella tabella sottostante, applicata con un dosaggio di bitume residuo almeno pari a 1,3 kg/m<sup>2</sup>.

| EMULSIONE BITUMINOSA C 55 B 4              |              |         |                 |                  |           |
|--------------------------------------------|--------------|---------|-----------------|------------------|-----------|
| Requisito                                  | Norma        | Simbolo | Unità di misura | Valori richiesti | Categoria |
| Polarità                                   | UNI EN 1430  | -       |                 | Positiva         | 2         |
| Contenuto di acqua                         | UNI EN 1428  | w       | %               | 45+/-1           | -         |
| Contenuto di bitume                        | UNI EN 1428  | -       | %               | 55+/-1           | 4         |
| Contenuto di legante<br>(bitume+flussante) | UNI EN 1431  | r       | %               | > 53             | 4         |
| Contenuto flussante                        | UNI EN 1431  | o       | %               | < 3              | -         |
| Sedimentazione a 7gg                       | UNI EN 12847 | ST      | %               | $\leq 10$        | 3         |

|                   |              |    |  |           |   |
|-------------------|--------------|----|--|-----------|---|
| Indice di rottura | UNI EN 12850 | BV |  | 110 – 195 | 4 |
|-------------------|--------------|----|--|-----------|---|

### 10.2.3 - Emulsioni bituminose (cationiche non modificate) sovrastabilizzate (C60B10)

Le emulsioni bituminose di bitume distillato (non modificato) sovrastabilizzate sono emulsioni cationiche a rottura molto lenta (non rompono immediatamente a contatto con il cemento) con il 60% di bitume residuo (designazione secondo UNI EN 13808: C60B10) rispondente alle specifiche indicate nella tabella sottostante.

Le emulsioni sovrastabilizzate vengono impiegate per la realizzazione di strati di fondazione legate o non legate stabilizzati con cemento ed emulsione bituminosa. Le stesse emulsioni devono essere impiegate a protezione di strati finiti di miscele stabilizzate con cemento, con calce e cemento, con cemento e bitume schiumato, con cemento ed emulsione bituminosa e a protezione del misto cementato.

Tali emulsioni devono avere le caratteristiche riportate nella tabella sottostante.

| EMULSIONE BITUMINOSA C 60 B10           |              |         |                 |                  |           |
|-----------------------------------------|--------------|---------|-----------------|------------------|-----------|
| Requisito                               | Norma        | Simbolo | Unità di misura | Valori richiesti | Categoria |
| Contenuto di acqua                      | UNI EN 1428  | W       | %               | 40+/-1           | 6         |
| Contenuto di legante (bitume+flussante) | UNI EN 1431  | -       | %               | > 59             | 6         |
| Omogeneità                              | UNI EN 1429  | -       | %               | ≤ 0,2            |           |
| Sedimentazione a 7gg.                   | UNI EN 12847 | ST      | %               | ≤ 10             | 3         |
| pH (grado di acidità)                   | UNI EN 12850 | pH      |                 | 2÷4              |           |
| Miscelazione con legante idraulico      | UNI EN 12848 | -       | %               | < 2              | 10        |
| Caratteristiche bitume estratto         | UNI EN 1431  |         |                 |                  |           |
| Penetrazione a 25 °C                    | UNI EN1426   | P       | 0,1mm           | 50 - 100         | 3         |
| Punto di rammollimento                  | UNI EN1427   | T       | °C              | 35 - 56          | 8         |
| Punto di rottura (Fraass)               | UNI EN12593  | T       | °C              | < -8             | 6         |

### 10.2.4 - Emulsioni bituminose modificate per mano di attacco (C69BP3)

La mano d'attacco può anche essere realizzata con emulsione di bitume modificato con polimeri, spruzzata con apposita spanditrice automatica oppure, come già introdotto nel paragrafo 7.1.2, con bitume modificato con polimeri steso a caldo nella stessa quantità di bitume residuo dell'emulsione, per unità di superficie. Per

consentire il transito dei mezzi di stesa la mano d'attacco deve essere coperta con graniglia oppure con sabbia, filler o latte di calce. Eventuali granuli non perfettamente ancorati alla mano d'attacco devono essere asportati mediante moto spazzatrice prima della stesa del sovrastante strato di conglomerato bituminoso a caldo.

Il dosaggio di emulsione bituminosa o del bitume spruzzato a caldo e la quantità del materiale di ricoprimento devono essere adottati dall'Impresa in modo che sia soddisfatto il requisito di adesione tra gli strati determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretta eseguita con l'apparto Leutner (SN 670461).

Il dosaggio consigliato di bitume modificato con polimeri residuo dell'emulsione, o del bitume modificato con polimeri spruzzato a caldo, deve essere pari a 0,40 kg/m<sup>2</sup> nel caso di stesa della base su pavimentazione precedentemente fresata, di 0,35 kg/m<sup>2</sup> nel caso di ricarica (stesa di base su pavimentazione preesistente), di 0,30 kg/m<sup>2</sup> nel caso di interfaccia tra due strati di base stesi separatamente (base stesa in due passate). L'emulsione per mano d'attacco deve essere un'emulsione cationica a rottura rapida con il 69% di bitume residuo modificato con polimeri (designazione secondo UNI EN 13808: C69BP3) rispondente alle specifiche indicate nella tabella sottostante.

Il bitume modificato steso a caldo deve avere le caratteristiche del bitume residuo indicate nella tabella 7.C riportata nell'art. 7.1.2.

| EMULSIONE DI BITUME MODIFICATO CON POLIMERI – C 69 BP 3 |                              |         |                 |                  |           |
|---------------------------------------------------------|------------------------------|---------|-----------------|------------------|-----------|
| Requisito                                               | Norma                        | Simbolo | Unità di misura | Valori richiesti | Categoria |
| Contenuto di acqua                                      | UNI EN 1428                  | w       | %               | 30+/-1           | 9         |
| Contenuto di legante bituminoso                         | UNI EN 1431                  | r       | %               | 67 – 71          | 8         |
| Contenuto flussante                                     | UNI EN 1431                  | o       | %               | 0                | -         |
| Sedimentazione a 7gg                                    | UNI EN 12847                 | ST      | %               | ≤10              | 3         |
| Indice di rottura                                       | UNI EN 13075-1               | BV      |                 | 70 – 155         | 3         |
| Residuo bituminoso (pervaporazione)                     |                              |         |                 |                  |           |
| Penetrazione a 25 °C                                    | UNI EN1426                   | -       | 0,1mm           | 50-70            | 3         |
| Punto di rammollimento                                  | UNI EN1427                   | -       | °C              | > 65             | 2         |
| Punto di rottura (Fraass)                               | UNI EN 12593                 | -       | °C              | < -15            | -         |
| Ritorno elastico a 25 °C                                | UNI EN 13398                 | RE      | %               | ≥ 75             | 4         |
| Coesione con Force ductility a10°C                      | UNI EN 13589<br>UNI EN 13703 | -       | J/cm2           | ≥ 2.0            | 6         |

### 10.2.5 - Emulsioni bituminose modificate e sovrastabilizzate per strati di base riciclate a freddo (C60BP10)

L'emulsione per strati di base riciclate a freddo deve essere un'emulsione cationica sovra stabilizzata a rottura lenta (non devono rompere immediatamente a contatto con il cemento) con il 60% di bitume residuo (designazione secondo UNI EN 13808: C60BP10) rispondente alle specifiche indicate nella tabella sottostante.

| EMULSIONE DI BITUME MODIFICATO C60BP10 |              |         |                 |                  |        |
|----------------------------------------|--------------|---------|-----------------|------------------|--------|
| Requisito                              | Norma        | Simbolo | unità di misura | Valori richiesti | Classe |
| Contenuto di acqua                     | UNI EN 1428  | W       | %               | 40+/-1           | -      |
| Contenuto di bitume                    | UNI EN 1428  | r       | %               | 60+/-1           | 6      |
| Contenuto flussante                    | UNI EN 1431  | -       | %               | 0                | -      |
| Sedimentazione a 7gg                   | UNI EN 12847 | ST      | %               | ≤10              | 3      |
| pH (grado di acidità)                  | UNI EN 12850 | pH      |                 | 2 – 4            | -      |
| Miscelazione con cemento               | UNI EN 12848 |         | %               | < 2              | 10     |
| Residuo bituminoso (per evaporazione)  |              |         |                 |                  |        |
| Penetrazione a 25 °C                   | UNI EN1426   | -       | 0,1mm           | 50-70            | 3      |
| Punto di rammollimento                 | UNI EN1427   | -       | °C              | > 60             | 2      |
| Punto di rottura (Fraass)              | UNI EN 12593 | -       | °C              | < -13            | -      |
| Ritorno elastico a 25 °C               | UNI EN 13398 | RE      | %               | ≥50              | 5      |

Il possesso dei requisiti dell'emulsione bituminosa viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal Produttore. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

#### Art. 10.3 – Additivi rigeneranti / fluidificanti

Gli additivi rigeneranti/fluidificanti sono composti chimici da utilizzare sempre nelle lavorazioni in cui si reimpiegano materiali fresati nella produzione di conglomerati bituminosi a caldo.

Essi devono avere caratteristiche tali da modificare e migliorare le proprietà di adesione, suscettibilità termica, coesione, viscosità e resistenza all'invecchiamento del legante totale (vecchio + nuovo).

Il dosaggio sarà indicativamente dello 0,2%-0,8% in peso rispetto al legante totale, secondo indicazioni della D.L. ed in accordo con i Laboratori accreditati o con il CSS; a seconda dell'impiego l'additivo può essere disperso nell'acqua o nel legante di aggiunta (bitume od emulsione). Può anche essere aggiunto nel fresato, durante la fresatura, nel caso di impiego diretto.

I prodotti devono essere approvati dalla D.L. sulla base di specifiche prove eseguite dai Laboratori accreditati valutandone il dosaggio e l'efficacia, eventualmente con metodologie concordate e/o definite da CSS per la relativa accettazione.

Inoltre i prodotti devono essere accompagnati dalle schede tecniche che ne indicano caratteristiche, sicurezza e modalità di impiego, che potranno essere verificati anche con appositi test di cantiere.

Per la verifica delle effettive quantità impiegate, vanno fornite in copia alla D.L. le bolle di consegna.

In alternativa agli additivi rigeneranti e/o flussanti, allo stesso scopo possono essere utilizzati bitumi appositamente formulati specifici per il riciclaggio del conglomerato.

#### **Art. 10.4 – Attivanti di adesione (DOPES, DP)**

Gli attivanti di adesione hanno la funzione di aumentare l'adesione inerte/bitume.

Gli attivanti di adesione debbono essere impiegati nel caso si utilizzino aggregati ad elevato tenore in silice come quarziti, graniti ecc (per esempio porfido).

In generale gli attivanti di adesione danno vantaggi anche nel caso di lavorazioni eseguite in condizioni meteorologiche non favorevoli, con aggregati umidi, per pavimentazioni esposte a condizioni severe (temperature basse, frequente spargimento di sali fondenti ecc.).

Indicativamente si impiegano in ragione di 0,3 - 0,6 % in peso sul bitume a seconda della natura mineralogica dell'inerte, delle caratteristiche del legante (viscosità) e della miscela da realizzare. In linea generale vanno aumentati per miscele aperte e/o bitumi a bassa viscosità e viceversa. Gli attivanti devono essere dispersi nel bitume.

I prodotti devono essere approvati dalla D.L. sulla base di specifiche prove eseguite dai Laboratori accreditati valutandone il dosaggio e l'efficacia, eventualmente con metodologie concordate e/o definite da CSS per la relativa accettazione.

Inoltre i prodotti devono essere accompagnati dalle schede tecniche che ne indicano caratteristiche, sicurezza e modalità di impiego, che potranno essere verificati anche con appositi test di cantiere.

Per la verifica delle effettive quantità impiegate, vanno fornite in copia alla D.L. le bolle di consegna.

La sensibilità all'acqua del conglomerato bituminoso di usura va dichiarata nello studio della miscela e nella DoP.

La verifica alla sensibilità all'acqua, a discrezione della D.L., sarà eseguita secondo la UNI EN 12697- 12.

#### **Art. 10.5 – Fibre per il rinforzo strutturale del bitume (FB)**

Sono prodotti che migliorano le caratteristiche strutturali del conglomerato bituminoso, aumentando i valori di resistenza a trazione e le caratteristiche di fatica, diminuendo la suscettibilità termica.

Possono essere impiegate per conglomerati bituminosi con % di vuoti > 15% (a n° giri medio N2 alla giratoria) per aumentarne la stabilità nel tempo.

Danno inoltre vantaggi sulle lavorazioni aumentando lo spessore della pellicola del legante e diminuendo problemi di colaggio del bitume, soprattutto in stagioni calde e per cantieri lontani dagli impianti.

L'elemento fibroso rinforzante può essere di natura minerale o sintetica; si possono usare soluzioni miste tramite l'aggiunta di prodotti cellulosici o anche polimerici (es polietilene ecc).

In ogni caso le fibre o la loro miscela dovranno essere in formato tale da impedire la dispersione in aria delle parti volatili durante la movimentazione e tutto l'arco temporale dell'impiego (ad es. pellets realizzati con elementi agglomeranti tipo cellulosa).

L'elemento rinforzante principale deve essere contenuto almeno al 70%, mentre le percentuali di impiego della fibra o delle sue miscele sono indicativamente 0,05% - 0,5% in peso sugli aggregati a seconda della tipologia di fibra impiegata o della presenza o meno delle miscele.

L'impiego delle fibre richiede l'utilizzo di macchinari per la corretta dosatura, disaggregazione e dispersione nel conglomerato, oltretutto per evitare fenomeni di dispersione in aria.

Le fibre o le loro miscele dovranno avere caratteristiche tali da disperdersi in modo capillare nel conglomerato.

Le dimensioni (diametro e lunghezza) delle fibre o delle loro miscele, dovranno essere tali da non risultare pericolose per inalazione e in generale non pericolose per il personale operante.

Le fibre rinforzanti devono avere le seguenti caratteristiche geometriche e meccaniche:

Lunghezza (µm): 200 – 6000

Diametro (µm): 8 - 20

Resistenza alla trazione (GPa): 1,5 - 3

Allungamento massimo (%): 1 - 3

Punto di fusione (°C): > 300 °C

La validità delle fibre o delle loro miscele dovrà esser verificata con le prove prestazionali del legante completo, ottenuto operando con le miscele drenanti standard di riferimento approvate dal CSS realizzando provini con e senza fibre valutandone l'efficacia in termini di resistenze a trazione diametrale.

Tutti i prodotti devono essere approvati sulla base di specifiche prove eseguite dai Laboratori accreditati se non già preventivamente approvati dal CSS e devono essere accompagnati da scheda tecnica e di sicurezza.

#### Art. 10.6 – Tabella sinottica dei materiali leganti e loro additivi

Le lavorazioni previste devono essere eseguite impiegando i leganti bituminosi adeguati:

| Lavorazioni                                               | Leganti |    |  | Additivi    |    |    |
|-----------------------------------------------------------|---------|----|--|-------------|----|----|
| Usure A e B (D.01.021, D.01.024, D.01.027)                | TQ      | HD |  | rigenerante | DP |    |
| Usura B con compound polimerici (D.01.023)                | TQ      |    |  | rigenerante | DP |    |
| Usura A con compound polimerici (D.01.028)                | TQ      |    |  | rigenerante | DP |    |
| Usura drenante (D.01.036)                                 |         | HD |  |             | DP | FB |
| Usura tipo dense graded confezionata a tiepido (D.01.039) | TQ      |    |  |             | DP |    |

|                                                                                |    |    |         |             |    |  |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|----|---------|-------------|----|--|
| Usura a bassa emissione sonora (D.01.040)                                      |    | HD |         | rigenerante | DP |  |
| Usura con scorie d'acciaieria (D.01.042)                                       |    | HD |         | rigenerante | DP |  |
| Microtappeto di usura (D.01.048)                                               |    |    | C60BP10 |             |    |  |
| Rappezzi localizzati (D.01.050)                                                | TQ | HD |         | rigenerante | DP |  |
| Pavimentazione di marciapiedi (D.01.047)                                       | TQ |    |         |             |    |  |
| Binder (D.01.017)                                                              | TQ | HD |         | rigenerante | DP |  |
| Binder con compound polimerici (D.01.019)                                      | TQ |    |         | rigenerante | DP |  |
| Base (D.01.005)                                                                | TQ | HD |         | rigenerante | DP |  |
| Base con compound polimerici (D.01.006)                                        | TQ |    |         | rigenerante | DP |  |
| Basebinder (D.01.011)                                                          | TQ |    |         | HD          |    |  |
| Basebinder con compound polimerici (D.01.013)                                  | TQ |    |         | rigenerante | DP |  |
| Risagomature (D.01.008)                                                        | TQ | HD |         | rigenerante | DP |  |
| Risagomature con compound polimerici (D.01.007)                                | TQ |    |         | rigenerante | DP |  |
| Riciclaggio a freddo di strato di base con emulsione (D.01.010)                |    |    |         | rigenerante | DP |  |
| Riciclaggio con bitume schiumato in sito (D.01.004.a)                          | TQ |    | C60BP10 | rigenerante |    |  |
| Riciclaggio a freddo di fondazione stradale con emulsione in sito (D.01.004.b) |    |    |         | rigenerante |    |  |

Additivi rigeneranti/fluidificanti, DP e FB vanno utilizzati su indicazioni della D.L.

#### Art. 10.7 – Tabella sinottica delle mani d'attacco / ancoraggio

Le lavorazioni previste devono essere eseguite applicando al di sopra degli strati compattati le mani d'attacco/ancoraggio adeguate come indicato nella tabella sottostante:

| Lavorazioni                                                       | Mano d'attacco/ancoraggio |                          |        |         |        |  |
|-------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------|--------|---------|--------|--|
| Binder*                                                           | HD                        | Emulsione non modificata | C69BP3 |         |        |  |
| Base*                                                             | HD                        | Emulsione non modificata | C69BP3 |         |        |  |
| Basebinder*                                                       | HD                        | Emulsione non modificata | C69BP3 |         |        |  |
| Risagomature                                                      | HD                        | Emulsione non modificata | C69BP3 |         |        |  |
| Riciclaggio a freddo di strato di base con emulsione in sito      |                           |                          |        | C60BP10 |        |  |
| Riciclaggio a freddo di strato di base con emulsione in impianto  |                           |                          |        | C60BP10 |        |  |
| Lavorazioni                                                       | Mano d'attacco/ancoraggio |                          |        |         |        |  |
| Riciclaggio con bitume schiumato in sito                          |                           |                          |        |         | C60B10 |  |
| Riciclaggio a freddo di fondazione stradale con emulsione in sito |                           |                          |        |         | C60B10 |  |

|                 |  |  |  |  |        |       |
|-----------------|--|--|--|--|--------|-------|
| Misto cementato |  |  |  |  | C60B10 |       |
| Misto granulare |  |  |  |  |        | C55B4 |

\*Qualora l'usura da stendere al di sopra dello strato di binder sia di tipo aperto e nello specifico caso dei risanamenti superficiali, la mano d'attacco da applicare dovrà essere necessariamente realizzata con bitume modificato Hard (Vedi art. 7.1.2)

#### Art. 10.8 – Normative per la determinazione delle caratteristiche dei leganti bituminosi di cui ai punti precedenti

##### Bitumi semisolidi

|                                                    |                          |
|----------------------------------------------------|--------------------------|
| Penetrazione                                       | Normativa UNI EN 1426    |
| Punto di rammollimento                             | Normativa UNI EN 1427    |
| Punto di rottura Fraass                            | Normativa UNI EN 12593   |
| Ritorno elastico                                   | Normativa UNI EN 13398   |
| Stabilità allo stoccaggio tube test                | Normativa UNI EN 13399   |
| Viscosità dinamica (metodo cono-piatto)            | Normativa UNI EN 13702   |
| Viscosità dinamica (cilindri coassiali)            | Normativa UNI EN 13302   |
| Perdita per riscaldamento in strato sottile(RTFOT) | Normativa UNI EN 12607-1 |

##### Emulsioni bituminose

|                                                 |                        |
|-------------------------------------------------|------------------------|
| Contenuto di bitume (residuo per distillazione) | Normativa UNI EN 1431  |
| Contenuto d'acqua                               | Normativa UNI EN 1428  |
| Grado di acidità                                | Normativa UNI EN 12850 |
| Polarità delle particelle                       | Normativa UNI EN 1430  |
| Recupero del legante                            | Normativa UNI EN 13074 |
| Sedimentazione                                  | Normativa UNI EN 12847 |

#### Art. 11 Conglomerati bituminosi a caldo

##### Art. 11.1 - Conglomerati bituminosi di Base, Basebinder, Binder, Usura

Queste miscele possono essere impiegate per tutte le tipologie di lavorazione, Manutenzione Ordinaria (MO), Manutenzione Straordinaria (MS) e Nuove Costruzioni (NC), con l'eccezione della Base che dovrebbe essere impiegata per MO solo in casi di lavorazioni di piccole entità ed improrogabili.

##### 11.1.1 - Descrizione

Il conglomerato è costituito da una miscela di inerti nuovi (ghiaie, pietrischi, graniglie, sabbie ed additivi) impastata a caldo con bitume semisolido di cui all'art. 10.1 di seguito denominato "Bitume", in impianti di tipo fisso automatizzati. Il conglomerato per i vari strati (base, base-binder, binder, usura) è posto in opera mediante macchina vibrofinitrice e costipato. Ai fini del loro impiego i conglomerati bituminosi dovranno avere marcatura CE relativamente alle grandezze indicate in premessa.

#### **11.1.2 - Bitume**

Si richiamano espressamente le norme di cui all'art. 10, i conglomerati di base, base-binder, binder e usura potranno essere realizzati con bitumi di base oppure con bitumi modificati.

#### **11.1.3 - Materiali inerti**

Gli inerti dovranno essere costituiti da elementi sani, duri, di forma poliedrica, puliti esenti da polvere e da materiali estranei secondo le norme UNI EN 13043; gli elementi litoidi non dovranno mai avere forma appiattita, allungata o lenticolare.

La miscela degli inerti è costituita dall'insieme degli aggregati grossi e dagli aggregati fini ed eventuali additivi (filler) secondo la definizione delle norme UNI EN 13108-1.

Ai fini dell'impiego è obbligatoria la DoP e l'attestazione di conformità (CE) da parte del produttore relativamente (almeno) ai requisiti richiesti.

#### **11.1.4 - Aggregato grosso (pezzature da 4 a 31,5 mm)**

L'aggregato grosso sarà costituito da frantumati, ghiaie, ghiaie frantumate, pietrischetti e graniglie che potranno essere di provenienza o natura petrografica diversa, purché alle prove di seguito elencate eseguite su campioni rispondenti alla miscela che si intende formare risponda ai seguenti requisiti:

##### **11.1.4.1 - Strato di Base**

Nella miscela di questo strato dovranno essere impiegati inerti frantumati (privi di facce tonde) in percentuale superiore al 70% in peso. La perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature secondo la Norma UNI EN 1097-2 dovrà essere inferiore o uguale al 25%.

Il coefficiente di appiattimento, determinato in accordo con la UNI EN 933-3, deve essere inferiore o uguale a 15.

##### **11.1.4.2 - Strato di Basebinder**

Nella miscela di questo strato dovranno essere impiegati inerti frantumati (privi di facce tonde) in percentuale superiore al 80% in peso. La perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature secondo la Norma UNI EN 1097-2 dovrà essere inferiore o uguale al 25%.

Il coefficiente di appiattimento, determinato in accordo con la UNI EN 933-3, deve essere inferiore o uguale a 15.

##### **11.1.4.3 - Strato di Collegamento (Binder)**

Per questo strato dovranno essere impiegati esclusivamente inerti frantumati (privi di facce tonde), con una perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature (secondo la Norma UNI EN 1097-2) inferiore o uguale al 25%.

Il coefficiente di appiattimento, determinato in accordo con la UNI EN 933-3, deve essere inferiore o uguale a 15.

#### 11.1.4.4 - Strato di Usura

Dovranno essere impiegati frantumati di cava con una perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature (secondo la Norma UNI EN 1097-2) inferiore o uguale a 20% ovvero, in percentuali ridotte, aggregati artificiali (argilla espansa, scorie di altoforno ecc.), in questo caso sarà la D.L. a decidere, caso per caso, l'idoneità dei materiali e le percentuali di impiego. Gli aggregati dovranno poi rispondere ai seguenti requisiti:

- coefficiente di appiattimento minore o uguale a 15% (UNI EN 933-3);
- resistenza alla levigabilità PSV (Polished Stone Value) maggiore o uguale a 44 (UNI EN 1097-8);
- resistenza al gelo/disgelo minore o uguale all' 1% (UNI EN 1367-1).

È facoltà della D.L. prevedere l'impiego di aggregati "alluvionali", cioè, provenienti da frantumazione di rocce tondeggianti; in questo caso (fermo restando i requisiti richiesti), la percentuale (totale) di impiego di questi ultimi non deve essere superiore al 50%.

Gli aggregati alluvionali dovranno provenire dalla frantumazione di elementi sufficientemente grandi da essere formati da elementi completamente frantumati (privi di facce tonde) in percentuale (in peso)  $\geq 80\%$ ; la restante parte non dovrà essere mai completamente tonda.

È inoltre facoltà della D.L. non accettare materiali che in precedenti esperienze abbiano provocato nel conglomerato finito inconvenienti (es.: rapidi decadimenti del CAT, scadente omogeneità nell'impasto per la loro insufficiente affinità con il bitume, ecc.) anche se rispondenti ai limiti sopraindicati.

I valori idonei di PSV non assicurano il raggiungimento dei prescritti valori di CAT in quanto sull'aderenza incidono anche altri fattori quali, ad esempio, la natura litologica della sabbia.

#### 11.1.5 - Aggregato fino (pezzature inferiori a 4 mm)

L'aggregato fino di tutte le miscele sarà costituito esclusivamente da sabbie di frantumazione.

L'equivalente in sabbia determinato secondo la UNI EN 933-8 dovrà essere inferiore od uguale a 75, nel caso di impiego in strati di usura, ovvero inferiore o uguale a 60 negli altri casi.

#### 11.1.6 - Additivi

Gli additivi (filler) provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica, dovranno soddisfare ai seguenti requisiti:

- alla prova UNI EN 933-10 dovranno risultare compresi nei seguenti limiti minimi:
  - setaccio UNI 2 mm      passante in peso 100%;
  - setaccio UNI n. 0,125      passante in peso 85 - 100%;
  - setaccio UNI n. 0,063      passante in peso 70 - 100%;
- indice di plasticità (UNI CEN ISO/TS 17892-12): NP
- palla e anello (filler/bitume=1.5) (UNI EN 13179-1):  $\Delta R\&B > 5\%$ .

#### 11.1.7 - Miscela

Le miscele dovranno avere una composizione granulometrica determinata in conformità con la UNI EN 13108-1 e UNI EN 12697-2 utilizzando i setacci appartenenti al gruppo base +2 e compresa nei fusi di seguito elencati e una percentuale di bitume riferita al peso della miscela, compresa tra i sottoindicati intervalli per i diversi tipi di conglomerato.

#### 11.1.7.1 - Base con bitume modificato e tal quale

“conglomerato bituminoso per strato di Base”:

| Apertura setacci UNI | passante totale in peso % |
|----------------------|---------------------------|
| Setaccio 31.5        | 100                       |
| setaccio 20          | 68-88                     |
| setaccio 16          | 55-78                     |
| setaccio 8           | 36-60                     |
| setaccio 4           | 25-48                     |
| Setaccio 2           | 18-38                     |
| Setaccio 0,5         | 8-21                      |
| setaccio 0,25        | 5-16                      |
| setaccio 0,063       | 4-8                       |

Bitume, riferito alla miscela, 3,8%-5,2% (UNI EN 12697-1 e 39) e spessori compresi tra 8 e 15 cm.

#### 11.1.7.2 - Basebinder con bitume modificato e tal quale

“strato di Basebinder”:

| Apertura setacci UNI | passante totale in peso % |
|----------------------|---------------------------|
| Setaccio 31.5        | 100                       |
| setaccio 20          | 78-100                    |
| setaccio 16          | 66-86                     |
| setaccio 8           | 42-62                     |
| setaccio 4           | 30-50                     |
| Setaccio 2           | 20-38                     |
| Setaccio 0,5         | 8-21                      |
| setaccio 0,25        | 5-16                      |
| setaccio 0,063       | 4-8                       |

Bitume, riferito alla miscela, 4,0%-5,3% (UNI EN 12697-1 e 39) e spessori compresi tra 7 e 12 cm.

#### 11.1.7.3 - Binder con bitume modificato e tal quale

“conglomerato bituminoso per strato di collegamento (binder)”

| Apertura setacci UNI | passante totale in peso % |
|----------------------|---------------------------|
| setaccio 20          | 100                       |
| setaccio 16          | 90-100                    |
| setaccio 12,5        | 66-86                     |
| setaccio 8           | 52-72                     |
| setaccio 4           | 34-54                     |
| Setaccio 2           | 25-40                     |
| Setaccio 0,5         | 10-22                     |
| setaccio 0,25        | 6-16                      |
| setaccio 0,063       | 4-8                       |

Bitume, riferito alla miscela, 4,1%-5,5% (UNI EN 12697-1 e 39) e spessori compresi tra 4 e 8 cm.

#### 11.1.7.4 - Usura tipo “A” e “B” con bitume modificato e tal quale

“strato di usura tipo A (4-6cm)”

“strato di usura tipo B”

| Apertura setacci UNI | passante totale in peso % | passante totale in peso % |
|----------------------|---------------------------|---------------------------|
|                      | FUSO A                    | FUSO B                    |
| setaccio 16          | 100                       | -                         |
| setaccio 12,5        | 90-100                    | 100                       |
| setaccio 8           | 70-88                     | 90-100                    |
| setaccio 4           | 40-58                     | 44-64                     |
| Setaccio 2           | 25-38                     | 28-42                     |
| Setaccio 0,5         | 10-20                     | 12-24                     |
| setaccio 0,25        | 8-16                      | 8-18                      |
| setaccio 0,063       | 6-10                      | 6-10                      |

Bitume, riferito alla miscela, 4,5%-6,1% (UNI EN 12697-1 e 39) e spessori compresi tra 4 e 6 cm per l'usura tipo A e 3 cm per il tipo B.

La D.L. si riserva la facoltà di decidere di volta in volta quale sarà il fuso di Riferimento da adottare.

#### 11.1.7.5 - Usura tipo SPLITT MASTIX ASPHALT (SMA)

“conglomerato bituminoso per tappeto d'usura tipo SMA ad elevata rugosità superficiale”

Lo splittmastix è una miscela a granulometria discontinua, con elevata percentuale di bitumemodificato HD (art. 11.2.1) e filler, con additivi stabilizzanti ed è a basso tenore di vuoti.

Lo SMA viene realizzato nell'obiettivo di incrementare le caratteristiche di durabilità, resistenza alle deformazioni, rugosità superficiale (macrorugosità) ed impermeabilità verso gli strati inferiori.

Gli aggregati dovranno essere tutti di frantumazione, naturali e rispondere ai seguenti requisiti:

- coefficiente di appiattimento minore o uguale a 15% (UNI EN 933-3);
- resistenza alla levigabilità PSV (Polished Stone Value) per singola tipologia di aggregato maggiore o uguale a 46 (UNI EN 1097-8);
- perdita in peso alla prova Los Angeles (secondo la Norma UNI EN 1097-2) inferiore al 20%;
- resistenza al gelo/disgelo minore o uguale all' 1% (UNI EN 1367-1).

| Apertura setacci UNI | passante totale in peso % |
|----------------------|---------------------------|
|                      | <b>FUSO</b>               |
| setaccio 16          | 100                       |
| setaccio 12,5        | 90-100                    |
| setaccio 8           | 50-70                     |
| setaccio 4           | 28-44                     |
| Setaccio 2           | 20-31                     |
| Setaccio 0,5         | 13-22                     |
| setaccio 0,25        | 10-18                     |
| setaccio 0,063       | 8-12                      |

Bitume modificato HD, riferito alla miscela, 6,0%-7,5% (UNI EN 12697-1 e 39) e spessori compresi tra 3,5 e 5 cm.

Ai fini della verifica delle caratteristiche volumetriche e meccaniche dovranno essere realizzati provini con pressa giratoria con i seguenti parametri di prova:

|                         |             |
|-------------------------|-------------|
| Pressione verticale kPa | 600 $\pm$ 3 |
|-------------------------|-------------|

|                                  |             |
|----------------------------------|-------------|
| Angolo di rotazione              | 1,25 ± 0,02 |
| Velocità di rotazione (giri/min) | 30          |
| Diametro provino (mm)            | 100         |
| Numero di giri totali (N3)       | 180         |

La verifica della % dei vuoti dovrà essere fatta a tre livelli di n giri: N1 (iniziale), N2 (medio) e N3 (finale); il numero dei giri di riferimento con le relative percentuali dei vuoti sono:

|    | SMA | % vuoti (Vm UNI EN 12697-8) |
|----|-----|-----------------------------|
| N1 | 10  | 8-13                        |
| N2 | 100 | 2-4                         |
| N3 | 180 | ≥ 1                         |

Le miscele risultanti dallo studio/verifica mediante giratoria (compattate a N3) dovranno essere testate a trazione diametrale a 25° C.

I due parametri di riferimento sono Rt (resistenza a trazione indiretta) e CTI (coefficiente di trazione indiretta):

|                  | Miscela con bitume HD |
|------------------|-----------------------|
| Rt (GPa x 10-3)  | 0,95 – 1,70*          |
| CTI (GPa x 10-3) | ≥ 70                  |

\*Nei casi in cui la prova di trazione indiretta viene eseguita su miscele sfuse di conglomerato bituminoso prelevate in cantiere e successivamente riscaldate in laboratorio, il valore massimo di Rt è aumentato di 0,25.

È previsto l'impiego di fibre addensanti/stabilizzanti di cellulosa, minerali o sintetiche (o miste) ai fini di stabilizzare il mastice di bitume nella percentuale indicativa 0,2%-0,4% in peso sugli inerti.

Nella miscela di progetto dovrà essere specificata la tipologia di fibre impiegate e la loro idoneità all'uso comprese le caratteristiche di sicurezza richiamate al punto 7.5 “Fibre per il rinforzo del bitume”.

Particolare attenzione dovrà essere posta alle temperature di produzione e stesa ed alle modalità di messa in opera in relazione alla presenza dell'elevato tenore di bitume e filler che insieme alle fibre compongono il “ mastice”.

Sono da evitare gli impieghi dei rulli gommati (o misti acciaio gomma).

Le restanti caratteristiche e requisiti richiesti della miscela non specificati fanno riferimento ai requisiti richiesti per l'usura tipo A.

#### 11.1.8 – Requisiti di accettazione

I conglomerati dovranno avere ciascuno i requisiti descritti nei punti a cui si riferiscono.

Le miscele devono avere massime caratteristiche di resistenza a fatica, all'ormaiamento, ai fattori climatici e in generale ad azioni esterne.

Le miscele devono essere verificate mediante pressa giratoria con i seguenti parametri di prova:

|                                  |                 |                         |
|----------------------------------|-----------------|-------------------------|
| Pressione verticale kPa          | 600 $\pm$ 3     |                         |
| Angolo di rotazione              | 1,25 $\pm$ 0,02 |                         |
| Velocità di rotazione (giri/min) | 30              |                         |
| Diametro provino (mm)            | 150             | Per Base e BaseBinder   |
| Diametro provino (mm)            | 100             | Per Usura A ,B e Binder |

#### 11.1.8.1 - Strato di Basebinder

Elevata resistenza meccanica, cioè, capacità di sopportare senza deformazioni permanenti le sollecitazioni trasmesse dalle ruote dei veicoli e sufficiente flessibilità per poter seguire sotto gli stessi carichi qualunque eventuale assestamento del sottofondo anche a lunga scadenza.

I provini dovranno essere compattati mediante giratoria ad un numero di giri totali (N3) dipendente dalla tipologia della miscela e dalla tipologia del legante.

La verifica della % dei vuoti dovrà essere fatta a tre livelli di n° giri: N1 (iniziale), N2 (medio) e N3 (finale); il numero dei giri di riferimento con le relative percentuali dei vuoti sono:

|    | Base e basebinder |     |     | % vuoti (Vm UNI EN 12697-8) |
|----|-------------------|-----|-----|-----------------------------|
|    | TQ                | SF  | HD  |                             |
| N1 | 10                | 10  | 10  | 11-15                       |
| N2 | 100               | 110 | 120 | 3-6                         |
| N3 | 180               | 190 | 200 | $\geq$ 2                    |

Le miscele risultanti dallo studio/verifica mediante giratoria (compattate a N3) dovranno essere testate a trazione diametrale a 25°C.

I due parametri di riferimento sono Rt (resistenza a trazione indiretta) e CTI (coefficiente di trazione indiretta):

|                  | Miscele con bitume TQ | Miscele con bitume SF e HD |
|------------------|-----------------------|----------------------------|
| Rt (GPa x 10-3)  | 0,72 – 1,40*          | 0,95 – 1,70*               |
| CTI (GPa x 10-3) | $\geq$ 60             | $\geq$ 70                  |

\* Nei casi in cui la prova di trazione indiretta viene eseguita su miscele sfuse di conglomerato bituminoso prelevate in cantiere e successivamente riscaldate in laboratorio, il valore massimo di Rt è aumentato di 0,25.

#### 11.1.8.2 - Strato di collegamento (binder)

Elevata resistenza meccanica, cioè, capacità di sopportare senza deformazioni permanenti le sollecitazioni trasmesse dalle ruote dei veicoli. I provini dovranno essere compattati mediante giratoria ad un numero di giri totali (N3) dipendente dalla tipologia della miscela e dalla tipologia del legante.

La verifica della % dei vuoti dovrà essere fatta a tre livelli di n° giri: N1 (iniziale), N2 (medio) e N3 (finale); il numero dei giri di riferimento con le relative percentuali dei vuoti sono:

|    | binder |     |     | % vuoti (Vm UNI EN 12697-8) |
|----|--------|-----|-----|-----------------------------|
|    | TQ     | SF  | HD  |                             |
| N1 | 10     | 10  | 10  | 11-15                       |
| N2 | 100    | 110 | 120 | 3-6                         |
| N3 | 180    | 190 | 200 | ≥ 2                         |

Le miscele risultanti dallo studio/verifica mediante giratoria (compattate a N3) dovranno essere testate a trazione diametrale a 25°C.

I due parametri di riferimento sono Rt (resistenza a trazione indiretta) e CTI (coefficiente di trazione indiretta):

|                  | Miscele con bitume TQ | Miscele con bitume SF e HD |
|------------------|-----------------------|----------------------------|
| Rt (GPa x 10-3)  | 0,72 – 1,40*          | 0,95 – 1,70*               |
| CTI (GPa x 10-3) | ≥ 60                  | ≥ 70                       |

\* Nei casi in cui la prova di trazione indiretta viene eseguita su miscele sfuse di conglomerato bituminoso prelevate in cantiere e successivamente riscaldate in laboratorio, il valore massimo di Rt è aumentato di 0,25.

#### 11.1.8.3 - Strato di usura

Elevata resistenza meccanica e rugosità superficiale.

I provini dovranno essere compattati mediante giratoria ad un numero di giri totali (N3) dipendente dalla tipologia della miscela e dalla tipologia del legante.

La verifica della % dei vuoti dovrà essere fatta a tre livelli di n° giri: N1 (iniziale), N2 (medio) e N3 (finale)

Il numero dei giri di riferimento con le relative percentuali dei vuoti sono:

|    | Usura A e B |     |     | % vuoti (Vm UNI EN 12697-8) |
|----|-------------|-----|-----|-----------------------------|
|    | TQ          | Sf  | HD  |                             |
| N1 | 10          | 10  | 10  | 11-15                       |
| N2 | 120         | 130 | 140 | 3-6                         |
| N3 | 210         | 220 | 230 | ≥ 2                         |

Le miscele risultanti dallo studio/verifica mediante giratoria (compattate a N3) dovranno essere testate a trazione diametrale a 25°C.

I due parametri di riferimento sono Rt (resistenza a trazione indiretta) e CTI (coefficiente di trazione indiretta):

|                  | Miscele con bitume TQ | Miscele con bitume SF e HD |
|------------------|-----------------------|----------------------------|
| Rt (GPa x 10-3)  | 0,72 – 1,60*          | 0,95 – 1,90 *              |
| CTI (GPa x 10-3) | ≥ 60                  | ≥ 70                       |

\* Nei casi in cui la prova di trazione indiretta viene eseguita su miscele sfuse di conglomerato bituminoso prelevate in cantiere e successivamente riscaldate in laboratorio, il valore massimo di Rt è aumentato di 0,25.

#### 11.1.8.4 - Controllo dei requisiti di accettazione

Le seguenti attività di controllo, di tipo prescrittivo, si applicano sempre ai lavori di Manutenzione Ordinaria (MO), ai lavori di Manutenzione Straordinaria (MS) e Nuove Costruzioni (NC) secondo quanto indicato nella premessa e riportato nell'art. 14.

L'Impresa è poi tenuta a provvedere con congruo anticipo, rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ogni cantiere di confezione, alla composizione delle miscele che intende adottare; ogni composizione proposta dovrà essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati in laboratorio, attraverso i quali si sono ricavate le ricette ottimali delle miscele (mix design).

Una volta accettata dalla D.L. la composizione granulometrica della curva di progetto proposta, l'Impresa dovrà attenersi rigorosamente comprovandone l'osservanza con esami giornalieri.

Le tolleranze ammesse relative alla granulometria risultante rispetto alla miscela ottimale approvata sono:

|                                                                            |      |
|----------------------------------------------------------------------------|------|
| Aggregato grosso (trattenuto al setaccio 2mm)                              | 5%   |
| Aggregato fino (passante setaccio al 2mm e trattenuto al setaccio 0,063mm) | 3%   |
| Additivi Filler (passante al setaccio 0,063mm)                             | 1,5% |

Per la percentuale di bitume non sarà accettato uno scostamento da quella di progetto di  $\pm 0,3\%$  e sempre contenuta nei limiti indicati per ciascuna miscela. Tali valori dovranno essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate in stesa, all'impianto come pure dall'esame delle carote prelevate in sito, tenuto conto per queste ultime della quantità teorica del bitume di ancoraggio.

Dovranno essere effettuati i seguenti controlli:

1. la verifica granulometrica dei singoli aggregati prelevati in impianto;
2. la verifica della composizione del conglomerato andrà effettuata mediante estrazione del legante con ignizione o sistemi a solvente dalla quale verrà ricavata la granulometria e la percentuale di legante, prelevando il conglomerato all'uscita del mescolatore o dietro finitrice;
3. sui prelievi di conglomerato andranno inoltre realizzati provini giratoria per il controllo della percentuale dei vuoti e delle resistenze diametrali che dovranno rispettare gli intervalli espressi (art. 11.1.8);
4. i controlli 2 e 3 saranno effettuati ogni qual volta richiesto dalla D.L., indipendentemente dai quantitativi posati e dall'estensione dell'intervento. Inoltre, potranno essere effettuati controlli delle bilance, delle tarature dei termometri dell'impianto, la verifica delle caratteristiche del bitume, la verifica dell'umidità residua degli aggregati all'uscita dell'essiccatore ed ogni altro controllo ritenuto opportuno.

In particolare, la verifica delle caratteristiche del **bitume** dovrà essere quando richiesto dalla D.L. con prelievi a norma UNI EN 58 sulle cisterne di stoccaggio dell'impianto.

In corso d'opera ed in ogni fase delle lavorazioni la D.L. effettuerà a sua discrezione tutte le verifiche, prove e controlli che riterrà necessari atti ad accertare la rispondenza qualitativa e quantitativa dei lavori alle prescrizioni contrattuali.

#### **11.1.8.5 - Formazione e confezione delle miscele**

Il conglomerato sarà confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non dovrà essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati.

L'impianto dovrà comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele rispondenti a quelle di progetto. La D.L. potrà approvare l'impiego di impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza dovrà essere costantemente controllata.

Ogni impianto dovrà assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della mescolazione nonché il perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

La zona destinata all'ammanimento degli inerti sarà 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 dovranno essere nettamente se-parati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei pre-dosatori eseguita con la massima cura.

Si farà uso di almeno 4 classi di aggregati con predosatori in numero corrispondente alle classi impiegate.

Il tempo di mescolazione sarà stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante.

La temperatura degli aggregati all'atto della mescolazione dovrà essere compresa tra 160° e 180°C e quella del legante tra 150 e 180°C salvo diverse disposizioni della D.L. in rapporto al tipo di bitume impiegato.

Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti dovranno essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non dovrà superare lo 0,5% in peso.

#### **11.1.8.6 - Posa in opera**

Il piano di posa dovrà risultare perfettamente pulito e privo di ogni residuo di qualsiasi natura.

La posa in opera dei conglomerati bituminosi verrà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici dei tipi approvati dalla D.L. in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di auto livellamento. La D.L. si riserva la facoltà di poter far variare la tecnologia ritenuta non opportuna.

Le vibrofinitrici dovranno comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella posa, si dovrà porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente con l'impiego di due finitrici.

Qualora ciò non sia possibile il bordo della striscia già realizzata dovrà essere spruzzato con emulsione bituminosa per mano di attacco per assicurare la saldatura della striscia successiva.

Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si dovrà procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere dovranno essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento, mentre sui giunti di inizio lavorazione si dovrà provvedere all'asporto dello strato sottostante mediante fresatura.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati sarà programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno 10 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Nel caso la lavorazione interessi tratti in cui siano presenti giunti di dilatazione (giunti a tampone, acciaio gomma ecc.) per viadotti o ponti, la lavorazione deve essere complanare (mediante fresatura e/o rimozione del conglomerato adiacente al giunto) per avere una superficie viabile con elevate caratteristiche di planarità. Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa dovrà avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci, sempre dotati di telone di copertura per evitare i raffreddamenti superficiali eccessivi e formazione di crostoni.

L'impianto di confezionamento del conglomerato dovrà essere collocato di norma entro un raggio di 50 chilometri dalla zona di stesa.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa controllata immediatamente dietro la finitrice dovrà risultare in ogni momento non inferiore a 160°C per conglomerati con bitume modificato e 140°C per conglomerati con bitumi normali.

La posa dei conglomerati dovrà essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

Gli strati eventualmente compromessi dovranno essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'Impresa.

La compattazione dei conglomerati dovrà iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni. Al momento della compattazione la temperatura della miscela deve essere di circa 135° C con il bitume tal quale e di almeno 145° C con il bitume modificato. È buona norma non procedere alla posa dello strato d'usura a temperature ambientali inferiori a 6° C.

L'addensamento di norma dovrà essere realizzato con rulli dei seguenti tipi:

- strato di base, basebinder e binder - rullo combinato vibrante gommato più rullo gommato con almeno sette ruote e peso del rullo di 12 t;
- strato di usura - rulli gommati e vibranti tandem con peso di almeno 10 t.

Potrà essere utilizzato un rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 10 t per le operazioni di rifinitura dei giunti e riprese.

Per lo strato di base a discrezione della D.L. potranno essere utilizzati rulli con ruote metalliche vibranti e/o combinati.

Si avrà cura, inoltre, che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata a ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

La superficie degli strati dovrà presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4,00 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato dovrà aderirvi uniformemente; sarà tollerato uno scostamento di 5 mm. Inoltre, l'accettazione della regolarità e delle altre caratteristiche superficiali del piano finito avverrà secondo quanto prescritto negli articoli dedicati. Per lo strato di base la miscela bituminosa verrà stesa sul piano finito della fondazione dopo che sia stata accertata dalla D.L. la rispondenza di questa ultima ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza.

Prima della stesa del conglomerato bituminoso su strati di fondazione in misto granulare dovrà essere realizzata una mano di ancoraggio con emulsione a lenta rottura (vedi art. 10.2.2) coperta con sabbia fine o filler al fine di evitare l'asportazione da parte dei mezzi d'opera. L'eventuale materiale in eccesso non trattenuto dall'emulsione bituminosa deve essere rimosso prima della stesa del conglomerato bituminoso.

Prima della stesa del conglomerato bituminoso su strati di fondazione in misto cementato per garantirne l'ancoraggio dovrà essere rimossa la sabbia eventualmente non trattenuta dall'emulsione bituminosa stesa precedentemente a protezione del misto cementato stesso.

Procedendo la stesa in doppio strato i due strati dovranno essere sovrapposti nel più breve tempo possibile; tra di essi dovrà essere eventualmente interposta una mano d'attacco di emulsione bituminosa o bitume preferibilmente modificato in ragione di 0,6-1,2 kg/m<sup>2</sup>.

Nel caso di risanamenti superficiali l'uso del bitume modificato Hard come mano di attacco è d'obbligo, salvo diverse disposizioni della D.L..

Tra i vari strati deve comunque essere sempre prevista la mano di attacco.

#### **11.1.8.7 - Conglomerato bituminoso riciclato (fresato) - Modalità di reimpiego**

In caso di utilizzo di materiale bituminoso di recupero (fresato), la classificazione del materiale andrà fatta secondo la UNI EN 13108/8.

I conglomerati bituminosi fresati dalle pavimentazioni, per brevità chiamati nel seguito "fresati", sono materiali provenienti da fresature dirette, a freddo o a caldo, o da demolizioni a blocchi di pavimentazioni preesistenti sottoposte a successiva frantumazione. Essi vanno utilizzati o nei conglomerati bituminosi, con o senza altri materiali vergini, oppure per la costruzione di rilevati di qualsiasi tipo, per piazzole di sosta, rampe di conversione o d'uscita per usi di servizio o in condizioni di blocco stradale, allargamento di corsie d'emergenza, aree di parcheggio ecc. e per tutte le sottofondazioni delle pavimentazioni.

L'impiego del fresato deve rispondere a quanto prescritto dal TU Ambientale 152/06 e successive integrazioni. In particolare, la messa in riserva e l'impiego di fresato per gli usi sopra descritti, al di fuori dei conglomerati bituminosi, è subordinato all'esecuzione del "test di cessione" sul rifiuto eseguito sul materiale tal quale, secondo il metodo riportato in allegato n° 3 al Decreto Ministeriale del Ministero dell'Ambiente n° 72 del 5 febbraio 1998 (Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del D.L. n° 22 del 5 febbraio 1997) e s.m.i. come il DECRETO 5 aprile 2006, n. 186.

I materiali risultanti positivi o vengono inertizzati prima dell'uso (per lavaggio o per rivestimento con calce) o devono essere inviati a discarica autorizzata.

Ai fini del massimo reimpiego nelle miscele a caldo di conglomerati bituminosi fresati, si danno qui di seguito le indicazioni necessarie al corretto utilizzo.

Per gli strati di base basebinder e binder si possono usare fresati di qualsiasi provenienza, mentre per le miscele da impiegare negli strati di usura va usato solo fresato proveniente da strati di usura drenanti o meno.

Tutto il fresato prima dell'impiego va "vagliato" al 30 mm, per gli strati di base e basebinder, e al 20 mm per gli strati di binder e usura; ciò al fine di evitare di comprendere elementi grossolani e per ridurre la "variabilità" della miscela.

L'impiego dei fresati comporta l'impiego di rigeneranti (0,2 – 0,5% in peso sul bitume totale) per il vecchio bitume; tali rigeneranti devono essere approvati come indicato all'art 10.3 e vanno impiegati in particolari zone (es. zone ad elevato traffico) e sempre su indicazione della D.L..

In caso di impiego di fresato le percentuali minime di bitume totale salgono di 0,2% per tutte le miscele (vedi punti 11.1.7 e 11.1.8) considerando nella miscela totale anche il bitume contenuto nel fresato.

Il controllo della percentuale di fresato da parte della D.L. potrà essere effettuato direttamente in impianto.

Ai fini del reimpiego (in base alla disponibilità e alla tipologia dell'impianto) è possibile impiegare le seguenti percentuali di fresato (restano fermi i limiti imposti dalla normativa CAM):

| % di impiego di fresato     |             |        |            |      |
|-----------------------------|-------------|--------|------------|------|
| Conglomerato                | Usura A e B | Binder | Basebinder | Base |
| % di fresato                | ≤15         | ≤20    | ≤20        | ≤25  |
| % di rigenerante sul bitume | 0,2         | 0,2    | 0,3        | 0,3  |
|                             | 0,4         | 0,4    | 0,5        | 0,5  |

L'Impresa che si avvale di impianti di produzione moderni per la gestione di elevati quantità di fresato, può proporre alla Direzione Lavori l'impiego di una maggiore quantità di fresato (fino al 40% per strati di base, fino al 35% per strati di collegamento e fino al 25% per strati di usura chiusa, escluso il drenante) a condizione che venga utilizzato un legante bituminoso con un contenuto di polimeri elastomerici (SBS) più elevato rispetto al bitume modificato hard, tale da compensare la mancanza o la carenza di polimeri SBS nel bitume apportato dal conglomerato bituminoso di recupero.

La percentuale di conglomerato bituminoso di recupero (fresato) ed il tipo di bitume modificato che si intendono impiegare devono essere obbligatoriamente dichiarati nello studio della miscela (mix design) - contenente un accertamento delle prestazioni/caratteristiche meccaniche che devono risultare del tutto simili a quelle del conglomerato bituminoso senza fresato - che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori.

La Direzione Lavori, a suo insindacabile giudizio, ha facoltà di accettare o meno la proposta.

**Art. 11.2 - Conglomerato bituminoso per strati di usura drenante e drenante alleggerito con argilla espansa**

Il conglomerato bituminoso per usura drenante è costituito da una miscela di pietrischetti frantumati, possibilmente di origine effusiva, sabbie ed eventuale additivo impastato a caldo con bitume modificato.

Queste miscele possono essere previste per tutte le tipologie di lavorazione, **Manutenzione Ordinaria (MO) Manutenzione Straordinaria (MS) e Nuove Costruzioni (NC)**.

Dovranno essere impiegate prevalentemente con le seguenti finalità:

- favorire l'aderenza in caso di pioggia eliminando il velo d'acqua superficiale soprattutto nelle zone con ridotta pendenza di smaltimento (zone di transizione rettilo-clotoide, rettilo-curva).
- abbattimento del rumore di rotolamento (elevata fono assorbenza)

Gli aggregati dovranno essere stoccati in appositi siti, ben separati fra le varie pezzature e in zone prive di ristagni d'acqua o di terreni argillosi.

I leganti bituminosi devono essere stoccati in idonee cisterne con controllo delle temperature.

Ai fini del loro impiego i conglomerati bituminosi dovranno avere marcatura CE relativamente alle grandezze indicate in premessa.

**11.2.1 - Aggregati**

Gli aggregati devono essere costituiti da aggregati naturali (preferibilmente di natura basaltica) o in percentuali ridotte da aggregati artificiali (argilla espansa, scorie di altoforno ecc.), in questo caso sarà la D.L. a decidere, caso per caso, l'idoneità dei materiali e le percentuali di impiego.

È facoltà della D.L. accettare l'impiego di aggregati "alluvionali", cioè provenienti da frantumazione di rocce tondeggianti, in questo caso, fermo restando tutti gli altri requisiti, la percentuale (totale) di impiego di questi ultimi non deve essere superiore al 40%.

Gli aggregati alluvionali dovranno provenire dalla frantumazione di elementi sufficientemente grandi da essere formati da elementi completamente frantumati (privi di facce tonde) in percentuale (in peso)  $\geq 80\%$ ; la restante parte non dovrà essere mai completamente tonda.

Ai fini dell'impiego è obbligatoria l'attestazione di conformità (CE) da parte del produttore con i seguenti requisiti:

- resistenza alla levigabilità PSV (Polished Stone Value) maggiore o uguale a 44 (UNI EN 1097-8);
- perdita in peso alla prova Los Angeles (UNI EN 1097-2) non superiore al 18% in peso;
- resistenza al gelo e disgelo (UNI EN 1367-1)  $\leq 1$ ;
- coefficiente di appiattimento inferiore o uguale al 15% (UNI EN 933-3);
- percentuale di superfici frantumate (UNI EN 933-5) uguale a 80%.

Per gli aggregati fini in particolare:

- l'equivalente in sabbia, di una eventuale miscela delle sabbie da frantumazione, determinato secondo la prova (UNI EN 933-8) dovrà essere superiore a 75;
- passante al setaccio 0,063 (UNI EN 933-1)  $< 18$ .

Gli additivi dovranno rispettare i seguenti requisiti:

- passante al setaccio 2 mm (UNI EN 933-10) uguale al 100%;

- passante al setaccio 0,125 (UNI EN 933-10) compreso tra 85 e 100%;
- passante al setaccio 0,063 (UNI EN 933-10) compreso tra 70 e 100%;
- indice di plasticità (UNI CEN ISO/TS 17892-12) N.P.;
- palla e anello (filler/bitume=1,5) (UNI EN 13179-1) R&B> 5%.

L'impiego di fibre per il rinforzo strutturale delle miscele avverrà con quantità comprese tra 0,05 e 0,5% (art.6.6) in peso sugli aggregati a seconda del tipo di fibra impiegata e comunque secondo le quantità e le modalità indicate sulla base di specifiche prove eseguite dai Laboratori accreditati.

### 11.2.2 - Miscela

Le miscele dovranno avere una composizione granulometrica compresa nei seguenti fusi:

|                | <b>USURA DRENANTE</b> (sp. 4-6 cm) | <b>DRENANTE CON ARGILLA ESPANSA</b> (sp. 3-4 cm) |
|----------------|------------------------------------|--------------------------------------------------|
| setacci UNI    | passante totale % in peso          | passante totale % in peso                        |
| Setaccio 20    | 100                                |                                                  |
| Setaccio 14    | 90-100                             | 100                                              |
| Setaccio 12,5  | -                                  | 94-100                                           |
| Setaccio 10    | -                                  | 75-85                                            |
| Setaccio 8     | 12-35                              | -                                                |
| Setaccio 6,3   | -                                  | 20-32                                            |
| Setaccio 4     | 7-18                               | 8-14                                             |
| Setaccio 2     | 6-12                               | 6-12                                             |
| Setaccio 0,5   | 5-11                               | 5-11                                             |
| Setaccio 0,25  | 5-10                               | 5-10                                             |
| Setaccio 0,063 | 4-8                                | 4-8                                              |

Bitume, riferito alla miscela, 4,8%-5,8% per usura drenante (UNI EN 12697-1 e 39) e 5,3%-6,3% per usura drenante con argilla espansa

Per la realizzazione del drenante alleggerito con argilla espansa valgono le seguenti indicazioni:

- L'argilla espansa dovrà essere di tipo strutturale con pezzatura 6/14
- Resistenza dei granuli allo schiacciamento  $\geq 43$  daN/cm<sup>2</sup>
- L'argilla dovrà essere impiegata in percentuali in peso comprese tra 10 e 12 %

Ai fini della lavorazione l'argilla espansa dovrà essere stoccata in cantiere in idonei siti per evitare che venga a contatto con pioggia o acqua in generale.

L'impiego dell'argilla espansa è possibile in aree dove il costo degli aggregati naturali delle dovute caratteristiche risulta elevato per ragioni di reperibilità; inoltre aumenta le performance di durata in relazione alla lucidatura.

Entrambi i fusi favoriscono una elevata fono assorbenza.

La D.L. al fine di verificare l'elevata fono assorbenza, si riserva la facoltà di controllare mediante rilievi effettuati in sito con il metodo dell'impulso riflesso sempre effettuato dopo il 15° giorno della stesa del conglomerato. In questo caso con una incidenza radente di 30° i valori di  $\alpha$  dovranno essere:

| frequenza (Hz) | coeff. fonoassorbimento |
|----------------|-------------------------|
| 400 / 630      | $\alpha > 0.25$         |
| 800 / 1250     | $\alpha > 0,50$         |
| 1600 / 2500    | $\alpha > 0,25$         |

### 11.2.3 - Requisiti di accettazione

I provini dovranno essere compattati mediante giratoria ad un numero di giri totali (N3) dipendente dalla tipologia della miscela e dalla tipologia del legante.

La verifica della % dei vuoti dovrà essere fatta a tre livelli di n° giri: N1 (iniziale), N2 (medio) e N3 (finale).

Il numero dei giri di riferimento con le relative percentuali dei vuoti sono:

|    | Usura drenante | Drenante alleggerita | % vuoti   |
|----|----------------|----------------------|-----------|
| N1 | 10             | 10                   | $\geq 28$ |
| N2 | 50             | 50                   | $\geq 22$ |
| N3 | 130            | 130                  | $\geq 20$ |

Le miscele risultanti dallo studio/verifica mediante giratoria (compattate a N3) dovranno essere testate a trazione diametrale a 25°C.

I due parametri di riferimento sono Rt (resistenza a trazione indiretta) e CTI (coefficiente di trazione indiretta):

|                  | Usura drenante | Drenante alleggerito |
|------------------|----------------|----------------------|
| Rt (GPa x 10-3)  | 0,36 – 0,70    | 0,34 – 0,68          |
| CTI (GPa x 10-3) | $\geq 30$      | $\geq 25$            |

### 11.2.4 - Formazione e confezione delle miscele

Il conglomerato sarà confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non dovrà essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati.

L'impianto dovrà comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele rispondenti a quelle di progetto. La D.L. potrà approvare l'impiego di impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza dovrà essere costantemente controllata.

Ogni impianto dovrà assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della mescolazione nonché il perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

#### 11.2.5 - Posa in opera delle miscele

Valgono le stesse prescrizioni indicate per i conglomerati tradizionali (art. 7.1.8.6) ad eccezione della temperatura di costipamento che dovrà essere compresa tra i 150°C e 180°C per le miscele ottenute con legante bituminoso con modifica tipo hard. La compattazione dovrà essere effettuata con rulli metallici del peso di 8÷12 ton.

Il rullo deve seguire da vicino la finitrice e la compattazione deve essere condotta a termine in continuo senza interruzioni.

Vanno immediatamente rimosse e rifatte zone che presentino anomalie di stesa, segregazioni, sgranature.

Il trasporto impianto-cantiere di stesa deve avvenire con mezzi idonei che evitino la formazione di crostoni o eccessivi raffreddamenti superficiali.

Al termine dello scarico del materiale nella finitrice per i mezzi di trasporto del conglomerato è vietato scaricare nel cavo eventuali residui di conglomerato rimasti sul camion.

Il piano di posa dovrà risultare perfettamente pulito e privo della segnaletica orizzontale prima di provvedere alla stesa di una uniforme mano di attacco con bitume modificato HD (art 6.2.1 tabella 6.B), nella quantità compresa tra 1,0 e 1,5 kg/m<sup>2</sup> (secondo le indicazioni della D.L.) e, se necessario, il successivo eventuale spargimento di uno strato di filler; potrà essere anche richiesta la preventiva stesa di un tappeto sottile di risagomatura ed impermeabilizzazione del supporto, per consentire il perfetto smaltimento delle acque. La D.L. indicherà di volta in volta la composizione di queste miscele fini. Dovrà altresì essere curato lo smaltimento laterale delle acque che percolano all'interno dell'usura drenante.

La posa del conglomerato deve essere sospesa in caso le condizioni meteorologiche possano pregiudicare la riuscita del lavoro e comunque sempre in caso di pioggia o temperatura esterna < 6°C o in condizioni di piano di posa umido.

La capacità drenante dovrà essere misurata mediante permeabilmetro a colonna. Le prove sono da effettuarsi preferibilmente durante la fase di lavorazione (ad almeno quattro ore dalla fine della posa in opera, non appena il conglomerato si è freddato).

Le misure (singole) vanno fatte ad almeno 50 cm dai bordi con frequenza di almeno 10 misure per km per ciascuna corsia.

|                          | Usura drenante | Drenante alleggerito |
|--------------------------|----------------|----------------------|
| Capacità drenante lt/min | ≥ 18           | ≥ 15                 |

Ai fini della valutazione della aderenza, nel caso l'intervento interessi tratte brevi o con particolari caratteristiche geometriche tali da non poter effettuare misure con mezzi ad alto rendimento, la valutazione potrà essere effettuata mediante misura di attrito radente PTV con Skid Tester (UNI EN 13036-4) misurato tra il 60° e il 180° giorno di apertura al traffico che dovrà risultare:

|     | Usura drenante | Drenante alleggerito |
|-----|----------------|----------------------|
| PTV | ≥ 55           | ≥ 60                 |

#### Art. 11.3 - Controllo sulla qualità della compattazione delle miscele

Per ogni lavorazione descritta nelle presenti Norme Tecniche sono indicati i mezzi più adatti per eseguire un buon costipamento.

A riprova della presenza e del buon uso dei sistemi di compattazione dei diversi strati presenti in opera la percentuale dei vuoti (rilevabile da carotaggi) dovrà risultare nei limiti della tabella seguente:

| Lavorazioni                  | % dei vuoti (Vm : UNI EN 12697-8) |      |
|------------------------------|-----------------------------------|------|
|                              | min.                              | max. |
| Base                         | 3                                 | 9    |
| Basebinder                   | 3                                 | 9    |
| Binder                       | 3                                 | 8    |
| Usure A e B                  | 3                                 | 8    |
| Drenante                     | 16                                | 27   |
| Drenante con argilla espansa | 15                                | 26   |

Le verifiche potranno essere fatte anche in corso d'opera con possibilità di richiesta da parte della D.L. di variazione del sistema di compattazione.

#### Art. 11.4 - Requisiti di laboratorio sottoposti a detrazione

Le caratteristiche tecniche rilevate da misure di laboratorio dei conglomerati bituminosi eseguiti a caldo oggetto di detrazioni, riguardano le seguenti specifiche, riprese in dettaglio nell'Art.14:

- la percentuale e la qualità del bitume;
- lo spessore del conglomerato bituminoso in opera;
- la percentuale dei vuoti.

#### Art. 12 Strato di base riciclato a freddo

Il riciclaggio a freddo mediante emulsione modificata delle pavimentazioni in conglomerato bituminoso viene realizzato reimpiegando materiali fresati da pavimentazioni stradali, opportunamente selezionati, legati nuovamente con emulsione, stesi e compattati.

La tecnologia viene impiegata per riciclare pacchetti di conglomerato bituminoso ammalorati in sito o già stoccati in cantiere (fresati).

La tecnologia del riciclaggio con emulsione prevede diverse modalità operative:

- in sito mediante treno di riciclaggio mobile o tramite idonee riciclatrici
- in impianto fisso o tramite impianti semoventi (su rimorchi) che hanno la possibilità di essere collocati in aree vicino al sito di stesa

Lo spessore del singolo strato (compattato) potrà variare da 14 a 20 cm.

#### Art 12.1 – Aggregati lapidei

La tecnologia del riciclaggio con emulsione permette di riciclare fresati di pavimentazioni ammalorate per la formazione di strati di base e basebinder, miscelando con emulsione bituminosa modificata, cemento e acqua il fresato (in sito o in impianto idoneo) stendendo (con finitrice) e compattando il pacchetto risultante. Per la realizzazione della miscela ai fini del raggiungimento delle necessarie caratteristiche tecniche (granulometria, resistenza, portanza) è consentita l'integrazione con aggregati frantumati di cava (frantumazione 100%) nella percentuale massima del 25%.

#### Art. 12.2 - Leganti ed additivi

Per legante si dovrà impiegare emulsione bituminosa acida modificata (con SBS e/o lattice) sovrastabilizzata secondo le caratteristiche indicate all'art 10.2.5 (sezione bitumi), in percentuali comprese tra 3,0 e 4,5% in peso sugli aggregati.

In aggiunta all'emulsione dovrà essere impiegato cemento in percentuali tra 1,1 e 2,0% in peso sugli aggregati.

Il cemento andrà dosato in percentuali tra 1,1 e 2% in peso sugli aggregati.

L'acqua di aggiunta dovrà essere pura priva di sostanze organiche.

Granulometria materiale post estrazione:

| Apertura Setacci (mm) | Fuso |     |
|-----------------------|------|-----|
| 31,5                  | 100  | 100 |
| 20                    | 68   | 92  |
| 14                    | 50   | 75  |
| 8                     | 36   | 60  |
| 4                     | 25   | 48  |
| 2                     | 18   | 38  |
| 0,25                  | 8    | 20  |
| 0,125                 | 5    | 14  |
| 0,063                 | 4    | 9   |

La granulometria del conglomerato bituminoso di recupero (fresato) deve essere eseguita per via umida sul materiale prelevato all'impianto, dopo granulazione e vagliatura, oppure dopo un passaggio di pulvimixer (senza l'aggiunta dei leganti), quando sia prevista la miscelazione in sito.

### Art. 12.3 – Studio della miscela

Le miscele devono avere massime caratteristiche di resistenza a fatica, all'ormaiamento, ai fattori climatici e in generale ad azioni esterne.

Le miscele devono essere verificate mediante **pressa giratoria** con i seguenti parametri di prova:

|                                  |                 |
|----------------------------------|-----------------|
| Pressione verticale kPa          | 600 $\pm$ 3     |
| Angolo di rotazione              | 1,25 $\pm$ 0,02 |
| Velocità di rotazione (giri/min) | 30              |
| Diametro provino (mm)            | 150             |

Per le resistenze si dovranno realizzare provini con pressa giratoria con n° giri 180 con le seguenti caratteristiche:

|                                                       |           |                                     |
|-------------------------------------------------------|-----------|-------------------------------------|
|                                                       | 3 gg      | Dimensioni provini                  |
| ITS 25°C (GPa x 10 <sup>-3</sup> )                    | 0,32-0,55 | Diametro 150mm – altezza 100-130 mm |
| Compressione semplice 25 °C (GPa x 10 <sup>-3</sup> ) | 1,2 – 2,5 | Diametro 150mm – altezza 160-200 mm |

I provini vanno maturati a 40 °C e termostati a 25 °C per 4 ore prima del test di rottura.

I parametri sopra descritti potranno essere ricercati mediante l'effettuazione di uno studio finalizzato alla determinazione delle percentuali ottimali dei leganti (cemento ed emulsione) e dell'acqua di compattazione oltreché allo stabilire l'eventuale aggiunta di aggregati di integrazione come di seguito descritto a titolo di esempio:

|                             |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                                                  |
|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------------------------------------------------------------|
| emulsione (%)               | 2,0 |     |     | 3,0 |     |     | 4,0 |     |     | Le percentuali<br>sono da<br>intendersi in peso<br>sulla miscela |
| cemento (%)                 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,5 | 1,5 | 1,5 |                                                                  |
| Acqua di compattaz. (%) (°) | 4   | 5   | 6   | 4   | 5   | 6   | 4   | 5   | 6   |                                                                  |
| N° provini                  | 6   | 6   | 6   | 6   | 6   | 6   | 6   | 6   | 6   |                                                                  |

I sei provini (per ciascun punto dello studio) andranno maturati e rotti tre a compressione e tre a trazione indiretta

### Art. 12.4 - Controllo dei requisiti di accettazione

L'Impresa ha l'obbligo di fare eseguire prove sperimentali sui campioni di fresato e di legante emulsione per la relativa accettazione.

L'Impresa è poi tenuta a provvedere con congruo anticipo, rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ogni cantiere di confezione, a fornire la composizione delle miscele che intende adottare; ogni composizione

proposta dovrà essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati in laboratorio, attraverso i quali si sono ricavate le ricette ottimali.

Una volta accettata dalla D.L. la composizione granulometrica della curva di progetto proposta, l'Impresa dovrà attenersi rigorosamente comprovandone l'osservanza con esami giornalieri.

Per la percentuale di bitume totale (vecchio più proveniente da emulsione) non sarà tollerato uno scostamento da quella di progetto di  $\pm 0,8\%$ .

Tali valori dovranno essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate all'impianto come pure dall'esame delle carote prelevate in sito tenuto conto per queste ultime della quantità teorica del bitume di ancoraggio.

Dovranno essere effettuati almeno con frequenze giornaliere:

- la verifica dell'emulsione da impiegare;
- la verifica della composizione del conglomerato (granulometria degli inerti, percentuale del bitume, percentuale di additivo) prelevando il conglomerato all'uscita dell'impianto, mobile o fisso;
- la verifica delle caratteristiche del conglomerato finito (peso di volume e percentuale di vuoti ecc.);
- la verifica delle resistenze diametrali.

Inoltre, con la frequenza necessaria saranno effettuati periodici controlli sull'impianto ed ogni altro controllo ritenuto opportuno.

I valori di portanza verranno misurati mediante LWD (Light Weight Deflectometer) dovranno avere valori:

| Maturazione | Modulo elastico (Mpa) |
|-------------|-----------------------|
| 4 ore       | > 60                  |
| 24 ore      | 200-600               |

#### **Art. 12.5 - Formazione delle miscele**

A riprova della presenza e del buon uso dei sistemi di compattazione la percentuale dei vuoti (rilevabile da carotaggi) dovrà risultare < 9%. Le verifiche potranno essere fatte anche in corso d'opera con possibilità di richiesta da parte della D.L. di variazione del sistema di compattazione.

#### **Art. 12.6 - Confezione delle miscele**

Il fresato deve essere vagliato (o granulato) al fine di evitare la permanenza di crostoni e materiale con dimensioni > 40 mm.

Sul piano di posa della lavorazione va stesa una mano di attacco realizzata con emulsione modificata a rapida rottura (oppure con la stessa emulsione usata per il riciclaggio) in ragione di 0,8 - 1,5 kg/mq comprendendo anche i cordoli verticali se presenti.

L'aggiunta obbligatoria dei rigeneranti (ACF) dovrà essere effettuata secondo le risultanze dello studio preliminare e opportunamente omogeneizzati mediante attrezzature in grado di fornire quantità variabili misurabili.

Le attrezzature impiegate dovranno essere corredate da dispositivi per il controllo visivo delle quantità di fresato emulsione, cemento, acqua e ACF immessi nella miscela.

**Art. 12.7 - Posa in opera della miscela**

La stesa dovrà essere realizzata con idonea piastra finitrice, munita di opportuni sistemi di riscaldamento. La compattazione dovrà essere effettuata con rullo mono-tamburo vibrante di almeno 19 ton accoppiato ad un rullo gommato di almeno 18 ton.

Per la stesa dello strato superiore si dovrà attendere il giorno successivo (o almeno 6-8 ore nel caso di esigenze operative improrogabili).

In particolare, sono altresì a carico dell'Impresa i seguenti oneri per:

- gli studi delle miscele e della proposta di formulazione del materiale da riciclare che dovranno essere presentati alla Committente con congruo anticipo e approvati dalla D.L. prima dell'inizio delle lavorazioni;
- l'esecuzione, in corso d'opera mediante idoneo laboratorio mobile di prelievi giornalieri allo scopo di determinare le caratteristiche del materiale riciclato;
- l'eliminazione delle eventuali eccedenze di materiale;
- i materiali di risulta delle demolizioni parziali o totali delle sovrastrutture o altro ritenuti idonei dalla Direzione dei Lavori dovranno essere reimpiegati per la confezione di nuovi conglomerati bituminosi nelle percentuali, modalità e norme definite dalla Società Appaltante.

L'Impresa dovrà a sue spese provvedere al trasporto nei piazzali dei cantieri di confezione dove questi materiali dovranno essere stoccati in idonee aree opportunamente predisposte secondo le direttive della Direzione dei Lavori.

I materiali di risulta che non saranno reimpiegati rimangono di proprietà dell'Impresa che provvederà a sua cura e spese al trasporto a discarica.

**Art. 13 CONGLOMERATI BITUMINOSI A TIEPIDO (WARM ASPALT)****Art. 13.1 – Generalità**

ADDITIVI PER CONGLOMERATI BITUMINOSI TIEPIDI (ACT o WMA-Admixture)

Gli additivi specifici per realizzare conglomerati bituminosi a tiepido, migliorando la lavorabilità, possono essere utilizzati con le seguenti finalità:

- Ridurre le temperature di posa (tiepido)
- Rispetto allo standard, migliorare la compattazione in condizioni ambientali difficili (es. temperature ambiente inferiori a quelle ottimali)
- Rispetto allo standard, migliorare la compattazione in condizioni di tempi di percorrenza o di attesa più lunghi.

Gli additivi specifici per realizzare conglomerati bituminosi a tiepido possono essere utilizzati anche in presenza di granulato di conglomerato bituminoso.

In caso di utilizzo di tali additivi, il produttore di conglomerato bituminoso deve fornire la scheda tecnica dalla quale evincere la sua funzionalità.

L'additivo può essere utilizzando per additivare il bitume sia tal quale sia modificato, con le medesime finalità descritte precedentemente. In tal caso sarà richiesta la scheda tecnica dalla quale si evince tale prestazione aggiuntiva del legante.

#### CONGLOMERATI TIEPIDI (CT o WMA)

I conglomerati tiepidi possono essere confezionati utilizzando le seguenti tecnologie:

- Additivando il bitume in fase di confezionamento della miscela bituminosa
- Utilizzando bitumi tal quali o modificati già additivati.

La temperatura di miscelazione degli aggregati deve essere inferiore o uguale a 140 ° C. Per garantire una temperatura di posa sufficiente ad una buona esecuzione dei lavori (ovvero per ottenere un idoneo grado di compattazione in sito) a seconda della stagione e della distanza è ammessa una deroga della temperatura massima di miscelazione, purché al momento della posa siano rispettate le temperature indicate di seguito.

La temperatura massima di posa delle miscele è:

- 120 ° C per miscele con bitume tal quale
- 140 ° C per miscele con bitume modificato e per miscele additivate con compound polimerici.

### Art. 13.2 – Strati di Base realizzati con conglomerati bituminosi a tiepido

#### 13.2.1 - Generalità

I conglomerati bituminosi confezionati a tiepido (temperature di miscelazione inferiori a 130 ° C) garantiscono un basso impatto ambientale riducendo l'inquinamento da emissioni di fumi e polveri sia in fase di produzione sia durante la stesa in opera, cautelando gli operatori e garantendo loro una miglior qualità di lavoro; il contenimento della temperatura durante il confezionamento all'impianto e alla stesa si traduce poi in un considerevole risparmio energetico. Tali eco-obiettivi o eco-prestazioni dovranno essere affiancati ad elevate prestazioni fisico-meccaniche del prodotto finito tali da garantire una pavimentazione più sicura e più durevole. Oltre a questi obiettivi con l'impiego dei conglomerati tiepidi è possibile realizzare pavimentazioni bituminose anche in situazioni meteorologiche sfavorevoli (autunno o inverno) data l'elevata lavorabilità dei materiali a basse temperature e il lento decadimento della temperatura nel tempo.

Il conglomerato tiepido è costituito da una miscela di inerti lapidei di primo impiego (ghiaie, pietrischi, graniglie, sabbie ed additivi) ed eventualmente materiale riciclato (materiale proveniente da fresatura stradale adeguatamente selezionato) miscelata a basse temperature con leganti bituminosi e/o additivi.

#### 13.2.2 – Qualificazione dei materiali

##### Aggregati

Gli aggregati lapidei di primo impiego risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi, degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fine o di additivazione: tali aggregati, insieme all'eventuale conglomerato riciclato, costituiscono la fase solida dei conglomerati tiepidi.

Gli aggregati impiegati dovranno essere qualificati in conformità alla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13043.

##### Aggregato grosso

Designazione attribuita agli aggregati di dimensioni più grandi con D minore o uguale a 45 mm e con d maggiore o uguale a 2 mm, dove con D si indica la dimensione dello staccio superiore e con d quella dello staccio inferiore. La designazione dell'aggregato grosso dovrà essere effettuata mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base abbinati agli stacci del gruppo 2 della UNI EN 13043.

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 Tabella 13.1.

TABELLA 13.1 REQUISITI DELL'AGGREGATO GROSSO

| Indicatori di qualità          |                 |                 | VALORE    | Categoria<br>UNI EN 13043 |
|--------------------------------|-----------------|-----------------|-----------|---------------------------|
| Parametro                      | Normativa       | Unità di misura |           |                           |
| Los Angeles                    | UNI EN 1097-2   | %               | $\leq 30$ | $LA_{30}$                 |
| Quantità di frantumato         | UNI EN 933-5    | %               | $\geq 70$ | $C_{50/30}$               |
| Dimensione max                 | UNI EN 933-1    | mm              | 30        | -                         |
| Resistenza al gelo/disgelo     | UNI EN 1367-1   | %               | $\leq 4$  | $F_4$                     |
| Spogliamento                   | UNI EN 12697-11 | %               | $\leq 5$  | -                         |
| Passante allo staccio 0,063 mm | UNI EN 933-1    | %               | $\leq 1$  | $f_1$                     |

#### Aggregato fine

Designazione attribuita agli aggregati di dimensioni più piccole con D minore o uguale a 2 mm e contenente particelle che sono per la maggior parte trattenute su uno staccio di 0.063 mm.

La designazione dell'aggregato fine dovrà essere effettuata secondo la norma UNI EN 13043. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l'impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima D = 4 mm.

Deve essere costituito da elementi naturali e di frantumazione e possedere le caratteristiche riassunte nella Tabella 13.2.

TABELLA 13.2 REQUISITI DELL'AGGREGATO FINE

| Indicatori di qualità |                         |                 | VALORE    | Categoria<br>UNI EN<br>13043 |
|-----------------------|-------------------------|-----------------|-----------|------------------------------|
| Parametro             | Normativa               | Unità di misura |           |                              |
| Equivalente in Sabbia | UNI EN 933-8            | %               | $\geq 50$ | -                            |
| Indice Plasticità     | UNI CEN ISO/TS 17892-12 | %               | N.P.      | -                            |
| Limite Liquido        | UNI CEN ISO/TS 17892-12 | %               | $\leq 25$ | -                            |

|                                           |              |      |      |                    |
|-------------------------------------------|--------------|------|------|--------------------|
| Blu di Metilene della frazione 0/0,125 mm | UNI EN 933-9 | g/kg | ≤ 10 | MB <sub>F</sub> 10 |
|-------------------------------------------|--------------|------|------|--------------------|

Filler

Il filler è la frazione passante per la maggior parte allo staccio 0,063 mm e proviene dalla frazione fine degli aggregati; può essere costituito, inoltre, da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti. In ogni caso, il filler per conglomerati tiepidi deve soddisfare i requisiti indicati in Tabella 13.3.

TABELLA 13.3 REQUISITI DEL FILLER

| Indicatori di qualità          |                         |                 | VALORE  | Categoria UNI EN 13043 |
|--------------------------------|-------------------------|-----------------|---------|------------------------|
| Parametro                      | Normativa               | Unità di misura |         |                        |
| Passante allo staccio 0,063 mm | UNI EN 933-1            | %               | ≥ 80    | -                      |
| Indice Plasticità              | UNI CEN ISO/TS 17892-12 |                 | N.P.    | -                      |
| Vuoti Rigden                   | UNI EN 1097-4           | %               | 28 - 45 | V28/45                 |
| Stiffening Power               | UNI EN 13179-1          | °C              | 8 - 16  | □ R&B8/16              |
| Passante allo staccio 0,125 mm | UNI EN 933-1            | %               | 100     | -                      |

Componenti riciclati

Per conglomerato riciclato si intende quello proveniente dalla frantumazione in frantoio di lastre o blocchi di conglomerato demolito con sistemi tradizionali, oppure dalla fresatura in sito eseguita con idonee macchine (preferibilmente a freddo). Per ogni lavorazione, le percentuali in peso di materiale fresato definito di “integrazione”, riferite al totale della miscela degli inerti, devono essere comprese nei limiti riportati nel decreto CAM. Per il confezionamento di strati di base può essere utilizzato conglomerato riciclato di qualsiasi provenienza (usura, binder, base).

La percentuale e la provenienza del conglomerato riciclato da impiegare deve essere obbligatoriamente dichiarata nello studio di progetto della miscela che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori.

Leganti

Il legante utilizzato per il confezionamento di conglomerati tiepidi per strati base può essere costituito sia da prodotti modificati che “tal Quali”. I leganti a base di bitume impiegati dovranno essere qualificati in conformità alla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA delle norme europee armonizzate di riferimento: UNI EN 12591 per i bitumi puri per applicazioni stradali, UNI EN 14023 per i bitumi modificati, UNI EN 13808 per le emulsioni di bitume.

**13.2.3 – Miscela**Composizione della miscela

La composizione indicativa della miscela per la realizzazione di conglomerati tiepidi per strati di base è riportata nella normativa CAM. La miscela degli aggregati di primo impiego e del conglomerato da riciclare, da adottarsi per gli strati di base, deve avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso riportato in Tabella 13.4. 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 Tabella 13.4.

La quantità di bitume nuovo di effettivo impiego e la percentuale del componente additivo devono essere determinate mediante lo studio della miscela con metodo volumetrico su provini addensati con pressa giratoria secondo UNI EN 12697-31 ed in funzione delle caratteristiche e prestazioni finali previste per la miscela. Le caratteristiche richieste per gli strati di base in conglomerato tiepido sono riportate nella Tabella 13.5, Tabella 13.6.

**TABELLA 13.4 REQUISITI GRANULOMETRICI DELLE MISCELE DI AGGREGATI**

| Serie stacci<br>UNI (mm) |       | Passante<br>totale in peso<br>% |
|--------------------------|-------|---------------------------------|
| Staccio                  | 31,5  | 100                             |
| Staccio                  | 20    | 70 – 95                         |
| Staccio                  | 12,5  | 45 – 70                         |
| Staccio                  | 8     | 35 – 58                         |
| Staccio                  | 4     | 27 – 45                         |
| Staccio                  | 2     | 20 – 35                         |
| Staccio                  | 0,5   | 7 – 21                          |
| Staccio                  | 0,25  | 4 – 15                          |
| Staccio                  | 0,125 | 4 – 10                          |
| Staccio                  | 0,063 | 4 – 8                           |
| % di bitume              |       | 4,0 – 5,0                       |

**TABELLA 13.5 REQUISITI DELLA MISCELA DI CONGLOMERATO TIEPIDO PER STRATI DI BASE STUDIATA CON METODO VOLUMETRICO**

| METODO VOLUMETRICO         |                 |        |
|----------------------------|-----------------|--------|
| Condizioni di prova        | Unità di misura | Valori |
| Velocità di rotazione      | rotazioni/min   | 30     |
| Pressione verticale        | kPa             | 600    |
| Diametro del provino       | mm              | 150    |
| <i>Risultati richiesti</i> |                 |        |

|                                                                                                                        |   |         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---------|
| Vuoti a 10 rotazioni (*)                                                                                               | % | 10 – 14 |
| Vuoti a 100 rotazioni (*) (**)                                                                                         | % | 3 – 5   |
| Vuoti a 180 rotazioni (*)                                                                                              | % | ≥ 2     |
| (*) Percentuale dei vuoti determinata secondo la UNI EN 12697-8                                                        |   |         |
| (**) La massa volumica ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D <sub>G</sub> |   |         |

TABELLA 13.5 REQUISITI MECCANICI DELLA MISCELA DI CONGLOMERATO TIEPIDO PER STRATI DI BASE STUDIATA CON METODO VOLUMETRICO

| Requisiti meccanici                                                                    | Unità di misura   | Valori    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------|
| Resistenza a trazione indiretta ITS a 25 °C (***)<br>(UNI EN 12697-23)                 | N/mm <sup>2</sup> | 0,8 – 1,4 |
| Coefficiente di trazione indiretta CTI <sup>7</sup> a 25 °C<br>(***) (UNI EN 12697-23) | N/mm <sup>2</sup> | 50 – 300  |
| Sensibilità all'acqua ITSR a 25 °C (***)<br>(UNI EN 12697-12)                          | %                 | ≥ 75      |
| (***) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria                 |                   |           |

Sui provini confezionati al 100% della DG deve essere sperimentalmente determinato un opportuno parametro di rigidità (UNI EN 12697-26:2004 allegato C) 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. In mancanza di specifiche indicazione del progetto il modulo di rigidità a 20° C e rise-time=125 ms (UNI EN 12697-26:2004 allegato C) dovrà soddisfare i valori riportati in Tabella 13.6.

TABELLA 13.6 REQUISITI DI RIGIDEZZA DELLA MISCELA DI CONGLOMERATO TIEPIDO PER STRATI DI BASE

| Requisiti meccanici                                                                | Unità di misura | Valore       |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------|
| Modulo di rigidità a 20 °C e rise-time=125 ms<br>(UNI EN 12697-26:2004 allegato C) | MPa             | 5000 – 10000 |

#### Accettazione della miscela

Prima dell'inizio delle lavorazioni, l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori, lo studio di progetto della miscela che intende adottare, in originale e firmato dal responsabile dell'Impresa. Esso deve essere corredato da una completa documentazione degli studi effettuati e contenere i risultati delle prove di accettazione e d'idoneità delle miscele di progetto e di tutti gli elementi che la compongono (aggregati, leganti, additivi). Durante i lavori l'Impresa dovrà attenersi rigorosamente alla formulazione di progetto

accettata, operando i controlli di produzione e di messa in opera secondo il Sistema di Qualità da essa adottato.

La D.L., in contraddittorio con l'impresa, in ogni momento e a suo insindacabile giudizio, in cantiere, alla stesa ed in impianto, potrà effettuare prelievi, controlli, misure e verifiche sia sui singoli componenti della miscela che sul prodotto finito, sulle attrezzature di produzione, accessorie e di messa in opera. L'esito positivo dei suddetti controlli e verifiche non elimina le responsabilità dell'Impresa sull'ottenimento dei risultati finali del prodotto in opera che sono espressamente richiamati in questo articolo. Nella curva granulometrica saranno ammesse variazioni delle singole percentuali del contenuto di aggregato grosso di  $\pm 5$  punti percentuali, del contenuto di aggregato fine di  $\pm 2$  punti percentuali, del passante allo staccio UNI 0,063 mm di  $\pm 1,5$  punti percentuali. Per la percentuale di bitume è tollerato uno scostamento di  $\pm 0,25\%$ . I precedenti valori devono essere rispettati sia dalle miscele prelevate alla stesa, sia dalle carote prelevate in sito, tenuto conto per queste ultime della quantità teorica del bitume di ancoraggio.

### **Art. 13.3 – Strati di Binder realizzati con conglomerati bituminosi a tiepido**

#### **13.3.1 - Generalità**

I conglomerati bituminosi confezionati a tiepido (temperature di miscelazione inferiori a  $130^{\circ}\text{C}$ ) garantiscono un basso impatto ambientale riducendo l'inquinamento da emissioni di fumi e polveri sia in fase di produzione sia durante la stesa in opera, cautelando gli operatori e garantendo loro una miglior qualità di lavoro; il contenimento della temperatura durante il confezionamento all'impianto e alla stesa si traduce poi in un considerevole risparmio energetico. Tali eco-obiettivi o eco-prestazioni dovranno essere affiancati ad elevate prestazioni fisico-meccaniche del prodotto finito tali da garantire una pavimentazione più sicura e più durevole. Oltre a questi obiettivi con l'impiego dei conglomerati tiepidi è possibile realizzare pavimentazioni bituminose anche in situazioni meteorologiche sfavorevoli (autunno o inverno) data l'elevata lavorabilità dei materiali a basse temperature e il lento decadimento della temperatura nel tempo.

Il conglomerato tiepido è costituito da una miscela di inerti lapidei di primo impiego (ghiaie, pietrischi, graniglie, sabbie ed additivi) ed eventualmente materiale riciclato (materiale proveniente da fresatura stradale adeguatamente selezionato) miscelata a basse temperature con leganti bituminosi e/o additivi.

#### **13.3.2 – Qualificazione dei materiali**

##### Aggregati

Gli aggregati lapidei di primo impiego risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi, degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fine o di additivazione: tali aggregati, insieme all'eventuale conglomerato riciclato, costituiscono la fase solida dei conglomerati tiepidi.

Gli aggregati impiegati dovranno essere qualificati in conformità alla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13043.

##### Aggregato grosso

Designazione attribuita agli aggregati di dimensioni più grandi con D minore o uguale a 45 mm e con d maggiore o uguale a 2 mm, dove con D si indica la dimensione dello staccio superiore e con d quella dello

staccio inferiore. La designazione dell'aggregato grosso dovrà essere effettuata mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base abbinati agli stacci del gruppo 2 della UNI EN 13043.

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 Tabella 13.7.

TABELLA 13.7 REQUISITI DELL'AGGREGATO GROSSO

| Indicatori di qualità          |                 |                 | VALORE     | Categoria<br>UNI EN 13043 |
|--------------------------------|-----------------|-----------------|------------|---------------------------|
| Parametro                      | Normativa       | Unità di misura |            |                           |
| Los Angeles                    | UNI EN 1097-2   | %               | $\leq 30$  | $LA_{30}$                 |
| Quantità di frantumato         | UNI EN 933-5    | %               | $\geq 80$  | $C_{50/30}$               |
| Dimensione max                 | UNI EN 933-1    | mm              | 20         | -                         |
| Resistenza al gelo/disgelo     | UNI EN 1367-1   | %               | $\leq 4$   | $F_4$                     |
| Spogliamento                   | UNI EN 12697-11 | %               | $\leq 5$   | -                         |
| Passante allo staccio 0,063 mm | UNI EN 933-1    | %               | $\leq 1$   | $f_1$                     |
| Indice appiattimento           | UNI EN 933-3    | %               | $\leq 30$  | $Fl_{30}$                 |
| Porosità                       | UNI EN 1936     | %               | $\leq 1,5$ | -                         |

#### Aggregato fine

Designazione attribuita agli aggregati di dimensioni più piccole con D minore o uguale a 2 mm e contenente particelle che sono per la maggior parte trattenute su uno staccio di 0.063 mm.

La designazione dell'aggregato fine dovrà essere effettuata secondo la norma UNI EN 13043. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l'impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima  $D = 4$  mm.

Deve essere costituito da elementi naturali e di frantumazione e possedere le caratteristiche riassunte nella Tabella 13.8.

TABELLA 13.8 REQUISITI DELL'AGGREGATO FINE

| Indicatori di qualità          |              |                 | VALORE    | Categoria<br>UNI EN<br>13043 |
|--------------------------------|--------------|-----------------|-----------|------------------------------|
| Parametro                      | Normativa    | Unità di misura |           |                              |
| Equivalente in Sabbia          | UNI EN 933-8 | %               | $\geq 60$ | -                            |
| Passante allo staccio 0,063 mm | UNI EN 933-1 | %               | $\leq 3$  | $f_3$                        |

#### Filler

Il filler è la frazione passante per la maggior parte allo staccio 0,063 mm e proviene dalla frazione fine degli aggregati; può essere costituito, inoltre, da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti. In ogni caso, il filler per conglomerati tiepidi deve soddisfare i requisiti indicati in Tabella 13.9.

TABELLA 13.9 REQUISITI DEL FILLER

| Indicatori di qualità          |                         |                 | VALORE  | Categoria<br>UNI EN 13043 |
|--------------------------------|-------------------------|-----------------|---------|---------------------------|
| Parametro                      | Normativa               | Unità di misura |         |                           |
| Passante allo staccio 0,125 mm | UNI EN 933-1            | %               | 100     | -                         |
| Passante allo staccio 0,063 mm | UNI EN 933-1            | %               | ≥ 80    | -                         |
| Indice Plasticità              | UNI CEN ISO/TS 17892-12 |                 | N.P.    | -                         |
| Vuoti Rigden                   | UNI EN 1097-4           | %               | 28 - 45 | V <sub>28/45</sub>        |
| Stiffening Power               | UNI EN 13179-1          | °C              | 8 - 16  | Δ <sub>R&amp;B8/16</sub>  |

#### Componenti riciclati

Per conglomerato riciclato si intende quello proveniente dalla frantumazione in frantoio di lastre o blocchi di conglomerato demolito con sistemi tradizionali, oppure dalla fresatura in sito eseguita con idonee macchine (preferibilmente a freddo). Per ogni lavorazione, le percentuali in peso di materiale fresato definito di “integrazione”, riferite al totale della miscela degli inerti, devono essere comprese nei limiti riportati nel decreto CAM. Per il confezionamento di strati di base può essere utilizzato conglomerato riciclato di qualsiasi provenienza (usura, binder, base).

La percentuale e la provenienza del conglomerato riciclato da impiegare deve essere obbligatoriamente dichiarata nello studio di progetto della miscela che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori.

#### Leganti

Il legante utilizzato per il confezionamento di conglomerati tiepidi per strati base può essere costituito sia da prodotti modificati che “tal Quali”. I leganti a base di bitume impiegati dovranno essere qualificati in conformità alla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA delle norme europee armonizzate di riferimento: UNI EN 12591 per i bitumi puri per applicazioni stradali, UNI EN 14023 per i bitumi modificati, UNI EN 13808 per le emulsioni di bitume.

### **13.3.3 – Miscela**

#### Composizione della miscela

La composizione indicativa della miscela per la realizzazione di conglomerati tiepidi per strati di binder è riportata nella normativa CAM. La miscela degli aggregati di primo impiego e del conglomerato da riciclare,

da adottarsi per gli strati di binder, deve avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso riportato in Tabella 13.10. 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 Tabella 13.10.

La quantità di bitume nuovo di effettivo impiego e la percentuale del componente additivo devono essere determinate mediante lo studio della miscela con metodo volumetrico su provini addensati con pressa giratoria secondo UNI EN 12697-31 ed in funzione delle caratteristiche e prestazioni finali previste per la miscela. Le caratteristiche richieste per gli strati di binder in conglomerato tiepido sono riportate nella Tabella 13.11, Tabella 13.12.

TABELLA 13.4 REQUISITI GRANULOMETRICI DELLE MISCELE DI AGGREGATI

| Serie stacci<br>UNI (mm) |       | Passante<br>totale in peso<br>% |
|--------------------------|-------|---------------------------------|
| Staccio                  | 20    | 100                             |
| Staccio                  | 16    | 80 – 100                        |
| Staccio                  | 12,5  | 65 – 90                         |
| Staccio                  | 8     | 50 – 73                         |
| Staccio                  | 4     | 35 – 55                         |
| Staccio                  | 2     | 25 – 38                         |
| Staccio                  | 0,5   | 11 – 21                         |
| Staccio                  | 0,25  | 6 – 16                          |
| Staccio                  | 0,125 | 4 – 10                          |
| Staccio                  | 0,063 | 4 – 8                           |
| % di bitume              |       | 4,5 – 5,5                       |

TABELLA 13.11 REQUISITI DELLA MISCELA DI CONGLOMERATO TIEPIDO PER STRATI DI BINDER STUDIATA CON METODO VOLUMETRICO

| METODO VOLUMETRICO             |                 |         |
|--------------------------------|-----------------|---------|
| Condizioni di prova            | Unità di misura | Valori  |
| Velocità di rotazione          | rotazioni/min   | 30      |
| Pressione verticale            | kPa             | 600     |
| Diametro del provino           | mm              | 150     |
| <i>Risultati richiesti</i>     |                 |         |
| Vuoti a 10 rotazioni (*)       | %               | 10 – 14 |
| Vuoti a 100 rotazioni (*) (**) | %               | 3 – 5   |

|                                                                                                                        |   |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-----|
| Vuoti a 180 rotazioni (*)                                                                                              | % | ≥ 2 |
| (*) Percentuale dei vuoti determinata secondo la UNI EN 12697-8                                                        |   |     |
| (**) La massa volumica ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D <sub>G</sub> |   |     |

TABELLA 13.12 REQUISITI MECCANICI DELLA MISCELA DI CONGLOMERATO TIEPIDO PER STRATI DI BINDER STUDIATA CON METODO VOLUMETRICO

| Requisiti meccanici                                                                    | Unità di misura   | Valori    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------|
| Resistenza a trazione indiretta ITS a 25 °C (***)<br>(UNI EN 12697-23)                 | N/mm <sup>2</sup> | 0,8 – 1,4 |
| Coefficiente di trazione indiretta CTI <sup>7</sup> a 25 °C<br>(***) (UNI EN 12697-23) | N/mm <sup>2</sup> | 50 – 200  |
| Sensibilità all'acqua ITSR a 25 °C (***)<br>(UNI EN 12697-12)                          | %                 | ≥ 80      |
| (***) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria                 |                   |           |

Sui provini confezionati al 100% della DG deve essere sperimentalmente determinato un opportuno parametro di rigidità (UNI EN 12697-26:2004 allegato C) 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. In mancanza di specifiche indicazione del progetto il modulo di rigidità a 20 ° C e rise-time=125 ms (UNI EN 12697-26:2004 allegato C) dovrà soddisfare i valori riportati in Tabella 13.13.

TABELLA 13.13 REQUISITI DI RIGIDEZZA DELLA MISCELA DI CONGLOMERATO TIEPIDO PER STRATI DI BINDER

| Requisiti meccanici                                                                | Unità di misura | Valore      |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------|
| Modulo di rigidità a 20 °C e rise-time=125 ms<br>(UNI EN 12697-26:2004 allegato C) | MPa             | 4000 – 9000 |

#### Accettazione della miscela

Prima dell'inizio delle lavorazioni, l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori, lo studio di progetto della miscela che intende adottare, in originale e firmato dal responsabile dell'Impresa. Esso deve essere corredato da una completa documentazione degli studi effettuati e contenere i risultati delle prove di accettazione e d'idoneità delle miscele di progetto e di tutti gli elementi che la compongono (aggregati, leganti, additivi). Durante i lavori l'Impresa dovrà attenersi rigorosamente alla formulazione di progetto accettata, operando i controlli di produzione e di messa in opera secondo il Sistema di Qualità da essa adottato.

La D.L., in contraddittorio con l'impresa, in ogni momento e a suo insindacabile giudizio, in cantiere, alla stesa ed in impianto, potrà effettuare prelievi, controlli, misure e verifiche sia sui singoli componenti della miscela che sul prodotto finito, sulle attrezzature di produzione, accessorie e di messa in opera. L'esito positivo dei suddetti controlli e verifiche non elimina le responsabilità dell'Impresa sull'ottenimento dei risultati finali del prodotto in opera che sono espressamente richiamati in questo articolo. Nella curva granulometrica saranno ammesse variazioni delle singole percentuali del contenuto di aggregato grosso di  $\pm 3$  punti percentuali, del contenuto di aggregato fine di  $\pm 2$  punti percentuali, del passante allo staccio UNI 0,063 mm di  $\pm 1,5$  punti percentuali. Per la percentuale di bitume è tollerato uno scostamento di  $\pm 0,25\%$ . I precedenti valori devono essere rispettati sia dalle miscele prelevate alla stesa, sia dalle carote prelevate in sito, tenuto conto per queste ultime della quantità teorica del bitume di ancoraggio.

#### **Art. 13.4 – Strati di Usura realizzati con conglomerati bituminosi a tiepido**

##### **13.4.1 - Generalità**

I conglomerati bituminosi confezionati a tiepido (temperature di miscelazione inferiori a 130 ° C) garantiscono un basso impatto ambientale riducendo l'inquinamento da emissioni di fumi e polveri sia in fase di produzione sia durante la stesa in opera, cautelando gli operatori e garantendo loro una miglior qualità di lavoro; il contenimento della temperatura durante il confezionamento all'impianto e alla stesa si traduce poi in un considerevole risparmio energetico. Tali eco-obiettivi o eco-prestazioni dovranno essere affiancati ad elevate prestazioni fisico-meccaniche del prodotto finito tali da garantire una pavimentazione più sicura e più durevole. Oltre a questi obiettivi con l'impiego dei conglomerati tiepidi è possibile realizzare pavimentazioni bituminose anche in situazioni meteorologiche sfavorevoli (autunno o inverno) data l'elevata lavorabilità dei materiali a basse temperature e il lento decadimento della temperatura nel tempo.

Il conglomerato tiepido è costituito da una miscela di inerti lapidei di primo impiego (ghiaie, pietrischi, graniglie, sabbie ed additivi) ed eventualmente materiale riciclato (materiale proveniente da fresatura stradale adeguatamente selezionato) miscelata a basse temperature con leganti bituminosi e/o additivi.

##### **13.4.2 – Qualificazione dei materiali**

###### Aggregati

Gli aggregati lapidei di primo impiego risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi, degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fine o di additivazione: tali aggregati, insieme all'eventuale conglomerato riciclato, costituiscono la fase solida dei conglomerati tiepidi.

Gli aggregati impiegati dovranno essere qualificati in conformità alla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13043.

###### Aggregato grosso

Designazione attribuita agli aggregati di dimensioni più grandi con D minore o uguale a 45 mm e con d maggiore o uguale a 2 mm, dove con D si indica la dimensione dello staccio superiore e con d quella dello staccio inferiore. La designazione dell'aggregato grosso dovrà essere effettuata mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base abbinati agli stacci del gruppo 2 della UNI EN 13043.

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 Tabella 13.14.

TABELLA 13.14 REQUISITI DELL'AGGREGATO GROSSO

| Indicatori di qualità                                                                                                                                                                                                           |                |                 | Livelli di traffico |        |        |         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------|---------------------|--------|--------|---------|
| Parametro                                                                                                                                                                                                                       | Normativa      | Unità di misura | PP                  | P      | M      | L       |
| Los Angeles (*)                                                                                                                                                                                                                 | UNI EN 1097-2  | %               | ≤ 18                | ≤ 20   | ≤ 20   | ≤ 25    |
| Micro Deval Umida (*)                                                                                                                                                                                                           | UNI EN 1097-1  | %               | ≤ 15                | ≤ 15   | ≤ 15   | ≤ 20    |
| Quantità di frantumato                                                                                                                                                                                                          | -              | %               | 100                 | 100    | 100    | 100     |
| Dimensione max                                                                                                                                                                                                                  | UNI EN 933-1   | mm              | 20                  | 20     | 20     | 20      |
| Resistenza al gelo (DS <sub>ia</sub> )                                                                                                                                                                                          | UNI EN 1367-1  | %               | ≤ □ 30              | ≤ □ 30 | ≤ □ 30 | ≤ □ 30  |
| Spogliamento                                                                                                                                                                                                                    | UNI EN 12697-1 | %               | 0                   | 0      | 0      | 0       |
| Passante allo 0.063                                                                                                                                                                                                             | UNI EN 933-1   | %               | ≤ □ 1               | ≤ □ 1  | ≤ □ 1  | ≤ □ 2   |
| Indice appiattimento                                                                                                                                                                                                            | UNI EN 933-3/4 | %               | ≤ □ 20              | ≤ □ 20 | ≤ 30   | ≤ □ 30  |
| Porosità                                                                                                                                                                                                                        | UNI EN 1936    | %               | ≤ 1,5               | ≤ 1,5  | ≤ 1,5  | ≤ □ 1,5 |
| CLA                                                                                                                                                                                                                             | UNI EN 1097-8  | %               | ≥ □ 45              | ≥ □ 42 | ≥ □ 40 | ≥ □ 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. |                |                 |                     |        |        |         |

#### Aggregato fine

Designazione attribuita agli aggregati di dimensioni più piccole con D minore o uguale a 2 mm e contenente particelle che sono per la maggior parte trattenute su uno staccio di 0.063 mm.

La designazione dell'aggregato fine dovrà essere effettuata secondo la norma UNI EN 13043. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l'impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima D = 4 mm.

Deve essere costituito da elementi naturali e di frantumazione e possedere le caratteristiche riassunte nella Tabella 13.15.

TABELLA 13.15 REQUISITI DELL'AGGREGATO FINE

| Indicatori di qualità  |              |                 | Livelli di traffico |                   |                   |
|------------------------|--------------|-----------------|---------------------|-------------------|-------------------|
| Parametro              | Normativa    | Unità di misura | PP e P              | M                 | L                 |
| Equivalente Sabbia in  | UNI EN 933-8 | %               | $\geq \square 80$   | $\geq \square 70$ | $\geq \square 60$ |
| Passante allo 0.063    | UNI EN 933-1 | %               | $\leq \square 2$    | $\leq \square 2$  | $\leq \square 3$  |
| Quantità frantumato di | CNR 109/85   | %               | $\geq \square 70$   | $\geq \square 50$ | $\geq \square 50$ |

Filler

Il filler è la frazione passante per la maggior parte allo staccio 0,063 mm e proviene dalla frazione fine degli aggregati; può essere costituito, inoltre, da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti. In ogni caso, il filler per conglomerati tiepidi deve soddisfare i requisiti indicati in Tabella 13.16.

TABELLA 13.16 REQUISITI DEL FILLER

| Tutti i livelli di traffico                      |                         |                 |                       |
|--------------------------------------------------|-------------------------|-----------------|-----------------------|
| Indicatori di qualità                            |                         |                 | Strato pavimentazione |
| Parametro                                        | Normativa               | Unità di misura | Base Binder Usura     |
| Spogliamento                                     | prEN12697-11            | %               | $\leq \square 5$      |
| Passante allo 0.125                              | UNI EN 933-1            | %               | 100                   |
| Passante allo 0.063                              | UNI EN 933-1            | %               | $\geq \square 80$     |
| Indice Plasticità                                | UNI CEN ISO/TS 17892-12 |                 | N.P.                  |
| Vuoti Rigden                                     | UNI EN 1097-4           | %               | 30-45                 |
| Stiffening Power<br>Rapporto filler/bitume = 1,5 | UNI EN 13179-1          | D PA            | $\geq \square 5$      |

Componenti riciclati

Per conglomerato riciclato si intende quello proveniente dalla frantumazione in frantoio di lastre o blocchi di conglomerato demolito con sistemi tradizionali, oppure dalla fresatura in sito eseguita con idonee macchine (preferibilmente a freddo). Per ogni lavorazione, le percentuali in peso di materiale fresato definito di “integrazione”, riferite al totale della miscela degli inerti, devono essere comprese nei limiti riportati nel decreto CAM. Per il confezionamento di strati di base può essere utilizzato conglomerato riciclato di qualsiasi provenienza (usura, binder, base).

La percentuale e la provenienza del conglomerato riciclato da impiegare deve essere obbligatoriamente dichiarata nello studio di progetto della miscela che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori.

#### Leganti

Il legante utilizzato per il confezionamento di conglomerati tiepidi per strati base può essere costituito sia da prodotti modificati che "tal Quali". I leganti a base di bitume impiegati dovranno essere qualificati in conformità alla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA delle norme europee armonizzate di riferimento: UNI EN 12591 per i bitumi puri per applicazioni stradali, UNI EN 14023 per i bitumi modificati, UNI EN 13808 per le emulsioni di bitume.

### **13.4.3 – Miscela**

#### Composizione della miscela

La composizione indicativa della miscela per la realizzazione di conglomerati tiepidi per strati di usura è riportata nella normativa CAM. La miscela degli aggregati di primo impiego e del conglomerato da riciclare, da adottarsi per gli strati di binder, deve avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso riportato in Tabella 13.17. 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 Tabella 13.17.

La quantità di bitume nuovo di effettivo impiego e la percentuale del componente additivo devono essere determinate mediante lo studio della miscela con metodo volumetrico su provini addensati con pressa giratoria secondo UNI EN 12697-31 ed in funzione delle caratteristiche e prestazioni finali previste per la miscela. Le caratteristiche richieste per gli strati di usura in conglomerato tiepido sono riportate nella Tabella 13.18 e 19.

**TABELLA 13.17 REQUISITI GRANULOMETRICI DELLE MISCELE DI AGGREGATI**

| Serie stacci |      | Usura    |         |
|--------------|------|----------|---------|
| UNI (mm)     |      | A        | B       |
| Staccio      | 31.5 | -        | -       |
| Staccio      | 22.4 | -        | -       |
| Staccio      | 20   | 100      | -       |
| Staccio      | 16   | -        | -       |
| Staccio      | 12.5 | 90 – 100 | 100     |
| Staccio      | 8    | 70 – 90  | 70 – 90 |
| Staccio      | 4    | 40 – 55  | 40 – 60 |
| Staccio      | 2    | 25 – 38  | 25 – 38 |
| Staccio      | 0.5  | 12 – 21  | 12 – 21 |

|             |       |           |            |
|-------------|-------|-----------|------------|
| Staccio     | 0.25  | 9 – 16    | 9 – 16     |
| Staccio     | 0.125 | 6 – 11    | 6 – 11     |
| Staccio     | 0.063 | 6 - 10    | 6 - 10     |
| % di bitume |       | 4,8 - 6,3 | 5,0 - 6, 5 |

TABELLA 13.18 REQUISITI DELLA MISCELA DI CONGLOMERATO TIEPIDO PER STRATI DI USURA STUDIATA CON METODO VOLUMETRICO

| METODO VOLUMETRICO                                                                                             |                 |                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|
| Condizioni <i>di prova</i>                                                                                     | Unità di misura | Strato di usura |
| Angolo di rotazione                                                                                            |                 | 1.25° ± 0.02    |
| Velocità di rotazione                                                                                          | Rotazioni/min   | 30              |
| Pressione verticale                                                                                            | Kpa             | 600             |
| Diametro del provino                                                                                           | mm              | 100             |
| Risultati richiesti                                                                                            |                 |                 |
| Vuoti a 10 rotazioni                                                                                           | %               | 10 – 14         |
| Vuoti a 100 rotazioni (*)                                                                                      | %               | 4 – 6           |
| Vuoti a 180 rotazioni                                                                                          | %               | > 2             |
| (*) La densità ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D <sub>G</sub> |                 |                 |

TABELLA 13.19 REQUISITI MECCANICI DELLA MISCELA DI CONGLOMERATO TIEPIDO PER STRATI DI USURA STUDIATA CON METODO VOLUMETRICO

| Requisiti meccanici                        | Unità di misura | Bitume tal quale | Bitume Medium e Hard |
|--------------------------------------------|-----------------|------------------|----------------------|
| Resistenza a trazione indiretta a 25°C     | N/mm2           | > 0,7            | > 0,8                |
| Coefficiente di trazione indiretta a 25° C | N/mm2           | > 70             | > 80                 |

Accettazione della miscela

Prima dell'inizio delle lavorazioni, l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori, lo studio di progetto della miscela che intende adottare, in originale e firmato dal responsabile dell'Impresa. Esso deve essere corredato da una completa documentazione degli studi effettuati e contenere i risultati delle prove di accettazione e d'idoneità delle miscele di progetto e di tutti gli elementi che la compongono (aggregati, leganti, additivi). Durante i lavori l'Impresa dovrà attenersi rigorosamente alla formulazione di progetto accettata, operando i controlli di produzione e di messa in opera secondo il Sistema di Qualità da essa adottato.

La D.L., in contraddittorio con l'impresa, in ogni momento e a suo insindacabile giudizio, in cantiere, alla stesa ed in impianto, potrà effettuare prelievi, controlli, misure e verifiche sia sui singoli componenti della miscela che sul prodotto finito, sulle attrezzature di produzione, accessorie e di messa in opera. L'esito positivo dei suddetti controlli e verifiche non elimina le responsabilità dell'Impresa sull'ottenimento dei

risultati finali del prodotto in opera che sono espressamente richiamati in questo articolo. Nella curva granulometrica saranno ammesse variazioni delle singole percentuali del contenuto di aggregato grosso di  $\pm 3$  punti percentuali, del contenuto di aggregato fine di  $\pm 2$  punti percentuali, del passante allo staccio UNI 0,063 mm di  $\pm 1,5$  punti percentuali. Per la percentuale di bitume è tollerato uno scostamento di  $\pm 0,25\%$ . I precedenti valori devono essere rispettati sia dalle miscele prelevate alla stesa, sia dalle carote prelevate in sito, tenuto conto per queste ultime della quantità teorica del bitume di ancoraggio.

#### Art. 13.5 – Esecuzione dei Lavori

L'utilizzo di conglomerati bituminosi Tiepidi riduce le sostanze inquinanti immesse nell'atmosfera e il quantitativo di energia consumata, fin dalla fase di confezionamento in impianto. La minor temperatura di produzione che è caratteristica di questo tipo di materiali comporta un risparmio di risorse riassunte nella sottostante tabella:

| <u>Parametro</u>       | <u>Riduzione valori registrati tra produzione tradizionale e a bassa temperatura</u> | <u>Unità di misura</u> |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| <u>CO<sub>2</sub></u>  | <u>Riduzione emissione al camino minima: 30%</u>                                     | <u>Kg/h</u>            |
| <u>SO<sub>2</sub></u>  | <u>Riduzione emissione al camino minima: 25%</u>                                     | <u>Kg/h</u>            |
| <u>NO<sub>x</sub></u>  | <u>Riduzione emissione al camino minima: 50%</u>                                     | <u>Kg/h</u>            |
| <u>Consumo energia</u> | <u>Riduzione combustibile tamburo essiccatore: 25%</u>                               | <u>m<sup>3</sup>/h</u> |

Gli impianti di produzione dovranno avere caratteristiche idonee e dovranno essere rispondenti alle indicazioni della normativa CAM.

Prima della posa del materiale in cantiere è necessario procedere alla preparazione delle superfici di stesa allo scopo di garantire una 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 mano d'attacco.

Per mano di ancoraggio si intende l'applicazione di emulsione bituminosa a rottura lenta e bassa viscosità sopra uno strato in misto granulare prima della realizzazione di uno strato in conglomerato bituminoso allo scopo di riempire i vuoti dello strato non legato irrigidendone la parte superficiale e 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 una emulsione bituminosa cationica al 55%, le cui caratteristiche sono riportate in precedenza, applicata con un dosaggio di bitume residuo almeno pari a 1,0 kg/m<sup>2</sup>.

Per mano d'attacco si intende l'applicazione di una emulsione bituminosa a rottura media oppure rapida (in funzione delle condizioni di utilizzo) al di sopra di una superficie di conglomerato bituminoso prima della realizzazione di un nuovo strato, con lo scopo di evitare possibili scorrimenti relativi aumentando l'adesione all'interfaccia tra i due strati.

Il dosaggio del materiale da impiegare, nonché le sue caratteristiche, variano a seconda che l'applicazione riguardi la costruzione di una nuova sovrastruttura oppure un intervento di manutenzione: nel caso di nuove costruzioni, si utilizzerà una emulsione bituminosa cationica (al 60% oppure al 65% di legante), dosata in modo che il bitume residuo risulti pari a 0,30 kg/m<sup>2</sup>. Se il nuovo strato deve essere realizzato sopra una pavimentazione esistente è consigliato l'utilizzo di una emulsione bituminosa modificata 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.

Nel caso in cui il conglomerato bituminoso debba essere steso 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 in precedenza.

I leganti a base di bitume impiegati per le mani di ancoraggio e di attacco dovranno essere qualificati in conformità alla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13808 per le emulsioni di bitume.

I conglomerati tiepidi saranno posti in opera a mezzo di macchine vibrofinitrici, dei tipi approvati dalla D.L., in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento: in ogni caso, le vibrofinitrici devono lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella fase di stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali. 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 dovrà 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.

Si devono programmare e realizzare le sovrapposizioni dei giunti longitudinali tra i vari strati in maniera tale che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno 20 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Il conglomerato dovrà essere trasportato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa 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 compresa tra 95 - 105 ° C.

Qualora la temperatura risultasse superiore il materiale dovrà permanere in cantiere sui mezzi di trasporto fino alla temperatura prevista ovvero compresa tra 95 - 105 ° C.

Qualora le condizioni meteorologiche generali possano pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro, si dovrà procedere alla sospensione della stesa: 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 comunque a temperatura compresa tra 95 - 105 ° C e deve essere condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento deve essere realizzato con rulli gommati di idoneo peso, rulli metallici o tandem.

Dovrà essere utilizzato un rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 10 t per le operazioni di finitura dei giunti e riprese.

La compattazione deve essere condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

A compattazione ultimata, la superficie degli strati deve presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni in modo tale che un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato vi aderisca uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

Si potrà procedere alla stesa della miscela bituminosa dello strato di base solo dopo che sia stata accertata, da parte della Direzione Lavori, la rispondenza della fondazione ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

La miscela bituminosa del binder e dell'usura verrà stesa sul piano finito dello strato sottostante dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

## Art. 14 TRATTAMENTI SUPERFICIALI

### Art. 14.1 – Conglomerato bituminoso a caldo per risagomature di pavimentazioni

#### 14.1.1 - Caratteristiche prestazionali

In corrispondenza di fenomeni deformativi particolarmente evidenti, andrà prevista prima della realizzazione del nuovo tappeto di usura, la stesa di un microtappeto in conglomerato bituminoso a caldo, avente la funzione di risagomare il piano viabile deformato.

Le caratteristiche ed i requisiti di accettazione dei materiali inerti e dei leganti costituenti la miscela, come pure le prescrizioni per la formazione, la confezione e la posa in opera delle miscele, saranno in tutto conformi a quanto già specificato all'art. 11 per i conglomerati bituminosi per strati di usura, fatte salve le seguenti modifiche.

Composizione granulometrica individuabile con una curva continua contenuta orientativamente entro i limiti del seguente fuso:

| setacci UNI-EN | passante totale in peso % |
|----------------|---------------------------|
| setaccio 8     | 100                       |
| setaccio 4     | 70-90                     |

|                |       |
|----------------|-------|
| setaccio 2     | 38-58 |
| setaccio 0.5   | 15-32 |
| setaccio 0,25  | 8-20  |
| setaccio 0,063 | 5-10  |

#### 14.1.2 Posa in opera

La posa in opera dovrà essere eseguita a regola d'arte, con vibrofinitrici in grado di realizzare uno strato finito perfettamente sagomato, senza ondulazioni, omogeneo, liscio, privo di sgranamenti, fessurazioni o aree di segregazione.

La stesa non deve presentare aree (chiazze) di bitume o di malta bituminosa (bitume e parti fini) dovute a problemi di colaggio o segregazione nella miscela.

Per garantire la continuità tra gli strati, sul piano di posa, che deve essere asciutto, va stesa sempre una mano di attacco in quantità compresa tra 0,6 e 1,2 kg/mq di bitume o emulsione ambe-due preferibilmente modificati.

I giunti trasversali e longitudinali devono presentarsi privi di fessurazioni o elementi litoidi frantumati, con le strisciate adiacenti perfettamente complanari.

In caso di stesa di due strisciate affiancate, per evitare di avere il "giunto freddo" è preferibile, se non è possibile l'impiego di due finitrici, una spaziatura temporale ridotta al minimo. La mano di attacco deve andare ad interessare (se le due strisciate sono distanti temporalmente) anche il bordo della prima strisciata. Il conglomerato bituminoso deve essere prodotto in impianto a temperature tra 145 °C e 180 °C; deve essere steso a temperatura  $\geq 140$  °C (misurata dietro finitrice).

La compattazione deve avvenire mediante rulli metallici con peso compreso tra 6 e 10 ton; il rullo deve seguire da vicino la finitrice e condurre la compattazione a termine in continuo, senza interruzioni.

Vanno immediatamente rimosse e rifatte zone che presentino anomalie di stesa, segregazioni, sgranature. Il trasporto tra l'impianto ed il cantiere di stesa deve avvenire con mezzi idonei che evitino la formazione di crostoni o eccessivi raffreddamenti superficiali.

#### 14.1.3 - Caratteristiche prestazionali (volumetriche e meccaniche)

Le miscele devono avere massime caratteristiche di resistenza a fatica, all'ormaiamento, ai fattori climatici e in generale ad azioni esterne.

Le miscele devono essere verificate mediante pressa giratoria con i seguenti parametri di prova:

|                                  |                 |
|----------------------------------|-----------------|
| Pressione verticale kPa          | 600 $\pm$ 3     |
| Angolo di rotazione              | 1,25 $\pm$ 0,02 |
| Velocità di rotazione (giri/min) | 30              |
| Diametro provino (mm)            | 100             |

**14.1.3.1 - Dati volumetrici**

I provini dovranno essere compattati mediante giratoria ad un numero di giri totali (N3) dipendente dalla tipologia della miscela e dalla tipologia del legante.

La verifica della percentuale dei vuoti dovrà essere fatta a tre livelli di n° giri: N1 (iniziale), N2 (medio) e N3 (finale).

Il numero dei giri di riferimento con le relative percentuali dei vuoti sono:

|    | N° giri | % vuoti (Vm UNI EN 12697-8) |
|----|---------|-----------------------------|
| N1 | 10      | 11-15                       |
| N2 | 100     | 3-6                         |
| N3 | 190     | $\geq 2$                    |

**14.1.3.2 - Dati meccanici**

Le miscele risultanti dallo studio/verifica mediante giratoria (compattate a N3) devono essere te-state a trazione diametrale a 25 °C.

I due parametri di riferimento sono Rt (resistenza a trazione) e CTI (coefficiente di trazione indi-retta):

|                        |             |
|------------------------|-------------|
| ITS (GPa x $10^{-3}$ ) | 0,70 – 1,50 |
| CTI (GPa x $10^{-3}$ ) | $\geq 65$   |

Lo spessore finito risulterà essere mediamente dell'ordine del centimetro e sarà comunque il mi-nimo compatibile in ordine alle caratteristiche granulometriche della miscela ed all'entità delle de-formazioni da risagomare.

**Art. 14.2 - Trattamenti di irruvidimento con sistemi meccanici****14.2.1 - Irruvidimento per migliorare l'aderenza**

L'irruvidimento della superficie della pavimentazione comunque eseguita dovrà lasciare un piano il più possibile uniforme e regolare in tutte le direzioni privo di solchi longitudinali e sgranature, in particolare ai bordi delle singole strisciate dovranno essere evitati gradini od affossamenti.

Le attrezzature impiegate dovranno essere perfettamente efficienti e funzionanti con caratteristiche meccaniche, dimensioni e produzioni approvate preventivamente dalla D.L..

L'irruvidimento dovrà interessare prevalentemente solo la corsia di marcia lenta per una larghezza di 4 metri a partire dal bordo destro della riga tratteggiata bianca; per particolari situazioni stradali in essere (a discrezione della D.L.) tale larghezza potrà essere variata per eccesso o per difetto

**14.2.1.1 - Irruvidimento mediante pallinatura**

Le superfici con ridotto CAT possono essere riportate a valori superiori con irruviditrici a secco denominate "pallinatrici", le quali non lasciano le superfici trattate con striature orientate in senso longitudinale o trasversale tali da non incrementare il rumore di rotolamento e non creare l'effetto rotaia.

I pallini proiettati dalla macchina vanno recuperati per aspirazione e reimpiegati previa eliminazione e stoccaggio delle particelle distaccate dai manti stradali, in modo da ottenere il massimo incremento possibile del CAT; tale incremento è in relazione al tipo di miscele presenti nel punto trattato e comunque dovrà essere superiore di almeno 5 punti CAT rispetto al valore preesistente; le misure andranno eseguite entro sessanta giorni dalla lavorazione.

La fase di pallinatura dovrà essere applicata in modo omogeneo e non dovrà produrre sulla superficie del manto aree di sgranatura.

**14.2.2 - Irruvidimento per variare la rumorosità**

Qualora lo scopo del trattamento fosse quello di generare una variazione del rumore di rotolamento rispetto a quello della normale pavimentazione per richiamare l'attenzione del conducente, su segnaletiche speciali o su punti singolari del tracciato, la superficie della pavimentazione dovrà essere fresata in modo da ottenere dei solchi discontinui (tratteggio) della profondità di 0,5-1 cm; ciò si otterrà con idonea attrezzatura munita di fresa a tamburo funzionante a freddo con tutti i denti della stessa lunghezza, operando con l'attrezzatura alla massima velocità di spostamento longitudinale e con la minima velocità di rotazione del tamburo cilindrico.

In questo tipo di irruvidimento l'intervento dovrà in generale interessare l'intera carreggiata.

La sua validità sarà ritenuta soddisfacente se la variazione di rumore di rotolamento all'interno di una autovettura media, sarà chiaramente avvertibile a velocità di 50 km/h o maggiori.

**Art. 14.3 - Microtappeti a freddo tipo "slurry - seal" (macro-seal)****14.3.1 - Descrizione**

Il microtappeto tipo "slurry-seal" è costituito dall'applicazione di un sottile strato di malta bituminosa impermeabile irruvidita.

L'impiego di macroseal deve essere previsto al fine di ripristinare una condizione di aderenza accettabile su tappeti con CAT<45 o in particolari tratti ad elevata pericolosità (curve con raggi di curvatura piccoli, tratti in forte pendenza e /o tratte ad elevata incidentalità).

Per una sufficiente durata del macroseal (per durata si intende un mantenimento della superficie continuo senza "chiazze" o zone di espiazione della graniglia soprattutto sulla battuta degli pneumatici) è necessario avere un supporto (a meno di effettuare una rasatura) sufficientemente sano, cioè privo di lesioni, ragnatele o sfondamenti.

La malta è formata da una miscela di inerti basaltici particolarmente selezionati, impastati a freddo con una speciale emulsione bituminosa elastomerizzata.

La miscelazione e la stesa sono effettuate con una apposita macchina semovente ed il trattamento, che normalmente non richiede rullatura, può essere aperto al traffico quasi immediatamente.

**14.3.2 – Aggregati lapidei**

Gli aggregati lapidei, costituiti da una miscela di graniglia, sabbia e filler, con granulometria ben graduata e continua, devono soddisfare particolari requisiti di pulizia, poliedricità, resistenza meccanica, all'abrasione ed al levigamento. Per l'aggregato grosso dovranno essere impiegati esclusivamente inerti frantumati di cava, con perdita in peso alla prova Los Angeles, eseguita sulle singole pezzature (Norma UNI EN 1097-2), minore del 18% e non superiore al 16% per la massima pezzatura; inoltre, resistenza alla levigabilità PSV (Polish Stone Value) determinata su tali pezzature dovrà essere uguale o maggiore di 46 (UNI EN 1097-8). In caso di impiego di altri materiali (scorie, loppe, cromiti ecc) la D.L. si dovrà esprimere circa la fattibilità del lavoro.

L'aggregato fino sarà composto da sabbia di frantumazione.

In ogni caso la qualità delle rocce e degli elementi litoidi da cui è ricavata per frantumazione la sabbia dovrà avere alla prova Los Angeles, (Norma UNI EN 1097-2), eseguita su granulato della stessa provenienza, la perdita in peso non superiore al 25%.

L'equivalente in sabbia determinato sulla sabbia o sulla miscela delle due dovrà essere maggiore od uguale all'80% (UNI EN 933-8).

**14.3.3 - Additivi**

Gli additivi (filler) provenienti dalle sabbie descritte al punto 13.3.2. potranno essere integrati con filler di apporto (normalmente cemento Portland 325); gli additivi impiegati dovranno soddisfare i requisiti richiesti al precedente punto 11.1.6.

**14.3.4 - Miscele**

La miscela dovrà avere una composizione granulometrica compresa nel fuso di:

| setacci UNI-EN | passante totale in peso % |
|----------------|---------------------------|
| setaccio 8     | 100                       |
| setaccio 4     | 50-80                     |
| setaccio 2     | 30-55                     |
| setaccio 0,25  | 12-24                     |
| setaccio 0,125 | 8-18                      |
| setaccio 0,063 | 5-10                      |

Miscele con spessori finali diversi dovranno essere concordate di volta in volta con la D.L..

**14.3.5 - Malta bituminosa**

Il legante bituminoso sarà costituito da una emulsione bituminosa al 60% di tipo elastico a rottura controllata, modificata con elastomeri sintetici incorporati in fase continua (acqua) prima dell'emulsione opportunamente formulata per l'impiego.

Per la realizzazione dell'emulsione si dovrà esclusivamente impiegare bitume di tipo 80-100. L'impiego di altri tipi di bitumi potrà essere autorizzato esclusivamente dalla D.L..

I requisiti richiesti dal bitume elastomerizzato (residuo della distillazione) dovranno essere i seguenti:

|                           |       |                        |
|---------------------------|-------|------------------------|
| Penetrazione a 25°C dmm   | 50/70 | Normativa UNI EN 1426  |
| Punto di rammollimento °C | 60    | Normativa UNI EN 1427  |
| Punto di rottura Fraas °C | -18   | Normativa UNI EN 12593 |

Dovranno essere impiegati additivi (es. dopes) complessi ed anche, se necessario cemento, per facilitare l'adesione tra il legante bituminoso e gli inerti, per intervenire sul tempo di rottura dell'emulsione e per permettere la perfetta miscelazione dei componenti della miscela. Il loro dosaggio, ottimizzato con uno studio di laboratorio, sarà in funzione delle condizioni esistenti al momento dell'applicazione e specialmente in relazione alla temperatura ambiente e del piano di posa.

#### 14.3.6 - Composizione e dosaggi della miscela

La malta bituminosa dovrà avere i seguenti requisiti:

|                                                                   |       |         |
|-------------------------------------------------------------------|-------|---------|
| Spessore minimo                                                   | mm    | 6       |
| Dosaggio della malta                                              | Kg/mq | 15-25   |
| Dimensione max inerti                                             | mm    | 7-8     |
| Contenuto di bitume elastomerizzato residuo, in peso sugli inerti | %     | 6,0-9,0 |

#### 14.3.7 - Acqua

L'acqua utilizzata nella preparazione della malta bituminosa a freddo dovrà essere dolce, limpida, non inquinata da materie organiche.

#### 14.3.8 - Confezionamento e posa in opera

Il confezionamento dell'impasto sarà realizzato con apposita macchina impastatrice-stenditrice semovente costituita essenzialmente da:

- serbatoio dell'emulsione bituminosa
- tramoggia degli aggregati lapidei
- tramoggia del filler
- dosatore degli aggregati lapidei
- nastro trasportatore
- spruzzatore dell'emulsione bituminosa
- spruzzatore dell'acqua
- mescolatore
- stenditore a carter

Le operazioni di produzione e stesa devono avvenire in modo continuo, connesso alla velocità di avanzamento della motrice, nelle seguenti fasi:

- ingresso della miscela di aggregati e del filler nel mescolatore
- aggiunta dell'acqua di impasto e dell'additivo
- miscelazione ed omogeneizzazione della miscela di inerti e del suo grado di umidità
- aggiunta dell'emulsione bituminosa
- miscelazione ed omogeneizzazione dell'impasto
- colamento dell'impasto nello stenditore a carter
- distribuzione dell'impasto nello stenditore, stesa e livellamento.

Prima di iniziare la stesa del microtappeto si dovrà procedere ad una energica pulizia della superficie stradale oggetto del trattamento, manualmente o a mezzo di mezzi meccanici, tutti i detriti e le polveri dovranno essere allontanati. In alcuni casi, a giudizio della D.L., dovrà procedersi ad una omogenea umidificazione della superficie stradale prima dell'inizio delle operazioni di stesa.

In particolari situazioni la D.L. potrà ordinare, prima dell'apertura al traffico, una leggera saturazione dello "Slurry-seal" a mezzo di stesa di sabbia di frantoio (da 0,5 a 1 kg di sabbia per 1 m<sup>2</sup> di pavimentazione) ed eventualmente una modesta compattazione da eseguirsi con rulli in seguito specificati. Al termine delle operazioni di stesa lo "Slurry-seal" dovrà presentare un aspetto regola-re ed uniforme esente da imperfezioni (sbavature, strappi, giunti di ripresa), una notevolissima scabrosità superficiale, una regolare distribuzione degli elementi litoidi componenti la miscela, assolutamente nessun fenomeno di rifluimento del legante.

Deve inoltre presentare sufficiente macrotessitura ( $HS > 0,5$ ).

In zone con sollecitazioni superficiali trasversali forti (curve ecc.) è opportuno che la malta bituminosa venga leggermente rullata prima dell'indurimento. La rullatura dovrà essere effettuata con apposito rullo gommato leggero a simulazione del traffico veicolare munito anche di piastra riscaldante per favorire l'evaporazione dell'acqua contenuta nella miscela stessa.

L'apertura al traffico deve avvenire in modo graduale (tenendo bassa la velocità dei veicoli alla prima apertura) e dopo un tempo sufficiente per la completa rottura dell'emulsione.

Per la lavorazione la temperatura minima dell'aria è di 15°C ed è assolutamente vietata in caso di pioggia o di supporto bagnato o umido.

La produzione o la posa in opera dello "Slurry-seal" dovrà essere interrotta con temperatura dell'aria inferiore ai 15°C ed in caso di pioggia.

#### **Art. 15 Controllo dei requisiti di accettazione delle pavimentazioni e relative detrazioni**

In correlazione a quanto prescritto circa la qualità e le caratteristiche dei materiali per la loro accettazione, l'Impresa sarà obbligata a prestarsi in ogni tempo alle prove dei materiali impiegati o da impiegare, anche se non incluse nelle presenti Norme purché facenti riferimento ad una normativa in uso, sottostando a tutte le spese per il prelievo, la formazione e l'invio dei campioni ai Laboratori ufficiali specificati nell'art. 20 della Legge 5/11/1971 n°1086, nonché per le corrispondenti prove ed esami.

La Direzione Lavori potrà a suo giudizio, autorizzare l'esecuzione delle prove presso altri laboratori di sua fiducia.

I campioni saranno prelevati in contraddittorio. Degli stessi potrà essere ordinata la conservazione nei locali indicati dalla Direzione Lavori, previa apposizione di sigilli e firme del Direttore Lavori e dell'Impresa e nei modi più adatti a garantirne l'autenticità e la conservazione.

I controlli per i requisiti di accettazione delle pavimentazioni e la valutazione delle eventuali detrazioni o penalizzazioni da applicare, sono basate su controlli di tipo prescrittivo e prestazionale, sia per i lavori di tipo MO, di MS e di NC, e comunque sempre a discrezione della D.L.

I controlli dei requisiti di accettazione di tipo prescrittivo sono richiamati negli articoli precedenti che si riferiscono alle specifiche miscele e leganti da sottoporre al controllo.

La mancata prequalifica dei materiali prima del loro utilizzo, comporta l'applicazione di una detrazione pari al 5% del prezzo (al netto dello sconto) delle lavorazioni nelle quali è stato impiegato il materiale oggetto della suddetta prequalifica.

Il campionamento dei materiali soggetti ai controlli di tipo prestazionale di cui sopra, potrà essere effettuato indicativamente con la seguente frequenza:

- **per il bitume:**

- almeno n° 1 prelievo ogni 400 mc di lavorazione di conglomerato;
- almeno n° 1 prelievo per strato nel caso di piccole stese (< 200 m).

Il quantitativo da prelevare, normalmente in recipienti metallici a chiusura ermetica, dovrà essere di almeno 1 kg per i bitumi tal quali e 2 kg per i bitumi modificati, al fine di poter valutare tutte le prove principali di caratterizzazione.

- **per il conglomerato bituminoso sciolto:**

- almeno n° 1 prelievo per ogni "cantiere" per usura, binder, basebinder e base;

Il quantitativo da prelevare è pari a circa 25 kg, sufficiente per l'esecuzione delle prove standard di laboratorio.

- **per il conglomerato bituminoso in carote:**

- almeno due coppie ogni 200 m e comunque in funzione delle richieste della D.L..

Il campione dovrà risultare indisturbato, integro, compatto e rappresentare lo spessore completo dello strato (o degli strati da esaminare).

Qualora la D.L. ritenga necessario provvedere alla verifica e al controllo prestazionale dell'emulsione bituminosa, questa dovrà essere campionata in recipienti metallici a chiusura ermetica e di quantità non inferiore ai 3 kg.

Le detrazioni saranno applicate in punti percentuali sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso (preparazione, materiale e stesa), attraverso l'applicazione delle formule esposte nei successivi articoli.

#### Art. 15.1 Aderenza e Tessitura

I valori di Aderenza e Tessitura costituiscono il dato prestazionale superficiale e i valori da ottenere sono dipendenti da:

- i tipi di materiale usati per l'esecuzione dello strato superficiale;
- le condizioni planaltimetriche del tracciato in ogni suo punto;
- il tipo di traffico prevalente e la sua intensità.

Il Coefficiente di Aderenza Trasversale CAT verrà misurato con l'apparecchiatura SCRIM, SUMMS o ERMES secondo la Norma CNR B.U. n° 147 del 14.12.92 <sup>1</sup>.

La tessitura geometrica HS, intesa come macrotessitura superficiale, verrà misurata in termini di MPD ed espressa in mm con l'apparecchiatura SCRIM, SUMMS o ERMES secondo la Norma UNI EN ISO 13473-1 di Agosto 2004; il valore di HS da confrontare con i limiti riportati in tabella risulterà:

$$HS = 0,2 + 0,8 \cdot MPD$$

Gli indicatori CAT, riportati alla temperatura di riferimento dell'aria di 20°C, e HS, dovranno essere superiori o uguali ai seguenti valori:

| TIPOLOGIA LAVORAZIONE                                            | CAT <sub>20</sub>                               | HS (mm) |
|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------|
| Conglomerati bituminosi per strati di usura                      | 58                                              | 0,4     |
| Conglomerati bituminosi per strati di usura provvisoria (binder) | 50                                              | 0,3     |
| Conglomerati bituminosi per strati di usura con argilla espansa  | 62                                              | 0,4     |
| Conglomerati bituminosi drenanti                                 | 53                                              | 1,0     |
| Conglomerati bituminosi drenanti con argilla espansa             | 56                                              | 0,8     |
| Trattamenti superficiali a freddo tipo macroseal spessore 6 mm   | 62                                              | 0,5     |
| Trattamenti superficiali a caldo (microtappeti)                  | 55                                              | 0,3     |
| Irraggiatura meccanica di irruvidimento (pallinatura)            | 5 punti CAT in più rispetto al CAT preesistente | N.A.    |

<sup>1</sup> La relazione tra il valore CAT qui prescritto (CAT<sub>anas</sub>) e quello definito dalla Norma CNR (CAT<sub>CNR</sub>) è la seguente:

$$CAT_{anas} = CAT_{CNR} \times 100$$

Il CAT dovrà essere riportato alla temperatura di riferimento di 20°C e nei risultati si dovrà specificare la temperatura superficiale della pavimentazione e la temperatura dell'aria alla quale è stata eseguita la prova.

Il flusso dell'acqua deve essere costante e pari a 0,75 l/s, si ipotizza che la velocità di rilievo sia sempre costante e pari a 60 km/h.

Le misure di CAT e di HS dovranno essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra il 15° ed il 180° giorno dall'apertura al traffico, ad eccezione dei conglomerati bituminosi drenanti ad elevata rugosità superficiale, per i quali le misure dovranno essere effettuate tra il 60° ed il 270° giorno dall'apertura al traffico, mentre le irradiazioni meccaniche di irruvidimento (pallinatura) andranno valutate entro il 60° giorno dall'intervento.

Le misure di CAT e HS saranno effettuate con gli strumenti del CSS o anche da Laboratori accreditati ISO9001, purché operanti con specifiche ed attrezzature verificate preventivamente dalla D.L.. La velocità di rilievo dovrà essere mantenuta per quanto possibile costante e pari a 60 ± 5 km/h.

Dovrà essere rilevata l'intera lunghezza degli interventi realizzati da ogni singolo cantiere; le misure di CAT e HS dovranno essere restituite con un passo di misura di 10 m e quindi analizzate per tratte omogenee.

Prima di detta analisi i valori di CAT dovranno essere riportati alla temperatura di riferimento (20°C); l'operazione si effettuerà secondo la seguente formula correttiva elaborata dal TRRL, non sono previste invece correzioni per l'HS:

$$CAT_{20} = \frac{CAT}{0,548 + \left( \frac{44,69}{t + 80} \right)}$$

dove CAT<sub>20</sub> è il valore CAT riportato alla temperatura di riferimento 20°C

CAT<sub>t</sub> è il valore CAT nelle condizioni di prova

t è la temperatura dell'aria nelle condizioni di prova in °C

Per TRATTA OMOGENEA si intende quel tratto di pavimentazione in cui i valori dell'indicatore sono statisticamente poco dispersi intorno ad un valore medio; l'analisi sarà condotta con il programma di calcolo fornito dal CSS.

**I valori medi di CAT e HS ricavati per ciascuna TRATTA OMOGENEA dovranno risultare maggiori o uguali alle prescrizioni riportate.**

Nel caso in cui l'apparato di misura abbia rilevato CAT ed HS sui due lati della corsia in esame è facoltà della D.L. analizzare entrambe le serie e prendere in considerazione i valori medi di CAT ed HS relativi alle TRATTE OMOGENEE in condizioni peggiori, detta misurazione valuterà comunque l'intera larghezza dell'intervento.

Le detrazioni saranno applicate per i tratti omogenei quando i valori medi di CAT e/o HS del tratto omogeneo risultino più bassi dei valori prescritti; qualora i valori medi di CAT e HS risultino ambe-due deficitari sarà applicata la penalità più gravosa.

La riduzione sarà applicata in punti percentuali ai prezzi di aggiudicazione dello strato più superficiale (usura); detti punti corrisponderanno alla metà dei punti percentuali per cui il CAT o l'HS differisce in diminuzione rispetto ai valori limite prescritti (esemplificando, se la differenza è del 6% rispetto al valore previsto, la penale sarà del 3%).

La detrazione riguarderà la larghezza dello strato più superficiale oggetto del lavoro per tutto il tratto omogeneo a cui si riferisce fino al raggiungimento di una soglia di non accettabilità appresso specificata:

| TIPOLOGIA LAVORAZIONE                                                                                                                                                                                                                | CAT <sub>20</sub> | HS (mm) |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------|
| - Conglomerati bituminosi per strati di usura con argilla espansa<br>- Conglomerati bituminosi per strati di usura tipo "A" e "B" a bassa levigabilità (elevata aderenza);<br>- Conglomerati bituminosi per strati di usura tipo SMA | 48                | N.A.    |
| Tutte le lavorazioni                                                                                                                                                                                                                 | 40                | N.A.    |

Se i valori medi di CAT risulteranno inferiori ai valori ritenuti inaccettabili si dovrà procedere, a completa cura e spese dell'Appaltatore, all'asportazione completa con fresa ed al rifacimento dello strato superficiale per tutta la larghezza dell'intervento; in alternativa a quest'ultima operazione si potrà procedere all'effettuazione di altri trattamenti di irruvidimento per portare il valore deficitario al di sopra della soglia di non accettabilità. Se comunque al termine di tali operazioni non si raggiungessero i valori prescritti, pur essendo i valori di CAT al di sopra dei valori inaccettabili e sempre che la lavorazione sia accettata da parte della D.L., sarà applicata la detrazione prevista valutata con le stesse modalità sopra riportate.

Ai fini della valutazione della aderenza, nei contesti urbani interessati da brevi tratti, la valutazione potrà essere effettuata mediante misura di attrito radente PTV con Skid Tester (UNI EN 13036-4) misurato tra il 60° e il 180° giorno di apertura al traffico.

Il valore PTV dovrà risultare:

- per conglomerati bituminosi per strati di usura con argilla espansa - conglomerati bituminosi per strati di usura tipo "A" e "B" a bassa levigabilità (elevata aderenza) - conglomerati bituminosi per strati di usura tipo SMA >65.

Per valori di PTV <65 verrà applicata una detrazione dell'1% del prezzo di elenco per ogni unità in meno. Valori del PTV <50 comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

- Per tutte le altre lavorazioni in cui è previsto un PTV >60

Per valori di PTV <60 verrà applicata una detrazione dell'1% del prezzo di elenco per ogni unità in meno. Valori del PTV <45 comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

---

<sup>2</sup> Le verifiche consisteranno nella misura di tratti indicati dal D.L. e dall'esame dei risultati ottenuti con l'attrezzatura e le specifiche da validare, tali verifiche non si rendono necessarie se il Laboratorio è accreditato ISO17025

### **Art. 15.2 Qualità e percentuale di bitume**

Ai fini dell'applicazione delle detrazioni dovranno essere rispettate le caratteristiche richieste nella prova di cui all'art. 10 tabelle 10.A e 10.B relativamente alla Penetrazione, Palla e Anello e Viscosità a 160°C sul bitume prelevato in impianto, con una tolleranza del 10% sui range (ad es. se la penetrazione prevista è 50-70 dmm le soglie per la penale sono  $50-0,1 \cdot 50 = 45 \text{ dmm}$  e  $70+0,1 \cdot 70 = 77 \text{ dmm}$ ).

Sempre ai fini dell'applicazione delle penali dovrà essere rispettato la conformità della percentuale di legante rilevato mediante estrazione rispetto a quella approvata (di progetto) contenuta negli studi di formulazione della miscela in esame.

Ai fini dell'applicazione della penale è ammessa una tolleranza (T) di +/- 0,3% della percentuale di bitume rispetto al contenuto di bitume previsto nel progetto (che dovrà essere sempre contenuto nei range delle percentuali del bitume di cui agli art. 11.1.7 e 11.2).

La percentuale di bitume dovrà essere sempre riferita in peso rispetto alla miscela e potrà essere misurata su carotaggi eseguiti sulla pavimentazione o da conglomerato sciolto prelevati in fase di stesa e sarà eseguita secondo UNI EN 12697-1 o CNR BU n°38/73.

La D.L. potrà applicare la penale anche nel caso una sola delle quattro grandezze di cui sopra risulti fuori dalle tolleranze descritte.

### **Calcolo della detrazione per difetto o eccesso della quantità di bitume nella miscela**

$$\% \text{ Detrazione} = 10 \cdot B + 25 \cdot B \cdot B$$

in cui: B = valore assoluto (% bitume misurata - % bitume di progetto) - T (in cui con T= 0,3)

In assenza dello studio della miscela, si farà riferimento al valore medio dell'intervallo di accettazione

### **Calcolo della detrazione per difetto della qualità di bitume utilizzato nella miscela**

Qualora una o più delle grandezze di cui sopra non risulti nei range descritti verrà detratta del 15% una quantità standard (CM) di conglomerato bituminoso ad un prezzo (PS), calcolata secondo il seguente metodo:

$$CM_{(metri\ cubi)} = Q / (2,3 \times 0,045)$$

$$D_{(euro)} = 0,15 \times CM \times PS$$

in cui:

D = valore da detrarre in euro (€);

CM = quantità di conglomerato bituminoso (in metri cubi) realizzato con la fornitura di Q tonnellate di bitume;

Q = quantità in tonnellate della fornitura di bitume a cui il prelievo si riferisce, nel caso in cui non si riesca a risalire alla quantità Q di bitume oppure il parametro da penalizzare (fuori tolleranza) sia la percentuale del bitume si considererà Q = 20 ton;

PS = prezzo in €/mc di aggiudicazione dei lavori del conglomerato realizzato con il bitume in oggetto;

Nel caso lo stesso bitume sia utilizzato per più tipologie di conglomerato si utilizzerà il conglomerato con il prezzo più alto.

#### **Art. 15.3 – Spessori degli strati della pavimentazione**

La misura dello spessore per gli strati bituminosi sarà effettuata mediante carotaggi della pavimentazione.

Per lo spessore degli strati, determinati da misurazioni sulle carote estratte dalla pavimentazione, è tollerata una carenza massima del 10% rispetto allo spessore di progetto. Per carenze superiori al 10%, è applicata una detrazione percentuale pari a:

$$D \% = 3 \times (c - 10)$$

in cui:

- D% rappresenta la detrazione percentuale
- “c” rappresenta la carenza di spessore rispetto al valore di progetto espressa in percentuale.

Esempio:

se c è del 13 % rispetto al valore di progetto, la penale percentuale sarà del  $(13 - 10) \cdot 3 = 9 \%$

Se la differenza supererà il 25 % (in diminuzione), la Direzione Lavori può richiedere il rifacimento dello strato a completa cura e spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto (per esempio, se lo spessore di progetto è pari a 4 cm, al di sotto dei 3 cm può esserne richiesto il rifacimento).

In alternativa alla rimozione e ricostruzione, la Direzione Lavori può valutare la posa di uno strato di conguaglio (previa spruzzatura della mano di attacco) di spessore tale da consentire il raggiungimento dello spessore totale atteso.

Per la ricarica può essere impiegato lo stesso conglomerato bituminoso binder o usura che non può comunque essere di spessore inferiore a 3 cm (spessore minimo in funzione della dimensione massima) e superiore a 8 cm.

Nel rispetto delle quote finali di progetto, la Direzione Lavori valuta la possibilità di una fresatura parziale per aver modo di stendere lo strato di congruaglio nel rispetto del suo spessore minimo. La superficie a cui applicare la detrazione è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla carota precedente e la metà della distanza dalla carota successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

#### **Art. 15.4 – Detrazioni per incongruenze relative alla % dei vuoti residui**

Per valori dei vuoti determinati sulle carote superiori ai limiti indicati all'art. 11.3 del presente capitolato (es. per usura e binder 8 %) è applicata una detrazione percentuale pari a:

$$D\% = 2 \cdot s + s^2$$

in cui:

- $D\%$  rappresenta la detrazione percentuale per vuoti eccessivi
- " $s$ " è lo scostamento (eccedenza) dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite del capitolato.

Esempio:

se la percentuale dei vuoti rilevati dalla carota estratta è dell'11 %, la detrazione da applicare è pari a:  
 $D\% = 2 \cdot (11 - 8) + (11 - 8) \times (11 - 8) = 15\%$ .

Per valori dei vuoti superiori al 12 % la Direzione Lavori può richiedere il rifacimento dello strato a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto. La superficie a cui applicare la detrazione è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla carota precedente e la metà della distanza dalla carota successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento. Nel caso in cui siano presenti pendenze longitudinali superiori all'8 %, il valore limite della percentuale di vuoti per l'applicazione delle detrazioni è il 10 % mentre per la rimozione il 15 %.

#### **Art. 15.5 – Detrazioni per incongruenze relative alla granulometria degli strati di pavimentazione in asfalto**

La curva granulometrica del conglomerato bituminoso di qualunque tipologia, "sciolto" dopo l'estrazione del bitume, deve rispettare le seguenti tolleranze in riferimento alla ricetta di progetto (prodotto accettato dalla D.L.):

- granulometria: per dimensione superiore o uguale a 4 mm si applica una tolleranza del  $\pm 5\%$ ;
- granulometria: per dimensioni comprese tra 4 e 0,063 mm si applica una tolleranza del  $\pm 3\%$ ;
- granulometria: al passante al setaccio 0,063 mm si applica una tolleranza del  $\pm 1,5\%$ ;

Nel caso di non conformità la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione massima del 10% sul prezzo di aggiudicazione della lavorazione per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

**Art. 15.6 - Ancoraggio degli strati di pavimentazione****1) Interfaccia tra usura e strato sottostante**

L'ancoraggio del tappeto di usura allo strato sottostante (nuovo o preesistente) viene determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretto eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

**a) *Interfaccia tra usura tradizionale e strato sottostante***

Per valori di resistenza al taglio inferiori a 12 kN viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = t + 0,2 t^2$$

dove t è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 12 kN.

Valori di resistenza al taglio inferiori a 5 kN comporteranno la rimozione dello strato di usura e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

**b) *Interfaccia tra usura con bitume modificato e strato sottostante***

Per valori di resistenza al taglio inferiori a 15 kN viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = t + 0,2 t^2$$

dove t è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 15 kN. Valori di resistenza al taglio inferiori a 5 kN comporteranno la rimozione dello strato di usura e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

**2) Interfaccia tra binder e strato sottostante**

L'ancoraggio del binder allo strato sottostante (nuovo o preesistente) viene determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretto eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

Per valori di resistenza al taglio inferiori a 12 kN viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del binder pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = t + 0,2 t^2$$

dove t è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 12 kN.

Valori di resistenza al taglio inferiori a 5 kN comporteranno la rimozione dello strato del binder ed eventualmente anche dello strato di usura, qualora già realizzato, e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

Nei casi in cui all'interfaccia sia stato inserito un elemento di rinforzo (rete, geomembrana, ecc.) il valore minimo di resistenza al taglio accettabile senza detrazione è ridotto a 10 kN.

#### **15.7 - Applicazione di eventuali penali multiple**

La presenza di più detrazioni porterà ad applicare la penale più gravosa, ad esclusione della penale sullo spessore e sul bitume (percentuale e qualità) che, se presente, saranno sempre applicata in aggiunta, salvo casi particolari che andranno giudicati dalla D.L..

Il valore massimo della detrazione complessiva non potrà superare il 25% dell'importo totale dei lavori di pavimentazioni.

Nei casi in cui l'aggiudicazione dei lavori sia avvenuta con ribasso superiore al 30% il valore massimo della detrazione complessiva sarà elevato fino ad un massimo del 30%.

**Art. 16 DRENAGGI****Art. 16.1 - Drenaggi tradizionali (esterni alle zone pavimentate)**

I drenaggi dovranno essere formati con pietrame, ciottolame o misto di fiume e posti in opera su platea in calcestruzzo; il cunicolo drenante di fondo sarà realizzato con tubi di cemento disposti a giunti aperti o con tubi perforati di acciaio zincato.

Il pietrame ed i ciottoli saranno posti in opera a mano con i necessari accorgimenti in modo da evitare successivi assestamenti. Il materiale di maggiori dimensioni dovrà essere sistemato negli strati inferiori mentre il materiale fino negli strati superiori.

La D.L. potrà ordinare l'intasamento del drenaggio già costituito con sabbia lavata. L'eventuale copertura con terra dovrà essere convenientemente assestata. Il misto di fiume, da impegnare nella formazione dei drenaggi, dovrà essere pulito ed esente da materiali eterogenei e terrosi, granulometricamente assortito con esclusione dei materiali passanti al setaccio 0,4 della serie UNI.

**Art. 16.2 - Drenaggi con filtro in "non tessuto" (esterni alle zone pavimentate o effettuati prima di stendere le pavimentazioni)**

In terreni particolarmente ricchi di materiale fino o per il drenaggio laterale delle pavimentazioni i drenaggi potranno essere realizzati con filtro laterale in tessuto "non tessuto" costituito da fibre sintetiche e filamenti continui coesionati mediante agugliatura meccanica o a legamento doppio con esclusione di colle o altri componenti chimici. Il geotessile non dovrà avere superficie liscia, dovrà apparire uniforme, essere resistente agli agenti chimici, alle cementazioni abituali in ambienti naturali, essere imputrescibile e atossico, avere buona resistenza alle alte temperature, essere isotropo.

In ogni caso i materiali dovranno essere delle migliori qualità esistenti in commercio e dovranno essere riconosciuti idonei ed accettati dalla D.L. Il materiale da usare dovrà avere una resistenza a trazione su striscia di almeno 2 kN/mt (UNI-EN 10319) e buone caratteristiche filtranti (sotto un peso di 2 kg/cm<sup>2</sup> lo spessore del non tessuto dovrà essere non inferiore a 0,5 mm); il peso minimo accettabile del tessuto non tessuto sarà invece di 350 grammi/m<sup>2</sup>.

I vari elementi di non tessuto dovranno essere cuciti tra di loro per formare il rivestimento del drenaggio; qualora la cucitura non venga effettuata, la sovrapposizione degli elementi dovrà essere di almeno 50 cm.

La parte inferiore dei non tessuti, a contatto con il fondo del cavo del drenaggio e per un'altezza di almeno 5 cm sui fianchi dovrà essere impregnata con bitume a caldo (o reso fluido con opportuni solventi che non abbiano effetto sul poliestere) in ragione di almeno 2 kg/m<sup>2</sup>. Tale impregnazione potrà essere fatta prima della messa in opera nel cavo del non tessuto stesso o anche dopo la sua sistemazione in opera. L'impregnazione potrà anche essere usata in altri punti per impedire la filtrazione e/o il drenaggio nel punto impregnato. Dal cavo dovrà fuoriuscire la quantità di non tessuto necessaria ad una doppia sovrapposizione della stessa sulla sommità del drenaggio (due volte la larghezza del cavo).

Il cavo rivestito verrà successivamente riempito e ben compattato con materiale lapideo pulito e vagliato trattenuto al crivello 10 mm UNI, tondo o di frantumazione, con pezzatura massima non eccedente i 70 mm.

Il materiale dovrà ben riempire la cavità in modo da far aderire il più possibile il non tessuto alle pareti dello scavo.

Terminato il riempimento si sovrapporrà il non tessuto fuoriuscente in sommità e su di esso verrà eseguita una copertura in terra pressata o altro materiale, a seconda della posizione del drenaggio.

**Art. 16.3 - Drenaggi a scavo automatizzato e con riempimento in calcestruzzo poroso (per drenare zone già pavimentate)**

I drenaggi laterali delle pavimentazioni lungo la mezzzeria della corsia di emergenza dovranno essere realizzati mediante uno scavo di larghezza non inferiore a 30 cm eseguito con idonea fresatrice automatica.

Lo scavo dovrà raggiungere una profondità di almeno 30 cm sotto il piano di posa dello strato di fondazione della pavimentazione.

Nel caso che la pendenza esistente nella pavimentazione non sia sufficiente a garantire un rapido smaltimento delle acque (minore dell'1,0%) la profondità del cavo dovrà essere variabile in modo da consentire lo scorrimento delle acque verso gli scarichi.

Verrà sempre impiegato un filtro in tessuto non tessuto analogo a quello descritto nel precedente articolo 15.2. con le stesse modalità di impiego.

Il fondo di detto non tessuto dovrà essere impermeabilizzato con bitume, come descritto nel precedente articolo 15.2.; in alternativa si potrà usare sul fondo dello scavo una platea in calcestruzzo di classe Rck 200 kg/cm<sup>2</sup>, dell'altezza media di 5 cm, dopo la messa in opera del "non tessuto" sulla platea, oppure dopo l'impermeabilizzazione con bitume dello stesso "non tessuto".

Per lo smaltimento delle acque si potranno utilizzare materassini in materiale sintetico non putrescibile drenanti rivestiti in "non tessuto" posti in doppio strato a diretto contatto col "non tessuto" di fondo, oppure tubazione in corrugato di p.v.c. del diametro 100 mm microfessurata.

Il cavo rivestito di "non tessuto", con dispositivo di smaltimento delle acque prescelto, verrà successivamente riempito di calcestruzzo poroso.

Il calcestruzzo poroso dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

- la quantità di cemento da impiegare dovrà essere pari a 150 kg per m<sup>3</sup> del tipo 325 preferibilmente pozzolanico o d'alto forno.
- la resistenza a compressione a 28 giorni dovrà essere maggiore od uguale a 100 kg/cm<sup>2</sup>.
- la dimensione massima degli aggregati dovrà essere di 40 mm.
- le pezzature da usare dovranno essere di 3 tipi:

|       |           |                        |
|-------|-----------|------------------------|
| 0/5   | per circa | 300 kg/ m <sup>3</sup> |
| 5/20  | per circa | 675 kg/ m <sup>3</sup> |
| 20/40 | per circa | 675 kg/ m <sup>3</sup> |
- l'acqua d'impasto dovrà essere 70-80 litri/ m<sup>3</sup>
- il calcestruzzo maturato dovrà avere una capacità drenante di almeno 20 l/sec/m<sup>2</sup>.

Questo calcestruzzo dovrà inoltre ben riempire la cavità in modo da far aderire il più possibile il "non tessuto" alle pareti dello scavo.

Terminato il riempimento, il calcestruzzo poroso dovrà essere ben vibrato mediante vibrocostipatori o vibrator ad immersione e si sovrapporrà il "non tessuto" fuoriuscente in sommità; su di esso verrà eseguita una copertura in conglomerato bituminoso tipo chiuso (2% dei vuoti della prova Marshall) per uno spessore medio non inferiore a 7 cm.

**Art. 17 SIGILLATURA DI LESIONI O GIUNTI DI STRISCIATA**

Gli interventi di sigillatura per chiudere le lesioni o microlesioni presenti sulla pavimentazione longitudinalmente o trasversalmente dovranno essere effettuati tempestivamente in modo da bloccare o contenere il fenomeno di rottura appena questo si manifesta, evitando così la veloce degradazione del tappeto, soprattutto nei casi di distacco del giunto longitudinale di strisciata.

Se le lesioni sono molto diffuse la D.L. dovrà effettuare una attenta valutazione economica per stabilire l'intervento più idoneo tra quelli elencati nel seguito.

**Art. 17.1 - Sigillatura delle lesioni della pavimentazione eseguita con bitume modificato e lancia termica**

La sigillatura delle lesioni delle pavimentazioni eseguita con bitumi modificati colati a caldo dovrà essere effettuata con particolari idonee attrezzature in grado di effettuare operazioni di pulitura delle stesse lesioni per tutta la profondità e colatura del sigillante fino alla loro completa otturazione.

Si procederà, se necessario, alla apertura delle fessure mediante idonea attrezzatura per una larghezza ed una profondità di almeno 2 cm.

Con il getto di aria immesso nelle fessure per mezzo della lancia si dovrà procedere alla perfetta e profonda pulitura della lesione, impiegando poi una lancia a caldo (soprattutto in condizioni di elevata umidità e basse temperature) per asciugare la fessura e favorire l'adesione del bitume.

Il sigillante sarà del tipo bitume modificato Hard (come indicato alla tab. 10.B) uniformemente riscaldato alla temperatura di consistenza fluida sarà versato con apposito dispositivo nell'interno della lesione fino alla sua completa otturazione assicurando la saturazione di eventuali microlesioni superficiali ai bordi della stessa lesione con la creazione di una striscia continua della larghezza variabile da 2 a 5 cm.

**Art. 17.2 - Sigillatura delle lesioni delle pavimentazioni eseguita con nastro bitumino-so preformato e autoadesivo**

Il nastro bituminoso deve essere impiegato per sigillare e chiudere lesioni sulle usure e sui drenanti con la funzione di impedire (o diminuire) l'entrata dell'acqua nella lesione e evitare la disgregazione della pavimentazione intorno alla lesione. Il nastro è composto da bitume 80/100 modificato con SBSr al 15-18% in peso con larghezza compresa tra 40 e 100 mm e spessori 4 + 0,2mm

Parametri richiesti:

|                                                                             |                 |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Palla e anello (°C)                                                         | >200            |
| Penetrazione (dmm)                                                          | 10-30           |
| Ritorno elastico % (perpendicolare alla superficie di attacco)              | <u>&gt;</u> 60% |
| Adesività sul calcestruzzo N/cm <sup>2</sup> ( sec DIN 1996 parte 19 mod)   | <u>&gt;</u> 708 |
| Scorrimento verticale a 60°C per 5 ore N/cm <sup>2</sup> (sec SNV 671916) % | <u>≤</u> 1mm    |

La posa in opera deve essere eseguita su superfici asciutte, prive di elementi scivolosi e di impurità.

La posa in opera deve essere effettuata con temperature dell'aria superiori a 10 °C e dopo la stesa il traffico completa la costipazione ed il fissaggio.

Alla fine, della stesa per evitare il rischio di spostamento e/o adesioni tra nastro e pneumatici il nastro deve essere uniformemente cosparso di polveri idonee (polvere di ardesia, calce cemento, gesso o filler).

Il nastro non deve essere utilizzato su:

- lesioni trasversali
- lesioni longitudinali di apertura inferiori a 5mm e superiori a 20mm.

In questi casi si ricorre al bitume modificato (art. 10.B).

In funzione della larghezza della lesione deve essere usato il nastro adatto: il rapporto tra larghezza nastro e larghezza lesione non deve essere > 2,5

Indicativamente:

Nastro di 40mm per lesioni < 15mm

Nastro di 50mm per lesioni < 20mm

Il nastro di larghezze superiori (es. 100 mm) è indicato solo in casi particolari.

#### **Art. 17.3 - Sigillatura della linea di contatto tra cordolo e pavimentazione nei ponti e viadotti eseguita con bitume modificato e lancia termica**

Si richiamano espressamente le norme di cui al precedente punto 16.1. Inoltre, in questo caso, occorre aver cura di asportare anche con sistemi tradizionali eventuali parti estranee di conglomerato bituminoso non addensato nella zona fra pavimentazione/cordolo (o New Jersey).

#### **Art. 18 Armatura di giunti longitudinali per ridurre la trasmissione delle fessure e gestione degli scavi per sottoservizi**

##### **Art. 18.1 - Descrizione**

Per lavori di pavimentazione in affiancamento a sovrastrutture esistenti o per lavori di rappezzo localizzati, al fine di aumentare la durata a fatica dei conglomerati bituminosi posti a cavallo del giunto di ripresa longitudinale o sopra la zona rappezzata, si potrà richiedere la posa in opera di una guaina bituminosa autoadesiva rinforzata con apposito tessuto non tessuto o geotessile a re-te che serva a ridurre la risalita delle fessure presenti sul piano d'appoggio.

##### **Art. 18.2 - Caso del giunto longitudinale**

Dovrà essere preventivamente demolita con apposita fresa a freddo la pavimentazione a cavallo del giunto per una larghezza di 50 cm e per una profondità di almeno 10 cm dalla superficie finita della pavimentazione (secondo quanto scritto in premessa).

Sulla superficie così ottenuta, preventivamente emulsionata, potrà essere posta in opera una guaina prefabbricata autoadesiva a freddo, realizzata da una speciale miscela di gomma e bitume armata di rete di polipropilene all'estradosso superiore della larghezza di 45-50 cm.

Al di sopra di detta guaina verrà steso un conglomerato bituminoso chiuso con le caratteristiche di un binder (art.7). al quale si rimanda per tutte le prescrizioni non menzionate espressamente), ma con vuoti giratoria a N3 non superiori a 3%.

La posa del conglomerato sarà preceduta da spruzzatura con emulsione bituminosa acida al 55% delle pareti verticali della trincea longitudinale; detto conglomerato, ben compattato con apposito rullo vibrante di ridotte dimensioni, verrà successivamente ricoperto dal tappeto di usura finale. La formazione del giunto dovrà essere programmata in modo tale che tra la stesa del binder di riempimento e la sua successiva ricopertura non passino più di 20-30 giorni; si dovrà inoltre evita-re di ricoprire un riempimento troppo recente (meno di 20 giorni).

La guaina dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- spessore totale mescola gomma-bitume 1,5 mm
- spessore rete di polipropilene 0,5 mm.
- allungamento longitudinale massimo 30%
- allungamento trasversale massimo 25%
- temperature limite d'esercizio 30°C minimo e 150°C massimo

L'autoadesività della guaina dovrà essere garantita da un foglio protettivo di carta siliconata asportabile all'atto dell'applicazione.

### **Art. 18.3 - Chiusura degli scavi risultanti da interventi per sottoservizi**

Per la posa di sottoservizi, sarà sempre preferibile evitare la rottura della continuità della pavimentazione stradale, privilegiando la costruzione di appositi cunicoli a fianco della strada od operando gli scavi nella zona a lato della pavimentazione, ad almeno 40 cm dalla striscia di bordo corsia.

Dove è necessario intervenire con la rottura della pavimentazione stradale, per poter procedere alla realizzazione di impianti per sottoservizi ex novo, alla sostituzione parziale o alla riparazione di quanto esistente, si deve procedere al taglio del manto di asfalto con l'utilizzo di seghe adeguate, in modo da non sollecitare la pavimentazione non interessata allo scavo; seguirà la rimozione della parte legata e lo scavo con idonee scavatrici del materiale di sottofondo; in alternativa, in luogo della sega potranno essere usate idonee fresatrici a freddo per la rimozione della pavimentazione legata.

Se la realizzazione dell'intervento per sottoservizi si dovrà protrarre per più tempo, potrà essere richiesta la chiusura dello scavo e il reintegro della sede stradale ad ogni fine giornata lavorativa.

La chiusura finale degli scavi potrà essere quindi divisa in due tempi e con modalità diverse, elencate di seguito.

#### **18.3.1- Chiusura dello scavo temporaneo per la sicurezza della circolazione stradale**

Questo tipo di chiusura andrà eseguito solo se non possono essere lasciati aperti gli scavi per il tempo sufficiente al completamento della posa dei sottoservizi.

L'intervento, da eseguire alla fine dei lavori giornalieri è richiesto per non lasciare la superficie stradale con buche, irregolarità o materiale rimuovibile, pericoloso per il transito libero soprattutto di motocicli, è da

considerarsi appunto una chiusura provvisoria, perché soggetta all'assestamento naturale ed alla qualità delle lavorazioni e dei materiali utilizzati.

La compattazione del materiale di riempimento potrà essere non completa visto che la chiusura è provvisoria; la finitura superficiale, facilmente rimuovibile sarà in materiale bituminoso a caldo di spessore di almeno 5 cm.

### **18.3.2 - Chiusura definitiva con reintegro delle condizioni orinali della sede stradale**

La chiusura definitiva avverrà come da prescrizioni contenute nel Disciplinare Scavi vigente. Nei casi particolari ove non possa essere applicato potranno essere concordati con la D.L. ripristini in deroga. Resta inteso che in caso di ripristino eseguito in difformità al Disciplinare Scavi senza averne concordato modalità e materiali è fatto obbligo rimuovere tutto il materiale di riempimento e provvedere alla corretta esecuzione con oneri a carico dell'impresa.

### **18.3.3 - Caso del giunto trasversale (inizio e fine lavorazioni di pavimentazioni nuove in continuazione delle pavimentazioni esistenti)**

Per lavori di pavimentazioni in avanzamento a sovrastrutture esistenti, le stesse dovranno essere preventivamente demolite per una profondità minima dello spessore dello stato da ricreare raccordandosi in avanzamento nella misura di 2 m/cm. Al termine della lavorazione il raccordo dovrà avvenire con le stesse modalità.

## **Art. 19 Riparazione superfici degradate di limitata estensione**

La riparazione di piccole e circoscritte superfici di pavimentazione ammalorata più o meno diffuse nell'ambito di una corsia o di una carreggiata, sarà effettuata con interventi limitati ai punti ammalorati ed al loro intorno secondo esplicita richiesta della D.L..

Questi interventi dovranno essere realizzati con modalità e con impiego di materiali rispondenti alle norme tecniche definite per ciascuna categoria di lavoro.

In particolare, dovranno essere impiegate squadre di lavoro attrezzate con frese, finitrici e rulli di idonee dimensioni per essere facilmente trasportate con carrellone ed in grado di realizzare il lavoro a perfetta regola d'arte.

Potranno altresì essere impiegate attrezzature per la rigenerazione in sito della pavimentazione di ridotte dimensioni (max 1,20 m di larghezza), quando gli ammaloramenti in atto non superano lo spessore di 7-8 cm.

In questi casi il lavoro dovrà essere realizzato secondo quanto previsto nell'articolo 11 compensato secondo quanto previsto nel Capitolato Speciale d'Appalto - Volume 2.

### **Art. 19.1 - Caso dei rappezzi localizzati**

I rappezzi sono intesi come trattamenti di alcuni mq di zone degradate della pavimentazione limitate nello spazio, distaccate tra loro. I trattamenti saranno tesi a riparare in modo provvisorio ma durevole.

Essi sono di due tipi, a seconda del degrado presente

#### **19.1.1 - Caso di degrado diffuso con buche già presenti non contigue e non diffuse**

Il rappezzo sarà costituito da un tappeto di conglomerato bituminoso a caldo steso a mano e rullato con piastre vibranti oppure da un trattamento di emulsione modificata e graniglia, eventualmente steso in più strati nelle zone più degradate e/o depresse rispetto ai piani di rotolamento.

Potranno anche essere usate sopra lo strato iniziale di emulsione, anche fibre di vetro di alcuni cm di lunghezza, spruzzate sul legante di attacco, prima della posa delle graniglie.

Le poche buche profonde eventualmente presenti dovranno essere trattate prima del rappezzo con la tecnica descritta all'Art.19.

#### **19.1.2 - Caso di degrado diffuso ma con buche già presenti contigue e/o diffuse**

Questi rappezzi devono essere preparati con accurata demolizione del materiale degradato, con minifresa che riquadri anche i bordi; spianamento del fondo anche con apporto di materiale prebitumato fine ed impregnazione con emulsione acida al 60% di tutte le superfici orizzontali e verticali; i degradi localizzati (buche) non comprendibili nelle zone riquadrate saranno trattati come detto all'art.19..

Seguirà il riempimento e la compattazione con rulli di adeguate dimensioni.

Non si dovranno superare i 10 cm per ogni strato data la difficoltà di ben compattare spazi ridotti.

Al fine di aumentare la durata a fatica dei conglomerati bituminosi posti sopra la zona rappezzata, si potrà richiedere la posa in opera di una guaina bituminosa autoadesiva rinforzata con apposito tessuto non tessuto o geotessile a rete che serva a ritardare la risalita delle fessure presenti sul piano d'appoggio.

Per buche in zone a traffico elevato, dopo la stesa della mano di attacco andrà steso il conglomerato bituminoso di riempimento che non dovrà essere a freddo (bitumi flussati), ma a caldo e preferibilmente modificato con idonei plastomeri, aggiunti nel mescolatore (3-4 kg / ton di conglomerato bituminoso) oppure altri preparati a base cementizia a pronta presa da usare in presenza di acqua.

I rappezzi fatti in condizioni climatiche avverse potranno essere realizzati con materiali a freddo ma, le riparazioni dovranno essere ripetute con conglomerato a caldo e con i metodi sopra descritti.

Qualora i rappezzi effettuati con fresa e riempimento lascino non trattate le zone ad esse circostanti, in cui sono presenti lesioni a pelle di coccodrillo, dette zone potranno essere trattate con i sistemi descritti all'art. 18.1.1

#### **Art. 20 Trattamento funzionale delle buche (interventi puntuali)**

Questi interventi dovranno essere realizzati con modalità e con impiego di conglomerati idonei evitando, ove possibile, l'impiego dei conglomerati a freddo in sacchi.

La Committente si riserva la facoltà di provare attrezzature per test su strada finalizzate alla riparazione delle buche.

Gli interventi dovranno garantire una durata maggiore dei 6 mesi, in previsione del rifacimento del tratto interessato.

Dietro approvazione della Committente si potrà operare anche con attrezzature anche automatiche, che tagliano e rimuovono (con margine di sicurezza) la zona interessata dalla buca, con susseguente ripristino del cavo con conglomerato bituminoso a caldo o con emulsione, possibilmente modificata e adatta allo scopo.

La superficie laterale di taglio e la base dovrà essere netta e ricoperta di bitume od emulsione al fine di favorire l'adesione con il conglomerato di ripristino.

Tranne che nei casi improcrastinabili è auspicabile intervenire prima della completa formazione della buca così da intervenire in condizioni meteo e logistiche non di emergenza.

## **Art. 21 Indicazioni sulle soluzioni applicabili nei casi di riparazione**

### **Art. 21.1 - Indicazioni sui criteri progettuali**

Le soluzioni progettuali riportate indirizzano le scelte della D.L. finalizzate alle Riparazioni Superficiali di Soccorso (RSS), ai Trattamenti Superficiali (TS) ed alla ricostruzione, od al rafforzamento, delle pavimentazioni esistenti classificabili come Risanamenti Profondi (RP) e Risanamenti Superficiali (RS).

Le soluzioni di progetto (ubicazione degli interventi, tipologia e spessori degli strati), che si intendono realizzare, saranno comunque definite nel dettaglio dalla D.L. tenendo conto delle condizioni locali; le scelte progettuali che portano alle perizie saranno di norma basate su di un giudizio visivo dello stato superficiale della pavimentazione da risanare ottenute con rilevamenti tradizionali.

Le caratteristiche peculiari dei tipi di intervento inseriti nelle soluzioni suggerite, correlate alle prescrizioni e prestazioni richieste dalle Norme Tecniche per la formulazione e la verifica dei materiali da utilizzare, sono:

- Dimensionamento dei pacchetti attraverso l'impiego di metodi razionali di calcolo utilizzando curve di fatica specifiche che permettono di calcolare la vita utile dell'intervento;
- Massimo riutilizzo possibile dei materiali fresati e altri materiali marginali disponibili con facilità sul luogo dell'intervento, valutati e verificati nei calcoli di durata a fatica, per ridurre trasporti e costi e preservare l'ambiente;
- Definizione dei criteri generali di lavorazione per tenere presente le problematiche di applicazione pratica su strade in esercizio; gli spessori previsti sono correlati alle necessità di portanza ed anche alla realizzabilità connessa con le tecniche impiegate;
- Impiego generalizzato di bitumi modificati, per incrementare le durate con certezza di risultato;

Definizione dei metodi di verifica prestazionali, sui materiali singoli, sulle miscele<sup>8</sup> e sulle lavorazioni complete. Per queste ultime vengono assegnati livelli prestazionali, misurabili ad alto rendimento, così definiti e classificati:

**Caratteristiche superficiali**, valutate attraverso l'indicatore di regolarità IRI - International Rough-ness Index, la misura dell'aderenza CAT - Coefficiente di Aderenza Trasversale ed attraverso la misura della macrotestitura HS - altezza della macrotestitura della superficie.

**Caratteristiche profonde**, valutate attraverso la misura della capacità portante effettuata con FWD

- Falling Weight Deflectometer o con TSD - Traffic Speed Deflectometer, dei diversi strati realizzati, valutando i bacini di deflessione ottenuti con prove deflettometriche dinamiche.

---

<sup>8</sup> Le singole miscele di conglomerato, vergine o riciclato, potranno essere valutate anche con prove dirette di durata a fatica, le cui attrezzature semplificate saranno utilizzabili anche nei laboratori di cantiere.

## TIPOLOGIE DI INTERVENTO

### Art. 21.2 - Riparazioni superficiali di soccorso (RSS)

Questi tipi di interventi superficiali, eseguiti per mettere in sicurezza la pavimentazione e/o per portarne il livello qualitativo a condizioni accettabili, possono essere di tipo localizzato, come i rappezzi o il trattamento funzionale delle buche, oppure estesi, preceduti o meno da un intervento di fresatura.

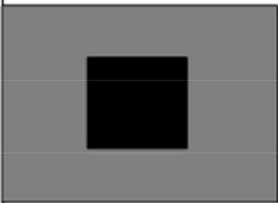
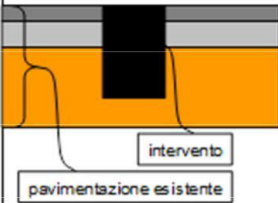
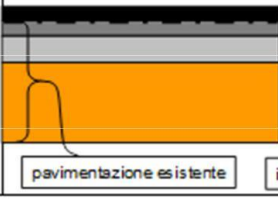
In genere, questi interventi servono a risanare situazioni di degradi superficiali più o meno accentuati e diffusi ma, costituiscono soluzioni di breve durata e quindi, basso rendimento economico per cui, anche in funzione delle effettive disponibilità economiche, è preferibile adottare altre soluzioni di intervento tipo RP o RS.

Lo spessore del materiale non dovrà essere inferiore a 3 cm ed in genere non superiore a 5 cm e costituisce lo stato di usura.

Gli interventi superficiali di tipo esteso (maggiore di 500 m) sono da adottare al fine di evitare interventi localizzati troppo fitti.

Quando possibile, compatibilmente con i vincoli presenti (presenza di barriere, franchi verticali da rispettare, ecc.), è preferibile effettuare delle ricariche, comunque, la realizzazione del nuovo strato deve essere sempre preceduta dalla stesa di una mano di attacco.

Di seguito sono riportate le tipologie di intervento superficiale ed i loro casi applicativi più frequenti.

| RIPARAZIONI SUPERFICIALI DI SOCCORSO |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| LOCALIZZATI                          | <b>RAPPEZZI</b><br> <p>Risagomatura in presenza di degradazioni superficiali limitate e circoscritte; l'eventuale presenza di un intervento dello stesso tipo, eseguito precedentemente, può indicare la scarsa efficacia risolutiva dello stesso.</p> |
|                                      | <b>TRATTAMENTO FUNZIONALE BUCHE</b><br> <p>Interventi localizzati e specializzati per risanare le buche della pavimentazione.</p>                                                                                                                      |
| ESTESI                               | <b>FRESATURA E RICOSTRUZIONE</b><br> <p>Risagomatura in presenza di degradazioni superficiali diffuse per dare una superficie continua di intervento con durate comunque limitate.</p>                                                                 |
|                                      | <b>RICARICHE O IMBOTTITURE</b><br> <p>idem come sopra anche per ripristinare le pendenze trasversali.</p>                                                                                                                                              |

**Art. 21.3 - Trattamenti superficiali (TS)**

L'intervento di tipo superficiale, di maggior resa e minor costo su pavimentazioni che hanno solo problemi di aderenza e fessurazioni di ridotta entità e diffusione ma, senza sconfigurazioni del piano viabile, è il trattamento superficiale con malte bituminose tipo "Slurry seal" (Macro seal) da 6 mm di spessore confezionate e posate a freddo con idonea attrezzatura. Altri trattamenti superficiali sono sconsigliati.

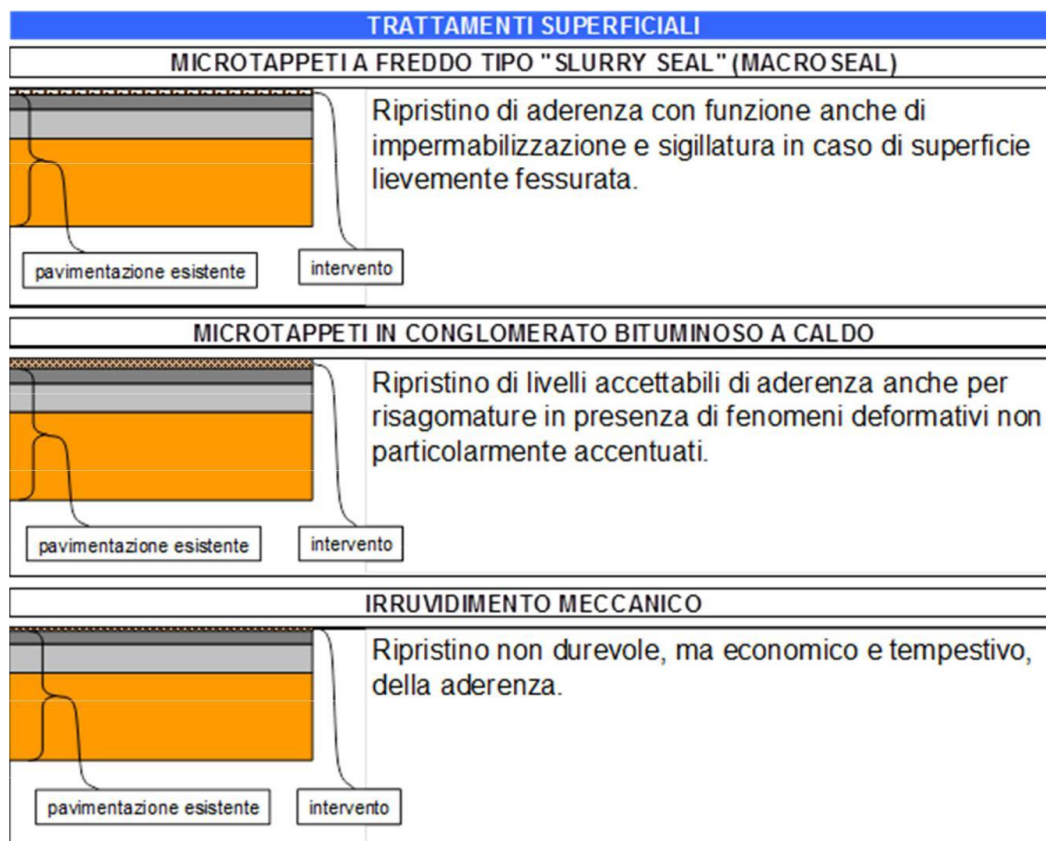
Questi trattamenti superficiali vanno impiegati per il ripristino della aderenza e come impermeabilizzazione o sigillatura di microlesioni in zone senza cedimenti evidenti.

Altri tipi di intervento superficiali, come i microtappeti, possono rappresentare una soluzione alternativa, sempre nell'ambito degli interventi non durevoli e qualora la regolarità superficiale non sia carente.

La scelta di intervento attraverso l'irruvidimento meccanico può essere prevista esclusivamente in ambiti localizzati per ripristinare livelli accettabili di aderenza nel caso si voglia intervenire rapidamente e con contenuti impegni di spesa.

Tali interventi costituiscono soluzioni temporanee e non durevoli.

Di seguito sono riportate le tipologie di trattamento superficiale ed i loro casi applicativi più frequenti.



**Art. 21.4 - Risanamenti superficiali (RS)**

I Risanamenti Superficiali (RS) hanno lo scopo di rinforzare pavimentazioni non completamente degradate, ovviamente non possono garantire una durata equivalente rispetto agli interventi profondi ma, comportano un minore impegno economico, a fronte di minori durate da prendere in considerazione nei progetti.

Gli RS sono realizzati mediante la fresatura degli strati più superficiali della pavimentazione esistente e possono prevedere anche la realizzazione dello strato di usura in copertura con conseguente innalzamento delle quote; anche per questa tipologia di intervento si prevedono soluzioni di differente durata da utilizzare in funzione delle diverse tipologie di traffico circolante.

I risanamenti superficiali sono suddivisi in due tipologie:

- **Tipo RSA2** da prevedere nel caso di pavimentazione molto degradata (superficie molto fessurata, sconfigurata, rappezzi frequenti, presenza di risalita di limi);
- **tipo RSB2** da prevedere nel caso di pavimentazione semplicemente fessurata senza sconfigurazioni della superficie.

per entrambe vengono poi proposte due soluzioni con materiali analoghi, diversi solo negli spessori in funzione del traffico circolante, vedi schemi seguenti.

**N.B. Le curve di controllo della portanza sono riportate nelle Norme Tecniche all'art. 14**

I risanamenti superficiali intervengono anche per cause diverse da quelle connesse ai ripristini di portanza, tra le quali si segnalano:

- evidenza di ammaloramenti solo superficiali;
- impossibilità di chiusura al traffico per i periodi necessari alla realizzazione degli RP;
- interventi che dovranno durare solo per un periodo limitato;
- risanamenti che investano aree poco estese.

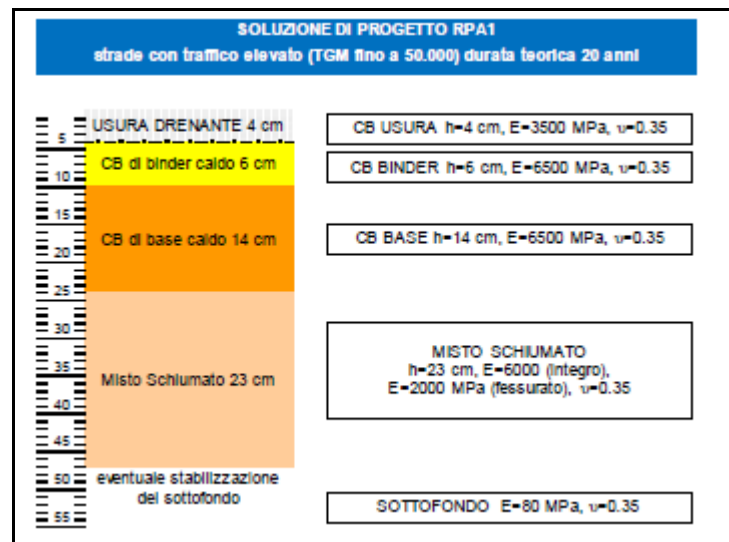
In alcuni di questi casi gli spessori potranno essere ridotti rispetto a quelli indicati ma in caso di variazioni di forte entità sarà necessario il ricalcolo delle curve di riferimento per il controllo prestazionale della portanza.

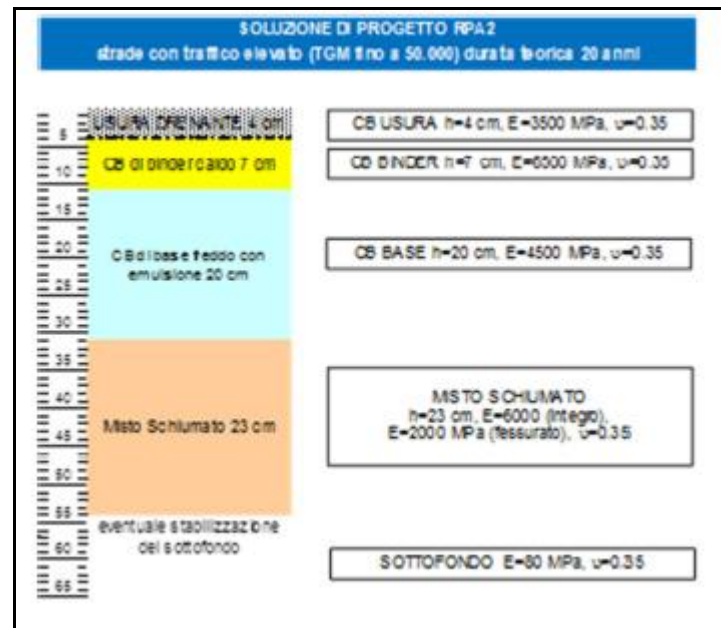
**Art. 21.5 - RISANAMENTI PROFONDI (RP)**

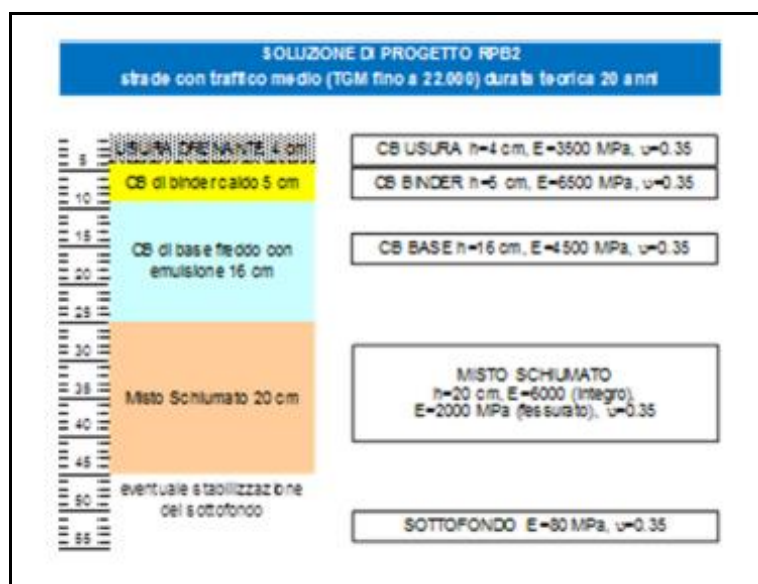
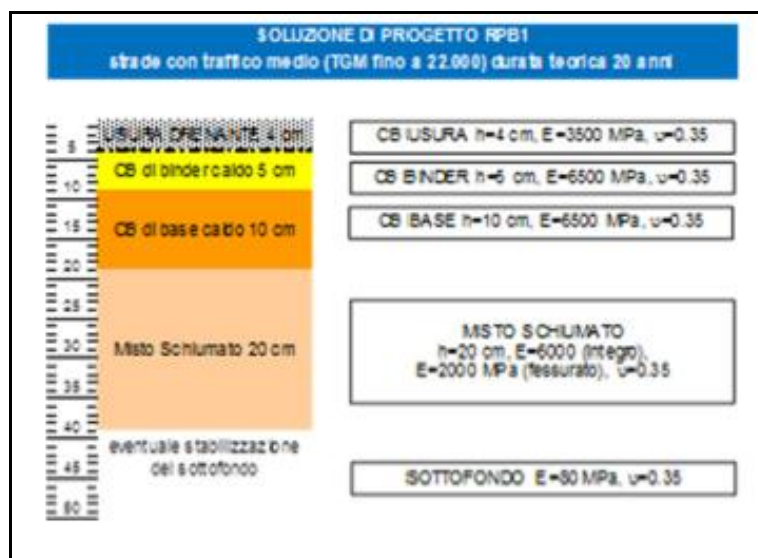
I Risanamenti Profondi (RP) assicurano la riclassificazione in alta durata delle pavimentazioni esistenti; essi comportano una completa demolizione della pavimentazione esistente con parziale o totale riutilizzo dei materiali rimossi.

Tali interventi sono previsti dove la pavimentazione si presenta particolarmente ammalorata e dove si vogliono garantire durate elevate in funzione del traffico effettivamente circolante.

Esistono due categorie di RP a seconda del traffico (TGM); ognuna di esse è suddivisa a sua volta in tre tipologie a seconda dei materiali usati (vedi schemi seguenti) tutte di durata equivalente; la scelta dei materiali e della tecnica conseguente dipenderà dalle condizioni locali (impianti, cave, disponibilità di materiali, pavimentazione esistente). Ricordiamo comunque che per la realizzazione delle fondazioni le tecniche più affidabili sono quelle connesse ai riciclaggi a freddo essendo i risultati con il misto cementato più variabili con le condizioni del cantiere di fabbricazione.









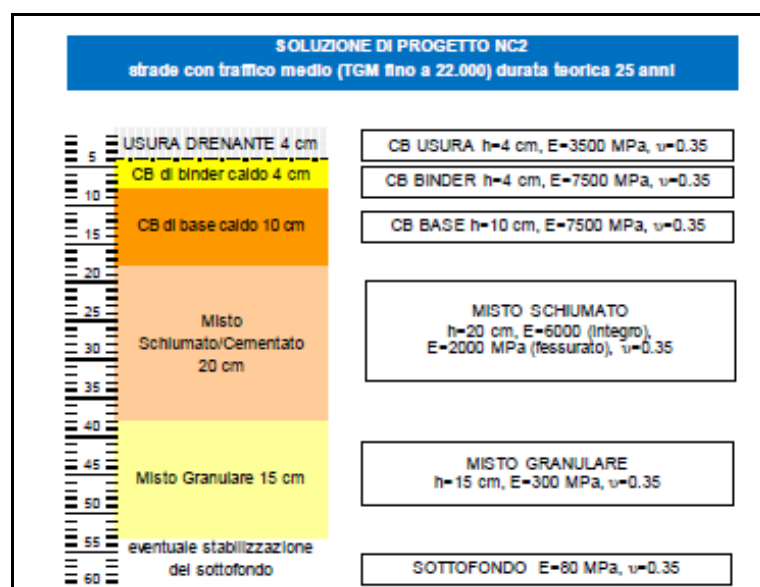
— . — . — . — Mano d'attacco con bitume modificato hard

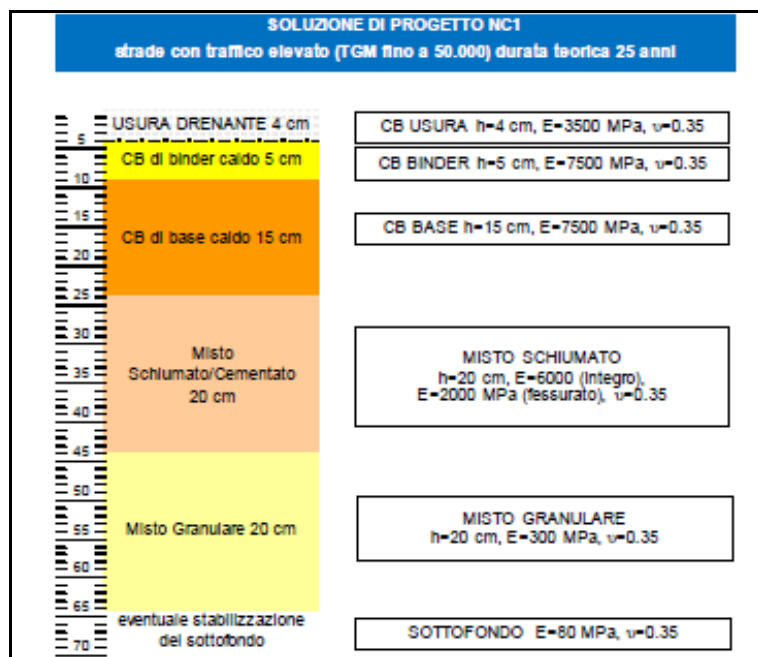
**N.B. le curve di controllo della portanza sono riportate nelle Norme Tecniche all'art. 14.4**

Le usure, sia drenanti che chiuse, potranno essere variate per motivi di opportunità locale, comunque da dichiarare, usando in alternativa solo i tipi riportati nelle Norme Tecniche.

**Art. 21.6 - Risanamenti progetto delle pavimentazioni nuove costruzioni (NC)**

Nel caso di realizzazione di nuove pavimentazioni, quindi probabilmente senza materiale da riciclare, vanno utilizzate preferibilmente le tipologie di pavimentazione descritte nelle figure seguenti che prevedono uno strato di fondazione in schiumato miscelato in sito (o premiscelato in impianto), preceduto da uno strato in misto granulare, oltre agli strati in conglomerato bituminoso realizzati a caldo sempre con l'utilizzo di bitume modificato.





— . . . . . Mano d'attacco con bitume modificato hard

**N.B. le curve di controllo della portanza sono riportate nelle Norme Tecniche all'art. 14.4**

La diversa composizione degli spessori dei vari strati costituenti l'intervento rendono indicativa-mente la soluzione NC1 idonea in presenza di rilevante traffico tipo autostradale, con percentuali di veicoli commerciali fino al 20%, mentre la soluzione NC2 può essere idonea in presenza di rilevante traffico tipo strade extraurbane, con percentuale di veicoli commerciali fino al 10%.

Disponendo del TGM (Traffico Giornaliero Medio) e della distribuzione e percentuale dei veicoli commerciali è possibile calcolare il traffico in termini di passaggi di assi equivalenti da 12 t e conseguentemente scegliere la soluzione di intervento più idonea, per il raggiungimento delle durate teoriche attese, in relazione alle curve di fatica dei materiali impiegati.

Potranno essere adottate soluzioni di intervento differenti rispetto a quelle indicate, sia per gli spessori che per le tipologie dei materiali impiegati, tuttavia, dovranno essere adottati i materiali e le tipologie di lavorazione contemplati nelle Norme Tecniche e comunque, attraverso la D.L., andranno definite le curve di controllo specifiche per la verifica della portanza valutata attraverso l'indicatore prestazionale IS300.

Lo strato di fondazione con bitume schiumato è da preferire al misto cementato perché garantisce una migliore resa e lavorabilità, tuttavia, se previsto in progetto, il cementato potrà sostituire lo schiumato rimanendo valide le relative curve di controllo per un anno di maturazione ed i relativi calcoli di durata teorica. In alternativa allo strato di usura drenante, anche in funzione delle effettive condizioni locali, è possibile realizzare una usura chiusa in conglomerato bituminoso, sempre con bitume modificato hard e conforme alle tipologie riportate nelle Norme Tecniche, in questo caso non sono previste variazioni sulle curve di controllo.

Le caratteristiche dei materiali da utilizzare sono riportate in specifici paragrafi delle Norme Tecniche a cui si rimanda, per ciascuno di essi è poi assegnata una specifica voce nell'Elenco Prezzi per la determinazione dei costi di intervento.

Si rimanda all'Art. 14.4 per tutte le altre considerazioni.

#### **Art. 21.7 - Indicazioni generali per la scelta delle soluzioni di intervento**

Nelle tipologie di pavimentazioni proposte, tipo RP, le fondazioni stradali saranno realizzate mediante scavo dell'esistente per una profondità non inferiore a 20cm e riempimento con c.l.s. Rck  $10 \div 15$  MPa di consistenza determinata in corso d'opera dalla D.L..

Gli strati in conglomerato bituminoso sovrastanti prevedono sempre l'impiego a caldo di bitumi modificati con elastomeri ed un parziale utilizzo di materiale riciclato, oppure, l'impiego di emulsioni bituminose con materiale riciclato fino al 100% mescolati a freddo.

L'impiego di conglomerati bituminosi modificati con plastomeri, direttamente messi nei mescolatori a caldo, non rientra negli interventi risolutivi previsti, in quanto attualmente difficilmente valutabili in termini di durata a fatica e può essere usato solo per rappezzi o interventi localizzati. In futuro verranno meglio valutate le prestazioni per un loro inserimento più esteso.

L'impiego del bitume "tal quale" (TQ), senza aggiunta di modifiche, comporterebbe una forte riduzione della vita utile della pavimentazione di almeno il 30%, rispetto a quanto riportato negli schemi RPi ed RSi; l'impiego di bitume modificato è particolarmente importante negli strati di base.

Lo strato di usura potrà essere realizzato con usura drenante, sempre su tutta la carreggiata e sempre con bitume modificato hard, ma solo per i pacchetti con durate di almeno 5 milioni di assi da 12 t, altrimenti andrà realizzata un'usura chiusa da 3 cm o altre miscele indicate nelle Norme Tecniche.

Nel caso dei risanamenti superficiali si è ipotizzata la presenza di uno spessore complessivo (per spessori minori occorre valutare le condizioni del sottofondo o passare ad una soluzione tipo RP). Ricordiamo inoltre che alla base della nuova pavimentazione della zona risanata, nel cavo fresato, sia sempre prevista la stesa di una mano d'attacco con bitume modificato hard.

Nei risanamenti di tipo superficiale si prevede sempre l'impiego di conglomerati bituminosi confezionati a caldo e con bitumi modificati. Lo strato di usura potrà essere realizzato in copertura sull'intera carreggiata, nel caso di carreggiata unica e corsia opposta in cattive condizioni. Lo strato di usura verrà invece realizzato nel cavo, se non si giudica necessario o possibile, realizzarlo su tutta la carreggiata. La necessità, o la possibilità, verrà giudicata a seconda delle condizioni della corsia adiacente, danneggiata o meno, delle quote, dei sovrappassi, dell'impatto sul traffico, ecc..

Le soluzioni proposte e le durate previste risultano valide nel rispetto delle ipotesi qui riportate e potranno essere garantite solamente attraverso il rispetto delle Norme Tecniche prestazionali che dovranno essere allegate ai Contratti di Appalto.

Nelle Norme Tecniche sono fornite le prescrizioni di progetto ed i criteri di valutazione dei materiali da impiegare, nonché i livelli prestazionali richiesti alle nuove pavimentazioni, tutti misurabili ad alto rendimento.

**CRITERI DI SCELTA DELLE SOLUZIONI DI INTERVENTO**

Le soluzioni di intervento, oltre che dipendere dal traffico, dipendono anche dallo stato di ammaloramento superficiale valutato attraverso rilievi visivi effettuate in sito o con rilievo di immagini acquisite ad alto rendimento ed analisi semi-automatiche.

Nel seguito viene riportata una serie di esempi che rappresentano gli sfondamenti, le fessure de-finite pesanti e le fessure definite leggere, come più frequentemente si presentano sulle pavimentazioni stradali ammalorate.

La tipologia del difetto, insieme alla sua estensione e gravità, definisce la scelta di intervento da adottare, sempre nel rispetto degli altri vincoli, tra cui quelli economici.

In generale la decisione di effettuare i risanamenti profondi dipende dalla diffusione degli sfondamenti nei singoli tratti stradali, sarà anche necessario effettuare alcuni sondaggi, così come indicato nelle Norme Tecniche; Tali sfondamenti saranno individuati con criteri visuali, l'uso di misure di portanza verrà effettuato nei casi di non chiara definizione.

**SFONDAMENTI****FESSURE PESANTI****FESSURE LEGGERE**

Indicazioni operative per il progetto:

In mancanza di misure di portanza con conseguente individuazione dei tratti omogenei, la scelta del tipo di intervento si fa individuando il tratto degradato e poi:

- se prevalgono gli **sfondamenti** per più del 30% RPi
- se prevalgono le **fessure pesanti** per più del 40% RS1
- se prevalgono le **fessure leggere** per più del 40% RS2

Lo **sfondamento** è evidenziato dalla risalita di limo; le **fessure pesanti** sono accompagnate da sconfigurazioni del piano viabile; le **fessure leggere** non hanno sconfigurazioni del piano viabile.

Combinazioni diverse dei tre tipi di degrado vanno valutate di volta in volta; se quelli dello stesso tipo sono concentrati e continui, la scelta è agevole; con degradi diversi distribuiti a macchia di leopardo, la scelta sarà dettata da motivi di disponibilità economica.

Comunque, negli interventi di tipo RS gli sfondamenti localizzati vanno trattati separatamente, prima dell'intervento corrente, bonificando i sottofondi con materiale granulare non legato o con materiale fresato.

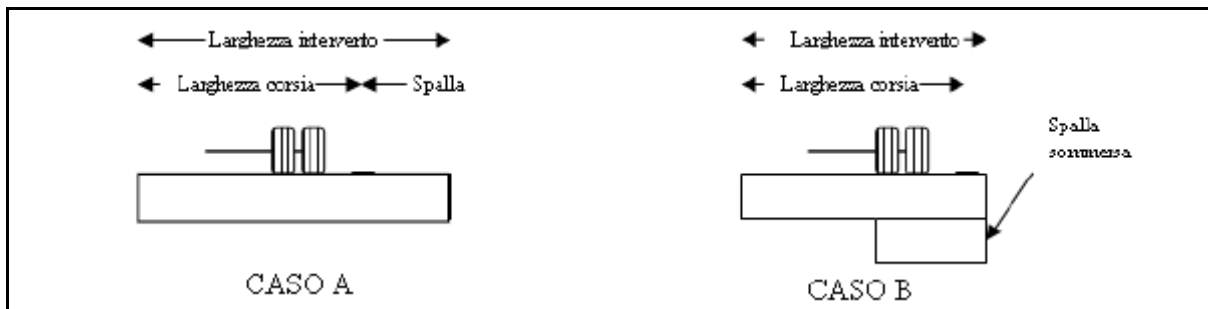
#### Art. 21.8 - Lunghezza ed ubicazione trasversale degli interventi nella sezione stradale

Gli interventi dovranno avere una lunghezza minima compatibile con le condizioni della strada e con le tecniche impiegate; occorrerà quindi individuare dei tratti con condizioni omogenee di degrado e, l'eventuale presenza di tratti non degradati o meno degradati di lunghezza inferiore a 50 m ad essi intermedi, andranno risanati con la stessa tecnica dei tratti adiacenti senza interrompere il cantiere; la lunghezza complessiva così individuata dovrà essere di almeno 500 m. Questa misura ottimizza la gestione del cantiere quando si usano macchine complesse come i treni di riciclaggio e non dovrebbe essere disattesa, salvo casi particolari. Comunque, gli interventi complessivi sul tratto, anche separati tra loro, devono essere almeno di qualche chilometro per raggiungere una omogeneità di risultato.

È importante posizionare l'intervento nella sezione esistente in relazione ai bordi strada, scegliendo anche la sua larghezza, in modo che sia realizzabile al meglio con macchine operatrici di diverso tipo, onde evitare lavorazioni incomplete nella zona maggiormente transitata dalle ruote del lato destro dei veicoli pesanti.

È necessario garantire la presenza di una adeguata "spalla" che andrebbe preferibilmente realizzata sul lato esterno della pavimentazione aumentando la larghezza dell'intervento rispetto alla larghezza della corsia, in modo che i veicoli pesanti scorrano ad almeno 40 cm dal bordo della strada, in alternativa, per motivi di spazio, dovrà essere realizzata sotto la pavimentazione, tramite uno scasso da 60 a 100 cm di larghezza e profondità 20 cm, da riempire con lo stesso materiale usato per la fondazione e rullato preventivamente a quest'ultima.

L'indicazione di quanto esposto è riportata nelle figure che seguono.



La spalla, nel caso A, è fatta con gli stessi materiali dell'intervento e si ottiene semplicemente allargando il medesimo nel modo indicato; nel caso B, la spalla si realizza con il materiale della fondazione; la D.L., per quest'ultima, potrà decidere modalità e materiali di costruzione diversi a seconda delle macchine operatrici disponibili.

#### Art. 21.9 - Traffico di riferimento per le scelte degli interventi

Il traffico viene espresso in termini di traffico giornaliero medio (TGM), ed in base alla distribuzione, percentuale e tasso di crescita dei veicoli commerciali, vengono fornite anche le durate in termini di passaggi di assi equivalenti da 12 t.

Di seguito sono riportate le formule di trasformazione per passare da TGM a numero di passaggi di assi equivalenti da 12 t e quindi alle durate in anni.

$$A = \text{TGM}$$

$$B = \% \text{ veicoli pesanti } (> 3 \text{ t})$$

$$C = \text{TGM veicoli pesanti} = A * B$$

$$D = \text{ripartizione su carreggiata}$$

$$E = \text{ripartizione su corsia}$$

$$F = \text{numero veicoli pesanti nel primo anno} = C * 365 * D * E$$

$$G = \text{tasso di crescita medio annuo}$$

$$H = \text{durata teorica di progetto in anni}$$

$$I = \text{numero complessivo veicoli pesanti di progetto} = F * ((1+G)^H - 1) / G$$

$$L = \text{coefficiente equivalenza veicoli pesanti/ESAL 12t}$$

$$\text{ESAL 12 t} = I * L \text{ (noti TGM e durata teorica di progetto in anni)}$$

$$H = \text{LOG}(I * G / F + 1) / \text{LOG}(1 + G) \text{ (noti TGM ed ESAL 12 t)}$$

Si prevedono due diversi livelli di traffico, indicati con le lettere A e B, per gli interventi profondi ed altri due, di entità minore e sempre indicati con le lettere A e B, per i risanamenti superficiali, che di norma dovrebbero essere effettuati solo su strade con traffico modesto.

In caso di riparazioni superficiali di soccorso, localizzate o estese, e per i trattamenti superficiali, i livelli di traffico non vengono considerati rilevanti ai fini della determinazione delle soluzioni di intervento.

**Art. 21.10 - Traffico e durate teoriche di progetto delle pavimentazioni**

Le durate teoriche di progetto delle pavimentazioni sono espresse in termini di passaggi di assi equivalenti da 12 t trasformando la composizione di traffico dei veicoli commerciali (> 3 t) attraverso coefficienti di equivalenza (per semplicità si può assumere un valore costante pari a 0.4 assi di riferimento da 12 t per veicolo commerciale).

I numeri riportati nel seguito esprimono ordini di grandezza e non dati certi, ma servono per le decisioni di cui si parla.

**DURATE TEORICHE DEI RISANAMENTI PROFONDI**

|      |       | RPA   |       |       | RPB   |       |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| TGM  | 80000 | 50000 | 30000 | 30000 | 22000 | 10000 |
| anni | 15    | 20    | 35    | 15    | 20    | 35    |

**DURATE TEORICHE DEI RISANAMENTI SUPERFICIALI**

|      |      | RSA  |      |      | RSB  |      |
|------|------|------|------|------|------|------|
| TGM  | 9000 | 5500 | 4000 | 3500 | 2000 | 1500 |
| anni | 3    | 5    | 7    | 3    | 5    | 7    |

I risanamenti profondi sono calcolati per una durata teorica di 20 anni, mentre le durate teoriche dei risanamenti superficiali sono calcolate per 5 anni.

Naturalmente se si adottassero soluzioni come quelle indicate, per traffici minori o maggiori, la durata teorica corrispondente varierà come ipotizzato in tabella.

Nel caso si operi con semplici ricoperture di 5 cm (per carenze di budget) occorre tenere presente che le durate sarebbero di molto inferiori, come riportato nella tabella che segue.

| <b>DURATE TEORICHE DEI<br/>RISANAMENTI CON<br/>COPERTURA 5 CM</b> |      |      |      |
|-------------------------------------------------------------------|------|------|------|
| TGM                                                               | 6000 | 3000 | 2000 |
| anni                                                              | 1    | 2    | 3    |

Si evince quindi che spesso è preferibile operare con soluzioni di maggior durata, rispetto a quelle dettate dalle carenze budgetarie, infatti, interventi di durata troppo bassa darebbero luogo a tratti stradali sempre in cattive condizioni, per eliminare le quali, si dovrebbero ripetere più volte gli interventi minimi di cui si parla.

È preferibile quindi operare con soluzioni più durature riducendo eventualmente i tratti su cui si interviene e trattando gli altri con le riparazioni superficiali di soccorso.

**Art. 22 PAVIMENTAZIONI IN PIETRA****Art. 22.1 - Pavimentazioni in pietra****22.1.1 - Prodotti di pietre naturali o ricostruite**

Le pietre naturali da impiegarsi per qualsiasi lavoro dovranno corrispondere alle norme in vigore e dovranno essere a grana compatta ed ognuna monda da cappellaccio, esenti da piani di sfaldamento, senza screpolature, peli, venature, interclusioni di sostanze estranee; dovranno avere dimensioni adatte al particolare loro impiego ed offrire una resistenza proporzionata all'entità della sollecitazione cui devono essere assoggettate.

Saranno escluse le pietre alterabili all'azione degli agenti atmosferici e dell'acqua corrente.

Le pietre da taglio, oltre a possedere gli accennati requisiti e caratteri generali, dovranno essere sonore alla percussione, immuni da fenditure e litoclasie e di perfetta lavorabilità.

**Marmo**

Roccia cristallina, compatta, lucidabile, da decorazione e da costruzione, prevalentemente costituita da minerali di durezza Mohs da 3 a 4 (quali calcite, dolomite, serpentino).

A questa categoria appartengono:

- i marmi propriamente detti (calcari metamorfici ricristallizzati), i calcefini ed i cipollini;
- i calcari, le dolomie e le brecce calcaree lucidabili;
- gli alabastrini calcarei;
- le serpentinit;
- oficalciti.

I marmi ed i travertini dovranno essere della migliore qualità, perfettamente sani, senza scaglie, brecce, spaccature, nodi, peli, od altri difetti che ne inficino la omogeneità e la solidità. Non saranno tollerate stuccature, tasselli, rotture, scheggiature.

**Pietra**

Roccia da costruzione e/o da decorazione, di norma non lucidabile.

A questa categoria appartengono rocce di composizione mineralogica svariata, non inseribili in alcuna classificazione. Esse sono riconducibili ad uno dei due gruppi seguenti:

- rocce tenere e/o poco compatte;
- rocce dure e/o compatte.

Esempi di pietre del primo gruppo sono: varie rocce sedimentarie (calcareniti, arenarie a cemento calcareo, ecc.), varie rocce piroclastiche, (peperini, tufi, ecc.); al secondo gruppo appartengono le pietre a spacco naturale (quarziti, micascisti, gneiss lastroidi, ardesie, ecc.), e talune vulcaniti (basalti, trachiti, leuciti, ecc.).

Per gli altri termini usati per definire il prodotto in base alle forme, dimensioni, tecniche di lavorazione ed alla conformazione geometrica, vale quanto riportato nella norma UNI EN 12670:2003.

**REQUISITI DEI PRODOTTI**

I prodotti di cui sopra devono rispondere a quanto segue:

- 1) appartenere alla denominazione commerciale e/o petrografica indicata nel progetto oppure avere origine dal bacino di estrazione o zona geografica richiesta nonché essere conformi ad eventuali campioni di riferimento ed essere esenti da crepe, discontinuità, ecc. che riducano la resistenza o la funzione;
- 2) avere lavorazione superficiale e/o finiture indicate nel progetto e/o rispondere ai campioni di riferimento; avere le dimensioni nominali concordate e le relative tolleranze;
- 3) delle seguenti caratteristiche il fornitore dichiarerà i valori medi (ed i valori minimi e/o la dispersione percentuale):
  - massa volumica reale ed apparente, misurata secondo la norma UNI EN 1936:2007;
  - coefficiente di imbibizione della massa secca iniziale, misurato secondo la norma UNI EN 13755:2008;
  - resistenza a compressione, misurata secondo la norma UNI EN 1926:2007;
  - resistenza a flessione, misurata secondo la norma UNI EN 12372:2007;
  - resistenza all'abrasione, misurata secondo la norma UNI EN 14157:2017.

#### **22.1.2 - Prove dei materiali – certificazioni di conformità**

In correlazione a quanto è prescritto circa la qualità e le caratteristiche dei materiali per la loro accettazione, l'impresa sarà obbligata a prestarsi in ogni tempo alle prove dei materiali impiegati o da impiegarsi, nonché a quelle di campioni di lavori eseguiti, da prelevarsi in opera, sottostando a tutte le spese di prelevamento ed invio di campioni al laboratorio prove ed analisi debitamente riconosciuto.

L'impresa sarà tenuta a pagare le spese per dette prove, secondo le tariffe degli istituti stessi.

Dei campioni potrà essere ordinata la conservazione nel competente ufficio tecnico o sedi distaccate della Stazione Appaltante, numerandoli di sigilli e firma del Direttore dei Lavori (o del suo assistente di cantiere) e dell'impresa, nei modi più adatti a garantirne l'autenticità.

Per i prodotti per i quali sono state emanate le disposizioni attuative che consentono l'apposizione del marchio di conformità CE o laddove sia prevista una procedura di omologazione/approvazione dello stesso che sostituisce la certificazione di conformità.

Le prove da effettuare sui materiali faranno riferimento alla seguente normativa UNI per il settore della pietra naturale e della tecnologia per la sua lavorazione:

- UNI EN 1341:2013 Lastre di pietra naturale e per pavimentazione esterna
- UNI EN 1342:2013 Cubetti di pietra naturale per pavimentazione esterna
- UNI EN 1926:2007 Metodi di prova per pietra naturali – Determinazione della resistenza a compressione uniassiale
- UNI EN 1936:2007 Metodi di prova per pietra naturali – Determinazione delle masse volumiche reale e apparente e della porosità totale e aperta
- UNI EN 12370:2020 Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza alla cristallizzazione dei sali
- UNI EN 12371:2010 Metodi di prova per pietre naturali – Determinazione della resistenza al gelo

- UNI EN 12372:2022 Metodi di prova per pietre naturali – Determinazione della resistenza a flessione sotto carico concentrato
- UNI EN 12407:2019 Metodi di prova per pietre naturali – Esame petrografico
- UNI EN 13161:2008 Metodi di prova per pietre naturali – Determinazione della resistenza a flessione sotto momento costante
- UNI EN 13373:2020 Metodi di prova per pietre naturali – Determinazione delle caratteristiche geometriche degli elementi
- UNI EN 13755:2008 Metodi di prova per pietre naturali – Determinazione dell'assorbimento d'acqua a pressione atmosferica
- UNI EN 12407:2001 Materiali lapidei – Descrizione petrografica
- UNI EN 13755:2002 Materiali lapidei – Determinazione della massa volumica apparente e del coefficiente d'imbibizione
- UNI EN 1926:2000 Materiali lapidei – Determinazione della resistenza a compressione semplice
- UNI EN 1936:2001 Materiali lapidei – Determinazione della massa volumica reale e della porosità totale e accessibile
- UNI EN 14146:2005 Materiali lapidei – Determinazione del modulo elastico in compressione
- UNI EN 12057:2005 e UNI EN 12058:2005 Prodotti lapidei – Criteri di accettazione
- UNI EN 12057:2005 e UNI EN 12058:2005 Prodotti lapidei (grezzi o lavorati) – Criteri per l'informazione tecnica.

### 22.1.3 - Opere in pietra naturale

Le opere in pietra dovranno in generale corrispondere esattamente alle forme e dimensioni risultanti dai disegni di progetto ed essere lavorate a seconda delle prescrizioni generali del presente capitolato o di quelle particolari impartite dalla Direzione dei lavori all'atto dell'esecuzione.

Tutti i materiali dovranno essere con caratteristiche esteriori (grana, coloritura e venatura) corrispondenti a quella essenziale della specie prescelta.

Prima di cominciare i lavori, qualora non sia provveduto in merito avanti l'appalto da parte della stazione appaltante, l'appaltatore dovrà preparare a sue spese i campioni delle varie pietre e delle loro lavorazioni, e sottoporli all'approvazione della D.L., alla quale spetterà in materia esclusiva di giudizio dire se essi corrispondono alle prescrizioni; detti campioni, debitamente contrassegnati, resteranno depositati negli uffici della direzione, quali termini di confronto e di riferimento.

Per quanto riguarda le dimensioni di ogni opera nelle sue parti componenti, la Direzione dei Lavori ha la facoltà di prescrivere le misure dei vari elementi di un'opera qualsiasi, come pure di precisare gli spartiti, la posizione dei giunti, la suddivisione dei pezzi, l'andamento della venatura, ecc., secondo i particolari disegni costruttivi che la stessa D.L. potrà fornire all'appaltatore all'atto dell'esecuzione, e quest'ultimo avrà l'obbligo di uniformarsi a tali norme, come ad ogni altra disposizione circa la formazione di modanature, scorniciature, ecc.

La posa in opera della pavimentazione dovrà essere eseguita da personale specializzato su apposita fondazione con interposizione di un letto di malta semiasciutta che avrà uno spessore minimo di cm 5, sufficiente a riempire tutti i vuoti di fondo e di fianco alla pavimentazione stessa.

Non saranno tollerati difetti di linea e di piano anche minimi e comunque percettibili ad occhio con accurata osservazione da ogni posizione.

#### **22.1.4 - Classificazione – dimensione e lavorazione dele materiale lapideo**

Il materiale lapideo nuovo sarà formato in lastre parallelepipedi con faccia superiore perfettamente rettangolare, salvo forme speciali che potranno essere richieste volta per volta, ove fossero strettamente necessarie e che anch'esse verranno pagate con il prezzo ordinario. Le dimensioni di spessore dovranno essere rispettate sia nei lati di contatto, sia in qualunque punto del pezzo.

#### **22.1.5 - Collaudo dei materiali lapidei**

La Direzione Lavori è giudice inappellabile della buona qualità e idoneità dell'impiego del materiale lapideo che dovrà corrispondere a tutte le condizioni contenute nel presente capitolato.

#### **22.1.6 - Verifiche ed accettazione dei materiali lapidei**

Dopo la prima fornitura di materiale, si eseguiranno a cura dell'impresa appaltatrice e sotto il controllo della Direzione Lavori, le verifiche di qualità del materiale lapideo tramite analisi di laboratorio.

Il materiale accettato dalla D.L. sarà contrassegnato in maniera visibile.

#### **22.1.7 - Rimozione del materiale scartato**

Il materiale scartato, a giudizio inappellabile della Direzione dei Lavori, dovrà essere, a cura e spese dell'Appaltatore, asportato dai cantieri entro dieci giorni da quello nel quale la Direzione Lavori ne avrà dato avviso all'appaltatore.

In caso che l'Appaltatore venisse meno a questo obbligo, la Direzione dei Lavori farà pagare, trascorso il periodo sopra indicato, una multa pari ad 1/10 del valore del materiale scartato, valutato a prezzo di capitolato, per ogni giorno di ritardo.

#### **22.1.8 - Prove di materiali lapidei**

In correlazione a quanto prescritto circa la qualità e le caratteristiche dei materiali per la loro accettazione, l'impresa sarà obbligata a prestarsi in ogni tempo alle prove dei materiali impiegati o da impiegarsi, nonché a quelle di campioni di lavori eseguiti, da prelevarsi in opera sottostando a tutte le spese di prelevamento ed invio dei campioni ad Istituto Sperimentale debitamente riconosciuto.

L'impresa sarà tenuta a pagare le spese per dette prove, secondo le tariffe degli istituti stessi.

I prodotti di cui sopra devono rispondere alle prescrizioni del progetto (dimensioni, tolleranze, aspetto, ecc.) ed a quanto prescritto nel presente capitolato.

In mancanza di tolleranze sui disegni di progetto si intende che le lastre grezze contengono la dimensione nominale; le lastre finite, marmette, ecc. hanno tolleranza 1 mm sulla larghezza e lunghezza e 2 mm sullo spessore (per prodotti da incollare le tolleranze predette saranno ridotte); le lastre ed i cubetti dovranno inoltre rispondere al RD 2234 del 16/11/1939 per quanto attiene il coefficiente di usura al tribometro in mm.

Le forniture avverranno su pallets ed i prodotti saranno opportunamente legati ed eventualmente protetti dall'azione di sostanze sporcanti.

Il foglio informativo indicherà almeno le caratteristiche di cui sopra e le istruzioni per la movimentazione, sicurezza e posa.

**Art. 22.2 - Tipologia di pavimentazioni****22.2.1 - Pavimentazioni in porfido**

Tutti i materiali porfirici trattati nel presente Capitolato Speciale devono provenire esclusivamente dalle cave del Trentino-Alto Adige, unica Regione ove si coltiva il porfido stratificato a piani in vista naturali di cava.

Le caratteristiche fisico-meccaniche dei porfidi rientrano nei seguenti limiti, stabiliti da ricerche e prove:

|                                                  |                    |                  |
|--------------------------------------------------|--------------------|------------------|
| - carico di rottura a compressione               | kg/cm <sup>2</sup> | 2600/2900        |
| - carico di rottura a compressione dopo gelività | kg/cm <sup>2</sup> | 2550/3000        |
| - coefficiente di imbibizione (in peso)          | %                  | 5,25/7,65        |
| - resistenza a flessione                         | kg/cm <sup>2</sup> | 227/286          |
| - prova d'urto: altezza min. di caduta           | cm                 | 60/69            |
| - coefficiente di dilatazione lineare termica    | mm/ml/° C          | 0,00296/0,007755 |
| - usura per attrito radente                      | mm                 | 0,36/0,60        |
| - peso per unità di volume                       | kg/m <sup>3</sup>  | 2543/2563        |

Le colorazioni fondamentali dei materiali porfirici possono essere: grigio, grigio-rosso, grigio-viola, rossastro, violetto, rosa.

I cubetti di porfido vengono distinti, a seconda della lunghezza in cm di detto spigolo, nei seguenti assortimenti:

| TIPO DI CUBETTO | LATO       | SPESSORE    | PESO kg/m <sup>2</sup> | PEZZI PER m <sup>2</sup> | IMPIEGO                               |
|-----------------|------------|-------------|------------------------|--------------------------|---------------------------------------|
| 4/6             | 4 – 7 cm   | 4 – 6 cm    | 100                    | 290 – 300                | Traffico pedonale                     |
| 4/6 "slim"      | 4 – 7 cm   | 2 – 4 cm    | 75                     | 290 – 300                | Traffico pedonale                     |
| 6/8             | 6 – 9 cm   | 5.5 – 8 cm  | 135                    | 155 – 160                | Traffico pedonale e veicolare leggero |
| 8/10            | 8 – 12 cm  | 7.5 – 11 cm | 190                    | 95 – 100                 | Traffico pesante                      |
| 10/12           | 10 – 14 cm | 10 – 13 cm  | 220                    | 65 – 70                  | Traffico pesante                      |
| 12/15           | 12 – 16 cm | 12 – 15 cm  | 300                    | 44 – 47                  | Traffico pesante                      |
| 14/18           | 14 – 20 cm | 14 – 20 cm  | 350                    | 27 – 31                  | Traffico pesante                      |

Ciascun assortimento dovrà comprendere solo elementi aventi spigoli di lunghezza compresa nei limiti sopraindicati con la tolleranza di cm 1.

I vari spigoli del cubetto non dovranno essere necessariamente uguali e le varie facce spaccate non saranno necessariamente ortogonali fra loro.

La superficie superiore del cubetto dovrà essere a piano naturale di cava e non dovrà presentare eccessiva ruvidità.

Le quattro facce laterali sono ricavate a spacco e si presentano quindi con superficie più ruvida ed in leggera sottosquadra.

Ogni assortimento dovrà comprendere cubetti di varie dimensioni entro i limiti che definiscono l'assortimento stesso, con la tolleranza prevista. In tutti i casi l'altezza dei cubetti deve essere rispettata. La roccia dovrà essere sostanzialmente uniforme e compatta e non dovrà contenere parti alterate. Sono da escludere le rocce che presentino piani di suddivisibilità capaci di determinare la rottura degli elementi dopo la posa in opera.

La pavimentazione ultimata dovrà corrispondere esattamente alle quote ed alle livellette di progetto stabilite dalla Direzione Lavori e non presentare in nessuna parte irregolarità o depressioni superiori a 1 cm rispetto ad un'asta rettilinea della lunghezza di m 3 appoggiata longitudinalmente sul manto. In ogni caso, le pendenze longitudinali o trasversali per lo smaltimento delle acque meteoriche dovranno essere al minimo del 1.5%.

### 22.2.2 - Pavimentazioni cubetti di Luserna

Le caratteristiche fisico-meccaniche della Luserna rientrano nei seguenti limiti, stabiliti da ricerche e prove:

|                                                     |                    |        |
|-----------------------------------------------------|--------------------|--------|
| - carico di rottura a compressione                  | kg/cm <sup>2</sup> | 1754   |
| - carico di rottura a compressione dopo gelività    | kg/cm <sup>2</sup> | 683    |
| - coefficiente di imbibizione (in peso)             | %                  | 3,02   |
| - resistenza a flessione                            | kg/cm <sup>2</sup> | 289    |
| - resistenza a flessione dopo gelività              | kg/cm <sup>2</sup> | 263    |
| - resistenza allo scivolamento: con finitura lucida | USRV               | 24     |
| con finitura spazzolata                             | USRV               | 53     |
| con finitura fiammata                               | USRV               | 88     |
| - prova d'urto: altezza min. di caduta              | cm                 | 81     |
| - coefficiente di dilatazione lineare termica       | mm/ml/° C          | 0,0033 |
| - usura per attrito radente                         | mm                 | 2,41   |
| - peso per unità di volume                          | kg/m <sup>3</sup>  | 2615   |

La Luserna ha una colorazione grigio-verdognola a grana fine. Può presentare aloni di ruggine.

La Luserna presenta una struttura lamellare e le lastre posseggono una notevole resistenza anche se di spessore ridotto. Il materiale è inalterabile allo sfregamento ed alle intemperie, come si rileva dai dati sopra riportati.

I cubetti vengono distinti nei seguenti assortimenti:

| TIPO DI CUBETTO | LATO       | SPESSORE   | PESO kg/m <sup>2</sup> | PEZZI PER m <sup>2</sup> | IMPIEGO                               |
|-----------------|------------|------------|------------------------|--------------------------|---------------------------------------|
| 4/6             | 4 – 7 cm   | 4 – 6 cm   | 100/110                | 290 – 300                | Traffico pedonale                     |
| 6/8             | 6 – 9 cm   | 6 - 8 cm   | 135/145                | 155 – 160                | Traffico pedonale e veicolare leggero |
| 8/10            | 8 – 12 cm  | 8 – 10 cm  | 190/200                | 95 – 100                 | Traffico pesante                      |
| 10/12           | 10 – 14 cm | 10 – 12 cm | 220/250                | 65 – 70                  | Traffico pesante                      |
| 14/14           | 14 cm      | 10 cm      | 220/250                | 60 – 65                  | Traffico pesante                      |

Ciascun assortimento dovrà comprendere solo elementi aventi spigoli di lunghezza compresa nei limiti sopraindicati con la tolleranza di cm 1.

I vari spigoli del cubetto non dovranno essere necessariamente uguali e le varie facce spaccate non saranno necessariamente ortogonali fra loro.

La superficie superiore del cubetto dovrà essere a piano naturale di cava e non dovrà presentare eccessive irregolarità.

Le quattro facce laterali sono ricavate a spacco e si presentano quindi con superficie più ruvida ed in leggera sottosquadra.

Ogni assortimento dovrà comprendere cubetti di varie dimensioni entro i limiti che definiscono l'assortimento stesso, con la tolleranza prevista. In tutti i casi l'altezza dei cubetti deve essere rispettata. La roccia dovrà essere sostanzialmente uniforme e compatta e non dovrà contenere parti alterate. Sono da escludere le rocce che presentino piani di suddivisibilità capaci di determinare la rottura degli elementi dopo la posa in opera. Allo stesso modo, andranno eliminati i cubetti eccessivamente ossidati, che presentano scarsa resistenza.

La posa dei cubetti dovrà essere fatta nel modo più accurato, cosicché i giunti risultino il più possibile serrati e sfalsati di corso in corso, gli archi perfettamente regolari e in modo da assicurare, dopo energica battitura, la perfetta stabilità e regolarità del piano viabile. La pavimentazione ultimata dovrà corrispondere esattamente alle quote ed alle livellette di progetto stabilite dalla Direzione Lavori e non presentare in nessuna parte irregolarità o depressioni superiori a 1 cm rispetto ad un'asta rettilinea della lunghezza di m 3 appoggiata longitudinalmente sul manto. In ogni caso, le pendenze longitudinali o trasversali per lo smaltimento delle acque meteoriche dovranno essere al minimo del 1.5%.

### **Art. 22.3 - Tipologia posa e di sigillatura**

#### **22.3.1 - Sigillatura con boiaccia di cemento**

La boiaccia va preparata miscelando in parti uguali sabbia (a grana sottile e uniforme) acqua e cemento. La stessa va stesa sul pavimento con l'aiuto di spazzoloni, cercando di far sì che penetri completamente in ogni giuntura. Si lascia riposare la boiaccia per una o due ore in modo che la stessa abbia iniziato il processo di presa; poi con un getto d'acqua a pioggia si dovrà togliere la parte eccedente che ricopre la pavimentazione, aiutandosi sempre con gli spazzoloni rigidi sopra menzionati. Per avere un risultato soddisfacente è fondamentale cospargere la superficie con segatura di legno, bagnata, tirarla con le spazzole e ripetere l'operazione con segatura asciutta, fino alla completa pulizia della superficie. È di particolare importanza la pulitura accurata di tutti gli scarichi, caditoie, pozzetti, in modo che la boiaccia depositata in essi non si solidifichi e li ostruisca.

#### **22.3.2 - Sigillatura con mastice di bitume a caldo**

Sulla pavimentazione battuta ma ancora aperta (o all'occorrenza lavata con getto d'acqua o aria a pressione), va versato del mastice bituminoso, preventivamente riscaldato in caldaie. L'operazione va fatta per ogni singolo elemento e cioè seguendo tutte le fughe dei cubetti, servendosi di una particolare tazza a beccuccio o di un imbuto appositamente predisposto. Si procede quindi alla stesura di un velo di sabbia sulla superficie.

#### **22.3.3 - Sigillatura con emulsione bituminosa a freddo**

Sulla pavimentazione ancora aperta e asciutta, si stende a freddo l'emulsione bituminosa (55% in bitume, 40% acqua, 5% emulsionante), che si fa penetrare nelle giunture con l'aiuto di spazzoloni, fino al loro completo riempimento. Si procede quindi alla pulitura, prima con sabbia e poi con segatura.

#### **22.3.4 - Sigillatura con resina poliuretanica monocomponente**

La sigillatura con resina epossidica monocomponente dovrà essere eseguita con clima asciutto e così dovrà essere il piano di posa ed il ghiaietto di riempimento. Al fine di rendere il piano finito impermeabile all'acqua,

completata la resinatura dovrà essere realizzato uno spolvero di sabbia e filler, che intasa completamente le fughe ed impedisce all'acqua di infiltrarsi negli strati sottostanti. L'intasamento delle fughe deve essere necessariamente eseguito in caso di sottofondo in cemento.

#### **22.3.5 - Posa su sabbia e cemento, sigillatura con boiaccia cementizia**

- a) si fa una miscela a secco di sabbia e cemento in ragione di 300 kg di cemento per m<sup>3</sup> che viene stesa sul sottofondo a formare il letto di posa dei cubetti. È importante che detta miscela sia ben uniforme ad evitare che poi si abbiano a verificare nel pavimento dei punti di resistenza diversificata e con maggiore o minore impermeabilità. Per evitare l'insorgere di detta problematica la miscelazione deve avvenire meccanicamente;
- b) su questo letto vengono collocati i cubetti sempre all'asciutto;
- c) si dà alla superficie posata una prima battitura;
- d) si prepara la boiaccia cementizia descritta in precedenza (dosaggio 500 kg di cemento in ragione di ogni m<sup>3</sup> di sabbia) e la si versa sulla superficie tirandola con spazzoloni rigidi in modo che ogni giuntura risulti riempita e vada a bagnare il sottostante letto di sabbia e cemento;
- e) si pulisce la superficie pavimentata con getto di acqua convenientemente dosato, ma meglio con segatura di legno prima bagnata e poi asciutta.

Con il sistema sopra descritto si forma una cementazione fra i cubetti di porfido, la sigillatura esterna e lo strato inferiore di sabbia e cemento. È necessario, perché la presa sia assicurata, che le intere operazioni di posa, battitura e bagnatura vengano eseguite possibilmente in giornata

Bagnatura, battitura e sigillatura eseguite con intervalli di tempo eccessivi determinerebbero differenti tempi di presa e quindi la mancata congiunzione della sigillatura con il sottostante letto di posa. Ne conseguirebbe una minore solidità del manto e un più facile deterioramento della sigillatura.

È dunque sempre molto importante fare attenzione agli intervalli fra le singole operazioni, prestando cura alle condizioni meteorologiche che influenzano in maniera determinante in tempi di presa del cemento.

In casi particolari, e cioè di strade con forte pendenza, non è consigliabile la completa finitura del pavimento in giornata perché la boiaccia di sigillatura e le acque di lavaggio della stessa andrebbero a sporcare il pavimento eseguito in precedenza. In tale caso sarà bene effettuare più accuratamente la prima battitura giornaliera e, solo a pavimento finito, (intendendo il solo tratto in pendenza), eseguire la sigillatura dell'intera superficie.

#### **22.3.6 - Sottofondo in calcestruzzo – massicciata – ripristini parziali**

A seconda delle situazioni ed a giudizio insindacabile della Direzione Lavori sotto il letto di sabbia, sarà costituito un sottofondo in calcestruzzo a 200 kg di cemento, di spessore non inferiore a cm. 10. La diversa costituzione del sottofondo non comporta alcuna differenza di prezzo relativo alla posa dei cubetti.

Nel caso di rifacimento parziale della pavimentazione, limitato alla superficie dello scavo a sezione ristretta, i cubetti saranno disposti con lo schema delle superfici costituenti e in modo tale che questi schemi risultino perfettamente ripristinati; i giunti dovranno essere perfettamente sigillati con lo stesso materiale di quelli originari (sabbia, emulsione, catrame, ecc.) e i piani del vecchio e del nuovo perfettamente livellati.

Nel ripristino saranno impiegati i cubetti provenienti dalla demolizione; in caso di necessità l'Appaltatore sarà tenuto alla fornitura a suo carico dei cubetti mancanti. Nel prezzo è compresa la fornitura della nuova sabbia di sottofondo, se necessaria. Sarà compreso nel prezzo il trasporto del materiale di scarto alle PP.DD.

#### **Art. 22.4 - Acciottolati**

L'acciottolato verrà eseguito normalmente con ciottoli comuni sani, di natura resistente, delle dimensioni stabilite dalla Direzione Lavori posti in opera su letto di sabbia mista a cemento tipo 60 con la dosatura di 150 Kg per m<sup>3</sup>, d'impasto (spessore della sabbia e dell'acciottolato finito 20cm), battuto a rifiuto con mazzaranga ed opportunamente innaffiato ed intasato con sabbia di cava o di frantoio.

Qualora si debba rifare un vecchio acciottolato nel prezzo di elenco è compresa la cernita e il reimpiego dei ciottoli vecchi

L'Impresa dovrà avere cura di caricare e trasportare i ciottoli esenti da materiale terroso.

Nel caso di rifacimento parziale dell'acciottolato, limitato alla superficie dello scavo a sezione ristretta, i ciottoli dovranno essere posati a regola d'arte; il piano del ripristino dovrà risultare leggermente più alto dei piani circostanti, in modo che ad assestamento avvenuto, i piani si presentino perfettamente livellati.

Nel ripristino saranno impiegati i ciottoli provenienti dalla demolizione; in caso di necessità, l'Appaltatore sarà tenuto alla fornitura a suo carico dei ciottoli mancanti

#### **Art. 22.5 - Pavimentazioni in lastre di granito, di pietre varie e cordonature**

Si parla di lastricato quando la pavimentazione è costituita da elementi con uno spessore di gran lunga inferiore alla larghezza ed alla lunghezza dell'elemento

Per tutti i tipi e le lavorazioni la roccia dovrà essere sostanzialmente uniforme e compatta e non dovrà contenere parti alterate.

Il lastricato può essere realizzato in piastrelle o lastre.

Le piastrelle sono elementi di forma rettangolare ottenuti tramite trasformazioni in laboratorio di lastre informi a piano naturale di cava ed a spessore variabile.

- A. PIASTRELLE A SPACCO REGOLARI: la superficie dovrà essere naturale di cava, lo spessore potrà variare da 3 a 6 cm. Maggiori o minori spessori (1-3 o 5-8) potranno essere richiesti per impieghi particolari. Le piastrelle a spacco dovranno avere lati paralleli ed angoli retti. Le coste dovranno essere ortogonali al piano o in leggera sottosquadra.
- B. PIASTRELLE FRESATE: la superficie dovrà essere naturale di cava, lo spessore potrà variare da 3 a 6 cm. Le coste saranno fresate. Le piastrelle a coste fresate dovranno avere lati paralleli ed angoli retti. Le coste dovranno essere ortogonali al piano.
- C. PIASTRELLE PIANO SEGA CON COSTE FRESATE: la superficie dovrà essere "tagliata". Le coste saranno fresate, lo spessore potrà variare da 2 a 6 cm. Le piastrelle dovranno avere lati paralleli ed angoli retti. Le coste dovranno essere ortogonali al piano.

D. PIASTRELLE BOCCIARDATE/FIAMMATE/SPAZZOLATE/ANTICATE CON COSTE FRESATE: la superficie dovrà essere ottenuta a taglio di sega con successiva finitura. Le coste saranno fresate, lo spessore sarà da 2 a 6 cm. Le piastrelle dovranno avere lati paralleli ed angoli retti.

Le lastre verranno poste in opera con malta cementizia o con letto di sabbia mista a cemento tipo R 32,5 con dosatura 200 kg per m<sup>3</sup> d'impasto, su sottofondo in calcestruzzo con Rck idoneo alla tipologia di traffico o con ogni altra prescrizione della D.L..

Le cordonature di marciapiedi saranno formate da cordoni retti e curvi in granito, in trachite, in porfido, in calcestruzzo e in cemento vibro-compresso.

I cordoni in granito, in trachite, in porfido, avranno dimensioni medie di cm. 12/15x25 di altezza, lavorati sul piano e sulla costa a punta mezzana. L'altezza della costa lavorata (pedegalla) non dovrà essere inferiore a cm 15.

I materiali dovranno possedere ottime qualità ed essere esenti da difetti.

I cordoni in cemento vibro-compresso, retti e curvi, della sagoma che verrà indicata dalla Direzione Lavori, dovranno essere iscritti nel rettangolo delle dimensioni di cm. 25x25.

La posa di tutti i cordoni sarà fatta su cassonetto di calcestruzzo dello spessore medio di cm 10 per tutta l'altezza di interramento. Inoltre, verso l'interno, in corrispondenza del giunto fra cordoni e cordone dovrà essere formato un massello di rinforzo della larghezza di cm 20 e per un'altezza pari a quella del cordone.

### **Art. 23 Pavimentazioni di marciapiedi e piste ciclabili**

Le tipologie di pavimentazione dei marciapiedi e delle piste ciclabili saranno delle tipologie descritte di seguito.

#### **Art. 23.1 - Pavimentazione in conglomerato bituminoso**

##### **23.1.1 - Asfalto colato**

##### **23.1.1.1 - Marciapiedi di nuova realizzazione**

Prima di procedere alla posa dell'asfalto colato, sul sottofondo in calcestruzzo dovrà essere posato uno strato di carta oleata con funzione di separazione fra il sottofondo e lo strato di usura.

##### **Caratteristiche della carta oleata (paraffin paper):**

| <b>Caratteristica</b>         | <b>Descrizione</b>                                          |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| <i>Chimica</i>                | <i>Non contiene acidi e cloruri</i>                         |
| <i>Struttura</i>              | <i>Strati di carta kraft paraffinati su entrambi i lati</i> |
| <i>Peso</i>                   | <i>70 g/m<sup>2</sup></i>                                   |
| <i>Punto di rammollimento</i> | <i>56/58 °C</i>                                             |

L'asfalto colato, da usarsi per la finitura superficiale dei marciapiedi, sarà ottenuto mediante il mescolamento a caldo di aggregati minerali con un mastice bituminoso, costituito da filler e legante bituminoso.

**Filler:**

Per la confezione del mastice bituminoso, dovranno essere impiegati additivi o filler costituiti da polveri di rocce asfaltiche oppure polveri di origine calcarea opportunamente macinate o miscele dei due materiali.

Il filler impiegato dovrà comunque rientrare nel seguente fuso granulometrico:

| Apertura setacci (mm) | % di passanti | Norma di riferimento per l'esecuzione della prova |
|-----------------------|---------------|---------------------------------------------------|
| 2                     | 100           | UNI EN 933-10                                     |
| 0.125                 | 85 – 100      |                                                   |
| 0.063                 | 70 - 100      |                                                   |

**Bitume:**

Il bitume utilizzato per la realizzazione del conglomerato bituminoso dovrà avere caratteristiche conformi a quanto prescritto nella seguente tabella:

| Caratteristica                           | Valori        | Norma di riferimento per l'esecuzione della prova |
|------------------------------------------|---------------|---------------------------------------------------|
| Penetrazione a 25 °C                     | 35 - 50 (dmm) | UNI EN 1426                                       |
| Punto di rammollimento                   | 50-58 (°C)    | UNI EN 1427                                       |
| Punto di rottura                         | ≤ -8 (°C)     | UNI EN 12593                                      |
| Stabilità allo stoccaggio a 3 gg, 180 °C | ≤ 3 (°C)      | UNI EN 13399                                      |
| Viscosità dinamica a 160 °C              | ≥ 0,1 (Pa.s)  | UNI EN 13702:2018                                 |

**Bitume ossidato:**

All'impasto dovrà essere aggiunto un bitume ossidato a bassa penetrazione di origine naturale o industriale, in percentuale variabile a seconda delle caratteristiche tecniche del legante utilizzato in funzione della resistenza alla temperatura richiesta più avanti in questo documento.

**Aggregati:**

L'aggregato da impiegare per la formazione dell'impasto sarà costituito da graniglie e sabbie.

I pietrischi, le graniglie e le sabbie per conglomerati bituminosi dovranno soddisfare i requisiti contenuti nella seguente tabella:

| Caratteristica                            | Limite (%) | Norma di riferimento per l'esecuzione della prova |
|-------------------------------------------|------------|---------------------------------------------------|
| Contenuto di fini – f1 (aggregato grosso) | ≤ 1        | UNI EN 933-1                                      |

|                                                |           |                      |
|------------------------------------------------|-----------|----------------------|
| <i>Contenuto di fini – f1 (aggregato fine)</i> | $\leq 3$  |                      |
| <i>Resistenza alla frantumazione – LA</i>      | $\leq 25$ | <i>UNI EN 1097-2</i> |
| <i>Equivalente in sabbia – ES</i>              | $\geq 55$ | <i>UNI EN 933-8</i>  |

**Miscela:**

La miscela bituminosa dovrà essere conforme a quanto riportato dalla Norma UNI EN 13108-6. Il prodotto dovrà quindi essere corredato dal relativo Marchio CE e DoP.

La composizione granulometrica dovrà essere progettata in conformità alla Norma UNI EN 13043, utilizzando i setacci base più quelli del gruppo 2. La curva granulometrica dell'asfalto colato dovrà essere contenuta nel seguente fuso:

| <b>Apertura setacci (mm)</b> | <b>Passanti (%)</b> | <b>Norma di riferimento per l'esecuzione della prova</b> |
|------------------------------|---------------------|----------------------------------------------------------|
| 12.5                         | 100                 | <i>UNI EN 13108</i>                                      |
| 10                           | 75 – 100            |                                                          |
| 8                            | 70 – 95             |                                                          |
| 6.3                          | 65 – 90             |                                                          |
| 4                            | 59 – 78             |                                                          |
| 2                            | 50 – 65             |                                                          |
| 1                            | 43 – 58             |                                                          |
| 0.5                          | 35 - 50             |                                                          |
| 0.25                         | 30 – 42             |                                                          |
| 0.125                        | 25 – 35             |                                                          |
| 0.063                        | 20 - 28             |                                                          |

La quantità di minima legante contenuta nell'impasto, in conformità con la Norma UNI EN 12697-1 e quindi considerando la percentuale di bitume riferita alla miscela corretta tenendo conto del peso dell'impasto, non potrà essere inferiore al 9,5% (Bmin9.5).

Nell'impasto dell'asfalto colato è possibile inserire del fresato da scarifica di conglomerati bituminosi in ragione del 20% massimo.

La temperatura di impasto, riportata sull'etichetta CE, dovrà essere compresa fra i 210 °C e i 240 °C. Al momento della posa in opera non potrà essere inferiore ai 200 °C.

**Produzione e trasporto:**

La fusione e la preparazione della miscela dovranno essere eseguite a mezzo di caldaia munita di mescolatori meccanici.

Il trasporto in cantiere dovrà essere fatto con apposite "bonze" riscaldate e munite di mescolatore meccanico. La posa in opera dell'asfalto colato dovrà avvenire a mezzo di apposite spatole di legno con uno spessore medio di 18/20 mm.

L'asfalto colato, dopo la stesa ed il raffreddamento, dovrà presentare alla prova Wilhelm di rammollimento un risultato compreso tra 70 °C e 80 °C.

**Finitura dello strato superficiale:**

Per conferire la necessaria ruvidità e sicurezza alla pavimentazione e conferirle un migliore aspetto estetico è necessario ricoprire la pavimentazione appena realizzata con graniglia fine tipo Black-Bright tipo New Asphalt, perfettamente pulita e lavata con curva granulometrica compresa fra 1 mm e 3 mm.

Dopo un trattamento di spazzolatura, da eseguire a mano o a macchina, per evitare la sua eccedenza, la graniglia sarà fissata con un trattamento a spruzzo nebulizzato di resina acrilica in emulsione acquosa in ragione di circa 200 g/m<sup>2</sup>. Tale resina ha una funzione lucidante e protettiva del materiale da ricoprire. La resina deve essere posata immediatamente con temperature ambientali comprese fra 10 °C e 40 °C.

**23.1.1.2 - Marciapiedi esistenti**

Qualora si abbia a che fare con marciapiedi esistenti con pavimentazioni deteriorate, impiegando il GussAsphalt è possibile riportare le condizioni della superficie calpestabile a un ottimo livello sia dal punto di vista estetico che di sicurezza per i pedoni. Condizione necessaria perché l'intervento sia sostenibile e possa avere una vita utile soddisfacente è che le condizioni del sottofondo della vecchia pavimentazione sia idonea e che i problemi siano dovuti al solo strato di usura ormai rovinato.

**Sistemazione dello strato preesistente**

Lo strato in conglomerato bituminoso preesistente dovrà essere risagomato con l'impiego di frese manuali con creazione di una battuta di aggancio in prossimità del cordolo e dei pozzetti.

**Posa in opera**

La posa del conglomerato bituminoso colato avverrà a questo punto con modalità del tutto analoghe a quelle descritte per i marciapiedi di nuova costruzione di cui alla voce 22.1.1.1, con la differenza che non sarà più necessario mettere in opera lo strato di carta oleata e a motivo del fondo esistente verrà posato con uno spessore medio di 10/20 mm.

**23.1.1.3 - Piste ciclabili carrabili di nuova costruzione**

Prima di procedere alla posa dell'asfalto colato, sul sottofondo in calcestruzzo dovrà essere posato uno strato di carta oleata con funzione di separazione fra il sottofondo e lo strato di usura.

**Caratteristiche della carta oleata (paraffin paper):**

| Caratteristica | Descrizione |
|----------------|-------------|
|----------------|-------------|

|                               |                                                             |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| <i>Chimica</i>                | <i>Non contiene acidi e cloruri</i>                         |
| <i>Struttura</i>              | <i>Strati di carta kraft paraffinati su entrambi i lati</i> |
| <i>Peso</i>                   | <i>70 g/m<sup>2</sup></i>                                   |
| <i>Punto di rammollimento</i> | <i>56/58 °C</i>                                             |

L'asfalto colato, da usarsi per la finitura superficiale delle piste ciclabili, sarà ottenuto mediante il mescolamento a caldo di aggregati minerali con un mastice bituminoso, costituito ossido di ferro per conferire al materiale il colore rosso, da filler e legante bituminoso.

#### **Ossido di ferro:**

L'ossido di ferro è un colorante che conferisce un caratteristico colore rosso mattone al conglomerato bituminoso. Può essere aggiunto all'impasto in percentuali variabili dal 2% al 5%, con rese cromatiche differenti.

#### **Filler:**

Per la confezione del mastice bituminoso, dovranno essere impiegati additivi o filler costituiti da polveri di rocce asphaltiche oppure polveri di origine calcarea opportunamente macinate o miscele dei due materiali.

Il filler impiegato dovrà comunque rientrare nel seguente fuso granulometrico:

| <b>Apertura setacci (mm)</b> | <b>% di passanti</b> | <b>Norma di riferimento per l'esecuzione della prova</b> |
|------------------------------|----------------------|----------------------------------------------------------|
| 2                            | 100                  | UNI EN 933-10                                            |
| 0.125                        | 85 – 100             |                                                          |
| 0.063                        | 70 - 100             |                                                          |

#### **Bitume:**

Il bitume utilizzato per la realizzazione del conglomerato bituminoso dovrà avere caratteristiche conformi a quanto prescritto nella seguente tabella:

| <b>Caratteristica</b>                           | <b>Valori</b>        | <b>Norma di riferimento per l'esecuzione della prova</b> |
|-------------------------------------------------|----------------------|----------------------------------------------------------|
| <i>Penetrazione a 25 °C</i>                     | <i>35 - 50 (dmm)</i> | <i>UNI EN 1426</i>                                       |
| <i>Punto di rammollimento</i>                   | <i>50-58 (°C)</i>    | <i>UNI EN 1427</i>                                       |
| <i>Punto di rottura</i>                         | <i>≤ -8 (°C)</i>     | <i>UNI EN 12593</i>                                      |
| <i>Stabilità allo stoccaggio a 3 gg, 180 °C</i> | <i>≤ 3 (°C)</i>      | <i>UNI EN 13399</i>                                      |
| <i>Viscosità dinamica a 160 °C</i>              | <i>≥ 0,1 (Pa.s)</i>  | <i>UNI EN 13702-1</i>                                    |

#### **Bitume ossidato:**

All'impasto dovrà essere aggiunto un bitume ossidato a bassa penetrazione di origine naturale o industriale, in percentuale variabile a seconda delle caratteristiche tecniche del legante utilizzato in funzione della resistenza alla temperatura richiesta più avanti in questo documento.

#### Aggregati:

L'aggregato da impiegare per la formazione dell'impasto sarà costituito da graniglie e sabbie.

I pietrischi, le graniglie e le sabbie per conglomerati bituminosi dovranno soddisfare i requisiti contenuti nella seguente tabella:

| Caratteristica                            | Limite (%) | Norma di riferimento per l'esecuzione della prova |
|-------------------------------------------|------------|---------------------------------------------------|
| Contenuto di fini – f1 (aggregato grosso) | $\leq 1$   | UNI EN 933-1                                      |
| Contenuto di fini – f1 (aggregato fine)   | $\leq 3$   |                                                   |
| Resistenza alla frantumazione – LA        | $\leq 25$  | UNI EN 1097-2                                     |
| Equivalente in sabbia – ES                | $\geq 55$  | UNI EN 933-8                                      |

#### Miscela:

La miscela bituminosa dovrà essere conforme a quanto riportato dalla Norma UNI EN 13108-6. Il prodotto dovrà quindi essere corredato dal relativo Marchio CE e DoP.

La composizione granulometrica dovrà essere progettata in conformità alla Norma UNI EN 13043, utilizzando i setacci base più quelli del gruppo 2. La curva granulometrica dell'asfalto colato dovrà essere contenuta nel seguente fuso:

| Apertura setacci (mm) | Passanti (%) | Norma di riferimento per l'esecuzione della prova |
|-----------------------|--------------|---------------------------------------------------|
| 12.5                  | 100          | UNI EN 13108                                      |
| 10                    | 75 – 100     |                                                   |
| 8                     | 70 – 95      |                                                   |
| 6.3                   | 65 – 90      |                                                   |
| 4                     | 59 – 78      |                                                   |
| 2                     | 50 – 65      |                                                   |
| 1                     | 43 – 58      |                                                   |
| 0.5                   | 35 - 50      |                                                   |
| 0.25                  | 30 – 42      |                                                   |
| 0.125                 | 25 – 35      |                                                   |

|       |         |  |
|-------|---------|--|
| 0.063 | 20 - 28 |  |
|-------|---------|--|

La quantità di minima legante contenuta nell'impasto, in conformità con la Norma UNI EN 12697-1 e quindi considerando la percentuale di bitume riferita alla miscela corretta tenendo conto del peso dell'impasto, non potrà essere inferiore al 8,5% (Bmin8.5).

Nell'impasto dell'GussAsphalt è possibile inserire del fresato da scarifica di conglomerati bituminosi in ragione del 20% massimo.

La temperatura di impasto, riportata sull'etichetta CE, dovrà essere compresa fra i 210 °C e i 240 °C. Al momento della posa in opera non potrà essere inferiore ai 200 °C.

### **Produzione e trasporto**

La fusione e la preparazione della miscela dovranno essere eseguite a mezzo di caldaia munita di mescolatori meccanici

Il trasporto in cantiere dovrà essere fatto con apposite "bonze" riscaldate e munite di mescolatore meccanico. La posa in opera dell'asfalto colato dovrà avvenire a mezzo di apposite spatole di legno con uno spessore medio di 18/20 mm.

L'asfalto colato, dopo la stesa ed il raffreddamento, dovrà presentare alla prova Wilhelm di rammollimento un risultato superiore a 85 °C.

### **Finitura dello strato superficiale**

Per conferire la necessaria ruvidità e sicurezza alla pavimentazione e conferirle un migliore aspetto estetico è necessario ricoprire la pavimentazione appena realizzata con graniglia fine tipo Red Stone Naturale tipo New Asphalt, perfettamente pulita e lavata con curva granulometrica compresa fra 1 mm e 3 mm.

Dopo un trattamento di spazzolatura, da eseguire a mano o a macchina, per evitare la sua eccedenza, la graniglia sarà fissata con un trattamento a spruzzo nebulizzato di resina acrilica in emulsione acquosa in ragione di circa 200 g/m<sup>2</sup>. Tale resina ha una funzione lucidante e protettiva del materiale da ricoprire. La resina deve essere posata immediatamente con temperature ambientali comprese fra 10 °C e 40 °C.

#### **23.1.1.4 - Piste ciclabili carrabili esistenti**

Qualora si abbia a che fare con piste ciclabili esistenti con pavimentazioni deteriorate, impiegando l'asfalto colato è possibile riportare le condizioni della superficie carrabile ad un ottimo livello sia dal punto di vista estetico che di sicurezza per i pedoni e ciclisti. Condizione necessaria perché l'intervento sia sostenibile e possa avere una vita utile soddisfacente è che le condizioni del sottofondo della vecchia pavimentazione sia idonea e che i problemi siano dovuti al solo strato di usura ormai rovinato.

### **Sistemazione dello strato preesistente**

Lo strato in conglomerato bituminoso preesistente dovrà essere risagomato con l'impiego di frese manuali con creazione di una battuta di aggancio in prossimità del cordolo e dei pozzetti.

### **Posa in opera**

La posa del conglomerato bituminoso colato avverrà a questo punto con modalità del tutto analoghe a quelle descritte per le piste ciclabili di nuova costruzione di cui alla voce 22.1.3., con la differenza che non sarà più necessario mettere in opera lo strato di carta oleata e a motivo del fondo esistente verrà posato con uno spessore medio di 10/20 mm.

#### 23.1.1.5 – Asfalto Colato rispondente ai CAM

Le superfici scure attraggono il calore, mentre quelle chiare lo riflettono. Questo fenomeno, facilmente osservabile, contribuisce all'effetto isola di calore urbano (UHI), ovvero la tendenza delle aree urbane a riscaldarsi più delle aree rurali vicine a causa di un ambiente edificato che assorbe più energia solare rispetto a erba e alberi.

L'UHI è un problema serio che colpisce le città in tutto il mondo. Tra le tante strategie che si possono adottare per ridurre il fenomeno del riscaldamento urbano, l'aumento della riflettività delle pavimentazioni appare come una delle più efficaci in funzione dell'ampia copertura del tessuto urbano con queste superfici.

Il Decreto Legge 5 Agosto 2024, più noto come CAM Strade, nell'ambito di una progettazione volta ad aumentare e migliorare la sostenibilità delle opere infrastrutturali, individua tra i criteri da applicare per i progetti di nuove strade urbane locali (tipo F) e itinerari ciclopedonali (tipo F-bis), l'impiego di soluzioni che conseguano un indice di riflessione solare (Solar Reflectance Index, SRI) maggiore o uguale a 20 e per le aree di sosta o stazionamento, i parcheggi, le piste ciclabili, i marciapiedi, le piazze e i percorsi pedonali, invece, un indice maggiore o uguale a 29.

Per rispondere a tutte queste richieste è necessario l'utilizzo di un asfalto colato confezionato con legante trasparente (deasfaltizzato) che permette di ottenere, quindi, pavimentazioni di qualsiasi colore per soddisfare le più diverse necessità è che mantiene un colore stabile nel tempo grazie al fatto che la miscela non ha il classico colore nero.

Le tipiche graniglie costituenti i conglomerati illustrati nei precedenti paragrafi e che vengono stesi in superficie hanno le medesime caratteristiche, ma è possibile prevedere una lavorazione di bocciardatura superficiale al fine di aumentare le caratteristiche di riflessione solare.

Questo tipo di materiale per soddisfare i requisiti di posa a più basse temperature previste dal Decreto CAM Strade è additivato con le medesime sostanze impiegate per la produzione del Warm Asphalt descritte in precedenza.

#### 23.1.2 - Conglomerato bituminoso

Per quanto riguarda la realizzazione di marciapiedi in conglomerato bituminoso si rimanda alle specifiche di cui all'Art. 11 e seguenti.

In corrispondenza di fenomeni deformativi particolarmente evidenti, andrà prevista prima della realizzazione del nuovo tappeto di usura, la posa di un microtappeto in conglomerato bituminoso a caldo, avente la funzione di risagomare il piano viabile deformato. Le caratteristiche ed i requisiti di accettazione dei materiali inerti e dei leganti costituenti la miscela, come pure le prescrizioni per la formazione, la confezione e la posa in opera delle miscele, saranno in tutto conformi a quanto già specificato per i conglomerati bituminosi per strati di usura, fatte salve le seguenti modifiche:

Composizione granulometrica: individuabile con una curva continua contenuta orientativamente entro i limiti del seguente fuso:

setacci UNI-EN passante totale in peso %

|                |       |
|----------------|-------|
| setaccio 8     | 100   |
| setaccio 4     | 70-90 |
| setaccio 2     | 38-58 |
| setaccio 0.5   | 15-32 |
| setaccio 0,25  | 8-20  |
| setaccio 0,063 | 5-10  |

### Posa in opera

La posa in opera dovrà essere eseguita a regola d'arte, con vibrofinitrici in grado di realizzare uno strato finito perfettamente sagomato, senza ondulazioni, omogeneo, liscio, privo di sgranamenti, fessurazioni o aree di segregazione.

La stesa non deve presentare aree (chiazze) di bitume o di malta bituminosa (bitume e parti fini) dovute a problemi di colaggio o segregazione nella miscela. Per garantire la continuità tra gli strati, sul piano di posa, che deve essere asciutto, va stesa sempre una mano di attacco in quantità compresa tra 0,6 e 1,2 kg/m<sup>2</sup> di bitume o emulsione ambedue preferibilmente modificati. I giunti trasversali e longitudinali devono presentarsi privi di fessurazioni o elementi litoidi frantumati, con le strisciate adiacenti perfettamente complanari. In caso di stesa di due strisciate affiancate, per evitare di avere il "giunto freddo" è preferibile, se non è possibile l'impiego di due finitrici, una spaziatura temporale ridotta al minimo. La mano di attacco deve andare ad interessare (se le due strisciate sono distanti temporalmente) anche il bordo della prima strisciata. Il conglomerato bituminoso deve essere prodotto in impianto a temperature tra 145 °C e 180 °C; deve essere steso a temperatura  $\geq 140$  °C (misurata dietro finitrice in fase di compattazione). La compattazione deve avvenire mediante rulli metallici con peso compreso tra 6 e 10 ton; il rullo deve seguire da vicino la finitrice e condurre la compattazione a termine in continuo, senza interruzioni.

Vanno immediatamente rimosse e rifatte zone che presentino anomalie di stesa, segregazioni, sgranature.

Il trasporto tra l'impianto ed il cantiere di stesa deve avvenire con mezzi idonei che evitino la formazione di crostoni o eccessivi raffreddamenti superficiali.

### Art. 23.2 - Pavimentazione in calcestruzzo

Dovrà essere eseguita una fondazione in calcestruzzo compresso di 8 cm e un sovrastante strato di malta di cemento, sp. 2 cm, con spolvero di cemento puro e graniglia fine, finito a frattazzo rustico o bocciardato.

In alternativa la Direzione Lavori autorizzerà l'esecuzione del marciapiede in un unico strato di calcestruzzo a 300 kg per m<sup>3</sup>. d'impasto di sp. cm. 10, fatte salve le stesse modalità di finitura superficiale.

### Art. 23.3 - Pavimentazione in pietra naturale

In piastrelle di porfido, in piastrelle di quarzite o altre pietre naturali:

- le piastrelle di porfido a colori a scelta della Direzione Lavori dovranno avere spessore variabile da 4 a 6 cm. Le piastrelle saranno messe in opera su letto di malta con dosatura a 400 kg di cemento per ogni mc di sabbia. Dovrà inoltre essere eseguita la sigillatura e stuccatura di giunti con malta cementizia a ricco tenore di cemento;

- le pietre naturali (granito, beola, Luserna ecc.), a scelta della Direzione Lavori, avranno forma pressoché rettangolare e saranno poste in opera con le modalità descritte nei precedenti paragrafi.

I giunti potranno essere posati e stilati.

In particolare, si prescrive che i materiali usati, siano ad elevato peso specifico e dello spessore variabile da 2 a 6 cm.

Le pavimentazioni in pietra naturale dovranno, inoltre, essere posate su sottofondo in calcestruzzo a dosatura di 250 kg di cemento per m<sup>3</sup> d'impasto dello spessore compreso di 10 cm con sottostante strato di misto stabilizzato di spessore 8 cm cilindrato. Nel getto dovrà essere conglobata idonea armatura costituita da rete elettrosaldata  $\phi$  6mm., maglia 10cm.

I lastricati di forte spessore non dovranno essere posati su sottofondo in c.l.s. Dovranno essere posati su letto di sabbia con sottostante sottofondo in misto stabilizzato e ghiaia di opportuno spessore.

Le lastre saranno sigillate a rifiuto con sabbia e acqua.

#### **Art. 23.4 - Pavimentazione in masselli autobloccanti**

In masselli di calcestruzzo ad alta resistenza di forma adeguata a diffondere le azioni orizzontali a più di un massello adiacente, indipendentemente dal modo di posa, di spessore 6÷8 cm., eventualmente dotati di superficie antiusura a base di quarzo per almeno 5 mm.

I masselli dovranno essere normati "PAVITALIA".

Dovranno essere posati su letto di sabbia o graniglia, a discrezione della D.L., dello spessore di 3-5 cm. con sottostante sottofondo in misto stabilizzato e ghiaia di opportuno spessore.

Dopo la posa si procederà alla sigillatura con sabbia fine vagliata fino all'intasamento.

#### **Art. 24 MATERIALI ROTTI O DIFETTOSI**

L'Appaltatore è obbligato a sostituire, a proprie spese, le pietre difettose eventualmente rotte a seguito di impropria lavorazione e/o trasporto. La Direzione Lavori segnalerà per iscritto i difetti riscontrati e l'invito a sostituire la pavimentazione difettosa. Entro 7 giorni dalla data del ricevimento della lettera la ditta è tenuta ad adempiere a tale obbligo. Qualora, trascorso il citato termine, la ditta non avesse proceduto in proposito, la D.L. si riserva di far eseguire ad altre ditte la sostituzione del materiale difettoso e/o danneggiato, addebitandone l'importo alla ditta stessa.

Ove i difetti del materiale si manifestino in misura superiore al 20% dei pezzi forniti, la ditta ha l'obbligo, su richiesta della D.L. di sottoporre a verifica i rimanenti pezzi della fornitura, al fine eliminare a sue spese vizi, difetti, guasti e ove necessario, sostituire le parti difettose.

A garanzia di tale obbligo, La D.L. si riserva di sospendere i pagamenti degli stati d'avanzamento

## PARTE SECONDA: OPERE EDILI

### Art. 25 CONSOLIDAMENTO TERRENI

#### Art. 25.1 - Palificazioni in castagno

Le palificate in legno per consolidamento spondale saranno esclusivamente costituite da essenza di castagno, secondo quanto ordinato dalla Direzione dei Lavori, diritti sani e scortecciati e debitamente conguagliati alla superficie. Il loro diametro sarà misurato a metà della lunghezza.

I pali debbono essere debitamente foggianti a punta ad un capo, e se si stimerà necessario dal Direttore dei Lavori, con o senza punta di acciaio, di quel peso e quella forma che saranno stabiliti; all'altro capo, sottoposto ai colpi di maglio, debbono essere opportunamente accomodati e muniti di cerchiatura o ghiera di ferro che impedisca durante la battitura ogni spezzatura o guasto.

I pali debbono essere battuti fino a rifiuto col maglio di potenza adeguata.

Il rifiuto si intende raggiunto quando l'affondamento prodotto da un determinato numero di colpi di maglio (volata), caduti successivamente dalla medesima altezza, non superi il limite stabilito in relazione alla resistenza che il palo deve offrire. Le palificate potranno essere realizzate con singola fila o doppia fila di pali. Al completamento della palificata saranno posti pali orizzontali legati.

Le ultime volate debbono essere sempre battute in presenza di un incaricato della Direzione dei Lavori, né l'Appaltatore può in alcun caso recidere un palo senza che ne abbia ottenuto autorizzazione.

Ogni palo che si spezzasse durante l'infissione o deviasse dovrà essere, a richiesta dal Direttore dei lavori, tagliato o asportato e sostituito da altro idoneo, a cura e spese dell'Impresa.

#### Art. 25.2 - Gabbioni

I gabbioni, che vengono per lo più impiegati con funzioni strutturali, necessitano, per questo, di calcoli statici per i muri a gravità; la loro peculiarità è rappresentata dalla flessibilità e dalla capacità di drenaggio delle acque per cui si adattano a sostegno delle terre franose e nelle difese fluviali. Vengono posti in opera, per lo più, a gradoni, con la disposizione geometrica sfalsata. Di norma il loro impiego è limitato alle zone con sufficiente disponibilità di materiale lapideo per il riempimento dei gabbioni stessi. Il gabbione può avere forme diverse: a parallelepipedo o cilindrico. La rete che costituisce la "gabbia" dovrà necessariamente essere di tipo zincato. Generalmente il peso proprio della gabbionata è sufficiente a mantenerla in posto; tuttavia, un suo ulteriore fissaggio al terreno può avvenire con picchetti di legno ( $\varnothing$  5-10 mm), oppure con tondini di ferro ad aderenza migliorata ( $\varnothing$  12-16 mm) infissi nel terreno per una profondità di circa 100 cm.

Il rinverdimento dei gabbioni, a seconda delle esigenze di cantiere e le modalità costruttive della gabbionata, può avvenire o durante o dopo il riempimento; nel primo caso le talee, che dovranno avere una profondità superiore a quella del gabbione, (per raggiungere lo strato di terreno sottostante), saranno disposte a strati e alternate al pietrame di riempimento. Una volta terminato e chiuso il gabbione sarà possibile disporre uno strato di talee anche tra questo e quello sovrastante. Il rinverdimento in una fase successiva al riempimento dei gabbioni potrà avvenire mediante la costruzione, con georete tridimensionale, di sacche esterne o tasche interne al gabbione, ad esso legato con del filo di ferro.

**Art. 25.3 - Gradonata e cordonata viva**

Opere idonee per la stabilizzazione di scarpate consistenti nella realizzazione di banchine trasversali alla linea di massima pendenza, costituite da uno scavo di contropendenza nel quale viene posto a dimora materiale vivo (talee, piantine), ricoperto con il terreno derivante dallo scavo della banchina posta a monte. Questi interventi sono caratterizzati da limitate possibilità esecutive per scarpate con roccia affiorante e sub-affiorante. In caso di impiego di talee si renderà necessaria una grande quantità di materiale vivo. Gradonata e cordonate, presentano modalità esecutive generali praticamente identiche, caratterizzate da grande semplicità e molta flessibilità nelle scelte esecutive.

**25.3.1 - Cordonata**

Nella banchina, precedentemente eseguita, verrà disposto, longitudinalmente, del tondame, al di sopra del quale verrà formato un letto di ramaglia minuta; in seguito, la ramaglia verrà ricoperta con uno strato di terreno, al di sopra del quale verrà riposto uno strato continuo di talee. Si differenzia dalle gradinate per maggiori apporti di materiale ed un notevole aumento di lavoro e costi ma, consente di aumentare la stabilità superficiale del versante e migliora le condizioni pedologiche, di instabilità e di ristagno idrico.

**25.3.2 - Gradonata con talee**

Nella banchina, precedentemente eseguita, verrà disposto uno strato continuo di talee (20-30 talee/m), ortogonale alla linea di massima pendenza, successivamente interrato con il materiale derivante dallo scavo della banchina superiore. È un intervento caratterizzato da notevole semplicità e funzionalità e a basso costo. Le limitazioni applicative sono dovute all'eventuale scarsa disponibilità di talee.

**25.3.3 - Gradonata con piantine**

Nella banchina, precedentemente eseguita, verranno disposte 4-5 piantine/m. Intervento semplice, funzionale ed economico; non potendo ottenere l'immediata funzione di rinforzo dello strato superficiale del terreno, si rende necessario porre a dimora tondame reperito il loco e/o ramaglia anche morta ma che consenta di sviluppare la scarpata in attesa dello sviluppo delle piantine.

**25.3.4 - Grate vive**

Tecnica di consolidamento particolarmente indicata in aree a rischio di frana, su scarpate e versanti con erosione molto ripida (pendii e/o sponde con acclività compresa tra i 45° e i 60°) con substrato compatto, essa si compone dei medesimi elementi (tondame ligneo e talee) della palificata viva ma, se ne diversifica per la disposizione. La grata, di norma a forma quadrangolare, si costituirà di elementi lignei di vari diametri posti seguendo la configurazione di una scala a pioli lungo le linee di livello, ovvero di massima pendenza, così da garantire un radicamento nel suolo dell'intera struttura. Dopo aver posizionato la grata si provvederà a piantare le talee, le quali avranno, tra l'altro, la funzione di ancorare maggiormente la grata lignea al terreno. Per grate di piccole dimensioni può essere impiegato legname di specie a riproduzione vegetativa per dar luogo a strutture viventi. Si tende comunque a sfruttare il materiale facilmente reperibile in loco. L'altezza massima possibile per le grate vive è di circa 15 m.

**Art. 25.4 - Massi di cava**

Per la formazione di scogliere su corsi d'acqua a difesa di opere stradali o sponde naturali si utilizzeranno rocce di origine intrusiva basica o effusiva basica oppure di natura calcarea purché ricavate da formazioni

compatte, completamente inalterate, prive di micro-fratturazioni e, nel caso dell'utilizzo di rocce carbonatiche, solo se in strati di notevole spessore.

Per l'accettazione dei materiali saranno effettuate prove di laboratorio su campionamenti da svolgere in contraddittorio tra i rappresentanti dell'Impresa e della Direzione Lavori.

Di tale operazione dovrà essere redatto apposito verbale controfirmato dalle parti. Le modalità di campionamento e successiva formazione dei provini devono uniformarsi alle seguenti specifiche.

La scelta del punto più adatto dove estrarre il campione va definita in via preventiva localizzando il settore ove la roccia presenta caratteristiche omogenee e mediamente rappresentative del fronte di cava avendo cura di eliminare lo strato di alterazione superficiale eventualmente presente sul fronte della cava.

Le dimensioni del campione da estrarre devono eccedere sempre quella strettamente occorrenti per svolgere il programma delle prove di Laboratorio definito dalla Direzione Lavori.

La formazione e rettifica dei provini per le prove di laboratorio va effettuata in cava per consentirne l'immediata sostituzione in caso di danneggiamento.

Su ogni provino va evidenziata sempre la faccia corrispondente alla direzione del piano di posa della pietra in cava.

### **Posa in opera**

Il rivestimento dell'alveo sarà realizzato con massi di cava di pietra compatta, completamente inalterata, priva di micro-fratturazioni, con densità media almeno pari a 26 kN/m<sup>3</sup>.

I massi saranno caratterizzati da rapporti tra la dimensione maggiore e quella minore preferibilmente non superiori a tre. I massi ritenuti non idonei per caratteristiche fisiche, meccaniche e/o geometriche ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori saranno rifiutati e allontanati dal cantiere.

I massi saranno messi in opera:

- singolarmente, in modo tale da realizzare almeno tre punti di contatto e il massimo grado di incastro con quelli posizionati in precedenza;
- disposti di taglio, ovvero in modo tale che la superficie di appoggio sul piano di posa sia quella minima possibile con l'avvertenza di disporre il lato più lungo in direzione parallela alla direzione corrente.

A livello del piano di appoggio del rivestimento dell'alveo, i vuoti tra i massi saranno riempiti con scaglie di materiale roccioso della stessa natura di quella dei massi in modo che non si formino vortici e la conseguente asportazione di materiale fine; al fine di realizzare la massima scabrezza possibile tale operazione non sarà eseguita nella parte superiore del rivestimento.

Mediamente dovranno essere raggiunti valori di porosità ( $V_v/V_t$ ) non superiori a 0,25 e valori dell'indice di scabrezza ( $k/i$ ) mediamente non inferiori a 0,5, essendo:

$V_v$  = volume dei vuoti;

$V_t$  = volume dei vuoti e dei pieni;

$k$  = la differenza tra la quota media dei punti superiori dei massi e la quota media dei punti di contatto tra i massi;

$i$  = interasse medio tra i massi.

**Art. 26 CONSOLIDAMENTO DI MURATURE****Premessa metodologica**

Le tecniche d'intervento per il consolidamento delle strutture in muratura devono essere prescelte in riferimento a delle riflessioni operate sulla prioritaria necessità di salvaguardare testimonianze della tradizione edile rappresentative non solo per se stesse ma, anche di un insieme accomunato dagli stessi aspetti caratterizzanti; quindi, pur tenendo conto delle necessità imposte dalle normative vigenti riguardo agli adeguamenti strutturali e, soprattutto, sis.m.i.ci dovrà essere fatta particolare attenzione al fine di non stravolgere la struttura al punto di perdere la sua originale conformazione. La richiesta e la necessità di ridare "sicurezza" ed efficienza alla costruzione non dovrebbe comportare necessariamente il mutamento, in alcuni casi radicale, degli aspetti costruttivi dell'apparato murario, così come erroneamente accade sovente, dove i setti portanti vengono privati dell'originale funzione strutturale e trasformati in tamponature di "rassicuranti" aggiunte strutturali in cemento armato. L'intervento di consolidamento non deve tradursi nell'introduzione di strutture che, pur garantendo una elevata resistenza meccanica, risultano corpi estranei per la muratura; l'incompatibilità materica genera un ibrido strutturale che difficilmente può mantenere un comportamento solidale in presenza di sollecitazioni. Questo dato, comprovato da interventi passati decisamente intrusivi, ha fatto riflettere su come sia sconsigliabile attuare a priori un consolidamento prescindendo dalla conoscenza dei materiali e della relativa tecnica costruttiva di messa in opera.

L'intervento dovrà, infatti, essere redatto in riferimento a delle indagini preventive indirizzate all'effettiva conoscenza della struttura, gli approfondimenti dovranno essere di tipo storico, indispensabili sia per capire a fondo la tecnica costruttiva, sia per poter delineare la panoramica dei vari avvicendamenti subiti nel corso degli anni come, ad esempio, interventi precedenti relazionati a problemi congeniti o legati ad eventi sis.m.i.ci, e di natura diagnostica che saranno finalizzati alla conoscenza del reale stato conservativo dei materiali. Delle diverse tipologie di indagini diagnostiche sarà preferibile ricorrere a quelle non distruttive, onde evitare asportazioni, anche se ridotte, di materiale che in alcuni casi potrebbero implicare l'aggravarsi del precario equilibrio strutturale. La fase conoscitiva della struttura dovrà essere in grado di rilevare i punti critici, quelli più delicati, la presenza di cavità, discontinuità materiche, vuoti ecc. al fine di poter modificare l'intervento, adattandolo alle necessità dettate dalla struttura. Capire, inoltre, le eventuali sollecitazioni che potranno colpire la struttura in tempi futuri aiuterà a definire interventi puntuali e, soprattutto, cautelativi in modo da rendere meno vulnerabile l'organismo nei confronti di futuri stati tensionali. Notizie utili potranno essere ricavate anche dalla lettura stratigrafica delle murature poiché i dati desunti potranno svelarci il susseguirsi delle attività antropiche avvallando o smentendo quanto appreso dalle notizie storiche.

Tenendo presente che le diverse tecniche costruttive cambiano, in base al periodo di costruzione, da luogo a luogo relazionandosi alla tipologia di materiale locale disponibile, al reperimento dello stesso e, soprattutto, in diretta connessione con l'abilità delle maestranze nell'eseguirle, non è da escludere che si possano rilevare, tra le diverse tecniche, varianti sostanziali, per cui, nonostante le numerose analisi e ricerche preventive operate e considerata la concomitanza di questi fattori, la messa a punto dell'intervento potrà concretamente essere operata solo a cantiere aperto, interagendo materialmente con la struttura. Il consolidamento dovrà tenere conto dei fattori principali che hanno caratterizzato la resistenza e il

comportamento statico della muratura, tra i quali la natura dei materiali, la caratteristica delle malte di allettamento, la tipologia di messa in opera e la sezione della muratura.

A parità di tipologia di dissesto, tra le varie risoluzioni disponibili, il Tecnico dovrà scegliere quella più confacente alla specifica tipologia di apparecchio murario da consolidare; le eventuali sostituzioni di porzioni eccessivamente ammalorate o l'introduzione di elementi di irrigidimento dovranno essere operate, non solo nel pieno rispetto della struttura, ma soprattutto tenendo conto dei limiti imposti dalla sua intrinseca conformazione e comunque, laddove l'irrigidimento strutturale, per ovvie ragioni pratiche relazionate al caso specifico, non potrà essere realizzato in piena rispondenza con quanto sino ad ora esposto, potrà risultare consono al caso garantire, almeno in parte, la possibilità di rendere l'intervento reversibile.

### **Generalità**

Le procedure di consolidamento, per quanto possibile, dovranno essere giudicate compatibili dalla D.L. e dagli organi competenti per la tutela del bene, inoltre dovranno essere riconoscibili e distinguibili dai manufatti originari ed eseguite in modo da garantire una loro, eventuale, reversibilità.

Le procedure che seguiranno daranno le indicazioni, ed i criteri generali, circa le metodologie d'intervento per i consolidamenti statici, mossi dal fine sia di aumentare le caratteristiche di resistenza dei setti murari, sia di ridurre eventuali tensioni indotte nei materiali da forze esterne. Dovrà essere, in ogni caso, interessamento della D.L. fornire, a completamento o a miglior spiegazione di quanto prescritto, delle idonee tavole di progetto munite d'ulteriori e/o diverse indicazioni. Il rilievo del quadro fessurativo costituirà il fondamento essenziale per la corretta impostazione delle adeguate operazioni di salvaguardia e di risanamento statico: il rilievo e il controllo delle lesioni dovranno essere eseguiti con appropriati strumenti al fine di verificare con esattezza se il dissesto sia in progressione accelerata, ritardata o uniforme, oppure se sia in fase di fermo, in una nuova condizione di equilibrio. Nel caso d'avanzamento accelerato del dissesto si potrà rivelare utile un intervento di emergenza attraverso idonei presidi provvisori, in conformità alle disposizioni della D.L. Nel caso, invece, di arresto e di una nuova conformazione di equilibrio sarà doveroso controllare il grado di sicurezza dello stato di fatto, per operare in conformità della prassi prescritta negli elaborati di progetto; vale a dire protocolli indirizzati a stabilizzare la fabbrica nell'assetto raggiunto, o integrare gli elementi strutturali con consolidamenti locali o generali al fine di preservare, con un conveniente margine, la sicurezza di esercizio. Gli interventi di consolidamento dovranno essere realizzati in quelle porzioni dell'apparecchio murario affette da dissesto (lesione isolata o quadro fessurativo complesso) o caratterizzate da fenomeni d'indebolimento locale quali, ad esempio la presenza di canne fumarie o intercapedini di qualsiasi genere, carenze di ammorsature ai nodi, ecc.

In linea generale gli interventi strutturali sulle pareti murarie, ove sarà possibile, dovranno utilizzare materiali con caratteristiche fisico-chimiche e meccaniche analoghe a quelle dei materiali in opera, o quantomeno il più compatibile possibile.

### **Art. 26.1 - Opere di presidio (puntelli, centinature e armature provvisionali)**

La procedura di consolidamento provvisoria (puntellamento) dovrà, necessariamente, garantire condizioni provvisorie di sicurezza nei manufatti dissestati (ovvero ridotti allo stato di rudere) sia durante l'esecuzione delle indagini preliminari necessarie per redigere il progetto di consolidamento che durante le eventuali

successive procedure di consolidamento definitivo. I suddetti lavori di puntellamento dovranno, altresì, assolvere il duplice requisito di efficacia ed economia.

Le opere di presidio saranno eseguite, se non diversamente specificato dalla D.L., o in legname (di norma legname tondo per armature in ragione della sua facile lavorabilità, della sua notevole resistenza e del suo basso peso specifico) o in pali di ferro (tubi "innocenti" uniti con giunti bullonati da preferire al legno qualora la struttura da presidiare sia molto alta rispetto al piano sul quale è previsto il trasferimento dei carichi; il sistema tubo-giunto, inoltre, presentando uno schema strutturale molto chiaro, faciliterà il calcolo della struttura) più raramente in muratura o in c.a.

Gli elementi verranno messi a contrasto con l'organismo murario da presidiare, cercando di evitare la formazione di punti singolari di forza, mediante una diffusione del carico della muratura o ad un'altra struttura muraria in migliori condizioni statiche, oppure all'esterno della struttura muraria sul terreno limitrofo. Nel primo caso si renderà necessario rafforzare le porzioni circostanti e sottostanti la zona puntellata (ad es. puntellando anche i vani sottostanti fino a quello cantinato ovvero murando i vani sottostanti a quello presidiato) così da evitare che il trasferimento dei carichi su una muratura, che potrebbe essere di per sé già non in perfette condizioni statiche, provochi in questa dissesti con eventuali ripercussioni a catena.

La struttura di contrasto a diretto contatto con l'apparecchio murario da sostenere con il puntellamento dovrà essere costituita, se non diversamente specificato dalla D.L., da un tavolato ligneo (se non diversamente specificato, di spessore 30-40 mm) in ragione della migliore adattabilità che questo materiale presenta ad una qualsiasi superficie; qualora la superficie da presidiare fosse particolarmente delicata ovvero decorata con pittura ad affresco o con altra tecnica pittorica o presentasse superfici a mosaico sarà necessario anteporre al tavolato ligneo uno "spessore" di materiale soffice, quale ad esempio gommapiuma od altro materiale ritenuto idoneo dalla D.L.

I puntelli che svolgeranno un'azione di sostegno (per "resistere" a carichi verticali o spostamenti verticali che la struttura subisce a causa del dissesto come ad es. cedimenti di fondazione, rotture di architravi ecc.) di strutture orizzontali (solai, davanzali, travature ecc.) saranno costituiti da ritti verticali (candele capaci di reagire, senza deformarsi, a sforzi normali) posti a contrasto con la struttura e da traversi che contrastino, a loro volta, l'eventuale slittamento dei ritti; in alternativa ai puntelli lignei potranno essere utilizzati anche elementi metallici a "T", ovvero i cosiddetti ritti di cantiere ("cristi") normalmente impiegati per sostenere la messa in opera di orizzontamenti piani. I puntelli di sostegno potranno anche essere costituiti da aste inclinate (ad es. per la messa in opera di fascio radiale per contrastare, in posizione di sostegno, i cedimenti e le deformazioni di volte e di archi) la cui inclinazione sarà variabile in ragione alla disponibilità di spazio, all'altezza, alla massa della parete ovvero dell'elemento da sostenere e allo sforzo cui sarà sottoposto. Prima di predisporre questo particolare presidio provvisorio si renderà indispensabile accertare la sola verticalità delle azioni deformative in quanto una puntellatura di solo sostegno, in presenza di moti traslatori di natura diversa, potrebbe arrecare essa stessa danni ulteriori alle strutture.

Nel caso in cui le strutture di presidio dovessero assolvere l'azione di ritegno di strutture verticali (per fronteggiare movimenti di traslazione orizzontale, in presenza o meno di rotazione quali, ad esempio, ribaltamento di pareti) potranno essere costituite da aste inclinate a testa semplicemente aderente; al fine di evitare lo scorrimento del puntello sull'apparecchio murario sarà necessario che l'angolo d'inclinazione

dell'asta non sia maggiore dell'angolo d'attrito tra la muratura e la stessa asta. Allorché la testa del puntello sia posta molto in alto, il puntello dovrà necessariamente diventare una struttura reticolare (in questo caso sarà preferibile utilizzare un sistema tubo-giunto in luogo di puntelli lignei), così da limitare la lunghezza libera di inflessione degli elementi che lo compongono. Al fine di evitare rischi che potrebbero arrecare danni alla stabilità ed alla integrità degli edifici limitrofi dovrà essere, dove possibile, evitata la messa in opera di dispositivi orizzontali ed inclinati a contrasto con manufatti prospicienti.

Nel caso in cui il puntello sia tenuto a impedire lo spanciamento di una parete sarà necessario che esso venga posto in modo che il suo asse incontri la spinta in mezzzeria del maschio murario, così da eludere effetti flessionali sul maschio stesso. In questa specifica situazione il puntello sarà soggetto ad un carico uguale alla componente orizzontale della spinta.

Qualora le opere di presidio dovessero svolgere la doppia funzione di sostegno e ritegno (per contrastare stati in cui ai carichi verticali si uniscono spinte di archi e volte che tendono al ribaltamento del muro) sarà necessario predisporre puntelli con disposizione inclinata e con innesti tesi a contrastare sia movimenti di traslazione verticale sia di rotazione.

I puntelli semplici e doppi potranno essere impiegati singolarmente, in coppia ovvero in gruppo connessi con elementi trasversali e di controventatura, così da presidiare porzioni di manufatti anche molto ampie.

In linea generale i puntelli dovranno soddisfare le seguenti condizioni:

- alleviare la struttura di parte del carico; questa quota di carico potrà, in caso di emergenza, essere stimata con semplici considerazioni intuitive che normalmente dovranno tener conto della natura, della gravità e dell'estensione del dissesto, nonché del rapporto tra pieni e vuoti della muratura sovrastante e sottostante il punto di azione del puntello;
- essere rigidamente vincolati alle strutture da presidiare con l'estremità (testa) e con l'altro estremo (piede) ad una base di appoggio (interna od esterna alla struttura) capace di ricevere l'azione assiale del puntello senza deformarsi. Al fine di assolvere la suddetta condizione occorre predisporre per la testa dei cunei lignei (biette) di essenze dure, al fine di mettere in forza i puntelli, mentre per il piede si predisporrà una adeguata piastra di distribuzione (fondazione) così da evitare che un eventuale cedimento del terreno provochi la perdita di contrasto da parte del puntello; la base, che dovrà risultare normale ai puntelli, potrà essere costituita da travi o assiti lignei (2 o più, spessore minimo di ogni tavola 30-40 mm) normali tra loro, il puntello sarà vincolato al tavolato mediante gattello ligneo con chiodatura alla "traditoria" ovvero con picchetto ligneo incastrato nel terreno e legato con fasciatura metallica. Nel caso in cui i puntelli scarichino direttamente su terreni incoerenti o molto irregolari in superficie, sarà preferibile predisporre una fondazione in muratura o in c.a.;
- essere stabili sia alla compressione che alla pressoflessione;
- essere costituiti da materiale avente caratteristiche termiche ed igrometriche analoghe a quelle delle strutture da presidiare così da non vanificare la validità del puntellamento ovvero arrecare degrado alle parti da restaurare.

I sistemi di puntellamento delle strutture voltate o arcuate (centinature provvisionali) varieranno secondo il tipo di struttura e di dissesto, di norma si seguiranno i seguenti criteri:

- a) per le volte a botte le centinature dovranno essere disposte su piani paralleli e perpendicolari alle loro generatrici;
- b) per le volte a padiglione si disporranno due centine principali lungo gli spigoli e le altre su diversi piani verticali passanti per la chiave della volta e diretti perpendicolarmente ai lati del perimetro di base;
- c) per le volte a crociera si dovrà predisporre l'armatura su ciascuna delle volte a botte da cui origina; si metteranno in opera quattro centine perimetrali unite da due centine diagonali, disposte secondo gli spigoli risultanti dall'intersezione delle due botti;
- d) per le volte a vela si disporranno quattro centine perimetrali al fine di sostenere gli archi di imposta, ad esse si uniranno altre centine centrali, di norma disposte radialmente a sostenere l'intradosso della volta;
- e) per le cupole le centine prenderanno di norma la forma di ampie incastellature, controventate in diverse direzioni e sorrette da numerosi candele e puntelli.

In linea generale non si dovrà puntellare mai la chiave se cede una spalla così come mai i reni se si prevede di rimuovere i rinfianchi.

#### **Specifiche sui campi di applicazione**

Le opere di presidio potranno essere messe in opera, a seconda delle esigenze, per demolizioni totali o parziali, per rimozioni, per consolidamenti in opera, nonché per eludere crolli improvvisi ovvero messa in sicurezza di masse murarie (solai, davanzali, volte, portali) o di terreno, per ritenimento di murature soggette a movimenti deformanti ed infine per assicurare l'integrità fisica degli addetti.

#### **Avvertenze**

Nel caso non ci siano le condizioni per affrontare una progettazione accurata del sistema di puntellamento sarà necessario demandare alla prassi esecutiva corrente la messa in opera del puntellamento provvisorio, in questo caso dovrà essere obbligatorio far svolgere i lavori di presidio sotto il continuo controllo da parte del Tecnico incaricato del consolidamento definitivo.

Non di rado le opere di presidio saranno lasciate in opera per molto tempo, per tale motivo si renderà necessario predisporre adeguate protezioni al fine di evitare che le armature ovvero i puntelli possano deteriorarsi e/o perdere la loro efficacia e di conseguenza diventare essi stessi causa di nuovi dissesti per le strutture. Le opere di presidio dovranno, altresì, essere in grado di non trasmettere improprie sollecitazioni sia al manufatto oggetto di intervento sia a quelli limitrofi. Particolare attenzione dovrà, infine, essere fatta nella fase di rimozione delle armature di sostegno, le quali dovranno essere "munite" di idonei dispositivi (ad es. cunei lignei) che, se in precedenza sono stati utili al fine di posizionare e controllare la messa in opera delle stesse, si rileveranno altresì utili per agevolare le operazioni di disarmo.

#### **Art. 26.2 - Ricucitura delle murature mediante sostituzione parziale del materiale (scuci e cucì)**

L'operazione di scuci e cucì consisterà nella risarcitura delle murature per mezzo della parziale sostituzione del materiale; le murature particolarmente degradate, al punto da essere irrecuperabili ed incapaci di assolvere la funzione statica, ovvero meccanica, saranno ripristinate con "nuovi" materiali compatibili per natura e dimensioni. L'intervento potrà limitarsi al solo paramento murario oppure estendersi per tutto il suo

spessore. La scelta del materiale di risarcitura dovrà essere fatta con estrema cura, i nuovi elementi dovranno soddisfare diverse esigenze: storiche (se l'intervento fosse operato su strutture monumentali), estetiche e soprattutto tecniche; dovrà essere compatibile con la preesistenza per dimensioni (così da evitare discontinuità della trama muraria e l'insorgenza di scollamenti tra la parte vecchia e quella nuova) e per natura (una diversità di compattezza potrebbe, ad esempio, implicare un diverso grado di assorbimento con conseguente insorgenza di macchie). Laddove le circostanze lo consentiranno, potrà essere conveniente utilizzare materiale recuperato dallo stesso cantiere, (ricavato, ad esempio, da demolizioni o crolli) selezionandolo accuratamente al fine di evitare di riutilizzare elementi danneggiati e/o degradati. Prima di procedere con l'operazione di scuci e cuci si dovrà realizzare un rilievo accurato della porzione di muratura da sostituire al fine di circoscrivere puntualmente la zona da ripristinare dopodiché, dove si renderà necessario, si procederà alla messa in opera di opportuni puntellamenti così da evitare crolli o deformazioni indesiderate.

La porzione di muratura da sanare verrà divisa in cantieri (dimensionalmente rapportati alla grandezza dell'area interessata dall'intervento di norma non più alti di 1,5 m e larghi 1 m) dopodiché si procederà (dall'alto verso il basso) alternando le demolizioni e le successive ricostruzioni, in modo da non danneggiare le parti di murature limitrofe che dovranno continuare ad assolvere la funzione statica della struttura. La demolizione potrà essere eseguita ricorrendo a mezzi manuali (martelli, punte e leve) facendo cura di non sollecitare troppo la struttura evitando di provocare ulteriori danni; ad asportazione avvenuta la cavità dovrà essere pulita con l'ausilio di spazzole, raschietti o aspiratori, in modo da rimuovere i detriti polverulenti e grossolani (nel caso sia necessario ricorrere ad un tipo di pulitura che preveda l'uso di acqua l'intervento dovrà attenersi alle indicazioni specificate negli articoli inerenti le puliture a base di acqua). La messa in opera del materiale dovrà essere tale da consentire l'inserimento di zeppe in legno tra la nuova muratura e la vecchia sovrastante, da sostituire, solo a ritiro avvenuto, con mattoni pieni (ovvero con materiale compatibile) e malta fluida. La malta di connessione, se non diversamente indicato dagli elaborati di progetto, potrà essere una malta di calce idraulica naturale NHL 5 (o in alternativa una malta NHL-Z 5) con inerte costituito da sabbia silicea, cocchiopesto e pozzolana vagliati e lavati (rapporto legante inerte 1:2 o 1:3). Se espressamente indicato dagli elaborati di progetto, l'intervento di scuci e cuci potrà essere denunciato così da tutelare la stratigrafia stessa dell'edificio, realizzando la nuova porzione di muratura in leggero sottosquadro o soprasquadro, tenendo presente però che la non complanarità delle due superfici costituirà una zona facile da degradarsi.

### **Specifiche**

La tecnica dello scuci e cuci non risulterà particolarmente idonea, nonché di difficile esecuzione, per le murature incoerenti (ad esempio strutture murarie in scaglie di pietra irregolare), murature costituite da elementi di elevate dimensioni e murature a sacco.

### **Art. 26.3 - Consolidamento mediante iniezioni di miscele leganti**

La procedura è indicata, in generale, in presenza di lesioni diffuse e per apparecchi murari in pietra, dove spesso è possibile riscontrare dei vuoti e delle soluzioni di continuità interne presenti fin dall'origine, oppure formatesi a causa di dissesti o fenomeni di alterazione di diversa natura. L'intervento dovrà prevedere una

preventiva attenta analisi della struttura al fine di individuare l'esatta localizzazione delle sue cavità, la natura e la composizione chimico-fisica dei materiali che la compongono.

Le indagini diagnostiche potranno essere eseguite attraverso tecniche comuni come la percussione della muratura oppure, ricorrendo a carotaggi con prelievo di materiale, a sondaggi endoscopici o, in funzione dell'importanza del manufatto e solo dietro specifica indicazione, ad indagini di tipo non distruttivo (termografie, ultrasuoni, radarstratigrafie ecc.). In presenza di murature particolari, con elevati spessori e di natura incerta, sarà, inoltre, obbligatorio attuare verifiche di consolidamento utilizzando differenti tipi di miscele su eventuali campioni tipo, così da assicurarsi che l'iniezione riesca a penetrare fino al livello interessato.

In presenza di murature in pietrame incerto potrà risultare più conveniente non rimuovere lo strato d'intonaco al fine di evitare l'eventuale, eccessivo, trasudamento della miscela legante.

La procedura operativa conterà nell'iniettare una miscela entro fori convenientemente predisposti e presenterà due varianti:

- realizzazione di perforazioni regolarmente distribuite sull'apparecchio murario ed estrusione, ad una pressione variabile, di boiaccia idraulica che, riempiendo le fratture e gli eventuali vuoti (sostituendosi e/o integrando la malta originaria), consoliderà la struttura muraria così da ripristinare la continuità della struttura anche in caso di muratura a sacco;
- realizzazione di perforazioni localizzate solo in zone limitate dell'apparecchio murario (ad es. le ammorsature tra muri d'angolo e di spina, o le strutture voltate ed arcate), con l'aggiunta dell'introduzione di barre in acciaio, seguendo una disposizione configurata a "reticolo", che funziona, nel complesso, come una sorta di cordolo, così da aumentare la resistenza agli sforzi di trazione.

Sarà sconsigliato effettuare qualsiasi procedura di consolidamento o, più in generale, l'utilizzo di prodotti, anche se prescritti negli elaborati di progetto, senza la preventiva esecuzione di campionature pre-intervento eseguite sotto il controllo della D.L.; ogni campione dovrà, necessariamente, essere catalogato ed etichettato; su ogni etichetta dovranno essere riportati la data di esecuzione, il tipo di prodotto e/o le percentuali dell'impasto utilizzato, (in caso di utilizzo di materiali organici dovranno essere segnati gli eventuali solventi e di conseguenza il tipo di diluizione o di concentrazione utilizzato), le modalità ed i tempi di applicazione.

#### **Art. 26.4 - Consolidamento mediante iniezioni di non armate**

L'intervento sarà da attuarsi allorché l'apparecchio murario, sottomesso per lungo tempo a dilavamento o percolazione di acque meteoriche, o per la particolare tipologia costruttiva (ad es. a sacco), si presenti con cavità interne. Nessun beneficio si potrà ottenere da questa procedura se il setto murario oggetto di intervento non presenta cavità e fessure grossolane. L'apparecchio murario dovrà, quindi, essere sufficientemente iniettabile, ovverosia dovrà presentare una struttura con una appropriata continuità tra i vuoti e, allo stesso tempo, la boiaccia legante dovrà essere pensata in modo da assicurare un'ideale penetrabilità ossia una fluidità atta a rispettare i tempi di esecuzione richiesti. La procedura operativa conterà delle seguenti fasi esecutive.

**Preparazione del supporto**

Stuccatura e/o sigillatura, su entrambe le facce della muratura, di tutte le fessure, sconnessioni, piccole fratture dei conci di pietra e/o laterizio e dei giunti di malta, così da avere un apparecchio murario “perfettamente chiuso”, capace di ovviare l'eventuale trasudamento esterno delle malte da iniettare: qualora si operasse su murature intonacate sarà necessario accertare l'idoneità del rivestimento per l'esecuzione delle successive fasi; (per maggiori dettagli sulle procedure sopra descritte si rimanda agli articoli sulle stuccature e sui consolidamenti).

In alternativa alla stuccatura, per evitare la fuoriuscita di malta tra le pietre a facciavista, sarà possibile frapporre della stoppa o altro materiale occultante, in seguito removibile.

**Esecuzione dei fori**

L'esecuzione di perforazioni seguirà le indicazioni di progetto in base al quadro fessurativo ed al tipo di struttura (in assenza di queste si potranno operare 2-4 fori ogni metro quadrato); detti fori, di diametro opportuno (mediamente sarà sufficiente un diametro di 16-24 mm), saranno eseguiti mediante strumento a sola rotazione, munito di un tagliatore carotiere con corona d'acciaio ad alta durezza o di widia. Negli apparecchi murari in pietrame, i fori dovranno essere, se non diversamente prescritto, perpendicolari alle superfici ma con leggera pendenza (circa il 10%) a scendere verso l'interno, così da facilitare l'introduzione della miscela, eseguiti in corrispondenza dei giunti di malta ad una distanza di circa 60-80 cm in ragione della consistenza del muro, nelle murature in laterizi pieni la distanza tra i fori non dovrà superare i 50 cm. In ogni caso si raggiungeranno risultati migliori con un numero elevato di fori di piccole dimensioni piuttosto che con un numero modesto di grosso diametro.

Sarà necessario eseguire le perforazioni con cura, verificando l'effettiva sovrapposizione, e comunicazione, delle aree iniettate (disposizione a quinconce), tramite l'utilizzo di appositi tubicini “testimone” dai quali potrà fuoriuscire l'esubero di miscela iniettata. I tubicini (con un diametro di circa 20 mm) verranno introdotti per almeno 10-12 cm ed, in seguito, sigillati con la stessa malta di iniezione a consistenza più densa (diminuendo cioè il quantitativo d'acqua nell'impasto). Durante questa operazione sarà necessario evitare che le eventuali sbavature vadano a degradare in modo irreversibile l'integrità degli strati di rivestimento limitrofi; nel caso di fuoriuscite di colature queste dovranno essere celermente pulite mediante spugnette assorbenti (tipo Blitz-fix) imbevute di acqua deionizzata. Al fine di garantire una corretta diffusione della miscela, sarà consigliabile praticare dei fori profondi almeno quanto la metà dello spessore dei muri.

In presenza di spessori inferiori ai 60-70 cm le iniezioni verranno effettuate su una sola faccia della struttura; oltre i 70 cm sarà necessario operare su entrambe le facce; nel caso in cui lo spessore risulti ancora maggiore, o ci si trovi nell'impossibilità di iniettare su entrambe le facce, si dovrà perforare la muratura da un solo lato per una profondità del foro tra i 2/3 e i 3/4 dello spessore del muro e mai di valore inferiore ai 10 cm. In presenza di cortine murarie in laterizio pieno sarà utile prevedere perforazioni inclinate di almeno 40-45° verso il basso fino a ottenere una profondità di 30-35 cm (in ogni caso stabilita in rapporto alla sezione del muro); tale operazione sarà conveniente al fine di ripartire meglio la boiaccia e per rendere partecipi i diversi strati di malta.

Precedentemente all'iniezione (almeno 24 ore prima) dovrà essere iniettata acqua nel circuito chiuso d'iniezione, al fine di saturare la massa muraria e di mantenere la densità della miscela. L'operazione di prelavaggio (eseguita con acqua pura, eventualmente deionizzata) sarà, inoltre, conveniente sia per confermare le porzioni delle zone oggetto d'intervento, (corrispondenti alle zone umide), sia per segnalare l'esistenza d'eventuali lesioni non visibili. Durante la suddetta fase di pulitura-lavaggio si dovranno effettuare, se necessarie, le eventuali operazioni supplementari di rinzafo, stilatura dei giunti e sigillatura delle lesioni.

### **Iniezione della boiaccia legante**

L'iniezione delle miscele (che, di norma dovranno essere omogenee, ben amalgamate ed esenti da grumi ed impurità) all'interno dei fori dovrà essere eseguita, preferibilmente, a bassa pressione (indicativamente tra 0,5 e 1,5 atm in ogni caso non superiore alle 2 atm) così da evitare la formazione di pressioni all'interno della massa muraria con le conseguenti coazioni con le cortine esterne; inoltre andrà effettuata tramite idonea pompa a mano o automatica provvista di un manometro. Nel caso in cui il dissesto risulterà circoscritto ad una zona limitata sarà opportuno dare precedenza alle parti più danneggiate (utilizzando una pressione non troppo elevata e, se sarà necessario eseguire un preconsolidamento, con boiaccia molto fluida colata mediante imbuto, prima delle perforazioni, in tutti gli elementi di discontinuità presenti nella muratura), per poi passare alle rimanenti, utilizzando una pressione maggiore. Le iniezioni procederanno per file parallele, dal basso verso l'alto, dai lati esterni e, simmetricamente, verso il centro al fine di evitare squilibri di peso ed impreviste alterazioni nella statica della struttura. Il volume di miscela iniettata non dovrà superare i 100-120 l per metro cubo.

Previa verifica della consistenza materica della muratura oggetto di intervento, si inietterà la miscela all'interno degli ugelli e boccagli precedentemente posizionati, la pressione sarà mantenuta costante fino a quando la boiaccia non fuoriuscirà dai tubicini adiacenti, a questo punto si chiuderà il tubicino e si proseguirà con il foro limitrofo seguendo il piano di lavoro. L'iniezione ad un livello superiore sarà eseguita, se non diversamente specificato negli elaborati di progetto, solo quando tutti i tubi di iniezione, posti alla medesima quota, risulteranno intasati. Sarà, inoltre, opportuno aumentare la pressione d'immissione in relazione alla quota del piano di posa delle attrezzature. L'aumento potrà essere di 1-2 atmosfere ogni 3-3,5 m di dislivello in modo da bilanciare la pressione idrostatica. In edifici a più piani le iniezioni dovranno essere praticate a partire dal livello più basso.

In alternativa, e solo dietro specifica indicazione di progetto, si potrà iniettare la boiaccia per gravità; la procedura seguirà le fasi precedentemente indicate per l'iniezione a pressione salvo alcune precisazioni. Questa tecnica dovrà essere preferita a quella a pressione nel caso in cui la muratura risulti in uno stato avanzato di degrado tale da non poter sopportare sovrappressioni o perforazioni. Previa preiniezione di acqua fino a saturazione si procederà a far penetrare la miscela dall'alto attraverso appositi boccagli ad imbuto localizzati in lesioni o lacune (eventualmente "aiutate" asportando materiale deteriorato). Gli imbuti verranno rabboccati fino a che non si svuoteranno più, la procedura seguirà cantieri orizzontali (di circa 60-70 cm di altezza) dal basso verso l'alto; passate 24-48 ore si rabboccherà nuovamente con la miscela a base di calce idraulica così da saturare le eventuali fessure formatesi per il ritiro; l'utilizzo di additivi antiritiro nelle miscele eviterà, di norma, questo ulteriore passaggio. Nel caso di murature a secco sarà necessario

prevedere un ulteriore accorgimento, prima di procedere alla colatura della miscela legante. Le operazioni preliminari prevedranno, salvo diverse specifiche della D.L., oltre alla sigillatura profonda con malta a base di calce idraulica naturale, il posizionamento di guaina di protezione lungo l'apparecchio, la successiva messa in opera di cassaforma di contenimento a distanza di circa 15-20 cm e il successivo riempimento dello spazio tra cassaforma ed apparecchio con sabbia od altro materiale indicato dalla D.L.

Ad indurimento della miscela (dopo circa 2-3 giorni), i boccagli potranno essere rimossi ed i fori sigillati con malta appropriata (si rimanda a quanto detto negli articoli riguardanti le stuccature).

### **Specifiche sulle miscele**

La boiaccia per iniezioni potrà essere composta, se non diversamente specificato negli elaborati di progetto, da una miscela di sola calce idraulica NHL 3,5 o NHL-Z 3,5 (esente da sali solubili, con l'85% dei granuli di dimensione < a 25 mm, calore d'idratazione unitario < di 135 KJ/kg) ed acqua in rapporto variabile da 0,8 a 1,2. Dal momento che, in genere, in una miscela di questo tipo si otterrà la fluidità necessaria per un'efficace iniezione con rapporto legante-acqua superiore ad 1, al fine di evitare eventuali fenomeni di segregazione sarà consigliabile aggiungere alla boiaccia additivi fluidificanti (in misura dell'1-2% rispetto al peso del legante) ed agenti espansivi antiritiro (ad es. polvere di alluminio da 0,2% a 0,3% del totale in peso) al fine di controllare anche gli eventuali fenomeni naturali di ritiro di assestamento in fase plastica (ovverosia nelle prime ore che seguiranno la messa in opera) e di ritiro igrometrico (ritiro che si manifesterà nel materiale indurito, dopo circa 28 giorni e si protrarrà per periodi molto lunghi, di norma sarà ritenuto completato dopo circa 2 anni dalla messa in opera).

In alternativa, potrà essere utilizzata una miscela binaria (da utilizzare in presenza di vere e proprie cavità, specie nei muri a sacco) composta da calce idraulica naturale NHL 2, (o da una calce idraulica pozzolanica ottenuta miscelando calce idrata cotta a bassa temperatura e completamente idrata, con metacaolino anch'esso cotto a bassa temperatura; la calce idrata potrà essere sostituita anche da grassello di calce stagionato minimo 24 mesi) sabbia ed acqua (rapporto legante-acqua 1:3 fino ad 1:5 nel caso di iniezioni per gravità) con l'aggiunta di gluconato di sodio (con funzione fluidificante) e polvere di alluminio (come agente espansivo). La sabbia dovrà essere sempre di granulometria molto fine (< al 35-40% della minima larghezza delle fessure) e, preferibilmente, con granuli arrotondati; in alternativa potrà essere impiegato carbonato di calcio scelto e micronizzato o perlite superventilata (se si ricercherà una boiaccia a basso peso specifico) od ancora, metacaolino ad alta reattività pozzolanica (o polvere di cocchiopesto vagliata e lavata) per migliorare le proprietà idrauliche della boiaccia (nel caso di utilizzo di grassello di calce o calce idrata, la carica con caolino, cocchiopesto o pozzolana sarà obbligatoria al fine di rendere idraulico il composto); in ogni caso l'inerte sarà il 10% rispetto al peso del legante. La boiaccia, sia se verrà preparata in cantiere, sia se sarà utilizzato un prodotto premiscelato, dovrà presentare le seguenti caratteristiche:

- sufficiente fluidità al fine di penetrare profondamente (svuotamento del cono di Marsh di un litro di miscela in meno di 30 secondi);
- assenza di segregazione e di acqua essudata (bleeding); la separazione dell'acqua dalla boiaccia determinerebbe, in seguito alla successiva evaporazione, la presenza di vuoti all'interno della massa del nucleo;

- tempo di presa compatibile con quello della lavorazione;
- alto scorrimento;
- sviluppo calore in fase di presa temperatura massima entro i +30 °C;
- dilatazione termica compatibile con quella della muratura originale;
- resistenza caratteristica a rottura per compressione superiore a 12 N/mm<sup>2</sup> dopo 28 giorni;
- peso specifico modesto, inferiore a 1,8 kg/l;
- resistenza ai sali comunemente presenti nella muratura (solfati, ammine);
- modulo elastico allo stato secco comparabile con quello della muratura (3000-6000 N/mm<sup>2</sup>);
- non presentare fenomeni di ritiro che ridurrebbero l'efficacia del contatto.

### **Specifiche materiali premiscelati**

Questo prodotto per iniezioni dovrà essere a base di calce idraulica naturale, priva di sali solubili, rafforzata con metacaolino purissimo ad alta reattività pozzolanica (od in alternativa con polvere di cocchiopesto) caricata con carbonato di calcio scelto e micronizzato, (o perlite superventilata se si ricerca una malta a basso peso specifico) a cui andranno aggiunti additivi quali ritenitori d'acqua di origine naturale e superfluidificanti al fine di poter iniettare la miscela a bassa pressione. Se non diversamente specificato, l'acqua da utilizzare nell'impasto dovrà essere demineralizzata. Il prodotto non dovrà essere addizionato nella preparazione e posa con nessun altro componente oltre all'acqua di impasto, possibilmente demineralizzata, e non dovrà essere assolutamente aggiunta acqua una volta che avrà iniziato la presa.

Le caratteristiche chimico-fisiche medie dovranno essere: peso specifico 1,4 kg/dm<sup>3</sup>, lavorabilità 2 h; bleeding trascurabile; aderenza 1,4 N/mm<sup>2</sup>; inizio presa a +20 °C; 18 h; fine presa a +20 °C; 72 h; resistenza a compressione a 28 giorni 13 N/mm<sup>2</sup>; resistenza a flessione a 28 giorni 3,5 N/mm<sup>2</sup>; modulo elastico 11000 N/mm<sup>2</sup>; temperatura massima durante l'indurimento < 30 °C; ritiro 0,7-1,2 mm; ritenzione acqua > 70%; permeabilità al vapore 9 mm.

### **Avvertenze**

Non sarà assolutamente consentita, salva diversa prescrizione della D.L., la demolizione d'intonaci e stucchi; sarà anzi necessario provvedere al loro preventivo consolidamento e/o ancoraggio al paramento murario prima di procedere all'esecuzione della suddetta procedura (per maggiori dettagli si rimanda a quanto detto negli articoli specifici). Il collaudo del consolidamento andrà eseguito dopo 90 giorni dall'esecuzione delle iniezioni.

### **Art. 26.5 - Consolidamento mediante iniezioni armate**

L'intervento potrà essere attuato strettamente localizzato ed in caso di assoluta necessità quando, ad esempio, si dovranno realizzare efficienti rinforzi localizzati tra le murature d'angolo, ammorsamento di muri ortogonali, ricongiungimenti di parti lesionate ecc. e non si potrà ricorrere all'uso di altre procedure. L'intervento, simile alle iniezioni di miscele leganti, avrà la finalità di assicurare alla muratura, per mezzo dell'utilizzo di cuciture metalliche, un consistente aumento della resistenza agli sforzi di trazione; queste cuciture saranno costituite da armature di lunghezza variabile (circa 2-3 volte lo spessore delle murature),

dipendente dal livello di aderenza sia tra malta e barre, sia tra malta e tessitura preesistente, disposte in perfori ( $\varnothing$  variabile da 32 a 40 mm) alla distanza di circa 40-50 cm l'uno dall'altro, preferibilmente, inclinati (di circa 45°) in successione verso l'alto e verso il basso. L'esercizio svolto dalle armature nei pannelli di muratura, in prevalenza compressi, sarà quello di contenere la deformazione laterale, collaborando ad un miglioramento della resistenza dell'elemento. Nei setti murari non esclusivamente compressi, la presenza dell'armatura potrà partecipare alla resistenza a taglio del setto stesso.

La procedura operativa seguirà le fasi descritte per le iniezioni di miscele leganti ad eccezione che, nei fori di iniezione dovranno essere, preventivamente, inserite barre di acciaio inossidabile ad aderenza migliorata B450C (minimo  $\varnothing$  12 mm massimo 20 mm), o barre filettate di acciaio AISI 316L, (minimo  $\varnothing$  14 mm) munite di distanziatori perimetrali al fine di evitare il contatto diretto con la muratura; lo schema distributivo, l'inclinazione, il calibro e la lunghezza delle barre dovranno essere relazionati alle disposizioni di progetto o indicazioni della D.L., ai dissesti riscontrati dall'esame del quadro fessurativo del manufatto o alle variazioni apportate nel corso dei lavori di restauro agli equilibri dei carichi. L'inserimento di detta armatura avrà lo scopo di fornire resistenza a trazione tra le due cortine esterne della muratura, specialmente nei casi in cui l'altezza di libera inflessione sia tale da poter dar luogo al fenomeno del carico di punta. Al fine di realizzare un promotore d'adesione tra le barre e la malta delle iniezioni si potrà spalmare la superficie dell'armatura con boiacca anticarbonatante, reoplastica-pennellabile realizzando uno strato continuo di almeno 1 mm.

### **Avvertenze**

Talvolta potrà essere necessario consolidare preventivamente la muratura mediante semplici iniezioni di boiacca (per maggiori dettagli si rimanda a quanto detto nell'articolo specifico). In ogni caso questa procedura dovrebbe essere messa in opera, preferibilmente, su murature di buona qualità, in un discreto stato di conservazione prive, però, d'adeguate ammorsature tra le pareti ortogonali. Nei muri di modeste sezioni (30-50 cm) le chiodature non avranno alcun effetto benefico nei confronti del setto murario, in quanto la ridotta lunghezza della barra non permetterà il trasferimento per aderenza degli sforzi tra malta d'inghisaggio ed il ferro. Affinché questo trasferimento avvenga sarà necessario che la barra presenti una lunghezza minima di 40  $\varnothing$  o, in alternativa, che sia ancorata risvoltandola all'esterno della muratura e, eventualmente, collegandola con l'armatura di paretine di malta a ritiro compensato realizzate su una o entrambe le facce del pannello murario (per maggiori dettagli si rimanda a quanto detto nell'articolo specifico).

### **Specifiche sui materiali**

Le miscele leganti da utilizzare saranno uguali a quelle esaminate per le iniezioni non armate, con l'ulteriore specifica che, in questo caso, dovranno, necessariamente, presentare maggiore capacità di aderenza, antiritiro e resistenza, così da garantire la collaborazione tra armature e muratura, localizzandosi nelle zone più sollecitate.

In alternativa alle barre in acciaio si potranno utilizzare barre pultruse in fibra di aramide, vetro o carbonio con diametro circolare da 5 a 10 mm. Le suddette barre in FRP potranno presentare, se richiesto dagli elaborati di progetto, un'aderenza migliorata ottenuta mediante sabbiatura superficiale di quarzo sferoidale e

spiralatura esterna. Questo tipo di prodotto dovrà, inoltre, presentare un'elevata durabilità nei confronti di tutti gli aggressivi chimici eventualmente presenti nella muratura o nella malta da iniezione (quali, ad es., idrossidi alcalini, cloruri e solfati). Se non diversamente specificato negli elaborati di progetto, dovranno essere preferite barre in fibra di vetro o di aramide poiché presentano un modulo elastico più vicino a quello delle murature. Si veda specifiche sui materiali dell'articolo 25.7 "Consolidamento mediante placcaggio con materiali compositi (FRP)".

#### **Art. 26.6 - Consolidamento mediante placcaggio di superficie (betoncino armato)**

L'intervento si realizzerà con l'apposizione, su una o possibilmente su entrambe le facce del muro, di lastre verticali di materiale a base idraulica, realizzate in cantiere, opportunamente armate da rete metallica elettrosaldata e rese solidali alla muratura originale con ferri trasversali passanti nel muro.

#### **Lesioni diffuse**

Questa procedura consentirà di migliorare le caratteristiche di resistenza del maschio murario, grazie all'incremento della sezione resistente apportato dalle paretine e dall'effetto di confinamento esercitato sulla muratura degradata. Questa tecnica potrà risultare adatta unicamente su murature particolarmente dissestate (e comunque non caratterizzate da particolari valenze storico-architettoniche) con quadri fessurativi estesi e complessi, e quindi non più in grado di eseguire a pieno la loro funzione statica, ma che in ogni modo dovranno essere mantenute parzialmente o integralmente. Questo sistema di consolidamento, pertanto, dovrà essere utilizzato con le dovute cautele, mai in maniera generalizzata, dietro specifiche prescrizioni di progetto o indicazioni della D.L. e, con il benessere degli organi preposti alla tutela del bene oggetto d'intervento. La procedura operativa conterà delle seguenti fasi esecutive.

#### **Preparazione del supporto**

Dietro specifica autorizzazione della D.L., si procederà alla rimozione dell'eventuale intonaco, dei rivestimenti parietali, delle parti incoerenti ed in fase di distacco, e della malta dei giunti tra gli elementi lapidei o laterizi per una profondità minima di 2-3 cm, fino a raggiungere la parte sana della struttura (per maggiori dettagli si rimanda a quanto detto negli articoli specifici). Le eventuali lesioni andranno ripulite, allargate e spolverate con l'ausilio di aria compressa e strumento aspiratore, nonché stuccate con idonea malta a presa rapida (sarà sufficiente utilizzare un impasto a base di calce idraulica naturale e pozzolana simile a quello utilizzato nelle procedure di stuccature dei materiali lapidei diminuendo però il quantitativo d'acqua nell'impasto). Successivamente la parete dovrà essere spazzolata e lavata con acqua pulita al fine di rimuovere polveri e depositi incoerenti.

#### **Armatura parete**

Al fine di inserire i connettori trasversali si dovranno eseguire perforazioni, (con strumento a sola rotazione) passanti in senso obliquo se l'intervento riguarderà entrambe le facce, per  $\frac{3}{4}$  dello spessore del muro qualora la muratura venga trattata su una sola superficie (esterna o interna); il numero dei tiranti potrà variare in relazione alle disposizioni di progetto, tuttavia sarà opportuno non scendere al di sotto dei 2 tiranti al metro quadrato di parete (di norma si utilizzeranno 4-6 spillature al metro quadrato). All'interno di queste

perforazioni si collocheranno i tondini di acciaio, lasciandoli sporgere dalla struttura per almeno 10 cm da ogni lato. Le barre saranno del tipo e del diametro indicati dagli elaborati di progetto ovvero ordinati dalla D.L. con un diametro minimo di 4-8 mm; in assenza di specifiche potranno essere utilizzate barre di acciaio inossidabile ad aderenza migliorata B450C (in alternativa si potrà utilizzare acciaio zincato o acciaio precedentemente trattato con boiacca passivante anticarbonatante per uno spessore minimo di 1 mm). In corrispondenza delle aperture potrà essere omessa la formazione della lastra al fine di non ridurre la luce delle medesime, avendo cura, però, di raddoppiare le legature perpendicolari al piano del muro, disponendole a quinconce.

Una volta stuccate le eventuali lesioni, fessure o parti di struttura situate sotto i fori con la malta prescritta, si potranno posizionare reti metalliche elettrosaldate (preferibilmente in acciaio inossidabile) su entrambi i lati del muro. Le reti avranno diametro e maglia come specificato negli elaborati di progetto o come ordinato dalla D.L., diversamente potranno essere formate da tondini di diametro 6-8 mm con maglie 100x100 o 150x150 mm risvoltate per almeno 50-100 cm in corrispondenza degli spigoli laterali così da collegare ortogonalmente le nuove paretine armate con le altre strutture portanti. Le eventuali sovrapposizioni di reti dovranno interessare almeno 20 cm ed in ogni caso non meno di due maglie. Una volta posizionata la rete, e fissata con chiodi in acciaio ad "U" o a "J" ( $\varnothing$  4 mm per una lunghezza minima di 18 cm), le barre saranno ripiegate ad uncino di 90° al fine di connetterle alle maglie della rete e realizzare in tal modo il collegamento tra le paretine ed il nucleo della muratura. In alternativa alla rete metallica si potrà posizionare, dietro specifica indicazione di progetto, una rete in polipropilene (PP) bi-orientata a maglia quadrangolare prodotta per estrusione e sottoposta a processo di stiro a temperatura controllata nelle due direzioni (caratteristiche medie: totale inerzia chimica, maglia 40x30 mm, peso unitario 650 g/m<sup>2</sup>, resistenza a trazione nelle due direzioni 40 kN/m, allungamento > 10%);

L'accurata sistemazione dell'armatura dell'intonaco risulterà, per la buona riuscita della procedura, un elemento di particolare importanza, essa, infatti, dovrà essere tenuta separata dal supporto murario per almeno 2 cm, ricorrendo ad idonei distanziatori, in modo da evitare la manifestazione di fenomeni d'instabilità flessionale; per questo motivo sarà necessario disporre la rete in modo che possa trasmettere correttamente gli sforzi alle spillature praticate nel pannello murario.

### **Messa in opera intonaco**

Sul setto murario, preventivamente, bagnato abbondantemente con acqua pulita fino a saturazione, così da evitare ogni possibile sottrazione d'acqua al nuovo materiale, verrà applicato uno strato di malta anche in più riprese, (fino a raggiungimento della quota prevista) del tipo prescritto dal progetto o indicato dalla D.L., avendo cura di riempire eventuali vuoti emersi dietro l'armatura metallica, e battendo con frattazzo la superficie trattata prima del tiraggio a liscio con la staggia.

In ogni caso, salve diverse indicazioni di progetto, si dovrà tenere presente che:

- per realizzare spessori inferiori ai 3 cm sarà consigliabile mettere in opera la malta a spruzzo, armata con rete metallica di diametro 4-6 mm con maglia 100x100 mm;
- per realizzare spessori intorno ai 3-5 cm si potrà applicare la malta manualmente, armata con rete metallica di diametro 6-8 mm con maglie 100x100 o 150x150 mm;

- per realizzare spessori superiori ai 5 cm fino ad un massimo di 8-10 cm si dovrà, necessariamente, ricorrere al getto in casseforme armate con rete metallica di diametro 8-10 mm con maglia 100x100 o 200x200 mm.

Lo spessore e la metodologia di posa in opera dovranno essere comparati e pensati in base al degrado della struttura ed al tipo di sollecitazioni cui è stata, e sarà sottoposta la struttura; in ogni caso, potrà essere opportuno eseguire intonaci per uno spessore di circa 4-5 cm.

Al fine di evitare la formazione di fessure e cavillature dovute alla troppo rapida evaporazione dell'acqua d'impasto le pareti dovranno essere tenute umide per almeno 48 ore e protette da vento e/o irraggiamento solare diretto.

### **Specifiche sulle malte**

La malta o betoncino da utilizzare dovrà presentare un modulo elastico basso così da limitare eventuali inconvenienti legati all'instabilizzazione per carico di punta. A tal fine si potranno utilizzare malte a base di calce idraulica naturale NHL 3,5 (o calce naturale eminentemente idraulica NHL 5) caricata con inerti a comportamento pozzolanico (ad es. pozzolana, metacaolino, cocchiopesto ecc.), sabbie silicee naturali (granulometria 0,1-2 mm) con l'eventuale aggiunta d'additivi aeranti naturali, fibre minerali inorganiche atossiche (così da ridurre le tensioni generate dall'evaporazione dell'acqua e limitare le fessurazioni da ritiro plastico) ed espansivi minerali (così da controllare il ritiro igrometrico). Le malte (rapporto legante-inerte 1:3) ed i betoncini (rapporto legante-inerte 1:4) a ritiro compensato da utilizzare dovranno, in ogni caso, presentare le seguenti caratteristiche:

- resistenza a compressione a 28 giorni  $> 18 \text{ N/mm}^2$ ;
- modulo elastico a 28 giorni  $< 15000 \text{ N/mm}^2$ ;
- espansione contrastata a 7 giorni  $> 300 \text{ mm/m}$ ;
- coefficiente di permeabilità al vapore  $< 150 \text{ mm}$ .

L'utilizzo della calce idraulica naturale o idraulica pozzolanica (calce aerea miscelata a cariche con reattività pozzolaniche), rispetto all'uso del cemento presenterà il vantaggio di ottenere un impasto più plastico e maggiormente lavorabile, inoltre l'uso della calce idraulica garantirà capacità di traspirazione delle pareti.

### **Lesione isolata**

Per interventi su lesioni passanti isolate, anche di spessori consistenti, la procedura si potrà limitare esclusivamente alle fasce limitrofe alla lesione (circa 60-80 cm a cavallo della lesione). Le fasi esecutive saranno le stesse enunciate nell'articolo riguardante il placcaggio dell'intera parete ad eccezione di qualche precisazione.

La rete elettrosaldata zincata ( $\varnothing$  4-5 mm maglia 100x100 mm) dovrà essere messa in opera in strisce di 60-80 cm, posizionate a cavallo della lesione, su entrambi i lati della muratura, tramite chiodatura e collegata con tondini in acciaio inossidabile ad aderenza migliorata ( $\varnothing$  6-8 mm intervallati da circa 40-50 cm) passanti attraverso la lesione, precedentemente scarnita e pulita da parti incoerenti. La malta da utilizzare per risarcire la lesione, salvo diverse prescrizioni della D.L., dovrà essere a base di calce idraulica e,

preferibilmente, di tipo espansivo (per maggiori dettagli si rimanda a quanto detto negli articoli specifici). L'esecuzione dell'intonaco dovrà seguire sia le prescrizioni enunciate nell'articolo sul placcaggio di superficie sia quelle inerenti il rappezzo di intonaco, ovverosia al fine di non creare discontinuità materiche superficiali si ricorrerà, se non diversamente specificato, ad una rasatura finale utilizzando impasti simili a quelli esistenti (per uno spessore totale non inferiore ai 3 cm).

### **Lesione d'angolo**

Per interventi su lesioni d'angolo, sia ad "L" sia a "T", anche di spessori consistenti, la procedura si potrà limitare esclusivamente alle fasce limitrofe la lesione (minimo 60 cm oltre la lesione per una fascia minima di 80-100 cm). Le fasi esecutive saranno le stesse enunciate nell'articolo riguardante il placcaggio dell'intera parete ad eccezione di qualche precisazione.

Previo esecuzione delle perforazioni nella parete al fine di alloggiare le barre trasversali di collegamento, si posizionerà la rete elettrosaldata zincata ( $\varnothing$  5-6 mm maglia 150x150 mm), su entrambe le facce del muro, con adeguata sovrapposizione e risvolto minimo di 50 cm in corrispondenza di spigoli verticali. La rete verrà fissata tramite chiodatura e collegata con tondini in acciaio inossidabile ad aderenza migliorata ( $\varnothing$  6-8 mm disposti in maniera più ravvicinata, 35-40 cm, per il primo metro verso il basso e verso l'alto per poi diradarsi, 70-80 cm, verso il centro della rete) inghisati nei perfori e passanti attraverso le lesioni precedentemente scarnite e pulite da parti incoerenti. La malta da utilizzare per risarcire le lesioni, salvo diverse prescrizioni della D.L., dovrà essere a base di calce idraulica e, preferibilmente, di tipo espansivo (per maggiori dettagli si rimanda a quanto detto negli articoli specifici). L'esecuzione dell'intonaco dovrà seguire sia le prescrizioni enunciate nell'articolo sul placcaggio di superficie sia quelle inerenti il rappezzo di intonaco ovverosia, al fine di non creare discontinuità materiche superficiali si ricorrerà, se non diversamente specificato, ad una rasatura finale utilizzando impasti simili a quelli esistenti (per uno spessore totale non inferiore ai 3 cm).

### **Lesioni in corrispondenza di aperture**

Per interventi su lesioni nelle vicinanze di aperture (porte o finestre), anche di spessori consistenti, la procedura potrà limitarsi, esclusivamente, alle zone limitrofe le lesioni (generalmente circa 60-80 cm a destra e a sinistra dell'apertura e per un'altezza minima pari a 40 cm al di sopra dell'architrave). Le fasi esecutive saranno le stesse enunciate nell'articolo riguardante il placcaggio dell'intera parete ad eccezione di qualche precisazione.

Previo esecuzione delle perforazioni nella parete, al fine di alloggiare le barre trasversali di collegamento, si posizionerà la rete elettrosaldata zincata ( $\varnothing$  5-6 mm maglia 150x150 mm) su una o entrambe le facce del muro con adeguata sovrapposizione e risvolto minimo di 50 cm in corrispondenza di spigoli verticali. La rete verrà fissata tramite chiodatura e collegata con tondini in acciaio inossidabile, ad aderenza migliorata ( $\varnothing$  6-8 mm in ragione di almeno 4 al metro quadrato), inghisati nei perfori e passanti attraverso le lesioni precedentemente scarnite e pulite da parti incoerenti. La malta da utilizzare per risarcire le lesioni, salvo diverse prescrizioni della D.L., dovrà essere a base di calce idraulica e, preferibilmente, di tipo espansivo (per maggiori dettagli si rimanda a quanto detto negli articoli specifici). L'esecuzione dell'intonaco dovrà

seguire sia le prescrizioni enunciate nell'articolo sul placcaggio di superficie sia quelle inerenti il rappezzo di intonaco, ovverosia al fine di non creare discontinuità materiche superficiali si ricorrerà, se non diversamente specificato, ad una rasatura finale utilizzando impasti simili a quelli esistenti (per uno spessore totale non inferiore ai 3 cm).

#### **Art. 26.7 - Consolidamento mediante placcaggio con materiali compositi (frp)**

La procedura si pone l'obiettivo di conservare la funzione resistente degli elementi murari, dando loro un'opportuna resistenza a trazione e fornendoli di uno stadio, più o meno elevato, di duttilità sia nel comportamento a piastra, sia in quello a parete di taglio.

L'operazione prevederà la fasciatura o, meglio, il placcaggio esterno ovvero interno della struttura con nastri di materiale composito, da calibrare in funzione delle condizioni statiche, ancorati direttamente alla muratura da rinforzare mediante l'utilizzo di resine adesive (generalmente epossidiche). Il placcaggio con i materiali FRP consentirà un efficace incremento, sia del carico ultimo, sia della duttilità così da costituire una più che valida alternativa rispetto alle tecniche più tradizionali come ad esempio le cerchiature rigide. Questa tecnica potrà essere messa in opera, sia per il rinforzo su pannello resistente con lesioni diffuse, sia per ripristinare situazioni di dissesto localizzato come ad esempio risarciture di lesioni d'angolo, lesioni in corrispondenza di aperture, confinamento di pilastri ecc. I nastri di composito forniranno prestazioni superiori a quelle dell'acciaio armonico, un'adesione perfetta al supporto e spessori ridotti così da potersi mascherare facilmente al di sotto di un semplice strato d'intonaco; inoltre, questa tecnica risulterà completamente reversibile, in quanto i nastri saranno semplicemente incollati alla superficie e potranno essere rimossi mediante trattamento termico.

Le prescrizioni sulla procedura operativa seguiranno quelle previste nell'articolo sul consolidamento di volte, coperture e strutture in c.a. mediante materiali compositi.

#### **Avvertenze**

Questo protocollo operativo dovrà essere eseguito esclusivamente da operatori specializzati.

### **Art. 27 CONSOLIDAMENTO CEMENTO ARMATO**

#### **Generalità**

Prima di mettere in pratica i protocolli di consolidamento sarà opportuno seguire delle operazioni e delle verifiche indirizzate alla conoscenza dell'unità strutturale oggetto d'intervento (trave, pilastro, soletta ecc.); queste operazioni creeranno le condizioni atte a garantire la corretta esecuzione e la conseguente efficacia dell'operazione di ripristino. L'adesione tra la superficie originale e quella di apporto dipenderà molto dall'adeguata preparazione del supporto, operazione alla quale si dovrà porre molta attenzione dal momento che si rivela fondamentale per assicurare l'efficacia e la durabilità del ripristino degli elementi in c.a. L'esecuzione delle operazioni preliminari si suddivide nelle seguenti fasi operative.

#### **Asportazione del calcestruzzo degradato**

Rimozione di tutto il calcestruzzo degradato e privo di coerenza con il sottofondo asportandolo accuratamente per una profondità che consenta un ripristino di malta di almeno 10 mm di spessore;

irruvidimento della superficie dell'intervento (un irruvidimento ideale del sottofondo corrisponde ad una superficie con asperità di circa 5 mm) mediante martellinatura o scalpellatura fino al raggiungimento della parte sana e compatta, meccanicamente resistente; messa a nudo dei ferri d'armatura liberandoli dal calcestruzzo carbonatato. Lo spessore di c.l.s. che andrà rimosso dovrà essere pari a quello che, in base alle indagini diagnostiche precedentemente eseguite, risulterà essere ormai penetrato dagli agenti aggressivi, (ad es. cloruro, solfato ecc.) anche se ancora non completamente danneggiato. La superficie in c.l.s. dovrà poi essere pulita ricorrendo a sabbiatura a secco, idrosabbiatura, bocciardatura, spazzolatura con spazzola metallica oppure con un getto di vapore d'acqua a 100 °C ad una pressione di 7-8 atm (per specifiche sulle procedure di pulitura si rimanda a quanto descritto negli articoli inerenti le puliture sui materiali lapidei) così da asportare gli eventuali residui di precedenti interventi non perfettamente aderenti come tracce di grassi, oli, vernici superficiali, polvere ed ogni tipo d'impurità.

### **Pulizia dei ferri di armatura**

I ferri d'armatura a vista dovranno essere puliti allo scopo di asportare polvere e ruggine; l'operazione potrà essere eseguita mediante spazzolatura con spazzole metalliche o sabbiatura in funzione del livello di degrado raggiunto e, comunque, fino ad ottenere una superficie perfettamente pulita e lucida, cioè fino a "metallo bianco".

### **Specifiche sul copriferro**

La superficie dell'armatura resistente dovrà distare dalle facce esterne del conglomerato di almeno 8 mm nel caso di solette, setti e pareti e, di almeno 20 mm, nel caso di travi e pilastri. Le suddette misure dovranno essere incrementate e portate fino ad un massimo di 20 mm per le solette e 40 mm per travi e pilastri, in presenza di salsedine marina ed altri agenti particolarmente aggressivi. Copriferri maggiori richiederanno opportuni provvedimenti intesi ad evitare il distacco dal supporto (ad es. reti metalliche zincate a maglia stretta  $\varnothing$  3/50x50 mm). Le superfici delle barre dovranno essere mutamente distanziate in ogni direzione di almeno un diametro delle barre medesime e, in ogni caso, non meno di 20 mm. Per le eventuali barre non circolari si dovrà considerare il diametro del cerchio circoscritto.

### **Ricostruzione di copriferro**

La procedura di restauro corticale sarà rivolta a strutture in elevazione, frontalini, sottobalconi, aggetti di gronda, marcapiani, parapetti ecc. e, in genere, avrà come obiettivo, la ricostruzione del copriferro (dovuto al distacco di materiali causato da lesioni capillari, fessure, sbrecciature, ossidazione delle armature ecc.) con il conseguente ripristino della sezione resistente originaria. Previa esecuzione delle operazioni preliminari il protocollo d'intervento si suddividerà nelle seguenti fasi operative:

### **Eventuale posizionamento di rete elettrosaldata**

Ove richiesto da specifiche di progetto od indicazioni della D.L., si procederà alla messa in opera di rete in acciaio elettrosaldata B450A in acciaio zincato (per spessori di malta fino a ca. 25 mm) applicata direttamente sul sottofondo ed ancorata con chiodi, ovvero connettori (in caso di ripristino di superfici ampie minimo  $6 \varnothing$  6/m<sup>2</sup>) in modo da garantire un copriferro di almeno 10 mm. Nel caso di spessori di malta maggiori di 50 mm (fermo restando il copriferro di almeno 10 mm) la rete dovrà essere applicata mediante

connettori-distanziatori, in modo che non sia a diretto contatto con il sottofondo (ma disposta simmetricamente nello strato di malta) così da consentire di "utilizzare" al massimo l'azione di contrasto della stessa nei confronti dell'espansione della malta. In alternativa alla rete elettrosaldata si potrà utilizzare una rete in polipropilene (PP) bi-orientata a maglia quadrangolare prodotta per estrusione e sottoposta a processo di stiro a temperatura controllata nelle due direzioni (caratteristiche medie: totale inerzia chimica, maglia 30x40 o 50-70 mm, peso unitario 140-250 g/m<sup>2</sup>, resistenza a trazione long. 9,3-15 kN/m, resistenza a trazione trasv. 17-22 kN/m, allungamento > al 10% in entrambe le direzioni). Spessori di malta inferiori ai 15 mm potranno essere applicati anche senza rete elettrosaldata, purché il contrasto all'espansione della malta sia assicurato dalle asperità (ca. 5 mm) del sottofondo in calcestruzzo.

Il diametro e la maglia della rete saranno stabiliti dagli elaborati di progetto, in ogni caso sarà preferibile utilizzare reti con diametro ridotto (2-3 mm) a maglie strette (massimo 50 mm). Per quanto riguarda i connettori dovranno essere evitati quelli a fissaggio meccanico con espansione se non in presenza di calcestruzzo di elevata qualità.

### **Bagnatura del supporto**

Prima dell'applicazione dei prodotti per il ripristino e solo nel caso in cui non sia stato impiegato il vapore per la pulizia del sottofondo, questo dovrà essere bagnato fino a saturazione, evitando comunque veli o ristagni di acqua sulla superficie che potranno essere rimossi mediante aria compressa o stracci; lo scopo sarà quello di ottenere un sottofondo saturo di acqua a superficie asciutta.

### **Protezione dei ferri dell'armatura**

La protezione dell'armatura avverrà mediante l'applicazione a pennello di una mano di boiacca passivante anticarbonatante, reoplastica-pennellabile realizzando uno strato continuo di almeno 1 mm. Il prodotto potrà essere monocomponente, esente da nitrati, da miscelare con sola acqua (quantità variabile tra 0,3 e 0,5 l/kg), o bicomponente (A = miscela di cemento, polveri silicee e inibitori di corrosione, B = polimeri in dispersione acquosa; rapporto tra A e B variabile da 2:1 a 3:1); in ogni caso le caratteristiche minime della boiacca dovranno essere: adesione all'armatura ed al c.l.s. > 2,5 N/mm<sup>2</sup>; resistenza alla nebbia salina dopo 120 h nessuna corrosione, pH > 12; tempo di lavorabilità a 20 °C e 50% U.R. circa 40-60 min, temperatura limite di applicazione tra +5 °C e +35 °C, classe 0 di reazione al fuoco.

Passate minimo 2-3 ore dall'applicazione si procederà alla stesura di una seconda mano per uno spessore di circa 2 mm. L'estensione del trattamento a tutta la superficie in calcestruzzo da ripristinare consentirà di realizzare un promotore d'adesione per la malta da ripristino da applicare successivamente.

### **Ripristino sezione originaria mediante cazzuola**

Passato un minimo di 24 ore dalla posa della seconda mano della boiacca passivante antiruggine e previa scrupolosa bagnatura delle parti di calcestruzzo si applicherà, (premendolo bene sul supporto, cercando di compattare il sottofondo con l'aiuto della cazzuola, spatola od anche di tavolette di legno per gli spigoli più difficili) uno strato (in spessori fino a 25-30 mm in una sola mano) di malta a base di leganti idraulici, fibrorinforzata, a consistenza tissotropica, a ritiro controllato, ad alta adesione con inibitori di corrosione organici, impastata con sola acqua (in ragione di ca. 3,5-4 l di acqua pulita ogni sacco di 25 kg), senza far uso di casseforme fisse (caratteristiche meccaniche minime della malta da ripristino: adesione al c.l.s. > 2

N/mm<sup>2</sup>, impermeabilità all'acqua < 15 mm; modulo elastico < 25000 N/mm<sup>2</sup>; resistenza a compressione dopo 7 giorni > 35 N/mm<sup>2</sup>; dopo 28 giorni > 40 N/mm<sup>2</sup>; resistenza a flessione dopo 7 giorni > 4,5 N/mm<sup>2</sup>; dopo 28 giorni > 7 N/mm<sup>2</sup>; tempo di lavorabilità a 20 °C e 50% U.R. circa 30-40 min; temperatura limite di applicazione tra +8 °C e +35 °C, classe 0 di reazione al fuoco, inerti costituiti da sabbia silicea con granulometria massima di 2 mm).

In caso di necessità si potrà procedere all'applicazione di strati successivi al primo, (nello spessore massimo di 30 mm per strato), fino al raggiungimento dello spessore necessario, comunque, non superiore a 100 mm. A posa ultimata, la superficie della malta sarà mantenuta umida per almeno 24 ore irrorandola, se necessario, con acqua nebulizzata, al fine di garantire l'assestamento.

Al fine di regolarizzare eventuali superfici non planari e per ottenere un sottofondo omogeneo per la successiva protezione finale si procederà, a presa avvenuta del materiale per il ripristino, alla rasatura della superficie con idoneo rasante a base di leganti idraulici ed inerti silicei selezionati (granulometria massima di 0,4 mm), da impastare con sola acqua, (in ragione di 1,4 kg/m<sup>2</sup> per mm di spessore), applicabile con cazzuola americana, in spessori fino a 3 mm per mano. La rifinitura si eseguirà con frattazzo di spugna qualche minuto dopo l'applicazione (caratteristiche meccaniche minime della malta rasante: adesione al c.l.s. > 1,5 N/mm<sup>2</sup>; modulo elastico < 18000 N/mm<sup>2</sup>; resistenza a compressione dopo 7 giorni > 25 N/mm<sup>2</sup>; dopo 28 giorni 30 N/mm<sup>2</sup>; resistenza a flessione dopo 7 giorni > 2 N/mm<sup>2</sup>; dopo 28 giorni > 5 N/mm<sup>2</sup>; tempo di lavorabilità a 20 °C e 50% U.R. circa 40-60 min; temperatura limite di applicazione tra +5 °C e +35 °C, classe 0 di reazione al fuoco).

#### **Ripristino sezione originaria mediante spruzzo**

In alternativa alla stesura con cazzuola si potrà applicare la malta (con caratteristiche uguali a quelle utilizzata per l'applicazione manuale) a spruzzo con idonea macchina intonacatrice (operazione sicuramente più produttiva ed efficace, soprattutto per il ripristino d'ampie zone) procedendo, immediatamente dopo, con apposita staggia, in modo di rendere più o meno planare la superficie rimuovendo la malta dalle zone di maggior accumulo. Il c.l.s. dato a spruzzo (detto anche "gunite" o "sprit beton") non richiederà aggrappante in quanto l'arriccamento della superficie di contatto sarà garantito automaticamente come effetto del rimbalzo selettivo degli inerti dello stesso materiale spruzzato. Per la buona riuscita della procedura sarà fondamentale un buon grado di rugosità del supporto che sarà stato precedentemente preparato seguendo le procedure descritte nell'articolo specifico.

La malta verrà spruzzata in strati successivi omogenei e sovrapposti dal basso verso l'alto (spessore minimo ca. 20 mm, spessore massimo complessivo ca. 80 mm, spessore massimo per mano ca. 30-35 mm) dopo che lo strato precedente abbia raggiunto un sufficiente grado di maturazione (almeno 60 minuti). In caso di presenza di armatura (si veda il paragrafo specifico) il calcestruzzo sarà spruzzato in due strati successivi, con il primo che non dovrà ricoprire completamente l'armatura. Al fine di evitare la formazione di fessure nel c.l.s., dovute alla troppo rapida essiccazione, si dovrà, necessariamente, mantenere umida la superficie d'intervento mediante l'irrorazione con acqua nebulizzata ovvero coprendola con teli umidi per almeno 48 ore.

#### **Protezione**

La protezione finale sarà garantita da una pittura protettiva anti carbonatazione del calcestruzzo (con colore scelto dalla D.L.), a base di copolimeri acrilici e resine sintetiche insaponificabili, con buona permeabilità al vapore acqueo, diluita con acqua (0,4 l di acqua ogni l di prodotto per la prima mano, 0,2 l di acqua per la seconda). Il protettivo dovrà essere applicato su superfici perfettamente asciutte, con due mani, a distanza di non più di 24 ore l'una dall'altra; potrà essere applicato a pennello, o rullo, od irroratrice a bassa pressione in ragione di 0,200 l/m<sup>2</sup> nelle due passate.

Nel caso in cui le prescrizioni di progetto prevedono il trattamento di protezione anche su superfici non oggetto di ripristino sarà consigliabile, al fine di migliorare l'adesione della "verniciatura" sul supporto di c.l.s., applicare una mano di primer specifico utile a garantire l'uniformità d'assorbimento del supporto e maggior durata della protezione finale.

Se gli elaborati di progetto prevedono di lasciare "a vista" la superficie di cemento armato si potrà utilizzare un protettivo (da stendere a pennello od a rullo) impregnante incolore idrorepellente, trasparente a base di miscele di silossani oligomerici in solvente (in ragione di 0,300-0,600 l/m<sup>2</sup> in funzione dell'assorbimento del supporto). Al fine di determinare il consumo ed allo stesso tempo controllare l'efficacia del prodotto si renderà necessario eseguire un'impregnazione di prova su un campione di superficie di circa 1 m<sup>2</sup>. Il trattamento indurito ridurrà fino al 94% l'assorbimento d'acqua, non altererà significativamente l'aspetto estetico, né la permeabilità al vapore delle superfici trattate conferendo, contemporaneamente, protezione ed insensibilità ai cicli di gelo e disgelo.

Per tutta la durata delle operazioni di restauro e fino ad almeno 72 ore dopo il trattamento di protezione si dovrà proteggere, mediante idonee barriere scelte dalla D.L., la zona d'intervento da eventuali correnti d'aria, piogge, gelo o da irraggiamento solare diretto.

### **Ricostruzione della sezione resistente**

L'intervento sarà rivolto ad elementi con funzione strutturale portante come travi, pilastri, architravi ecc. ed avrà, come obiettivo, la ricostruzione della sezione resistente (senza alterarne lo spessore) venuta a mancare a causa del distacco di materiali causato da lesioni capillari, fessure, sbrecciature, svergolamento ed ossidazione delle armature. Con questa procedura si otterrà un efficace recupero della struttura con il solo apporto di malta a ritiro controllato fibrorinforzata.

Previa esecuzione delle operazioni preliminari, compreso il puntellamento dell'elemento strutturale mediante idonei sostegni e ritti regolabili da cantiere ("cristi") l'intervento seguirà il protocollo per il ripristino del coprifermo ad eccezione di qualche precisazione.

### **Rimozione calcestruzzo**

Si effettuerà la rimozione del calcestruzzo lesionato per la superficie necessaria alla messa in opera delle armature liberando gli angoli delle staffe esistenti; l'asportazione del c.l.s. dovrà, inoltre, estendersi seguendo le indicazioni della D.L., per una fascia superiore ed inferiore d'altezza sufficiente a consentire un adeguato quanto corretto ancoraggio delle barre aggiuntive (lunghezza consigliata pari al doppio dell'interasse delle staffe presenti).

### **Ricuciture lesioni**

Qualora siano presenti lesioni, non passanti, interne al nucleo (spessori limite 0,3-3 mm) dovranno opportunamente essere risarcite seguendo la procedura descritta nell'articolo specifico.

### **Eventuale posizionamento di nuova armatura**

Previo eventuale raddrizzamento delle barre presenti ovvero eliminazione dei ferri longitudinali oramai elasticizzati si procederà, se previsto dalle disposizioni di progetto, alla messa in opera di barre nervate aggiuntive in acciaio inossidabile o zincato B450C e ad eventuali staffe sagomate in opera di dimensione e passo (si consiglia ridotto nelle vicinanze delle giunture o dei nodi strutturali) dettate da prescrizioni di progetto (in ogni caso, ad esempio, per le barre dei pilastri non si scenderà al di sotto di un diametro di 12 mm e per le staffe, al di sotto di un diametro di 8 mm). Le barre da giunture non dovranno essere distanti tra loro più di 2 diametri con un minimo di 20 mm; la lunghezza di sovrapposizione dovrà essere almeno (meglio se superiore) di 2 interassi delle staffe, ovvero circa 35-40 volte il diametro della barra posizionata. Nelle vicinanze dei nodi sarà opportuno che i ferri aggiunti siano passanti da parte a parte; a tal fine sarà necessario effettuare dei fori di passaggio che successivamente, saranno riempiti con malta priva di ritiro. Sarà, inoltre, opportuno sfalsare gli ancoraggi, ed al fine di migliorare l'efficacia della sovrapposizione, si procederà a "legare" le barre sovrapposte mediante fasciatura, con filo in acciaio di diametro 1-2 mm, lungo la giuntura. Si ricorda che, per migliorare le giunzioni, si potrà ricorrere al confinamento mediante una fitta armatura trasversale (staffe) che avvolga la zona trattata. Saranno da evitare le saldature che, pur presentando un'elevata resistenza, potranno produrre elementi di fragilità puntuale; comunque, se si sceglierà questa soluzione (in ragione anche della reale saldabilità dei ferri esistenti con quelli aggiuntivi) si dovranno realizzare saldature a cordoni d'angolo tra i monconi di armature sovrapposte; non si dovranno in ogni caso eseguire saldature di testa.

Nei casi in cui la sezione da recuperare sia superiore ai 40-50 mm sarà consigliabile posizionare una leggera rete elettrosaldata B450A in acciaio zincato adeguatamente dimensionata (ad es.  $\varnothing$  3-4/50x50 mm), in alternativa si potranno utilizzare idonee reti in polipropilene (PP) bi-orientate prodotte per estrusione (caratteristiche medie: maglia 40x30 mm, peso unitario 650 g/m<sup>2</sup>, resistenza a trazione nelle due direzioni 40 kN/m<sup>2</sup>, allungamento > 10%); questa "armatura superficiale" avrà il duplice scopo di "legare" la nuova armatura e fornire un valido supporto al riporto di malta.

In caso di ripristino di parete in c.l.s. sarà opportuno armare la nuova camicia con doppia rete in acciaio elettrosaldata B450A zincata; il diametro e la maglia della rete saranno stabiliti dagli elaborati di progetto, in ogni caso l'armatura minima sarà composta di reti con diametro 8/300x300 mm e reti con diametro 5/150x150 mm ben ancorate al supporto mediante spillature ad "L" (minimo 6/m<sup>2</sup>) costituite da barre in acciaio ad aderenza migliorata B450A zincato (minimo  $\varnothing$  6 mm) inghisate in fori (per es.,  $\varnothing$  8 mm) con adesivo epossidico (bicomponente) a ritiro compensato.

### **Ripristino della sezione**

Previo applicazione a pennello di due mani di boiacca passivante anticarbonatante, reoplastica-pennellabile si procederà al ripristino della sezione mediante malta a base di leganti idraulici, fibrorinforzata, a consistenza tissotropica, a ritiro compensato (per le specifiche si rimanda all'articolo precedente).

In caso di restauro d'ampie superfici (spessori compresi tra i 50 e i 100 mm) sarà preferibile sostituire l'applicazione a cazzuola od a spruzzo con getto in cassaforma di betoncino a ritiro compensato (fino allo spessore previsto dalle disposizioni di progetto o indicazioni della D.L.). Prima di effettuare il getto si dovrà spalmare (per uno spessore pari a 1-3 mm) la superficie originale (perfettamente pulita ed asciutta) con apposito aggrappante a base di resina epossidica bicomponente esente da solventi, pennellabile a consistenza limitatamente tissotropica, caratterizzata da un elevato potere adesivo collante ( $> 3,5$  MPa) e da elevate caratteristiche meccaniche a flessione-trazione ( $> 45$  MPa), così da garantire la perfetta continuità strutturale in corrispondenza della ripresa del getto.

Entro le 3 ore successive dalla spalmatura (ovverosia prima che l'adesivo abbia iniziato la polimerizzazione) si eseguirà il getto di betoncino a base di leganti idraulici a ritiro compensato, fibrorinforzato reodinamico (così da essere in grado di costiparsi da solo senza necessitare di vibrazioni); caratteristiche meccaniche medie del betoncino: modulo elastico  $E=27000$  N/mm<sup>2</sup>; resistenza a flessione dopo 28 giorni  $> 7$  N/mm<sup>2</sup>; resistenza a compressione dopo 28 giorni  $> 70$  N/mm<sup>2</sup>; tempo di lavorabilità a 20 °C circa 40-60 min; tempi di presa a 20 °C inizio 210-240 min fine 360-390 min. Il getto verrà versato nei casseri, attraverso apposito vano di invito, in modo regolare e, possibilmente, da un solo lato favorendone la fuoriuscita da quello opposto; in ogni caso sarà da evitare l'eventuale getto simultaneo su due lati opposti in modo da impedire che l'aria (sotto forma di macro-bolle) venga intrappolata dai due flussi in controcorrente. Il getto dovrà essere casserato per almeno 48 ore. Al fine di ottenere una perfetta stagionatura eludendo la formazione di fessure dovute alla troppo rapida evaporazione dell'acqua d'impatto si potrà ricorrere, a lisciatura terminata (dopo circa 15-30 minuti a seconda delle condizioni ambientali), a specifici agenti anti-evaporanti, da stendere a pennello, rullo o spruzzo a base di resine acriliche in dispersione acquosa ovvero a base di elastomeri poliuretanicici a seconda del tipo di protezione prevista dagli elaborati di progetto. Entrambi gli stagionanti serviranno da primer per il trattamento protettivo finale che potrà essere steso minimo dopo tre giorni, comunque seguendo le indicazioni di progetto e le specifiche tecniche dei prodotti applicati.

### **Specifiche sulle casseforme**

Le casseforme dovranno essere d'adequata resistenza, impermeabili, ben ancorate, contrastate (al fine di resistere alla pressione idraulica dell'impasto fluido) e sigillate (con materiali collanti o con stessa malta a consistenza plastica) per evitare perdite di boiaccia. Le casserature in legno dovranno, inoltre, essere saturate (specialmente con climi caldi e asciutti) con acqua per evitare che, per assorbimento, il liquido venga sottratto all'impasto; infine, prima del getto sarà necessario applicare il disarmante per facilitare l'operazione di disarmo del cassero.

### **Iniezioni di resine per sigillatura lesioni**

L'intervento sarà mosso dalla necessità di ripristinare un quadro fessurativo di dimensioni medie, non risarcibile con le malte, mediante iniezioni a bassa pressione di materiali (miscele cementizie ovvero resine a base epossidica o poliuretanica) di opportuno modulo elastico e con eccellenti proprietà di aderenza al calcestruzzo ed all'acciaio.

L'impiego di resine, al posto di boiaccia cementizia, sarà da preferire in presenza di lesioni localizzate e di modesta entità, in quanto un consolidamento con liquidi polverizzabili si rivelerà più penetrabile e, quindi, più

efficiente. In caso di lesioni più consistenti si potrà caricare la resina con micro-inerti selezionati (farina di quarzo granulometria 10 mm) con un rapporto massimo di 1:1. Dal momento che le caratteristiche finali delle resine dipenderanno sensibilmente dalle condizioni ambientali (temperatura ed umidità) si renderà necessaria, prima di scegliere la modalità di preparazione, l'analisi delle effettive condizioni ambientali prevedibili nonché, in sede di messa in opera, il continuo controllo delle condizioni stesse.

Previa esecuzione delle procedure preliminari (pulitura superficiale e scarificazione della lesione) si procederà alla stuccatura superficiale della lesione con pasta a rapido indurimento (al fine di evitare le possibili vie di fuga) e al posizionamento di tubicini in rame o in polipropilene ( $\varnothing$  6-8 mm). Successivamente si procederà all'esecuzione di iniezioni a bassa pressione (2-4 atm) di resine epossidiche (bicomponente) a consistenza fluida, esenti da solventi, a bassa viscosità, (resistenza a compressione 70-80 N/mm<sup>2</sup>; resistenza a flessione 90-100 N/mm<sup>2</sup>; resistenza a trazione diretta 35-40 N/mm<sup>2</sup>; adesione al c.l.s. 3 N/mm<sup>2</sup>; adesione al ferro 10-15 N/mm<sup>2</sup>; modulo elastico 3500-4000 N/mm<sup>2</sup>; tempo di lavorabilità a 20 °C circa 20 min; temperatura limite di applicazione tra +8 °C e +30 °C). L'iniezione avverrà procedendo dal basso verso l'alto (al fine di non creare squilibri nella struttura) fino alla fuoriuscita di resina dal boccaglio appena soprastante, dopodiché si sigillerà il boccaglio inferiore e si continuerà con quello superiore progressivamente fino a che tutta la rete d'iniezione sarà intasata di resina. Tale operazione dovrà avvenire su sottofondo perfettamente pulito ed asciutto, per tale motivo sarà necessario, preventivamente all'iniezione ma successivamente alla perforazione per il posizionamento delle cannule di immissione, pulire in profondità la lesione mediante getto di aria compressa. Le perforazioni (consigliato  $\varnothing$  8-10 mm con interasse circa 200 mm, potranno essere orizzontali o inclinate), eseguite con sonde a sola rotazione, dovranno essere effettuate lungo l'asse della fessura, interessare gli eventuali nodi delle varie ramificazioni e non dovranno interferire sia con le armature esistenti, sia con eventuali nervature del solaio.

A presa avvenuta (le resistenze finali si ottengono dopo 7 giorni, ma già dopo 24 ore a 20 °C si raggiungono valori pari al 60-70% di quelli finali) si provvederà, secondo le indicazioni della D.L., a rimuovere od a tagliare a filo superficiale i tubicini di iniezione. In presenza di lesioni ramificate si dovrà posizionare il tubicino di immissione in corrispondenza degli incroci delle stesse.

### **Avvertenze**

La tecnica descritta potrà essere utilizzata solo per lesioni di una certa consistenza (circa 3-4 mm); sarà da evitare per microlesioni dell'ordine del decimo di millimetro, in quanto l'iniezione potrebbe diventare difficoltosa e richiedere pressioni di esercizio elevate con conseguente esito incerto e possibilità di effetti negativi difficilmente controllabili sulle zone di struttura fessurate. In questi casi, pertanto, sarà consigliabile non fare affidamento sul completo ripristino della continuità del manufatto lesionato ma solo su una percentuale cautelativa che tenga presente questo "difetto".

### **Consolidamento con materiali compositi (FRP)**

L'intervento sarà rivolto a tutte quelle strutture in elevazione (travi, pilastri, solai ecc.) che non risultino essere più idonee a sopportare gli sforzi di trazione o di taglio per cui sono state progettate. L'intervento avrà, pertanto, come obiettivo quello di incrementare la sezione resistente mediante placcaggio o fasciatura esterna con lamine o nastri di materiale composito così da ottenere un incremento della capacità ultima.

Questa tecnica è, in qualche modo, analoga a quella del béton-plaqué ma presenta, in confronto a questa, numerosi vantaggi:

- alte prestazioni meccaniche in rapporto al modesto peso;
- grande flessibilità con conseguente facilità di messa in opera anche su superfici sagomate;
- elevata durabilità, resistenza agli alcali ed agli agenti atmosferici;
- a parità di prestazione i materiali FRP richiedono spessori ridotti (spessore circa 1-2 mm);
- l'anisotropia del materiale consente di dosare ed indirizzare il rinforzo solo dove realmente richiesto.

### **Placcaggio mediante lamina in FRP**

L'intervento, che utilizzerà lamine pultruse in fibra di carbonio (di dimensioni variabili da un minimo di 50x1,2 mm a 120x2 mm) inglobate in una matrice epossidica con superficie di incollaggio ad aderenza migliorata, sarà applicabile allorché occorra effettuare un rinforzo strutturale di unità inflesse (per es. travi, solai, elementi a sbalzo ecc.), la riduzione delle deformazioni (frecce) sotto carico, l'aumento della portanza, o, nel caso di insufficiente capacità portante dovuta a nuova destinazione d'uso ed, infine, per il rinnovo della trasmissione delle tensioni arrestate da stati fessurativi. La procedura operativa seguirà le seguenti fasi di lavoro:

- pulizia delle superfici in c.l.s. oggetto di intervento mediante sabbiatura o energica spazzolatura con spazzole metalliche;
- eventuali ricostruzioni di volumetrie mancanti mediante malta a consistenza tissotropica, a ritiro compensato, ad alta resistenza;
- applicazione di primer a base di resina epossidica fluida a bassa viscosità esente da solventi da stendere a pennello od a rullo (lavorabilità a 20 °C 480 min, temperatura minima di applicazione 10-12 °C, indurimento al tatto a 20 °C 16-18 h) al fine di migliorare l'efficacia d'aggrappaggio al supporto del sistema FRP;
- stesura, mediante spatola dentata, di adesivo a base di resina epossidica, bicomponente, a consistenza tissotropica, priva di solventi da applicare su supporti con umidità inferiore 4% e temperature tra +10 °C e 35 °C (adesione al c.l.s. > 5 MPa, resistenza a trazione 31 MPa, modulo elastico 6500 MPa, lavorabilità a 20 °C ca. 60 min) sulla faccia della lamina (precedentemente pulita con apposito solvente o, in alternativa, con acetone o diluente al nitro) e sul supporto a spessore millimetrico (consigliato 1-3 mm);
- posizionare la lamina (modulo elastico 120-300 GPa, resistenza a trazione 2500-3000 MPa, allungamento a rottura 1,2-1,7%) sulla superficie e premere con rullo di gomma esercitando una pressione costante, muovendo lo strumento nei due versi al fine di permettere la fuoriuscita, lungo i bordi della lastra, dell'adesivo in eccesso;
- asportare la resina in eccesso, pulire la lamina e, se necessario, "puntellarla" fino a completa polimerizzazione dell'adesivo. Evitare assolutamente l'irraggiamento diretto delle lamine in esercizio, in tal caso proteggere la lamina, una volta completata la fase di indurimento iniziale della resina, con applicazione a rullo o a pennello di protettivo pellicolare, a base di elastomeri poliuretanic, resistente ai raggi UV.

Nel caso di placcaggi d'elementi soggetti a sollecitazioni flessionali (ad es. placcaggio di trave in zona tesa) si dovrà porre particolare attenzione all'eventuale fenomeno di distacco delle lamine che dovrà essere impedito mediante idonei dispositivi di ancoraggio posizionati all'estremità delle stesse. Questi ulteriori rinforzi potranno essere realizzati, se non altrimenti specificato dagli elaborati di progetto, tramite fasciature trasversali con nastri in FRP i quali aumenteranno la resistenza a taglio dell'elemento inflesso.

Per maggiori dettagli sulle fasi operative e/o su specifiche tecniche inerenti all'applicazione dei materiali compositi si rimanda alle procedure descritte agli articoli sul consolidamento di volte in un tessuto o in bassa muratura con FRP e sulla cordolatura mediante applicazione degli stessi.

## **Art. 28 CONSOLIDAMENTO DI VOLTE IN MURATURA (LATERIZIO E/O PIETRA)**

### **Generalità**

Prima di mettere in pratica qualsiasi procedura di consolidamento che di seguito verrà enunciata, sarà opportuno seguire delle procedure e delle verifiche indirizzate alla conoscenza dell'unità voltata oggetto d'intervento; queste operazioni inoltre salvaguarderanno l'integrità di ogni singolo elemento che compone l'unità strutturale e creeranno le condizioni atte a garantire la corretta esecuzione e l'efficacia dell'intervento.

### **Verifiche preliminari**

- riconoscimento ed identificazione dello schema di funzionamento statico del sistema voltato;
- analisi dei materiali e della funzione strutturale dei singoli elementi;
- accertamento delle caratteristiche fisiche e meccaniche della volta e dei singoli elementi che ne fanno parte;
- analisi del quadro fessurativo e conseguente studio del degrado;
- valutazione complessiva del comportamento dell'unità strutturale.

### **Stuccature preliminari**

Si procederà alla stuccatura con malta idraulica di tutte le eventuali lesioni o soluzioni di continuità localizzate all'intradosso della volta seguendo le prescrizioni della D.L.

### **Puntellatura**

Tutta la volta oggetto d'intervento dovrà essere preventivamente sostenuta da un sistema di centine simile a quello utilizzato per la costruzione; si dovrà, inoltre, provvedere alla messa in opera d'adequate sbatacchiature al fine di contrastare la spinta di volte contigue. In presenza di porzioni di volte affrescate, ovvero decorate, a contatto con i puntelli, queste dovranno essere protette con i sistemi ritenuti più idonei dalla D.L.; si ricorda, inoltre, che le opere di sostegno dovranno insistere su un piano di appoggio assolutamente sicuro.

### **Rimozione materiale inerte**

Tutto il materiale (pavimento, sottofondo, eventuale piano di posa, materiale di rinfiacco) sovrapposto alla volta dovrà essere rimosso; questa operazione dovrà essere effettuata manualmente e dovrà avanzare (per strati paralleli e successivi fino al vivo dell'estradosso della volta) a partire dalla zona di chiave fino ad arrivare all'esterno della volta facendo attenzione di conservare l'integrità dei materiali. Secondo la tipologia

di volta la rimozione seguirà direzioni differenti: nelle volte a botte si procederà per tratti di uguale dimensione a partire da entrambi i lati della generatrice superiore fino a raggiungere i rinfianchi; nelle volte a padiglione ed a crociera, si inizierà dal centro proseguendo lungo i quattro fronti, seguendo le generatrici in quella a padiglione, o seguendo la direzione degli anelli in quella a crociera, fino a giungere il livello di imposta (per maggiori dettagli si rimanda a quanto detto nell'articolo specifico sullo smontaggio delle strutture voltate).

### **Pulizia dell'estradosso**

Si eseguirà la pulitura rimuovendo (mediante spazzole di saggina, raschietti, aria compressa aspiratori od altri sistemi ritenuti idonei dalla D.L.) le malte leganti degradate, i detriti che si presenteranno aridi ed inconsistenti e tutto ciò che potrebbe in qualche modo ostacolare le successive operazioni di consolidamento.

### **Consolidamento mediante materiali compositi (FRP)**

L'intervento si pone il fine di non modificare i meccanismi resistenti nelle normali condizioni di esercizio; il nuovo sistema muratura-fibra si manifesterà soltanto in caso di particolari sollecitazioni (ad. es. in caso di sisma) per cui saranno richieste prestazioni che la volta non sarà capace di sostenere.

Questo sistema si potrà utilizzare in presenza di superfici voltate in condizioni di avanzato dissesto (in particolare con intradossi affrescati o comunque con decori da tutelare), per cui dovrà essere evitata la bagnatura estradosale (consolidamento "a secco"), sarà opportuno ridurre al minimo l'incremento del peso delle strutture (normalmente i placcaggi delle superfici potranno oscillare tra 4,5-9 kg/m<sup>2</sup>) e l'eventuale stress al precario organismo strutturale.

Questa tecnica si basa sull'utilizzazione di nastri di tessuto, di varie dimensioni, in fibre secche (carbonio, aramidica, vetro) unidirezionali (fibre orientate secondo un'unica direzione), bidirezionali (fibre orientate secondo direzioni 0° e 90°) o biassiale (fibre inclinate a  $\pm 45^\circ$ ) con elevate caratteristiche meccaniche a trazione ed alta resistenza agli alcali, applicati e "laminati" alla struttura (tecnica "wet lay up"); questo consente di costituire un materiale "composito" direttamente in opera, mediante l'impiego di una matrice a base di resine epossidiche (o resine poliestere) bicomponenti a bassa viscosità, che assicurano sia il trasferimento delle sollecitazioni alle fibre di rinforzo, sia la protezione della fibra da attacchi di tipo chimico o meccanico o da variazioni di temperatura.

I vantaggi derivanti dall'utilizzo dei materiali FRP risiederanno in:

- intervento non invasivo, rimovibile e perfettamente adattabile alla forma dei supporti curvilinei con la conseguente riduzione della vulnerabilità sis.m.i.ca;
- conservazione di traspirazione della volta in muratura;
- conservazione degli schemi statici originali con aumento della resistenza e della duttilità;
- assorbimento di carichi asimmetrici con aumento delle capacità portanti ed invariabilità del peso proprio della struttura.

Le fasce di FRP andranno opportunamente orientate secondo gli assi di riferimento, le linee di frattura (ovvero del quadro fessurativo precedentemente rilevato) e di forza individuate; per il loro posizionamento sarà consigliabile prefiggersi i seguenti scopi:

- fornire capacità di resistenza a trazione nei settori di volta maggiormente sollecitati da eventuali azioni orizzontali, ad esempio mediante una cerchiatura al livello delle reni della volta;
- incrementare il dispositivo resistente agli archi longitudinali e trasversali mediante placcaggio estradossale ovvero intradossale;
- impedire eventuali lesioni a cavallo delle nervature (volte a crociera, a padiglione ecc.) specialmente in presenza di volte affrescate o, comunque, con intonaci da tutelare.

Previa un'accurata pulitura dell'estradosso della volta al fine di eliminare depositi superficiali, polveri e materiale incoerente, si procederà alla preparazione della superficie stuccando e livellando eventuali fessurazioni ed irregolarità con malta a base di calce cercando di disporre superfici il più regolari possibile (lo scarto tra livelli superficiali contigui dovrà essere inferiore a 1 mm); in questa fase andrà, inoltre, identificato prima e studiato poi il quadro fessurativo della volta per determinare il numero, la disposizione e la grammatura delle fasce di rinforzo. Successivamente si procederà alla stesura (da parte di operatore specializzato) di due strati preparatori: un primer di resina epossidica fluida a bassa viscosità esente da solventi da stendere a pennello od a rullo (lavorabilità a 20 °C 480 min, temperatura minima di applicazione 10-12 °C indurimento al tatto a 20 °C 16-18 ore) al fine di migliorare l'efficacia d'aggrappaggio al supporto del sistema FRP. La quantità da applicare è variabile a seconda della porosità e della scabrezza della muratura (in media circa 0,2 l/m<sup>2</sup>); nel caso in cui la prima mano fosse troppo assorbita dal supporto si potrà ricorrere ad una nuova stesura.

Passate almeno 6 ore (ovvero fino a quando il primer non risulterà più appiccicoso), comunque entro le 24 ore successive, si applicherà, se richiesta dal progetto (ovvero nei casi in cui la superficie si presenti irregolare o quando la consistenza del supporto necessiti di un rinforzo supplementare), una rasatura per uno spessore di circa 1-2 mm, stesa a mezzo di spatola o frattazzo, (lavorabilità a 20 °C 30-40 min, temperatura minima di applicazione 5 °C, resistenza a trazione diretta 12-24 MPa, resistenza a trazione per flessione ≥35 MPa, modulo elastico 180-220 GPa, indurimento al tatto a 20 °C 8-10 h) costituita da stucco epossidico (bicomponente) compatibile con il primer e con il successivo adesivo. Trascorso il tempo necessario (comunque entro le 24 ore successive) per ottenere la condizione di fuori tatto si stenderà, uniformemente sulla superficie della volta mediante pennello o rullo (a pelo corto), e fresco su fresco, sopra le zone precedentemente trattate con il primer, ovvero con la rasatura, un adesivo epossidico (bicomponente) a consistenza tissotropica (lavorabilità a 20 °C 30-40 min, temperatura minima di applicazione 10-12 °C, resistenza a trazione diretta ≥ 30 MPa, resistenza a trazione per flessione ≥50 MPa, modulo elastico a trazione diretta 300-350 GPa, allungamento a rottura 2-5%, assorbimento acqua 0,05-0,3%, indurimento al tatto a 20 °C 16-18 h); seguirà l'immediata applicazione dei nastri di rinforzo (seguendo le indicazioni di progetto e comunque opportunamente orientati secondo gli assi di riferimento, le linee di frattura e di forza individuate) esercitando una pressione regolare, per 2 o 3 volte, nella direzione longitudinale della fibra mediante un rullino di gomma rigida o a denti smussati al fine di eliminare sia l'eventuale aria dallo strato di resina, sia per completare l'impregnazione del nastro. I nastri saranno costituiti da strisce di larghezza variabile da un minimo di 10 cm ad un massimo di 100 cm in tessuto di fibra con spessore a secco variabile a seconda della natura della fibra (ad es. per fibre unidirezionali si potranno avere: carbonio circa 0,16 mm, vetro circa 0,23 mm, aramidica circa 0,21 mm); anche il peso sarà variabile

in rapporto al materiale ed alla tipologia della fibra (per es. fibre di carbonio unidirezionali peseranno circa 330-500 g/m<sup>2</sup>, mentre fibre di carbonio bidirezionali peseranno circa 450-600 g/m<sup>2</sup>). Il nastro dovrà presentarsi ben steso e ben ancorato; le eventuali sovrapposizioni, nella direzione longitudinale, dovranno essere di almeno 20-30 cm mentre, nella direzione trasversale potranno essere più ridotte (saranno sufficienti 2-5 cm).

Passata almeno 1 ora si procederà alla stesura della “seconda mano” di adesivo. Se specifiche di progetto o prescrizioni della D.L. indicheranno più strati di composito si ripeteranno le operazioni enunciate precedentemente. Nel caso d'interventi su intradossi di volte, da ripristinare con finitura ad intonaco al fine di consentire l'aggrappaggio dell'arriccio dell'intonaco, si potrà ricorrere all'applicazione, sulla mano finale di resina non ancora indurita, di uno spolvero di sabbia di quarzo.

#### Avvertenze

Sarà necessario far presente che, nel consolidamento di volte in muratura, il dimensionamento dei nastri potrà ritenersi un fattore abbastanza marginale, in quanto il grado di resistenza a trazione, necessario per aumentare la resistenza di una volta, sarà sempre molto al di sotto delle prestazioni minime dei materiali FRP. Altri sono i fattori ai quali si dovrà prestare attenzione, tra questi ci saranno sicuramente il corretto posizionamento dei nastri, la loro idonea “impregnatura” con la resina e la presenza di un doppio strato di nastro. Quest'ultimo aspetto sarà in funzione non tanto del fornire una maggior resistenza all'unità strutturale (resistenza, generalmente, già sufficientemente fornita da un solo nastro), quanto piuttosto del garantire una miglior risposta ad eventuali sollecitazioni “passive”, normali alle fibre che possano intervenire a causa delle irregolarità della superficie di supporto (da qui l'importanza di livellare la superficie di posa). Un doppio strato si rivelerà meno “delicato” nei punti angolosi grazie al frazionamento delle “sollecitazioni” dovuto alla presenza di più resina e al non perfetto parallelismo tra le fibre dei due strati. Dovrà essere fatta particolare attenzione nel rispettare i rapporti di miscelazione ed i tempi di catalizzazione del primer e dell'adesivo epossidico; in caso contrario, infatti, potrebbero verificarsi dannose esfoliazioni degli strati.

#### Fasciatura dell'estradosso con FRP

##### **Volta a crociera**

Previa esecuzione delle procedure preliminari si procederà alla messa in opera di uno strato di calcestruzzo (malta idraulica pozzolanica reoplastica, fibrorinforzata caricata con sabbia grossa) dello spessore necessario a raccordare la curvatura degli archi perimetrali della volta con la zona dei peducci d'imposta della stessa; questa superficie d'appoggio dovrà essere perfettamente livellata con malta di calce idraulica, dopodiché si procederà con la sequenza descritta all'articolo precedente (primer, adesivo epossidico, nastro FRP, seconda mano d'adesivo epossidico). Il posizionamento dei nastri, in special modo in presenza di volte in laterizio disposto in foglio (con conseguente sezione resistente di spessore ridotto), seguirà, se non altrimenti specificato dai disegni di progetto, il perimetro (ovverosia le unghie a contatto con le pareti di supporto) e le nervature diagonali dell'estradosso della volta, in presenza di dissesti avanzati si potrà effettuare un placcaggio anche lungo le direttrici di chiave. Nel caso di volte in laterizio disposto a taglio con non evidenti dissesti strutturali potrà essere sufficiente collocare le strisce di tessuto solamente lungo il perimetro. In entrambi i casi sarà consigliabile dotare il dispositivo resistente di un ancoraggio con lo scopo

di porre resistenza all'eventuale formazione di cerniere sui piedritti. Questi ancoraggi saranno costituiti da un dormiente di malta idraulica pozzolanica, a ritiro compensato fibrorinforzata a consistenza tissotropica, da una piastra d'acciaio inox 18/8 AISI 304L o zincata (dimensioni minime 8x200x200 mm) munita di un cuneo (anch'esso di acciaio) e da un tirante di ancoraggio costituito da una barra filettata di acciaio inox AISI 316L (minimo  $\varnothing$  16-20 mm) inserita in un perforo diagonale (minimo  $\varnothing$  26-30 mm) eseguito con strumento a rotazione (e non a percussione per evitare eccessive sollecitazioni dinamiche che potrebbero danneggiare la muratura) per una profondità sufficiente a garantire un idoneo ancoraggio (minimo 90 cm). La barra verrà sigillata mediante betoncino di malta idraulica reoplastico a ritiro compensato fibrorinforzata ad alta duttilità o di resina epossidica bicomponente a consistenza colabile esente da solventi (secondo quanto stabilito dagli elaborati di progetto); l'ancoraggio sarà, inoltre, vincolato alla piastra tramite doppio dado in acciaio.

### **Volta a padiglione**

La procedura seguirà quella descritta agli articoli precedenti ad eccezione d'alcune precisazioni sul posizionamento dei rinforzi. I nastri FRP dovranno essere collocati seguendo le indicazioni fornite dalle deformazioni e dai dissesti tipici di questo tipo di volte, pertanto si posizioneranno i nastri sia lungo il perimetro della volta (al fine di confinare la base del padiglione), sia trasversalmente allo scopo di incrementare la resistenza dell'arco alle eventuali sollecitazioni orizzontali; infine, si prevedranno delle fasciature più modeste, a cavallo delle nervature delle unghie di testata, così da evitare l'eventuale allargamento delle stesse. Anche in questo caso sarà opportuno dotare il sistema resistente di un idoneo ancoraggio volta-piedritto.

### **Fasciatura dell'estradosso con FRP e posa in opera di arco di rinforzo o frenello**

Il semplice intervento di "rivestimento" con FRP del perimetro e delle nervature, pur rilevandosi efficace può, talvolta, (specialmente in presenza di volte di laterizio in foglio con sezioni molto modeste) non essere sufficiente ad impedire il formarsi di cerniere in chiave con conseguenti dissesti all'unità strutturale. In questi casi si potrà ricorrere all'ausilio di tecniche cosiddette premoderne, ovverosia all'aumento dello spessore in chiave attraverso la messa in opera di archi di rinforzo sull'estradosso in laterizio ad una testa, ovvero di frenelli in laterizio (per la messa in opera di questi "presidi" si rimanda a quanto detto nell'articolo sui rinfilanchi cellulari); in questo modo si darà vita ad un organismo monolitico la cui modalità di collasso dovrà essere ricercata solo nell'eventuale rotazione dei piedritti: cinematismo evitabile inserendo un adeguato ancoraggio volta-piedritto (si veda articolo precedente).

### **Consolidamento sull'intradosso con barre in FRP**

L'intervento è mosso dalla necessità di rinforzare l'intradosso della volta segnato da forti lesioni. Previa eventuale rimozione dell'intonaco si procederà alla creazione di scanalature di modesta sezione (circa 20x20 mm) con il solo ausilio di mezzi manuali (mazzetta e scalpello) al fine di creare un alloggio per il posizionamento di barre di fibra di carbonio pultruse, ad aderenza migliorata (conseguita mediante sabbiatura superficiale di quarzo sferoidale e/o spirale esterna) di dimensioni e caratteristiche dettate da prescrizioni di progetto ( $\varnothing$  7-12 mm, modulo elastico 200-240 GPa, resistenza a trazione media 2500-3000 MPa, deformazione ultima 1,5-2%). Successivamente questa scanalatura sarà sigillata con adesivo strutturale, a base di resina epossidica (bicomponente) a consistenza tissotropica priva di solventi, steso a

spatola (caratteristiche meccaniche medie: temperatura minima di applicazione 5-10 °C, resistenza a trazione diretta  $\geq 30$  MPa, resistenza a trazione per flessione  $\geq 35$  MPa, modulo elastico a trazione diretta 750 GPa). Una volta terminata la fase di indurimento della resina si potrà provvedere alla nuova intonacatura della volta.

### **Consolidamento dell'estradosso mediante cappa armata con barre in FRP**

Il protocollo si pone l'obiettivo di risolvere problematiche dovute all'incremento di carico di strutture voltate e, allo stesso tempo, ha il fine di aumentare la sezione resistente. La procedura prevedrà, previa esecuzione delle operazioni preliminari, la messa in opera di una cappa armata a spessore traspirante costituita da un getto di calce idraulica pozzolanica, fibrorinforzata a consistenza tissotropica (spessore minimo 4 cm) caricata con inerti silicei di grammatura dettata da disposizioni di progetto.

L'armatura sarà costituita da barre di fibra di carbonio pultruse, ad aderenza migliorata ( $\varnothing$  7-12 mm, modulo elastico 200-240 GPa, resistenza a trazione media 2500-3000 MPa, deformazione ultima 1,5-2%); il numero ed il diametro saranno dettati da calcoli di progetto (se non altrimenti specificato verranno montate 2  $\varnothing$  8 mm lungo il perimetro, le nervature e le direttrici in chiave della volta). Queste barre, posizionate sull'estradosso della volta, non saranno ancorate al supporto ma solamente appoggiate a questo; al fine di evitare scorrimenti si posizioneranno preventivamente dei chiodi (in acciaio inox) distanziati di circa 20-30 cm, alternati a sinistra ed a destra in modo da creare una sorta di guida alla barra. Previa perforazione (mediante mezzi meccanici a rotazione) della muratura d'ambito si procederà ad ancorare a questa le estremità delle barre mediante adesivo epossidico bicomponente a consistenza tissotropica, privo di solventi.

### **Consolidamento mediante posa in opera di rinfianchi cellulari (frenelli)**

L'intervento si pone il fine di alleggerire la spinta attraverso l'asportazione delle masse non strutturali di rinfianco, più o meno pesanti, che insistono sulla volta (in condizioni statiche questo materiale incoerente stabilizza le reni impedendone l'innalzamento) e nel ristabilire l'equilibrio della curva delle pressioni interne attraverso la messa in opera di frenelli (muretti leggeri e di modesto spessore) localizzati ortogonalmente alle generatrici delle falde cosicché si possano distribuire omogeneamente i carichi e, allo stesso tempo, irrigidire complessivamente il sistema volta.

Previa esecuzione delle operazioni preliminari si procederà alla raschiatura e spazzolatura dei giunti di malta della volta sull'estradosso, dopodiché si passerà all'esecuzione di una sottile cappa tramite boiacca di malta a base di calce idraulica naturale (eventualmente additivata con pozzolana o cocchiopesto) al fine di "saturare" gli eventuali giunti sconnessi fra gli elementi lapidei o laterizi. A presa avvenuta si provvederà, seguendo le indicazioni di progetto (dove dovranno essere specificate la quantità e la "forma"), a gettare la massa di calcestruzzo alleggerito (cemento 100 kg/m<sup>3</sup>, argilla espansa 1 m<sup>3</sup>) che andrà a costituire il nuovo rinfianco della volta. L'operazione procederà con la messa in opera dei rinfianchi cellulari (frenelli) costituiti da mattoni pieni o semipieni (per le volte reali) o forati (per le volte in foglio) allettati con malta idraulica; l'interasse e la dimensione dei frenelli saranno quelli indicati dalle prescrizioni di progetto, di norma lo spessore non sarà superiore alla sezione, in chiave, della volta (generalmente una testa 12-13 cm) e l'interasse potrà variare tra gli 80 e i 110 cm (a seconda della luce della volta, del suo spessore e del

sovraccarico previsto). Al fine di impedire i naturali scorrimenti fra la superficie della volta e il rinfiango, questo verrà ancorato all'estradosso della volta tramite prese (almeno 4 per metro) costituite da spillature metalliche (sporgenti dall'estradosso per almeno 10 cm) annegate nella muratura, di tipo e diametro indicato dagli elaborati di progetto e/o indicati dalla D.L. (in ogni caso il diametro minimo sarà 6-8 mm e l'acciaio utilizzato potrà essere di tipo inossidabile, zincato o normale trattato con boiacca passivante anticarbonatante). In presenza di strutture con luci notevoli (superiori a 4-5 m) si renderà necessario disporre una seconda orditura di frenelli normali ai primi con lo scopo di impedire eventuali spostamenti laterali. In alternativa ai frenelli in muratura si potranno utilizzare riempimenti di calcestruzzo alleggerito con argilla espansa, vermiculite o pomice come da prescrizioni di progetto.

Un accorgimento da tenere presente è che le camere d'aria, che si verranno a creare tra l'estradosso della volta e la pavimentazione soprastante, non siano ermetiche ma comunicanti tra loro al fine di consentire la circolazione d'aria; per questo motivo, all'interno dell'apparecchio dei frenelli (sia primari che, eventualmente, secondari) si dovranno lasciare dei fori di areazione. Dietro specifica richiesta della D.L. le aperture potranno essere posizionate in modo da consentire il passaggio di canalizzazioni impiantistiche.

Sui frenelli si imposterà il nuovo piano di solaio che potrà essere costituito da tavelloni in laterizio (spessore minimo 6 cm) o da una lamiera di acciaio zincata e grecata con bordi ad incastro dello spessore minimo di 8/10 (seguendo le prescrizioni di progetto) sulla quale verrà gettata una soletta di 4-5 cm, precedentemente armata con una rete in acciaio elettrosaldato B450A, adeguatamente dimensionata (comunque non inferiore a  $\varnothing$  6 mm con maglie 100x100 mm o 200x200 mm). Il posizionamento dei frenelli sarà, ovviamente, differente a seconda della tipologia di volta: in una volta a botte i frenelli saranno disposti paralleli al piano trasversale della stessa; in una volta a padiglione i frenelli si disporranno a 90° con il vertice posto sulle generatrici della volta, infine, in una volta a crociera, saranno ugualmente a 90° ma disposti ad anello verso il centro.

Questa tecnica di consolidamento potrà essere messa in opera solo quando la volta risulterà sufficientemente stabile, presenti modeste deformazioni sul suo profilo e in un buon stato di conservazione dei materiali.

## **Art. 29 CONGLOMERATI SEMPLICI E ARMATI**

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

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

Il calcestruzzo dovrà garantire il rispetto delle specifiche del presente Capitolato Speciale.

### **Materiali**

#### **a) Cemento**

I cementi potranno essere normali, ad alta resistenza, ad alta resistenza e rapido indurimento.

Nella confezione dei conglomerati sono ammessi:

- cemento tipo III;
- cemento tipo IV;
- sono ammessi inoltre i cementi di tipo I, II e V con tenore di alluminato tricalcico ( $C_3A$ )  $< 5\%$  che la cementeria, dovrà garantire specificando il metodo di misura, a condizione che il rapporto acqua cemento sia inferiore dello 0,05 rispetto a quello prescritto per i cementi di tipo III e IV e che la resistenza effettiva del conglomerato risulti superiore di almeno 5 MPa rispetto a quella richiesta per conglomerati confezionati con cementi di tipo III e IV. I maggiori oneri per la sostituzione del cemento sono a carico dell'Impresa.

L'utilizzo dei cementi di tipo I, II e V non è, in qualsiasi caso, consentito per la realizzazione di conglomerati cementizi di tipo I e di tutti i manufatti prefabbricati.

La qualità del cemento dovrà essere garantita e controllata dall'istituto ICITE CNR e dal relativo marchio.

A cura ed a 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. 13/9/1993 (per cementi sfusi prelievo di un campione ogni 300 t o frazione).

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

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.

#### **b) Aggregati**

Saranno impiegati esclusivamente aggregati muniti di Attestato di conformità CE e DoP, per i quali il produttore attui un controllo di produzione in fabbrica certificato da un Organismo notificato e dotati di marcatura CE.

Per tutti i tipi di conglomerato cementizio dovranno essere impiegati esclusivamente gli aggregati della categoria A di cui alla Norma UNI 8520 parte 2<sup>a</sup> aventi caratteristiche nei limiti di accettazione della Norma medesima, salvo particolari deroghe di carattere eccezionale che la Direzione Lavori, previa attenta valutazione delle locali condizioni di reperibilità degli aggregati, potrà concedere esclusivamente riguardo ai valori di perdita in massa per abrasione; in caso di deroga, la classe di resistenza progettualmente prevista, esclusivamente per i conglomerati cementizi di tipo I e II, dovrà essere aumentata di 5 MPa, all'Impresa nulla sarà dovuto per questo aumento di classe.

Dovranno essere costituiti da elementi non gelivi privi di parti friabili e polverulente o scistose, argilla e sostanze organiche; non dovranno contenere i minerali pericolosi: pirite, marcasite, pirrotina, quarzo ad estensione ondulata, gesso e solfati solubili (per questi ultimi si veda la tabella 11 A).

**TABELLA 11 A - Caratteristiche degli Aggregati**

| CARATTERISTICHE          | PROVE    | NORME         | TOLLERANZA DI ACCETTABILITÀ            |
|--------------------------|----------|---------------|----------------------------------------|
| Gelività degli aggregati | Gelività | UNI EN 1367-1 | perdita di massa $< 4\%$ dopo 10 cicli |

|                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                              |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Assorbimento aggregato grosso<br>Per classi di esposizione XF               | Assorbimento                                                                                                                                                                                                                                                                    | UNI EN 1097-7                | < 1%                                                                                |
| Resistenza alla abrasione                                                   | Los Angeles                                                                                                                                                                                                                                                                     | CNR 34 e UNI 1097-2          | perdita di massa L.A. 30%                                                           |
| Compattezza degli aggregati                                                 | Degradabilità alle soluzioni solfatiche                                                                                                                                                                                                                                         | UNI EN 1367-2                | perdita di massa dopo 5 cicli $\leq 10\%$                                           |
| Presenza di gesso e solfati solubili                                        | Analisi chimica degli aggregati                                                                                                                                                                                                                                                 | UNI EN 1744-1                | $SO_3 \leq 0,1\%$                                                                   |
| Presenza di argille                                                         | Equivalente in sabbia                                                                                                                                                                                                                                                           | UNI 8520 parte 15            | $ES \geq 80$<br>$VB \leq 0,6 \text{ cm}^3/\text{g}$ di fini                         |
| Presenza di pirite, marcasite, pirrotina e quarzo ad estinzione ondulata    | Analisi petrografica                                                                                                                                                                                                                                                            | UNI EN 932-3                 | assenti                                                                             |
| Presenza di sostanze organiche                                              | Determinazione colorimetrica                                                                                                                                                                                                                                                    | UNI EN 1744-1                | Per aggregato fine: colore della soluzione più chiaro dello standard di riferimento |
| Presenza di forme di silice reattiva, incluso quarzo ad estinzione ondulata | Poteniale reattività dell'aggregato<br>- prova accelerata su provini di malta;<br>Potenziale attività delle miscele cemento aggregati<br>- metodo del prisma di malta                                                                                                           | UNI 8520 parte 22            | Espansione < 0,1%<br><br>Espansione < 0,005% a 3 mesi oppure < 0,1% a 6 mesi        |
| Presenza di cloruri solubili                                                | Analisi chimica                                                                                                                                                                                                                                                                 | UNI EN 1744-1                | $Cl \leq 0,1\%$ rispetto al peso di cemento per c.a.p. e < 0,2% per c.a. normale    |
| Coefficiente di forma e di appiattimento                                    | Determinazione dei coefficienti di forma SI e di appiattimento FI                                                                                                                                                                                                               | UNI EN 933-3<br>UNI EN 933-4 | FI e SI $\geq 0,15$ (Dmax=32 mm)<br>FI e SI $\geq 0,12$ (Dmax=64 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 8.000 m <sup>3</sup> di aggregati impiegati. |                              |                                                                                     |

Nella tabella 11 A 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 8520 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).

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 dei Lavori e dovrà essere verificata ogni 1000 mc 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.

Le singole pezzature non dovranno contenere sottoclassi in misura superiore al 15% e sovraclassi in misura superiore al 10% 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 di 1,3 volte lo spessore del copriferro tranne che per interni di edifici (norma UNI 8981/5).

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 200 kg di cemento.

### **c) Acqua di impasto**

Proverrà da fonti ben definite che diano acqua rispondente alle caratteristiche specificate all'art. 2.

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 in sali disciolti inferiore a 1 g per litro.

In merito al contenuto di ione cloruro nell'acqua per i manufatti in cemento armato normale o precompresso, si dovrà tener conto dei limiti previsti dalla 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 8520 parte 5).

### **d) Additivi**

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

L'Appaltatore dovrà impiegare esclusivamente additivi muniti di Attestato di conformità CE, per i quali il produttore attui un controllo di produzione in fabbrica certificato da un Organismo notificato e dotati di

marcatura CE. I produttori dovranno operare con un sistema di gestione della qualità certificato secondo UNI 9001.

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.

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

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

Gli additivi dovranno essere aggiunti al conglomerato cementizio nel premiscelatore 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.

#### **e) Additivi fluidificanti, superfluidificanti e iperfluidificanti**

Allo scopo di realizzare conglomerati cementizi impermeabili e durevoli a basso rapporto a/c ed elevata lavorabilità (vedi tab. 11 C) si farà costantemente uso di additivi fluidificanti e 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 cloruri 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, se previsti in progetto, dovranno essere impiegati additivi iperfluidificanti a base acrilica (caratterizzati da una riduzione d'acqua di almeno il 20%).

#### **f) Additivi aeranti**

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

La percentuale di aria inglobata varierà secondo quanto riportato nella tabella 11 B in rapporto alla dimensione massima degli aggregati (D<sub>max</sub>) e sarà misurata sul conglomerato cementizio fresco prelevato all'atto della posa in opera secondo la relativa Norma UNI EN 12350-7.

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.

**TABELLA 11 B - Dosaggio richiesto di aria inglobata**

| Dmax<br>Aggregati (mm) | % aria aggiunta |
|------------------------|-----------------|
| 10,0                   | 4,5 – 8,5       |
| 12,5                   | 4,0 – 8,0       |
| 20,0                   | 3,5 – 7,5       |
| 25,0                   | 3,0 – 7,0       |
| 40,0                   | 2,5 – 6,5       |
| 50,0                   | 2,0 – 5,0       |
| 75,0                   | 1,5 – 3,0       |

Il contenuto d'aria inglobata nel conglomerato cementizio indurito potrà essere verificato con il procedimento descritto nella UNI EN 480-11.

In alternativa all'uso di additivi aeranti è consentito l'impiego di microsfere di plastica di diametro compreso tra 0,010 e 0,050 mm.

L'Impresa dovrà preventivamente fornire in proposito un'adeguata documentazione, basata sull'esecuzione di cicli gelo-disgelo secondo la Normativa UNI.

#### **g) 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 rispondenti alla normativa UNI EN 934-2 o UNI EN 10765 dovranno essere preventivamente approvati dalla Direzione Lavori.

#### **h) Additivi antigelo**

Gli additivi antigelo, che dovranno essere esenti da cloruri, 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 approvarne preventivamente tipo e dosaggio.

#### **i) Silice ad alta superficie specifica (Silicafume)**

Potranno essere impiegati aggiunte minerali 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, disgelo e di sali disgelanti.

La quantità di silicafume aggiunta all'impasto, limitata all'intervallo 5-10% sul peso del cemento più aggiunte, dovrà essere definita in sede di qualifica preliminare d'intesa con il Progettista in relazione alle caratteristiche del calcestruzzo richieste in fase progettuale.

In via preliminare dovrà essere eseguita una verifica del campione mediante immersione di provini in soluzione al 30% di  $\text{CaCl}_2$  a 278 K per venti giorni senza che sui provini stessi si manifesti formazione di fessure o scaglie.

Le caratteristiche tecniche previste secondo la UNI EN 13263 dovranno <sup>2</sup>essere le seguenti:

| Parametro                                  |                             |
|--------------------------------------------|-----------------------------|
| $\text{SiO}_2$                             | >85%                        |
| CaO                                        | <1,2%                       |
| $\text{SO}_3$                              | <2,5%                       |
| $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ | <4,0%                       |
| Cl                                         | <0,2%                       |
| Area specifica B.E.T.                      | 20-35 $\text{m}^2/\text{g}$ |
| Silicio elementare, Si                     | < 0,5 %                     |

Al fine di ottenere una corretta progettazione del mix design del conglomerato cementizio, ove è previsto l'impiego della silicafume, il rapporto tra 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 d l'apporto della silice non dovrà essere presa in considerazione).

#### j) Durabilità dei conglomerati cementizi

Le cause di degradazione più frequenti sono i fenomeni di corrosione delle armature, i cicli di gelo-disgelo, l'attacco di acque aggressive di varia natura per la presenza di solfati, cloruri, anidride carbonica aggressiva. La degradazione va prevenuta applicando nelle fasi di progettazione e di esecuzione le norme UNI 8981-1, UNI 8981-2 (2007), UNI EN 206-1 e UNI 11104.

La 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.

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, d'assorbimento d'acqua, di scagliamento in presenza di cloruro, di resistenza all'azione di soluzioni aggressive.

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

|                                    |      |
|------------------------------------|------|
| Riduzione del modulo d'elasticità: | 20%  |
| Perdita di massa:                  | 2%   |
| Espansione lineare:                | 0,2% |

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

La prova di permeabilità all'ossigeno sarà eseguita secondo UNI 11164. Per calcestruzzo impermeabile si richiede un coefficiente di permeabilità non superiore a  $1,5 \times 10^{-17}$  mq.

#### k) Tipi e classi dei conglomerati cementizi

Ai fini delle presenti Norme Tecniche di Appalto, vengono presi in considerazione tipi e classi di conglomerato cementizio:

- i "tipi" sono definiti nella tabella 11 C, nella quale sono indicate alcune caratteristiche dei conglomerati cementizi e sono esemplificati i relativi campi di impiego;

le "classi" indicano la resistenza caratteristica cubica del conglomerato cementizio a ventotto giorni di maturazione, espressa in MPa.

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

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

Le prescrizioni della sottostante tabella sono vincolanti, salvo il caso di ristrutturazioni per le quali il progettista potrà motivare la scelta di classi di resistenze diverse.

**TABELLA 11 C - Tipi di impiego e classi dei conglomerati cementizi**

(Norme UNI 11104)

| TIPO DI C.L.S. | CLASSI DI ESPOSIZIONE | CEMENTI AMMESSI a)                                    | MASSIMO RAPPORTO A/C | MINIMO DOSAGGIO DI CEMENTO | CLASSI DI RESISTENZA MINIME R <sub>ck</sub> | CONSISTENZA AL CONO UNI EN 12350-2 |
|----------------|-----------------------|-------------------------------------------------------|----------------------|----------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------|
| I              | XC4, XS1, XF1         | CEM I<br>CEM II<br>CEM III<br>CEM IV                  | 0,50                 | 340                        | 40 MPa                                      | S4, S5                             |
| II             | XA2                   | CEM III - IV                                          | 0,50                 | 340                        | 40 MPa                                      | S4, S5                             |
|                | XA3                   | CEM III - IV                                          | 0,45                 | 360                        | 45 MPa                                      | S4, S5                             |
| III            | XF2                   | CEM III, IV                                           | 0,50                 | 340                        | 30 MPa                                      | S4, S5                             |
|                | XF4                   | CEM III, IV<br>(con aria aggiunta ad escl. precompr.) | 0,45                 | 360                        | 35 MPa                                      | S4, S5                             |
| IV             | XC3, XA1              | CEM III<br>CEM IV                                     | 0,55                 | 320                        | 35 MPa                                      | S4, S5                             |
| V              | XC2                   | CEM III - IV                                          | 0,60                 | 300                        | 30 MPa                                      | S4, S5                             |
|                | XA2                   | CEM III - IV                                          | 0,50                 | 340                        | 40 MPa                                      | S4, S5                             |
|                | XA3                   | CEM III - IV                                          | 0,45                 | 360                        | 45 MPa                                      |                                    |

|    |    |       |  |  |        |  |
|----|----|-------|--|--|--------|--|
| VI | X0 | TUTTI |  |  | 15 MPa |  |
|----|----|-------|--|--|--------|--|

### I) Qualifica preliminare dei conglomerati cementizi

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

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:

- classe di esposizione in funzione delle condizioni ambientali (UNI EN 206-1);
- resistenza caratteristica a compressione  $R_{ck}$ ;
- durabilità delle opere (UNI 8981-1 e -2);
- lavorabilità (abbassamento al cono di ABRAMS UNI EN 12350-2);
- diametro massimo dell'aggregato (UNI 8520);
- tipi di cemento e dosaggi minimi ammessi;
- eventuali tipi di additivi e di aggiunte minerali e relativi dosaggi ottimali da utilizzarsi;
- resistenza a trazione per flessione secondo UNI EN 12390-5;
- resistenza a compressione sui monconi dei provini rotti per flessione (UNI 6134);
- resistenza a trazione indiretta (UNI 6135);
- modulo elastico secante a compressione (UNI 6556);
- contenuto d'aria del conglomerato cementizio fresco (UNI EN12350-7);
- ritiro idraulico (UNI 6555);
- resistenza ai cicli di gelo-disgelo (UNI 7087);
- impermeabilità (ISO DIS 7032) (DIN 1048);
- accorgimenti da adottare in caso di lavorazioni da eseguirsi in presenza di temperature rigide (al di sotto di 278 K);
- in caso di maturazione accelerata a vapore: descrizione del ciclo termico e descrizione dell'impianto che l'Impresa intenderà utilizzare.

### m) Qualifica dell'impianto

La qualifica all'impianto ha lo scopo di verificare sia l'efficienza dell'impianto, che dovrà essere sempre munito di FPC, sia le caratteristiche delle miscele che si devono produrre. I laboratori, saranno sia un Laboratorio Ufficiale o autorizzato indicato dalla Direzione Lavori.

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

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

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

- per  $30 \text{ N/mm}^2 < R_{ck} < 40 \text{ N/mm}^2$   $R_m > 1,20 R_{ck}$
  - per  $R_{ck} > 40 \text{ N/mm}^2$   $R_m > 1,15 R_{ck}$
- con valore minimo di ogni singolo provino  $R_j > R_{ck}$ ;
- dovrà anche essere misurata la resistenza a compressione a 2 e 7 giorni.
- 2) il valore dell'abbassamento al cono deve essere conforme alla classe di consistenza dichiarata + 20mm. Salvo requisiti diversi definiti in Progetto o individuati dalla Direzione Lavori in funzione delle condizioni di impiego, la consistenza deve mantenersi:
- per almeno 60 minuti per temperature fino a 20°C;
  - per almeno 45 minuti per temperature fino a 30°C.
- 3) deve essere verificata l'omogeneità del calcestruzzo all'atto del getto su due campioni, prelevati rispettivamente a 1/5 e 4/5 dello scarico della betoniera; deve risultare:
- una differenza dell'abbassamento al cono non superiore a 30mm,
  - una differenza tra le percentuali in peso di passante al vaglio a maglia quadrata da 4mm dei due campioni non superiore al 4%
- 4) il rapporto acqua/cemento determinato secondo le modalità previste nella Norma UNI 6393, non deve differire di + 0.03 da quello dichiarato nella prequalifica;
- 5) il valore della massa volumica del calcestruzzo fresco dev'essere superiore al 98% del teorico;
- 6) il bleeding (secondo UNI 7122, p. 5.2) deve essere minore dello 0,1% dell'acqua di impasto.
- 7) Le resistenze medie a compressione per ciascun tipo di calcestruzzo, misurate a 2 e 7 giorni sui provini prelevati dall'impasto di prova all'impianto, non devono discostarsi di + 15% dalle resistenze indicate nella relazione di prequalifica.

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

#### **n) 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.

#### **o) Resistenza dei conglomerati cementizi**

Per ciascuna determinazione in corso d'opera delle resistenze caratteristiche a compressione dei conglomerati cementizi, dovranno essere eseguite due serie di prelievi da effettuarsi in conformità alle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge 1086 del 5/11/1971 (D.M. del in vigore).

I prelievi, eseguiti in contraddittorio con l'Impresa, verranno effettuati separatamente per ogni opera, per ogni singola parte di essa e per ogni tipo e classe di conglomerato cementizio previsti negli elaborati progettuali.

Per ogni prelievo eseguito dovranno essere confezionati minimo 4 provini, per le strutture in c.a. e minimo 6 provini per le strutture in c.a.p..

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 del Responsabile Controllo Qualità Materiali da lui incaricato e dell'Impresa, nei modi più adatti a garantire la autenticità e la corretta stagionatura (UNI 6127).

Con i provini della prima serie (coppia) 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 di seguito elencate:

- 7 d per i cementi armati;
- 3 d e 7 d per i cementi armati precompressi.

Potranno inoltre essere confezionati e sottoposte a prova ulteriori quantità di provini secondo le disposizioni che al riguardo saranno impartite dalla Direzione Lavori. I risultati delle prove di rottura, effettuati sui provini della prima serie (coppia) di prelievi, saranno presi a base per la contabilizzazione provvisoria dei lavori, a condizione che il valore della resistenza caratteristica a compressione a 28 d di maturazione accertato per ciascun tipo e classe di calcestruzzo, non risulti inferiore a quello della classe indicata negli elaborati progettuali.

Nel caso che, la resistenza caratteristica 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.

Se dalle prove eseguite presso Laboratori Ufficiali, sui provini della seconda serie di prelievi, risultasse un valore ( $f_{ck}$  o  $R_{ck}$ ) inferiore di non più del 10% 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 10%, 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 ( $f_{ck}$  o  $R_{ck}$ ) risulterà maggiore a quella indicata negli elaborati progettuali.

Saranno a carico dell'Impresa tutti gli oneri relativi alle prove di Laboratorio, sia effettuate presso i laboratori della Direzione Lavori, sia presso i Laboratori Ufficiali, comprese le spese per il rilascio dei certificati.

#### **p) 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, di cloruri, anidride carbonica aggressiva ecc..

La degradazione va prevenuta applicando nelle fasi di progettazione e di esecuzione le Norme UNI 8981/87 e 9858/91.

La Direzione Lavori, d'intesa con il Progettista (che dovrà documentare nel progetto delle opere l'adozione delle istruzioni di cui alla Norma UNI 8981/87) 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 8981/87 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 9156/87 e 9606/90; inoltre, per i conglomerati dei tipi II e III, il rapporto acqua cemento dovrà essere inferiore di 0,05 rispetto a quelli della Tabella 11 C.

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, d'assorbimento d'acqua, di scagliamento in presenza di cloruro, di resistenza all'azione di soluzioni aggressive.

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

|   |                                    |                  |
|---|------------------------------------|------------------|
| - | riduzione del modulo d'elasticità: | 20%              |
| - | perdita di massa:                  | 2%               |
| - | espansione lineare:                | 0.2%             |
| - | coefficiente di permeabilità:      |                  |
|   | . prima dei cicli                  | $10^{-9}$ cm/sec |
|   | . dopo i cicli                     | $10^{-8}$ cm/sec |

La prova di permeabilità sarà eseguita misurando il percolamento d'acqua attraverso provini sottoposti a pressione d'acqua su una faccia o, se disponibile, secondo il metodo di Fig. (specifica riportata al successivo punto 11.8).

La prova d'assorbimento d'acqua alla pressione atmosferica sarà eseguita secondo il procedimento UNI 7699.

La prova di scagliatura sarà eseguita secondo la relativa Norma UNI CEN/TS 12390-9 (Calcestruzzo indurito e resistenza al gelo).

La prova di penetrabilità dello ione cloruro o solfato sarà eseguita secondo la UNI 7928 o rispettivamente 8019.

**q) 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. 1086 (D.M. del in vigore) nonché delle Leggi 02/02/1974 n. 64 (D.M. 19/06/1984; D.M. 29/01/1985; DM.LL.PP. 24/01/86; D.M. 04/05/1990; con relative istruzioni e successivi aggiornamenti) e le Norme UNI vigenti, in quanto applicabili, ed in particolare della Norma UNI 9858/91.

**r) Confezione dei conglomerati cementizi**

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

Gli impianti di betonaggio saranno del tipo automatico o semiautomatico, con dosatura a peso degli aggregati, dell'acqua, degli additivi, delle aggiunte minerali e del cemento; la precisione delle apparecchiature per il dosaggio e i valori minimi saranno quelli del punto 9.1.2.2 del prospetto della Norma UNI 9858; dovrà essere controllato il contenuto d'umidità degli aggregati.

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

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

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

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

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

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

I dispositivi di misura del cemento, dell'acqua degli additivi e delle aggiunte dovranno essere del tipo individuale.

Le bilance per la pesatura degli aggregati possono essere di tipo cumulativo (peso delle varie pezzature con successione addizionale).

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

Gli impasti dovranno essere confezionati in betoniere aventi capacità tale da contenere tutti gli ingredienti della pesata senza debordare.

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

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

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 e reso noto alla Direzione Lavori in sede di prequalifica dei conglomerati cementizi.

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

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

La produzione ed il getto del conglomerato cementizio dovranno essere sospesi nel caso che prevedibilmente la temperatura possa scendere al di sotto 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.

#### **s) Trasporto**

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

Saranno accettate in funzione della durata e della distanza di trasporto, le autobetoniere e le benne a scarico di fondo e, 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 d'uscita della pompa.

Non saranno ammessi gli autocarri a cassone o gli scivoli.

La durata massima consentita del trasporto dipenderà essenzialmente dalla composizione del calcestruzzo e dalle condizioni atmosferiche; all'atto dello scarico dovrà essere controllata l'omogeneità dell'impasto con la prova indicata nei seguenti paragrafi. È facoltà della Direzione Lavori di rifiutare carichi di conglomerato cementizio non rispondenti ai requisiti prescritti.

Questi ultimi, una volta rifiutati, non potranno essere oggetto d'eventuali "correzioni" ma dovranno essere definitivamente ed insindacabilmente riposti nell'apposito sito predisposto dall'Impresa.

#### **t) Posa in opera**

I getti dovranno essere iniziati solo dopo la verifica degli scavi, delle casseforme e delle armature metalliche da parte della Direzione Lavori.

La posa in opera sarà eseguita con ogni cura ed a regola d'arte, dopo aver preparato accuratamente e rettificati i piani di posa, le casseforme, i cavi da riempire e dopo aver posto le armature metalliche.

Nel caso di getti contro terra, roccia, ecc., si deve controllare che la pulizia del sottofondo, il posizionamento d'eventuali drenaggi, la stesura di materiale isolante o di collegamento, siano eseguiti in conformità alle disposizioni di progetto e delle presenti Norme.

I getti dovranno risultare perfettamente conformi ai particolari costruttivi di progetto ed alle prescrizioni della Direzione Lavori.

Si avrà cura che in nessun caso si verifichino cedimenti dei piani d'appoggio e delle pareti di contenimento.

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

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

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

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

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

Se il getto sarà 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 staggie vibranti o attrezzature equivalenti; la regolarità dei getti dovrà essere verificata con un'asta rettilinea della lunghezza di 2,00 m, che in ogni punto dovrà aderirvi uniformemente nelle due direzioni longitudinale e trasversale; saranno tollerati soltanto scostamenti inferiori a 10 mm.

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

Quando le irregolarità siano mediamente superiori a 10 mm, la Direzione Lavori ne imporrà la regolarizzazione a totale cura e spese dell'Impresa mediante uno strato di materiali idonei che, secondo i casi e ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori potrà essere costituito da:

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

Eventuali ferri (filo, chiodi, reggette) che con funzione di legatura di collegamento casseri od altro, dovessero sporgere da getti finiti, dovranno essere tagliati almeno 0,5 cm sotto la superficie finita e gli incavi risultanti saranno accuratamente sigillati con malta fine di cemento espansivo.

È poi prescritto che, dovunque sia possibile, gli elementi dei casseri siano fissati nell'esatta posizione prevista utilizzando fili metallici liberi di scorrere entro tubetti di materiale PVC o simile, di colore grigio,

destinati a rimanere incorporati nel getto di conglomerato cementizio, armato o non armato. Lo scarico del conglomerato dal mezzo di trasporto dovrà avvenire con tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione. A questo scopo il conglomerato dovrà cadere verticalmente al centro della cassaforma e sarà steso in strati orizzontali di spessore limitato e comunque non superiore a 50 cm misurati dopo la vibrazione.

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 siano eseguiti senza soluzione di continuità così da evitare ogni ripresa, anche se ciò comporta che il lavoro debba essere condotto a turni, durante le ore notturne ed anche in giornate festive, senza che all'Impresa non spetti nulla di più di quanto previsto contrattualmente.

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

Queste saranno realizzate mediante spruzzatura d'additivo ritardante sulla superficie del conglomerato cementizio fresco; 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 deve essere gettato in presenza d'acqua, si dovranno adottare gli accorgimenti approvati dalla Direzione Lavori, necessari per impedire che l'acqua lo dilavi e ne pregiudichi la normale maturazione.

La temperatura del conglomerato cementizio all'atto del getto dovrà essere compresa tra 278 ( $=5^{\circ}\text{C}$ ) e 303 K ( $=30^{\circ}\text{C}$ ).

#### **u) Stagionatura e disarmo**

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

A questo fine le superfici del conglomerato cementizio non protette dalle casseforme dovranno essere mantenute umide il più a lungo possibile e comunque per almeno 7 d, 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 nella Norma 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 20 cm, di conglomerato cementizio rinforzato da fibre di resina sintetica di lunghezza da 20 a 35 mm, di diametro d'alcuni millesimi di millimetro aggiunti nella betoniera e dispersi uniformemente nel conglomerato cementizio, in misura di  $0,5 \div 1,5 \text{ kg/m}^3$ .

Nel caso che sulle solette si rilevino manifestazioni di ritiro plastico con formazione di fessure d'apertura superiore a 0,3 mm, l'Impresa dovrà provvedere a sua cura e spese alla demolizione ed al rifacimento delle strutture danneggiate.

#### **v) Disarmo e/o scasseratura**

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

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

In assenza di specifici accertamenti, l'Impresa dovrà attenersi a quanto stabilito nelle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge 5/11/1971 n. 1086 (D.M. in vigore).

#### **w) Protezione dopo la scasseratura**

Si richiama integralmente il punto 10.6 della Norma UNI 9858/91; al fine di evitare un prematuro essiccamento dei manufatti dopo la rimozione delle casseforme, a seguito del quale l'indurimento è ridotto e il materiale risulta più poroso e permeabile, 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 10.6.3, prospetti XII e XIII, della Norma UNI 9858.

#### **x) Predisposizione di fori, tracce, cavità, ammorsature, oneri vari**

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

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

Quando previsto in progetto, le murature in conglomerato cementizio saranno rivestite sulla superficie esterna con paramenti speciali in pietra, laterizi od altri materiali da costruzione; in tal caso i getti dovranno procedere contemporaneamente al rivestimento ed essere eseguiti in modo da consentire l'adattamento e l'ammorsamento.

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

#### **y) Prova sui materiali e sul conglomerato cementizio fresco**

Fermo restando quanto stabilito riguardo alla resistenza dei conglomerati cementizi, 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 d'ABRAMS (slump), come disposto dalla Norma UNI 9418/89. 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 S1, S2, S3, S4 e S5, l'effettivo abbassamento in centimetri cui fare riferimento per la valutazione della prova sarà quello riportato nello studio progettuale.

Ad ogni controllo sarà 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 d'eventuali manipolazioni, ma sia definitivamente scartato in quanto non idoneo.

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

Per abbassamenti inferiori a 2 cm si dovrà eseguire la prova con la tavola a scosse secondo la Norma UNI 8020/89 o con l'apparecchio VEBE secondo la Norma UNI 9419/89.

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

La percentuale in peso di materiale grosso nei due campioni non dovrà differire più del 10%.

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 s'impieghi un additivo aerante e dovrà essere effettuata sul contenuto d'ogni betoniera, dal personale del laboratorio dell'Impresa e dal personale del

laboratorio della Direzione Lavori; quando il contenuto percentuale d'aria inglobata non sarà quello preliminarmente stabilito, l'autobetoniera sarà allontanata dal cantiere.

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

Essa sarà eseguita secondo la Norma UNI 6395/72.

Il rapporto acqua/cemento del conglomerato cementizio fresco dovrà essere controllato in cantiere, secondo la Norma UNI 6393/88, almeno una volta per ogni giorno di getto.

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

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

#### **z) Armature per c.a.**

È ammesso esclusivamente l'impiego di acciai saldabili qualificati e controllati secondo le procedure di cui alle NTC 2008 e s.m.i.. 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, oppure in centri di trasformazione.

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 alle NTC 2008 e s.m.i..

Per la documentazione di accompagnamento delle forniture vale quanto indicato dalle NTC 2008 e s.m.i..

Le barre sono caratterizzate dal diametro  $\bar{A}$  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 possono essere impiegati in barre di diametro compreso tra 6 e 40 mm.

Per gli acciai B450A il diametro delle barre deve essere compreso tra 5 e 10 mm. L'uso di acciai forniti in rotoli è ammesso, senza limitazioni, per diametri fino a Ø16 mm per B450C e fino a Ø 10 mm per B450A.

Nella posa in opera delle armature metalliche entro i casseri è prescritto tassativamente l'impiego d'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. In assenza di tali distanziatori la Direzione lavori non darà il proprio assenso all'inizio delle operazioni di getto.

Copriferro ed interferro dovranno essere dimensionati nel rispetto del disposto di cui alle Norme d'esecuzione per c.a. e c.a.p., contenute nelle "Norme Tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" (D.M. in vigore) emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge 5.11.1971 n. 1086.

Lo spessore del copriferro, in particolare, dovrà essere correlato allo stato limite di fessurazione del conglomerato, in funzione delle condizioni ambientali in cui verrà a trovarsi la struttura e comunque non dovrà essere inferiore a 3 cm.

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

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

L'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 d'acqua o fanghi bentonitici, nonché i collegamenti equipotenziali.

### **Art. 30 STRUTTURE METALLICHE**

Le strutture di metalliche in acciaio (sistemi di rinforzo delle volte anche se provvisori, catene ) dovranno essere progettate e costruite tenendo conto di quanto disposto dal D.M. 14 gennaio 2008, successiva circolare 02 febbraio 2009 n. 617 e s.m.i.; si potrà inoltre fare utile riferimento specificativo di progettazione sono le norme UNI ENV 1992/1/1, 1992/1/3, 1992/1/4, 1992/1/5 e 1992/1/6 (Eurocodice 2), le norme UNI ENV 1993/1/1 ,1993-1-2, 1993-1-3 e 1993-1-4 (Eurocodice 3) e, per quanto concerne le strutture composite acciaio-calcestruzzo, la norma UNI ENV 1994/1/1 (Eurocodice 4).

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

- gli elaborati progettuali esecutivi di cantiere, comprensivi dei disegni esecutivi di officina, sui quali dovranno essere riportate anche le distinte da cui risultino: numero, qualità, dimensioni, grado di finitura e pesi teorici di ciascun elemento costituente la struttura, nonché la qualità degli acciai da impiegare;
- tutte le indicazioni necessarie alla corretta impostazione delle strutture metalliche sulle opere circostanti. I suddetti elaborati dovranno essere redatti a cura e spese dell'Appaltatore. La Direzione dei lavori si riserva la facoltà di prelevare campioni di prodotto qualificato da sottoporre a prova presso laboratori di sua scelta, ogni volta che lo ritenga opportuno, per verificare la rispondenza alle norme di accettazione ed ai requisiti di progetto. Per i prodotti non qualificati, la Direzione dei lavori

deve effettuare, presso laboratori ufficiali, tutte le prove meccaniche e chimiche in numero sufficiente a fornire idonea conoscenza delle proprietà di ogni lotto di fornitura. Tutti gli oneri relativi alle prove sono a carico dell'Impresa;

- certificato di conformità di controllo della produzione in fabbrica (marchio CE) da parte del produttore conforme alla EN 1090-1 per la classe di esecuzione richiesta dal progettista.

L'Impresa dovrà essere in grado di individuare e documentare, in ogni momento, la provenienza dei materiali impiegati nelle lavorazioni e di risalire ai corrispondenti certificati di qualificazione, dei quali dovrà esibire la copia a richiesta della Direzione dei lavori.

Alla Direzione dei lavori è riservata comunque la facoltà di eseguire, in ogni momento della lavorazione, tutti i controlli che riterrà opportuni per accertare che i materiali impiegati siano quelli certificati, che le strutture siano conformi ai disegni di progetto e che le stesse siano eseguite a perfetta regola d'arte.

Ogni volta che le strutture metalliche lavorate si rendono pronte per il collaudo, l'Impresa informerà la Direzione dei lavori, la quale fornirà risposta entro 8 giorni fissando la data del collaudo in contraddittorio, oppure autorizzando la spedizione delle strutture stesse in cantiere.

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

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

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

Il montaggio sarà eseguito in modo che la struttura raggiunga la configurazione geometrica di progetto, nel rispetto dello stato di sollecitazione previsto nel progetto medesimo.

La stabilità delle strutture dovrà essere assicurata durante tutte le fasi costruttive e la rimozione dei collegamenti provvisori e di altri dispositivi ausiliari dovrà essere attuata solo quando essi risulteranno staticamente superflui.

Nei collegamenti con bulloni si dovrà procedere all'alesatura di quei fori che non risultino centrati e nei quali i bulloni previsti in progetto non entrino liberamente. Se il diametro del foro alesato risulterà superiore al diametro sopraccitato, si dovrà procedere alla sostituzione del bullone con uno di diametro superiore.

Le suddette operazioni dovranno essere comunque preventivamente approvate dalla Direzione dei Lavori.

È ammesso il serraggio dei bulloni con chiave pneumatica, purché questo venga controllato con chiave dinamometrica, la cui taratura dovrà risultare da certificato rilasciato da laboratorio ufficiale in data non anteriore ad un mese.

Per le unioni con bulloni, l'Impresa effettuerà un controllo di serraggio su un numero adeguato di bulloni, alla presenza della Direzione dei lavori.

### **Acciaio per strutture metalliche e strutture composte**

Come previsto dal D.M. 14 gennaio 2008, per l'esecuzione di strutture metalliche e di strutture composte si dovranno utilizzare acciai conformi alle norme armonizzate della serie UNI EN 10025 (per i laminati), UNI EN 10210 (per i tubi senza saldatura) e UNI EN 10219-1 (per i tubi saldati), recanti marchiatura CE.

Nelle tabelle seguenti si riportano le caratteristiche meccaniche degli acciai riportati dalle Norme Tecniche 2008:

**Tabella 11.3.IX – 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             |                               |
|                              | $f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]   | $f_{tk}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $f_{tk}$ [N/mm <sup>2</sup> ] |
| UNI EN 10025-2               |                                 |                               |                               |                               |
| S 235                        | 235                             | 360                           | 215                           | 360                           |
| S 275                        | 275                             | 430                           | 255                           | 410                           |
| S 355                        | 355                             | 510                           | 335                           | 470                           |
| S 450                        | 440                             | 550                           | 420                           | 550                           |
| UNI EN 10025-3               |                                 |                               |                               |                               |
| S 275 N/NL                   | 275                             | 390                           | 255                           | 370                           |
| S 355 N/NL                   | 355                             | 490                           | 335                           | 470                           |
| S 420 N/NL                   | 420                             | 520                           | 390                           | 520                           |
| S 460 N/NL                   | 460                             | 540                           | 430                           | 540                           |
| UNI EN 10025-4               |                                 |                               |                               |                               |
| S 275 M/ML                   | 275                             | 370                           | 255                           | 360                           |
| S 355 M/ML                   | 355                             | 470                           | 335                           | 450                           |
| S 420 M/ML                   | 420                             | 520                           | 390                           | 500                           |
| S 460 M/ML                   | 460                             | 540                           | 430                           | 530                           |
| UNI EN 10025-5               |                                 |                               |                               |                               |
| S 235 W                      | 235                             | 360                           | 215                           | 340                           |
| S 355 W                      | 355                             | 510                           | 335                           | 490                           |

**Tabella 11.3.X - 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             |                               |
|                              | $f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]   | $f_{tk}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $f_{tk}$ [N/mm <sup>2</sup> ] |
| UNI EN 10210-1               |                                 |                               |                               |                               |
| S 235 H                      | 235                             | 360                           | 215                           | 340                           |
| S 275 H                      | 275                             | 430                           | 255                           | 410                           |
| S 355 H                      | 355                             | 510                           | 335                           | 490                           |
| S 275 NH/NLH                 | 275                             | 390                           | 255                           | 370                           |
| S 355 NH/NLH                 | 355                             | 490                           | 335                           | 470                           |
| S 420 NH/NLH                 | 420                             | 540                           | 390                           | 520                           |
| S 460 NH/NLH                 | 460                             | 560                           | 430                           | 550                           |
| UNI EN 10219-1               |                                 |                               |                               |                               |
| S 235 H                      | 235                             | 360                           |                               |                               |
| S 275 H                      | 275                             | 430                           |                               |                               |
| S 355 H                      | 355                             | 510                           |                               |                               |
| 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 420 MH/MLH                 | 420                             | 500                           |                               |                               |
| S 460 MH/MLH                 | 460                             | 530                           |                               |                               |

### Acciaio per strutture saldate

Come previsto dalle Norme Tecniche 2018 e s.m.i., la saldatura degli acciai dovrà avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo la norma UNI EN ISO 4063:2023.

I saldatori, nei procedimenti semiautomatici e manuali, dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN 287-1:2007 da parte di un Ente terzo. A deroga di quanto richiesto nella norma UNI EN 287-1:2007, 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.

Tutti i procedimenti di saldatura dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN ISO 15614-1:2008.

L'entità ed il tipo di tali controlli, distruttivi e non distruttivi, in aggiunta a quello visivo al 100%, saranno definiti dal Collaudatore e dal Direttore dei Lavori; per i cordoni ad angolo o giunti a parziale penetrazione si potranno utilizzare metodi di superficie (ad es. liquidi penetranti o polveri magnetiche), mentre per i giunti a piena penetrazione, oltre a quanto sopra previsto, si potranno usare 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.

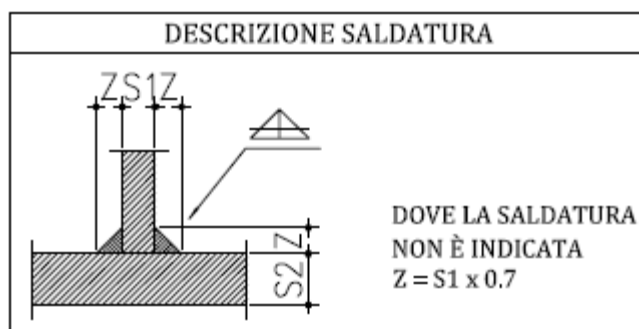
Tutti gli operatori che eseguiranno i controlli dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN473:2008 almeno di secondo livello.

Per le parti saldate si prevedono:

#### SALDATURE (UNI EN ISO 4063)

II° Classe

ove non diversamente indicato si prevedono  
saldature a cordone d'angolo aventi lato pari  
a 0.7 lo spessore minimo da saldare



#### **Acciaio per bullonerie**

Le NTC 2018 e s.m.i., prevedono che i bulloni - conformi per le caratteristiche dimensionali alle norme UNI EN ISO 4016:2008, devono appartenere alle sotto indicate classi della norma UNI EN ISO 898-1:2009, associate nel modo indicato nella Tab. 11.3.XIII.a e 11.3.XIII.b delle NTC 2018 e s.m.i.:

#### **Art. 31 SCATOLARI PREFABBRICATI**

Gli elementi prefabbricati dovranno essere dimensionati per resistere ai carichi mobili di 1ª categoria (con marcatura CE secondo quanto previsto dal D.M.17 gennaio 2018, s.m.i. e relativi euro codici, con ricoprimenti minimi e massimi rilevati dal profilo longitudinale di progetto.

Gli elementi prefabbricati saranno assoggettati a marcatura CE secondo le disposizioni del Regolamento 305-11 UE e della relativa normativa armonizzata di riferimento UNI EN 14844:2012 e rispondenti alle prescrizioni del D.M. 17 gennaio 2018 "Norme tecniche per le costruzioni" e s.m.i. Le armature in particolare dovranno essere realizzate con doppia rete elettrosaldata e ferri aggiuntivi sagomati o comunque dotate di barre di ripartizione longitudinali (non sono considerate assimilabili ad elementi di armatura, dispositivi

alternativi quali catene in acciaio, cavi o fili). Il sistema di giunzione dovrà essere del tipo ad incastro a norma ASTM C-789, perfettamente liscio negli elementi maschio e femmina, privi di gradini e/o riseghe, per consentire il perfetto posizionamento della guarnizione butilica, a norma ASTM C-990, che in fase di schiacciamento verrà compressa in modo tale da riempire completamente i vuoti tra gli incastrati assicurando così la tenuta idraulica (come da particolari esecutivi). I manufatti dovranno essere privi di fori passanti e dovranno essere posti in opera con idonee attrezzature omologate secondo quanto previsto dalle normative vigenti sulla sicurezza nei cantieri. Eventuali ispezioni per passo d'uomo (a richiesta di sezione circolare e/o rettangolare) dovranno essere predisposte con apposite dime in ferro zincato debitamente fissate all'armatura con adeguati cordoli di collegamento, il tutto integrato nel getto a perfetta regola d'arte. La base d'appoggio dovrà essere costituita da un getto di c.l.s., compensato con i relativi prezzi di elenco, della classe e dimensione come da disegni esecutivi, compreso l'onere del controllo della livelletta con l'ausilio di idonee apparecchiature laser. La giunzione tra gli elementi dovrà essere realizzata solamente mediante apparecchiature idrauliche o manuali di tiro (TIR-FOR), garantendo il corretto posizionamento della guarnizione di tenuta.

#### **Art. 32 DISPOSITIVI PER LO SMALTIMENTO DELL'ACQUA DAGLI IMPALCATI**

Il sistema di smaltimento delle acque meteoriche dagli impalcati delle opere d'arte deve essere tale da evitare ristagni sulla sede stradale; deve drenare le acque di pavimentazione ed allontanarle dall'opera senza percolazioni e/o stillicidi sulle strutture sottostanti.

Nel caso di attraversamento di zone urbane ed in tutti quei casi in cui le acque di educazione o di percolamento possano produrre danni e inconvenienti, è prescritto che la tubazione di cui sopra, in qualunque materiale sia realizzata, debba essere proseguita fino a terra ed eventualmente immessa in un sistema fognante e debba essere fornita di giunti di tenuta a freddo con anello in gomma stabilizzata.

La griglia di scarico sarà conforme alle norme UNI - EN 124.

#### **Art. 33 GIUNTI DI DILATAZIONE SU OPERE D'ARTE**

##### **Giunti di dilatazione in acciaio-gomma, a pettine, a piastre metalliche, a lamelle**

Le presenti Norme Tecniche riguardano i giunti di dilatazione di superficie, utilizzabili per opere d'arte stradali ed autostradali di nuova costruzione o in manutenzione e/o riparazione ed adeguamento.

##### **Riferimenti normativi**

- UNI EN 1337-1 Appoggi strutturali – Regole generali di Progetto
- UNI EN 1337-3 Appoggi elastomerici
- Decreto Ministeriale 04.05.90:

Criteri generali e prescrizioni tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo dei ponti stradali;

- Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica (Legge 5 Novembre 1971 n. 1086 e relativo D.M. in vigore);
- NTC 2018 «Costruzioni in acciaio: istruzioni per il calcolo, l'esecuzione e la manutenzione»;

- Istruzioni NTC 2018 «Apparecchi d'appoggio in gomma e PTFE nelle costruzioni. Istruzioni per il calcolo e l'impiego».

### Tipologie di giunti

I giunti si distinguono in:

- **giunti in gomma-metallo**, normalmente costituiti da una struttura in gomma nella quale mediante il processo di vulcanizzazione o altro processo tecnologico sono inseriti dei profili metallici atti a modificare, in determinati punti, la rigidezza e la portanza della struttura elastomerica;
- **giunti a pettine**, ottenuti mediante la contrapposizione di due elementi metallici (acciaio o alluminio in genere) aventi configurazione a pettine tra loro complementare;
- **giunti a piastra metallica**, nei quali una serie di piastre metalliche nude o rivestite in gomma, tra loro vincolate, forma un sistema articolato che assicura gli scorrimenti richiesti;
- **giunti a lamelle (profilati) trasversali**, in cui la continuità del piano viabile è assicurata da una serie di profili metallici posti in senso trasversale e uniti tra loro da idonei profili in gomma.

### Materiali - requisiti

#### Acciaio da costruzione

Le caratteristiche degli acciai da costruzione impiegati per la realizzazione dei giunti dovranno essere in accordo alla UNI EN 10025.

Gli acciai impiegati in elementi soggetti a verifica strutturale dovranno avere i seguenti requisiti minimi di resilienza:

Prova di resilienza a -20 °C secondo la norma UNI EN 10045-1:1992  $\geq 27$  J

Gli elementi in acciaio vulcanizzati a elementi in gomma e che non presentino saldature sono esclusi dalla suddetta prescrizione.

Tutte le superfici in acciaio non a contatto con il calcestruzzo devono essere protette dalla corrosione, compresa una striscia di 30 mm della parte a contatto col calcestruzzo.

Non necessitano protezioni anticorrosive gli elementi d'acciaio interamente ricoperti da gomma per uno spessore non inferiore a 2 mm e quelli del tipo WT ST 510-3, 9 Cr NiCu P324, CORTEN o similari.

Per la definizione del sistema di protezione anticorrosiva, l'Impresa dovrà documentare:

- la preparazione della superficie;
- il tipo di rivestimento della superficie (zincatura a spruzzo, due strati di vernice epossidica, ecc.);
- il numero di strati di vernice impiegata;
- lo spessore minimo di un singolo strato asciutto e spessore minimo totale del film secco;
- la procedura per il trattamento di danneggiamenti locali nella protezione anticorrosiva.

La documentazione deve essere controfirmata dal Produttore di materie prime o componenti che costituiscono l'appoggio.

#### Acciaio inossidabile

Per tutti gli acciai inossidabili impiegati per la realizzazione dei giunti dovranno essere indicate le normative di riferimento.

#### **Superfici di scorrimento e scossaline**

Per le superfici di scorrimento in accoppiamento con parti in PTFE è prescritto l'impiego di acciaio inossidabile tipo X5 Cr NiMo 1712 (UNI EN 10088-2).

La scossalina principale di tenuta trasversale, se realizzata in lamiera di acciaio inossidabile, dovrà essere in X5 Cr Ni 1810 (UNI EN 10088-2), di almeno 0,6 mm di spessore e di valori superiori per giunti di grossa escursione.

#### **Ancoraggi e bulloneria**

Per i tirafondi e la bulloneria in genere sarà impiegato acciaio inossidabile tipo X5 CrNiMo 1712 secondo UNI EN 10088-2.

#### **Leghe di alluminio**

Per tutte le leghe di alluminio dovranno essere indicate le normative di riferimento. Per la lega di alluminio impiegata nella realizzazione di elementi esposti al traffico dovrà essere prodotta una lista di referenze in impieghi analoghi che n'attesti l'idoneità e la validità nel tempo.

Le caratteristiche minime, salvo migliori prestazioni richieste dal progettista, dovranno risultare le seguenti (UNI EN ISO 6892-1:2009):

- 1) Carico unitario di rottura a trazione  
215 MPa
- 2) Carico unitario di scostamento dalla proporzionalità  
175 MPa
- 3) Allungamento  
1,5%
- 4) Durezza Brinell  
70

#### **Gomma**

Le caratteristiche della gomma dovranno essere conformi alle UNI EN 1337.

La scossalina principale di tenuta trasversale, se realizzata in gomma, dovrà essere in uno dei seguenti materiali e spessori minimi, salvo richieste da parte del progettista di migliori caratteristiche:

- guaina in gomma policloroprenica di almeno 2 mm di spessore;
- guaina in Hypalon di almeno 1,2 mm di spessore;
- guaine in doppio strato di hypalon-gomma policloroprenica rispettivamente di spessore 1 e 2 mm per complessivi 3 mm.

#### **Malte, betoncini e resine**

- **Malta cementizia, reoplastica, a ritiro compensato, fibrorinforzata, predosata** con le caratteristiche indicate nelle malte per ripristini, tipo MC3, salvo migliori disposizioni progettuali.

- **Betoncino cementizio, reoplastico, a ritiro compensato, fibrorinforzato** con le caratteristiche indicate nei betoncini per ripristini, tipo B3, salvo migliori disposizioni progettuali.
- **Malta di resina per spessoramenti** con le seguenti caratteristiche, salvo migliori disposizioni progettuali:
  - 1) Classe di resistenza a compressione – ASTM D695  
a 7 gg di stagionatura  
55 MPa.
  - 2) Resistenza a flessotrazione rilevata su prismi di 40•40•160 mm a 20°C  
dopo 1 d di stagionatura in accordo alla UNI 6133  
25 MPa.
  - 3) Modulo elastico secante a compressione secondo UNI EN 12390-13:2013  
10.000 MPa.
  - 4) Adesione al calcestruzzo - UNI 8298/1  
3 MPa (rottura del supporto in c.l.s.).
  - 5) Assorbimento di acqua - UNI 7699  
inferiore a 0,3% in peso.

**Sigillante di natura polisolfurica** con le seguenti caratteristiche, salvo migliori disposizioni progettuali:

- 1) Resistenza a trazione - UNI EN 12311-2:2002 UNI EN 12311-1:2002  
0,5 MPa;
- 2) Allungamento a rottura - UNI EN 12311-2:2002 UNI EN 12311-1:2002  
250%;
- 3) Permeabilità all'acqua - da UNI EN 1928:2002  
nulla;
- 4) Resistenza in nebbia salina - ASTM R 117  
650 h
- 5) Durezza - UNI EN ISO 868:1999  
25 ShA

**Malta di resina con funzione di adesivo** con le seguenti caratteristiche, salvo migliori disposizioni progettuali:

- 1) Resistenza a compressione - UNI EN ISO 604:1998  
90 MPa;
- 2) Resistenza a flessotrazione - UNI EN ISO 178:1998  
50 MPa;
- 3) Adesione al metallo - ASTM D 1002  
10 MPa
- 4) Adesione al calcestruzzo - UNI 8298/1  
MPa (rottura del supporto in c.l.s.)
- 5) Ritiro lineare - ASTM D 2556  
inferiore a 0,0013 cm/cm
- 6) Modulo elastico secante a compressione - UNI EN 12390-13:2013

6 GPa

7) Gel time - ASTM D 2471

5°C = 150 min

20 °C = 45 min.

**Malta di resina con funzione impermeabilizzante-sigillante** con le seguenti caratteristiche salvo migliori disposizioni progettuali:

- 1) Resistenza a trazione - UNI 8202  
MPa
- 2) Durezza - UNI EN ISO 868:1999  
80 ShA
- 3) Deformazione residua a trazione - UNI 8202 parte 10  
< 15%
- 4) Permeabilità all'acqua - UNI EN 1928:2002  
nulla
- 5) Adesione al calcestruzzo - UNI 8298/1  
MPa (rottura del supporto in c.l.s.)

## **Posa in opera**

### **Piani e vani di posa**

L'Impresa dovrà presentare alla Direzione Lavori un mese prima di iniziare le lavorazioni i disegni relativi alle predisposizioni ed alla procedura di montaggio in opera, riferite ad ogni tipologia di giunto o se necessario ad ogni singolo giunto di dilatazione, in posizione di apertura media.

Su tali elaborati dovranno essere riportate le tolleranze di fabbricazione secondo normativa UNI ISO 2768-1:1991 e le tolleranze relative alle operazioni di posa in opera. Tali indicazioni dovranno in ogni caso riguardare i seguenti punti:

- planarità dei piani di posa;
- complanarità dei due diversi piani di posa;
- dimensioni del varco riferite a temperatura media;
- posizione ed interassi degli ancoraggi.

Tali elaborati saranno ritenuti idonei previa accettazione da parte della Direzione Lavori.

Variazioni rispetto ai valori progettuali riportati nei suddetti disegni dovranno essere concordate con la Direzione Lavori e controfirmati dal Fornitore in qualità di progettista e costruttore dell'appoggio.

Nel caso di installazione di giunti su opere nuove, la posa in opera dopo la stesa della pavimentazione, sarà realizzata secondo le seguenti fasi esecutive:

- taglio della pavimentazione per l'intero suo spessore lungo le linee delimitanti la fascia da asportare;
- demolizione della pavimentazione e dell'eventuale strato di impermeabilizzazione;
- asportazione di eventuali strutture di giunto provvisorio;
- ravvivatura dell'estradosso soletta mediante fresatura, sabbiatura o bocciardatura;

- eventuale getto di malta e/o betoncino cementizi reoplastici, a ritiro compensato, fibrorinforzati, predosati, opportunamente armati, collegati alla testata, per portare in quota il piano di appoggio dell'apparecchio di giunto;
- posizionamento del giunto, da effettuare con appositi apparecchi di livellazione in funzione delle quote della pavimentazione adiacente. La differenza di quota tra il piano della pavimentazione ed il piano del giunto sarà compresa tra +5 mm e 0 mm;
- preregolazione, da eseguire a cura di tecnici qualificati e con specifiche attrezzature, tenendo conto dell'apertura strutturale esistente, della funzionalità del giunto precedentemente approvato nonché della stagione e delle caratteristiche dell'opera.

Il raccordo con la pavimentazione, salvo diverse prescrizioni del progetto, sarà di larghezza minima di 100 mm se eseguito con betoncino cementizio, reoplastico, a ritiro compensato, fibrorinforzato e di 50 mm se eseguito con altro prodotto specifico (asfalto colato, resina a basso modulo elastico, ecc.) con caratteristiche indicate dall'Impresa e accettate dalla Direzione Lavori.

I raccordi con i cordoli e le barriere saranno realizzati in funzione delle escursioni del giunto:

- per i giunti di escursione < 50 mm:

- guarnizione elastica inserita nell'apertura strutturale eseguita con materiale conforme a quanto specificato nel presente articolo;

- per giunti di escursione > di 50 mm:

- coprigiunti metallici solidali ad un impalcato e scorrevoli sull'altro realizzati con materiali conformi e protetti dalla corrosione conformemente a quanto specificato nei paragrafi del presente articolo.

Nel caso di manutenzioni, ripristini e adeguamenti, alle operazioni precedentemente descritte sono da aggiungere:

- eventuale asportazione di giunto esistente ammalorato;
- eventuale ripristino della testata di soletta con malta e/o betoncino cementizio reoplastico, a ritiro compensato, fibrorinforzato, predosato opportunamente armato, collegato alla testata, secondo il tipo di degrado riscontrato; tale ripristino avverrà, previa verifica di funzionalità delle armature esistenti e loro eventuale integrazione, con un unico getto sino alla quota del piano di appoggio dell'apparecchio di giunto.

### **Sistema di raccolta delle acque**

Il giunto di regola dev'essere impermeabile a tutte le acque meteoriche o di lavaggio provenienti dalla superficie del piano viabile. La raccolta delle acque sarà assicurata, secondo quanto previsto dal progetto, da una scossalina che collega le due testate dell'apertura strutturale oppure da due gronde su ciascuna delle due testate. Tali dispositivi non devono interferire con le strutture principali dell'opera e devono consentire agevolmente le operazioni di ispezione e manutenzione.

### **Raccordi con la pavimentazione, i cordoli e le barriere**

Il raccordo con la pavimentazione, salvo diverse prescrizioni progettuali, sarà di larghezza minima di 100 mm se eseguito con betoncino e di 50 mm se eseguito con altro prodotto specifico (asfalto colato, resina a basso modulo elastico, ecc.) con caratteristiche indicate dall'Appaltatore e accettate dalla Direzione Lavori.

I raccordi con i cordoli e le barriere saranno realizzati in funzione delle escursioni del giunto:

- per i giunti di escursione < 50 mm:

guarnizione elastica inserita nell'apertura strutturale eseguita con materiale conforme a quanto specificato in precedenza (gomma);

per giunti di escursione > di 50 mm:

coprigiunti metallici solidali ad un impalcato e scorrevoli sull'altro realizzati con materiali conformi a quanto specificato in precedenza (acciai), protetti dalla corrosione conformemente a quanto specificato nel relativo paragrafo.

### **Giunti di dilatazione a tampone**

I giunti a tampone viscoelastico: sono giunti il cui dispositivo di continuità e di supporto è costituito da una miscela di bitume modificato con materiali di sintesi di natura elastomerica e/o plastomerica ed inerti di granulometria compresa tra 15-20 mm.

La posa in opera del giunto di dilatazione a tampone sarà preceduta dall'eventuale ricostruzione del profilo degli elementi strutturali in calcestruzzo (testate solette). Le caratteristiche tecniche dei materiali utilizzati per la ricostruzione sono indicate nel capitolo riguardante i materiali per i ripristini, del presente articolo.

Come integrazione ai giunti di dilatazione di tipo viscoelastico, dovranno essere posti in opera dispositivi di finitura del giunto sul cordolo, nel caso che l'opera d'arte sia dotata di cordolo con barriera metallica o con barriera New Jersey. Di tale fornitura le Imprese dovranno esporre sia le modalità di posa in opera, che le caratteristiche dei materiali impiegati.

Il giunto di regola deve essere impermeabile a tutte le acque meteoriche o di lavaggio provenienti dalla superficie del piano viabile.

La raccolta delle acque sarà assicurata, secondo quanto previsto dal progetto, da una scossalina che collega le due testate della apertura strutturale oppure da due gronde su ciascuna delle due testate. Tali dispositivi non devono interferire con le strutture principali dell'opera e devono consentire agevolmente le operazioni di ispezione e manutenzione.

Il giunto a tampone viscoelastico dovrà essere costituito dalle seguenti parti:

- Dispositivo di drenaggio delle acque di sottopavimentazione;
- il convogliamento e lo smaltimento delle acque dovranno avvenire in zone che non insistono sulle strutture principali dell'opera. Il dispositivo sarà costituito da un tubo microfessurato avvolto in un sottile foglio di tessuto non tessuto;
- Dispositivo di sostegno del tampone bituminoso in lamierino di acciaio di dimensioni 0,30x0,15x0,002 m;
- tale dispositivo deve consentire le dilatazioni termiche della soletta mantenendo inalterata la sua funzionalità; esso deve inoltre conservare le proprie caratteristiche di tenuta alle temperature di getto del tampone viscoelastico.
- Tampone in conglomerato bituminoso chiuso;
- il giunto deve risultare impermeabile, pur consentendo i movimenti di tipo viscoso previsti. Il tampone deve aderire perfettamente alle pareti verticali della pavimentazione e non presentare sconnessioni.

Lo spessore minimo del tampone viscoelastico deve essere di 11 cm.

Il giunto a tampone viscoelastico deve essere posto in opera a pavimentazione finita.

L'intera lavorazione comprende:

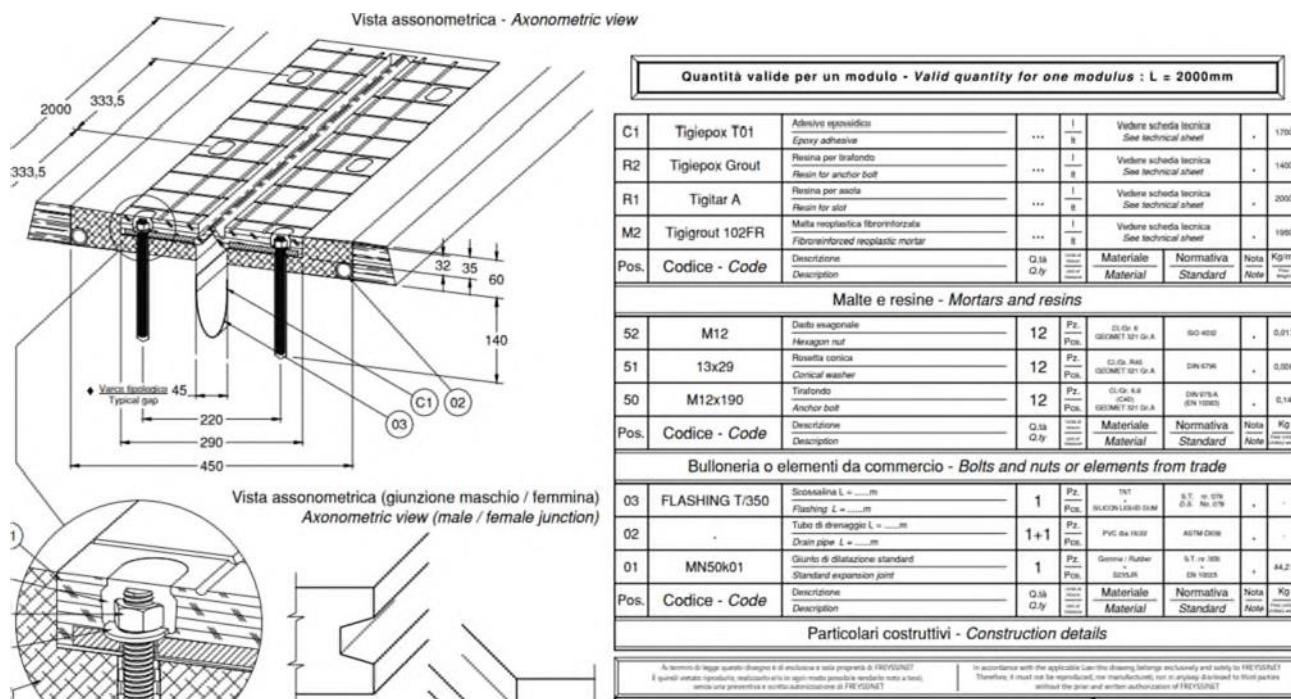
- asportazione della pavimentazione a cavallo dei giunti di dilatazione da realizzare mediante taglio della pavimentazione per l'intero suo spessore fino a raggiungere l'estradosso delle solette di impalcato, demolizione della pavimentazione e dell'eventuale sottostante strato impermeabilizzante e trasporto a discarica di tutto il materiale di risulta;
- asportazione di eventuali materiali aventi funzione di giunto provvisorio;
- accurata pulizia del piano di posa del tampone o asportazione del calcestruzzo degradato o in fase di distacco;
- trattamento di sabbiatura dell'armatura eventualmente scoperta;
- eventuale ripristino delle testate delle solette con malta e/o betoncino reoplastico fibrorinforzato o con malte cementizio-epossidiche mantenendo la giusta distanza ed una forma il più possibile regolare tra le testate contrapposte;
- asciugatura della sede del giunto a mezzo di lancia termica;
- stesa di una membrana impermeabilizzante (dopo adeguata maturazione della malta) in BITUTHENE HD o ELOTENE-LASCO su tutta la sede del giunto, con l'accortezza che la membrana abbia gioco sufficiente ad assecondare i movimenti del giunto fino alla massima apertura, senza mai introdurre sollecitazioni di trazione su quest'ultima, posta in opera con la consueta forma ad omega tra le testate di soletta;
- introduzione a forza all'interno dello spazio tra le testate delle solette dell'impalcato di una treccia in poliuretano espanso avente la funzione di contenere la prima colata di bitume modificato;
- posa del dispositivo di drenaggio microfessurato rivestito di tessuto non tessuto;
- prima colata di bitume modificato su tutta la sede del giunto (pareti verticali e fondo) impregnando anche la treccia poliuretanica in modo da impermeabilizzarla;
- posa del dispositivo di sostegno in lamierino di adeguata larghezza e spessore e lunghezza pari a 0,30 m, collocati l'uno accanto all'altro;
- seconda colata di bitume modificato sull'intera superficie orizzontale;
- realizzazione del tampone mediante stesa in unico o più strati e successivo costipamento del materiale fino a raggiungere una perfetta complanarità col piano viario;
- colata di finitura in bitume modificato per l'intasamento dei vuoti residui

Si riportano di seguito gli schemi costruttivi riferiti alle più diffuse tipologie di giunto.

#### GIUNTI MECCANICI

Giunti in acciaio-gomma, costituiti da elementi deformabili in gomma vulcanizzati a profili metallici di armatura e di ancoraggio, conglobati nella gomma. Il giunto è completato da masselli di raccordo in malta tra gli elementi del giunto e la pavimentazione, da una scossalina per la raccolta delle acque di superficie e

da un sistema per il drenaggio delle acque di sottopavimentazione. Gli elementi costituenti il giunto hanno sagomatura e dimensioni variabili a seconda delle escursioni richieste. Grazie alla deformabilità degli elementi in gomma, Il giunto si adatta anche all'assorbimento di limitati scorrimenti trasversali e verticali (sbalzi di impalcati).



In questo gruppo possono essere distinti due fondamentali sottogruppi in funzione del meccanismo con cui viene ottenuta la capacità di dilatazione/contrazione del giunto e precisamente:

- deformando elasticamente, con sollecitazione di tipo tagliante, idonee zone elastomeriche opportunamente predisposte;
- deformando in maniera elastica dei profili elastomerici la cui studiata geometria viene modificata da sollecitazioni di norma flessionali.

Caratteristica di questa tipologia di giunti è la presenza a livello della superficie trafficata, di una serie più o meno numerosa di varchi paralleli all'asse del giunto necessari allo sviluppo delle deformazioni elastiche richieste.

Per piccole - medie escursioni:

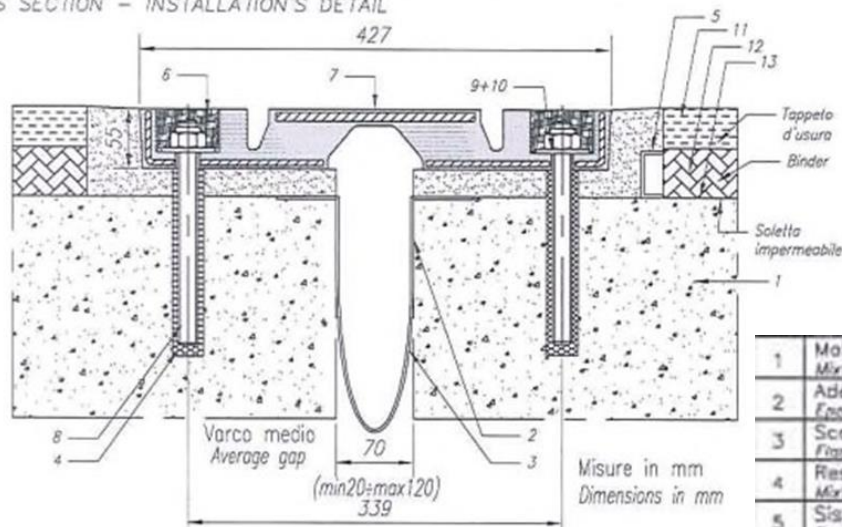
- moduli in gomma armata a norme CNR 10018/85 realizzati mediante una piastra ponte centrale ed elementi portanti laterali vulcanizzati su piatti in acciaio inox;
- sistema di ancoraggio meccanico realizzato mediante barre filettate o, in alternativa, zanche multidirezionali e tirafondi;
- scossalina di raccolta acque in hypalon;

- profilo a "L" in acciaio inox per drenaggio acque di sottopavimentazione;
- massetti di malta epossidica di raccordo fra gli elementi di giunto e la pavimentazione bituminosa o massetti armati di dimensioni > 20 cm realizzati con malta MC3 fibrorinforzata.

Per grandi escursioni :

- moduli in gomma armata a norme CNR 10018/85 realizzati mediante una piastra ponte centrale e due elementi laterali a soffietto dotati di barra antisollevamento, liberi di muoversi su lamiere in acciaio inox, assemblati in opera;
- sistema di ancoraggio meccanico realizzato mediante barre filettate o, in alternativa anche multidirezionali e tirafondi, a seconda delle esigenze di cantiere;
- scossalina di raccolta acque in acciaio inox;
- profilo a "L" in acciaio inox per drenaggio acque di sottopavimentazione;
- massetti di malta epossidica di raccordo fra gli elementi di giunto e la pavimentazione bituminosa o massetti armati di dimensioni > 20 cm realizzati con malta MC3 fibrorinforzata.

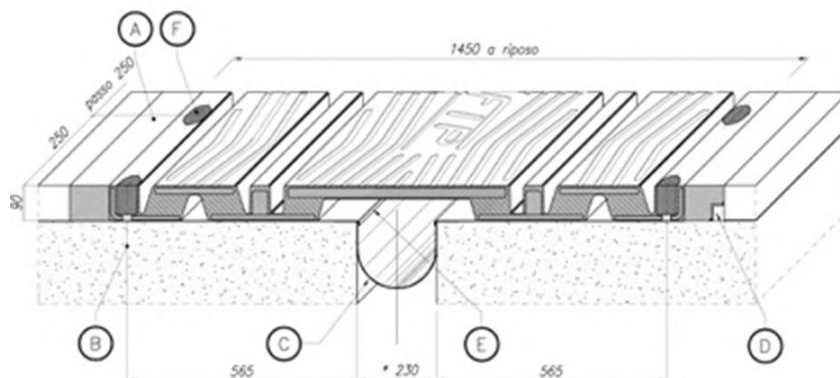
SEZIONE TRASVERSALE PARTICOLARE DI POSA  
CROSS SECTION - INSTALLATION'S DETAIL



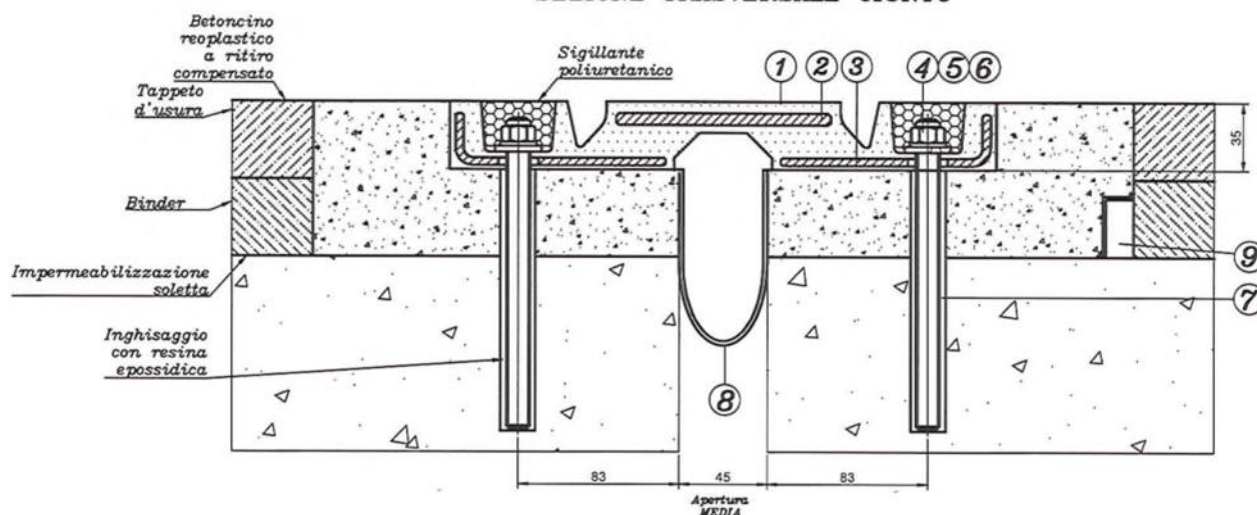
|    |                                                   |                                            |
|----|---------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 1  | Malta di spessoramento<br>Mixture thickness       | Betancino Reoplastic<br>ad alta resistenza |
| 2  | Adesivo epossidico<br>Epoxy stick                 | -                                          |
| 3  | Scossalina in gomma<br>Finishing                  | Elastomero                                 |
| 4  | Resina per ancoraggi<br>Mixture for anchor fixing | -                                          |
| 5  | Sistema di drenaggio<br>Grain system              | Alluminio<br>Aluminium                     |
| 6  | Sigillante elastico<br>Elastic sealant            | EPOSSICATRAM                               |
| 7  | Mattonella<br>Panel                               | ELASTOMERO/S235.R                          |
| 8  | Zanca d'ancoraggio<br>Anchor                      | M18x200 cl. 8.8                            |
| 9  | Rondella ovale<br>Oval washer                     | S235-zincato<br>S235-zinc                  |
| 10 | Dado autobloccante<br>Locknut                     | Classe 8                                   |
| 11 | Tappeto d'usura<br>Layer                          | -                                          |
| 12 | Binder                                            | -                                          |
| 13 | Soletta impermeabile<br>Deck waterproofing        | -                                          |

## DESCRIZIONE

- A Massetto laterale  
 B Ancoraggio M20  
 C Scossalina Hypalon  
 D Profilo di drenaggio a "L"  
 E Lamiera di scorrimento  
 F Sigillatura



## SEZIONE TRASVERSALE GIUNTO

SPECIFICHE TECNICHE  
DEI MATERIALI

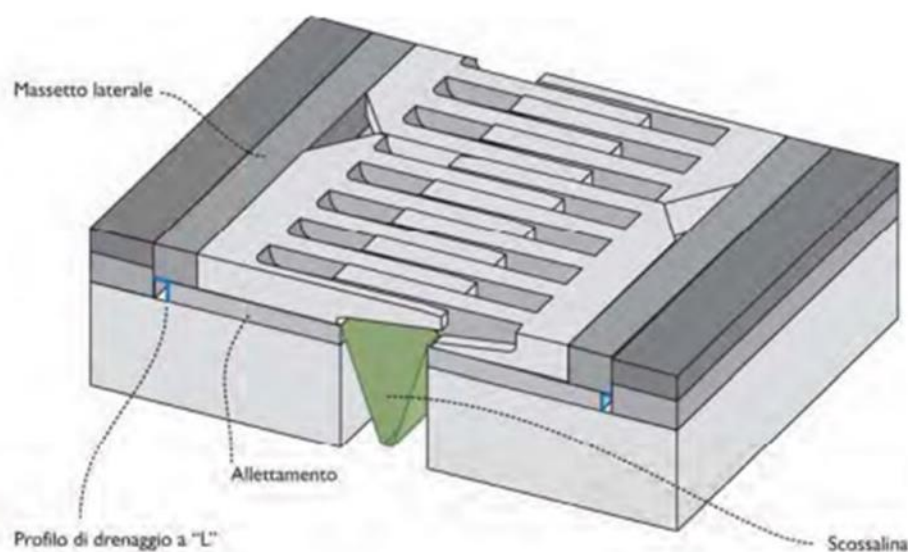
|     |                               |                 |                                  |           |
|-----|-------------------------------|-----------------|----------------------------------|-----------|
| 9   | Drenaggio acque               | Alluminio       | UNI 9006/1                       | 1         |
| 8   | Scossalina                    | Elastomero 60sh | AASHTO M251<br>Normative europee | 1         |
| 7   | Asta filettata M12            | Classe 8.8      | EN 20898                         | 16        |
| 6   | Dado esq. autoblocc. alto M12 | Classe 6S       | EN 20898                         | 16        |
| 5   | Rondella di ripartizione      | S235JR          | EN 10025                         | 16        |
| 4   | Rondella di contrasto         | S235JR          | EN 10025                         | 16        |
| 3   | Piastra d'ancoraggio          | S275JR          | EN 10025                         | 2         |
| 2   | Piastra ponte                 | S275JR          | EN 10025                         | 1         |
| 1   | Rivestimento in gomma         | Elastomero 60sh | AASHTO M251<br>Normative europee | 1         |
| POS | DENOMINAZIONE                 | MATERIALE       | NORMATIVA                        | N°<br>PZ. |

Giunti a pettine, ottenuti mediante la contrapposizione di due elementi metallici (acciaio o alluminio in genere) aventi configurazione a pettine tra loro complementare. Tali elementi garantiscono, grazie alla reciproca compenetrazione, la continuità del piano viabile in presenza di escursioni longitudinali. Lo schema statico

può essere di doppio appoggio, quando l'elemento a pettine poggia su entrambe le testate o a mensola, quando esso è fissato a sbalzo su di una sola testata.

A meno di accorgimenti particolari, tale tipo di giunto consente scorrimenti laterali limitatissimi (particolare attenzione va posta nell'accoppiamento con gli apparecchi d'appoggio, si raccomanda in particolare l'accoppiamento ad appoggi mobili unidirezionali con direzione delle guide parallela a quella dei denti del giunto).

Giunto a pettine (fig. 10 d)



Loro caratteristica è la necessità di richiedere uno specifico dispositivo, generalmente una scossalina, per garantire l'impermeabilità del varco.

Richiedono inoltre una particolare attenzione sia nell'allineamento in fase di posa che nell'ancoraggio alla testata, soprattutto nel caso di schema strutturale a mensola.

Per medie-grandi escursioni :

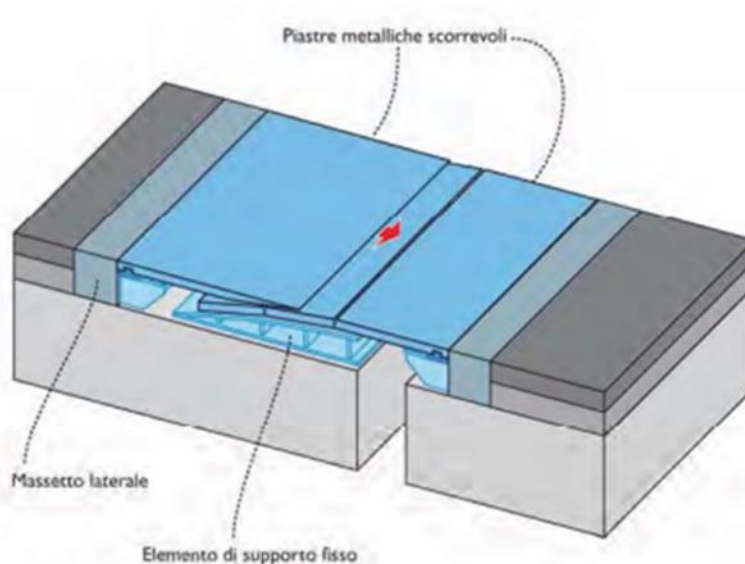
- elementi a pettine a sbalzo in acciaio tipo CORTEN";
- sistema di ancoraggio meccanico realizzato mediante zanche multidirezionali e tirafondi;
- scossalina di raccolta acque in acciaio inox;
- profilo a "L" in acciaio inox per drenaggio acque di sottopavimentazione;

- massetti di malta epossidica di raccordo fra gli elementi di giunto e la pavimentazione bituminosa o massetti armati di dimensioni > 20 cm realizzati con malta MC3 fibrorinforzata.

Risulta necessario uno specifico dispositivo, generalmente una scossalina, per garantire l'impermeabilità del varco. Particolare attenzione va posta in fase di posa e nell'ancoraggio della testata.

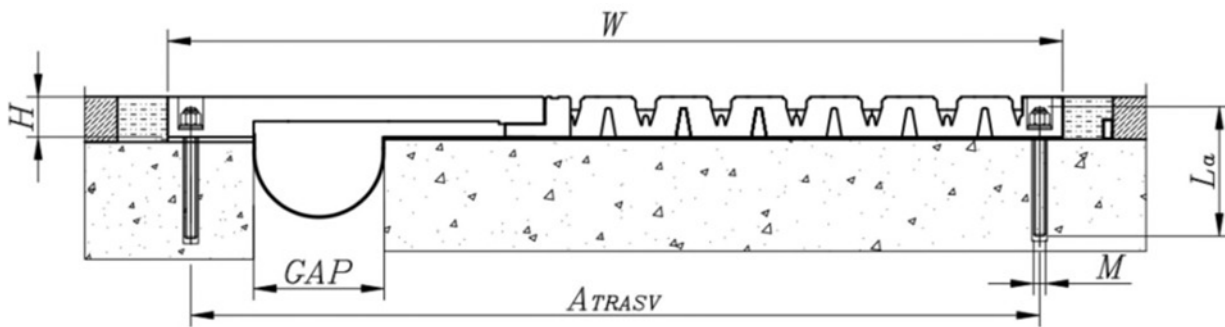
Giunti a piastra metallica, composti da due o più piastre in acciaio che scorrono le une sulle altre garantendo l'escursione richiesta e la continuità del piano viabile. E' una tipologia di giunto adatta a medie e grandi escursioni.

Giunto a piastre metalliche - (fig.10 e)



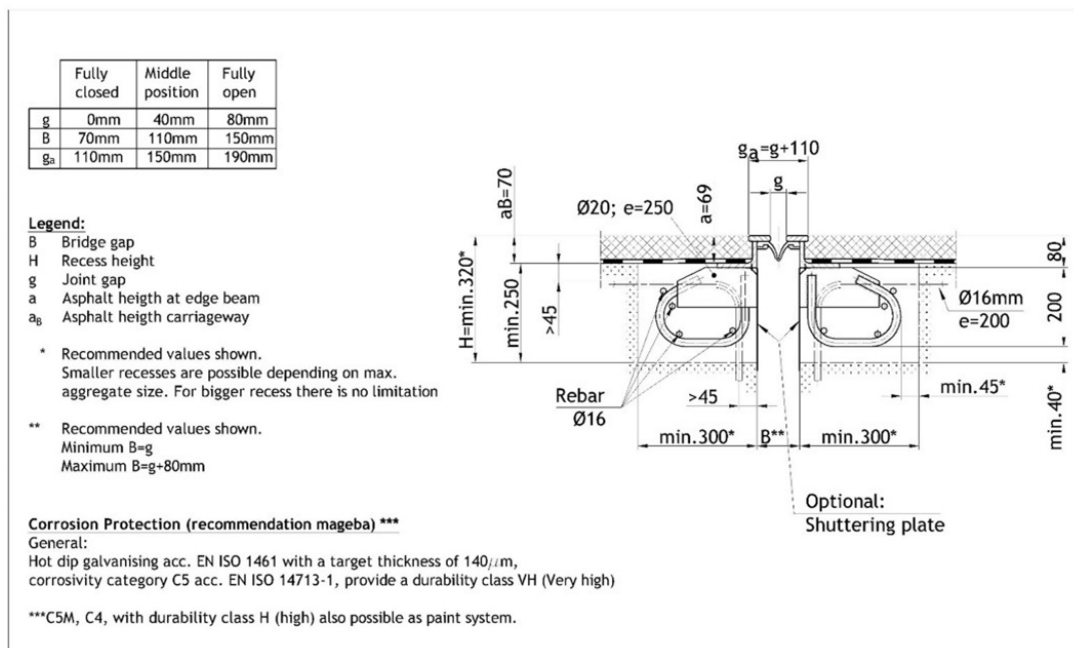
Giunti in acciaio-gomma con piastra ponte ("a soffietto"): I Giunti a soffietto sono costituiti da una serie di elementi metallici disposti in senso trasversale e collegati da idonei profili in gomma (soffietti) che, con la loro deformabilità, assicurano lo sviluppo delle escursioni richieste.

La continuità del piano viabile è assicurata direttamente dagli elementi metallici e in gomma o da una piastra ponte metallica collegata rigidamente a una testata e contrastata sul lato opposto dagli elementi modulari deformabili. Oltre a permettere notevoli escursioni longitudinali, questo tipo di giunto può essere reso idoneo all'assorbimento di scorrimenti trasversali.

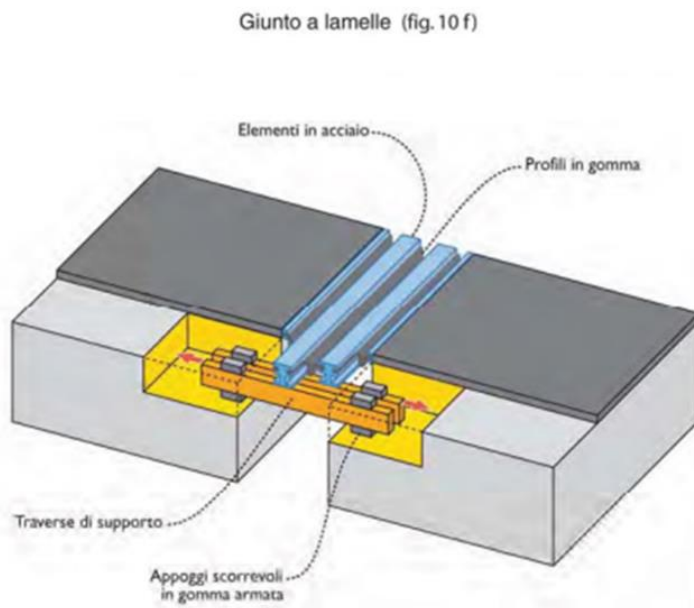


Giunti in acciaio “monolamella”, generalmente costituiti da profilati in acciaio contrapposti, ancorati alla struttura con zanche e getti integrativi di malte o betoncini. Sono completati da un profilo flessibile in elastomero (incollato o vulcanizzato agli elementi metallici), inserito nel varco del giunto, per garantirne la impermeabilizzazione.

Tale tipologia è anche comunemente utilizzata per realizzare giunti sottopavimentazione (la pavimentazione ricopre totalmente il giunto ed è continua sopra di esso).



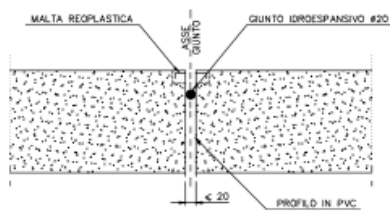
Giunti a piastre lamellari o a “lamelle” costituiti da una serie di profili metallici disposti in senso trasversale e collegati da idonei profili in gomma che, con la loro deformabilità, assicurano lo sviluppo delle escursioni richieste. La continuità del piano viabile è assicurata direttamente dagli elementi metallici trasversali, scorrevoli su travi metalliche, che assicurano lo sviluppo degli scorrimenti richiesti. La ripartizione uniforme dell’interasse delle lamelle deve essere garantita da un sistema cinematico che distribuisce il movimento in parti uguali su ogni lamella.



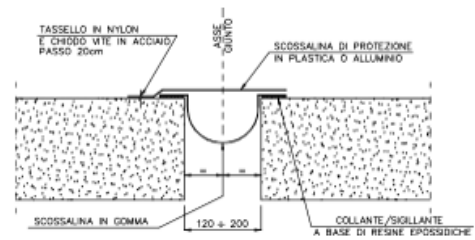
L'impermeabilità del giunto è garantita dai profili in gomma interposti tra le lamelle.

I Giunti longitudinali sono dispositivi atti a raccordare due impalcati adiacenti (ampliamenti di carreggiata) in senso longitudinale al traffico in transito. Per l'installazione del giunto, può essere adottata sia la tipologia in elastomero armato con le prescrizioni sopra riportate, ma con elemento antiskid opportunamente studiato come evidenziato negli elaborati progettuali, sia la tipologia a tampone viscoelastico utilizzando un composto bituminoso in grado di assorbire anche spostamenti verticali.

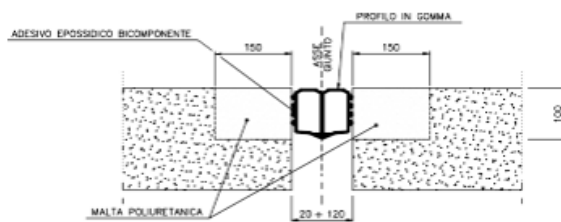
## INSTALLAZIONE DEI GIUNTI LONGITUDINALI



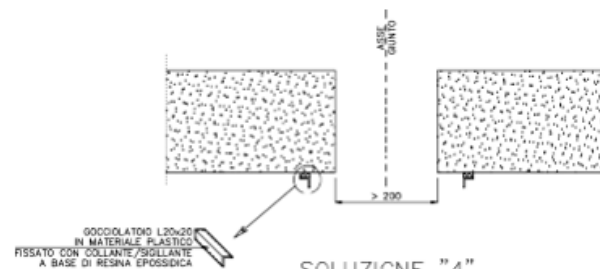
SOLUZIONE "1"



SOLUZIONE "3"



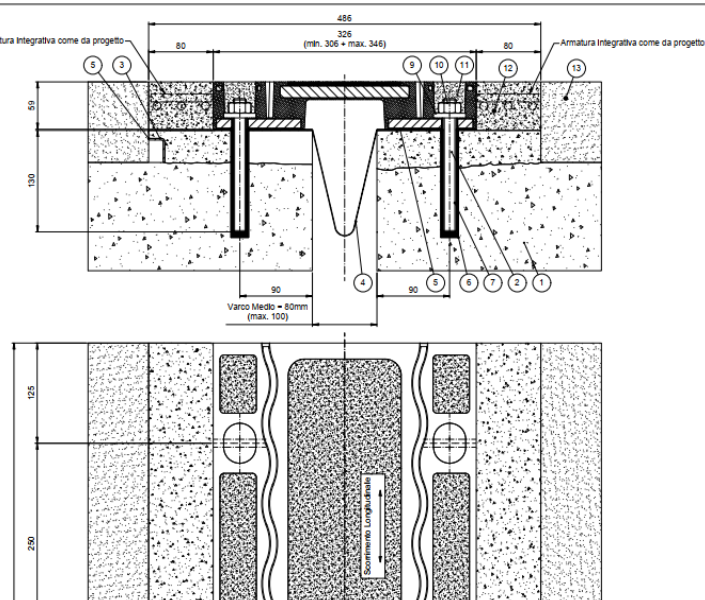
SOLUZIONE "2"



SOLUZIONE "4"

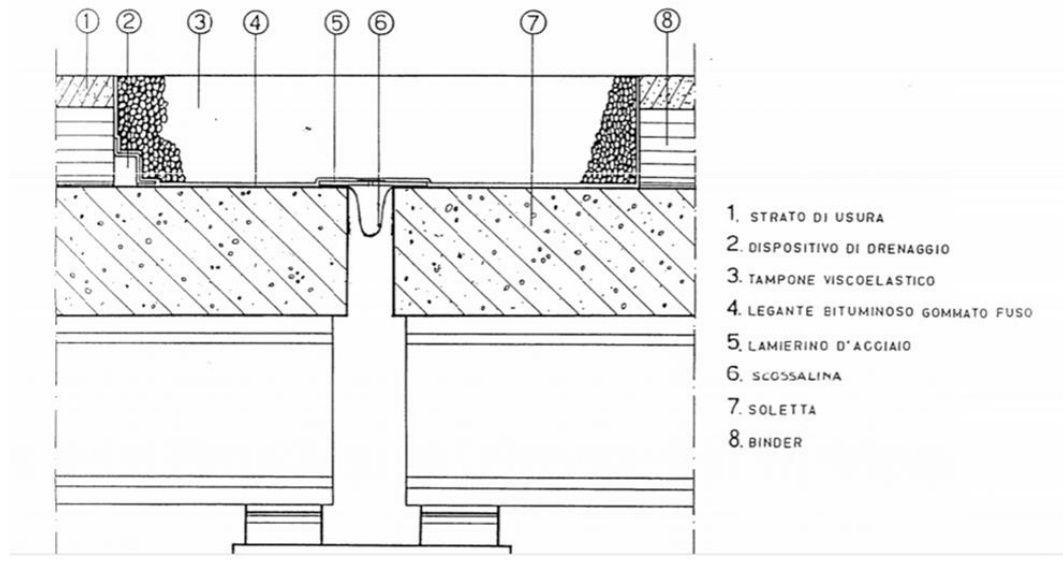
nel caso si adotti la tipologia in elastomero armato, la parte estradossale deve essere conformata per prevenire la mancanza di aderenza (antiskid) da parte del traffico in transito.

Sezione A-A

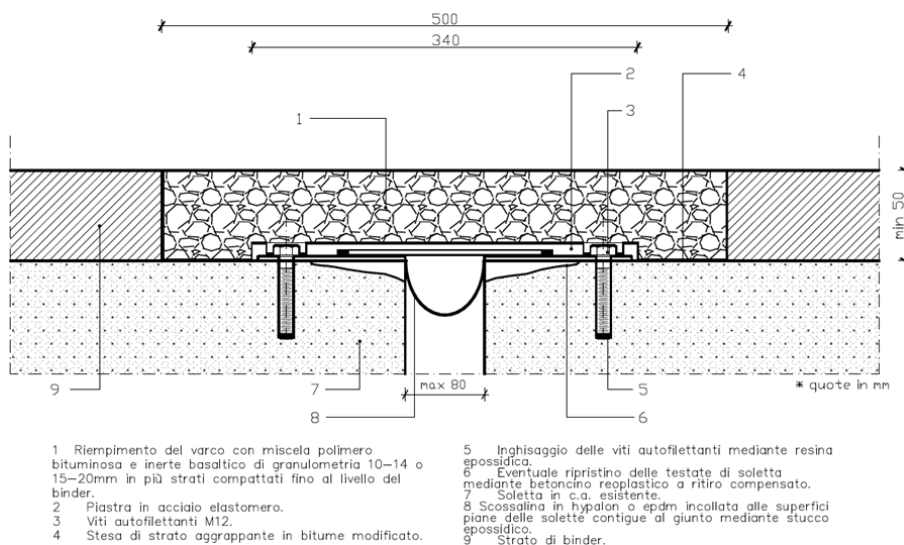


Tipologie di giunto non contemplate nei paragrafi precedenti saranno soggette a preventiva approvazione da parte della Committente.

Giunti a tampone viscoelastico, sono giunti costituiti da un getto in situ di un composto bituminoso flessibile (in grado, cioè di assorbire spostamenti), che assicura anche la continuità del piano stradale. Il sostegno del tampone è garantito da una sottile lamina di acciaio posta a cavallo del varco strutturale, mentre la tenuta idraulica è assicurata da un sistema di drenaggio sottopavimentazione e da un elemento elastico inserito nel varco.



Giunto di sottopavimentazione; è un giunto con tampone tradizionale, ma con il dispositivo di tenuta in acciaio gomma di opportuna robustezza e flessibilità, posto al di sotto del tampone; in questo modo si realizza una ottimizzazione, in termini tecnici ed economici, tra i tradizionali giunti 'a tampone viscoelastico' ed i giunti 'acciaio-gomma' di superficie. Il tampone superiore dà il 'confort' per l'utenza (urti, vibrazioni e rumore limitati, buona continuità di adesione su bagnato); la tenuta 'acciaio-gomma' inferiore dà luogo ad una totale impermeabilità all'acqua del giunto per le strutture sottostanti, unita ad una tenuta al rumore che non viene più trasmesso al di sotto del ponte: Il rumore del traffico è così controllato sopra e sotto l'opera.



**Prove e controlli**

L'Impresa dovrà ottemperare a quanto previsto nella circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n. 2357 del 16/05/96 e successivi aggiornamenti.

L'accettazione delle partite avverrà tramite prove a carico delle Imprese esecutrici eseguite nel laboratorio indicato dalla Società ed accettato dalla D.L..

Qualora la Direzione Lavori rifiuti una qualsiasi provvista come non atta all'impiego, l'Impresa dovrà sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche volute.

I materiali rifiutati dovranno essere allontanati immediatamente dal cantiere a cura e spesa della stessa Impresa.

L'accettazione dei materiali da parte della Direzione Lavori non esime l'Impresa dalla responsabilità circa la buona riuscita delle opere.

**Controlli in corso di montaggio**

I controlli devono essere effettuati dalla Direzione Lavori in contraddittorio con l'Impresa e il Fornitore, secondo la tabella seguente:

| <b>Tabella - Controlli in corso di montaggio</b>                               |                               |                                       |                                                          |                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Tipo di controllo</b>                                                       | <b>Soggetto del controllo</b> | <b>Caratteristiche da controllare</b> | <b>Controllo in accordo con</b>                          | <b>Frequenza</b>                                                                                     |
| <b>Controllo da parte della Direzione Lavori, dell'Impresa e del Fornitore</b> | Fenditura strutturale         | Apertura                              | Dati forniti da Direzione Lavori                         | Ogni giunto                                                                                          |
|                                                                                | Nicchie di alloggiamento      | Dimensioni                            | Disegni forniti dall'Impresa controfirmati dal Fornitore | Ogni giunto                                                                                          |
|                                                                                | Malte, betoncini e resine     | Resistenza a compressione             | UNI 6130<br>UNI 6132                                     | ogni lotto di fornitura non superiore a 100 m di giunto e per ogni tipo di malta, betoncino o resina |
|                                                                                | Tirafondi                     | Coppia di serraggio                   | Disegni forniti dall'Impresa controfirmati dal Fornitore | Ogni tirafondo □                                                                                     |
|                                                                                |                               | Lunghezza di inghisaggio              | Disegni forniti dall'Impresa controfirmati dal Fornitore | Ogni giunto                                                                                          |
|                                                                                | Giunto                        | Preregolazione                        | Dati forniti dalla Direzione Lavori                      | Ogni giunto                                                                                          |
|                                                                                |                               | Temperatura alla posa                 | Dati di progetto                                         | Ogni giunto                                                                                          |

|  |  |                             |                                  |             |
|--|--|-----------------------------|----------------------------------|-------------|
|  |  | Tolleranza di posa in opera | Cap. 28.1.5 delle presenti Norme | Ogni giunto |
|--|--|-----------------------------|----------------------------------|-------------|

Note:

La frequenza di prova potrà essere ridotta al 10% dei tirafondi solo se sarà utilizzata sistematicamente un'idonea attrezzatura semiautomatica che assicuri costantemente il corretto serraggio dei tirafondi (avvitatori elettrici o pneumatici regolabili o chiave dinamometrica).

Nel caso che al controllo della Direzione Lavori il corretto serraggio dei tirafondi non sia accettabile nella percentuale compresa tra il 20% e il 50%, sarà esteso il controllo al 20% dei tirafondi; nel caso in cui al controllo della Direzione Lavori, il corretto serraggio non è accettabile nella percentuale compresa tra il 50% e il 100%, sarà eseguito il controllo su tutti i tirafondi.

### Controlli sui prodotti finiti

I controlli devono essere effettuati dalla Direzione Lavori in contraddittorio con l'Impresa e il Fornitore, secondo la tabella seguente:

| <b>Tabella - Controlli sui prodotti finiti</b>                                 |                                            |                                                                              |                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Tipo di controllo</b>                                                       | <b>Soggetto del controllo</b>              | <b>Controllo in accordo con</b>                                              | <b>Frequenza</b>                                                                                                                  |
| <b>Controllo da parte della Direzione Lavori, dell'Impresa e del Fornitore</b> | Dimensioni                                 | Disegni forniti dall'Impresa controfirmati dal Fornitore                     | In accordo a quanto definito dalla UNI ISO 2859-1-2-3:1993, per il Piano di Campionamento doppio, livello qualitativo L.Q.A. 4%   |
|                                                                                | Durezza (ove applicabile)                  | Disegni forniti dall'Impresa controfirmati dal Fornitore UNI EN ISO 868:1999 | In accordo a quanto definito dalla UNI ISO 2859-1-2-3:1993, per il Piano di Campionamento doppio, livello I qualitativo L.Q.A. 4% |
|                                                                                | Protezione anticorrosiva (ove applicabile) | Disegni forniti dall'Impresa controfirmati dal Fornitore                     | In accordo a quanto definito dalla UNI ISO 2859-1-2-3:1993, per il Piano di Campionamento doppio, livello I qualitativo L.Q.A. 4% |

**Manutenzione dei dispositivi**

Ogni giunto di dilatazione, o se sufficiente ogni tipologia, dovrà essere dotato di un manuale di manutenzione fornito dall'Impresa e controfirmato dal Fornitore, in cui sono indicati modalità, tempistica e frequenza degli interventi di manutenzione ordinaria da eseguirsi sul dispositivo.

In tale manuale dovranno essere riportate anche le procedure da attuare nel caso che si rendessero necessari interventi di manutenzione straordinaria.

**Controllo dell'inquinamento acustico sui giunti**

Per verificare le caratteristiche acustiche dei giunti la Direzione Lavori prescriverà l'esecuzione di una prova finalizzata a misurare l'incremento di rumore dovuto al passaggio del veicolo sul giunto.

Il rumore è, sia quello prodotto verso l'alto rispetto al piano viabile, sia quello prodotto verso il basso, sotto l'intradosso dell'impalcato.

La prova dovrà essere effettuata al fine di:

- omologare preventivamente i giunti;
- verificare la corrispondenza dei giunti installati rispetto a quanto originariamente omologato;
- collaudare il giunto in situ;
- verificare nel tempo il mantenimento delle proprietà acustiche.

La prova andrà effettuata su strada sul giunto installato o anche, se necessario, al di sotto del viadotto.

La velocità del vento durante le misurazioni dovrà essere inferiore a 2 m/s.

La strumentazione di misura dovrà essere conforme a quanto prescritto per i fonometri di classe 1 della norma IEC 651 ovvero CEI 29-1. Se si utilizzano fonometri integratori si dovrà fare riferimento alle norme IEC 831; per i filtri in banda di ottava o terzi di ottava si farà riferimento alla IEC 225.

Le misure di rumore andranno effettuate utilizzando la ponderazione A e la costante di tempo slow.

La sorgente di rumore sarà costituita da un veicolo leggero che transita sul giunto con velocità di 50 km/h.

Per tale prova il microfono ricevitore sarà posto in corrispondenza del giunto ad 1,5 m di altezza dal piano viabile ed un altro microfono sarà posto a 50 m dopo il giunto, entrambi a 4 m di distanza dall'asse del veicolo. La prova andrà eseguita con due microfoni in modo sequenziale, ciascuna per un intervallo di tempo di 2 s relativo al passaggio del veicolo davanti al microfono stesso.

Le rilevazioni andranno effettuate con queste modalità in tratti di strada adiacenti in presenza ed in assenza di giunto ottenendo così i valori dell'incremento di rumore dovuto al giunto come differenza fra le varie letture strumentali.

Ciascuna delle prove previste:

- a) in assenza ed in presenza di giunto con veicolo leggero;
- b) in assenza ed in presenza di giunto con veicolo pesante;

andrà ripetuta almeno 3 volte e il risultato sarà dato dal valore medio dei valori rilevati nei tre passaggi.

Il confronto tra il rumore misurato in presenza del giunto rispetto a quello misurato in assenza del giunto sarà rilevato con il SEL (Sound Exposure Level) espresso in dB (A).

**Art. 34 BARRIERE DI SICUREZZA**

I progetti e le relative esecuzioni devono attenersi rigorosamente a quanto prescritto:

- dal Decreto Ministeriale dei Lavori Pubblici n. 223 del 18 febbraio 1992 recante istruzioni tecniche per la progettazione l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza;
- dal decreto ministeriale 15 ottobre 1996, con il quale sono state aggiornate le istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza;
- dal decreto ministeriale 3 giugno 1998, con il quale sono state nuovamente aggiornate le istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza;
- dal decreto ministeriale 11 giugno 1999, con il quale sono state integrate e modificate alcune disposizioni di carattere amministrativo del decreto 3 giugno 1998 ed apportati alcuni aggiornamenti tecnici a talune disposizioni delle allegate istruzioni;
- dal decreto ministeriale 2 agosto 2001, con il quale è stato modificato il termine di due anni previsto dall'art.3 del decreto 11 giugno 1999 per l'acquisto dell'efficacia operativa delle istruzioni tecniche allegate al decreto 3 giugno 1998, con quello di un anno dalla pubblicazione del medesimo decreto 2 agosto 2001;
- dal decreto ministeriale 23 dicembre 2002, n.3639, con il quale è stato ulteriormente modificato il termine annuale previsto dal citato decreto 2 agosto 2001, con quello di un anno dalla pubblicazione del medesimo decreto 23 dicembre 2002;
- dalla direttiva n.89/106/CEE, e successive modificazioni, relativa al ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri concernenti i prodotti da costruzione; vista la norma UNI EN 1317, parte 1, del maggio 2000, inerente "Terminologia e criteri generali per i metodi di prova" per le barriere di sicurezza stradale;
- dalla norma UNI EN 1317, parte 2, dell'aprile 1998, inerente "Classi di prestazione, criteri di accettazione delle prove d'urto e metodi di prova per le barriere di sicurezza";
- dalla norma UNI EN 1317, parte 3, del gennaio 2002, inerente "Classi di prestazione, criteri di accettabilità basati sulle prove di impatto e metodi di prova per attenuatori d'urto;
- dalla norma UNI EN 1317, parte 4, del maggio 2003, inerente "Classi di prestazione, criteri di accettazione delle prove d'urto e metodi di prova per terminali e transizioni delle barriere di sicurezza";
- dal decreto n. 2367 del 21 giugno 2004 "Aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza e le prescrizioni tecniche per le prove delle barriere di sicurezza stradale".

Le barriere ed i dispositivi, a seconda della loro destinazione ed ubicazione, devono corrispondere a quanto prescritto nelle "Istruzioni Tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali" allegate al Decreto sopracitato e aggiornate periodicamente ai sensi dell'art. 8 del medesimo Decreto.

Le protezioni dovranno essere realizzate secondo quanto previsto dal progetto e con dispositivi che abbiano conseguito il Certificato d'Omologazione rilasciato dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti – Direzione Generale della Motorizzazione e della Sicurezza del Trasporto Terrestre.

In attesa che le disposizioni del D.M. n. 223/92 e s.m.i. acquistino efficacia operativa per tutte le tipologie di dispositivi di sicurezza, per le tipologie per le quali non siano state ancora emanate le circolari previste dall'art. 9 del suddetto decreto ministeriale, potranno essere utilizzati dispositivi omologati ovvero per i quali dovranno essere presentati adeguati rapporti di crash test rilasciati da campi prova dotati di certificazione secondo le norme ISO EN 17025 che certifichino la rispondenza dei dispositivi stessi alle norme UNI EN 1317 parti 1, 2, 3 e 4.

Gli interventi compreso quelli relativi alle barriere amovibili, nonostante la mobilità del sistema, avranno le caratteristiche dell'impianto di tipo "definitivo" per cui il materiale impiegato, in particolare per le barriere metalliche, dovrà essere esclusivamente di nuova produzione.

Ai fini della produzione ed accettazione, tutti i dispositivi di sicurezza, omologati o meno, secondo quanto previsto dal DM n. 223/92 e s.m.i. e delle relative "Istruzioni Tecniche", dovranno essere costruiti da produttori dotati di un sistema di controllo della produzione in fabbrica certificato ai sensi delle norme della serie UNI EN ISO 9000:2005, con specifico riferimento alla produzione di barriere.

Tutti i componenti di un dispositivo di ritenuta devono avere adeguata durabilità mantenendo i loro requisiti prestazionali nel tempo sotto l'influenza di tutte le azioni prevedibili.

Per la produzione di serie delle barriere di sicurezza e degli altri dispositivi di ritenuta, i materiali ed i componenti dovranno avere le caratteristiche costruttive descritte nel progetto del prototipo allegato ai certificati di omologazione, nei limiti delle tolleranze previste dalle norme vigenti o dal progettista del dispositivo all'atto della richiesta di omologazione.

All'atto dell'impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali, le caratteristiche costitutive dei materiali impiegati dovranno essere certificate mediante prove di laboratorio. Dovranno inoltre essere allegate le corrispondenti dichiarazioni di conformità dei produttori alle relative specifiche tecniche di prodotto. Le barriere e gli altri dispositivi di ritenuta omologati ed installati su strada dovranno essere identificati attraverso opportuno contrassegno, da apporre sulla barriera (almeno uno ogni 100 metri di installazione) o sul dispositivo, e riportante la denominazione della barriera o del dispositivo omologato, il numero di omologazione ed il nome del produttore. Una volta conseguita l'armonizzazione della norma EN 1317 e divenuta obbligatoria la marcatura CE, le informazioni da apporre sul contrassegno saranno quelle previste nella stessa norma EN 1317, parte 5.

I dispositivi di sicurezza dovranno essere posati in opera nel rispetto di quanto previsto nel certificato di omologazione, nella documentazione di progetto depositato ai fini dell'ottenimento dell'omologazione, nella documentazione delle prove di crash e nel manuale per l'utilizzo e l'installazione fornito dalla Ditta intestataria del certificato stesso.

Nell'installazione sono tollerate piccole variazioni, rispetto a quanto indicato nei certificati di omologazione, conseguenti alla natura del terreno di supporto o alla morfologia della strada (ad esempio: infissione ridotta di qualche paletto o tirafondo; inserimento di parte dei paletti in conglomerati cementizi di canalette; eliminazione di supporti localizzati conseguente alla coincidente presenza di caditoie per l'acqua o simili). Altre variazioni di maggior entità e comunque limitate esclusivamente alle modalità di ancoraggio del dispositivo di supporto sono possibili solo se previste in progetto, come riportato nell'art.6.

Alla fine della posa in opera dei dispositivi, dovrà essere effettuata una verifica in contraddittorio da parte della ditta installatrice, nella persona del suo Responsabile Tecnico, e da parte del Direttore Lavori anche in riferimento ai materiali costituenti il dispositivo. Tale verifica dovrà risultare da un certificato di corretta posa in opera sottoscritto dalle parti.

Per quanto riguarda le barriere di sicurezza, prima dell'inizio dei relativi lavori, l'appaltatore dovrà trasmettere alla direzione lavori, tra l'altro, la seguente documentazione:

- Marcatura CE e Dichiarazione di prestazione del prodotto (DOP);
- rapporti di crash test secondo la norma UNI EN 1317, parti 1, 2, 3 e 4 rilasciati da campi prova dotati di certificazione secondo la norma ISO EN 17025 ovvero Certificato di omologazione ai sensi del D.M. 21 giugno 2004, o copia conforme, rilasciato dal Ministero della Infrastrutture - Dipartimento per le Infrastrutture Statali, l'Edilizia e la Regolazione dei Lavori Pubblici - Direzione Generale per le Strade ed Autostrade;
- Manuale di montaggio;
- Dichiarazione di conformità della fornitura;
- Prove di laboratorio che certifichino le caratteristiche costitutive dei materiali impiegati e corrispondenti dichiarazioni di conformità dei produttori alle relative specifiche tecniche di prodotto;
- Scheda tecnica dell'ancorante chimico (per le barriere da installare su cordoli in c.l.s.);
- Certificazione del sistema di qualità aziendale della ditta produttrice delle barriere di sicurezza, conforme alle norme della serie EN ISO 9001 e 9002 (la ditta produttrice deve essere certificata);
- Relazioni e dettagli costruttivi di tutti i raccordi previsti in progetto tra barriere da installare, compresi i raccordi con le barriere preesistenti, firmati dal produttore

Tutti i componenti di un dispositivo di ritenuta devono avere adeguata durabilità mantenendo i loro requisiti prestazionali nel tempo sotto l'influenza di tutte le azioni prevedibili.

Le barriere e gli altri dispositivi di ritenuta omologati ed installati su strada dovranno essere identificati attraverso opportuno contrassegno, da apporre sulla barriera (almeno uno ogni 100 metri di installazione) o sul dispositivo, e riportante la denominazione della barriera o del dispositivo omologato, il numero di omologazione ed il nome del produttore.

Al termine dei lavori di installazione dei dispositivi, dovrà essere effettuata una verifica in contraddittorio da parte del Responsabile tecnico della ditta installatrice e del direttore dei lavori anche in riferimento ai materiali costituenti il dispositivo. Tale verifica dovrà risultare da un certificato di corretta posa in opera sottoscritto dalle parti.

Ai fini del collaudo, ai sensi dell'articolo 79, comma 17, D.P.R. 207/2010, applicabile sino alla emanazione delle linee guida previste dall'art. 83 comma 2 del medesimo decreto legislativo, l'Appaltatore dovrà presentare la certificazione del produttore attestante il corretto montaggio e la corretta installazione delle barriere.

### **Barriere metalliche**

I produttori dei dispositivi omologati devono essere specializzati e certificati in qualità aziendale secondo le norme UNI EN ISO 9001.

I materiali componenti i suddetti dispositivi omologati dovranno avere le caratteristiche costitutive descritte nella documentazione presentata per l'omologazione e dovranno essere realizzati con le stesse caratteristiche di cui sopra, risultanti da una dichiarazione di conformità di produzione che nel caso di barriere con componentistica di più origini, dovrà riguardare ogni singolo componente strutturale.

Tale dichiarazione dovrà essere emessa dall'Appaltatore e controfirmata dal Direttore Tecnico della Ditta Produttrice a garanzia della rispondenza del prodotto ai requisiti di cui al "Certificato d'omologazione".

Questa dichiarazione dovrà essere associata, a seconda dei casi, alle altre attestazioni previste dalla normativa vigente in termini di controllo di qualità ed altro. L'accettazione di tutti i materiali sarà regolata, inoltre, anche dalle norme descritte nei successivi articoli.

L'accettazione di tutti i materiali sarà regolata, oltre a quanto stabilito nelle premesse, anche dalle norme descritte nei successivi articoli.

In ogni caso i materiali, prima della posa in opera, dovranno essere riconosciuti idonei ed accettati dalla Direzione dei Lavori; ciò stante l'Impresa resta totalmente responsabile della riuscita delle opere anche per quanto possa dipendere dalla qualità dei materiali stessi.

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di svolgere ispezioni in officina per constatare la rispondenza dei materiali impiegati alle attestazioni nonché la regolarità delle lavorazioni.

La qualità dei materiali sarà verificata tutte le volte che la Direzione Lavori lo riterrà opportuno.

**1) Caratteristiche dell'acciaio.**

L'acciaio impiegato per le barriere dovrà essere esente da difetti come bolle di fusione e scalfitture e di tipo extra, per qualità, spessori e finiture. La qualità deve essere di tipo UNI EN 10025 - S275 JR (ex Fe 430 B UNI 7070), o di qualità UNI EN 10025 - S235 (ex Fe 360 B UNI 7070).

L'acciaio impiegato per la costruzione degli elementi metallici dovrà avere inoltre attitudine alla zincatura, secondo quanto previsto dalle Norme NF A 35-303 : 1994 - Classe 1.

Per ogni partita di materiale impiegato, l'Impresa dovrà presentare un attestato di qualità dell'acciaio rilasciato dalla ferriera di provenienza e sottoscritto dal legale rappresentante del fornitore.

**2) Tolleranze dimensionali.**

Nella costruzione dei profilati d'acciaio formati a freddo si dovranno rispettare le prescrizioni e le tolleranze previste dalle norme UNI EN 10162:2006. Per le tolleranze di spessore, si riterranno validi i valori riportati di seguito:

Lamiere o nastri fino a 3,50 mm - Tolleranza di spessore ammessa  $\pm 0,05$  mm;

Lamiere o nastri da 3,50 mm a 7,00 mm - Tolleranza di spessore ammessa  $\pm 0,10$  mm;

Lamiere o nastri oltre 7,50 mm - Tolleranza di spessore ammessa  $\pm 0,15$  mm.

**3) Unioni bullonate.**

La bulloneria impiegata dovrà essere della classe 8.8 UNI EN 20898-6:1994, UNI EN 20898-2:1994.

**4) Unioni saldate.**

I collegamenti tra elementi metallici da effettuarsi mediante saldatura dovranno essere del tipo a penetrazione ed effettuati nel rispetto dell'articolo 2.5 delle norme CNR UNI 10011/88.

In particolare, l'Impresa, qualora non espressamente descritto nei disegni di progetto, dovrà rispettare le Norme sopra richiamate, tenendo presente di volta in volta, le caratteristiche generali e particolari delle saldature stesse, ivi compresi, qualità e spessori dei materiali, procedimenti, tipi di giunto e classi di saldatura.

**5) Zincatura.**

Il rivestimento delle superfici dei profilati a freddo sarà ottenuto con zincatura a bagno caldo, il quale dovrà presentarsi uniforme, perfettamente aderente, senza macchie, secondo le norme UNI EN ISO 1461:2009.

Le quantità minime di rivestimento di zinco per unità di superficie sono riportate nel prospetto D.1 della suddetta Norma.

Lo zinco impiegato per i rivestimenti dovrà essere di qualità Zn 99,95 UNI EN 1179:1997.

**6) Caratteristiche della rete e dei fili metallici.**

La rete, utilizzata a complemento dei parapetti metallici, sarà realizzata con fili d'acciaio crudo, con resistenza minima unitaria di rottura di 55 kg/mm<sup>2</sup>.

La rete e i fili saranno zincati a caldo secondo le caratteristiche della classe P (zincatura pesante) delle Norme UNI EN 10244-1-2:2003 . In particolare, la quantità minima accettabile della massa di zinco dovrà essere di 230 gr/m<sup>2</sup>.

Il rivestimento protettivo della rete e dei fili sarà costituito da zinco di qualità Zn 99,95 UNI EN 1179:1997, oppure da una lega eutettica di zinco ed alluminio. In questo caso la percentuale d'alluminio presente nella lega non dovrà superare il 5%.

## **Art. 35 SEGNALETICA ORIZZONTALE**

La segnaletica orizzontale avrà valori di rifrangenza richiesti dalla norma per la segnaletica orizzontale, misurati secondo la geometria CEN che prevede:

- Angolo di osservazione 2,29°;
- Angolo di illuminazione 1,24°.

In base alle loro caratteristiche costruttive ed ai loro livelli prestazionali di rifrangenza così come indicate nella Norma UNI EN 1436, la segnaletica orizzontale si divide come indicato nelle seguenti tabelle:

prospetto 1 **Classi di Qd per segnaletica orizzontale asciutta**

| Colore del segnale orizzontale | Tipo di manto stradale | Classe | Coefficiente di luminanza minimo in condizioni di illuminazione diffusa Qd<br>$\text{mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$ |
|--------------------------------|------------------------|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bianco                         | Asfalto                | Q0     | Nessun requisito                                                                                                                |
|                                |                        | Q2     | $Qd \geq 100$                                                                                                                   |
|                                |                        | Q3     | $Qd \geq 130$                                                                                                                   |
|                                |                        | Q4     | $Qd \geq 160$                                                                                                                   |
|                                | Cemento                | Q0     | Nessun requisito                                                                                                                |
|                                |                        | Q3     | $Qd \geq 130$                                                                                                                   |
|                                |                        | Q4     | $Qd \geq 160$                                                                                                                   |
|                                |                        | Q5     | $Qd \geq 200$                                                                                                                   |
| Giallo                         |                        | Q0     | Nessun requisito                                                                                                                |
|                                |                        | Q1     | $Qd \geq 80$                                                                                                                    |
|                                |                        | Q2     | $Qd \geq 100$                                                                                                                   |
|                                |                        | Q3     | $Qd \geq 130$                                                                                                                   |

Nota - La classe Q0 si applica quando la visibilità diurna si ottiene attraverso il valore del fattore di luminanza  $\beta$ , vedere 4.4.

prospetto 2 **Classi di  $R_L$  per segnaletica orizzontale asciutta**

| Tipo e colore del segnale orizzontale |        | Classe           | Coefficiente minimo di luminanza retroriflessa $R_L$<br>$\text{mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$ |
|---------------------------------------|--------|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Permanente                            | Bianco | R0               | Nessun requisito                                                                                          |
|                                       |        | R2 <sup>a)</sup> | $R_L \geq 100$                                                                                            |
|                                       |        | R3 <sup>a)</sup> | $R_L \geq 150$                                                                                            |
|                                       |        | R4 <sup>a)</sup> | $R_L \geq 200$                                                                                            |
|                                       |        | R5 <sup>a)</sup> | $R_L \geq 300$                                                                                            |
|                                       | Giallo | R0               | Nessun requisito                                                                                          |
| Provvisorio                           |        | R1 <sup>a)</sup> | $R_L \geq 80$                                                                                             |
|                                       |        | R3 <sup>a)</sup> | $R_L \geq 150$                                                                                            |
|                                       |        | R4 <sup>a)</sup> | $R_L \geq 200$                                                                                            |
|                                       |        | R0               | Nessun requisito                                                                                          |
|                                       |        | R3 <sup>a)</sup> | $R_L \geq 150$                                                                                            |
|                                       |        | R5 <sup>a)</sup> | $R_L \geq 300$                                                                                            |

Nota- La classe R0 si applica quando la visibilità della segnaletica orizzontale è ottenuta senza retroriflessione in condizioni di illuminazione con i proiettori dei veicoli.

a) In alcuni Paesi queste classi non possono essere mantenute per un limitato periodo dell'anno durante il quale la probabilità di prestazioni inferiori della segnaletica orizzontale è alta a causa della presenza di acqua, polvere, fango, ecc.

prospetto 3 **Classi di  $R_L$  per segnaletica orizzontale in condizioni di bagnato**

| Condizioni di bagnato                                                                                                                  | Classe | Coefficiente minimo di luminanza retroriflessa $R_L$<br>$\text{mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$ |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Come si presenta 1 min dopo l'inondazione della superficie con acqua conformemente a B.6                                               | RW0    | Nessun requisito                                                                                              |
|                                                                                                                                        | RW1    | $R_L \geq 25$                                                                                                 |
|                                                                                                                                        | RW2    | $R_L \geq 35$                                                                                                 |
|                                                                                                                                        | RW3    | $R_L \geq 50$                                                                                                 |
|                                                                                                                                        | RW4    | $R_L \geq 75$                                                                                                 |
| Nota - La classe RW0 riguarda situazioni in cui questo tipo di retroriflessione non è richiesta per ragioni economiche o tecnologiche. |        |                                                                                                               |

prospetto 4 **Classi di  $R_L$  per segnaletica orizzontale in condizioni di pioggia**

| Condizioni di pioggia                                                                                                                  | Classe | Coefficiente minimo di luminanza retroriflessa $R_L$<br>$\text{mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$ |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Come si presenta dopo almeno 5 min di esposizione conformemente a B.7 durante una precipitazione uniforme di 20 mm/h                   | RR0    | Nessun requisito                                                                                              |
|                                                                                                                                        | RR1    | $R_L \geq 25$                                                                                                 |
|                                                                                                                                        | RR2    | $R_L \geq 35$                                                                                                 |
|                                                                                                                                        | RR3    | $R_L \geq 50$                                                                                                 |
|                                                                                                                                        | RR4    | $R_L \geq 75$                                                                                                 |
| Nota - La classe RR0 riguarda situazioni in cui questo tipo di retroriflessione non è richiesta per ragioni economiche o tecnologiche. |        |                                                                                                               |

prospetto 5 **Classi del fattore di luminanza  $\beta$  per segnaletica orizzontale asciutta**

| Colore del segnale orizzontale                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Tipo di manto stradale | Classe                                                                             | Fattore minimo di luminanza $\beta$                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bianco                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Asfalto                | B0<br>B2 <sup>1)</sup><br>B3 <sup>1)</sup><br>B4 <sup>1)</sup><br>B5 <sup>1)</sup> | Nessun requisito<br>$\beta \geq 0,30$<br>$\beta \geq 0,40$<br>$\beta \geq 0,50$<br>$\beta \geq 0,60$ |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Cemento                | B0<br>B3 <sup>1)</sup><br>B4 <sup>1)</sup><br>B5 <sup>1)</sup>                     | Nessun requisito<br>$\beta \geq 0,40$<br>$\beta \geq 0,50$<br>$\beta \geq 0,60$                      |
| Giallo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                        | B0<br>B1 <sup>1)</sup><br>B2 <sup>1)</sup><br>B3 <sup>1)</sup>                     | Nessun requisito<br>$\beta \geq 0,20$<br>$\beta \geq 0,30$<br>$\beta \geq 0,40$                      |
| 1) In alcuni Paesi queste classi non possono essere mantenute per un limitato periodo dell'anno durante il quale la probabilità di prestazioni inferiori della segnaletica orizzontale è alta a causa della presenza di acqua, polvere, fango, ecc.<br>Nota - La classe B0 si applica quando la visibilità di giorno si ottiene attraverso il valore del coefficiente di luminanza in condizioni di illuminazione diffusa $Q_d$ . |                        |                                                                                    |                                                                                                      |

## prospetto 6 Vertici delle regioni di cromaticità per segnaletica orizzontale bianca e gialla

| Vertici                                                                                                                                                   |   | 1     | 2     | 3     | 4     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------|-------|-------|-------|
| Segnaletica orizzontale bianca                                                                                                                            | x | 0,355 | 0,305 | 0,285 | 0,335 |
|                                                                                                                                                           | y | 0,355 | 0,305 | 0,325 | 0,375 |
| Segnaletica orizzontale gialla classe Y1                                                                                                                  | x | 0,443 | 0,545 | 0,465 | 0,389 |
|                                                                                                                                                           | y | 0,399 | 0,455 | 0,535 | 0,431 |
| Segnaletica orizzontale gialla classe Y2                                                                                                                  | x | 0,494 | 0,545 | 0,465 | 0,427 |
|                                                                                                                                                           | y | 0,427 | 0,455 | 0,535 | 0,483 |
| Nota - Le classi Y1 e Y2 di segnaletica orizzontale gialla si riferiscono rispettivamente alla segnaletica orizzontale permanente e a quella provvisoria. |   |       |       |       |       |

## prospetto 7 Classi di resistenza al derapaggio

| Classe | Valore SRT minimo |
|--------|-------------------|
| S0     | Nessun requisito  |
| S1     | $SRT \geq 45$     |
| S2     | $SRT \geq 50$     |
| S3     | $SRT \geq 55$     |
| S4     | $SRT \geq 60$     |
| S5     | $SRT \geq 65$     |

**SEGNALETICA ORIZZONTALE SPARTITRAFFICO ALCHIDICA E ACRILICA PREMISCELATA**

La segnaletica orizzontale in vernice sarà eseguita con apposita attrezzatura traccialinee a spruzzo. I bordi delle strisce, linee arresto, zebraure, scritte, ecc., dovranno risultare nitidi e la superficie verniciata uniformemente coperta.

Le strisce orizzontali dovranno risultare perfettamente allineate con l'asse della strada.

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 gradi °C, il tempo di essiccazione, viscosità, percentuale di pigmento, percentuale di non volatile, peso dei pigmenti organici, del biossido di titanio per litro di pittura gialla o bianca, rispettivamente percentuale in peso delle sfere e percentuale di sfere rotonde, tipo di solvente da usarsi per diluire e quantità raccomandata per l'applicazione della pittura e ogni altro requisito tecnico descritto nei precedenti articoli.

Le pitture posate in opera dovranno soddisfare i requisiti esplicitamente elencati successivamente ed essere conformi alla dichiarazione delle caratteristiche fornite al venditore entro le tolleranze appresso indicate.

Qualora la vernice non risulti conforme ad una o più caratteristiche richieste, l'Amministrazione, a suo insindacabile giudizio, potrà imporre alla Ditta appaltatrice la sostituzione a sua cura e spese, comprese quelle di maneggio e trasporto con altra vernice idonea. Nel corso dei passati anni la committenza ha avuto esperienze negative con alcune tipologie di vernici, con conseguenti contestazioni dei lavori e rifacimento delle opere a carico dell'appaltatore, per questo motivo e a scopo puramente esemplificativo si indica che le vernici acriliche che hanno risposto in maniera soddisfacente ai requisiti e caratteristiche richieste sono la K1000 della GUBELA e la 1433 di Piero della Valentina; si ribadisce perciò che le vernici che verranno utilizzate dovranno ottemperare in maniera equivalente ai requisiti definiti dalle specifiche tecniche e ai risultati sul campo in analogia alla tipologia sopra riportata.

E' facoltà della D.L. prelevare campioni di pittura che saranno sottoposti, presso laboratori autorizzati, a spese della Ditta appaltatrice, a tutte le prove necessarie per stabilire la corrispondenza con quelle indicate successivamente.

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 saranno annotati 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, il quale valore dovrà essere peraltro compreso entro limiti indicati successivamente
- peso per litro: chilogrammi 0,03 in più od in meno di quanto indicato precedentemente.

Nessuna tolleranza e invece ammessa per i limiti indicati per il tempo di essiccazione, la percentuale di sfere di vetro, il residuo volatile ed il contenuto di pigmento.

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 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. La quantità di resina (agente legante) presente nella vernice dovrà essere in percentuale > del 14%.

Per ottenere valori di retroriflessione RL maggiori di quelli normalmente rilevabili, si può procedere alla post spruzzatura di micro sfere di vetro pretrattate con promotore di adesione, aventi la stessa granulometria descritta al punto b) seguente.

#### 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 pigmento organico. Nella vernice alchidica il liquido portante deve essere del tipo oleo-resinoso con parte resinosa sintetica; il fornitore dovrà indicare i solventi contenuti nella vernice. La vernice dovrà essere omogenea, ben macinata e di consistenza liscia ed uniforme, non dovrà fare crosta né diventare gelatinosa od 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, oli 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 mq/kg. (ASTM D 1738); ed il peso solido specifico non dovrà essere inferiore a Kg. 1,50 per litro a 25 gradi °C (ASTM D 1473).

#### b) Caratteristiche delle sfere di vetro.

Le sfere di vetro dovranno essere trasparenti, prive di lattiginosità e di bolle d'aria e almeno per il 90% del peso totale dovranno avere forma sferica con esclusione di elementi ovali, e non dovranno essere saldate insieme.

L'indice di rifrazione non dovrà essere inferiore ad 1,50 determinato secondo il metodo indicato nella norma UNI 9394-89.

Le sfere non dovranno subire alcuna alterazione all'azione di soluzioni acide saponate a pH 5-5,3 e di soluzione normale di cloruro di calcio e di sodio.

La percentuale in peso delle sfere contenute in ogni chilogrammo di vernice prescelta dovrà essere compresa tra il 30 ed il 45%.

Le sfere di vetro (premiscelato) dovranno soddisfare complessivamente alle seguenti caratteristiche granulometriche:

- Setaccio A.S.T.M. % in peso

- Perline passanti per il setaccio n. 70: 100%
- Perline passanti per il setaccio n. 140: 15-55%
- Perline passanti per il setaccio n. 230: 0-10%

c) Idoneità di applicazione.

La vernice dovrà essere adatta per essere applicata sulla pavimentazione stradale con le normali macchine spruzzatrici e dovrà produrre una linea consistente e piena della larghezza richiesta.

d) Quantità di vernice da impiegare e tempo di essiccamento.

La quantità di vernice, applicata a mezzo delle normali macchine spruzzatrici sulla superficie di una pavimentazione bituminosa, in condizioni normali, dovrà essere non inferiore a chilogrammi 0,100 per metro lineare di striscia larga centimetri 12 e di chilogrammi 1,00 per superfici variabili di mq. 1,3 e 1,4.

In conseguenza della diversa regolarità della pavimentazione ed alla temperatura dell'aria tra i 15 gradi °C e 40 gradi °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 di sfregamento delle gomme degli autoveicoli in transito. Il tempo di essiccamento sarà inoltre 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 gradi °C, espressa in unità Krebs, sarà compresa tra 70 e 90 (A.S.T.M D/711-35).

f) Colore.

La vernice dovrà essere conforme al bianco o al giallo richiesto. La determinazione del colore sarà fatta in laboratorio dopo l'essiccamento della stessa per 24 ore. La vernice potrà contenere elemento colorante organico per la vernice di colore giallo e non dovrà scolorire al sole. Il colore dovrà conservare nel tempo, dopo l'applicazione, l'accertamento di tali osservazioni che potrà essere richiesto dalla Stazione Appaltante in qualunque tempo prima del collaudo e che potrà determinarsi con opportuni metodi di laboratorio. La vernice bianca dovrà possedere caratteristiche colorimetriche conformi all'area definita dalla Norma citata nel diagramma colorimetro CIE x,y ed un fattore di luminanza  $\beta$  iniziale pari ad almeno 0,40.

g) Contenuto di pigmenti.

La pittura dovrà contenere pigmenti inorganici (ad eccezione del pigmento giallo) 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 35 ed il 45 % in peso (FTMS 141a-4021.1).

h) Contenuto di pigmenti nobili.

Il contenuto di biossido di titanio (pittura bianca) non dovrà essere inferiore al 14% in peso e i pigmenti gialli organici (vernice gialla) in quantità sufficiente.

i) 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,

j) Prova di rugosità su strada.

Le prove di rugosità potranno essere eseguite su strade nuove in un periodo tra 10° ed il 30° giorno dalla apertura del traffico stradale e su strade esistenti per tutta la durata prevista per la tipologia di vernice.

Le misure saranno effettuate con apparecchio Skid Tester (SRT test) ed il coefficiente ottenuto secondo le modalità d'uso previste dal R.D.L. inglese, non dovrà abbassarsi al di sotto del 85% di quello che presenta pavimentazioni non verniciate nelle immediate vicinanze della zona ricoperta con pitture.

k) Durata ed efficienza della segnaletica in vernice spartitraffico.

Le caratteristiche di cui ai punti precedenti indicano parametri qualitativi dei prodotti da impiegare, che dovranno essere posati in opera seguendo le istruzioni delle case costruttrici degli stessi; in ogni caso la ditta appaltatrice, nella realizzazione della segnaletica orizzontale con pitture spartitraffico, dovrà garantire una efficienza e durata del **segnale orizzontale per un periodo non inferiore a 12 mesi sulla pavimentazione**

**asfaltata e di 8 mesi su pavimentazione in basalto, porfido, granito od altri materiali lapidei.** Nel caso di decolorazione anticipata rispetto il termine indicato, a discrezione e insindacabile giudizio della D.L., l'appaltatore è tenuto al ripristino di quanto già eseguito senza ulteriori riconoscimenti economici ed è soggetto alle penali previste all'art. 17 del presente C.s.A.

**Riepilogo prestazioni minime:**

**Durata minima della segnaletica dei valori riferiti alle prestazioni suddette e previste da norma UNI 1436:**

- Mesi 12

**SEGNALETICA ORIZZONTALE SPARTITRAFFICO ACRILICA POSTSPRUZZATA**

Le seguenti prescrizioni si intendono aggiuntive rispetto alle minime previste all'art. 4.1. La segnaletica orizzontale in vernice sarà eseguita con apposita attrezzatura traccialinee a spruzzo che in successione o simultaneamente dovrà post spruzzare le micro sfere di vetro sulla vernice stesa. Le microsfere di vetro per la postspruzzatura, operazione necessaria per ottenere i valori minimi di retro riflessione notturna previsti, dovranno essere trasparenti, prive di lattiginosità e di bolle d'aria e, almeno per l'80% del peso totale, dovranno avere forma sferica, con esclusione di elementi ovali, e non dovranno essere saldate insieme (UNI EN 1423). L'indice di rifrazione non dovrà essere inferiore ad 1,5 (UNI EN 1423). La granulometria delle microsfere di vetro postspruzzate dovrà essere corrispondente alla granulometria indicata nel prospetto n. 3 della norma UNI EN 1423 (granulometria media). Il dosaggio in microsfere di vetro postspruzzate dovrà essere pari a minimo 300 g/m<sup>2</sup>.

**a) Durata ed efficienza della segnaletica in vernice spartitraffico.**

Le caratteristiche di cui ai punti precedenti indicano parametri qualitativi dei prodotti da impiegare, che dovranno essere posati in opera seguendo le istruzioni delle case costruttrici degli stessi; in ogni caso la ditta appaltatrice, nella realizzazione della segnaletica orizzontale con pitture spartitraffico, dovrà garantire una efficienza e durata del **segnale orizzontale per un periodo non inferiore a 12 mesi sulla pavimentazione asfaltata e di 10 mesi su pavimentazione in basalto, porfido, granito od altri materiali lapidei.** Nel caso di decolorazione anticipata rispetto il termine indicato, a discrezione e insindacabile giudizio della D.L., l'appaltatore è tenuto al ripristino di quanto già eseguito senza ulteriori riconoscimenti economici ed è soggetto alle penali previste all'art. 21 del presente C.s.A.

**Riepilogo prestazioni minime:**

**Durata minima della segnaletica dei valori riferiti alle prestazioni suddette e previste da norma UNI 1436:**

- Mesi 12

**Coefficiente di luminanza retro-riflessa alla luce del giorno o in presenza di illuminazione stradale secondo norma UNI 1436 pari a**

- Segnaletica asciutta      Classe Q3 ( $Q_d \geq 130$ )

**Coefficiente di luminanza retro-riflessa con proiettori dei veicoli secondo norma UNI 1436 pari a**

- Segnaletica asciutta      Classe R3 ( $RL \geq 150$ )
- Segnaletica bagnata      Classe RW2 ( $RL \geq 35$ )
- Segnaletica pioggia      Classe RR2 ( $RL \geq 35$ )

**Coordinate cromatiche, misurate mediante apparecchiature portatili, sul materiale asciutto e posato su asfalto. Tali valori devono trovarsi all'interno della regione definita dalla relativa tabella UNI EN 1436**

**Fattore di luminanza misurato secondo norma UNI 1436 mediante apparecchiature portatili, sul materiale asciutto e posato su asfalto pari a**

- Colore bianco      Classe B3 ( $\beta \geq 0,4$ )
- Colore giallo      Classe B2 ( $\beta \geq 0,3$ )

**Valore di resistenza al derapaggio (espresso in unità SRT) misurato, secondo norma UNI 1436, mediante apparecchiature portatili, pari a Classe S2 ( $SRT \geq 50$ )**

## **SEGNALETICA ORIZZONTALE CON MATERIALI PLASTICI PREFORMATI PERMANENTI**

### **RETRORIFLETTENTI (Elastoplastico)**

La segnaletica orizzontale realizzata in preformato retrorifrangente dovrà attenersi alla normativa di cui all'art. 40 del DLgs. n. 285 del 30/04/1992 e del suo regolamento di esecuzione approvato con D.P.R. n. 495 del 16/ 12/ 1992, in particolare dall'art. 137 al l'art. 155 come modificato dal D.P.R. n. 610 de 16/9/1996.

I laminati elastoplastici sono di tipo autoadesivo, realizzato con polimeri d'alta qualità e contenenti una dispersione di microgranuli ad elevato potere antisdrucchiolo e microsfele con caratteristiche di rifrazione tali da conferire al laminato stesso un alto e continuato potere retroriflettente.

Sono materiali in grado di mantenere i valori di visibilità diurna e notturna ed i valori di antiscivolosità, così come raccomanda la normativa europea. (Norma UNI EN 1436).

Per garantire una buona stabilità del colore ed un ancoraggio ottimale delle microsfele in vetro o in ceramica o prodotto equivalente, il prodotto dovrà essere trattato in superficie con speciali resine. Di seguito le caratteristiche costruttive ed i livelli prestazionali di rifrangenza così come indicato nella Norma UNI EN 1436, dei laminati:

- Classe R5:  
Laminato elastoplastico autoadesivo, con sistema ottico di retroriflessione realizzato con microsfele in ceramica o equivalente ad alto indice di rifrazione (non inferiore a 1,9), trattato con resine poliuretaniche per un miglior ancoraggio delle microsfele stesse. Valore iniziale di retroriflessione non inferiore a 300 millicandele ( $mcd/mq \times lux$ ) misurato secondo la geometria CEN, in accordo alla Norma UNI EN 1436. Valore iniziale di antisdrucchiolo (SRT): classe S3 non inferiore a 55 SRT.

Per migliorare le prestazioni di visibilità notturna, anche in caso di pioggia, e per proteggere le microsfele dall'usura preservandone l'efficienza nel tempo, il sistema ottico responsabile della rifrangenza dovrà essere composto da uno speciale pacchetto che contenga al suo interno le microsfele, più eventuali resine ad alta resistenza.

Il preformato potrà essere posto in opera secondo una delle seguenti modalità:

- ad incasso su pavimentazioni nuove, contestualmente alla stesura dei manti bituminosi;
- a semi incasso, su pavimentazioni nuove, entro 24 ore dalla stesura dei manti bituminosi;
- su pavimentazioni esistenti, mediante l'uso di un primer o preparatore di superficie.

In ogni caso, nella posa di strisce longitudinali (margini e mezzzeria) il suddetto materiale dovrà essere messo in opera mediante l'uso di una macchina applicatrice manuale o automatica.

La Ditta aggiudicataria, verificatane le possibilità d'applicazione secondo le raccomandazioni prescritte, dovrà impegnarsi a garantire il mantenimento dei valori minimi di rifrangenza e di relativa antiscivolosità previsti dalla classe R, secondo quanto prescritto ed in accordo con la Norma UNI - EN 1436.

In ogni caso, la durata minima delle caratteristiche di retroriflessione e di antiscivolosità, con un decremento max del 20% rispetto ai valori indicati per le rispettive classi, che la ditta appaltatrice dovrà garantire per i prodotti posati in opera, sarà rispettivamente di:

- 24 mesi per prodotti di classe R5.

Per questo motivo la Ditta aggiudicataria dovrà presentare un certificato, che dimostri le reali prestazioni nel tempo in un sito di prova controllato o simulato, da dove sia possibile dedurre la reale durata dei prodotti in funzione di: volume di traffico, tipo di strada e pavimentazione. Tali certificati devono far riferimento a situazioni all'interno dell'UE.

La Ditta aggiudicataria dovrà presentare:

- rapporto di prova sui valori di antiscivolosità
- su specifica richiesta dell'Amministrazione dovrà essere presentato certificato comprovante la presenza di microsfele in ceramica o equivalenti (per le Classi R4 e R5);
- certificato di qualità della ditta produttrice del materiale secondo le norme UNI EN ISO 9000.

I certificati di cui al presente articolo, qualora presentati in copia, dovranno essere identificati da parte della Ditta produttrice del materiale con una vidimazione rilasciata in originale alla Ditta appaltatrice, sulla quale dovranno essere riportati gli estremi della Ditta stessa.

Tale vidimazione dovrà essere compiuta in data non anteriore a 30 giorni dalla data di presentazione alla D.L. dei documenti stessi e recare un numero di individuazione.

La presentazione di documenti incompleti o insufficienti o non rispondenti alle norme vigenti e a quelle del presente capitolato, comporterà la non impiegabilità dei prodotti in opera.

#### **Riepilogo prestazioni minime:**

##### **Durata minima dei valori riferiti alle prestazioni suddette e previste da norma UNI 1436:**

- 24 mesi per prodotti di classe R5

##### **Coefficiente di luminanza retro-riflessa alla luce del giorno o in presenza di illuminazione stradale secondo norma UNI 1436 pari a**

- Segnaletica asciutta Classe Q3 ( $Q_d \geq 130$ )

##### **Coefficiente di luminanza retro-riflessa con proiettori dei veicoli secondo norma UNI 1436 pari a**

- Segnaletica asciutta Classe R5 ( $RL \geq 300$ )
- Segnaletica bagnata Classe RW3 ( $RL \geq 50$ )
- Segnaletica pioggia Classe RR3 ( $RL \geq 50$ )

**Coordinate cromatiche, misurate mediante apparecchiature portatili, sul materiale asciutto e posato su asfalto. Tali valori devono trovarsi all'interno della regione definita dalla relativa tabella UNI EN 1436**

**Fattore di luminanza misurato secondo norma UNI 1436 mediante apparecchiature portatili, sul materiale asciutto e posato su asfalto pari a**

- Colore bianco Classe B4 ( $\beta \geq 0,5$ )
- Colore giallo Classe B3 ( $\beta \geq 0,4$ )

**Valore di resistenza al derapaggio (espresso in unità SRT) misurato, secondo norma UNI 1436, mediante apparecchiature portatili, pari a Classe S3 ( $SRT \geq 50$ )**

### **SEGNALETICA ORIZZONTALE CON MATERIALI PLASTICI PREFORMATI PERMANENTI**

#### **RETRORIFLETTENTI (tipo Premark)**

La segnaletica orizzontale realizzata in preformato retrorifrangente dovrà attenersi alla normativa di cui all'art. 40 del DLgs. n. 285 del 30/04/1992 e del suo regolamento di esecuzione approvato con D.P.R. n. 495 del 16/ 12/ 1992, in particolare dall'art. 137 al l'art. 155 come modificato dal D.P.R. n. 610 de 16/9/1996. Dovrà inoltre essere conforme alla normativa Europea EN 1436.

Di seguito sono riportate le principali caratteristiche del prodotto:

| <b>Informazioni tecniche materiale:</b>            |                                                                                                                                                                                                                     |
|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tipo di materiale:                                 | Termoplastico Preformato di tipo I                                                                                                                                                                                  |
| Classi di appartenenza in base alla norma EN 1436: | S3, Q3, R3.                                                                                                                                                                                                         |
| Descrizione prodotto:                              | Il materiale è di natura alchidica. Il materiale è composto da: 20% circa agente legante; 35% circa titanio e riempitivo bianco; 1.0% circa sabbia bianca; 1.0% circa sabbia bianca; 35% circa microsfele di vetro. |
| Utilizzo:                                          | Il prodotto è particolarmente adatto ove sia richiesto il miglior compromesso tra i vari requisiti. Questo prodotto è ideale per utilizzo in ambito urbano.                                                         |
| Materiale superficie:.                             | UCme 850-125 NC 3/1                                                                                                                                                                                                 |
| Gravità specifica:                                 | 2.0 kg/l.                                                                                                                                                                                                           |
| Spessore:                                          | 3.0 mm. (+0.4 1 -0.3).                                                                                                                                                                                              |

|                                      |                                                                                                                                 |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Utilizzo:                            | Su superfici orizzontali in asfalto, cemento, pietra .                                                                          |
| Impatto ambientale:                  | I materiali impiegati sono esenti da fibre di amianto.                                                                          |
| Referenze:                           | Certificazioni in base alla norma EN 1436: BS, NF, Bast (e molte altre).                                                        |
| <b>Prestazioni e movimentazione:</b> |                                                                                                                                 |
| Metodo di applicazione:              | Con bruciatore a gas                                                                                                            |
| Temperatura di applicazione:         | Raccomandata 200 - 230°C*.( <sup>*</sup> tutti gli indicatori di temperatura devono scomparire dalla superficie del materiale). |
| Tempo di essiccazione:               | Max. 10 minuti ad una temperatura di 20° C con leggera brezza.                                                                  |
| Resistenza allo scivolamento:        | > 55 PTV                                                                                                                        |
| Resistenza al derapaggio:            | > 50 SRT                                                                                                                        |
| Retro-riflessione:                   | Appena installato: > 150 mcd/m <sup>2</sup> ·lx .<br>Dopo utilizzo intensivo: > 150 mcd/m <sup>2</sup> ·lx.                     |
| Garanzia e durata:                   | In funzione dello spessore e dell'intensità e del tipo di traffico.                                                             |
| Immagazzinamento:                    | In piano, in luogo asciutto con temperature comprese fra 2° e 32°C.                                                             |

## REQUISITI GENERALI

### SUPERFICIE:

- è compatibile con tutte le superfici in asfalto. In caso di applicazioni su superfici non bituminose (per esempio cemento, autobloccanti e cubetti o lastre di pietra) è importante utilizzare idonei primer a seconda della superficie.
- Il prodotto può essere applicato sopra segnaletica esistente In termoplastico. Assicurarsi di eliminare il materiale rimanente e poi eliminare eventuale umidità e sporco. Non applicare il prodotto su vernice, bi-componente e segnaletica in materiale elastoplastico. E' necessario fresare la segnaletica esistente prima di procedere con l'applicazione del preformato al fine di eliminare precedenti residui delle vernici esistenti.
- La superficie deve essere totalmente asciutta prima dell'applicazione. Eliminare tutta l'umidità dall'area di applicazione utilizzando il bruciatore a gas. La superficie deve essere priva di sporco, polvere, sostanze chimiche e oleose. Eliminare questi elementi utilizzando una scopa, acqua ad alta pressione o effettuando una fresatura come indicato al punto precedente.

### APPLICAZIONE:

#### *Applicazione su asfalto:*

- Pulire accuratamente l'area dell'applicazione rimuovendo sabbia, sporco, sostanze chimiche e oleose. Usate una scopa oppure aria compressa per pulire la superficie.
- Eliminare l'eventuale umidità sulla superficie con il bruciatore a gas.
- Posizionare il materiale sulla superficie della strada con il lato coperto di perline rivolto verso l'alto. Assicurarsi che i singoli pezzi siano posizionati correttamente e non vi siano spazi tra di loro. Qualora siano necessari diversi strati di prodotto (per es. in caso di bande sonore) ogni strato dovrà essere scaldato sul posto separatamente.
- Scaldare il prodotto utilizzando un bruciatore a gas. Per una perfetta applicazione e per essere sicuri di aver scaldato sufficientemente il prodotto, si raccomanda l'utilizzo di una bombola da almeno 10 litri; se la bombola dovesse ghiacciarsi sostituirla. Muovere la fiamma lentamente, ma in modo costante a 10-30 cm dal materiale con un movimento circolare in modo che il calore venga applicato in modo omogeneo. Scaldate fino a quando tutto il materiale è liquido (appr. 200°C).
- Si sarà applicato calore a sufficienza quando i seguenti elementi saranno visibili sulle parti del materiale:
  - Tutte le incisioni dovranno essersi chiuse e non essere più visibili. (Le incisioni sono lunghe 2 cm e sono collocate sistematicamente sul lato superiore del materiale)
  - Il materiale sarà liquido e inizierà a fare delle bolle
  - Il colore del materiale si sarà leggermente Incurito.

- I bordi del materiale si saranno saldati e avranno aderito alla superficie stradale.
- I singoli pezzi si saranno fusi insieme in un unico segnale.
- Un'applicazione di calore insufficiente provocherà un cattivo legame e un'applicazione inadeguata. Se sovrariscaldato, il materiale potrà bruciarsi e macchiarsi, ma questo cambiamento di colore sparirà presto una volta che il materiale sarà esposto al traffico e agli agenti atmosferici. Nota: è necessario prestare particolare attenzione durante l'applicazione di materiale colorato, in quanto i pigmenti organici sono più sensibili al calore. Riscaldare il materiale lentamente, tenendo il bruciatore a gas leggermente più in alto e continuando a muoverlo in modo costante. Se il materiale è scaldato troppo intensamente, i pigmenti organici possono cambiare il colore del materiale in modo irreversibile.
- Durante l'applicazione le microsfere ed il materiale antisdrucchiolo presenti sulla superficie affonderanno nel materiale. Ciò avrà come conseguenza una ridotta retro-riflessione e basso coefficiente antisdrucchiolo iniziali. Qualora siano necessari valori iniziali di retroriflessione e/o effetto antisdrucchiolo alti, è necessario aggiungere la miscela di perline di vetro e materiale antisdrucchiolo immediatamente dopo l'applicazione, mentre il prodotto è ancora caldo.
- Il prodotto si raffredderà e si indurrà entro 5-10 min. dalla fine dell'applicazione a seconda della temperatura dell'aria. Se necessario, il tempo di raffreddamento, può essere diminuito spruzzando acqua fredda o una miscela di perline e del materiale antisdrucchiolo.
- Quando il prodotto si è raffreddato e ha raggiunto quasi la temperatura ambiente, verificare che l'applicazione sia corretta sollevando parti di materiale dalla superficie utilizzando un taglierina o uno scalpello. Questo dovrebbe essere fatto su entrambe i bordi ed effettuando tagli a V nel materiale. Se è possibile sollevare il materiale senza che l'asfalto rimanga attaccato sotto, allora non è stato applicato abbastanza calore. Riapplicare calore fino a quando non si sarà ottenuto un legame adeguato. Il lavoro non è da considerarsi concluso fino a quando non si è ottenuto un legame sufficiente.

***Applicazione su superfici non bituminose:***

- Seguire i primi due commi indicati per l'applicazione su asfalto.
- Applicare idoneo primer (sigillante) sull'intera superficie dove si deve applicare il prodotto. Più la superficie è porosa, più sarà necessario aumentare la quantità di primer impiegato.
- Seguire i commi 3-9 indicati per l'applicazione su asfalto.
- La corretta applicazione del prodotto può essere verificata tramite sollecitazioni meccaniche dei lembi (con taglierina – scalpello) che devono essere di difficile rimozione e a sollecitazioni ripetute deve essere garantita la permanenza di parti del prodotto alla superficie di applicazione.
- Prima di applicare il prodotto su superfici in cemento nuovo, è necessario assicurarsi che questo abbia almeno 7 giorni di vita ed il grado di umidità sia inferiore al 5% .Il grado di umidità può essere misurato con un igrometro per cemento. Generalmente si raccomanda di attendere la completa maturazione del cemento.

***Riepilogo prestazioni minime:***

**Durata minima dei valori riferiti alle prestazioni suddette e previste da norma UNI 1436:**

- 30 mesi

**Coefficiente di luminanza retro-riflessa alla luce del giorno o in presenza di illuminazione stradale secondo norma UNI 1436 pari a**

- Segnaletica asciutta      Classe Q3 ( $Q_d \geq 150$ )

**Coefficiente di luminanza retro-riflessa con proiettori dei veicoli secondo norma UNI 1436 pari a**

- Segnaletica asciutta      Classe R5 ( $R_L \geq 300$ )
- Segnaletica bagnata      Classe RW3 ( $R_L \geq 50$ )
- Segnaletica pioggia      Classe RR3 ( $R_L \geq 50$ )

**Coordinate cromatiche, misurate mediante apparecchiature portatili, sul materiale asciutto e posato su asfalto. Tali valori devono trovarsi all'interno della regione definita dalla relativa tabella UNI EN 1436**

**Fattore di luminanza misurato secondo norma UNI 1436 mediante apparecchiature portatili, sul materiale asciutto e posato su asfalto pari a**

- Colore bianco Classe B4 ( $\beta \geq 0,5$ )
- Colore giallo Classe B3 ( $\beta \geq 0,4$ )

**Valore di resistenza al derapaggio (espresso in unità SRT) misurato, secondo norma UNI 1436, mediante apparecchiature portatili, pari a Classe S3 (SRT  $\geq 55$ )**

### **SEGNALETICA ORIZZONTALE IN MATERIALI TERMOPLASTICI (termo spray e termo colato)**

I prodotti termoplastici utilizzati per la realizzazione della segnaletica orizzontale, dovranno essere sostituiti da aggregati di colore chiaro, microsfere di vetro, pigmenti colorati e sostanze inerti, legate insieme da resine sintetiche termoplastiche nelle proporzioni circa di:

- aggregati e cariche 50%;
- microsfere di vetro inglobate e post spruzzate 30%;
- legante (resine e plastificante): 20%.

Dette proporzioni, da ritenersi valide per il prodotto spruzzato, dovranno essere variate nel caso di posa con procedimenti di estrusione e colatura onde ottimizzare detto procedimento al fine di ottenere gli spessori appresso indicati e garantire la durata e l'efficienza richiesta.

Il peso specifico dei prodotti termoplastici sarà a 20° pari a circa 1,9 g/cmc per il prodotto spruzzato.

Gli spessori delle rispettive pellicole a lavoro ultimato saranno di norma:

- da 1,2 a 1,7 mm. nel caso di prodotto spruzzato;
- da 1,7 a 2,5-3,0 mm. nel caso di prodotto colato.

Oltre alle microsfere contenute premiscelate nel prodotto, sarà effettuata in entrambi i casi una operazione supplementare di perlatura sulla superficie ancora calda della striscia, in ragione di circa q/mq 300 di microsfere di vetro.

Le pigmentazioni saranno ottenute mediante l'impiego di biossido di titanio (colore bianco) oppure da pigmenti organici (colore giallo).

La colorazione dovrà essere stabilita alle temperature di impiego del prodotto e simile a quella già indicata per le pitture spartitraffico rifrangenti.

Caratteristiche chimico fisiche dei prodotti:

- a. Punto di infiammabilità superiore a 230 gradi centigradi.
- b. Punto di rammollimento o di rinvenimento superiore ad 90-95 gradi centigradi.
- c. Antisdrucciolevolezza valore minimo 50 unità SRT
- d. Tempo di indurimento: massimo 30" secondo le norme Americane A.S.T.M. D/711-35.
- e. Visibilità notturna: Valori da normativa di riferimento UNI 1436.
- f. 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 quattro settimane.

La ditta aggiudicataria dell'appalto dovrà realizzare la segnaletica con materiali termoplastici garantendo l'efficienza della medesima per un periodo di 20 mesi nel caso di spessori e tecnica di posa in opera a spruzzo e 30 mesi nel caso di spessori e tecnica di posa a colare.

I periodi indicati sono da intendersi validi per qualsiasi tipo di pavimentazione su cui sarà realizzata la segnaletica, purché non dissestata anche soggetta a traffico intenso e pesante.

Sono previsti due sistemi di applicazione dei prodotti termoplastici, in funzione degli spessori che si richiedono e del tipo di segnaletica che dovrà essere realizzata. In particolare si prevede un'attrezzatura per la stesura a spruzzo del prodotto termoplastico fuso ed una per la stesura del prodotto che fuoriesce da un apposito crogiolo sotto forma di colato plastico.

Con il primo metodo, dovranno essere realizzate solo strisce longitudinali continue e discontinue (marginatori, assi continui e discontinui), con il secondo metodo potrà essere richiesta la realizzazione anche di fasce di arresto, passaggi pedonali, triangoli, scritte e frecce direzionali.

Durante l'applicazione dei prodotti, la Ditta appaltatrice dovrà osservare tutte le prescrizioni dettate dalla casa costruttrice dei materiali termoplastici (pulizia del fondo stradale, temperatura ambiente, umidità ecc.) al fine di durate richiesti dalla segnaletica realizzata.

### **Riepilogo prestazioni minime:**

**Durata minima dei valori riferiti alle prestazioni suddette e previste da norma UNI 1436:**

- Mesi 24

**Coefficiente di luminanza retro-riflessa alla luce del giorno o in presenza di illuminazione stradale secondo norma UNI 1436 pari a**

- Segnaletica asciutta      Classe Q3 ( $Q_d \geq 130$ )

**Coefficiente di luminanza retro-riflessa con proiettori dei veicoli secondo norma UNI 1436 pari a**

- Segnaletica asciutta      Classe R3 ( $RL \geq 150$ )
- Segnaletica bagnata      Classe RW2 ( $RL \geq 35$ )
- Segnaletica pioggia      Classe RR2 ( $RL \geq 35$ )

**Coordinate cromatiche, misurate mediante apparecchiature portatili, sul materiale asciutto e posato su asfalto. Tali valori devono trovarsi all'interno della regione definita dalla relativa tabella UNI EN 1436**

**Fattore di luminanza misurato secondo norma UNI 1436 mediante apparecchiature portatili, sul materiale asciutto e posato su asfalto pari a**

- Colore bianco      Classe B4 ( $\beta \geq 0,5$ )
- Colore giallo      Classe B2 ( $\beta \geq 0,3$ )

**Valore di resistenza al derapaggio (espresso in unità SRT) misurato, secondo norma UNI 1436, mediante apparecchiature portatili, pari a Classe S2 ( $SRT \geq 50$ )**

#### **SEGNALETICA IN MATERIALI PLASTICI A FREDDO (bi componente plastico)**

I prodotti plastici a freddo utilizzati per la realizzazione della segnaletica orizzontale, dovranno essere costituiti da aggregati di colore chiaro, microsfere di vetro, pigmenti colorati e sostanze inerti, legate insieme da resine sintetiche di tipo acrilico nelle proporzioni circa di:

- aggregati: 27%;
- microsfere di vetro inglobate e post spruzzate: 35-38% (indice di rifrazione pari ad almeno 1,8-2,4);
- legante (resine e plastificante): 24%;
- pigmenti: 9%;

Il peso specifico dei prodotti plastici a freddo sarà a 20° pari a circa 1,9 kg/dmc, gli spessori delle rispettive pellicole a lavoro ultimato saranno di norma da 3 a 5 mm.

- Peso prodotto steso = 3,5-3,8 (a discrezione D.L.) kg/mq segnaletica realizzata
- Post semina a mano, prima dell'indurimento del prodotto, per l'intera superficie, di microsfere di vetro di idonea granulometria e indice di rifrazione (UNI EN 1423)
- Eventuale lavorazione a spatola grecata per ottenere una superficie più ruvida e anti scivolosa

Le pigmentazioni saranno ottenute mediante l'impiego di biossido di titanio (colore bianco) oppure da pigmenti organici (colore giallo).

La colorazione dovrà essere stabilita alle temperature di impiego del prodotto e simile a quella già indicata per le pitture spartitraffico rifrangenti.

Caratteristiche chimico fisiche dei prodotti dovranno essere le seguenti:

- Punto di infiammabilità superiore a 250 gradi centigradi.
- Antisdrucciolevolezza: valore minimo 55 unità SRT.
- Tempo di essiccazione: massimo 30'.
- Visibilità notturna: Valori da normativa di riferimento UNI 1436
- 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 quattro settimane.

La ditta aggiudicataria dell'appalto dovrà realizzare la segnaletica con materiali plastici a freddo garantendo l'efficienza della medesima per un periodo di 24 mesi, per qualsiasi tipo di pavimentazione su cui sarà realizzata la segnaletica, purché non disassata anche soggetta a traffico intenso e pesante. Sono previsti vari sistemi di applicazione dei prodotti plastici a freddo, in relazione al tipo di pavimentazione ed al tipo di segnaletica da realizzare: stesura a spatola, stesura con macchina traccialinee o macchina per estrusione; le

garanzie dovranno comunque essere mantenute per qualsiasi metodologia di applicazione. Nel corso dei passati anni la committenza ha avuto esperienze negative con alcune tipologie di prodotti plastici a freddo, con conseguenti contestazioni dei lavori e rifacimento delle opere a carico dell'appaltatore, per questo motivo e a scopo puramente esemplificativo si indica che il prodotto che ha risposto in maniera soddisfacente ai requisiti e caratteristiche richieste è il 2K 33 della ditta GUBELA S.p.A.; si ribadisce perciò che le vernici che verranno utilizzate dovranno ottemperare in maniera equivalente ai requisiti definiti dalle specifiche tecniche e ai risultati sul campo in analogia alla tipologia sopra riportata.

#### **Riepilogo prestazioni minime:**

**Durata minima dei valori riferiti alle prestazioni suddette e previste da norma UNI 1436:**

- Mesi 24

**Coefficiente di luminanza retro-riflessa alla luce del giorno o in presenza di illuminazione stradale secondo norma UNI 1436 pari a**

- Segnaletica asciutta      Classe Q3 ( $Q_d \geq 140$ )

**Coefficiente di luminanza retro-riflessa con proiettori dei veicoli secondo norma UNI 1436 pari a**

- Segnaletica asciutta      Classe R3 ( $RL \geq 150$ )
- Segnaletica bagnata      Classe RW2 ( $RL \geq 35$ )
- Segnaletica pioggia      Classe RR2 ( $RL \geq 35$ )

**Coordinate cromatiche, misurate mediante apparecchiature portatili, sul materiale asciutto e posato su asfalto. Tali valori devono trovarsi all'interno della regione definita dalla relativa tabella UNI EN 1436 (vedi cap. 4 prospetto 6)**

**Fattore di luminanza misurato secondo norma UNI 1436 mediante apparecchiature portatili, sul materiale asciutto e posato su asfalto pari a**

- Colore bianco      Classe B3 ( $\beta \geq 0,4$ )
- Colore giallo      Classe B2 ( $\beta \geq 0,3$ )

**Valore di resistenza al derapaggio (espresso in unità SRT) misurato, secondo norma UNI 1436, mediante apparecchiature portatili, pari a Classe S2 ( $SRT \geq 50$ )**

#### **REALIZZAZIONE DELLA SEGNALETICA ORIZZONTALE**

Tutte le lavorazioni dovranno essere conformi a quanto previsto dal codice della strada e dal regolamento di esecuzione. La durata delle prestazioni richieste per le varie tipologie di vernice sono quelle indicate negli specifici paragrafi. La garanzia si applica in qualunque condizione meteorologica o stagionale siano eseguiti i lavori nonché per qualunque situazione del fondo stradale o qualità di materiali preesistenti, **che in caso di incompatibilità dovranno essere segnalati ai tecnici di Parma Infrastrutture** pena il rifacimento delle stesse a carico dell'appaltatore.

**In merito a tutta la segnaletica orizzontale, ogni qual volta Parma Infrastrutture verificherà, entro i termini di durabilità e rispondenza alle caratteristiche tecniche delle varie tipologie di vernice, che i valori cromatici, la retro-riflettenza e la resistenza al derapaggio, ed individuerà valori non rispondenti al limite prestazionale richiesto, essa emetterà un ordine di servizio per il rifacimento delle strisce usurate o non conformi e ciò a prescindere dall'entità dei lavori da eseguire (che potranno essere anche minimi).**

L'impresa appaltatrice dovrà provvedere al ripristino della segnaletica stradale orizzontale non conforme entro il termine fissato dai tecnici di Parma Infrastrutture e commisurato all'entità dell'intervento. Non esiste un numero di interventi prefissato, tutto è in relazione alla qualità e quantità del prodotto steso. La segnaletica orizzontale sarà eseguita da operai specializzati con macchine a spruzzo o con rulli e dovranno essere conformi alle disposizioni delle leggi e regolamenti vigenti.

#### **MODALITA' DI MISURAZIONE DEI LAVORI E DI CONTABILIZZAZIONE**

La segnaletica orizzontale costituita da linee spartitraffico di larghezza 12 cm, 15 cm, 25 cm e 30 cm saranno misurate a metro lineare per il loro effettivo sviluppo nella pavimentazione con detrazione dei vuoti aventi lunghezza superiore a 1 m.

Le linee di arresto e gli attraversamenti pedonali saranno computati a mq e la relativa area sarà quella effettivamente verniciata. L'esecuzione dei disegni vari, iscrizioni e diciture di qualsiasi genere compreso tutto il tracciamento necessario per eseguirli a perfetta regola d'arte saranno misurati secondo l'area del minimo rettangolo circoscritto.

Le zebraure per isole spartitraffico saranno conteggiate al mq vuoto per pieno con l'assegnato prezzo unitario. Per le frecce fig.438 -a-b a del regolamento del codice della strada la relativa area sarà quella effettivamente verniciata. Le misure saranno prese dall'appaltatore, riportati su appositi moduli all'uopo prestabiliti e presentate giornalmente ai tecnici di Parma Infrastrutture, che potranno effettuare delle azioni di verifica a campione. I moduli saranno firmati dai tecnici di Parma Infrastrutture e dall'Impresa. In caso di discordanza ci sarà una azione in contraddittorio tra Parma infrastrutture o suoi incaricati e l'appaltatore.

La Regione Emilia-Romagna, con Deliberazione di Giunta regionale n. 462 del 27/03/2023, con il concerto del Provveditorato Interregionale per le Opere Pubbliche per la Lombardia e l'Emilia-Romagna, ai sensi del comma 16 dell'articolo 23 del D. Lgs. n. 50/2016 ha approvato e pubblicato nel Bollettino Ufficiale della Regione Emilia-Romagna Telematico (BURERT) del 3 aprile 2023 il "ELENCO REGIONALE DEI PREZZI DELLE OPERE PUBBLICHE DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA - ANNUALITA' 2023" successivamente con determina n. 9700 del 5 maggio 2023 del Responsabile del Settore Governo e Qualità del Territorio sono stati approvati correzioni di errori materiali e miglioramenti lessicali all'elenco regionale dei prezzi delle opere pubbliche 2023. La determinazione è stata pubblicata nel Bollettino Ufficiale della Regione Emilia-Romagna Telematico (BURERT) n. 114 del giorno 8 maggio 2023.

All'interno del prezzario sono riportati i prezzi relativi alla realizzazione delle attività di segnaletica orizzontale e verticale da eseguirsi nel corso di questo appalto; in particolare per quanto riguarda le voci inerenti alla vernice acrilica vengono riportati i quantitativi minimi di vernice da utilizzare, infatti per le voci:

- C01.052.005
- C01.052.010
- C01.052.015
- C01.052.020

Sono indicati dei quantitativi minimi di utilizzo di vernice che variano tra 1,1 kg e gli 1,6 kg per mq di segnaletica orizzontale tracciata.

Considerato che l'incidenza del costo della vernice sul prezzo finale ha un'incidenza significativa, e che difficilmente le quantità indicate nel regionale potranno essere rispettate, si definisce che la modalità di calcolo del prezzo da applicare per la computazione di questo tipo di attività sia:

Prezzo da applicare per la computazione =  $PR - 2 \times (QR - QE) \times LR$

Dove

PR = prezzo riportato nel regionale

QR = quantità di vernice da applicare secondo la voce di elenco prezzi del Regionale

QE = quantità di vernice effettivamente utilizzata in cantiere

LR = larghezza della riga espressa in metri, in caso di tracciamento di metri quadri è uguale a 1

Ad esempio

1. Riga da 15 cm in vernice acrilica di nuovo impianto

Prezzo regionale voce C01.052.005.b = 1,25 €/ml

Quantitativo di vernice previsto dal Regionale 1,6Kg/mq

Quantitativo di vernice effettivamente utilizzato (ipotizzato a scopo esemplificativo) 0,7kg/mq

Prezzo da Applicare =  $1,25 - 2 \times (1,6 - 0,7) \times 0,15 = 0,98 \text{ €/ml}$

2. Metro quadro di pedonale in vernice acrilica di nuovo impianto

Prezzo regionale voce C01.052.015.a = 6,93€/mq

Quantitativo di vernice previsto dal Regionale 1,3Kg/mq

Quantitativo di vernice effettivamente utilizzato (ipotizzato a scopo esemplificativo) 0,7kg/mq

Prezzo da Applicare =  $6,93 - 2 \times (1,3 - 0,7) \times 1 = 5,73 \text{ €/mq}$

## 3. Riga da 15 cm in vernice acrilica ripasso

Prezzo regionale voce C01.052.010.b = 1,03€/ml

Quantitativo di vernice previsto dal Regionale 1,3Kg/mq

Quantitativo di vernice effettivamente utilizzato (ipotizzato a scopo esemplificativo) 0,6kg/mq

Prezzo da Applicare =  $1,03 - 2 \times (1,3 - 0,6) \times 0,15 = 0,82 \text{ €/ml}$ 

## 4. Metro quadro di pedonale in vernice acrilica ripasso

Prezzo regionale voce C01.052.015.b = 5,90€/mq

Quantitativo di vernice previsto dal Regionale 1,1Kg/mq

Quantitativo di vernice effettivamente utilizzato (ipotizzato a scopo esemplificativo) 0,6kg/mq

Prezzo da Applicare =  $5,90 - 2 \times (1,1 - 0,6) \times 1 = 4,90 \text{ €/mq}$ 

Durante il corso delle lavorazioni sarà pertanto necessario procedere a controlli inerenti i quantitativi di vernice effettivamente utilizzati ed in ogni giornata lavorativa dovranno essere consegnate le bolle di carico delle latte di vernice trasportate presso il cantiere e quelle di scarico per quelle eventualmente non utilizzate (eventuali altre metodologie di controllo verranno pattuite durante il corso dell'appalto e saranno comunicate con apposito ordine di servizio). All'atto di emanazione del SAL verrà fatta la media dei consumi di tutte le giornate che dovranno essere contabilizzate.

**VERIFICHE PRESTAZIONI SEGNALETICA ORIZZONTALE**

Oltre alla normale verifica di durata delle vernici, distinte per le varie tipologie ed effettuate visivamente, che se venisse meno prevedrebbe, come già specificato in precedenza, il rifacimento della segnaletica, sono previste, a discrezione della D.L., ulteriori prove di verifica strumentale della rispondenza dei requisiti colorimetrici, di retroriflettenza e di resistenza al derapaggio.

I test, previsti nel numero di giorni 2 (in caso di esito positivo) per tutta la durata dell'appalto, saranno eseguiti a discrezione della DL, in contraddittorio tra ditta e Parma Infrastrutture. Nelle giornate di test, fissate dai tecnici di Parma Infrastrutture, l'impresa dovrà presentarsi con l'opportuna apparecchiatura prevista dalla norma Uni EN 1436/04 e con un operatore per l'esecuzione delle misure. Operatore e strumentazione dovranno essere noleggiati dalla ditta a sua totale spesa presso azienda specializzata che esegue questa tipologia di lavori, individuata fra un elenco di aziende fornite da Parma Infrastrutture. L'Azienda che fornirà la strumentazione e l'operatore per eseguire le misure, dovrà rilasciare alla fine delle prove la seguente documentazione:

- dichiarazione firmata a garanzia della corretta esecuzione delle misure;
- dichiarazione firmata della corretta rettifica dello strumento di misura;
- verbale delle misure eseguite in contraddittorio.

Il numero e la localizzazione dei test da eseguire sono a totale discrezione dei tecnici di Parma Infrastrutture, con un minimo di n°8 prove totali per ogni giorno di verifica per lotto (per la verifica di ogni requisito.) e n°2 per tipologia di vernice utilizzata. I test potranno essere eseguiti in un lasso temporale compreso fra i 60 giorni dalla stesura e la durata minima delle caratteristiche previste per le varie tipologie di vernici.

In caso di non rispondenza ad almeno uno dei requisiti richiesti, l'appaltatore è tenuto al ripristino della segnaletica eseguita nella stessa giornata in cui realizzata quella sottoposta a test. Tale lavorazione sarà obbligatoriamente ri sottoposta a nuovo test a 60 giorni dal suo rifacimento.

Nell'eventualità che **oltre il 50% delle aree interessate dai test**, per ogni giorno di verifica, restituisca valori non conformi a quanto previsto dal presente Capitolato, Parma Infrastrutture provvederà **all'applicazione di una in € 700** per ogni zona di test non risultata conforme e l'appaltatore sarà obbligato, senza il riconoscimento di alcun compenso aggiuntivo, al rifacimento della segnaletica realizzata nella stessa giornata lavorativa e ad effettuare ulteriori n.3 giornate di test da eseguirsi secondo le modalità e tempi indicati da Parma Infrastrutture.

**STRUMENTI DI MISURAZIONE PRESTAZIONI**

Parma Infrastrutture provvederà alla verifica dei requisiti avvalendosi della strumentazione tecnica di seguito riportata, messa a disposizione obbligatoriamente dall'Appaltatore o da chi per esso:

- colorimetro minolta o equivalente
- retroriflettometro zrm 1013 o equivalente
- misuratore di resistenza al derapaggio di tipo portatile ' Skid resistance tester – stanley' o equivalente

#### CANCELLATURA SEGNALETICA ORIZZONTALE

Parma Infrastrutture potrà esigere dalla ditta aggiudicataria, la cancellazione di segnaletica stradale orizzontale esistente di qualsiasi genere, da ottenersi mediante fresatrici meccaniche, atte ad asportare completamente ogni residuo di vernice, con pallinatrici, ecc. non è consentita la copertura con altra vernice ma solamente la **sverniciatura** con idonee metodologie.

Le attrezzature utilizzate per tale operazione dovranno possedere caratteristiche tali da garantire la **perfetta innocuità nei confronti delle pavimentazioni sulle quali verranno eseguite le cancellazioni e la perfetta pulizia del fondo stradale dai materiali asportati.**

Parma Infrastrutture potrà invitare l'appaltatore ad effettuare ulteriori interventi in cancellazione per quella segnaletica che risultasse a suo insindacabile giudizio, non essere perfettamente eliminata. Per tali cancellazioni nessun compenso extra verrà richiesto dall'appaltatore per rifacimenti di operazioni di cancellatura non bene eseguiti.

Nulla è dovuto se tali cancellazioni saranno da attribuirsi ad errori di esecuzione da parte dell'impresa.

### **CAPITOLO III            METODO DI VALUTAZIONE E MISURAZIONE DELLE OPERE**

#### **Art. 36 NORME GENERALI – ONERI RICOMPRESI NEI PREZZI**

I lavori saranno liquidati in base alle norme fissate dal progetto anche se le misure di controllo rilevate dagli incaricati dovessero risultare spessori, lunghezze e cubature effettivamente superiori.

Soltanto nel caso che la Direzione dei lavori abbia ordinato per iscritto maggiori dimensioni se ne terrà conto nella contabilizzazione.

In nessun caso saranno tollerate dimensioni minori di quelle ordinate, le quali potranno essere motivo di rifacimento a carico dell'Impresa.

Le misure saranno prese in contraddittorio a mano a mano che si procederà all'esecuzione dei lavori e riportate su appositi libretti che saranno firmati dagli incaricati dalla Direzione lavori e dall'Impresa.

Quando per il progredire dei lavori, non risulteranno più accertabili o riscontrabili le misurazioni delle lavorazioni eseguite, l'Appaltatore è obbligato ad avvisare la Direzione dei Lavori con sufficiente preavviso.

Se per difetto di ricognizione fatte a tempo debito, talune quantità non fossero esattamente accertate, l'Appaltatore dovrà accettare la valutazione della Direzione Lavori.

I lavori a misura e le somministrazioni per le opere in economia, verranno valutati in base ai prezzi unitari contenuti nell'"Elenco Prezzi", modificati secondo l'offerta.

Nei prezzi devono intendersi compenetrati tutti gli oneri generali e particolari già elencati nel Capitolato, i compensi per le spese generali e particolari, principali e provvisori, ogni onere riflettente le diverse assicurazioni di operai e di cose, ogni trasporto sia con i mezzi ordinari che può offrire la località, sia con il sussidio di quelle che, in relazione alla misura e all'entità del lavoro, l'Impresa è tenuta ad impiegare, tutte le tasse ed imposte presenti e future che l'Impresa deve sopportare per dare le opere finite a regola d'arte intendendosi che le eventuali omissioni nell'indicare ogni singolo onere nella designazione delle opere e delle somministrazioni sono state fatte per brevità e non per eccezione.

Nei prezzi sono compresi tutti gli oneri derivanti dal rispetto e dall'applicazione del Piano di Sicurezza e Coordinamento.

I materiali per le forniture e lavori devono sempre intendersi a piè d'opera, nel luogo indicato dalla Direzione Lavori qualunque esso sia, senza che l'assuntore possa pretendere compensi particolari per i mezzi di trasporto impiegati, di qualunque genere essi siano; lo stesso dicasi per i materiali di scarifica di scavo e di risulta da trasportare via dai lavori.

Nei prezzi dei noli e delle mercedi degli operai si intende compreso l'uso ed il consumo di tutti gli attrezzi del mestiere di cui ciascun operaio deve essere provvisto a sue spese o a quelle dell'Appaltatore.

I Prezzi Unitari dell'Elenco Prezzi assoggettati all'offerta e sotto le condizioni del presente Capitolato, si intendono accettati dall'Appaltatore in base a calcoli di sua convenienza, a tutto suo rischio e quindi sono invariabili e indipendenti da qualsiasi eventualità.

L'Appaltatore non avrà ragione, perciò, di pretendere sovrapprezzi ed indennità speciali di nessun genere per eventuali aumenti di prezzi di assicurazione degli operai, per aumenti di costo dei materiali e della mano d'opera durante l'esecuzione dei lavori, per imposte, scioperi degli operai, emigrazioni, eventuali epidemie,

constatate o non ufficialmente in tempo di appalto e per qualsiasi altra sfavorevole circostanza che potesse verificarsi dopo l'aggiudicazione dei lavori.

Pertanto, così come i lavori, le forniture e le prestazioni di opere dovranno corrispondere perfettamente alle prescrizioni del presente Capitolato, così resta stabilito nel modo più generale che i prezzi dell'annesso elenco servono sia per piccole entità che per lavori particolarmente difficili, compensano tutto quanto occorre per dare le opere complete e perfettamente eseguite a regola d'arte secondo le migliori norme tecniche.

I lavori e le provviste sono appaltati a misura, a peso e a numero, a seconda delle rispettive indicazioni dell'Elenco Prezzi e giuste le norme seguenti.

Nella misura di tutte le opere sarà dedotto ogni vano ed ogni spazio occupato da materiali non formanti oggetto della misura.

La valutazione sarà fatta a seconda delle unità di misura, sotto le quali le singole opere trovansi nell'Elenco Prezzi".

I lavori saranno liquidati in base alle misure effettive delle opere realizzate, sia per larghezza, lunghezza e spessore che verranno di volta in volta, a seconda della progressione del lavoro rilevate in contraddittorio, con l'Impresa e la Direzione Lavori, sul posto.

La Direzione Lavori si riserva, in qualunque momento, la verifica ed eventuale rettifica delle rilevazioni eseguite durante il corso dei lavori sino al compiersi delle operazioni di collaudo.

Saranno riconosciute, seppure autorizzate dalla Direzione Lavori, solamente le prestazioni in economia risultanti dai rapportini giornalieri consegnati, analizzati in contraddittorio e sottoscritti dall'Appaltatore e dalla Direzione Lavori. I rapportini dovranno essere consegnati alla Direzione Lavori al più tardi entro il giorno lavorativo successivo alla giornata in cui le prestazioni sono state effettuate.

Qualora l'Appaltatore non consegnasse entro tale termine i rapportini, dovrà accettare la valutazione della Direzione Lavori.

I lavori saranno contabilizzati e liquidati solo dopo che gli stessi, in seguito al successivo intervento dell'Appaltatore, avranno ottenuto parere favorevole da parte della Direzione Lavori.

## **Art. 37 NORME DI CARATTERE SPECIFICO**

### **Scavi in genere**

Tutti i materiali provenienti dagli scavi sono di proprietà della Società; l'Impresa potrà usufruire dei materiali stessi, sempre che siano riconosciuti idonei dalla Direzione Lavori, limitatamente ai quantitativi necessari all'esecuzione delle opere appaltate e per quelle categorie di lavoro di cui è previsto l'impiego nel progetto. È fatta salva la facoltà riservata alla Direzione Lavori di cederli all'Impresa, addebitandoglieli a norma del Capitolato Generale dello Stato approvato con D.P.R. 16.7.1962 n. 1063. Qualora però di detti materiali non esistesse la voce di reimpiego, questo potrà eventualmente essere desunto dai prezzi offerti dall'Impresa per le forniture di materiali a piè d'opera, diviso per il coefficiente 1,10.

Gli articoli dell'Elenco prezzi relativi agli scavi in genere comprendono tutti gli oneri previsti dalle presenti Norme ed inoltre:

- la perfetta sagomatura dei fossi, la sistemazione di banchine e cassonetti anche in roccia, la configurazione delle scarpate e dei cigli;
- il rinterro intorno alle murature e sopra le condotte, le fognature e i drenaggi;
- gli esaurimenti d'acqua (che saranno contabilizzati solo per gli scavi di fondazione considerati subacquei) compresi gli oneri per il loro trattamento secondo le vigenti norme di legge;
- le prove in laboratorio ed in sito per la verifica dell'idoneità dei materiali da reimpiegare.

Negli scavi in terra è compreso il disfacimento d'eventuali drenaggi in pietrame o in misto granulare, rinvenuti durante i lavori.

Saranno contabilizzati a parte soltanto i trovanti rocciosi, se frantumati, o le fondazioni in muratura, aventi singolo volume superiore a 1,00 m<sup>3</sup>, applicando a tali quantità gli articoli previsti dall'Elenco prezzi per gli scavi in roccia o per le demolizioni di murature, avendole detratte dagli scavi in terra.

### **Scavi di sbancamento**

Tali s'intendono quelli definiti dall'art. 6.4 Si precisa che nel caso degli scavi di sbancamento per impianto d'opere d'arte, non sarà computato il riempimento a ridosso della muratura, gli eventuali drenaggi a tergo della stessa, che l'Impresa dovrà eseguire a propria cura e spese sino a raggiungere la quota del preesistente terreno naturale.

### **Scavo di fondazione**

Tali s'intendono quelli definiti dall'art. 6.5 o ad essi assimilabili.

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 o del terreno naturale quando detto scavo di sbancamento non è effettuato.

Gli scavi di fondazione potranno essere eseguiti, ove ragioni speciali non lo vietino, anche con pareti a scarpata ma, in tal caso, non sarà computato il maggior volume, né degli scavi di fondazione né di quelli di sbancamento.

Solo nel caso che le pareti a scarpata siano ordinate dalla Direzione Lavori, saranno computati i maggiori volumi corrispondenti.

In ogni caso non sarà computato il riempimento a ridosso delle murature o degli eventuali drenaggi a tergo delle stesse, che l'Impresa dovrà eseguire a propria cura e spese, sino a raggiungere la quota dei piani di sbancamento o del preesistente terreno naturale. Saranno individuati inoltre i volumi relativi alle classi di profondità indicate negli articoli d'Elenco prezzi ed a questi saranno applicate le maggiorazioni previste.

Gli scavi di fondazione saranno considerati subacquei, e come tali contabilizzati, solo se eseguiti a profondità maggiori di 20 cm dal livello costante a cui si stabilizzano le acque eventualmente esistenti nel terreno.

Qualora la Direzione Lavori ritenesse opportuno provvedere direttamente all'esaurimento delle acque mediante opere di deviazione o pompaggio, lo scavo sarà contabilizzato com'è eseguito all'asciutto.

Si ribadisce quanto stabilito all'art. 4 delle presenti Norme in ordine alle competenze degli oneri per l'espletamento delle pratiche d'autorizzazione allo scarico nonché per i provvedimenti necessari all'eventuale trattamento delle acque.

**Demolizioni**

La demolizione di murature di qualsiasi genere e di strutture in conglomerato cementizio semplice od armato, normale o precompresso, sarà computata a metro cubo del loro effettivo volume. La demolizione di gabbionate o di materassi in filo di ferro e pietrame sarà computata, sulla base degli effettivi volumi, utilizzando l'articolo d'Elenco prezzi relativo alla demolizione di murature di qualsiasi genere. Tali articoli, che comprendono il trasporto a rifiuto presso discariche idonee alla ricezione dei materiali, si applicano anche per la demolizione entro terra fino alla profondità indicata dalla Direzione Lavori.

La demolizione di fabbricati, di qualsiasi specie e genere, sarà invece computata a metro cubo vuoto per pieno, limitando la misura in altezza dal piano di campagna al livello della gronda del tetto; dovranno essere demoliti, oltre ai pavimenti del piano terreno, anche le fondazioni di qualsiasi tipo fino alla profondità indicata dalla Direzione Lavori.

Compreso l'allontanamento di tutti i materiali di risulta fuori delle pertinenze autostradali, restando il materiale riutilizzabile di proprietà dell'Impresa.

La demolizione integrale d'impalcati d'opere d'arte in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso sarà computato a metro cubo del loro effettivo volume.

Compreso l'allontanamento di tutti i materiali di risulta fuori delle pertinenze autostradali, restando il materiale riutilizzabile di proprietà dell'Impresa.

La demolizione integrale d'impalcati di cavalcavia in conglomerato cementizio armato, normale o precompresso, o a struttura mista in acciaio e conglomerato cementizio armato, su autostrada in esercizio, sarà computata a metro quadrato di superficie effettiva, misurata in proiezione orizzontale.

Compreso l'allontanamento di tutti i materiali di risulta fuori delle pertinenze autostradali, restando il materiale riutilizzabile di proprietà dell'Impresa.

L'asportazione di strati di conglomerato cementizio ammalorato, sia mediante scalpellatura sia con l'impiego di macchine idrodemolitrici, sarà computato misurando lo spessore medio mediante rilievo su un reticolo di lato metri uno.

L'articolo dell'Elenco prezzi per le idrodemolizioni comprende anche gli oneri per l'approvvigionamento dell'acqua occorrente, per l'asportazione del materiale fresato e per la pulizia della superficie risultante.

La demolizione di fondazioni stradali e di pavimentazioni di conglomerato bituminoso sarà contabilizzata con i relativi articoli d'Elenco prezzi.

Nel caso di demolizione parziale di strati di conglomerato bituminoso con impiego di macchina scarificatrice, dovrà essere computata la superficie effettiva per lo spessore medio ottenuto misurando la profondità di fresatura in corrispondenza dei bordi e del centro del cavo.

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

Le demolizioni di pavimentazioni, rivestimenti e tramezzi saranno computate a metro quadrato per la loro effettiva superficie.

Lo smontaggio di manti di copertura, compresa la rimozione dell'orditura portante, il trasporto a rifiuto del materiale non riutilizzabile e l'accatastamento di quello riutilizzabile nei depositi della Società, sarà computato a metro quadrato di proiezione orizzontale delle falde, qualunque sia la loro pendenza.

La rimozione di serramenti di porte e finestre sarà computata a metro quadrato di superficie effettiva.

L'apertura di vani di porte sarà computata a metro quadrato di superficie effettiva, misurata nella luce del vano ultimato.

La spicconatura d'intonaci sarà computata a metro quadrato di superficie misurato vuoto per pieno, salvo la detrazione dei vani di superficie superiore a 4,00 m<sup>2</sup>.

#### **Telo di tessuto non tessuto in poliestere o polipropilene**

Computato a metro quadrato senza tenere conto delle sovrapposizioni longitudinali e trasversali fra i teli; tra gli oneri del relativo articolo d'Elenco prezzi è compresa anche la graffatura.

#### **Formazione di rilevati, riempimenti di cavi e rilevati di precarico**

La computazione del volume della fornitura dei materiali idonei per la formazione di rilevati, provenienti da cave di prestito, risulterà dalla differenza fra:

- il volume totale dei rilevati;
- la somma dei volumi degli scavi contabilizzati e ritenuti idonei al reimpiego dalla Direzione Lavori e dei volumi di materiali di proprietà della Società prelevati da depositi e misurati in opera. Qualora il prelievo dei materiali di proprietà della Società avvenisse da parte dell'Impresa in ambito esterno ai confini di lotto, sarà riconosciuto alla stessa tramite l'applicazione del prezzo corrispondente, l'onere del carico, trasporto e scarico del materiale altrove prelevato. Detto materiale sarà computato dopo la messa in opera tra sezioni note.

Gli articoli, relativi alla formazione di rilevati, di riempimenti, di cavi e di rilevati di precarico comprendono tutti gli oneri previsti dalle presenti Norme ed in particolare:

- prove e sondaggi in laboratorio ed in sito per l'accertamento della idoneità dei materiali;
- l'ottenimento del benessere da parte degli Enti competenti per l'apertura e la coltivazione delle cave, relativamente alla normativa emanata dalle singole Regioni;
- le indennità e/o i canoni relativi al prelievo dei materiali da aree appartenenti a privati, Enti Pubblici, Demanio, ecc.;
- l'apertura di nuove cave e la loro coltivazione, compresa la sistemazione a cavatura ultimata, sulla base dei progetti che la Società e/o la stessa Impresa dovranno redigere, anche in relazione alla normativa emanata dalle singole Regioni.

Nel caso che il progetto debba essere redatto dall'Impresa, dovrà essere sottoposto anche al preventivo benessere della Direzione Lavori.

Nel volume degli scavi da considerarsi agli effetti del bilancio delle terre, dovranno essere tenuti in evidenza anche i materiali provenienti dallo scoticamento del piano di posa dei rilevati, in quanto ritenuti idonei dalla Direzione Lavori e utilizzati in tutto o in parte per la formazione della coltre vegetativa sulle scarpate.

I volumi relativi saranno determinati moltiplicando per 0,20 i metri quadrati contabilizzati con l'articolo relativo alla preparazione del piano di posa dei rilevati.

Nel caso si rendessero necessari volumi di terra vegetale per il rivestimento delle scarpate, eccedenti quelli provenienti dallo scotico del piano di posa dei rilevati, dagli scavi in genere e/o da depositi di materiali di proprietà della Società, la fornitura sarà garantita tramite l'utilizzo di materiale idoneo proveniente da cave di

prestito, che sarà contabilizzata con l'articolo d'Elenco prezzi relativo alla fornitura di materiali idonei per la formazione di rilevati.

La computazione per la sistemazione in rilevato di materiali provenienti da cave, da scavi o da depositi, avverrà misurando il totale volume dei rilevati eseguiti secondo le norme indicate nelle presenti Norme per la formazione della sede dell'autostrada e delle deviazioni di strade statali, provinciali e comunali, nonché degli altri eventuali rilevati per i quali fossero ordinate operazioni analoghe.

Gli articoli dell'Elenco prezzi relativi alle sistemazioni sopracitate prevedono le operazioni, i controlli e le prove tutte prescritte nelle presenti Norme Tecniche.

Si precisa inoltre che nel computo dei volumi dei movimenti di materie, eseguito con il metodo delle sezioni ragguagliate, la sagoma nera è quella del terreno naturale riscontrata all'atto del rilievo, ciò perché lo scavo dello scotico ed il ripristino del piano di campagna saranno contabilizzati con l'articolo per la preparazione del piano di posa dei rilevati.

Nel caso, invece, di scavo di scotico avente una profondità maggiore dei 20 cm previsti dal relativo articolo, le quantità eccedenti saranno contabilizzate con gli articoli per scavi di bonifica e per riempimento dei medesimi mediante i materiali opportuni.

Le gradonature, da eseguirsi al di sotto del piano di scotico per la preparazione del piano di posa dei rilevati, sui terreni con pendenza maggiore del 20% (come prescritto dalle presenti Norme), saranno contabilizzate con l'articolo d'Elenco prezzi relativo allo scavo di sbancamento per gli scavi necessari alla realizzazione dei gradoni e con gli articoli relativi alla fornitura e sistemazione in rilevato per il riempimento dei medesimi.

Nel caso di rilevati misti, a ciascun strato si applicheranno i relativi articoli d'Elenco prezzi, sia per la fornitura sia per la sistemazione in rilevato, secondo il gruppo d'appartenenza delle terre.

La sistemazione in rilevato delle terre costituenti la coltre vegetale di rivestimento delle scarpate sarà contabilizzata con lo stesso articolo dell'Elenco prezzi applicato per il nucleo del rilevato.

L'articolo dell'Elenco prezzi per la sistemazione in rilevato si applicherà anche agli strati di sottofondazione posti in trincea; la preparazione del loro piano di posa, qualora ordinata, sarà contabilizzata con il relativo articolo di Elenco prezzi.

Dal computo dei volumi dei rilevati si deterranno i volumi delle opere d'arte e dei materiali altrimenti contabilizzati.

Non saranno considerati i cedimenti del piano di posa dei rilevati inferiori a 15 cm, essendosi valutati i corrispondenti oneri nel formulare il relativo articolo.

Quando siano prevedibili cedimenti del piano di posa dei rilevati eccedenti i 15 cm, l'Impresa sottoporrà all'approvazione della Direzione Lavori un programma per l'installazione di piastre assestometriche.

La posa in opera delle piastre e la rilevazione degli eventuali cedimenti saranno fatte a cura e spese dell'Impresa, in contraddittorio con la Direzione Lavori.

Saranno computati gli eventuali maggiori volumi di rilevato, fatta eccezione per quelli derivanti dai primi 15 cm di cedimento.

La sistemazione a riempimento di cavi e la formazione di rilevati di precarico saranno misurati in opera e contabilizzati con i relativi articoli di Elenco prezzi; analogamente la eventuale fornitura di materiali idonei

provenienti da cave di prestito per il riempimento di cavi e per i rilevati di precarico, sarà misurata in opera dopo l'addensamento.

Il volume dei materiali, di proprietà della Società, prelevati da depositi, caricati, trasportati e scaricati a rilevato, sarà computato sul materiale misurato in opera dopo la compattazione.

Gli oneri per l'esecuzione dei rilevati di prova, eventualmente richiesti dalla Direzione Lavori, sono a carico dell'Impresa.

L'onere per la stabilizzazione a cemento del rilevato a tergo delle murature e la relativa fornitura del cemento troveranno applicazione nei relativi articoli di Elenco prezzi.

### **Conglomerati cementizi**

I conglomerati cementizi, siano essi di fondazione od in elevazione, semplici od armati, normali o precompressi, saranno computati a volume con metodi geometrici, secondo i corrispondenti tipi e classi, in base alle prescrizioni di cui alle precedenti Norme Tecniche, effettuando le misurazioni di controllo sul vivo, esclusi gli intonaci ove prescritti e dedotti i vani od i materiali di differente natura in essi compenetrati che dovranno essere contabilizzati con i relativi articoli previsti dall'Elenco prezzi. In ogni caso non si dedurranno i volumi del ferro d'armatura, dei cavi per la precompressione ed i vani di volume minore od uguale a 0,20 m<sup>3</sup> ciascuno, intendendosi con ciò compreso l'eventuale maggiore magistero richiesto, anche per la formazione di feritoie regolari e regolarmente disposte.

Le strutture d'impalcato alleggerite con vuoti saranno computate per il volume effettivo di calcestruzzo con la deduzione dei vuoti e le casseforme, in qualsiasi modo realizzate, saranno contabilizzate con i relativi articoli d'Elenco prezzi applicati all'intera superficie bagnata.

Gli articoli d'Elenco prezzi comprendono tutti gli oneri descritti nelle presenti Norme Tecniche ed in particolare:

- la fornitura a piè d'opera di tutti i materiali occorrenti (aggregati, leganti, acqua, aggiunte minerali, additivi aeranti, fluidificanti, superfluidificanti, iperfluidificanti, acceleranti, ritardanti, ecc.); la mano d'opera, i ponteggi e le impalcature, le attrezzature e macchinari per la confezione, l'eventuale esaurimento dell'acqua nei casseri, la sistemazione della carpenteria e delle armature metalliche, l'esecuzione dei getti da effettuare senza soluzione di continuità così da evitare ogni ripresa impiegando anche manodopera su più turni ed in giornate festive; la vibrazione, la predisposizione di fori, tracce, cavità, ammorsature ecc.; la necessità di coordinare le attività qualora la Società dovesse affidare i lavori di protezione superficiale dei conglomerati cementizi a ditte specializzate; il taglio di filo, chiodi, reggette con funzione di legatura di collegamento casseri con la sigillatura degli incavi e la regolarizzazione delle superfici di getto; le prove e i controlli, con la frequenza indicata nelle presenti Norme o prescritta dalla Direzione Lavori e quant'altro occorra per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte.

Non sono compresi negli articoli di cui sopra gli oneri per:

- le casseforme, salvo quelle occorrenti per murature in conglomerato cementizio con paramento in pietrame, magrone, conglomerato cementizio per opere di fondazione;
- le centinature ed armature di sostegno delle casseforme, salvo quelle per getti di luce retta inferiore a quanto indicato nei relativi articoli di Elenco Prezzi;

- gli acciai di armatura;

che verranno contabilizzati con i relativi articoli di Elenco Prezzi.

È previsto inoltre che nel caso di sospensione dei getti per effetto di un periodo di tempo, superiore a 3 giorni consecutivi, in cui la temperatura media giornaliera dell'aria risulti inferiore a  $277^{\circ}\text{K}$  ( $=4^{\circ}\text{C}$ ) e la temperatura dell'aria non superi  $283^{\circ}\text{K}$  ( $=10^{\circ}\text{C}$ ), per più di metà di un periodo di 24 ore, l'Impresa non abbia diritto a nessun risarcimento, come pure non possa richiedere alcun compenso per particolari accorgimenti da adottarsi nel caso di esecuzione di getti a basse temperature.

In merito alla valutazione della penale prevista, nel caso che la resistenza caratteristica riscontrata risultasse minore di non più del 10% rispetto a quella della classe indicata nei calcoli statici e nei disegni di progetto, 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 il lotto non soddisfacente i requisiti, verrà decurtato del 15% del suo valore.

Qualora la resistenza caratteristica riscontrata risulti minore di quella richiesta di più del 10%, 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 dalla Direzione Lavori, d'intesa con il Progettista.

Nessun indennizzo sarà dovuto all'Impresa se la classe di resistenza risulterà maggiore di quella indicata nei calcoli statici e nei disegni di progetto.

Le stesse modalità verranno applicate ai manufatti prefabbricati.

Nelle opere in cui venissero richiesti giunti di dilatazione o contrazione o giunti speciali aperti a cuneo, secondo i tipi approvati dalla Direzione Lavori, l'onere relativo all'esecuzione della sede del giunto compreso quello di eventuali casseforme, s'intende compreso negli articoli di Elenco per le murature in genere ed i conglomerati cementizi.

Quando sia prevista in progetto o venga prescritta dalla Direzione Lavori la solidarizzazione in opera di travi prefabbricate di ponti e viadotti per la costituzione di impalcati continui, il relativo onere deve intendersi compreso nei prezzi di elenco delle singole lavorazioni relative alla costruzione degli impalcati stessi.

Nel caso di ripristino di elementi strutturali, la Direzione Lavori eseguirà in corso d'opera con la frequenza che riterrà opportuna le prove di controllo dei requisiti.

Qualora dalle prove eseguite risultassero valori inferiori di non più del 10% rispetto a quelli indicati nelle presenti Norme Tecniche o previsti in progetto, la Direzione Lavori, d'intesa con il Progettista, effettuerà una verifica della sicurezza statica dell'elemento strutturale soggetto a ripristino/adeguamento.

Nel caso che tale verifica dia esito positivo il materiale verrà accettato ma il valore della lavorazione verrà decurtata del 25% per tutte le superfici ed i volumi su cui si è operato e per tutti i prezzi e sovrapprezzi con cui è stata compensata.

Qualora i valori risultassero minori di oltre il 10% rispetto a quelli richiesti e nel caso in cui sussistano contemporaneamente più difetti, qualunque siano i valori di scostamento riscontrati rispetto alle previsioni progettuali, l'Impresa sarà tenuta a sua totale cura e spese alla rimozione dei materiali già posti in opera ed al loro ripristino.

In caso si evidenziassero microfessure, se l'incidenza dell'area fessurata risulterà inferiore al 20% dell'area totale di intervento, verrà applicata su tali superfici o volumi, la penale del 25% per tutti i prezzi e sovrapprezzi con cui è stato compensato il lavoro risultato non idoneo. Se l'incidenza dell'area fessurata sarà superiore al suddetto 20%, l'Impresa dovrà procedere, a sua cura e spese, alla rasatura e alla protezione della superficie con filmogeni, di tipologia da concordare con la Direzione Lavori, in accordo con il Progettista. Le superfici risonanti a vuoto con il controllo al martello verranno verificate in contraddittorio e su di esse verrà applicata la penale del 25% per tutti i prezzi e sovrapprezzi con cui è stato compensato il lavoro risultato non idoneo, salvo richiesta della Direzione Lavori di far effettuare, a cura e spese dell'Impresa, le asportazioni ed il rifacimento del ripristino delle superfici risonanti.

Nel caso di sistemi protettivi filmogeni, qualora dalle prove eseguite, risultassero valori inferiori rispetto a quelli richiesti, l'Impresa sarà tenuta a sua totale cura e spese alla sostituzione 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" d'idonea graduazione secondo le specifiche dell'ASTM D 4414 (o D 1212);
- per superfici globali da proteggere inferiori a 2000 m2 almeno una serie di 20 misure;
- per superfici globali da proteggere superiori a 2000 m2 almeno una serie di 40 misure;
- la serie di misure sarà, se possibile, omogeneamente distribuita sulla superficie da verificare ed il suo valore medio non dovrà essere minore di quello di progetto. Nel caso risulti un valore medio inferiore allo spessore di progetto, l'Impresa, a sua cura e spese, provvederà ad integrare lo spessore mancante mettendo in atto tutti gli accorgimenti necessari per la buona riuscita dell'integrazione.

### **Casseforme - Armature - Centinature**

Casseforme, armature di sostegno, centinature e varo di travi prefabbricate saranno contabilizzate a parte, solo per quanto sia esplicitamente indicato negli articoli d'Elenco prezzi. Tali articoli d'Elenco prezzi comprendono tutti gli oneri, le forniture e le prestazioni relative a materiali, mano d'opera, noli, armo, disarmo, sfrido, trasporti, disarmanti ecc..

### **Casseforme**

Le casseforme saranno computate in base allo sviluppo delle facce interne a contatto del conglomerato cementizio, ad opera finita.

### **Armature**

Gli oneri per le armature di sostegno delle casseforme per getti in opera di conglomerato cementizio semplice od armato, normale o precompresso, per impalcati, piattabande e travate e quelle di sostegno delle centine per archi o volte, di luce retta fino a 2,00 m, misurata al piano d'imposta lungo l'asse mediano dell'opera, sono compresi negli articoli dell'Elenco Prezzi relativi ai conglomerati cementizi.

Le armature di luce retta superiore a 2,00 m saranno computate per classi di luci, secondo le indicazioni contenute nei relativi articoli dell'Elenco prezzi.

La superficie dell'armatura di ciascuna luce sarà determinata in proiezione orizzontale misurandola in lunghezza, al piano d'imposta lungo l'asse mediano dell'opera, fra i fili interni dei sostegni ed in larghezza, normalmente all'asse mediano dell'opera, fra i fili esterni dell'impalcato.

Quando l'altezza media di ciascuna luce, misurata fra l'intradosso dell'opera (impalcato, piattabanda, travata, sostegno di centine d'archi o volte) ed il piano di campagna in corrispondenza dell'asse mediano dell'opera stessa superi l'altezza di 10 m, si determinerà l'incremento, previsto dagli articoli d'Elenco prezzi per le armature, applicando la maggiorazione in percentuale, per altezze medie delle armature superiori ai 10 m, tante volte quante sono le zone di 5 m eccedenti i primi 10 metri.

Saranno computate anche le armature di sostegno delle casseforme per il getto in opera di conglomerato cementizio di parti aggettanti dalle strutture in elevazione, quali ad esempio le orecchie delle spalle d'opere d'arte e gli sbalzi laterali delle pile.

In questi casi gli articoli saranno contabilizzati applicando quelli corrispondenti a luci convenzionali, uguali a due volte la lunghezza dello sbalzo (misurata lungo il suo asse mediano tra il filo d'incastro ed il filo esterno dello sbalzo stesso) e la superficie alla quale detto articolo dovrà essere applicato sarà quella determinata, in proiezione orizzontale, dalla lunghezza dello sbalzo, misurata come sopra e dalla larghezza misurata normalmente all'asse mediano dello sbalzo.

#### **Acciaio per c.a.**

L'acciaio in barre per armatura di conglomerati cementizi sarà computato in base al peso teorico dei vari diametri nominali indicati nei progetti esecutivi, trascurando le quantità superiori alle indicazioni di progetto, 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 degli acciai sarà determinato con metodo analitico misurando lo sviluppo teorico di progetto d'ogni barra e moltiplicandolo per la corrispondente massa lineica nominale indicata nel prospetto IV della Norma UNI 6407/88.

Essendo equivalenti i diametri e le aree delle sezioni nominali delle barre nervate a quelli delle barre lisce, per la computazione sarà adottata per entrambi la medesima massa lineica nominale.

Per le barre d'acciaio zincato che non soddisfano i requisiti relativi alla prova di Preece per la determinazione dell'uniformità dello spessore dello zinco, sarà applicata una penale di 55 L/Kg (lire cinquantacinque a chilogrammo).

Nel caso che il materiale non risulti idoneo, sarà allontanato dal cantiere, a cura e spese dell'Impresa.

Il peso dell'acciaio per strutture in conglomerato cementizio armato precompresso con il sistema a cavi scorrevoli sarà determinato moltiplicando lo sviluppo teorico di progetto dei cavi, compreso tra le facce esterne degli apparecchi di bloccaggio, per il numero dei fili componenti il cavo e per il peso unitario dei fili stessi, calcolato in funzione del diametro nominale e della massa volumica dell'acciaio di 7,85 kg/dm<sup>3</sup>.

#### **Intonaco - Impermeabilizzazioni - Trattamento impregnante di superfici in conglomerato cementizio - Conglomerato cementizio spruzzato per rivestimento di pareti**

Intonaci verticali, orizzontali, piani o curvi, saranno computati a metro quadrato di superficie effettiva, misurata al civile, detraendo soltanto i vani di superficie superiore a 1,00 m<sup>2</sup>.

I relativi articoli di Elenco prezzi comprendono anche l'onere della esecuzione in più strati; della fornitura e posa in opera di paraspigoli; della chiusura e rifinitura di tracce; della ripresa in corrispondenza di pavimenti, zoccolature, rivestimenti, serramenti, ecc.; della eventuale esecuzione di gusci di raccordo tra pareti e soffitti, se richiesta; della eventuale fornitura di additivi.

L'intonaco ed il trattamento impregnante di superfici in conglomerato cementizio saranno computati per la loro superficie effettiva, piana o curva, senza effettuare detrazioni per vani di superficie inferiore a 1,00 m<sup>2</sup> e senza tenere conto di rientranze o sporgenze dal vivo inferiore a 10 cm.

Il conglomerato cementizio spruzzato per il rivestimento di pareti di pozzi di fondazione, di scavi in genere o di pendici, sarà computato per i volumi convenzionalmente risultanti dalle superfici effettivamente da rivestire per gli spessori teorici previsti.

La rilevazione per il controllo degli spessori medi dovrà essere fatta su un reticolo di un metro di lato.

I relativi articoli di Elenco prezzi comprendono tutti gli oneri ivi richiamati ed inoltre quelli relativi agli eventuali ponteggi ed impalcature occorrenti.

Solo escluso eventuali armature metalliche da contabilizzare a parte con i relativi articoli di Elenco.

### **Conglomerati bituminosi**

I conglomerati bituminosi per gli strati di base, di collegamento (binder) e d'usura saranno computati sulla base delle quantità effettivamente eseguite, senza tenere conto d'eventuali eccedenze rispetto alle quantità teoriche di progetto, sia per quanto si riferisce a volumi e superfici che per gli spessori dei singoli strati.

I relativi articoli dell'Elenco prezzi comprendono tutte le forniture, prestazioni ed oneri in essi richiamati e nelle presenti Norme.

### **Tubazioni, fognature, manufatti**

#### **Generalità**

Gli articoli d'Elenco prezzi relativi alle varie tubazioni: per esalazioni, per scarichi e fognature, comprendono gli oneri per:

- la realizzazione dei giunti, compreso gli accessori quali collanti, manicotti, saldature, collari di presa, raccorderia, ecc.;
- la compenetrazione dei tubi maschio-femmina;
- tagli, sfridi, ecc..

Inoltre, per le tubazioni:

- a) incassate nella muratura: l'apertura e chiusura delle tracce ed eventuali fori per l'attraversamento di pareti e/o solai;
- b) a vista, staffettate alle strutture portanti: i collari, le staffe d'ancoraggio che potranno essere saldate, imbullonate o inghisate alle strutture, compreso gli accessori di posa;
- c) interrate: la selezione del materiale fino, la regolarizzazione del fondo scavo, la preparazione del letto di posa, il rivestimento ed il successivo reinterro con il materiale di risulta.

I pezzi speciali saranno computati ragguagliandoli al tubo di pari diametro, secondo le seguenti misure:

- 1,00 m per curve, gomiti e cappellotti terminali;

- 1,25 m per braghe semplici e giunti a squadra;
- 1,75 m per braghe doppie e giunti a croce;
- 6,00 m per braghe multiple e sifoni;
- 1,00 m del diametro minore per riduzioni.

**Tubazioni in PVC rigido**

Saranno computate a metro di lunghezza effettiva, compresi gli oneri previsti nei relativi articoli d'Elenco Prezzi.

**Tubazioni in polietilene ad alta densità**

Saranno computate a metro di lunghezza effettiva senza tener conto delle compenetrazioni in corrispondenza dei giunti.

I prezzi comprendono e compensano anche gli oneri per l'esecuzione dei giunti e la fornitura di collari e staffe d'ancoraggio, murate, saldate o imbullonate alle strutture portanti.

**Tubi in cemento pressato per fognature**

Saranno computati a metro di lunghezza effettiva, compresi gli oneri previsti nei relativi articoli d'Elenco Prezzi.

**Pozzetti**

a) prefabbricati in c.a.v.:

saranno computati a numero, compresi il collegamento con le tubazioni in entrata ed in uscita e tutti gli altri oneri previsti nei relativi articoli d'Elenco Prezzi.

b) con pareti in muratura:

saranno computati a metro cubo vuoto per pieno; misurazione: in pianta sul filo esterno delle murature; in altezza dal piano di posa della platea di fondo alla sommità della muratura. L'articolo si applica limitatamente a pozzetti aventi volumi, valutati come sopra, compresi fra 2 e 4 m<sup>3</sup>. Compreso anche lo scavo; solo escluso la fornitura e posa in opera del chiusino da contabilizzare con l'articolo relativo.

**Art. 38 CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE DEI CALCESTRUZZI E RELATIVE DETRAZIONI**

Il non rispetto dei valori di consistenza (SLUMP TEST), del contenuto di acqua residua, del contenuto d'aria in fase di stesa dichiarati per lo specifico prodotto comporta il rifiuto del materiale.

Per i materiali costituenti, le caratteristiche compositive, volumetriche e meccaniche della miscela tra inerte, cemento e acqua di impasto, determinate con la prova sul calcestruzzo fresco (checking fresh), la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le eventuali penali da applicare.

Il calcestruzzo, quando il progetto lo prevede e comunque a discrezione della Direzione Lavori può essere prelevato fresco per la creazione di provini sia cubici che cilindrici per la determinazione di diversi valori relativamente alle prove sui calcestruzzi induriti. In base ai valori riscontrati da tali test la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le eventuali penali da applicare.

Se la resistenza a compressione del calcestruzzo viene rilevata nell'ambito di un controllo di conformità, l'interpretazione dei risultati viene effettuata in conformità alla norma EN 206-1, par. 8.2.1.2.

Se la resistenza a compressione del calcestruzzo viene esaminata nel corso di un controllo di identità, si applicano i criteri della norma EN 206-1, allegato B.

Se i valori dei test sulla determinazione della resistenza a compressione fossero inferiori a quanto dichiarato la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le eventuali penali da applicare determinate come segue:

**Riduzione del prezzo =  $1,25 \times (\text{prezzo } R_{ck} \text{ Progetto}) \times (R_{ck} \text{ Progetto} - R_{ck} \text{ Effettivo}) / R_{ck} \text{ Progetto}$**

Nel caso in cui la Direzione Lavori valuti la necessità di procedere al carotaggio di getti di calcestruzzo al fine di verificare la resistenza a compressione effettiva del manufatto si dovrà tenere conto di diversi fattori correttivi da applicare sul valore espresso dalla semplice prova a compressione.

Questi fattori sono:

Coefficiente correttivo della resistenza a compressione ( $F_{H/D}$ ) misurato su carote con rapporto H/D diverso da 1 per la trasformazione nella corrispondente resistenza a compressione cubica

| H/D            | 0,5  | 0,75 | 1 | 1,25 | 1,5  | 1,75 | 2    |
|----------------|------|------|---|------|------|------|------|
| $f_{c-carota}$ |      |      |   |      |      |      |      |
| 15 ÷ 20        | 0,66 | 0,83 | 1 | 1,1  | 1,2  | 1,27 | 1,32 |
| 21 ÷ 35        | 0,7  | 0,84 | 1 | 1,06 | 1,16 | 1,18 | 1,22 |
| 36 ÷ 50        | 0,75 | 0,89 | 1 | 1,04 | 1,08 | 1,1  | 1,12 |

- Fattore correttivo per la presenza di ferro d'armatura  
Questo si determina seguendo le indicazioni sotto

Determinazione Fattore correttivo per la presenza di ferro d'armatura

$$F_{fe} = 1 + (1,5 \times \phi_{Fe}/D \times l/H)$$

Dove:

$\phi_{Fe}$  = è il diametro del ferro d'armatura in mm

D = è il diametro della carota in mm

l = è la distanza tra il ferro d'armatura e la base più vicina della carota in mm

H = è l'altezza della carota in mm

Se non c'è ferro il valore del fattore di correzione è 1

- Fattore di correzione per l'effetto Torsionale del carotaggio  
Questo si determina seguendo le indicazioni sotto

Determinazione del Fattore di correzione per l'effetto Torsionale

| $F_{tor}$               | 1,15    | 1,12    | 1,1     | 1,07    | 1,05    | 1,02    | 1    |
|-------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------|
| $f_{c-carota} (N/mm^2)$ | 10 - 15 | 16 - 20 | 21 - 25 | 26 - 30 | 31 - 35 | 36 - 40 | > 40 |

- Fattore di correzione dato dalla direzione del carotaggio  
Questo si determina seguendo le indicazioni sotto

Determinazione del fattore di correzione dato dalla direzione del carotaggio

| Direzione carotaggio vs getto | PARALLELA | PERPENDICOLARI |               |           |
|-------------------------------|-----------|----------------|---------------|-----------|
| POSIZIONE DI CAROTAGGIO       | -         | 0 ÷ 1/3 h      | 1/3 h ÷ 2/3 h | 2/3 h ÷ h |
| F <sub>dir</sub>              | 1         | 1,05           | 1,075         | 1,1       |

- Fattore correttivo per effetto della temperatura di maturazione in cantiere e dell'età della carota  
Per la determinazione del Fattore correttivo per effetto della temperatura di maturazione in cantiere occorre determinarla da fonti riconosciute.  
Questa correzione si rende necessaria per temperature diverse dai 20°C.  
Inoltre, entra anche in gioco il tempo di maturazione delle carote.

Si utilizza la tabella riportata qui sotto.

| Tempo (gg)       | 1    | 3    | 7    | 21   | 28   | 60   | 90   |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Temperatura (°C) |      |      |      |      |      |      |      |
| 33 ÷ 37          | 0,74 | 0,83 | 0,91 | 1    | 1,11 | 1,11 | 1,11 |
| 28 ÷ 32          | 0,77 | 0,87 | 0,95 | 1,02 | 1,05 | 1,05 | 1,05 |
| 23 ÷ 27          | 0,83 | 0,91 | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    |
| 18 ÷ 22          | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    |
| 13 ÷ 17          | 1,82 | 1,33 | 1,11 | 1,05 | 1    | 0,95 | 0,91 |
| 8 ÷ 12           | 2,86 | 1,82 | 1,33 | 1,25 | 1,18 | 1    | 95   |
| 3 ÷ 7            | 6,67 | 4    | 2,86 | 2,5  | 2,22 | 1,67 | 1,33 |

- Fattore correttivo in funzione dell'età F<sub>t</sub>:

$$F_t = \frac{1}{s \times [1 - (28/t)^{0,5}]}$$

in cui:

t = è il tempo a cui si effettua il carotaggio (t < 28 gg.)

s = è una costante in funzione del tipo di cemento impiegato secondo la tabella sotto:

| TIPO DI CEMENTO | s    |
|-----------------|------|
| CEM 32.5N       | 0,38 |
| CEM 32.5R       | 0,25 |
| CEM 42.5N       | 0,25 |
| CEM 42.5R       | 0,2  |
| CEM 52.5N       | 0,2  |
| CEM 52.5R       | 0,2  |

Quindi:

F<sub>t</sub> = 1 per carote sottoposte a compressione ad età maggiori di 28gg ( t > 28 gg.)

F<sub>t</sub> = 1/exp[s[1-(28/t)<sup>1/2</sup>]]

Quindi la resistenza a compressione Effettiva di una carota è data dalla seguente formula:

$$R_{CK \text{ Effettiva}} = R_{CK \text{ Strumentale}} \times F_{H/D} \times F_{fe} \times F_{tor} \times F_{dir} \times F_t$$

Se tale valore dovesse essere inferiore a quello di progetto la Direzione Lavori valuterà l'accettabilità del conglomerato e le eventuali penali da applicare determinate come segue:

$$\text{Riduzione del prezzo} = 1,25 \times (\text{prezzo } R_{ck} \text{ Progetto}) \times (R_{ck} \text{ Progetto} - R_{ck} \text{ Effettivo}) / R_{ck} \text{ Progetto}$$

#### **Strato di sottofondazione stradale**

Le detrazioni di seguito descritte sono applicate in punti percentuali sul prezzo di aggiudicazione lavori dei materiali sia con sia senza leganti idraulici (preparazione materiale, stesa e compattazione).

Il non rispetto dei valori di portanza ( $M_D$ ) e densità in sito esplicitati dal CSA per lo specifico prodotto comporta una valutazione della Direzione Lavori sull'accettabilità o il rifiuto del materiale.

Nel caso i valori riscontrati in sito fossero inferiori al valore di progetto fino ad un massimo del 20% la Direzione Lavori potrà applicare una detrazione determinata come segue:

$$\text{Riduzione del prezzo} = (\text{prezzo di progetto}) \times (M_D \text{ Progetto} - M_D \text{ Effettivo}) / (M_D \text{ Progetto})$$

Nel caso in cui i valori riscontrati in sito fossero più bassi del 20%, la Direzione Lavori disporrà la rimozione dello strato posato in opera ed il suo rifacimento.

#### **Strato di fondazione stradale**

Le detrazioni di seguito descritte sono applicate in punti percentuali sul prezzo di aggiudicazione lavori dei materiali sia con sia senza leganti idraulici (preparazione materiale, stesa e compattazione).

Il non rispetto dei valori di portanza ( $M_D$ ) e densità in sito esplicitati dal CSA per lo specifico prodotto comporta una valutazione della Direzione Lavori sull'accettabilità o il rifiuto del materiale.

Nel caso i valori riscontrati in sito fossero inferiori al valore di progetto fino ad un massimo del 20% la Direzione Lavori potrà applicare una detrazione determinata come segue:

$$\text{Riduzione del prezzo} = (\text{prezzo di progetto}) \times (M_D \text{ Progetto} - M_D \text{ Effettivo}) / (M_D \text{ Progetto})$$

Nel caso in cui i valori riscontrati in sito fossero più bassi del 20%, la Direzione Lavori disporrà la rimozione dello strato posato in opera ed il suo rifacimento.

---