



# REGIONE TOSCANA

Direzione mobilità, infrastrutture e trasporto pubblico locale  
Settore viabilità regionale ambiti Firenze-Prato e Pistoia

## NUOVO PONTE SUL FIUME ARNO E RELATIVI COLLEGAMENTI VIARI TRA LO SVINCOLO DELLA SGC FI-PI-LI DI LASTRA A SIGNA E DI SIGNA CIG: 95482064DA - CUP: D91B21005300001

### OFFERTA TECNICA



### 01 - ELABORATI GENERALI

Descrizione elaborato

Capitolato speciale di appalto - Parte tecnica

Data

Dicembre 2023

Codice interno	Livello	Ambito	Tipo	Numero	Rev.
23074	PD	GEN	R	03	01

#### Raggruppamento Temporaneo di Imprese:

Mandataria:



**CONSORZIO STABILE  
ON SITE SCARL**  
Via delle Porcellane, 5 - 50019 Sesto  
Fiorentino (FI)  
P. I.V.A.: 07226860489  
E-Mail: [info@consorziostabileonsite.com](mailto:info@consorziostabileonsite.com)

Mandante:



**GIUGLIANO COSTRUZIONI METALLICHE S.r.l.**  
Zona INDUSTRIALE ASI Marcianise Sud  
81025 MARCIANISE (CE)  
P. I.V.A.: 04312731211  
E-Mail: [info@giuglianocostruzionimetalliche.com](mailto:info@giuglianocostruzionimetalliche.com)

#### Redazione Offerta Tecnica e Progetto Definitivo:



**DP INGEENERIA S.R.L.**

Società di Ingegneria Civile

DP INGEENERIA [info@dpingegneria.com](mailto:info@dpingegneria.com) - [www.dpingegneria.com](http://www.dpingegneria.com)

ASSOCIATO



Prof. Ing. Stefano **Pagliara**

Ing. Massimo **Ascoli**

Prof. Ing. Alessandro **Marradi**

Dott. Paolo **Turin**

Consulenza:

Prof. Ing. Nunziante **Squeglia**



## CAPITOLO 1

### QUALITA' E PROVENIENZA DEI MATERIALI MODALITA' DI ESECUZIONE DI OGNI CATEGORIA DI LAVORO ORDINE DA TENERSI NELL'ANDAMENTO DEI LAVORI

#### Art. 1.1

#### QUALITA' E PROVENIENZA DEI MATERIALI

I materiali occorrenti per la costruzione delle opere d'arte provverranno da quelle località che l'Appaltatore riterrà di sua convenienza, purché ad insindacabile giudizio della Direzione dei Lavori siano riconosciuti della migliore qualità della specie e rispondano ai requisiti appresso indicati.

L'appalto non prevede categorie di prodotti ottenibili con materiale riciclato, tra quelle elencate nell'apposito decreto ministeriale emanato ai sensi dell'art. 2, comma 1 lettera d) del D.M. dell'ambiente n. 203/2003.

Quando la Direzione dei Lavori avrà rifiutato qualche provvista perché ritenuta a suo giudizio insindacabile non idonea ai lavori, l'Appaltatore dovrà sostituirla con altra che risponda ai requisiti voluti ed i materiali rifiutati dovranno essere immediatamente allontanati dalla sede del lavoro o dai cantieri a cura e spese dell'Appaltatore.

- a) **Acqua.** - L'acqua per l'impasto con leganti idraulici dovrà essere limpida, priva di sostanze organiche o grassi e priva di sali (particolarmente solfati e cloruri) in percentuali dannose e non essere aggressiva per il conglomerato risultante. Avrà un pH compreso fra 6 ed 8.
- b) **Calce.** - Le calce aeree ed idrauliche dovranno rispondere ai requisiti di accettazione di cui alle norme vigenti.  
La calce grassa in zolle dovrà provenire da calcari puri, essere di recente e perfetta cottura, di colore uniforme, non bruciata, né vitrea, né pigra ad idratarsi ed infine di qualità tale che, mescolata con la sola quantità d'acqua dolce necessaria all'estinzione, si trasformi completamente in una pasta soda a grassetto tenuissimo, senza lasciare residui maggiori del 5% dovuti a parti non bene decarburate, siliciose od altrimenti inerti.  
La calce viva, al momento dell'estinzione, dovrà essere perfettamente anidra; sarà rifiutata quella ridotta in polvere o sfiorita, e perciò si dovrà provvedere la calce viva a misura del bisogno e conservarla comunque in luoghi asciutti e ben riparati dall'umidità.  
L'estinzione della calce viva dovrà farsi con i migliori sistemi conosciuti ed, a seconda delle prescrizioni della Direzione dei Lavori, in apposite vasche impermeabili rivestite di tavole o di muratura. La calce grassa destinata agli intonaci dovrà essere spenta almeno sei mesi prima dell'impiego.
- c) **Leganti idraulici.** - Le calce idrauliche, i cementi e gli agglomeranti cementizi a rapida o lenta presa da impiegare per qualsiasi lavoro, dovranno corrispondere a tutte le particolari prescrizioni di accettazione di cui alle norme vigenti.  
Essi dovranno essere conservati in magazzini coperti su tavolati in legno ben riparati dall'umidità o in sili.
- d) **Pozzolana.** - La pozzolana sarà ricavata da strati mondi da cappellaccio ed esente da sostanze eterogenee o da parti inerti; qualunque sia la sua provenienza dovrà rispondere a tutti i requisiti prescritti dalle norme vigenti.  
Per la misurazione, sia a peso che a volume, dovrà essere perfettamente asciutta.
- e) **Ghiaia, pietrisco e sabbia.** - Le ghiaie, i pietrischi e le sabbie da impiegare nella formazione dei calcestruzzi dovranno corrispondere alle condizioni di accettazione considerate nelle norme di esecuzione delle opere in conglomerato semplice od armato di cui alle norme vigenti.



Le ghiaie ed i pietrischi dovranno essere costituiti da elementi omogenei derivati da rocce resistenti, il più possibile omogenee e non gelive; tra le ghiaie si escluderanno quelle contenenti elementi di scarsa resistenza meccanica, facilmente sfaldabili o rivestite da incrostazioni o gelive.

La sabbia da impiegarsi nelle murature o nei calcestruzzi dovrà essere assolutamente scevra di materie terrose ed organiche e ben lavata. Dovrà essere preferibilmente di qualità silicea proveniente da rocce aventi alta resistenza alla compressione. Dovrà avere forma angolosa ed avere elementi di grossezza variabile da 1 a 5 mm.

La granulometria degli aggregati litici per i conglomerati sarà prescritta dalla Direzione dei Lavori in base alla destinazione, al dosaggio ed alle condizioni della messa in opera dei calcestruzzi. L'Appaltatore dovrà garantire la costanza delle caratteristiche della granulometria per ogni lavoro.

Per i lavori di notevole importanza l'Appaltatore dovrà disporre della serie dei vagli normali atti a consentire alla Direzione dei Lavori i normali controlli.

In linea di massima, per quanto riguarda la dimensione degli elementi dei pietrischi e delle ghiaie questi dovranno essere da 40 a 71 mm per lavori correnti di fondazioni, elevazione, muri di sostegno da 40 a 60 mm se si tratta di volti o getti di un certo spessore da 25 a 40 mm se si tratta di volti o getti di limitato spessore.

Le ghiaie da impiegarsi per formazione di massicciate stradali dovranno essere costituite da elementi omogenei derivati da rocce durissime di tipo costante e di natura consimile fra loro, escludendosi quelle contenenti elementi di scarsa resistenza meccanica o sfaldabili facilmente o gelive o rivestite di incrostazioni.

Il pietrisco, il pietrischetto e la graniglia, secondo il tipo di massicciata da eseguire, dovranno provenire dalla spezzatura di rocce durissime, preferibilmente silicee, a struttura microcristallina, o calcari puri durissimi e di alta resistenza alla compressione, all'urto, all'abrasione, al gelo ed avranno spigolo vivo: e dovranno essere scevri di materie terrose, sabbia o comunque materie eterogenee.

Qualora la roccia provenga da cave nuove o non accreditate da esperienze specifiche di enti pubblici e che per natura e formazione non diano affidamento sulle sue caratteristiche, è necessario effettuare su campioni prelevati in cava, che siano significativi ai fini della coltivazione della cava, prove di compressione e di gelività.

Quando non sia possibile ottenere il pietrisco da cave di roccia, potrà essere consentita per la formazione di esso l'utilizzazione di massi sparsi in campagna o ricavabili da scavi, nonché di ciottoloni o massi ricavabili da fiumi o torrenti sempreché siano provenienti da rocce di qualità idonea.

I materiali suindicati, le sabbie e gli additivi dovranno corrispondere alle norme di accettazione emanate dal Consiglio Nazionale delle Ricerche. Le graniglie saranno quelle indicate nelle norme di buona tecnica per la tipologia edilizia in oggetto.

Di norma si useranno le seguenti pezzature:

- 1) pietrisco da 40 a 71 mm ovvero da 40 a 60 mm, se ordinato, per la costruzione di massicciate all'acqua cilindrate;
- 2) pietrisco da 25 a 40 mm (eccezionalmente da 15 a 30 mm granulometria non unificata) per l'esecuzione di ricarichi di massicciate e per materiali di costipamento di massicciate (mezzanello);
- 3) pietrischetto da 15 a 25 mm per l'esecuzione di ricarichi di massicciate per conglomerati bituminosi e per trattamenti con bitumi fluidi;
- 4) pietrischetto da 10 a 15 mm per trattamenti superficiali, penetrazioni, semipenetrazioni e pietrischetti bitumati;
- 5) graniglia normale da 5 a 20 mm per trattamenti superficiali, tappeti bitumati, strato superiore di conglomerati bituminosi;
- 6) graniglia minuta da 2 a 5 mm di impiego eccezionale e previo specifico consenso della Direzione dei Lavori per trattamenti superficiali; tale pezzatura di graniglia, ove richiesta, sarà invece usata per conglomerati bituminosi.

Nella fornitura di aggregato grosso per ogni pezzatura sarà ammessa una percentuale in peso non superiore al 5% di elementi aventi dimensioni maggiori o minori di quelle corrispondenti ai limiti di prescelta pezzatura, purché, per altro, le dimensioni di tali elementi non superino il limite massimo o non siano oltre il 10% inferiori al limite minimo della pezzatura fissata.

Gli aggregati grossi non dovranno essere di forma allungata o appiattita (lamellare).





**f) Terreni per soprastrutture in materiali stabilizzati.** - Essi debbono identificarsi mediante la loro granulometria e i limiti di Atterberg, che determinano la percentuale di acqua in corrispondenza della quale il comportamento della frazione fina del terreno (passante al setaccio 0,42 mm n. 40 A.S.T.M.) passa da una fase solida ad una plastica (limite di plasticità L.P.) e da una fase plastica ad una fase liquida (limite di fluidità L.L.) nonché dall'indice di plasticità (differenza fra il limite di fluidità L.L. e il limite di plasticità L.P.).

Tale indice, da stabilirsi in genere per raffronto con casi simili di strade già costruite con analoghi terreni, ha notevole importanza.

Salvo più specifiche prescrizioni della Direzione dei Lavori si potrà fare riferimento alle seguenti caratteristiche (Highway Research Board):

- 1) strati inferiori (fondazione): tipo miscela sabbia-argilla: dovrà interamente passare al setaccio 25 mm ed essere almeno passante per il 65% al setaccio n. 10 A.S.T.M.; il detto passante al n. 10, dovrà essere passante dal 55 al 90% al n. 20 A.S.T.M., dal 35 al 70% passante al n. 40 A.S.T.M. e dal 10 al 25% passante al n. 200 A.S.T.M.;
- 2) strati inferiori (fondazione): tipo di miscela ghiaia o pietrisco, sabbia ed argilla: dovrà essere interamente passante al setaccio da 71 mm ed essere almeno passante per il 50 % al setaccio da 10 mm, dal 25 al 50% al setaccio n. 4, dal 20 al 40% al setaccio n. 10, dal 10 al 25% al setaccio n. 40 e dal 3 al 10% al setaccio n. 200.
- 3) negli strati di fondazione, di cui ai precedenti paragrafi 1) e 2), l'indice di plasticità non deve essere superiore a 6, il limite di fluidità non deve superare 25 e la frazione passante al setaccio n. 200 A.S.T.M. deve essere preferibilmente la metà di quella passante al setaccio n. 40 e in ogni caso non deve superare i due terzi di essa.
- 4) strato superiore della sovrastruttura: tipo miscela sabbia-argilla: valgono le stesse condizioni granulometriche di cui al paragrafo 1);
- 5) strato superiore della sovrastruttura: tipo della miscela ghiaia o pietrisco, sabbia ed argilla: deve essere interamente passante dal setaccio da 25 mm ed almeno il 65% al setaccio da 10 mm, dal 55 all'85% al setaccio n. 4, dal 40 al 70% al setaccio n. 10, dal 25 al 45% al setaccio n. 40 e dal 10 al 25% al setaccio n. 200;
- 6) negli strati superiori 4) e 5) l'indice di plasticità non deve essere superiore a 9 né inferiore a 4; il limite di fluidità non deve superare 35; la frazione di passante al setaccio n. 200 deve essere inferiore ai due terzi della frazione passante al n. 40.

Inoltre è opportuno controllare le caratteristiche meccaniche delle miscele con la prova C.B.R. (Californian bearing ratio) che esprime la portanza della miscela sotto un pistone cilindrico di due pollici di diametro, con approfondimento di 2,5 ovvero 5 mm in rapporto alla corrispondente portanza di una miscela tipo. In linea di massima il C.B.R. del materiale, costipato alla densità massima e saturato con acqua dopo 4 giorni di immersione e sottoposto ad un sovraccarico di 9 kg, dovrà risultare per gli strati inferiori non inferiore a 30 e per i materiali degli strati superiori non inferiore a 70. Durante l'immersione in acqua non si dovranno avere rigonfiamenti superiori allo 0,5%.

**g) Detrito di cava o tout-venant di cava o di frantoio.** - Quando per gli strati di fondazione della sovrastruttura stradale sia disposto l'impiego di detriti di cava, il materiale deve essere in ogni caso non suscettibile all'azione dell'acqua (non solubile non plasticizzabile) ed avere un potere portante C.B.R. (rapporto portante californiano) di almeno 40 allo stato saturo. Dal punto di vista granulometrico non sono necessarie prescrizioni specifiche per i materiali teneri (tufi, arenarie) in quanto la loro granulometria si modifica e si adegua durante la cilindratura; per materiali duri la granulometria dovrà essere assortita in modo da realizzare una minima percentuale dei vuoti: di norma la dimensione massima degli aggregati non deve superare i 10 cm.

Per gli strati superiori si farà uso di materiali lapidei più duri tali da assicurare un C.B.R. saturo di almeno 80; la granulometria dovrà essere tale da dare la minima percentuale di vuoti; il potere legante del materiale non dovrà essere inferiore a 30; la dimensione massima degli aggregati non dovrà superare i 6 cm.

**h) Pietrame.** - Le pietre naturali da impiegarsi nella muratura e per qualsiasi altro lavoro dovranno corrispondere ai requisiti richiesti dalle 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 litoclasti e di perfetta lavorabilità.

Il profilo dovrà presentare una resistenza alla compressione non inferiore a 1600 kg/cm<sup>2</sup> ed una resistenza all'attrito radente (Dorry) non inferiore a quella del granito di S. Fedelino, preso come termine di paragone.

- i) **Tufi.** - Le pietre di tufo dovranno essere di struttura compatta ed uniforme, evitando quelle pomiciose e facilmente friabili, nonché i cappellacci e saranno impiegati solo in relazione alla loro resistenza.
- l) **Cubetti di pietra.** - I cubetti di pietra da impiegare per la pavimentazione stradale debbono rispondere alle norme di accettazione emanate dal Consiglio Nazionale delle Ricerche.
- m) **Mattoni.** - I mattoni dovranno essere ben formati con facce regolari, a spigoli vivi, di grana fina, compatta ed omogenea; presentare tutti i caratteri di una perfetta cottura, cioè essere duri, sonori alla percussione e non vetrificati; essere esenti da calcinelli e scevri da ogni difetto che possa nuocere alla buona riuscita delle murature; aderire fortemente alle malte; essere resistenti alla cristallizzazione dei solfati alcalini; non contenere solfati solubili od ossidi alcalino-terrosi, ed infine non essere eccessivamente assorbenti.

I mattoni, inoltre, debbono resistere all'azione delle basse temperature, cioè se sottoposti quattro mattoni segati a metà, a venti cicli di immersione in acqua a 35 °C, per la durata di 3 ore e per altre 3 ore posti in frigorifero alla temperatura di - 10°, i quattro provini fatti con detti laterizi sottoposti alla prova di compressione debbono offrire una resistenza non minore dell'80% della resistenza presentata da quelli provati allo stato asciutto.

I mattoni di uso corrente dovranno essere parallelepipedi, di lunghezza doppia della larghezza, di modello costante e presentare, sia all'asciutto che dopo prolungata immersione nell'acqua, una resistenza minima allo schiacciamento di almeno 160 Kg/cm<sup>2</sup>.

Essi dovranno corrispondere alle prescrizioni vigenti in materia.

- n) **Materiali ferrosi.** - I materiali ferrosi da impiegare nei lavori dovranno essere esenti da scorie, soffiature, brecciate, paglie o da qualsiasi altro difetto apparente o latente di fusione, laminazione, trafilatura, fucinatura e simili. Essi dovranno rispondere a tutte le condizioni previste dalle vigenti disposizioni legislative, dal D.M. 17 gennaio 1918, nonché dalle norme UNI vigenti e presentare inoltre, a seconda della loro qualità, i seguenti requisiti:

1° Ferro. - Il ferro comune dovrà essere di prima qualità, eminentemente duttile e tenace e di marcatissima struttura fibrosa. Esso dovrà essere malleabile, liscio alla superficie esterna, privo di screpolature, senza saldature aperte e senza altre soluzioni di continuità.

2° Acciaio dolce laminato. - L'acciaio extradolce laminato (comunemente chiamato ferro omogeneo) dovrà essere eminentemente dolce e malleabile, perfettamente lavorabile a freddo ed a caldo, senza presentare screpolature od alterazioni; dovrà essere saldabile e non suscettibile di prendere la tempra.

Alla rottura dovrà presentare struttura finemente granulare ed aspetto sericeo.

3° Acciaio fuso in getti. - L'acciaio in getti per cuscinetti, cerniere, rulli di ponti e per qualsiasi altro lavoro, dovrà essere di prima qualità, esente da soffiature e da qualsiasi altro difetto.

4° L'acciaio sagomato ad alta resistenza dovrà essere del tipo qualificato e controllato e con caratteristiche conformi al D.M. 17 gennaio 1918.

Le caratteristiche e le modalità degli acciai in barre saranno quelle indicate nel D.M. 17 gennaio 1918.

5° Ghisa. - La ghisa dovrà essere di prima qualità e di seconda fusione, dolce, tenace, leggermente malleabile, facilmente lavorabile con la lima e con lo scalpello; di frattura grigia, finemente granosa e perfettamente omogenea, esente da screpolature, vene, bolle, sbavature, asperità ed altri difetti capaci di menomare la resistenza. Dovrà essere inoltre perfettamente modellata.

E' assolutamente escluso l'impiego di ghise fosforose.

- o) **Legname.** - I legnami, da impiegare in opere stabili o provvisorie, di qualunque essenza essi siano, dovranno rispondere a tutte le prescrizioni della vigente normativa, saranno provveduti tra le più scelte qualità della categoria prescritta e non presenteranno difetti incompatibili con l'uso a cui sono destinati.

I requisiti e le prove dei legnami saranno quelli contenuti nelle vigenti norme UNI.



Il tavolame dovrà essere ricavato dalle travi più dritte, affinché le fibre non riescano mozze dalla sega e si ritirino nelle connessioni. I legnami rotondi o pali dovranno provenire dal vero tronco dell'albero e non dai rami, dovranno essere sufficientemente dritti, in modo che la congiungente i centri delle due basi non debba uscire in alcun punto del palo; dovranno essere scortecciati per tutta la loro lunghezza e conguagliati alla superficie; la differenza fra i diametri medi delle estremità non dovrà oltrepassare i 15 millesimi della lunghezza, né il quarto del maggiore dei due diametri.

Nei legnami grossolanamente squadrati ed a spigolo smussato, tutte le facce dovranno essere spianate e senza scarniture, tollerandosene l'alburno o lo smusso in misura non maggiore di un sesto del lato della sezione trasversale.

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

**p) Geotessili.** - I prodotti da utilizzarsi per costituire strati di separazione, contenimento, filtranti, drenaggio in opere di terra (rilevati, scarpate, strade, giardini, ecc.).

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

Dovrà essere fornito in opera in rotoli di larghezza la più ampia possibile in relazione al modo d'impiego. Il piano di stesa del geotessile dovrà essere perfettamente regolare.

Dovrà essere curata la giunzione dei teli mediante sovrapposizione di almeno 30 cm nei due sensi longitudinale e trasversale. I teli non dovranno essere in alcun modo esposti al diretto passaggio dei mezzi di cantiere prima della loro totale copertura con materiale da rilevato per uno spessore di almeno 30 cm.

Il geotessile dovrà essere conforme alle seguenti norme UNI EN 13249, UNI EN 13251, UNI EN 13252, UNI EN 13253, UNI EN 13254, UNI EN 13255, UNI EN 13256, UNI EN 13257, UNI EN 13265 ove applicabili.

## Prove dei materiali

In correlazione a quanto prescritto circa la qualità e le caratteristiche dei materiali per la loro accettazione, l'Appaltatore sarà obbligato a prestarsi in ogni tempo alle prove dei materiali impiegati o da impiegarsi, nonché a quelle di campioni di lavori eseguiti, da prelevare in opera, sottostando a tutte le spese di prelevamento ed invio di campioni ad Istituto Sperimentale debitamente riconosciuto.

L'Appaltatore sarà tenuto a pagare le spese per dette prove, secondo le tariffe degli istituti stessi.

Dei campioni potrà essere ordinata la conservazione nel competente Ufficio Dirigente, munendoli di sigilli e firma della Direzione dei lavori e dell'Appaltatore, nei modi più adatti a garantire l'autenticità.

## Art. 1.2

### OCCUPAZIONE, APERTURA E SFRUTTAMENTO DELLE CAVE

Fermo restando quanto prescritto nel presente Capitolato circa la provenienza dei materiali, resta stabilito che tutte le pratiche e gli oneri inerenti alla ricerca, occupazione, apertura e gestione delle cave sono a carico esclusivo dell'Appaltatore, rimanendo la Stazione Appaltante sollevata dalle conseguenze di qualsiasi difficoltà che l'Appaltatore potesse incontrare a tale riguardo. Al momento della Consegna dei lavori, l'Appaltatore dovrà indicare le cave di cui intende servirsi e garantire che queste siano adeguate e capaci di fornire in tempo utile e con continuità tutto il materiale necessario ai lavori con le prescritte caratteristiche.

L'Impresa resta responsabile di fornire il quantitativo e di garantire la qualità dei materiali occorrenti al normale avanzamento dei lavori anche se, per far fronte a tale impegno, l'Impresa medesima dovesse abbandonare la cava o località di provenienza, già ritenuta idonea, per attivarne altre ugualmente idonee; tutto ciò senza che l'Impresa possa avanzare pretese di speciali compensi o indennità.

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:

DP INGENNERIA S.R.L.  
Società di Ingegneria Civile  
info@dpingegneria.com - www.dpingegneria.com  
Viale San Concordio, 1160 - 55100 LUCCA  
Tel. 0583 381194 - P.IVA. 02488624048

Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
Salvatore  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

5



In ogni caso all'Appaltatore non verrà riconosciuto alcun compenso aggiuntivo qualora, per qualunque causa, dovesse variare in aumento la distanza dalle cave individuate ai siti di versamento in cantiere.

Anche tutti gli oneri e prestazioni inerenti al lavoro di cava, come pesatura del materiale, trasporto in cantiere, lavori inerenti alle opere morte, pulizia della cava con trasporto a rifiuto della terra vegetale e del cappellaccio, costruzione di strade di servizio e di baracche per ricovero di operai o del personale di sorveglianza della Stazione Appaltante e quanto altro occorrente sono ad esclusivo carico dell'Impresa.

L'Impresa ha la facoltà di adottare, per la coltivazione delle cave, quei sistemi che ritiene migliori nel proprio interesse, purché si uniformi alle norme vigenti ed alle ulteriori prescrizioni che eventualmente fossero impartite dalle Amministrazioni statali e dalle Autorità militari, con particolare riguardo a quella mineraria di pubblica sicurezza, nonché dalle Amministrazioni regionali, provinciali e comunali.

L'Impresa resta in ogni caso l'unica responsabile di qualunque danno od avaria potesse verificarsi in dipendenza dei lavori di cava od accessori.

### Art 1.3 SCAVI E RILEVATI IN GENERE

Gli scavi ed i rilevati saranno eseguiti conformemente alle previsioni di progetto, salvo le eventuali varianti che fossero disposte dalla Direzione dei Lavori.

Le terre, macinati e rocce da scavo, per la formazione di aree prative, sottofondi, reinterri, riempimenti, rimodellazioni e rilevati, conferiti in cantiere, devono rispettare le norme vigenti, i limiti previsti dalla Tabella 1 - Valori di concentrazione limite accettabili nel suolo e nel sottosuolo riferiti alla specifica destinazione d'uso dei siti da bonificare, colonna A (Siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale) e colonna B (Siti ad uso Commerciale ed Industriale) dell'Allegato 5 al Titolo V della Parte Quarta del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. e il d.P.R. n.120/2017 "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo".

L'Appaltatore dovrà consegnare le trincee e i rilevati, nonché gli scavi o riempimenti in genere, al giusto piano prescritto, con scarpate regolari e spianate, con i cigli bene tracciati e profilati, compiendo a sue spese, durante l'esecuzione dei lavori, fino al collaudo, gli occorrenti ricarichi o tagli, la ripresa e sistemazione delle scarpate e banchine e l'espurgo dei fossi.

In particolare si prescrive:

- a) **Scavi.** - Nell'esecuzione degli scavi l'Appaltatore dovrà procedere in modo che i cigli siano diligentemente profilati, le scarpate raggiungano l'inclinazione prevista nel progetto o che sarà ritenuta necessaria e prescritta con ordine di servizio dalla Direzione dei Lavori allo scopo di impedire scoscendimenti, restando egli, oltretutto totalmente responsabile di eventuali danni alle persone ed alle opere, altresì obbligato a provvedere a suo carico e spese alla rimozione delle materie franate in caso di inadempimento delle disposizioni all'uopo impartitegli.

L'Appaltatore dovrà sviluppare i movimenti di materie con adeguati mezzi e con sufficiente mano d'opera in modo da dare gli scavi, possibilmente, completi a piena sezione in ciascun tratto iniziato. Inoltre, dovrà aprire senza indugio i fossi e le cunette occorrenti e, comunque, mantenere efficiente, a sua cura e spese, il deflusso delle acque anche, se occorra, con canali fuggatori.

Le materie provenienti dagli scavi, non utilizzabili e non ritenute idonee, a giudizio della Direzione dei Lavori, per la formazione dei rilevati o per altro impiego nei lavori, dovranno essere portate a rifiuto, depositandole su aree che l'Appaltatore dovrà provvedere a sua cura e spese.

Le località per tali depositi a rifiuto dovranno essere scelte in modo che le materie depositate non arrechino danno ai lavori od alle proprietà pubbliche e private nonché al libero deflusso delle acque pubbliche e private.

La Direzione dei Lavori potrà fare asportare, a spese dell'Appaltatore, le materie depositate in contravvenzione alle precedenti disposizioni.



Qualora i materiali siano ceduti all'Appaltatore, il prezzo ad essi convenzionalmente attribuito deve essere dedotto dall'importo netto dei lavori, salvo che la deduzione non sia stata già fatta nella determinazione dei prezzi.

- b) Rilevati.** - Per la formazione dei rilevati si impiegheranno in generale e salvo quanto segue, fino al loro totale esaurimento, tutte le materie provenienti dagli scavi di cui alla precedente lettera a), se disponibili ed adatte, a giudizio insindacabile della Direzione dei Lavori, per la formazione dei rilevati, dopo aver provveduto alla cernita ed alla eliminazione del materiale non ritenuto idoneo. Potranno essere altresì utilizzate nei rilevati, per la loro formazione, anche le materie provenienti da scavi di opere d'arte e sempreché disponibile ed egualmente ritenute idonee e previa cernita e separazione dei materiali utilizzabili di cui sopra. Quando venissero a mancare in tutto o in parte i materiali di cui sopra, si provvederanno le materie occorrenti scavandole, o come si suol dire prelevandole, da cave di prestito che forniscano materiali riconosciuti pure idonei dalla Direzione dei Lavori.

Le dette cave di prestito da aprire a totale cura e spese dell'Appaltatore al quale sarà corrisposto il solo prezzo unitario di elenco per le materie scavate di tale provenienza, debbono essere coltivate in modo che, tanto durante l'esecuzione degli scavi quanto a scavo ultimato, sia provveduto al loro regolare e completo scolo e restino impediti ristagni di acqua ed impaludamenti. A tale scopo l'Appaltatore, quando occorra, dovrà aprire, sempre a sua cura e spese, opportuni fossi di scolo con sufficiente pendenza.

Le cave di prestito dovranno avere una profondità tale da non pregiudicare la stabilità di alcuna parte dell'opera appaltata, né comunque danneggiare opere pubbliche o private.

Il suolo costituente la base sulla quale si dovranno impiantare i rilevati dovrà essere accuratamente preparato, espurgandolo da piante, cespugli, erbe, canne, radici e da qualsiasi altra materia eterogenea, e trasportando fuori della sede del lavoro le materie di rifiuto.

La base dei suddetti rilevati, se ricadente su terreno pianeggiante, dovrà essere inoltre arata, e se cadente sulla scarpata di altro rilevato esistente o su terreno a declivio trasversale superiore al quindici per cento, dovrà essere preparata a gradini alti circa 30 cm, con inclinazione inversa a quella del rilevato esistente o del terreno.

La terra da trasportare nei rilevati dovrà essere anch'essa previamente espurgata da erbe, canne, radici e da qualsiasi altra materia eterogenea e dovrà essere disposta in rilevato a cordoli alti da 0,30 m a 0,50 m, bene pigiata ed assodata con particolare diligenza specialmente nelle parti addossate alle murature.

Sarà obbligo dell'Appaltatore, escluso qualsiasi compenso, di dare ai rilevati, durante la loro costruzione, quelle maggiori dimensioni richieste dall'asestamento delle terre, affinché, all'epoca del collaudo, i rilevati eseguiti abbiano dimensioni non inferiori a quelle prescritte.

Non si potrà sospendere la costruzione di un rilevato, qualunque sia la causa, senza che ad esso sia stata data una configurazione tale da assicurare lo scolo delle acque piovane. Nella ripresa del lavoro, il rilevato già eseguito dovrà essere espurgato dalle erbe e cespugli che vi fossero nati, nonché configurato a gradoni, praticandovi inoltre dei solchi per il collegamento delle nuove materie con quelle prima impiegate.

Qualora gli scavi ed il trasporto avvengano meccanicamente, si avrà cura che il costipamento sia realizzato costruendo il rilevato in strati di modesta altezza non eccedenti i 30 o i 50 centimetri. Comunque, dovrà farsi in modo che durante la costruzione si conservi un tenore di acqua conveniente, evitando di formare rilevati con terreni la cui densità ottima sia troppo rapidamente variabile col tenore in acqua, e si eseguiranno i lavori, per quanto possibile, in stagione non piovosa, avendo cura, comunque, di assicurare lo scolo delle acque superficiali e profonde durante la costruzione.

Per il rivestimento delle scarpate si dovranno impiegare terre vegetali per gli spessori previsti in progetto od ordinati dalla Direzione dei Lavori.

### 1.3.1 Gestione dei cantieri di piccole dimensioni

I cantieri di piccole dimensioni rappresentano il tipo di opera maggiormente diffusa sul territorio e comportano movimentazioni minime di terreno a seguito delle attività di scavo. Al fine di procedere alla caratterizzazione delle terre e rocce da scavo per la loro qualifica come sottoprodotti e consentirne la gestione dei materiali in sicurezza, i destinatari del presente capitolato seguiranno le indicazioni operative delle "Linee Guida sull'applicazione della disciplina per l'utilizzo delle terre e rocce da scavo" approvate dal Sistema nazionale per la protezione dell'ambiente (SNPA).

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:

OP INGENNERIA SRL  
Società di Ingegneria Civile  
info@opingenneria.com - www.opingenneria.com  
Viale San Concordio, 1160 - 55100 LUCCA  
Tel. 0583 381194 - P.IVA. 02488824548

Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
Salvatore  
  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

7





Gli aspetti ivi indicati ed essenziali per la verifica dei requisiti di qualità ambientale delle terre e rocce da scavo prodotte nei piccoli cantieri che si intendono utilizzare come sottoprodotti, riguardano:

- 1) la numerosità dei punti d'indagine e dei campioni da prelevare
- 2) le modalità di formazione dei campioni da inviare ad analisi

Tali modalità operative sono da intendersi preliminari alle operazioni effettive di scavo; qualora invece, per specifiche esigenze operative risulti impossibile effettuare le indagini preliminarmente allo scavo, sarà possibile procedere in corso d'opera.

### Numerosità dei campioni

Il numero minimo di punti di prelievo da localizzare nei cantieri di piccole dimensioni è individuato tenendo conto della correlazione di due elementi: l'estensione della superficie di scavo e il volume di terre e rocce oggetto di scavo.

La tabella che segue riporta il numero minimo di campioni da analizzare, incrementabile in relazione all'eventuale presenza di elementi sito specifici quali singolarità geolitologiche o evidenze organolettiche. Nel caso di scavi lineari (per posa condotte e/o sottoservizi, realizzazione scoli irrigui o di bonifica, ecc.), dovrà essere prelevato un campione ogni 500 metri di tracciato, e in ogni caso ad ogni variazione significativa di litologia, fermo restando che deve essere comunque garantito almeno un campione ogni 3.000 mc.



	AREA DI SCAVO	VOLUME DI SCAVO	NUMERO MINIMO DI CAMPIONI
a	$\leq 1000$ mq	$\leq 3000$ mc	<b>1</b>
b	$\leq 1000$ mq	3000 mc - 6000 mc	<b>2</b>
c	1000 mq - 2500 mq	$\leq 3000$ mc	<b>2</b>
d	1000 mq - 2500 mq	3000 mc - 6000 mc	<b>4</b>
e	$> 2500$ mq	$< 6000$ mc	<b>DPR 120/17 (All. 2 tab. 2.1)</b>

In merito ad "Interventi di scavo in corsi d'acqua" ed alla "modalità di formazione dei campioni da inviare ad analisi", a seconda della casistica ricorrente, si avrà cura di procedere secondo le indicazioni operative contenute al punto 3.3 delle "Linee Guida sull'applicazione della disciplina per l'utilizzo delle terre e rocce da scavo" approvate dal Sistema nazionale per la protezione dell'ambiente (SNPA).

#### Art 1.4 RILEVATI COMPATTATI

I rilevati compattati saranno costituiti da terreni adatti, esclusi quelli vegetali (vedi norme di cui all'articolo "*Qualità e Provenienza dei Materiali*" lettera f), da mettersi in opera a strati non eccedenti i 25-30 cm costipati meccanicamente mediante idonei attrezzi (rulli a punte, od a griglia, nonché quelli pneumatici zavorrati secondo la natura del terreno ed eventualmente lo stadio di compattazione - o con piastre vibranti) regolando il numero dei passaggi e l'aggiunta dell'acqua (innaffiamento) in modo da ottenere ancor qui una densità pari al 90% di quella Proctor. Ogni strato sarà costipato nel modo richiesto prima di procedere a ricoprirlo con altro strato ed avrà superiormente la sagoma della monta richiesta per l'opera finita, così da evitarsi ristagni di acqua e danneggiamenti. Qualora nel materiale che costituisce il rilevato siano incluse pietre, queste dovranno risultare ben distribuite nell'insieme dello strato: comunque nello strato superiore sul quale appoggia l'impianto della sovrastruttura tali pietre non dovranno avere dimensioni superiori a 10 cm.

Il terreno di impianto dei rilevati compattati che siano di altezza minore di 0,50 m, qualora sia di natura sciolta o troppo umida, dovrà ancor esso essere compattato, previa scarificazione, al 90% della densità massima, con la relativa umidità ottima. Se detto terreno di impianto del rilevato ha scarsa portanza lo si consoliderà preliminarmente per l'altezza giudicata necessaria, eventualmente sostituendo il terreno in posto con materiali sabbiosi o ghiaiosi.

Particolare cura dovrà aversi nei riempimenti e costipazioni a ridosso dei piedritti, muri d'ala, muri andatori ed opere d'arte in genere.

Sarà obbligo dell'Appaltatore, escluso qualsiasi compenso, di dare ai rilevati, durante la loro costruzione, quelle maggiori dimensioni richieste dall'assestamento delle terre, affinché all'epoca del collaudo i rilevati eseguiti abbiano dimensioni non inferiori a quelle prescritte.

Fa parte della formazione del rilevato oltre la profilatura delle scarpate e delle banchine e dei cigli, e la costruzione degli arginelli se previsti, il ricavare nella piattaforma, all'atto della costruzione e nel corso della sistemazione, il cassonetto di dimensione idonea a ricevere l'ossatura di sottofondo e la massicciata.

Non si potrà sospendere la costruzione di un rilevato, qualunque ne sia la causa, senza che ad esso sia stata data una configurazione tale da assicurare lo scolo delle acque piovane. Nella ripresa del lavoro il rilevato già eseguito dovrà essere spurgato dalle erbe e cespugli che vi fossero nati, nonché configurato a gradoni, praticandovi inoltre dei solchi per il collegamento delle nuove materie con quelle prima impiegate.

In corso di lavoro l'Appaltatore dovrà curare l'apertura di fossetti di guardia a monte scolanti, anche provvisori, affinché le acque piovane non si addossino alla base del rilevato in costruzione.



Nel caso di rilevati compattati su base stabilizzata, i fossi di guardia scolanti al piede dei rilevati dovranno avere possibilmente il fondo più basso dell'impianto dello strato stabilizzato.

**Art 1.5****RILEVATI E RINTERRI ADDOSSATI ALLE MURATURE  
E RIEMPIMENTI CON PIETrame**

Per rilevati e rinterri da addossarsi alle murature dei manufatti o di altre opere qualsiasi, si dovranno sempre impiegare materie sciolte, silicee o ghiaiose, restando vietato in modo assoluto l'impiego di quelle argillose ed in generale di tutte quelle che con l'assorbimento di acqua si rammolliscono e si gonfiano, generando spinte.

Nella formazione dei suddetti rilevati, rinterri e riempimenti, nel rispetto delle norme vigenti, del D.Lgs. n.152/2006 e s.m.i. e del d.P.R. n.120/2017 "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo", dovrà essere usata ogni diligenza perché la loro esecuzione proceda per strati orizzontali di eguale altezza da tutte le parti, disponendo contemporaneamente le materie bene sminuzzate con la maggiore regolarità e precauzione possibile, in modo da caricare uniformemente le murature su tutti i lati e da evitare le sfiancature che potrebbero derivare da un carico mal distribuito.

Le materie trasportate in rilevato o rinterro con vagoni o carretti non potranno essere scaricate direttamente contro le murature, ma dovranno depositarsi in vicinanza dell'opera per essere riprese e poi trasportate con carriole, barelle ed altro mezzo, purché a mano, al momento della formazione dei suddetti rinterri.

Per tali movimenti di materie dovrà sempre provvedersi alla pilonatura delle materie stesse, da farsi per quella larghezza e secondo le prescrizioni che verranno indicate dalla Direzione dei Lavori.

E' vietato di addossare terrapieni a murature di fresca costruzione.

Tutte le riparazioni o ricostruzioni che si rendessero necessarie per la mancata od imperfetta osservanza delle prescrizioni del presente articolo, saranno a tutto carico dell'Appaltatore.

Nella effettuazione dei rinterri l'Appaltatore dovrà attenersi alle seguenti prescrizioni ed oneri:

- La bonifica del terreno dovrà essere eseguita, oltre quando prevista dal progetto, ogni qualvolta nel corso dei lavori si dovessero trovare delle zone di terreno non idoneo e/o comunque non conforme alle specifiche di progetto.
- Se il terreno in sito risultasse altamente compressibile, non compatto, dotato di scadenti caratteristiche meccaniche o contenente notevoli quantità di sostanze organiche, esso dovrà essere sostituito con materiale selezionato appartenente ai gruppi secondo UNI EN 13285, UNI EN ISO 14688-1:

- A1, A2, A3 se proveniente da cave di prestito;

- A1, A2, A3, A4 se proveniente dagli scavi.

Il materiale dovrà essere messo in opera a strati di spessore non superiore a 50 cm (materiale sciolto) e compattato fino a raggiungere il 95% della densità secca AASHTO. Per il materiale dei gruppi A2 ed A4 gli strati dovranno avere spessore non superiore a 30 cm (materiale sciolto). Il modulo di deformazione dovrà risultare non inferiore a 200 kg/cm<sup>2</sup> su ogni strato finito.

- Nel caso in cui la bonifica di zone di terreno di cui al punto b) debba essere eseguita in presenza d'acqua, l'Appaltatore dovrà provvedere ai necessari emungimenti per mantenere costantemente asciutta la zona di scavo da bonificare fino ad ultimazione dell'attività stessa; per il rinterro dovrà essere utilizzato materiale selezionato appartenente esclusivamente ai gruppi A1 ed A3 secondo UNI EN 13285, UNI EN ISO 14688-1.
- Al di sotto del piano di posa dei rilevati dovrà essere eseguito un riempimento di spessore non inferiore a 50 cm (materiale compattato) avente funzione di drenaggio. Questo riempimento sarà costituito da ghiaietto o pietrischetto di dimensioni comprese fra 4 e 20 mm con percentuale massima del 5% di passante al crivello 4 UNI.

Il materiale dovrà essere steso in strati non superiori a 50 cm (materiale soffice) e costipato mediante rullatura fino ad ottenere un modulo di deformazione non inferiore a 200 kg/cm<sup>2</sup>.

I riempimenti di pietrame a secco per drenaggi, fognature, vespai, banchettoni di consolidamento e simili dovranno essere formati con pietre da collocarsi in opera a mano e ben costipate, al fine di evitare cedimenti per effetto dei carichi superiori.

Per drenaggi o fognature si dovranno scegliere le pietre più grosse e regolari e possibilmente a forma di lastroni per impiegarle nella copertura dei sottostanti pozzetti e cunicoli, ed usare negli strati inferiori il pietrame di maggiori dimensioni, impiegando,



nell'ultimo strato superiore, pietrame minuto, ghiaia o anche pietrisco, per impedire alle terre sovrastanti di penetrare o scendere, otturando così gli interstizi fra le pietre. Sull'ultimo strato di pietrisco si dovranno pigiare convenientemente le terre, con le quali dovrà completarsi il riempimento dei cavi aperti per la costruzione delle fognature o drenaggi.

**Art. 1.6****MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE****Generalità**

I materiali ed i prodotti per uso strutturale, utilizzati nelle opere soggette al D.M. 17 gennaio 2018 devono rispondere ai requisiti indicati nel seguito.

I materiali e prodotti per uso strutturale devono essere:

- *identificati* univocamente a cura del fabbricante, secondo le procedure applicabili;
- *qualificati* sotto la responsabilità del fabbricante, secondo le procedure di seguito richiamate;
- *accettati* dal Direttore dei lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di identificazione e qualificazione, nonché mediante eventuali prove di accettazione.

Per ogni materiale o prodotto identificato e qualificato mediante Marcatura CE è onere del Direttore dei Lavori, in fase di accettazione, accertarsi del possesso della marcatura stessa e richiedere copia della documentazione di marcatura CE e della Dichiarazione di Prestazione di cui al Capo II del Regolamento UE 305/2011, nonché – qualora ritenuto necessario, ai fini della verifica di quanto sopra - copia del certificato di costanza della prestazione del prodotto o di conformità del controllo della produzione in fabbrica, di cui al Capo IV ed Allegato V del Regolamento UE 305/2011, rilasciato da idoneo organismo notificato ai sensi del Capo VII dello stesso Regolamento (UE) 305/2011.

Per i prodotti non qualificati mediante la Marcatura CE, il Direttore dei Lavori dovrà accertarsi del possesso e del regime di validità della documentazione di qualificazione o del Certificato di Valutazione Tecnica. I fabbricanti possono usare come Certificati di Valutazione Tecnica i Certificati di Idoneità tecnica all'impiego, già rilasciati dal Servizio Tecnico Centrale prima dell'entrata in vigore delle presenti norme tecniche, fino al termine della loro validità.

Sarà inoltre onere del Direttore dei Lavori, nell'ambito dell'accettazione dei materiali prima della loro installazione, verificare che tali prodotti corrispondano a quanto indicato nella documentazione di identificazione e qualificazione, nonché accertare l'idoneità all'uso specifico del prodotto mediante verifica delle prestazioni dichiarate per il prodotto stesso nel rispetto dei requisiti stabiliti dalla normativa tecnica applicabile per l'uso specifico e dai documenti progettuali.

Le prove su materiali e prodotti, a seconda delle specifiche procedure applicabili, devono generalmente essere effettuate da:

- a) laboratori di prova notificati ai sensi del Capo VII del Regolamento UE 305/2011;
- b) laboratori di cui all'art. 59 del d.P.R. n. 380/2001 e s.m.i.;
- c) altri laboratori, dotati di adeguata competenza ed idonee attrezzature, previo nulla osta del Servizio Tecnico Centrale.

**1.6.1 Calcestruzzo per usi strutturali, armato e non, normale e precompresso.****Controllo di Accettazione**

Il controllo di accettazione è eseguito dal Direttore dei Lavori su ciascuna miscela omogenea e si configura, in funzione del quantitativo di calcestruzzo in accettazione come previsto dal D.M. 17 gennaio 2018.

Il prelievo dei provini per il controllo di accettazione va eseguito alla presenza della Direzione dei Lavori o di un tecnico di sua fiducia che provvede alla redazione di apposito verbale di prelievo e dispone l'identificazione dei provini mediante sigle, etichettature indelebili, ecc.; la certificazione effettuata dal laboratorio prove materiali deve riportare riferimento a tale verbale.

La domanda di prove al laboratorio deve essere sottoscritta dalla Direzione dei Lavori e deve contenere precise indicazioni sulla posizione delle strutture interessate da ciascun prelievo.

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:

OP INGEGNERIA SRL  
Società di Ingegneria Civile  
info@opingegneria.com - www.opingegneria.com  
Viale San Concordio, 1160 - 55100 LUCCA  
Tel.: 0583 381194 - P.IVA: 0248862408

Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing. S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
Salvatore  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

11





Le prove non richieste dalla Direzione dei Lavori non possono fare parte dell'insieme statistico che serve per la determinazione della resistenza caratteristica del materiale.

Le prove a compressione vanno eseguite conformemente alle norme UNI EN 12390-3 tra il 28° e il 30° giorno di maturazione e comunque entro 45 giorni dalla data di prelievo. In caso di mancato rispetto di tali termini le prove di compressione vanno integrate da quelle riferite al controllo della resistenza del calcestruzzo in opera.

I certificati di prova emessi dai laboratori devono contenere almeno:

- l'identificazione del laboratorio che rilascia il certificato;
- una identificazione univoca del certificato (numero di serie e data di emissione) e di ciascuna sua pagina, oltre al numero totale di pagine;
- l'identificazione del committente dei lavori in esecuzione e del cantiere di riferimento;
- il nominativo del Direttore dei Lavori che richiede la prova;
- la descrizione, l'identificazione e la data di prelievo dei campioni da provare;
- la data di ricevimento dei campioni e la data di esecuzione delle prove;
- l'identificazione delle specifiche di prova o la descrizione del metodo o procedura adottata, con l'indicazione delle norme di riferimento per l'esecuzione della stessa;
- le dimensioni effettivamente misurate dei campioni provati, dopo eventuale rettifica;
- le modalità di rottura dei campioni;
- la massa volumica del campione;
- i valori delle prestazioni misurate.

Per gli elementi prefabbricati di serie, realizzati con processo industrializzato, sono valide le specifiche indicazioni di cui al punto 11.8.3.1 del D.M. 17 gennaio 2018.

L'opera o la parte di opera realizzata con il calcestruzzo non conforme ai controlli di accettazione non può essere accettata finché la non conformità non è stata definitivamente risolta. Il costruttore deve procedere ad una verifica delle caratteristiche del calcestruzzo messo in opera mediante l'impiego di altri mezzi d'indagine, secondo quanto prescritto dal Direttore dei Lavori e conformemente a quanto indicato nel punto § 11.2.6 del D.M. 17 gennaio 2018. Qualora i suddetti controlli confermino la non conformità del calcestruzzo, si deve procedere, sentito il progettista, ad un controllo teorico e/o sperimentale della sicurezza della struttura interessata dal quantitativo di calcestruzzo non conforme, sulla base della resistenza ridotta del calcestruzzo.

Qualora non fosse possibile effettuare la suddetta verifica delle caratteristiche del calcestruzzo, oppure i risultati del controllo teorico e/o sperimentale non risultassero soddisfacenti, si può: conservare l'opera o parte di essa per un uso compatibile con le diminuite caratteristiche prestazionali accertate, eseguire lavori di consolidamento oppure demolire l'opera o parte di essa.

I controlli di accettazione sono obbligatori ed il collaudatore è tenuto a verificarne la validità, qualitativa e quantitativa; ove ciò non fosse rispettato, il collaudatore è tenuto a far eseguire delle prove che attestino le caratteristiche del calcestruzzo, seguendo la medesima procedura che si applica quando non risultino rispettati i limiti fissati dai controlli di accettazione.

Per calcestruzzo confezionato con processo industrializzato, la Direzione dei Lavori, è tenuta a verificare quanto prescritto nel punto 11.2.8. del succitato decreto ed a rifiutare le eventuali forniture provenienti da impianti non conformi; dovrà comunque effettuare le prove di accettazione previste al punto 11.2.5 del D.M. e ricevere, prima dell'inizio della fornitura, copia della certificazione del controllo di processo produttivo.

Per produzioni di calcestruzzo inferiori a 1500 m<sup>3</sup> di miscela omogenea, effettuate direttamente in cantiere, mediante processi di produzione temporanei e non industrializzati, la stessa deve essere confezionata sotto la diretta responsabilità del costruttore. La Direzione dei Lavori deve avere, prima dell'inizio della produzione, documentazione relativa ai criteri ed alle prove che hanno portato alla determinazione delle prestazioni di ciascuna miscela omogenea di conglomerato, così come indicato al punto 11.2.3. del D.M. 17 gennaio 2018.



## 1.6.2 Acciaio

### Prescrizioni comuni a tutte le tipologie di acciaio

Gli acciai per l'armatura del calcestruzzo normale devono rispondere alle prescrizioni contenute nel vigente D.M. attuativo della legge 1086/71 (D.M. 17 gennaio 1978) e relative circolari esplicative.

E' fatto divieto di impiegare acciai non qualificati all'origine.

### Forniture e documentazione di accompagnamento

Tutte le forniture di acciaio, per le quali non sussista l'obbligo della Marcatura CE, devono essere accompagnate dalla copia dell'attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale.

Il riferimento a tale attestato deve essere riportato sul documento di trasporto.

Le forniture effettuate da un commerciante intermedio devono essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal Produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante stesso.

La Direzione dei Lavori prima della messa in opera, è tenuta a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del produttore.

### Le forme di controllo obbligatorie

Le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni per tutti gli acciai prevedono tre forme di controllo obbligatorie (D.M. 17 gennaio 2018 paragrafo 11.3.1):

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

A tale riguardo *il Lotto di produzione* si riferisce a produzione continua, ordinata cronologicamente mediante apposizione di contrassegni al prodotto finito (rotolo finito, bobina di trefolo, fascio di barre, ecc.). Un lotto di produzione deve avere valori delle grandezze nominali omogenee (dimensionali, meccaniche, di formazione) e può essere compreso tra 30 e 120 tonnellate.

### La marcatura e la rintracciabilità dei prodotti qualificati

Ciascun prodotto qualificato deve costantemente essere riconoscibile per quanto concerne le caratteristiche qualitative e riconducibile allo stabilimento di produzione tramite marchiatura indelebile depositata presso il Servizio Tecnico Centrale, dalla quale risulti, in modo inequivocabile, il riferimento all'Azienda produttrice, allo Stabilimento, al tipo di acciaio ed alla sua eventuale saldabilità.

Per stabilimento si intende una unità produttiva a sé stante, con impianti propri e magazzini per il prodotto finito. Nel caso di unità produttive multiple appartenenti allo stesso fabbricante, la qualificazione deve essere ripetuta per ognuna di esse e per ogni tipo di prodotto in esse fabbricato.

Considerata la diversa natura, forma e dimensione dei prodotti, le caratteristiche degli impianti per la loro produzione, nonché la possibilità di fornitura sia in pezzi singoli sia in fasci, differenti possono essere i sistemi di marchiatura adottati, anche in relazione all'uso, quali, per esempio, l'impressione sui cilindri di laminazione, la punzonatura a caldo e a freddo, la stampigliatura a vernice, l'apposizione di targhe o cartellini, la sigillatura dei fasci e altri. Permane, comunque, l'obbligatorietà del marchio di laminazione per quanto riguarda le barre e i rotoli.

Ogni prodotto deve essere marchiato con identificativi diversi da quelli di prodotti aventi differenti caratteristiche ma fabbricati nello stesso stabilimento, e con identificativi differenti da quelli di prodotti con uguali caratteristiche ma fabbricati in altri stabilimenti, siano essi o meno dello stesso produttore. La marchiatura deve essere inalterabile nel tempo e senza possibilità di manomissione.

Per quanto possibile, anche in relazione all'uso del prodotto, il produttore è tenuto a marcare ogni singolo pezzo. Ove ciò non sia possibile, per la specifica tipologia del prodotto, la marcatura deve essere tale che, prima dell'apertura dell'eventuale



ultima e più piccola confezione (fascio, bobina, rotolo, pacco, ecc.), il prodotto sia riconducibile al produttore, al tipo di acciaio, nonché al lotto di produzione e alla data di produzione.

Tenendo presente che gli elementi determinanti della marcatura sono la sua inalterabilità nel tempo e l'impossibilità di manomissione, il produttore deve rispettare le modalità di marcatura denunciate nella documentazione presentata al servizio tecnico centrale, e deve comunicare tempestivamente le eventuali modifiche apportate.

Il prodotto di acciaio non può essere impiegato in caso di:

- mancata marcatura;
- non corrispondenza a quanto depositato;
- illeggibilità, anche parziale, della marcatura.

Eventuali disposizioni supplementari atte a facilitare l'identificazione e la rintracciabilità del prodotto attraverso il marchio possono essere emesse dal servizio tecnico centrale.

Tutti i certificati relativi alle prove meccaniche degli acciai, sia in stabilimento che in cantiere o nel luogo di lavorazione, devono riportare l'indicazione del marchio identificativo, rilevato a cura del laboratorio incaricato dei controlli, sui campioni da sottoporre a prove. Ove i campioni fossero sprovvisti di tale marchio, oppure il marchio non dovesse rientrare fra quelli depositati presso il Servizio Tecnico Centrale, le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai sensi delle presenti norme e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso. In tal caso il materiale non può essere utilizzato ed il laboratorio incaricato è tenuto ad informare di ciò il Servizio Tecnico Centrale.

#### **Unità marcata scorporata: ulteriori indicazioni della Direzione dei Lavori per le prove di laboratorio**

Può accadere che durante il processo costruttivo, presso gli utilizzatori, presso i commercianti o presso i trasformatori intermedi, l'unità marcata (pezzo singolo o fascio) venga scorporata, per cui una parte, o il tutto, perda l'originale marcatura del prodotto. In questo caso, tanto gli utilizzatori quanto i commercianti e i trasformatori intermedi, oltre a dover predisporre idonee zone di stoccaggio, hanno la responsabilità di documentare la provenienza del prodotto mediante i documenti di accompagnamento del materiale e gli estremi del deposito del marchio presso il servizio tecnico centrale.

In tal caso, i campioni destinati al laboratorio incaricato delle prove di cantiere devono essere accompagnati dalla sopraindicata documentazione e da una dichiarazione di provenienza rilasciata dalla Direzione dei Lavori.

#### **Conservazione della documentazione d'accompagnamento**

I produttori ed i successivi intermediari devono assicurare una corretta archiviazione della documentazione di accompagnamento dei materiali garantendone la disponibilità per almeno 10 anni. Ai fini della rintracciabilità dei prodotti, il costruttore deve inoltre assicurare la conservazione della medesima documentazione, unitamente a marchiature o etichette di riconoscimento, fino al completamento delle operazioni di collaudo statico.

#### **Forniture e documentazione di accompagnamento**

Le nuove norme tecniche stabiliscono che tutte le forniture di acciaio devono essere accompagnate dall'attestato di qualificazione del servizio tecnico centrale (D.M. 17 gennaio 2018 paragrafo 11.3.1.5) e dal certificato di controllo interno tipo 3.1, di cui alla norma UNI EN 10204, dello specifico lotto di materiale fornito.

Tutte le forniture di acciaio, per le quali sussista l'obbligo della Marcatura CE, devono essere accompagnate dalla "Dichiarazione di prestazione" di cui al Regolamento UE 305/2011, dalla prevista marcatura CE nonché dal certificato di controllo interno tipo 3.1, di cui alla norma UNI EN 10204, dello specifico lotto di materiale fornito.

Il riferimento agli attestati comprovanti la qualificazione del prodotto deve essere riportato sul documento di trasporto.

Le forniture effettuate da un distributore devono essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal fabbricante e completati con il riferimento al documento di trasporto del distributore stesso.

Nel caso di fornitura in cantiere non proveniente da centro di trasformazione, il Direttore dei Lavori, prima della messa in opera, è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del fabbricante.



### Centri di trasformazione

Il Centro di trasformazione, impianto esterno alla fabbrica e/o al cantiere, fisso o mobile, che riceve dal produttore di acciaio elementi base (barre o rotoli, reti, lamiere o profilati, profilati cavi, ecc.) e confeziona elementi strutturali direttamente impiegabili in cantiere, pronti per la messa in opera o per successive lavorazioni, può ricevere e lavorare solo prodotti qualificati all'origine, accompagnati dalla documentazione prevista dalle norme vigenti.

La Direzione dei Lavori è tenuta a verificare la conformità a quanto indicato al punto 11.3.1.7 del D.M. 17 gennaio 2018 e a rifiutare le eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del centro di trasformazione. Gli atti di cui sopra sono consegnati al collaudatore che, tra l'altro, riporta nel Certificato di collaudo gli estremi del Centro di trasformazione che ha fornito il materiale lavorato.

### Rintracciabilità dei prodotti

Il centro di trasformazione può ricevere e lavorare solo prodotti qualificati all'origine, accompagnati dall'attestato di qualificazione del servizio tecnico centrale.

Particolare attenzione deve essere posta nel caso in cui nel centro di trasformazione vengano utilizzati elementi base, comunque qualificati, ma provenienti da produttori differenti, attraverso specifiche procedure documentate che garantiscano la rintracciabilità dei prodotti.

### Documentazione di accompagnamento e verifiche della Direzione dei Lavori

Tutti i prodotti forniti in cantiere dopo l'intervento di un centro di trasformazione devono essere accompagnati da idonea documentazione, che identifichi in modo inequivocabile il centro di trasformazione stesso e che consenta la completa tracciabilità del prodotto. In particolare, ogni fornitura in cantiere di elementi presaldati, presagomati o preassemblati deve essere accompagnata:

- a) da dichiarazione, su documento di trasporto, degli estremi dell'Attestato di "Denuncia dell'attività del centro di trasformazione", rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale, recante il logo o il marchio del centro di trasformazione;
- b) dall'attestazione inerente l'esecuzione delle prove di controllo interno di cui al D.M. 17 gennaio 2018, fatte eseguire dal Direttore Tecnico del centro di trasformazione, con l'indicazione dei giorni nei quali la fornitura è stata lavorata;
- c) da dichiarazione contenente i riferimenti alla documentazione fornita dal fabbricante ai sensi del punto 11.3.1.5 del D.M. 17 gennaio 2018 in relazione ai prodotti utilizzati nell'ambito della specifica fornitura. Copia della documentazione fornita dal fabbricante e citata nella dichiarazione del centro di trasformazione, è consegnata al Direttore dei Lavori se richiesta.

### 1.6.3 Acciaio per usi strutturali

#### Prescrizioni per gli acciai per usi strutturali

L'acciaio, costituito da una lega ferro-carbonio, si distingue in funzione della percentuale di carbonio presente in peso; in particolare si suddividono in: acciai dolci ( $C=0,15\%-0,25\%$ ), acciai semiduri, duri e durissimi ( $C>0,75\%$ ).

Gli acciai per usi strutturali, denominati anche *acciai da costruzione* o *acciai da carpenteria* hanno un tenore di carbonio indicativamente compreso tra 0,1% e 0,3%. Il carbonio infatti, pur elevando la resistenza, riduce sensibilmente la duttilità e la saldabilità del materiale; per tale motivo gli acciai da costruzione devono essere caratterizzati da un basso tenore di carbonio.

I componenti dell'acciaio, comprensivi del ferro e del carbonio, non dovranno comunque superare i valori limite percentuali specificati nella normativa europea UNI EN 10025-5 (per i laminati).

A tal proposito gli acciai vengono suddivisi in "legati" e "non legati", a seconda se l'acciaio considerato contiene tenori della composizione chimica che rientrano o meno nei limiti della UNI EN 10020 per i singoli elementi costituenti.

Per la realizzazione di strutture metalliche e di strutture composte si dovranno in tutti i casi 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), e già recanti la Marcatura CE secondo norma UNI EN 1090-1.





Solo per i prodotti per cui non sia applicabile la marcatura CE si rimanda a quanto specificato al punto B del punto 11.1 del D.M. 17 gennaio 2018 e si applica la procedura di cui ai punti 11.3.1.2 e 11.3.4.11.1 del citato decreto.

Per le palancole metalliche e per i nastri zincati di spessore  $\leq 4$  mm si farà riferimento rispettivamente alle UNI EN 10248-1 ed UNI EN 10346.

Per l'identificazione e qualificazione di elementi strutturali in acciaio realizzati in serie nelle officine di produzione di carpenteria metallica e nelle officine di produzione di elementi strutturali, si applica quanto specificato al punto 11.1, caso A) del decreto, in conformità alla norma europea armonizzata UNI EN 1090-1.

Per la dichiarazione delle prestazioni ed etichettatura si applicano i metodi previsti dalla norme europee armonizzate, ed in particolare:

- Dichiarazione delle caratteristiche geometriche e delle proprietà del materiale.
- Dichiarazione delle prestazioni dei componenti, da valutarsi applicando le vigenti Appendici Nazionali agli Eurocodici;
- Dichiarazione basata su una determinata specifica di progetto, per la quale si applicano le presenti norme tecniche.

In ogni caso ai fini dell'accettazione e dell'impiego, tutti i componenti o sistemi strutturali devono rispondere ai requisiti della norma tecnica del D.M. 17 gennaio 2018; in particolare i materiali base devono essere qualificati all'origine ai sensi del punto 11.1 di detta norma.

Per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche indicate nel seguito, il prelievo dei saggi, la posizione nel pezzo da cui essi devono essere prelevati, la preparazione delle provette e le modalità di prova devono rispondere alle prescrizioni delle norme UNI EN ISO 377, UNI EN ISO 6892-1 e UNI EN ISO 148-1.

Per le tipologie dei manufatti realizzati mediante giunzioni saldate, il costruttore dovrà essere certificato secondo la norma UNI EN ISO 3834 (parte 2 e 4).

In sede di progettazione, per gli acciai di cui alle norme europee UNI EN 10025, UNI EN 10210 ed UNI EN 10219-1, si possono assumere nei calcoli i valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento  $f_{yk}$  e di rottura  $f_{tk}$  riportati nelle tabelle seguenti.

## Laminati a caldo con profili a sezione aperta

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale dell'elemento			
	$t \leq 40$ mm		$40 \text{ mm} < t \leq 80$ 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> ]
<b>UNI EN 10025-2</b>				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	420	550
<b>UNI EN 10025-3</b>				
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
<b>UNI EN 10025-4</b>				
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
S 460 Q/QL/QL1	460	570	440	580
<b>UNI EN 10025-5</b>				
S 235 W	235	360	215	340

A.T.I.



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:



Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin



CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W. Salvatore  
Prof. Ing. N. Squeglia

16



S 355 W	355	510	335	490
---------	-----	-----	-----	-----

### Laminati a caldo con profili a sezione cava

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale dell'elemento			
	$t \leq 40$ mm		$40$ mm $< t \leq 80$ 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> ]
<b>UNI EN 10210-1</b>				
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
<b>UNI EN 10219-1</b>				
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		
S 460 NH/NHL	460	550		

### Art. 1.7

### OPERE DI SOSTEGNO DEI TERRENI

#### 1.7.1) Generalità

Le opere di sostegno delle terre sono opere in grado di garantire stabilità ad un fronte di terreno potenzialmente instabile.

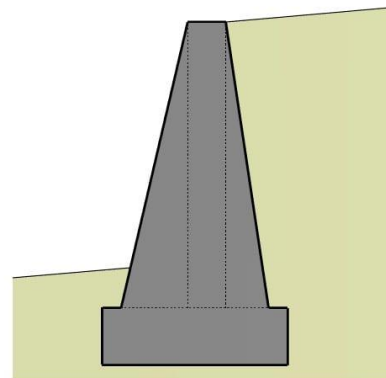
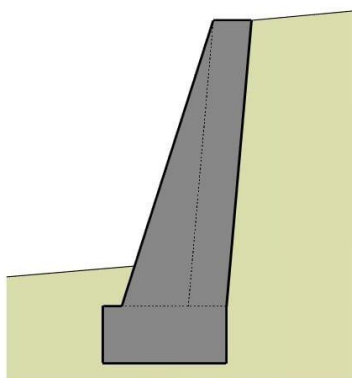
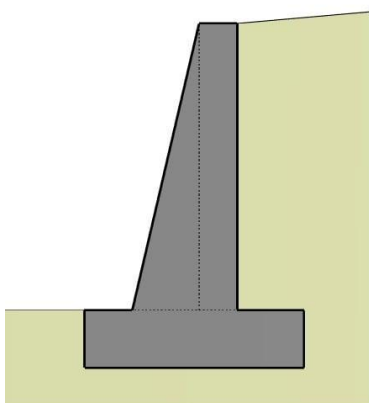
Alcune tra le principali tipologie di opere di sostegno sono le seguenti:

- muri a gravità (in calcestruzzo, muratura, pietrame, gabbionate, ecc.)
- muri a mensola, a contrafforti e/o speroni (in calcestruzzo armato)
- terra rinforzata (o armata)
- paratie (palancole e diaframmi)

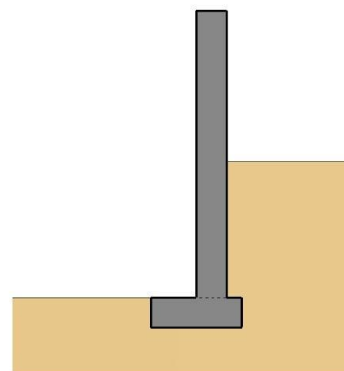
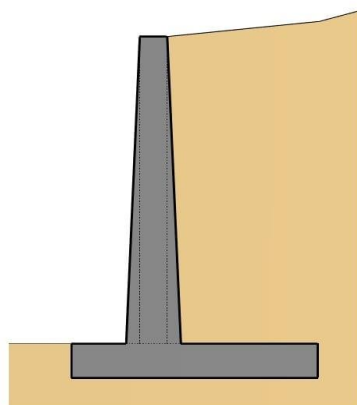
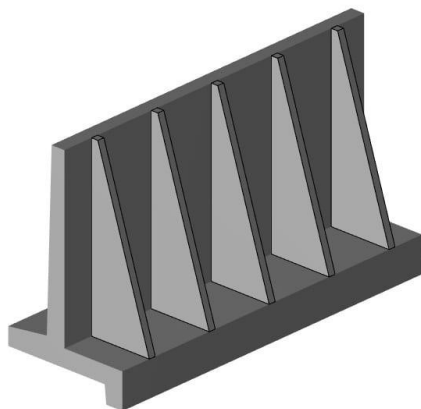


I più comuni tipi di muri di sostegno possono essere suddivisi dal punto di vista costruttivo in:

- muri di pietrame a secco eventualmente sistemato a gabbioni;
- muri di muratura ordinaria o di conglomerato cementizio;
- muri di conglomerato cementizio armato, formati generalmente da una soletta di fondazione e da una parete con o senza contrafforti;
- speciali muri in terra costituiti da associazione di materiale granulare e armature metalliche ad alta aderenza e da un paramento articolato di pannelli prefabbricati in calcestruzzo.



esempi di muri a gravità



esempi di muri a mensola

## 1.7.2) Requisiti di stabilità

Il muro di sostegno dovrà offrire un'efficace risposta alla spinta delle terre, a quella dovuta all'acqua e ad eventuali spinte indotte da sovraccarichi superiori nonchè rispondere a tutti i requisiti statici richiesti dalla normativa vigente ed in particolare alle seguenti verifiche:

### - VERIFICA ALLO SCORRIMENTO SUL PIANO DI POSA

Per la sicurezza lungo il piano di posa del muro, il rapporto fra la somma delle forze resistenti, calcolate con i coefficienti della Tabella 6.5.I del DM 17/01/2018, con riferimento all'approccio geotecnico di tipo 2 (A1+M1+R3), nella direzione dello slittamento e la somma delle componenti nella stessa direzione delle azioni sul muro deve risultare non inferiore a 1,0.

**- VERIFICA AL RIBALTAMENTO DEL MURO**

Lo stato limite di ribaltamento non prevede la mobilitazione della resistenza del terreno antistante il muro. Per la verifica di sicurezza si assume come punto di rotazione l'estremo alla base della fondazione più a monte. Il rapporto tra il momento delle forze stabilizzanti e quello delle forze ribaltanti, calcolate con i coefficienti della Tabella 6.5.I del DM 17/01/2018, con riferimento all'approccio geotecnico di tipo 2 (A1+M1+R3), non deve risultare minore di 1,0.

**- VERIFICA AL CARICO LIMITE DELL'INSIEME FONDAZIONE-TERRENO**

Questa verifica deve essere eseguita secondo quanto prescritto nel §6.5.3.1.1 del DM 17/01/2018, con riferimento all'approccio geotecnico di tipo 2 (A1+M1+R3), tenendo conto dell'inclinazione ed eccentricità della risultante delle forze trasmesse dal muro al terreno di fondazione. Il coefficiente di sicurezza non dovrà risultare minore di 1.

**- VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE**

La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno deve essere effettuata secondo l'Approccio 1 - Combinazione 2 (A2+M2+R2), tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici e nella Tabella 6.8.I del DM 17/01/2018 per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e fronti di scavo. Il coefficiente di sicurezza non dovrà risultare inferiore ad 1,0.

I materiali costituenti i manufatti dovranno essere posti in opera a strati e costipati per ottenere caratteristiche fisico-meccaniche in accordo con i requisiti progettuali. Al riguardo devono essere indicate in progetto le prescrizioni relative alla posa in opera precisando i controlli da eseguire durante la costruzione ed i limiti di accettabilità dei materiali.

L'opera di sostegno dovrà essere realizzata secondo tutte le prescrizioni dimensionali e strutturali indicate in progetto, secondo le seguenti tipologie:

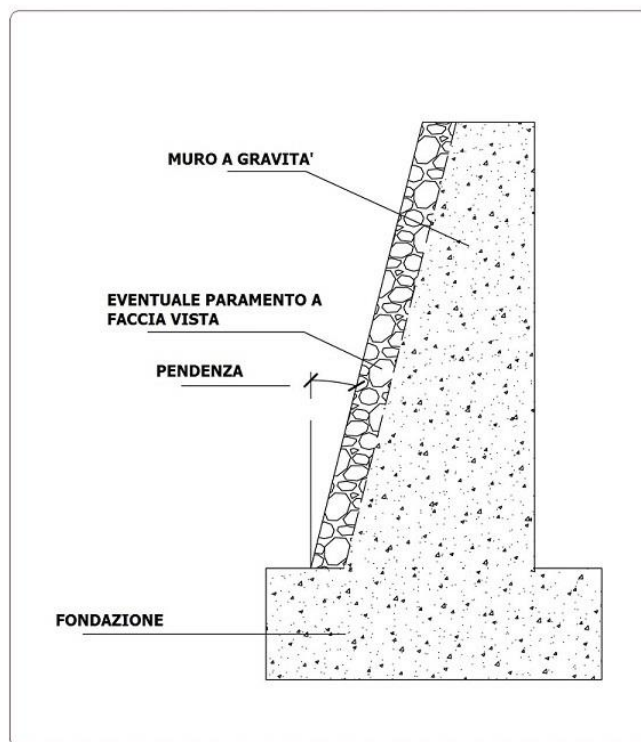
**1.7.3) Muro di sostegno a gravità**

I muri di sostegno a gravità resistono alla spinta esercitata dal terreno esclusivamente in virtù del proprio peso. Essi saranno realizzati con i seguenti materiali indicati in progetto ovvero secondo prescrizione della Direzione Lavori:

- calcestruzzo
- muratura di mattoni
- muratura di pietrame

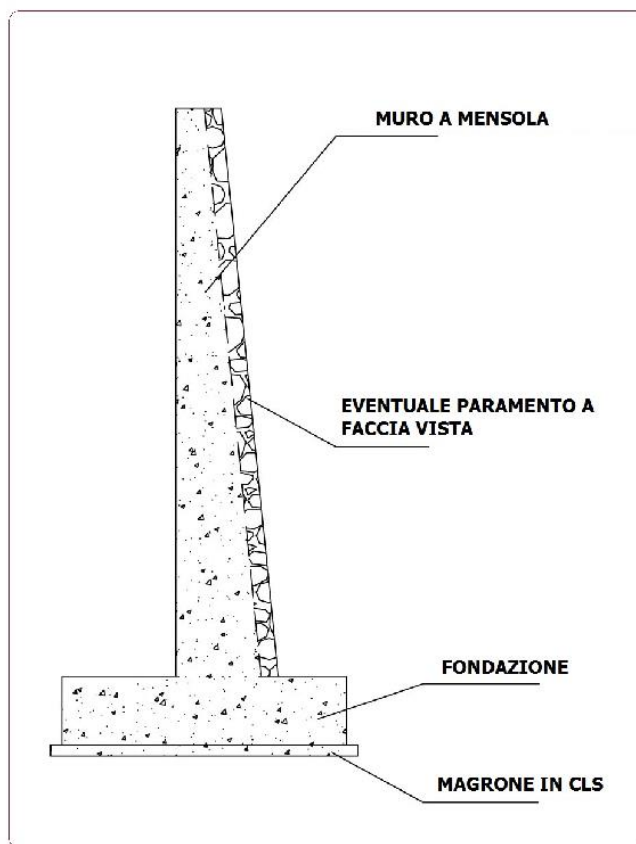
Affinchè ogni sezione orizzontale del muro sia interamente compressa è necessario che ad ogni quota, la risultante del peso e della spinta del terreno sia interna al nocciolo d'inerzia. Si tratterà pertanto di una struttura tozza, la cui altezza massima supererà raramente i 3,5 metri: per altezze maggiori di solito non sono economicamente convenienti.





## 1.7.4) Muro di sostegno a mensola

I muri di sostegno a mensola e a contrafforti e speroni sfruttano, contrariamente ai muri a gravità, anche il peso del terreno o che grava sulle parti strutturali (es. la fondazione) per la stabilità al ribaltamento ed alla traslazione orizzontale. Le diverse parti della struttura (fondazione e pareti) tuttavia sono armate in modo da resistere anche a flessione e taglio.



I muri a contrafforti e speroni, essendo strutture scatolari, composte da lastre incastrate su tre lati, consentono un migliore sfruttamento dei materiali e sono quindi preferiti per i muri di grande altezza.

### 1.7.5) Drenaggio

I muri di sostegno, dopo la loro realizzazione, necessitano di un riempimento del terrapieno di monte, la cui quantità dipende dalla forma della scarpata e dalle dimensioni geometriche del muro. Lo spessore del rinterro dipende dalla tipologia del muro: spessori maggiori sono richiesti per muri a mensola, mentre per muri a gravità lo spessore del rinterro è di solito minore.

L'eventuale presenza di acqua a monte del muro contribuisce ad aumentare la pressione laterale sul muro stesso: sarà quindi necessario predisporre, specialmente in tali casi, un idoneo sistema di drenaggio.

La scelta del tipo di drenaggio più idoneo è da porsi in relazione con il tipo di terreno da contenere, le precipitazioni atmosferiche, la presenza di falda idrica e la possibilità che si formi ghiaccio. La mancanza di un efficiente sistema di drenaggio è concausa di crolli dei muri di sostegno, quindi è auspicabile rendere impermeabile, per quanto possibile, il piano superiore del terrapieno per evitare infiltrazioni di acque meteoriche; predisporre un drenaggio inclinato per ridurre al minimo la sovrappressione idrostatica; utilizzare materiale permeabile per la parte di rinterro a contatto con il muro.

Considerato che dietro il muro l'accumulo di acqua incrementa notevolmente il peso specifico del terreno (e quindi, la pressione laterale agente sul muro), risulta necessario porre particolare attenzione alla scelta del tipo di materiale impiegato ed alle modalità esecutive del terrapieno posizionato a monte del muro. Pertanto, è opportuno realizzare un sistema di drenaggio, capace di abbattere, o quanto meno ridurre al minimo, il valore della spinta dovuta alla pressione nel terreno, con dei fori di drenaggio lungo il muro e con l'utilizzo di terreni di riempimento dotati di elevata permeabilità, costituiti da materiale lapideo, con un'opportuna scelta della pezzatura.



Per ridurre l'intensità della spinta, ed in particolare della sua componente orizzontale, è opportuno utilizzare terreni di riempimento sabbiosi e ghiaiosi, caratterizzati da un alto valore dell'angolo di resistenza al taglio. Per limitare l'influenza sulla spinta del terreno naturale in sito dietro il muro ed il suo riempimento, il pendio che si realizza con lo sbancamento deve avere una pendenza debole o addolcita.

I sistemi di drenaggio più utilizzati sono:

- fori di drenaggio, di 10÷15 cm di diametro e interasse 2÷4 m, muniti di rete reps o di filtro, disposti a quinconce su tutta l'altezza del muro, con maggiore densità nella parte inferiore;
- materiali drenanti messi in opera dietro il muro, sia verticalmente a contatto diretto con la parete, sia come tappeti drenanti messi in opera sul pendio di terreno naturale prima del riempimento, in modo da abbattere la superficie di falda.

Le acque di drenaggio che attraversano il muro, laddove è progettualmente compatibile, possono essere convogliate in una canaletta al piede.

Il sistema drenante può essere ulteriormente migliorato con l'inerbimento del pendio in modo da ridurre l'acqua di infiltrazione e con la messa in opera di opportune specie vegetali a radici profonde che, per suzione, riducono il contenuto in acqua del terreno.

Il progetto o la Direzione Lavori dovrà chiaramente indicare la scelta dei materiali (naturali od artificiali) tenendo conto dei requisiti richiesti per la funzionalità e le caratteristiche del terreno con il quale il dreno è a contatto. Per i rilevati ed i rinterri a tergo di opere di sostegno sono da preferire le terre a grana media o grossa. Terre a grana fine possono essere impiegate per opere di modesta importanza e quando non sia possibile reperire materiali migliori. Si possono adoperare anche materiali ottenuti dalla frantumazione di rocce. Sono da escludere materiali con forti percentuali di sostanze organiche di qualsiasi tipo e materiali fortemente rigonfiati.

Il sistema di drenaggio migliore è quello che prevede di predisporre opportuni dreni orizzontali o sub-orizzontali, i quali riducono notevolmente la spinta dell'acqua. I dreni verticali, posizionati a tergo del muro, sono invece più semplici da realizzare e si limitano invece a ridurre sensibilmente il valore della spinta dell'acqua. Un buon drenaggio sarà costituito da materiali permeabili di opportuna granulometria e da un sistema di tubazioni. Affinchè i dreni funzionino correttamente, non devono essere contaminati da altro materiale impermeabile, o a bassa permeabilità, e devono stare a contatto con l'aria attraverso i tubi, aventi sezione e pendenza sufficienti a favorire lo smaltimento dell'acqua e di eventuali sedimenti.

Qualunque sia il sistema di drenaggio utilizzato, va comunque tenuto in considerazione il problema della collocazione di opportuno materiale filtrante, tipo geotessile, sopra i fori sul lato del terrapieno a monte, in maniera da evitare la fuoriuscita di materiale fine, che comporta l'ostruzione degli stessi fori, non permettendo più la fuoriuscita dell'acqua a tergo del muro.

Il costipamento del rinterro, quando previsto, deve essere eseguito secondo quanto prescritto in progetto ovvero dalla Direzione Lavori.

La posa in opera senza costipamento è consentita per manufatti di pietrame. Le modalità della posa in opera e del costipamento devono essere considerate in progetto, sia nella definizione della sezione tipo dell'opera, sia nella valutazione delle proprietà fisico-meccaniche dei materiali.

## Art. 1.8

### OPERE E STRUTTURE DI CALCESTRUZZO

#### 1.8.1) Generalità

##### Impasti di Calcestruzzo

Gli impasti di calcestruzzo dovranno essere eseguiti in conformità di quanto previsto dal D.M. 17 gennaio 2018 e dalle relative norme vigenti.

La distribuzione granulometrica degli inerti, il tipo di cemento e la consistenza dell'impasto, devono essere adeguati alla particolare destinazione del getto ed al procedimento di posa in opera del conglomerato.

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:

DP INGENGERIA SRL  
Società di Ingegneria Civile  
info@dpingegneria.com - www.dpingegneria.com  
Viale San Concordio, 1160 - 55100 LUCCA  
Tel.: 0583 381194 - P.IVA: 0248882408

Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing. S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
Salvatore  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

22



Il quantitativo d'acqua deve essere il minimo necessario a consentire una buona lavorabilità del conglomerato tenendo conto anche dell'acqua contenuta negli inerti.

Partendo dagli elementi già fissati il rapporto acqua-cemento, e quindi il dosaggio del cemento, dovrà essere scelto in relazione alla resistenza richiesta per il conglomerato.

L'impiego degli additivi dovrà essere subordinato all'accertamento della assenza di ogni pericolo di aggressività e devono essere conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 934-2.

L'acqua di impasto, ivi compresa l'acqua di riciclo, dovrà essere conforme alla norma UNI EN 1008.

L'impasto deve essere fatto con mezzi idonei ed il dosaggio dei componenti eseguito con modalità atte a garantire la costanza del proporzionamento previsto in sede di progetto.

Nei calcestruzzi è ammesso l'impiego di aggiunte, in particolare di ceneri volanti, loppe granulate d'altoforno e fumi di silice, purché non ne vengano modificate negativamente le caratteristiche prestazionali.

Le ceneri volanti devono soddisfare i requisiti della norma europea armonizzata UNI EN 450-1. Per quanto riguarda l'impiego si potrà fare utile riferimento ai criteri stabiliti dalle norme UNI EN 206 ed UNI 11104.

I fumi di silice devono soddisfare i requisiti della norma europea armonizzata UNI EN 13263-1.

Per i calcestruzzi preconfezionati si fa riferimento alla norma UNI EN 206.

### Controlli sul Calcestruzzo

Per i controlli sul calcestruzzo ci si atterrà a quanto previsto dal D.M. 17 gennaio 2018.

Il calcestruzzo viene individuato tramite la resistenza caratteristica a compressione secondo quanto specificato nel suddetto D.M.

Il calcestruzzo deve essere prodotto in regime di controllo di qualità, con lo scopo di garantire che rispetti le prescrizioni definite in sede di progetto.

Il controllo di qualità del calcestruzzo si articola nelle seguenti fasi:

- Valutazione preliminare della resistenza;
- Controllo di produzione
- Controllo di accettazione
- Prove complementari

Le prove di accettazione e le eventuali prove complementari, compresi i carotaggi, sono eseguite e certificate dai laboratori di cui all'art. 59 del d.P.R. n. 380/2001.

Il costruttore resta comunque responsabile della qualità del calcestruzzo posto in opera, che sarà controllata dal Direttore dei Lavori, secondo le procedure di cui al punto 11.2.5 del D.M. 17 gennaio 2018.

### Resistenza al Fuoco

Le verifiche di resistenza al fuoco potranno eseguirsi con riferimento a UNI EN 1992-1-2.

### 1.8.2) Norme per il cemento armato normale

Nella esecuzione delle opere di cemento armato normale l'Appaltatore dovrà attenersi a quanto contenuto nel d.P.R. 380/2001 e s.m.i., nelle norme tecniche del D.M. 17 gennaio 2018 e nella relativa normativa vigente.

### Armatura delle travi

Negli appoggi di estremità all'intradosso deve essere disposta un'armatura efficacemente ancorata, calcolata coerentemente con il modello a traliccio adottato per il taglio e quindi applicando la regola della traslazione della risultante delle trazioni dovute al momento flettente, in funzione dell'angolo di inclinazione assunto per le bielle compresse di calcestruzzo.





Le travi devono prevedere armatura trasversale costituita da staffe con sezione complessiva non inferiore ad  $A_{st} = 1,5 b \text{ mm}^2/\text{m}$  essendo  $b$  lo spessore minimo dell'anima in millimetri, con un minimo di tre staffe al metro e comunque passo non superiore a 0,8 volte l'altezza utile della sezione.

In ogni caso, almeno il 50% dell'armatura necessaria per il taglio deve essere costituita da staffe.

### Armatura dei pilastri

Nel caso di elementi sottoposti a prevalente sforzo normale, le barre parallele all'asse devono avere diametro maggiore od uguale a 12 mm e non potranno avere interassi maggiori di 300 mm.

Le armature trasversali devono essere poste ad interasse non maggiore di 12 volte il diametro minimo delle barre impiegate per l'armatura longitudinale, con un massimo di 250 mm. Il diametro delle staffe non deve essere minore di 6 mm e di  $\frac{1}{4}$  del diametro massimo delle barre longitudinali.

### Copriferro e interferro

L'armatura resistente deve essere protetta da un adeguato ricoprimento di calcestruzzo.

Al fine della protezione delle armature dalla corrosione, lo strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferro) deve essere dimensionato in funzione dell'aggressività dell'ambiente e della sensibilità delle armature alla corrosione, tenendo anche conto delle tolleranze di posa delle armature.

Per consentire un omogeneo getto del calcestruzzo, il copriferro e l'interferro delle armature devono essere rapportati alla dimensione massima degli inerti impiegati.

Il copriferro e l'interferro delle armature devono essere dimensionati anche con riferimento al necessario sviluppo delle tensioni di aderenza con il calcestruzzo.

### Ancoraggio delle barre e loro giunzioni

Le armature longitudinali devono essere interrotte ovvero sovrapposte preferibilmente nelle zone compresse o di minore sollecitazione.

La continuità fra le barre può effettuarsi mediante:

- sovrapposizione, calcolata in modo da assicurare l'ancoraggio di ciascuna barra. In ogni caso la lunghezza di sovrapposizione nel tratto rettilineo deve essere non minore di 20 volte il diametro della barra. La distanza mutua (interferro) nella sovrapposizione non deve superare 4 volte il diametro;
- saldature, eseguite in conformità alle norme in vigore sulle saldature. Devono essere accertate la saldabilità degli acciai che vengono impiegati, nonché la compatibilità fra metallo e metallo di apporto nelle posizioni o condizioni operative previste nel progetto esecutivo;
- giunzioni meccaniche per barre di armatura. Tali giunzioni sono qualificate secondo quanto indicato al punto 11.3.2.9 del D.M. 17 gennaio 2018.

Per barre di diametro  $\varnothing > 32 \text{ mm}$  occorrerà adottare particolari cautele negli ancoraggi e nelle sovrapposizioni.

Nell'assemblaggio o unione di due barre o elementi di armatura di acciaio per calcestruzzo armato possono essere usate giunzioni meccaniche mediante manicotti che garantiscano la continuità. Le giunzioni meccaniche possono essere progettate con riferimento a normative o documenti di comprovata validità.

Tutti i progetti devono contenere la descrizione delle specifiche di esecuzione in funzione della particolarità dell'opera, del clima, della tecnologia costruttiva.

In particolare il documento progettuale deve contenere la descrizione dettagliata delle cautele da adottare per gli impasti, per la maturazione dei getti, per il disarmo e per la messa in opera degli elementi strutturali. Analoga attenzione dovrà essere posta nella progettazione delle armature per quanto riguarda: la definizione delle posizioni, le tolleranze di esecuzione e le modalità di piegatura. Si potrà a tal fine fare utile riferimento alla norma UNI EN 13670 "Esecuzione di strutture di calcestruzzo".



### 1.8.3) Norme ulteriori per il cemento armato precompresso

Nella esecuzione delle opere di cemento armato precompresso l'Appaltatore dovrà attenersi a quanto contenuto nel d.P.R. 380/2001 e s.m.i., nelle norme tecniche del D.M. 17 gennaio 2018 e nella relativa normativa vigente.

I sistemi di precompressione con armature, possono essere a cavi scorrevoli ancorati alle estremità (sistemi post-tesi) o a cavi aderenti (sistemi pre-tesi).

La condizione di carico conseguente alla precompressione si combinerà con le altre (peso proprio, carichi permanenti e variabili) al fine di avere le più sfavorevoli condizioni di sollecitazione.

Nel caso della post-tensione, se le armature di precompressione non sono rese aderenti al conglomerato cementizio dopo la tesatura mediante opportune iniezioni di malta all'interno delle guaine (cavi non aderenti), si deve tenere conto delle conseguenze dello scorrimento relativo acciaio-calcestruzzo.

Le presenti norme non danno indicazioni su come trattare i casi di precompressione a cavi non aderenti per i quali si potrà fare riferimento ad UNI EN 1992-1-1.

Nel caso sia prevista la parzializzazione delle sezioni nelle condizioni di esercizio, particolare attenzione deve essere posta alla resistenza a fatica dell'acciaio in presenza di sollecitazioni ripetute.

### Esecuzione delle opere in calcestruzzo armato precompresso

L'armatura resistente deve essere protetta da un adeguato ricoprimento di calcestruzzo.

Al fine della protezione delle armature dalla corrosione, lo strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferro) deve essere dimensionato in funzione dell'aggressività dell'ambiente e della sensibilità delle armature alla corrosione, tenendo anche conto delle tolleranze di posa delle armature.

Per consentire un omogeneo getto del calcestruzzo, il copriferro e l'interferro delle armature devono essere rapportati alla dimensione massima degli inerti impiegati.

Il copriferro e l'interferro delle armature devono essere dimensionati anche con riferimento al necessario sviluppo delle tensioni di aderenza con il calcestruzzo.

Nel caso di armature pre-tese, nella testata i trefoli devono essere ricoperti con adeguato materiale protettivo, o con getto in opera.

Nel caso di armature post-tese, gli apparecchi d'ancoraggio della testata devono essere protetti in modo analogo.

All'atto della messa in tiro si debbono misurare contemporaneamente lo sforzo applicato e l'allungamento conseguito. Per prodotti marcati CE si applicano le procedure di controllo previste dalle pertinenti norme europee armonizzate.

La distanza minima netta tra le guaine deve essere commisurata sia alla massima dimensione dell'aggregato impiegato sia al diametro delle guaine stesse in relazione rispettivamente ad un omogeneo getto del calcestruzzo fresco ed al necessario sviluppo delle tensioni di aderenza con il calcestruzzo.

I risultati conseguiti nelle operazioni di tiro, le letture ai manometri e gli allungamenti misurati, vanno registrati in apposite tabelle e confrontate con le tensioni iniziali delle armature e gli allungamenti teorici previsti in progetto.

La protezione dei cavi scorrevoli va eseguita mediante l'iniezione di adeguati materiali atti a prevenire la corrosione ed a fornire la richiesta aderenza.

Per la buona esecuzione delle iniezioni è necessario che le stesse vengano eseguite secondo apposite procedure di controllo della qualità.

### 1.8.4) Responsabilità per le opere in calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso

Nell'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso l'Appaltatore dovrà attenersi strettamente a tutte le disposizioni contenute nel d.P.R. 380/2001 e s.m.i., e nelle norme tecniche vigenti (UNI EN 1991-1-6).

Nelle zone sismiche valgono le norme tecniche emanate in forza del d.P.R. 380/2001 e s.m.i., e del D.M. 17 gennaio 2018.



Tutti i lavori di cemento armato facenti parte dell'opera appaltata, saranno eseguiti in base ai calcoli di stabilità accompagnati da disegni esecutivi e da una relazione, che dovranno essere redatti e firmati da un tecnico abilitato iscritto all'Albo, e che l'Appaltatore dovrà presentare alla Direzione dei Lavori entro il termine che gli verrà prescritto, attenendosi agli schemi e disegni facenti parte del progetto ed allegati al contratto o alle norme che gli verranno impartite, a sua richiesta, all'atto della consegna dei lavori.

L'esame e verifica da parte della Direzione dei Lavori dei progetti delle varie strutture in cemento armato non esonera in alcun modo l'Appaltatore e il progettista delle strutture dalle responsabilità loro derivanti per legge e per le precise pattuizioni del contratto.

Tutti i prodotti e/o materiali di cui al presente articolo, qualora possano essere dotati di marcatura CE secondo la normativa tecnica vigente, dovranno essere muniti di tale marchio.

### Art 1.9

#### **ARMATURE E SBADACCHIATURE SPECIALI PER GLI SCAVI DI FONDAZIONI**

Le armature occorrenti per gli scavi di fondazione debbono essere eseguite a regola d'arte ed assicurate in modo da impedire qualsiasi deformazione dello scavo e lo smottamento delle materie. Esse restano a totale carico dell'Appaltatore, essendo compensate col prezzo di elenco per lo scavo finché il volume del legname non supera il ventesimo del volume totale dello scavo nella parte le cui pareti vengono sostenute da armature. Quando il volume dei legnami supera invece tale limite, le armature sono pagate col compenso previsto in elenco e che si applica al volume dei legnami e tavole in opera per la parte eccedente il ventesimo di cui sopra, rimanendo gli eventuali materiali di ricavo dalla demolizione delle armature in proprietà dell'Appaltatore.

### Art 1.10

#### **PARATIE O CASSERI IN LEGNAME PER FONDAZIONI**

Le paratie o casseri in legname occorrenti per le fondazioni debbono essere formati con pali o tavoloni o palancole infissi nel suolo e con longarine o filagne di collegamento in uno o più ordini, a distanza conveniente, della qualità e dimensioni che saranno prescritte. I tavoloni debbono essere battuti a perfetto contatto l'uno con l'altro; ogni palo o tavolone che si spezzi sotto la battitura, o che nella discesa devii dalla verticale, deve essere estratto e sostituito a cura ed a spese dell'Appaltatore; esso può essere reinserito regolarmente se ancora utilizzabile a giudizio della Direzione dei Lavori.

Le teste dei pali o dei tavoloni debbono essere munite di adatte cerchiature in ferro per evitare le scheggiature e gli altri guasti che possono essere causati dai colpi di maglio. Le punte dei pali e dei tavoloni debbono essere munite di puntazze di ferro quando la Direzione dei Lavori lo giudichi necessario.

Le teste delle palancole debbono essere portate al livello delle longarine, recidendo la parte sporgente quando sia stata riconosciuta l'impossibilità di farle maggiormente penetrare nel terreno.

Quando le condizioni del sottosuolo lo permettono, i tavoloni o le palancole anziché infissi nel terreno, possono essere posti orizzontalmente sulla fronte dei pali verso lo scavo e debbono essere assicurati ai pali stessi mediante robusta ed abbondante chiodatura, in modo da formare una parete stagna e resistente.

### Art. 1.11

#### **PALIFICAZIONI**

Le palificazioni sono costituite da elementi strutturali di fondazione infissi o costruiti, in grado di trasmettere al sottosuolo le forze ed i carichi applicati dalle sovrastrutture.

Le palificazioni potranno essere composte da:

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:

OP INGENGERIA S.R.L.  
Società di Ingegneria Civile  
info@opingenzeria.com - www.opingenzeria.com  
Via San Concordio, 1160 - 55100 LUCCA  
Tel. 0583 381194 - P.IVA. 02488624048

Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
Salvatore  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

26



- pali di legno infissi;
- pali di calcestruzzo armato infissi;
- pali trivellati di calcestruzzo armato costruiti in opera.

I lavori saranno eseguiti in conformità, alla normativa vigente e a quella di seguito elencata:

- Ministero delle infrastrutture - Decreto 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni" (G.U. 20 febbraio 2018, n. 42);
- d.P.R. 380/2001 e s.m.i., art. 52;
- CNR «Istruzioni sulla pianificazione della manutenzione stradale»;
- Raccomandazioni dell'Associazione Geotecnica Italiana sui pali di fondazione, dicembre 1984.

### 1.11.1 Palificazione eseguita in opera con tubo infisso (pali trivellati)

Per i pali eseguiti in opera con tubi infissi mediante trivellazione, con procedimento quindi che non modifica le proprietà meccaniche e la consistenza in genere del terreno entro il quale verrà eseguito il getto del conglomerato, si eseguirà la perforazione del terreno facendo scendere via via un tubo metallico (tubo forma) con elemento di estremità con ghiera tagliente, di diametro uguale a quello teorico del palo. Il tubo metallico, ove non sia di un sol pezzo, dovrà essere formato con elementi filettati che assicurino la perfetta direzione del palo e garantiscano la perfetta coassialità. Comunque dovrà essere possibile applicare all'estremità superiore un coperchio con presa per tubazione ad aria compressa ove occorresse adoperarlo o per espellere l'acqua o per provvedere, con tale metodo, all'esecuzione e costipamento della base e primo tronco del fusto sino a che non vi sia più introduzione di acqua. Si dovrà avere la possibilità di proseguire la perforazione mediante appositi scalpelli ove si incontrassero trovanti e vecchie murature.

Quando sia stata raggiunta la profondità voluta, si fermerà l'affondamento del palo e, senza sollevarlo o ritirare il tubo e messa in opera la gabbia metallica se questa sia prevista per tutta la lunghezza, si inizierà la formazione della base gettando con una benna (chiusa all'estremità inferiore da una valvola automatica o con altro sistema idoneo) piccole e successive quantità di calcestruzzo, costipandole o mediante battitura (con maglio di peso variabile da 1200 kg, per tubi del diametro di 45 cm, a 600 kg, per tubi del diametro di 30 cm) o con uno dei pestoni in uso. Prima di procedere al getto sarà resa stagna l'estremità inferiore del tubo provvedendo alla costruzione di un tappo di conglomerato alla base del palo e sarà estratta l'acqua eventualmente penetrata nel tubo. La sbulbatura di base, ottenuta con la pilonatura del calcestruzzo o in qualsiasi altro modo che la natura del terreno e le modalità di esecuzione possono consigliare, sarà la maggiore possibile.

Eseguita la base, si procederà poi all'esecuzione del fusto mediante piccole successive introduzioni di calcestruzzo per tratti di altezza conveniente, in relazione alla natura del terreno, e sollevando gradatamente il tubo-forma metallico, in modo tale che restino nel tubo almeno 50 cm di conglomerato, senza abbandonarlo mai in modo da evitare che nel tubo si introducano acqua o terra: dopo il getto di ciascuno dei tratti si procederà al costipamento del calcestruzzo o con battitura con uno dei sistemi brevettati e riconosciuto idoneo dalla Direzione dei Lavori in relazione alla lunghezza dei pali.

Nel caso di attraversamento di vene dilavanti si effettuerà l'incamiciatura del tratto di palo con un controtubo di lamierino leggero esterno al tubo forma, che verrà lasciato in posto. Cura particolare dovrà usarsi affinché non si verifichino soluzioni di continuità nel getto di calcestruzzo, in particolare quando il costipamento avviene per pestonatura e cioè specialmente al momento della sfilatura del tubo forma.

In presenza di terre sciolte in acqua potrà procedersi al getto del conglomerato per maggiori altezze, senza pestonamento al fine di evitare sifonamenti nel tubo.

Per pali trivellati la portata limite verrà determinata in sede di progetto in relazione alle caratteristiche geognostiche degli strati attraversati e con l'uso di formule ben conosciute (Dorr, Cagnot, Kerisel o altre) considerando nella sua probabile realtà l'attrito laterale. La portata di esercizio sarà data dalla portata limite divisa per il coefficiente di sicurezza derivante dalla formula usata. L'effettiva portata verrà valutata all'atto esecutivo mediante prove di carico su prototipi.

I pali saranno sottoposti a prove di carico statico o a prove di ribattitura in relazione alle condizioni ed alle caratteristiche del suolo e secondo la normativa stabilita dal D.M. 17 gennaio 2018.



### 1.11.2) Prove sui pali

Tutte le prove sui pali sono a carico dell'impresa e dovranno essere eseguite da laboratori o strutture accettate dalla Direzione dei Lavori. Nell'esecuzione delle prove oltre a quanto prescritto nel presente capitolato e negli elaborati progettuali devono essere rispettate le vigenti norme.

#### **Pali di prova**

Prima dell'inizio della costruzione della palificata devono essere eseguiti pali pilota, nel numero sufficiente; l'ubicazione di tali pali deve essere stabilita dalla Direzione dei Lavori e risultare esattamente dai verbali che verranno redatti sulle prove eseguite.

Le prove di carico per la determinazione del carico limite del palo singolo devono essere spinte fino a valori del carico assiale tali da portare a rottura il complesso palo-terreno, o comunque tali da consentire di ricavare significativi diagrammi abbassamenti-carichi e abbassamenti-tempi.

#### **Prove di collaudo statico**

Per le prove di collaudo, i pali di prova vanno prescelti fra quelli costituenti l'intera palificata e indicati dalla Direzione dei Lavori o dal Collaudatore: il loro numero deve essere pari ad almeno l'1% del numero totale dei pali, con un minimo di due.

Le prove di collaudo dei pali di diametro inferiore a 80 cm devono essere spinte fino a 1,5 volte il carico ammissibile del palo singolo, con applicazione graduale del carico sul palo.

Ove previsto in progetto, l'Impresa è tenuta ad effettuare sui pali prove di carico orizzontale, prove estensimetriche, carotaggi sonici, ecc.; le prove di carico verticale di cui alle norme vigenti sono integralmente a carico dell'impresa, mentre per le prove di altro tipo sarà applicata la corrispondente voce dell'elenco dei prezzi unitari.

### **Pali trivellati di grande diametro**

Sui pali trivellati si eseguiranno prove tipo Cross Hole. Il metodo di prova si basa sulla registrazione continua di segnali di frequenza ultrasonica dopo l'attraversamento di sezioni di calcestruzzo: esso richiede la predisposizione del palo su tutta l'altezza, prima del getto, con tre (o più) tubi diametro 1' ed un quarto neri, filettati e manicottati tipo Fretz-Moon e similari.

Tali tubi saranno inseriti nella gabbia d'armatura prima della sua posa in opera, ai vertici di un triangolo equilatero, legati all'interno delle spirali e dovranno restare approssimativamente parallele anche dopo la loro messa in opera ed il getto successivo del palo. Entro tali tubi verranno fatte scorrere, durante l'esecuzione delle prove, apposite sonde da 25 mm di diametro e 30 cm di lunghezza: i tubi dovranno quindi essere liberi da ostacoli e successivamente riempiti con acqua chiara.

Il metodo adottato dovrà consentire di rappresentare il segnale di ricezione in maniera globale per la valutazione dell'omogeneità delle sezioni esaminate.

Sui pali trivellati è prevista inoltre una prova di carico non distruttiva con celle di Osterrberg.

Compreso la predisposizione di idoneo sistema idraulico necessario per la messa in pressione della cella per tutta la lunghezza del palo, l'impiego di trasduttori di tipo LVWDTs nel numero non inferiore a 3 unità posizionati tra la piastra inferiore e la piastra superiore della cella di carico, l'impiego di n. 2 strain gauges e relativi materiali accessori per il collegamento tra la piastra superiore della cella e la testa del palo, i collegamenti necessari, le attrezzature di carico e misura adeguate. Compreso altresì ogni altro materiale di consumo, ogni onere e magistero per lo svolgimento della prova, ogni attrezzatura necessaria, l'assistenza e la supervisione per le varie fasi di svolgimento dell'intervento, l'impiego di personale tecnico specializzato, la redazione dell'apposita relazione descrittiva, nonché il rilascio del report finale sulla prova svolta.

#### **Ancoraggi - Micropali**





Nella costruzione di ancoraggi e nell'esecuzione delle prove di carico per la determinazione del carico limite del singolo ancoraggio e delle prove di collaudo – al fine di controllare il comportamento degli ancoraggi eseguiti – devono essere osservate le specifiche norme geotecniche vigenti.

Le prove per la determinazione del carico limite del singolo ancoraggio devono essere spinte a valori del carico tali da portare a rottura il complesso ancoraggio-terreno.

La prova di collaudo consiste in un ciclo semplice di carico e scarico, sottoponendo l'ancoraggio ad una forza pari ad 1,3 volte la prevista forza di esercizio.

La tipologia di prove da eseguire (a rottura o di collaudo) ed eventuali modifiche da apportare ai carichi di prova, dovute a quanto riscontrato durante l'esecuzione dei micropali, saranno definite in cantiere dalla Direzione dei Lavori.

## **Art. 1.12** **FONDAZIONI**

### **1.12.1) Generalità**

La struttura di fondazione è definita dalla norma UNI 8290 come l'insieme degli elementi tecnici del sistema edilizio che ha la funzione di trasmettere i carichi (verticali e orizzontali) dell'edificio al terreno sottostante.

Le fondazioni sono concretamente la parte non visibile dell'edificio; costituiscono il collegamento statico tra l'edificio e il terreno e contribuiscono a formare un complesso mutuamente interattivo.

Le fondazioni possono essere dirette ed indirette, rispettivamente superficiali e profonde.

Le fondazioni superficiali sono definite tali in quanto poste a profondità contenute, ossia 6 – 8 m rispetto al piano di posa, e si utilizzano in presenza di terreni con caratteristiche geotecniche discrete.

Le fondazioni superficiali possono essere:

- discontinue – plinti
- continue – travi rovesce e platee.

La scelta del tipo di fondazione superficiale dipende dalle caratteristiche di resistenza del terreno, dall'intensità dei carichi degli edifici sovrastanti, dalla natura delle sollecitazioni gravanti. A causa del progressivo peggioramento di queste condizioni si passa dal plinto alla trave rovescia, alla platea.

Le fondazioni profonde si utilizzano, invece, quando i terreni superficiali hanno caratteristiche geotecniche insufficienti per realizzare una fondazione diretta soddisfacente, oppure nel caso in cui la fondazione debba sopportare ingenti carichi di edifici alti. I pali trasferiscono i carichi della sovrastruttura a strati di terreno posti a notevole profondità, 6-20 metri ed oltre.

La progettazione delle fondazioni segue le indicazioni del DM 17 gennaio 2018 - Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni -, della relativa disciplina attuativa Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni - e della norma UNI EN 1998.

### **1.12.2) Fondazioni in calcestruzzo armato**

Il materiale maggiormente impiegato nella realizzazione delle strutture di fondazioni è il cemento armato: il calcestruzzo assorbe le sollecitazioni di compressione, le barre di armatura in acciaio, invece, resistono agli sforzi di trazione.

Le proprietà del calcestruzzo permettono di procedere ai getti delle fondazioni e delle strutture in elevazione in momenti successivi, garantendo, attraverso i ferri di ripresa lasciati in attesa, la continuità strutturale finale.

Le norme UNI EN 206 e UNI 11104 individuano la classe di esposizione ambientale XC2 "bagnato, raramente asciutto" per il cemento armato di fondazione e, per garantire la durabilità del materiale, forniscono le seguenti prescrizioni:

- massimo rapporto acqua/cemento 0,60;
- dosaggio minimo di cemento 300 kg/m<sup>3</sup>;
- classe minima di resistenza C 25/30;

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:

DP INGENNERIA SRL  
Società di Ingegneria Civile  
info@dpingegneria.com - www.dpingegneria.com  
Via San Concordio, 1160 - 55100 LUCCA  
Tel.: 0583 381194 - P.IVA: 0248882408

Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing. S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
Salvatore  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

29



- classe di consistenza S5.

Per quanto riguarda le barre di armatura, viene utilizzato acciaio B450C secondo le prescrizioni delle norme UNI 11240 e UNI EN 10348.

Le armature presenti negli elementi di fondazione devono essere protette attraverso copriferrì in calcestruzzo di spessori importanti (all'incirca 5 centimetri) onde evitare che l'acciaio si corroda a causa dell'attacco da parte degli agenti esterni aggressivi.

Gli elementi prefabbricati devono possedere la marcatura CE e sono realizzati secondo le indicazioni della norma UNI EN 14991.

#### 1.12.2.1) Fondazioni superficiali discontinue - plinti<sup>(1)</sup>

Le fondazioni superficiali discontinue sono costituite da plinti, elementi rigidi puntuali a forma di dado.

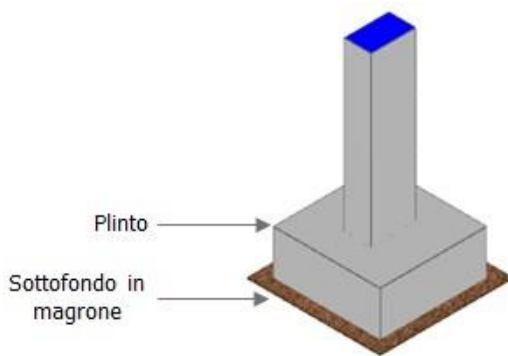
I plinti vengono utilizzati nel caso di strutture in elevazione intelaiate, in cui i pilastri sono posti a notevole distanza tra loro, e in presenza di terreni con buone caratteristiche geotecniche.

La testa del plinto è sollecitata dalle reazioni di taglio, momento e sforzo normale scaturenti dal vincolo di incastro quasi perfetto che le fondazioni stesse offrono ai pilastri. Tali sollecitazioni derivano dai carichi agenti sulla struttura in elevazione e vengono trasferite in fondazione mediante i macro elementi verticali resistenti (pilastri); le fondazioni, a loro volta, poi, le trasferiscono al terreno.

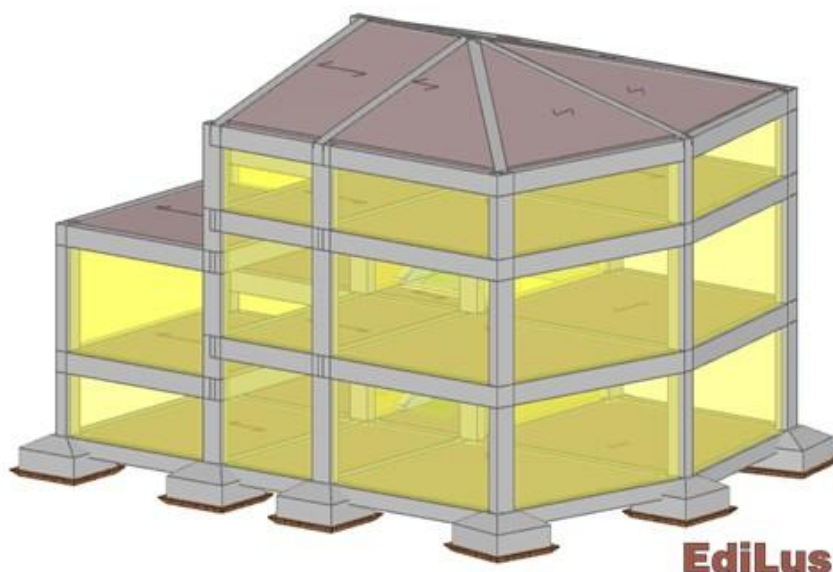
I plinti assorbono puntualmente i carichi dei pilastri e li distribuiscono su una superficie maggiore, al fine di diminuire l'impatto ed evitare il fenomeno di sprofondamento nel terreno degli elementi puntiformi della struttura sovrastante.

Per ripartire correttamente questi carichi che l'edificio trasmette al piano fondale di posa, i plinti vanno posizionati con il baricentro in corrispondenza della risultante verticale delle forze trasmesse dai pilastri.

I plinti vengono posati su uno strato ben livellato di calcestruzzo a basso dosaggio di cemento detto magrone, di spessore variabile dai 10 ai 25 cm, che funge da base di appoggio, evita il contatto diretto della fondazione con il terreno e limita la permeazione di umidità di risalita. Il sottoplinto viene utilizzato come fondo della cassaforma per il getto del cemento armato strutturale e si configura come un'estensione della base di appoggio sul terreno realizzando di conseguenza una diffusione del carico. Per un'efficace ripartizione del carico l'aggetto del sottoplinto deve essere al massimo pari al suo spessore, cosicché l'angolo di diffusione risulti minore di 45°.



I plinti vengono generalmente collegati tra loro nelle due direzioni dell'ordito strutturale da travi di collegamento, alle quali si affida anche il compito di portare le murature dei tombagni e dei divisorì a piano terra. Secondo le norme tecniche per le costruzioni (DM 17 gennaio 2018), in zona sismica questi collegamenti sono obbligatori e devono essere proporzionati per resistere ad uno sforzo normale di trazione o di compressione pari ad 1/10 del carico verticale agente sul più caricato dei due plinti collegati.



## 1.12.2.1.1) Geometria

In base alla geometria i plinti possono essere:

- *parallelepipedi*: sono particolarmente impiegati grazie alla grande rapidità esecutiva nella formazione della carpenteria e nell'esecuzione di getti, tuttavia, comportano un notevole quantitativo di calcestruzzo rispetto alla connotazione tronco-piramidale nonostante abbiano un comportamento statico pressoché equiparabile.
- *tronco-piramidali*: presentano l'estradosso sagomato a tronco di piramide e una sezione di calcestruzzo ridotta rispetto alla tipologia a parallelepipedo. Dal punto di vista statico il comportamento dell'elemento non cambia particolarmente rispetto alla configurazione rettangolare perché le tensioni che la fondazione deve trasferire al terreno si distribuiscono all'interno del cemento armato secondo un andamento a 45°; di conseguenza, la parte di calcestruzzo eccedente lateralmente il tronco di piramide non contribuisce in alcun modo alla resistenza.

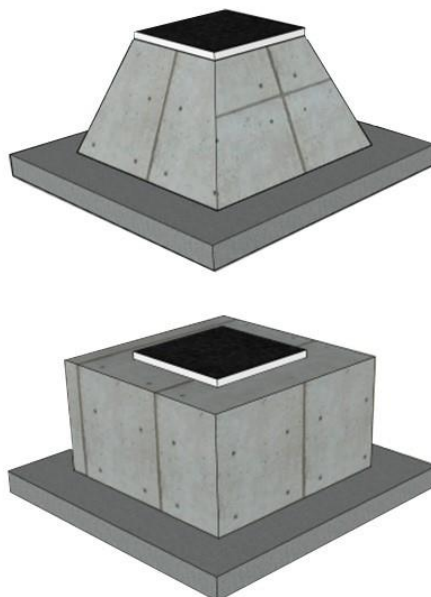
## 1.12.2.1.2) Tipologia di posa in opera e criteri di esecuzione

I plinti in cemento armato possono essere posati in opera in cantiere o prefabbricati.

Nel primo caso il plinto viene realizzato direttamente in cantiere secondo una sequenza operativa:

1. realizzazione della gabbia di armature;
2. preparazione del cassero;
3. getto di calcestruzzo.

- La gabbia di armatura viene realizzata assemblando ortogonalmente le barre longitudinali alle staffe, secondo le indicazioni della distinta progettuale. Le barre longitudinali, infatti, assorbono gli sforzi di flessione, le staffe il taglio. Durante la predisposizione della gabbia metallica le armature vengono poggiate su supporti in legno, distanziate opportunamente e legate tra loro attraverso del filo di ferro.
- Successivamente si procede alla preparazione del cassero in legno quale costruzione di contenimento laterale della gabbia metallica, in quanto la base del cassero è costituita dallo strato sottostante di magrone precedentemente posto in opera.
- Infine viene effettuato il getto di calcestruzzo.



Il plinto prefabbricato viene realizzato in stabilimento attraverso casseforme reimpiegabili in acciaio.

Durante la posa lo stampo viene capovolto rispetto al posizionamento dell'elemento tecnico in opera: ciò consente una maggiore facilità e rapidità nel posizionamento dell'armatura, nell'esecuzione del getto e nella sua costipazione, infine nella scasseratura dell'elemento.

Il pilastro viene poi collegato mediante un apposito alloggiamento, chiamato bicchiere, entro il quale viene posizionato, centrato e posto a piombo, eventualmente con il supporto di elementi di centraggio in acciaio; quindi si esegue il getto integrativo che consente la continuità strutturale.



## Art. 1.13 STRUTTURE IN ACCIAIO

### 1.13.1) Generalità

Le strutture di acciaio dovranno essere progettate e costruite tenendo conto di quanto disposto dal d.P.R. 380/2001 e s.m.i., dal D.M. 17 gennaio 2018, dalle circolari e relative norme vigenti.

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:



DP INGENNERIA S.R.L.  
Società di Ingegneria Civile  
info@dpingegneria.com - www.dpingegneria.com  
Viale San Concordio, 1160 - 55100 LUCCA  
Tel.: 0583 381194 - P.IVA: 0248882408



Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing. S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
Salvatore  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

32



I materiali e i prodotti devono rispondere ai requisiti indicati nel punto 11.3. del D.M. 17 gennaio 2018.

L'Appaltatore sarà tenuto a presentare in tempo utile, prima dell'approvvigionamento dei materiali, all'esame ed all'approvazione della Direzione dei Lavori:

- 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 peso 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 di fondazione.

I suddetti elaborati dovranno essere redatti a cura e spese dell'Appaltatore.

## Requisiti per la Progettazione e l'Esecuzione

### Spessori limite

È vietato l'uso di profilati con spessore  $t < 4$  mm.

Una deroga a tale norma, fino ad uno spessore  $t = 3$  mm, è consentita per opere sicuramente protette contro la corrosione, quali per esempio tubi chiusi alle estremità e profili zincati, od opere non esposte agli agenti atmosferici.

Le limitazioni di cui sopra non riguardano elementi e profili sagomati a freddo.

### Acciaio incrudito

Deve essere giustificato mediante specifica valutazione l'impiego di acciaio incrudito in ogni caso in cui si preveda la plasticizzazione del materiale (analisi plastica, azioni sismiche o eccezionali, ecc.) o prevalgano i fenomeni di fatica.

### Giunti di tipo misto

In uno stesso giunto è vietato l'impiego di differenti metodi di collegamento di forza (ad esempio saldatura e bullonatura), a meno che uno solo di essi sia in grado di sopportare l'intero sforzo, ovvero sia dimostrato, per via sperimentale o teorica, che la disposizione costruttiva è esente dal pericolo di collasso prematuro a catena.

### Problematiche specifiche

Oltre alle norme del D.M. 17 gennaio 2018, in relazione a:

- Preparazione del materiale,
- Tolleranze degli elementi strutturali di fabbricazione e di montaggio,
- Impiego dei ferri piatti,
- Variazioni di sezione,
- Intersezioni,
- Collegamenti a taglio con bulloni normali e chiodi,
- Tolleranze foro – bullone. Interassi dei bulloni e dei chiodi. Distanze dai margini,
- Collegamenti ad attrito con bulloni ad alta resistenza,
- Collegamenti saldati,
- Collegamenti per contatto,

si può far riferimento a normative di comprovata validità.

### Apparecchi di appoggio

La concezione strutturale deve prevedere facilità di sostituzione degli apparecchi di appoggio, nel caso in cui questi abbiano vita nominale più breve di quella della costruzione alla quale sono connessi.

### Verniciatura e zincatura

Gli elementi delle strutture in acciaio, a meno che siano di comprovata resistenza alla corrosione, devono essere adeguatamente protetti mediante verniciatura o zincatura, tenendo conto del tipo di acciaio, della sua posizione nella struttura e





dell'ambiente nel quale è collocato. Devono essere particolarmente protetti i collegamenti bullonati (precaricati e non precaricati), in modo da impedire qualsiasi infiltrazione all'interno del collegamento.

Anche per gli acciai con resistenza alla corrosione migliorata (per i quali può farsi utile riferimento alla norma UNI EN 10025-5) devono prevedersi, ove necessario, protezioni mediante verniciatura.

Nel caso di parti inaccessibili, o profili a sezione chiusa non ermeticamente chiusi alle estremità, dovranno prevedersi adeguati sovrappessori.

Gli elementi destinati ad essere incorporati in getti di calcestruzzo non devono essere verniciati: possono essere invece zincati a caldo.

### Controlli in Corso di Lavorazione

L'Appaltatore 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'Appaltatore informerà la Direzione dei Lavori, la quale darà risposta entro 8 giorni fissando la data del collaudo in contraddittorio, oppure autorizzando la spedizione delle strutture stesse in cantiere.

### Identificazione e Rintracciabilità dei Prodotti Qualificati

Ogni prodotto deve essere marchiato con identificativi diversi da quelli di prodotti aventi differenti caratteristiche, ma fabbricati nello stesso stabilimento e con identificativi differenti da quelli di prodotti con uguali caratteristiche ma fabbricati in altri stabilimenti, siano essi o meno dello stesso produttore. La marchiatura deve essere inalterabile nel tempo e senza possibilità di manomissione.

La mancata marchiatura, la non corrispondenza a quanto depositato o la sua illeggibilità, anche parziale, rendono il prodotto non impiegabile.

Qualora, sia presso gli utilizzatori, sia presso i commercianti, l'unità marchiata (pezzo singolo o fascio) venga scorporata, per cui una parte, o il tutto, perda l'originale marchiatura del prodotto è responsabilità sia degli utilizzatori sia dei commercianti documentare la provenienza mediante i documenti di accompagnamento del materiale e gli estremi del deposito del marchio presso il Servizio Tecnico Centrale.

Nel primo caso i campioni destinati al laboratorio incaricato delle prove di cantiere devono essere accompagnati dalla sopraindicata documentazione e da una dichiarazione di provenienza rilasciata dalla Direzione dei Lavori, quale risulta dai documenti di accompagnamento del materiale.

L'Appaltatore 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'Appaltatore informerà la Direzione dei Lavori, la quale darà risposta entro 8 giorni fissando la data del collaudo in contraddittorio, oppure autorizzando la spedizione delle strutture stesse in cantiere.

### Montaggio

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

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:

DP INGENNERIA S.R.L.  
Società di Ingegneria Civile  
info@dpingegneria.com - www.dpingegneria.com  
Viale San Concordio, 1160 - 55100 LUCCA  
Tel.: 0583 381194 - P.IVA: 0248862458

Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing. S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
Salvatore  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

34



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

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.

In particolare, per quanto riguarda le strutture a travata, si dovrà controllare che la controfreccia ed il posizionamento sugli apparecchi di appoggio siano conformi alle indicazioni di progetto, rispettando le tolleranze previste.

La stabilità delle strutture dovrà essere assicurata durante tutte le fasi costruttive e la rimozione dei collegamenti provvisori e di altri dispositivi ausiliari dovrà essere fatta solo quando essi risulteranno staticamente superflui.

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

Nella progettazione e nell'impiego delle attrezzature di montaggio, l'Appaltatore è tenuto a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo alla zona interessata, ed in particolare:

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

### Prove di Carico e Collaudo Statico

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

Ove nulla osti, si procederà quindi alle prove di carico ed al collaudo statico delle strutture; operazioni che verranno condotte, a cura e spese dell'Appaltatore, secondo le prescrizioni contenute nei decreti ministeriali vigenti e nel d.P.R. 380/2001 e s.m.i.

### 1.13.2 Acciaio per calcestruzzo armato

#### Caratteristiche dimensionali e di impiego

L'acciaio per cemento armato è esclusivamente 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 dei Lavori;
- in centri di trasformazione, solo se provvisti dei requisiti di cui al punto 11.3.1.7. del D.M. 17 gennaio 2018.

Tutti gli acciai per calcestruzzo armato devono essere ad aderenza migliorata, aventi cioè una superficie dotata di nervature o dentellature trasversali, uniformemente distribuite sull'intera lunghezza, atte a garantire adeguata aderenza tra armature e conglomerato cementizio.

Per quanto riguarda la marchiatura dei prodotti e la documentazione di accompagnamento vale quanto indicato nel D.M. 17 gennaio 2018.

#### Reti e tralicci elettrosalati

Gli acciai delle reti e tralicci elettrosalati devono essere saldabili. L'interasse delle barre non deve superare, nelle due direzioni, 330 mm.



I tralicci e le reti sono prodotti reticolari assemblati in stabilimento mediante elettrosaldature, eseguite da macchine automatiche in tutti i punti di intersezione.

Per le reti ed i tralicci costituiti con acciaio B450C, gli elementi base devono avere diametro (d) che rispetta la limitazione:  $6 \text{ mm } d = < 16 \text{ mm}$ .

Per le reti ed i tralicci costituiti con acciaio B450A, gli elementi base devono avere diametro (d) che rispetta la limitazione:  $5 \text{ mm } d = < 10 \text{ mm}$ .

La produzione di reti e tralicci elettrosaldati deve essere effettuata a partire da materiale di base qualificato. Nel caso di reti e tralicci formati con elementi base prodotti nello stesso stabilimento, la marchiatura del prodotto finito può coincidere con quella dell'elemento base.

Nel caso di reti e tralicci formati con elementi base prodotti in altro stabilimento, deve essere apposta su ogni confezione di reti o tralicci un'apposita etichettatura con indicati tutti i dati necessari per la corretta identificazione del prodotto e del fabbricante delle reti e dei tralicci stessi.

Il Direttore dei Lavori, al momento dell'accettazione della fornitura in cantiere, verificherà la presenza della predetta etichettatura.

### Controlli di accettazione in cantiere

I controlli di accettazione in cantiere sono obbligatori e secondo quanto disposto al punto 11.3.2.12 del D.M. 17 gennaio 2018 devono essere effettuati entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale a cura di un laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

Essi devono essere eseguiti in ragione di 3 campioni ogni 30 t di acciaio impiegato della stessa classe proveniente dallo stesso stabilimento o Centro di trasformazione, anche se con forniture successive.

I campioni devono essere ricavati da barre di uno stesso diametro o della stessa tipologia (in termini di diametro e dimensioni) per reti e tralicci, e recare il marchio di provenienza.

Il prelievo dei campioni va effettuato alla presenza del Direttore dei Lavori o di tecnico di sua fiducia che provvede alla redazione di apposito verbale di prelievo ed alla identificazione dei provini mediante sigle, etichettature indelebili, ecc.

Qualora la fornitura, di elementi sagomati o assemblati, provenga da un Centro di trasformazione, il Direttore dei Lavori, dopo essersi accertato preliminarmente che il suddetto Centro di trasformazione sia in possesso di tutti i requisiti previsti al punto 11.3.1.7 del D.M. 17 gennaio 2018, può recarsi presso il medesimo Centro di trasformazione ed effettuare in stabilimento tutti i controlli di cui sopra. In tal caso il prelievo dei campioni viene effettuato dal Direttore tecnico del centro di trasformazione secondo le disposizioni del Direttore dei Lavori; quest'ultimo deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati, nonché sottoscrivere la relativa richiesta di prove.

La domanda di prove al Laboratorio autorizzato deve essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori e deve contenere indicazioni sulle strutture interessate da ciascun prelievo.

### 1.13.3 Acciaio per strutture metalliche e per strutture composte

#### Acciai laminati

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

Prodotti lunghi

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

Prodotti piani

- lamiere e piatti
- nastri

Profilati cavi

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:



DP INGENGERIA SRL  
Società di Ingegneria Civile  
info@dpingegneria.com - www.dpingegneria.com  
Via San Concordio, 1160 - 55100 LUCCA  
Tel. 0583 581194 - P.IVA. 0248882408



Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
Salvatore  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

36



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

**Acciaio per strutture saldate**

Gli acciai per strutture saldate, oltre a soddisfare le condizioni indicate al punto 11.3.4.1 del D.M. 17 gennaio 2018, devono avere composizione chimica conforme a quanto riportato nelle norme europee armonizzate applicabili, di cui al punto 11.3.4.1 del citato decreto.

**Acciaio per getti**

Per l'esecuzione di parti in getti si devono impiegare acciai conformi alla norma UNI EN 10293.

Quando tali acciai debbano essere saldati, valgono le stesse limitazioni di composizione chimica previste per gli acciai laminati di resistenza simile.

**Processo di saldatura**

La saldatura degli acciai dovrà avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo la norma UNI EN ISO 4063. È ammesso l'uso di procedimenti diversi purché sostenuti da adeguata documentazione teorica e sperimentale.

I saldatori nei procedimenti semiautomatici e manuali dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN ISO 9606-1 da parte di un Ente terzo. Ad integrazione di quanto richiesto nella norma UNI EN ISO 9606-1, i saldatori che eseguono giunti a T con cordoni d'angolo dovranno essere specificamente qualificati e non potranno essere qualificati soltanto mediante l'esecuzione di giunti testa-testa.

Gli operatori dei procedimenti automatici o robotizzati dovranno essere certificati secondo la norma UNI EN ISO 14732.

Tutti i procedimenti di saldatura dovranno essere qualificati mediante WPQR (qualifica di procedimento di saldatura) secondo la norma UNI EN ISO 15614-1.

Le durezze eseguite sulle macrografie non dovranno essere superiori a 350 HV30.

Per la saldatura ad arco di prigionieri di materiali metallici (saldatura ad innesco mediante sollevamento e saldatura a scarica di condensatori ad innesco sulla punta) si applica la norma UNI EN ISO 14555; valgono perciò i requisiti di qualità di cui al prospetto A1 della appendice A della stessa norma.

Le prove di qualifica dei saldatori, degli operatori e dei procedimenti dovranno essere eseguite da un Ente terzo; in assenza di prescrizioni in proposito l'Ente sarà scelto dal costruttore secondo criteri di competenza e di indipendenza.

Sono richieste caratteristiche di duttilità, snervamento, resistenza e tenacità in zona fusa e in zona termica alterata non inferiori a quelle del materiale base.

Nell'esecuzione delle saldature dovranno inoltre essere rispettate le norme UNI EN 1011 parti 1 e 2 per gli acciai ferritici e della parte 3 per gli acciai inossidabili. Per la preparazione dei lembi si applicherà, salvo casi particolari, la norma UNI EN ISO 9692-1.

Le saldature saranno sottoposte a controlli non distruttivi finali per accertare la corrispondenza ai livelli di qualità stabiliti dal progettista sulla base delle norme applicate per la progettazione.

In assenza di tali dati per strutture non soggette a fatica si adotterà il livello C della norma UNI EN ISO 5817 e il livello B per strutture soggette a fatica.

L'entità ed il tipo di tali controlli, distruttivi e non distruttivi, in aggiunta a quello visivo al 100%, saranno definiti dal Collaudatore e dal Direttore dei Lavori; per i cordoni ad angolo o giunti a parziale penetrazione si useranno metodi di superficie (ad es. liquidi penetranti o polveri magnetiche), mentre per i giunti a piena penetrazione, oltre a quanto sopra previsto, si useranno metodi volumetrici e cioè raggi X o gamma o ultrasuoni per i giunti testa a testa e solo ultrasuoni per i giunti a T a piena penetrazione.



Per le modalità di esecuzione dei controlli ed i livelli di accettabilità si potrà fare utile riferimento alle prescrizioni della norma UNI EN ISO 17635.

Tutti gli operatori che eseguiranno i controlli dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN ISO 9712 almeno di secondo livello.

### Bulloni e chiodi

I bulloni sono organi di collegamento tra elementi metallici, introdotti in fori opportunamente predisposti, composti dalle seguenti parti:

- gambo, completamente o parzialmente filettato con testa esagonale (vite);
- dado di forma esagonale, avvitato nella parte filettata della vite;
- rondella (o rosetta) del tipo elastico o rigido.

In presenza di vibrazioni dovute a carichi dinamici, per evitare lo svitamento del dado, possono essere applicate rondelle elastiche oppure dei controdati.

### Bulloni "non a serraggio controllato"

Agli assiemi Vite/Dado/Rondella impiegati nelle giunzioni 'non precaricate' si applica quanto specificato al punto A del paragrafo 11.1 in conformità alla norma europea armonizzata UNI EN 15048-1.

In alternativa anche gli assiemi ad alta resistenza conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 14399-1 sono idonei per l'uso in giunzioni non precaricate.

Viti, dadi e rondelle, in acciaio, devono essere associate come nella seguente tabella

**Tabella 1**

Viti	Dadi	Rondelle	Riferimento
Classe di resistenza UNI EN ISO 898-1	Classe di resistenza UNI EN ISO 898-2	Durezza	
4.6	4; 5; 6 oppure 8	100 HV min.	UNI EN 15048-1
4.8			
5.6	5; 6 oppure 8		
5.8			
6.8	6 oppure 8		
8.8	8 oppure 10	100 HV min oppure 300 HV min.	
10.9	10 oppure 12		

Le tensioni di snervamento  $f_{yb}$  e di rottura  $f_{tb}$  delle viti appartenenti alle classi indicate nella tabella sotto riportata.

**Tabella 2**

Classe	4.6	4.8	5.6	6.8	8.8	10.9
$f_{yb}$ (N/mm <sup>2</sup> )	240	320	300	480	640	900
$f_{tb}$ (N/mm <sup>2</sup> )	400	400	500	600	800	1000

### Bulloni "a serraggio controllato"

Agli assiemi Vite/Dado/Rondella impiegati nelle giunzioni 'Precaricate' si applica quanto specificato al punto A del paragrafo 11.1 in conformità alla norma europea armonizzata UNI EN 14399-1.

Viti, dadi e rondelle, in acciaio, devono essere associate come nella seguente tabella

Sistema	Viti	Dadi	Rondelle
---------	------	------	----------

A.T.I.



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:



Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

Prof. Ing. W. Salvatore  
Prof. Ing. N. Squeglia

PAGINA

38





	Classe di resistenza	di Riferimento	Classe di resistenza	Riferimento	Durezza	Riferimento
HR	8.8	UNI EN 14399-1	8	UNI EN 14399-3	300-370 HV	UNI EN 14399 parti 5 e 6
	10.9	UNI EN 14399-3	10	UNI EN 14399-3		
	10.9	UNI EN 14399-4	10	UNI EN 14399-4		

**Chiodi**

Per i chiodi da ribadire a caldo si devono impiegare gli acciai previsti dalla norma UNI EN 10263 (parti 1 - 5).

**Procedure di controllo su acciai da carpenteria****Controlli di accettazione in cantiere**

I controlli di accettazione in cantiere, da eseguirsi presso un laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001, sono obbligatori per tutte le forniture di elementi e/o prodotti, qualunque sia la loro provenienza e la tipologia di qualificazione.

Il prelievo dei campioni va eseguito alla presenza del Direttore dei Lavori o di un tecnico di sua fiducia che provvede alla redazione di apposito verbale di prelievo ed alla identificazione dei provini mediante sigle, etichettature indelebili, ecc.; la certificazione effettuata dal laboratorio prove materiali deve riportare riferimento a tale verbale. La richiesta di prove al laboratorio incaricato deve essere sempre firmata dal Direttore dei Lavori, che rimane anche responsabile della trasmissione dei campioni.

Qualora la fornitura di elementi lavorati provenga da un Centro di trasformazione o da un fabbricante di elementi marcati CE dopo essersi accertato preliminarmente che il suddetto Centro di trasformazione o il fabbricante sia in possesso di tutti i requisiti previsti dalla norma, Il Direttore dei Lavori può recarsi presso il medesimo Centro di trasformazione o fabbricante ed effettuare in stabilimento tutti i controlli di cui sopra. In tal caso il prelievo dei campioni viene effettuato dal Direttore Tecnico del Centro di trasformazione o del fabbricante secondo le disposizioni del Direttore dei Lavori; quest'ultimo deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati, nonché sottoscrivere la relativa richiesta di prove.

Il laboratorio incaricato di effettuare le prove provvede all'accettazione dei campioni accompagnati dalla lettera di richiesta sottoscritta dal direttore dei lavori. Il laboratorio verifica lo stato dei provini e la documentazione di riferimento ed in caso di anomalie riscontrate sui campioni oppure di mancanza totale o parziale degli strumenti idonei per la identificazione degli stessi, deve sospendere l'esecuzione delle prove e darne notizia al Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Il prelievo potrà anche essere eseguito dallo stesso laboratorio incaricato della esecuzione delle prove. I laboratori devono conservare i campioni sottoposti a prova per almeno trenta giorni dopo l'emissione dei certificati di prova, in modo da consentirne l'identificabilità e la rintracciabilità.

A seconda delle tipologie di materiali pervenute in cantiere il Direttore dei Lavori deve effettuare i seguenti controlli:

- Elementi di Carpenteria Metallica: 3 prove ogni 90 tonnellate;
- Lamiere grecate e profili formati a freddo: 3 prove ogni 15 tonnellate;
- Bulloni e chiodi: 3 campioni ogni 1500 pezzi impiegati;
- Giunzioni meccaniche: 3 campioni ogni 100 pezzi impiegati.

I controlli di accettazione devono essere effettuati prima della posa in opera degli elementi e/o dei prodotti.

I criteri di valutazione dei risultati dei controlli di accettazione devono essere adeguatamente stabiliti dal Direttore dei Lavori in relazione alle caratteristiche meccaniche dichiarate dal fabbricante nella documentazione di identificazione e qualificazione e previste dalle presenti norme o dalla documentazione di progetto per la specifica opera.

**Art. 1.14****PIETRE NAURALI, MARMI E PIETRE ARTIFICIALI**

A.T.I.



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:



Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W. Salvatore  
Prof. Ing. N. Squeglia

39



## Pietre naturali

Le pietre naturali da impiegarsi nelle murature, nei drenaggi, gabbionate e per qualsiasi altro lavoro, dovranno essere sostanzialmente compatte ed uniformi, ripulite da cappellaccio, esenti da piani di sfaldamento, da screpolature, peli, venature e scieve di sostanze estranee. Esse dovranno avere dimensioni adatte al loro particolare, offrire una resistenza proporzionata all'entità della sollecitazione cui saranno soggette, e devono essere efficacemente aderenti alle malte. Saranno, pertanto, assolutamente escluse le pietre marnose e quelle alterabili all'azione degli agenti atmosferici e dell'acqua corrente.

Le pietre da taglio oltre a possedere i requisiti ed i caratteri generali sopra indicati, dovranno avere struttura uniforme, essere prive di fenditure, cavità e litoclasti, essere sonore alla percussione e di perfetta lavorabilità.

## Pietra da taglio

La pietra da taglio da impiegare nelle costruzioni dovrà presentare la forma e le dimensioni di progetto, ed essere lavorata, secondo le prescrizioni che verranno impartite dalla Direzione dei Lavori all'atto dell'esecuzione, nei seguenti modi:

- a grana grossa, se lavorata semplicemente con la punta grossa senza fare uso della martellina per lavorare le facce viste, né dello scalpello per ricavarne spigoli netti;
- a grana ordinaria, se le facce viste saranno lavorate con la martellina a denti larghi;
- a grana mezza fina, se le facce predette saranno lavorate con la martellina a denti mezzani;
- a grana fina, se le facce predette saranno lavorate con la martellina a denti finissimi.

In tutte le lavorazioni, esclusa quella a grana grossa, le facce esterne di ciascun concio della pietra da taglio dovranno avere gli spigoli vivi e ben cesellati per modo che il giunto fra concio e concio non superi la larghezza di 5 mm per la pietra a grana ordinaria e di 3 mm per le altre.

Qualunque sia il genere di lavorazione delle facce viste, i letti di posa e le facce di congiunzione dovranno essere ridotti a perfetto piano e lavorati a grana fina. Non saranno tollerate né smussature agli spigoli, né cavità nelle facce, né stuccature in mastice o rattoppi. La pietra da taglio che presentasse tali difetti verrà rifiutata e l'Appaltatore dovrà sostituirla immediatamente, anche se le scheggiature o gli ammacchi si verificassero dopo il momento della posa in opera fino al momento del collaudo.

## Marmi

I marmi dovranno essere della migliore qualità, perfettamente sani, senza scaglie, brecce, vene, spaccature, nodi, peli o altri difetti che ne infirmino l'omogeneità e la solidità. Non saranno tollerate stuccature, tasselli, rotture, scheggiature. I marmi colorati devono presentare in tutti i pezzi le precise tinte e venature caratteristiche della specie prescelta.

Le opere in marmo dovranno avere quella perfetta lavorazione che è richiesta dall'opera stessa, con congiunzioni senza risalti e piani perfetti.

Salvo contraria disposizione, i marmi dovranno essere, di norma, lavorati in tutte le facce viste a pelle liscia, arrotate e pomiciate. Potranno essere richiesti, quando la loro venatura si presti, con la superficie vista a spartito geometrico, a macchina aperta, o a libro.

## Pietre artificiali

La pietra artificiale, ad imitazione della pietra naturale, sarà costituita da conglomerato cementizio, formato con cementi adatti, sabbia silicea, ghiaio scelto sottile lavato, e graniglia della stessa pietra naturale che s'intende imitare. Il conglomerato così formato sarà gettato entro apposite casseforme, costipandolo poi mediante battitura a mano o pressione meccanica.

Il nucleo sarà dosato con almeno 3,5 q di cemento Portland per ogni m<sup>3</sup> di impasto e con almeno 4 q quando si tratti di elementi sottili, capitelli, targhe e simili. Le superfici in vista, che dovranno essere gettate contemporaneamente al nucleo interno, saranno costituite, per uno spessore di almeno 2 cm, da impasto più ricco formato da cemento bianco, graniglia di marmo, terre colorate e polvere della pietra naturale che si deve imitare.

Le stesse superfici saranno lavorate, dopo completo indurimento, in modo da presentare struttura identica per apparenza della grana, tinta e lavorazione, alla pietra naturale imitata. Inoltre la parte superficiale sarà gettata con dimensioni sovrabbondanti rispetto a quelle definitive; queste ultime saranno poi ricavate asportando materia per mezzo di utensili da scalpellino, essendo vietate in modo assoluto le stuccature, le tassellature ed in generale le aggiunte del materiale.

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:

OP INGEENRIA S.R.L.  
Società di Ingegneria Civile  
info@opingenieria.com - www.opingenieria.com  
Viale San Concordio, 1160 - 55100 LUCCA  
Tel. 0583 381194 - P.IVA. 02488824548

Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing. S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
Salvatore  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

40



I getti saranno opportunamente armati con tondini di ferro e lo schema dell'armatura dovrà essere preventivamente approvato dalla Direzione dei Lavori.

Per la posa in opera dei getti sopra descritti valgono le stesse prescrizioni indicate per i marmi.

La dosatura e la stagionatura degli elementi di pietra artificiale devono essere tali che il conglomerato soddisfi le seguenti condizioni:

- inalterabilità agli agenti atmosferici;
- resistenza alla rottura per schiacciamento superiore a 30 N/mm<sup>2</sup> dopo 28 giorni;
- le sostanze coloranti adoperate nella miscela non dovranno agire chimicamente sui cementi sia con azione immediata, sia con azione lenta e differita; non conterranno quindi né acidi, né anilina, né gesso; non daranno aumento di volume durante la presa né successiva sfioritura e saranno resistenti alla luce.

La pietra artificiale, da gettare sul posto come paramento di ossature grezze, sarà formata da rinzafo ed arricciature in malta cementizia, e successivo strato di malta di cemento, con colori e graniglia della stessa pietra naturale da imitare.

Quando tale strato deve essere sagomato per formare cornici, oltre che a soddisfare tutti i requisiti sopra indicati, dovrà essere confezionato ed armato nel modo più idoneo per raggiungere la perfetta adesione alle murature sottostanti, che saranno state in precedenza debitamente preparate, terse e lavate abbondantemente dopo profonde incisioni dei giunti con apposito ferro.

Le facce viste saranno ricavate dallo strato esterno a graniglia, mediante i soli utensili di scalpellino o marmista, vietandosi in modo assoluto ogni opera di stuccatura, riportati, ecc.

#### Art. 1.15 CUBETTI DI PORFIDO

Dovrà essere presentato un campione del tipo di blocchetti che la ditta intende adoperare per l'esecuzione dell'intervento, proveniente tutto dalla stessa cava, che sarà precisata indicandone l'ubicazione e la proprietà.

Il materiale da impiegarsi sarà distinto secondo le dimensioni dei lati dei cubetti, come da indicazione progettuale e/o della Direzione lavori.

I blocchetti dovranno avere forma quasi perfettamente cubica e cioè essere ricavati da lastroni di spessore corrispondente alle dimensioni stabilite, in modo che la lunghezza degli spigoli sia quasi uguale ed ogni cubetto presenti due facce opposte regolari, corrispondenti ai piani di cava.

Le facce dei cubetti dovranno essere piane e normali fra di loro, presentare frattura netta e colorazione uniforme, e sarà escluso l'impiego di cubetti che presentino spigoli scheggiati o guasti, sia causati dal carico e scarico degli stessi, sia perché di lavorazione scadente.

Saranno rifiutati e subito fatti allontanare dal cantiere tutti i cubetti che presentino variazioni nelle dimensioni delle due facce corrispondenti ai piani di cava, oppure presentino gobbe o rientranze sulle facce laterali di frattura, oppure presentino gli spigoli delle due facce dei piani di cava con rientranze eccedenti delle dimensioni massime prescritte per i cubetti.

#### Art. 1.16 MALTE E CONGLOMERATI CEMENTIZI

I quantitativi dei diversi materiali da impiegare per la composizione delle malte e dei conglomerati, secondo le particolari indicazioni che potranno essere imposte dalla Direzione dei Lavori o stabilite nell'elenco prezzi, dovranno corrispondere alle seguenti proporzioni:

1°	Malta comune: - Calce comune in pasta - Sabbia	0,45 m <sup>3</sup> 0,90 m <sup>3</sup>
----	--	--



2°	Malta semidraulica di pozzolana: - Calce comune in pasta - Sabbia - Pozzolana	0,45 m³ 0,45 m³ 0,45 m³
3°	Malta idraulica: - Calce idraulica - Sabbia	kg 0,90 m³
4°	Malta idraulica di pozzolana: - Calce comune in pasta - Pozzolana	0,45 m³ 0,90 m³
5°	Malta cementizia: - Agglomerante cementizio a lenta presa - Sabbia	kg 1,00 m³
6°	Malta cementizia (per intonaci): - Agglomerante cementizio a lenta presa - Sabbia	kg 1,00 m³
7°	Calcestruzzo idraulico (per fondazione): - Malta idraulica - Pietrisco o ghiaia	0,45 m³ 0,90 m³
8°	Smalto idraulico per cappe: - Malta idraulica - Pietrisco	0,45 m³ 0,90 m³
9°	Conglomerato cementizio (per fondazioni non armate): - Cemento normale (a lenta presa) - Sabbia - Pietrisco o ghiaia	200 kg 0,400 m³ 0,800 m³
10°	Conglomerato cementizio (per cunette, piazzuole, ecc.): - Agglomerante cementizio a lenta presa - Sabbia - Pietrisco o ghiaia	200÷250 kg 0,400 m³ 0,800 m³
11°	Conglomerato per calcestruzzi semplici ed armati: - Cemento - Sabbia - Pietrisco e ghiaia	300 kg 0,400 m³ 0,800 m³
12°	Conglomerato cementizio per pietra artificiale (per parapetti o coronamenti di ponti, ponticelli o tombini): - Agglomerante cementizio a lenta presa - Sabbia - Pietrisco o ghiaia - Graniglia marmo nella parte vista battuta a martellina	350 kg 0,400 m³ 0,800 m³ m³
13°	Conglomerato per sottofondo di pavimentazioni in cemento a doppio strato: - Agglomerante cementizio a lenta presa - Sabbia - Pietrisco	200 kg 0,400 m³ 0,800 m³
14°	Conglomerato per lo strato di usura di pavimenti in cemento a due strati, oppure per pavimentazioni ad unico strato: - Cemento ad alta resistenza - Sabbia - Pietrisco	350 kg 0,400 m³ 0,800 m³

Quando la Direzione dei Lavori ritenesse di variare tali proporzioni, l'Appaltatore sarà obbligato ad uniformarsi alle prescrizioni della medesima, salvo le conseguenti variazioni di prezzo in base alle nuove proporzioni previste. I materiali, le malte ed i conglomerati, esclusi quelli forniti in sacchi di peso determinato, dovranno ad ogni impasto essere misurati con apposite casse della capacità prescritta dalla Direzione dei Lavori e che l'Appaltatore sarà in obbligo di provvedere e mantenere a sue spese costantemente su tutti i piazzali ove verrà effettuata la manipolazione.



L'impasto dei materiali dovrà essere fatto a braccia d'uomo, sopra aree convenientemente pavimentate, oppure a mezzo di macchine impastatrici o mescolatrici.

Gli ingredienti componenti le malte cementizie saranno prima mescolati a secco, fino ad ottenere un miscuglio di tinta uniforme, il quale verrà poi asperso ripetutamente con la minore quantità di acqua possibile ma sufficiente, rimescolando continuamente.

Nella composizione di calcestruzzi con malta di calce comune od idraulica, si formerà prima l'impasto della malta con le proporzioni prescritte, impiegando la minore quantità di acqua possibile, poi si distribuirà la malta sulla ghiaia o pietrisco e si mescolerà il tutto fino a che ogni elemento sia per risultare uniformemente distribuito nella massa ed avvolto di malta per tutta la superficie.

Per i conglomerati cementizi semplici o armati gli impasti dovranno essere eseguiti in conformità alle prescrizioni del D.M. 17 gennaio 2018.

Quando sia previsto l'impiego di acciai speciali sagomati ad alto limite elastico deve essere prescritto lo studio preventivo della composizione del conglomerato con esperienze di laboratorio sulla granulometria degli inerti e sul dosaggio di cemento per unità di volume del getto.

Il quantitativo d'acqua deve essere il minimo necessario compatibile con una sufficiente lavorabilità del getto e comunque non superiore allo 0,4 in peso del cemento, essendo inclusa in detto rapporto l'acqua unita agli inerti, il cui quantitativo deve essere periodicamente controllato in cantiere.

I getti debbono essere convenientemente vibrati.

Durante i lavori debbono eseguirsi frequenti controlli della granulometria degli inerti, mentre la resistenza del conglomerato deve essere comprovata da frequenti prove a compressione su cubetti prima e durante i getti.

Gli impasti sia di malta che di conglomerato, dovranno essere preparati solamente nella quantità necessaria, per l'impiego immediato, cioè dovranno essere preparati volta per volta e per quanto è possibile in vicinanza del lavoro. I residui di impasti che non avessero, per qualsiasi ragione, immediato impiego dovranno essere gettati a rifiuto, ad eccezione di quelli di malta formati con calce comune, che potranno essere utilizzati però nella sola stessa giornata del loro confezionamento.

Tutti i prodotti e/o materiali di cui al presente articolo, qualora dotati di marcatura CE secondo la normativa tecnica vigente, dovranno essere muniti di tale marchio.

#### **Art. 1.17**

#### **BITUMI ED EMULSIONI BITUMINOSE**

Come definito nella norma UNI EN 12597, il bitume è un materiale virtualmente non volatile, adesivo e impermeabile derivato dal petrolio greggio oppure presente nell'asfalto nativo; completamente o quasi completamente solubile in toluene, molto viscoso o quasi solido a temperatura ambiente.

Il bitume, pur rappresentando la componente minoritaria (circa il 5% in peso rispetto agli aggregati), costituisce la componente legante dei conglomerati bituminosi, responsabile di tenere insieme le particelle di aggregato garantendo consistenza e coesione sotto carico.

Il bitume è anche un materiale viscoso, caratteristica che lo rende soggetto ad usura, cioè il suo comportamento risente della frequenza con cui viene caricato.

La classificazione e il controllo quantitativo/qualitativo dei bitumi stradali avviene attraverso una serie di prove che consentono di definire parametri empiricamente connessi alle prestazioni in esercizio della pavimentazione. Tali prove rappresentano il riferimento sulla base del quale si fondano le attuali norme tecniche europee per la classificazione e accettazione dei bitumi stradali. Nel seguito se ne descrivono le principali:

**Penetrazione (UNI EN 1426):** la prova di penetrazione è impiegata per la classificazione dei bitumi. Con questa prova si determina la consistenza e durezza del materiale a temperatura ambiente (es. 25°C), misurando la penetrazione in dmm di un ago standardizzato sotto un carico di 100 g entro 5 s dall'inizio della penetrazione. Quanto più il bitume è molle, tanto maggiore





è la penetrazione. La classificazione del bitume viene espressa in base al grado di durezza come intervallo di valori (es. un bitume classificato 50/70 ha una penetrazione compresa tra 50 e 70 dmm).

**Punto di rammollimento** (prova palla-anello – UNI EN 1427): il bitume caldo viene versato in uno speciale anello di ottone e caricato al centro con una sfera di acciaio di dimensioni e peso standardizzati. Il provino così predisposto viene inserito in un bagno soggetto a riscaldamento. La temperatura del bagno viene incrementata con un gradiente costante fintanto che il bitume, che sotto il peso della sfera tende a deformarsi, non tocca la base del sistema di prova posta a 2,54 cm sotto il piano di partenza. La temperatura del bagno a cui si verifica questa condizione corrisponde al punto di rammollimento (temperatura alla quale il bitume passa dallo stato semisolido allo stato semi-liquido). Tale valore restituisce un'idea del comportamento del materiale alle alte temperature di esercizio.

**Punto di rottura** (prova Fraass – UNI EN 12593): la prova consente di determinare il punto di rottura Fraass (in °C), che traduce la fragilità dei leganti bituminosi alle basse temperature. Operativamente la prova prevede di misurare la temperatura alla quale un film di bitume (spessore pari a 0,5 mm) applicato su una piastrina rettangolare metallica (41 × 20 × 0,15 mm) presenta sulla sua superficie le prime screpolature per effetto di flessioni cicliche applicate con frequenza ed ampiezza costanti (1 giro/sec) man, mano che la temperatura decresce con gradiente costante (-1°C/min) partendo da una temperatura iniziale di 15°C superiore rispetto al valore Fraass atteso. Si ricava così una valutazione del comportamento del materiale alle basse temperature di esercizio.

**Viscosità dinamica** (prova a cilindri coassiali – UNI EN 13702): la prova consente di determinare la viscosità di un bitume ad una specifica temperatura attraverso un roto-viscosimetro a cilindri coassiali. Il bitume viene riscaldato e colato (10,5 g) in un cilindro posto all'interno di un forno elettrico che condiziona il provino alla temperatura di prova desiderata (compresa tra 100°C e 165°C). Una girante con punta conica viene quindi immersa nel provino e fatta girare a velocità costante (20 giri/min). Si misura la resistenza che il provino oppone a tale rotazione, direttamente correlabile alla viscosità (misurata in Pa·s). L'andamento della viscosità con la temperatura fornisce un riferimento per valutare la lavorabilità della miscela alle temperature di miscelazione e compattazione. Inoltre, permette di valutare in maniera molto efficace l'eventuale presenza di polimero nei bitumi modificati.

**Elasticità** (prova di ritorno elastico – UNI EN 12593): la prova consente di determinare le proprietà di elasticità di un bitume ad una specifica temperatura. Un campione di bitume di forma e dimensioni standardizzate è sottoposto, in un bagno termostatico alla temperatura di 25°C, ad una elongazione di 50 mm/min fino ad una elongazione massima di 200 mm, dopodiché si taglia il campione in due ottenendo due lembi. Il ritorno elastico è valutato misurando dopo 30 minuti dal taglio del campione la distanza  $d$  (espressa in mm) tra le estremità dei due lembi del provino. Come la prova di viscosità, tale metodologia permette di verificare in maniera efficace la presenza di polimero nei bitumi modificati che presentano un valore di ritorno elastico nettamente superiore a quello manifestato da un bitume tradizionale.

**Resistenza all'indurimento per effetto del calore e dell'aria** – Metodo RTFOT (UNI EN 12607-1): effettuata per simulare l'invecchiamento di un bitume nella fase di miscelazione e posa in opera del conglomerato. Il bitume, versato all'interno di contenitori di vetro alloggiati su un supporto rotante, viene scaldato a 163°C e trattato con un getto d'aria costante di 4000 ml/minuto per 85 minuti. Dopo il trattamento di invecchiamento si esegue sul bitume recuperato la prova di penetrazione e quella per il punto di rammollimento al fine di verificare il valore di penetrazione residua e l'incremento del punto di rammollimento rispetto al materiale non invecchiato.

**Stabilità allo stoccaggio** (UNI EN 13399): misura della capacità del sistema bitume-polimero di mantenere caratteristiche omogenee senza dar luogo a fenomeni di separazione tra le fasi.

Il bitume contenuto in un cilindro viene tenuto per 72 ore in posizione verticale a una temperatura costante di 180°C. Al termine della prova si valuta la differenza del valore di penetrazione e punto di rammollimento tra la parte superiore e inferiore del campione.

Nelle forniture del passato, i conglomerati bituminosi per uso stradale hanno impiegato bitume "tal quale" del tipo 50/70 o 70/100. Per contrastare fenomeni di sgranamento e fessurazione e, in generale, migliorare le prestazioni del conglomerato bituminoso in esercizio è stato possibile ricorrere all'impiego di bitume modificato con l'aggiunta di polimeri. Tali varietà di



conglomerati sono definiti "soft" e "hard", a seconda che le caratteristiche meccaniche e reologiche del bitume varino entro un intervallo ristretto o elevato per effetto del tenore di polimero presente.

E' sempre raccomandato l'impiego di bitume modificato in tutti gli interventi di nuove opere e risanamento.

L'impiego di bitumi tal quali dovrà essere limitato ai soli casi di risanamento superficiale di strade a basso traffico, dove si interviene per ripristinare la pavimentazione esistente già realizzata con la stessa tipologia.

## Emulsioni bituminose

Le emulsioni bituminose sono un sistema eterogeneo termodinamicamente instabile che include almeno due fasi, acqua e bitume mescolati con agenti tensioattivi o emulsionanti necessari per disperdere la componente legante e aumentare la stabilità del sistema.

I bitumi utilizzati per la fabbricazione delle emulsioni bituminose destinate a lavorazioni stradali possono essere modificati o non, eventualmente fluidificati o flussati, secondo le prescrizioni della norma UNI/TR 11362.

Il contenuto di bitume residuo, uno dei parametri fondamentali per la descrizione e classificazione delle emulsioni, può variare dal 50 al 70% (rapporto volumetrico percentuale del bitume disperso sul volume totale).

Le emulsioni possono essere classificate anche in base a due ulteriori parametri: il carattere ionico e la velocità di rottura. (vedi UNI EN 13808)

La classificazione secondo il carattere ionico distingue le emulsioni in anioniche (basiche, con carica negativa – non più ammesse dalle normative vigenti) e cationiche (acide, con carica positiva). Considerando invece la velocità di rottura (momento in cui l'acqua si separa dal bitume e comincia il fenomeno della "presa") si può far riferimento a: emulsioni rapide, medie, lente, super rapide e sovrastabilizzate.

Nel settore delle costruzioni stradali l'utilizzo delle emulsioni bituminose copre un largo spettro di impiego: da legante bidimensionale capace di rendere solidali e impermeabili gli strati di una pavimentazione (es. mani d'attacco e di ancoraggio), a legante tridimensionale da impiegarsi nei conglomerati per rendere coeso e stabile lo scheletro litico degli aggregati lapidei (lavorazioni a freddo: riciclaggio, trattamenti superficiali, slurry seal, depolverizzazione e impregnazioni) e in condizioni ambientali limite (es. freddo e umidità) sostituendo il bitume caldo.

## Requisiti per l'accettazione dei bitumi e delle emulsioni bituminose

Bitumi tal quali		Bitume 50/70	Bitume 70/100
Caratteristiche	U.M.		Valore
penetrazione a 25 °C	dmm	50-70	70-100
punto di rammollimento	°C	45-60	40-60
punto di rottura Fraass	°C	<= -6	<= -8
ritorno elastico	%	-	-
stabilità allo stoccaggio	°C	-	-
viscosità dinamica (160 °C)	Pa*s	0,03 - 0,10	0,02 - 0,10

Bitumi modificati con aggiunta di polimeri				
Caratteristiche	U.M.	Base modifica BM	Soft	Hard
penetrazione a 25 °C	dmm	80-100	50-70	50-70



# REGIONE TOSCANA

Direzione mobilità, infrastrutture e trasporto pubblico locale  
Settore viabilità regionale ambiti Firenze-Prato e Pistoia

NUOVO PONTE SUL FIUME ARNO E RELATIVI COLLEGAMENTI VIARI TRA LO SVINCOLO DELLA SGC FI-PI-LI DI LASTRA A SIGNA E DI SIGNA  
CIG: 95482064DA - CUP: D91B21005300001

punto di rammollimento	°C	40-60	60-80	70-90
punto di rottura Fraass	°C	<= -8	<= -10	<= -12
ritorno elastico a 25 °C	%	-	>= 70	>= 80
stabilità allo stoccaggio	°C	-	<= 3	<= 3
viscosità dinamica (160 °C)	Pa*s	0,01 - 0,10	0,10 - 0,35	0,15 - 0,45

## EMULSIONI CATIONICHE NON MODIFICATE

Caratteristiche	U.M.	a rapida rottura	a media velocità
Contenuto d'acqua	% in peso	<= 40	<= 45
Contenuto di bitume	% in peso	> = 60	> = 55
Grado di acidità (pH)		2 - 5	2 - 5

### Caratteristiche del bitume estratto

Penetrazione a 25 °C	dmm	50-120	100-150
Punto di rammollimento	°C	>= 40	>= 40
Punto di rottura Fraass	°C	<= -8	<= -8

## EMULSIONI CATIONICHE MODIFICATE

Caratteristiche	U.M.	Valori
Contenuto d'acqua	% in peso	<=40
Contenuto di bitume	% in peso	>=60
Grado di acidità (pH)		2 - 4
Polarità delle particelle		positiva (cationiche) o negativa (anioniche)

Sedimentazione a 7 gg	%	< 10
-----------------------	---	------

### Caratteristiche del bitume estratto

Penetrazione a 25 °C	dmm	50-120
Punto di rammollimento	°C	>= 40
Punto di rottura Fraass	°C	<= -8
Ritorno elastico a 25 °C	%	>= 55

A.T.I.



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:



Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W. Salvatore  
Prof. Ing. N. Squeglia

46



Tutti i prodotti e/o materiali di cui al presente articolo, qualora dotati di marcatura CE secondo la normativa tecnica vigente, dovranno essere muniti di tale marchio.

**Art 1.18****MURATURA DI PIETrame CON MALTA**

La muratura ordinaria di pietrame con malta dovrà essere eseguita con scapoli di cava delle maggiori dimensioni possibili e ad ogni modo non inferiori a 25 cm in senso orizzontale, a 20 cm in senso verticale e a 25 cm in profondità. Nelle fondazioni e negli angoli saranno messi quelli più grossi e più regolari. La Direzione dei Lavori potrà permettere l'impiego di grossi ciottoli di torrente, purché convenientemente spaccati in modo da evitare superfici tondeggianti.

Le pietre, prima del collocamento in opera, dovranno essere diligentemente ripulite, e ove occorra, a giudizio della Direzione dei Lavori, lavate. Nella costruzione la muratura deve essere eseguita a corsi piani estesi a tutta la grossezza del muro saldando le pietre col martello, rinzeppandole diligentemente con scaglie e con abbondante malta sicché ogni pietra resti avvolta dalla malta e non rimanga alcun vano od interstizio.

Tanto nel caso in cui le facce-vista della muratura non debbano avere alcuna speciale lavorazione, quanto nel caso delle facce contro terra, verranno impiegate, per le medesime, pietre delle maggiori dimensioni possibili con le facce esterne piane e regolari, disponendole di punta per il miglior collegamento la parte interna del muro.

I muri si eleveranno a strati orizzontali (da 20 a 30 cm di altezza), disponendo le pietre in modo da evitare la corrispondenza delle connessioni verticali fra due corsi orizzontali consecutivi.

Il nucleo della muratura di pietrame deve essere sempre costruito contemporaneamente agli speciali rivestimenti esterni che fossero ordinati.

Le cinture ed i corsi di spianamento, da intercalarsi a conveniente altezza nella muratura ordinaria di pietrame, devono essere costruiti con scelti scapoli di cava lavorati alla grossa punta riquadrati e spianati non solo nelle facce-vista ma altresì nelle facce di posa e di combaciamento ovvero essere formati con mattoni o con strati di calcestruzzo di cemento.

**Art. 1.19****MURATURE DI MATTONI**

I mattoni, prima del loro impiego, dovranno essere bagnati fino a saturazione per immersione prolungata in appositi bagnaroli e mai per aspersione. Essi dovranno mettersi in opera con le connessioni alternate in corsi ben regolari e normali alla superficie esterna; saranno posati sopra un abbondante strato di malta e premuti sopra di esso in modo che la malta refluisca all'ingiro e riempia tutte le connessioni.

La larghezza delle connessioni non dovrà essere maggiore di 8 né minore di 5 mm (a seconda della natura delle malte impiegate).

I giunti non verranno rabboccati durante la costruzione per dare maggiore presa all'intonaco od alla stuccatura col ferro.

Le malte da impiegarsi per l'esecuzione di questa muratura dovranno essere passate al setaccio per evitare che i giunti fra i mattoni riescano superiori al limite di tolleranza fissato.

Le murature di rivestimento saranno fatte a corsi bene allineati e dovranno essere opportunamente ammorsate con la parte interna.

Se la muratura dovesse eseguirsi a paramento visto (cortina) si dovrà avere cura di scegliere per le facce esterne i mattoni di migliore cottura, meglio formati e di colore più uniforme, disponendoli con perfetta regolarità e ricorrenza nelle connessioni orizzontali, alternando con precisione i giunti verticali.

In questo genere di paramento le connessioni di faccia vista non dovranno avere grossezza maggiore di 5 mm, e, previa loro raschiatura e pulitura, dovranno essere profilate con malta idraulica o di cemento, diligentemente compresse e lisce con apposito ferro, senza sbavatura.



Le sordine, gli archi, le piattabande e le volte dovranno essere costruite in modo che i mattoni siano sempre disposti in direzione normale alla curva dell'intradosso e le connessioni dei giunti non dovranno mai eccedere la larghezza di 5 mm all'intradosso e 10 mm all'estradosso.

### Art. 1.20 TERRA RINFORZATA

Tra le soluzioni di ingegneria naturalistica più utilizzate, la terra rinforzata (o armata) realizzata secondo la norma UNI EN 14475, costituisce una valida alternativa ai muri in calcestruzzo per applicazioni come: rilevati stradali, barriere antirumore, valli paramassi, muri di sottoscarpa, opere di mascheramento e realizzazione di terrapieni, ecc.

La terra armata è costituita dal terreno di riempimento e dai rinforzi (o armature), geotessili o geogriglie che forniscono l'adeguata resistenza al terreno.

Si farà un maggiore ricorso a questa tecnologia, qualora sia richiesto un minor impatto ambientale, in quanto sarà possibile un rinverdimento della struttura. Le terre rinforzate, inoltre, sono da preferire per il comportamento elastico che le contraddistingue in caso di sollecitazioni naturali del terreno. Di seguito le tipologie:

- a) con geogriglie
- b) con griglia e armatura metallica
- c) con rete metallica a doppia torsione

Formazione di opere sostegno in terra rinforzata abbinando materiali di rinforzo di varia natura con paramenti sul fronte esterno realizzati in modo da consentire la crescita delle piante. Ciò si ottiene secondo le seguenti prescrizioni generali:

- pendenza massima del fronte esterno di 70° per consentire alle piante di ricevere almeno in parte l'apporto delle acque meteoriche;
- presenza di uno strato di terreno vegetale verso l'esterno a contatto con il paramento - rivestimento verso l'esterno con una stuoia sintetica o biodegradabile che trattiene il suolo consentendo la radicazione delle piante erbacee;
- idrosemina con miscele adatte alle condizioni di intervento con quantità minima di seme di 40 g/m<sup>2</sup>, collanti, ammendanti, concimanti e fibre organiche in quantità tali da garantire la crescita e l'autonomia del cotico erboso;
- messa a dimora di specie arbustive pioniere locali per talee (10pz. x m lineare per ogni strato) o piante radicate in quantità minima di 1 ogni m<sup>2</sup>, che svolgono nel tempo le seguenti funzioni: consolidamento mediante radicazione dello strato esterno della terra rinforzata; copertura verde della scarpata con effetto combinato di prato-pascolo arbustato che più si avvicina agli stadi vegetazionali delle scarpate naturali in condizioni analoghe; raccolta e invito delle acque meteoriche, sopperendo in tal modo all'eccessivo drenaggio dell'inerte e all'eccessiva verticalità.
- realizzazione di sistemi di drenaggio che non impediscano però la crescita delle radici.

L'impiego delle specie arbustive sulle terre rinforzate va considerato quindi una condizione importante per dare completezza naturalistica a questo tipo di interventi. Per le terre rinforzate a paramento vegetato valgono, e devono essere parte integrante della progettazione, i principi statici e costruttivi delle terre rinforzate con particolare riferimento a: verifica di stabilità interna e composta in assenza di pressioni interstiziali, verifica di stabilità esterna (schiacciamento del terreno di fondazione, ribaltamento, scivolamento lungo il piano di base) e quella globale dell'insieme struttura terreno; dimensionamento opportuno dei materiali di rinforzo in funzione della tensione e deformazione ammissibile e di esercizio della struttura in relazione all'altezza e profondità della terra rinforzata, spessore degli strati, pendenza, caratteristiche del rilevato; selezione degli inerti in base alle loro caratteristiche geomeccaniche e di drenaggio; compattazione degli stessi a strati di spessore massimo 0,35 m mediante bagnatura e rullatura con rullo vibrante con raggiungimento del fattore di compattazione almeno pari al 95 % dello standard Proctor.

- a) **con geogriglie:** per il rinforzo delle terre vengono utilizzati geogriglie costituite da polimeri di varia natura (poliestere, polivinilalcol, poliamide, polietilene e polipropilene) e aventi struttura piana con una distribuzione regolare delle dimensioni della maglia. Nella specifica del materiale di rinforzo da impiegare, oltre alle caratteristiche fisiche quali resistenza a trazione (da definire mediante calcolo e comunque non inferiore a 25 kN/m) e deformazione massima a rottura non superiore al 13% (UNI EN ISO 10319) compatibile con le deformazioni della struttura rinforzata, dovrà essere





indicato il valore di tensione ammissibile del materiale (basato su un fattore di riduzione fm (fattore di sicurezza complessivo di una geogriglia per il rinforzo dei terreni) sul materiale di rinforzo non superiore a 2) che tenga in considerazione la natura del polimero, la qualità delle fibre impiegate, il comportamento al creep del materiale, il danneggiamento meccanico, chimico ed ai raggi UV e la durata di esercizio dell'opera: tali caratteristiche dovranno essere identificate in accordo con gli Standard di qualità conformi alle norme vigenti. Le geogriglie dovranno avere il marchio CE in conformità alle norme, rilasciato da un organismo accreditato. Le geogriglie dovranno inoltre essere certificate dall'ITC (Istituto per le Tecnologie della Costruzione), dal BBA (British Board Agreement) o altro equivalente istituto accreditato per garantire una durata di esercizio di almeno 120 anni. La geogriglia, oltre a fungere da rinforzo orizzontale, viene risvoltata attorno alla facciata chiudendo frontalmente il materiale di riempimento. Il contenimento durante la rullatura è garantito da casseri mobili o da cassieri in rete elettrosaldata fissi, il cui posizionamento a scalare verso l'alto determinerà la pendenza finale del fronte. L'impiego delle geogriglie, aventi maglia aperta, è migliorativo in funzione della crescita delle piante e del cotico erboso. Per problemi di trattenimento dello strato di terreno vegetale fronte esterno vengono abbinati alla geogriglia, geostuoie tridimensionali d'obbligo su terre rinforzate spondali, biostuoie in fibra vegetale o geosintetici a maglia aperta.

- b) **con griglia e armatura metallica:** le armature vengono realizzate con lamine metalliche di lunghezza variabile, a aderenza migliorata mediante rilievi trasversali in numero non inferiore a 24/m su entrambe le facce, in acciaio zincato a caldo di sezione minima di 5x45 mm vincolate a griglie frontali in rete metallica elettrosaldata inclinata di circa 63°, che funge da cassero, in acciaio zincato a caldo con maglia minima di 10x10 cm di diametri differenziati da 6 mm a 14 mm, rivestite all'interno da una biostuoia e/o da una geostuoia tridimensionale in materiale sintetico con elevate caratteristiche di resistenza agli agenti chimici e atmosferici.
- c) **con rete metallica a doppia torsione:** il paramento esterno (max 70°) e l'armatura orizzontale sono realizzati con elementi in rete metallica a doppia torsione conforme alle Linee guida del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici con maglia esagonale minima 8x10 (conforme alle UNI EN 10223-3), tessuta con trafilato di ferro di diametro minimo 2,2 mm (conforme alle UNI EN 10218) protetto con lega Zn-Al5%-MM (conforme alle UNI EN 10244-2 Classe A tab. 2) e successivo rivestimento plastico (conforme alle UNI EN 10245-2 e/o 3) di spessore nominale 0,4 mm e diametro complessivo del filo 3,2 mm, avente resistenza nominale non inferiore a 35 kN/m; gli elementi sono di lunghezza variabile e costituiscono senza soluzione di continuità anche il paramento esterno verticale, a gradoni o inclinato, che è rinforzato da barrette metalliche inserite nella rete e da un ulteriore pannello in rete metallica a doppia torsione abbinato a un geosintetico o a una biostuoia-biofeltro che garantisca il trattenimento del materiale terroso e la crescita del cotico erboso e delle piante.

Non sono necessarie manutenzioni specifiche ad esclusione della sostituzione delle piantine non attecchite e della ripetizione delle operazioni di idrosemina in caso di fallanza. L'opera può essere messa in crisi da svuotamenti accidentali dei vari strati di terreno compreso tra i fogli di rete, per cedimento delle biostuoie o per incendio del paramento.

### Art 1.21

### OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO ARMATO E CEMENTO ARMATO PRECOMPRESSO

Nell'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso l'Appaltatore dovrà attenersi strettamente a tutte le norme vigenti per l'accettazione dei cementi e per l'esecuzione delle opere in conglomerato cementizio e a struttura metallica (D.M. 17 gennaio 2018 e D.P.R. 380/2001 e s.m.i.).

Nella formazione dei conglomerati di cemento si deve avere la massima cura affinché i componenti riescano intimamente mescolati, bene incorporati e ben distribuiti nella massa.

Gli impasti debbono essere preparati soltanto nella quantità necessaria per l'impiego immediato e cioè debbono essere preparati di volta in volta e per quanto possibile in vicinanza del lavoro.

Per ogni impasto si devono misurare le quantità dei vari componenti, in modo da assicurare che le proporzioni siano nella misura prescritta, mescolando da prima a secco il cemento con la sabbia, poi questa con la ghiaia o il pietrisco ed in seguito

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:

OP INGENNERIA SRL  
Società di Ingegneria Civile  
info@opingenneria.com - www.opingenneria.com  
Viale San Concordio, 1160 - 55100 LUCCA  
Tel. 0583 381194 - P.IVA. 02488624548

Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing. S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
Salvatore  
  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

49



aggiungere l'acqua con ripetute aspersioni, continuando così a rimescolare l'impasto finché assuma l'aspetto di terra appena umida.

Costruito ove occorra il cassero per il getto, si comincia il versamento dello smalto cementizio che deve essere battuto fortemente a strati di piccola altezza finché l'acqua affiori in superficie. Il getto sarà eseguito a strati di spessore non superiore a 15 cm.

Contro le pareti dei casseri, per la superficie in vista, si deve disporre della malta in modo da evitare per quanto sia possibile la formazione di vani e di ammanchi.

I casseri occorrenti per le opere di getto debbono essere sufficientemente robusti da resistere senza deformarsi alla spinta laterale dei calcestruzzi durante la pigiatura.

Quando sia ritenuto necessario, i conglomerati potranno essere vibrati con adatti mezzi. I conglomerati con cemento ad alta resistenza è opportuno che vengano vibrati.

La vibrazione deve essere fatta per strati di conglomerato dello spessore che verrà indicato dalla Direzione dei lavori e comunque non superiore a 15 cm ed ogni strato non dovrà essere vibrato oltre un'ora dopo il sottostante.

I mezzi da usarsi per la vibrazione potranno essere interni (vibratori a lamiera o ad ago) ovvero esterni da applicarsi alla superficie esterna del getto o alle casseforme.

I vibratori interni sono in genere più efficaci, si deve però evitare che essi provochino spostamenti nelle armature.

La vibrazione superficiale viene di regola applicata alle solette di piccolo e medio spessore (massimo 20 cm).

Quando sia necessario vibrare la cassaforma è consigliabile fissare rigidamente il vibratore alla cassaforma stessa che deve essere opportunamente rinforzata. Sono da consigliarsi vibratori a frequenza elevata (da 4.000 a 12.000 cicli al minuto ed anche più).

I vibratori interni vengono immersi nel getto e ritirati lentamente in modo da evitare la formazione dei vuoti; nei due percorsi si potrà avere una velocità media di 8-10 cm/sec; lo spessore del singolo strato dipende dalla potenza del vibratore e dalla dimensione dell'utensile.

Il raggio di azione viene rilevato sperimentalmente caso per caso e quindi i punti di attacco vengono distanziati in modo che l'intera massa risulti lavorata in maniera omogenea (distanza media 50 cm).

Si dovrà mettere particolare cura per evitare la segregazione del conglomerato; per questo esso dovrà essere asciutto con la consistenza di terra umida debolmente plastica.

La granulometria dovrà essere studiata anche in relazione alla vibrazione: con malta in eccesso si ha sedimentazione degli inerti in strati di diversa pezzatura, con malta in difetto si ha precipitazione della malta e vuoti negli strati superiori.

La vibrazione non deve prolungarsi troppo, di regola viene sospesa quando appare in superficie un lieve strato di malta omogenea ricca di acqua.

Man mano che una parte del lavoro è finita, la superficie deve essere periodicamente innaffiata affinché la presa avvenga in modo uniforme, e, quando occorra, anche coperta con sabbia o tela mantenuta umida per proteggere l'opera da variazioni troppo rapide di temperatura.

Le riprese debbono essere, per quanto possibile, evitate.

Quando siano veramente inevitabili, si deve umettare bene la superficie del conglomerato eseguito precedentemente se questo è ancora fresco; dove la presa sia iniziata o fatta si deve raschiare la superficie stessa e prima di versare il nuovo conglomerato, applicare un sottile strato di malta di cemento e sabbia nelle proporzioni che, a seconda della natura dell'opera, saranno di volta in volta giudicate necessarie dalla Direzione dei Lavori, in modo da assicurare un buon collegamento dell'impasto nuovo col vecchio. Si deve fare anche la lavatura se la ripresa non è di fresca data.

In tutti i casi il conglomerato deve essere posto in opera per strati disposti normalmente agli sforzi dai quali la massa muraria di calcestruzzo è sollecitata.

Quando l'opera venga costruita per tratti o segmenti successivi, ciascuno di essi deve inoltre essere formato e disposto in guisa che le superfici di contatto siano normali alla direzione degli sforzi a cui la massa muraria, costituita dai tratti o segmenti stessi, è assoggettata.



Le pareti dei casseri di contenimento del conglomerato di getto possono essere tolte solo quando il conglomerato abbia raggiunto un grado di maturazione sufficiente a garantire che la solidità dell'opera non abbia per tale operazione a soffrirne neanche minimamente.

Per lavori da eseguirsi con smalt cementizio in presenza di acqua marina, si debbono usare tutte le cure speciali atte particolarmente ad impedire la penetrazione di acqua di mare nella massa cementizia.

Per il cemento armato da eseguirsi per opere lambite dalle acque marine ovvero da eseguirsi sul litorale marino ovvero a breve distanza dal mare, l'armatura metallica dovrà essere posta in opera in modo da essere protetta da almeno uno spessore di 4 centimetri di calcestruzzo, e le superfici esterne delle strutture in cemento armato dovranno essere boiaccate.

Per il cemento armato precompresso si studieranno la scelta dei componenti e le migliori proporzioni dell'impasto con accurati studi preventivi di lavori.

Per le opere in cemento armato precompresso devono essere sempre usati, nei calcestruzzi, cementi ad alta resistenza con le prescritte caratteristiche degli inerti da controllarsi continuamente durante la costruzione, impasti e dosaggi da effettuarsi con mezzi meccanici, acciai di particolari caratteristiche meccaniche, osservando scrupolosamente in tutto le norme di cui al D.M. 17 gennaio 2018 e al D.P.R. 380/2001 e s.m.i.

Qualunque sia l'importanza delle opere da eseguire in cemento armato, all'Appaltatore spetta sempre la completa ed unica responsabilità della loro regolare ed esatta esecuzione in conformità del progetto appaltato e degli elaborati di esecutivi che gli saranno consegnati mediante ordini di servizio dalla Direzione dei lavori in corso di appalto e prima dell'inizio delle costruzioni.

L'Appaltatore dovrà avere a disposizione per la condotta effettiva dei lavori un ingegnere competente per i lavori in cemento armato, il quale risiederà sul posto per tutta la durata dei lavori medesimi. Spetta in ogni caso all'Appaltatore la completa ed unica responsabilità della regolare ed esatta esecuzione delle opere in cemento armato.

Le prove di carico verranno eseguite a spese dell'Appaltatore e le modalità di esse saranno fissate dalla Direzione dei Lavori, tenendo presente che tutte le opere dovranno essere atte a sopportare i carichi fissati nelle norme sopra citate.

Le prove di carico non si potranno effettuare prima di 50 giorni dall'ultimazione del getto.

#### Art. 1.22

#### APPLICAZIONE ALLE OPERE D'ARTE DELLE DIVERSE CATEGORIE DI MURATURA

L'applicazione delle sopra descritte categorie di muratura alle diverse opere d'arte comprese nell'appalto, salvo contrarie e più precise disposizioni della Direzione dei Lavori, si farà come segue e, in particolare, saranno in muratura:

- a) di getto a calcestruzzo idraulico
- b) di pietrame a secco
- c) di pietrame con malta comune
- d) di pietrame con malta
- e) di mattoni con malta
- f) di pietra da taglio:
  - 1° a grana grossa
  - 2° a grana ordinaria
  - 3° a grana fina o mezzo fina

#### Art. 1.23

#### COPERTURE A LASTRONI

I lastroni per copertura di acquedotti e tombini potranno essere in pietra da taglio della qualità più resistente, lavorati a filo dritto sulle due facce laterali di contatto e spianati alla grossa punta sulla loro superficie inferiore e superiore; la loro lunghezza dovrà essere tale da poter appoggiare su ciascun muro per una rientranza non minore di 20 cm e larghezza minima di ogni pezzo nel senso dell'asse longitudinale dell'acquedotto non dovrà essere mai minore di 0,50 m.



I lastroni dovranno essere posati con malta e battuti con mazzuolo fino a far rifluire la malta stessa, in modo da assicurare l'uniforme appoggio sulla sottostante muratura.

Potranno essere anche ordinati in conglomerato cementizio armato; per tale caso si richiamano tutte le prescrizioni di cui all'articolo "Opere in Conglomerato Cementizio Armato e Cemento Armato Precompresso".

#### **Art 1.24**

#### **RABBOCCATURE**

Le rabboccature che occorresse eseguire sui muri vecchi o comunque non eseguiti con faccia vista in malta o sui muri a secco saranno formate con malta del tipo di cui all'articolo "Malte e Conglomerati".

Prima dell'applicazione della malta, le connessioni saranno diligentemente ripulite, fino ad una conveniente profondità, lavate con acqua abbondante e poi riscagliate, ove occorra, e profilate con apposito ferro.

#### **Art 1.25**

#### **DEMOLIZIONI**

Le demolizioni in genere saranno eseguite con ordine e con le necessarie precauzioni, in modo da non danneggiare le residue murature, da prevenire qualsiasi infortunio agli addetti al lavoro e da evitare incomodi, danni collaterali e disturbi.

Rimane pertanto vietato di gettare dall'alto i materiali in genere, che invece devono essere trasportati o guidati in basso, e di sollevare polvere, per il che tanto le murature quanto i materiali di risulta dovranno essere opportunamente bagnati.

Nelle demolizioni e rimozioni l'Appaltatore deve inoltre provvedere alle eventuali necessarie puntellature per sostenere le parti che devono restare e disporre in modo da non deteriorare i materiali risultanti, i quali devono ancora potersi impiegare nei limiti concordati con la Direzione dei Lavori, sotto pena di rivalsa di danni verso la Stazione Appaltante.

I materiali provenienti da escavazioni o demolizioni sono di proprietà della Stazione Appaltante la quale potrà ordinare all'Appaltatore di impiegarli in tutto od in parte nei lavori appaltati.

L'Appaltatore dovrà provvedere per la loro cernita, trasporto in deposito, ecc. intendendosi di ciò compensato coi prezzi degli scavi e delle demolizioni relative.

Qualora detti materiali siano ceduti all'Appaltatore, il prezzo ad essi convenzionalmente attribuito deve essere dedotto dall'importo netto dei lavori, salvo che la deduzione non sia stata già fatta nella determinazione dei prezzi.

I materiali non utilizzati provenienti dalle demolizioni dovranno sempre, e al più presto, venire trasportati, a cura e spese dell'Impresa, in rifiuto alle pubbliche discariche e comunque fuori la sede dei lavori con le norme o cautele disposte per gli analoghi scarichi in rifiuto di materie di cui all'articolo "Scavi e Rilevati in Genere", lettera a).

#### **Art 1.26**

#### **ACQUEDOTTI E TOMBINI TUBOLARI**

Per gli acquedotti tubolari, qualora siano eseguiti in conglomerato cementizio gettati in opera, nella parte inferiore della canna verranno usati semplici sagome; nella parte superiore verranno usate apposite barulle di pronto disarmo. Essi non dovranno avere diametro inferiore a 80 cm qualora siano a servizio del corpo stradale.

Qualora vengano impiegati tubi di cemento per i quali è valida sempre quest'ultima prescrizione, questi dovranno essere fabbricati a regola d'arte, con diametro uniforme e gli spessori corrispondenti alle prescrizioni sottospecificate, saranno bene stagionati e di perfetto impasto e lavorazione, sonori alla percussione, senza screpolature e sbavature e muniti di apposite sagomature alle estremità per consentire un giunto a sicura tenuta.

I tubi saranno posati in opera alle livellette e piani stabiliti e su di una platea di calcestruzzo magro a 2 q di cemento per m<sup>3</sup> di impasto in opera dello spessore più sotto indicato, salvo diversa prescrizione della Direzione dei Lavori. Verranno inoltre



rinfiacati di calcestruzzo a 2,50 q di cemento per m<sup>3</sup> di impasto in opera a seconda della sagomatura prevista nei disegni di progetto, previa perfetta sigillatura dei giunti con malta di puro cemento.

Dimensione dei tubi e spessore della platea

Ø Tubi in cm	Spessore dei tubi in mm	Spessore della platea in cm
80	70	20
100	85	25
120	100	30

### Manufatti tubolari in lamiera zincata

Le prescrizioni che seguono si riferiscono a manufatti per tombini e sottopassi aventi struttura portante costituita da lamiera di acciaio con profilatura ondulata con onda normale alla generatrice.

L'acciaio della lamiera ondulata sarà dello spessore di 1,5 mm con tolleranza UNI (Norma UNI EN 10162 e UNI 8661), con carico unitario di rottura non minore di 34 Kg/mm<sup>2</sup> e sarà protetto su entrambe le facce da zincatura bagno caldo praticata dopo l'avvenuto taglio e piegatura dell'elemento in quantità non inferiore a 305 g/m<sup>2</sup> per faccia.

La verifica della stabilità statica delle strutture sarà effettuata in funzione dei diametri e dei carichi esterni applicati adottando uno dei metodi della scienza delle costruzioni (anello compresso, stabilità dall'equilibrio elastico, lavori virtuali) sempre però con coefficiente di sicurezza non inferiore a 4.

Le strutture finite dovranno essere esenti da difetti come: soffiature, bolle di fusione, macchie, scalfiture, parti non zincate, ecc. Per manufatti da impiegare in ambienti chimicamente aggressivi si dovrà provvedere alla loro protezione mediante rivestimento di mastice bituminoso, asfaltico o equivalente avente uno spessore minimo di 1,5 mm inserito sulla cresta delle ondulazioni, che dovrà corrispondere ad un peso di 1,5 Kg/m<sup>2</sup> per faccia applicato a spruzzo o a pennello, ovvero di bitume ossidato applicato mediante immersione a caldo negli stessi quantitativi precedentemente indicati.

Alla Direzione dei Lavori è riservato di far assistere proprio personale alla fabbricazione dei manufatti allo scopo di controllare la corretta esecuzione secondo le prescrizioni sopra indicate ed effettuare presso lo stabilimento di produzione le prove chimiche e meccaniche per accertare la qualità e lo spessore del materiale; tale controllo potrà essere fatto in una qualunque delle fasi di fabbricazione senza peraltro intralciare il normale andamento della produzione.

Il controllo del peso di rivestimento di zinco sarà effettuato secondo le norme indicate dalle specifiche ASTM A 90. Il controllo della centratura della zincatura sarà eseguito immergendo i campioni in una soluzione di CuSO<sub>4</sub>, nella misura di 36 g ogni 100 di acqua distillata (come previsto dalle tabelle UNI EN 10244-1 e UNI EN 10244-2). Essi dovranno resistere all'immersione senza che appaiano evidenti tracce di rame.

Il controllo dello spessore verrà fatto sistematicamente ed avrà esito positivo se gli spessori misurati in più punti del manufatto rientrano nei limiti delle tolleranze prescritte.

Nel caso che gli accertamenti su un elemento non trovino corrispondenza alle caratteristiche previste ed il materiale presenti evidenti difetti saranno presi in esame altri 2 elementi; se l'accertamento di questi 2 elementi è positivo si accetta la partita, se negativo si scarta la partita. Se un elemento è positivo e l'altro no, si controllano 3 elementi, se uno di questi è negativo si scarta la partita.

I pesi, in rapporto allo spessore dei vari diametri impiegati, dovranno risultare da tabelle fornite da ogni fabbricante, con tolleranza del  $\pm 5\%$ .

Agli effetti contabili sarà compensato il peso effettivo risultante da apposito verbale di pesatura eseguito in contraddittorio purché la partita rientri nei limiti di tolleranza sopraindicati. Qualora il peso effettivo sia inferiore al peso diminuito della tolleranza, la Direzione dei Lavori non accetterà la fornitura. Se il peso effettivo fosse invece superiore al peso teorico aumentato della tolleranza, verrà compensato solo il peso teorico aumentato dei valori della tolleranza.

Le strutture impiegate saranno dei seguenti tipi:

#### 1) Ad elementi incastrati per tombini.

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:



OP INGENNERIA S.R.L.  
Società di Ingegneria Civile  
info@opingenneria.com - www.opingenneria.com  
Viale San Concordio, 1160 - 55100 LUCCA  
Tel. 0583 581194 - P.IVA. 0248862408



Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
Salvatore  
  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

53





L'ampiezza dell'onda sarà di 67,7 mm (pollici 2 e 3/4) e la profondità di 12,7 mm (1/2 pollice); la lunghezza dell'intero manufatto, al netto di eventuali testate, sarà un multiplo di 0,61 m (2 piedi).

Il tipo sarà costituito da due mezze sezioni cilindriche ondulate, curvate al diametro prescritto; dei due bordi longitudinali di ogni elemento l'uno sarà a diritto-filo e l'altro ad intagli, tali da formare quattro riseghe atte a ricevere, ad "incastro", il bordo diritto dell'altro elemento.

Nel montaggio del tubo le sovrapposizioni circolari dovranno essere sfalsate, facendo sì che ogni elemento superiore si innesti sulla metà circa dei due elementi inferiori corrispondenti.

Gli opposti elementi verranno legati fra loro, in senso longitudinale mediante appositi ganci in acciaio zincato.

Le forme impiegabili, nel tipo ad elementi incastrati, saranno: la circolare con diametro variabile da 0,30 m a 1,50 m e che potrà essere fornita con una preformazione ellittica massima del 5% in rapporto al diametro, la policentrica anche ribassata con luce minima di 0,30 e luce massima di 1,75 m.

## 2) A piastre multiple per tombini e sottopassi.

L'ampiezza dell'onda sarà di 152,4 mm (pollici 6) e la profondità di 50,8 mm (pollici 2). Il raggio della curva interna della gola dovrà essere almeno di 28,6 mm (pollici 1/8).

Le piastre saranno fornite in misura standard ad elementi tali da fornire, montate in opera, un vano la cui lunghezza sia multiplo di 0,61 m.

I bulloni di giunzione delle piastre dovranno essere di diametro non inferiore a 3/4 di pollice ed appartenere alla classe G 8 (Norme UNI EN ISO 4759-1; UNI EN ISO 898-1; UNI EN ISO 898-2; UNI EN ISO 4042; UNI EN ISO 3269; UNI EN ISO 4759-1).

Le teste dei bulloni dei cavi dovranno assicurare una perfetta adesione ed occorrendo si dovranno impiegare speciali rondelle. Le forme di manufatti, da realizzarsi mediante piastre multiple circolari, con diametro compreso da 1,50 m a 6,40 m, potranno essere fornite con una preformazione ellittica massima del 5% in rapporto al diametro; ribassate con luce variabile da 1,80 m a 6,50 m; ad arco con luce variabile da 1,80 m a 9,00 m; policentriche (per sottopassi), con luce variabile da 2,20 m a 7,00 m.

### Art 1.27

#### STRATIFICAZIONE DI ASFALTO COLATO

Sopra le solette dei ponti in cemento armato, dopo che le strutture saranno ben asciutte, si stenderà un manto di asfalto costituito da asfalto colato dello spessore di 20 mm la cui miscela dovrà corrispondere alle seguenti caratteristiche:

- a) bitume penetrazione  $50 \pm 70$  il 15% in peso;
- b) pani di mastice in asfalto il 30% in peso;
- c) sabbia da 0 a 2 mm il 55% in peso.

Lo stendimento dell'asfalto colato dovrà essere effettuato in due riprese aventi, ciascuna, lo spessore di un centimetro.

Si avrà cura, nello stendimento del secondo strato, che i giunti siano sfalsati.

Il punto di rammollimento del colato dovrà essere compreso fra 50 °C e 70 °C.

### Art. 1.28

#### CANALIZZAZIONI PER ILLUMINAZIONE PUBBLICA

Le canalizzazioni saranno eseguite nel rispetto delle norme vigenti per l'esecuzione degli impianti di illuminazione pubblica.

Per quanto riguarda i tipi di materiali da impiegare e la profondità di posa delle tubazioni in funzione della loro ubicazione, dovranno essere osservate le norme che regolano le interferenze con gli altri sottoservizi esistenti o in corso di esecuzione.

Le condotte saranno realizzate con tubazioni poste in opera alle prescritte profondità, previa preparazione del piano di posa, rinfiancate con sabbia.

Il rinfianco dei tubi ed il rinterro del cavo verrà eseguito secondo quanto previsto dai disegni di progetto e con materiali ritenuti idonei dal Direttore dei Lavori.

**Art. 1.29****VERNICIATURE E GARANZIE**

Tutti i pali, paline, bracci a palo, bracci a muro, braccetti, staffe a murare, staffe per posa con tasselli, presenti nell'area dovranno essere posati, verniciati con una prima mano RAL del colore indicato dalla Direzione lavori, verniciati a finire con una seconda mano RAL dello stesso colore ed a cura dell'Appaltatore.

L'Appaltatore dovrà attenersi alle seguenti prescrizioni:

La verniciatura si effettuerà su superfici metalliche perfettamente asciutte; pertanto è vietato procedere all'esecuzione di detta operazione nelle prime ore del mattino ed in presenza di pioggia, nebbia, rugiada, o in ogni caso con umidità relativa dell'aria ambiente superiore all'80% o con temperatura inferiore a +5 °C.

La verniciatura dovrà in ogni modo essere eseguita nelle condizioni atmosferiche previste dalle schede tecniche delle vernici impiegate.

I prodotti vernicianti dovranno essere fabbricati da primaria azienda specializzata nel settore e risultare della migliore qualità rintracciabile in commercio, ed inoltre il ciclo di lavorazione dovrà essere effettuato con prodotti di uguale provenienza.

L'Appaltatore non potrà impiegare prodotti che non siano stati precedentemente approvati dal Direttore dei Lavori, che potrà quindi rifiutarli se ritenuti inadatti.

Il ciclo di verniciatura (tre mani) dovrà essere idoneo per strutture in acciaio grezzo e/o zincato a caldo, sottoposte ad atmosfera industriale.

Le superfici in acciaio non devono presentare olio, grassi e impurità, scorie di laminazione, ruggine e sostanze estranee (UNI EN ISO 8501-3, UNI EN ISO 8504-1, 2 e 3). Le stesse dovranno essere trattate molto accuratamente fino ad ottenere una lucentezza metallica.

Nel caso di superfici nuove in acciaio zincato, occorrerà che tutti i contaminanti presenti superficialmente siano rimossi a mezzo di agenti sgrassanti possedenti proprietà emulsionanti, eventualmente miscelati con vapore d'acqua a pressione.

La sola pulizia con solventi in questo caso è da ritenersi insufficiente.

Il prodotto da impiegare per la prima ripresa dovrà essere costituito da una pittura antiruggine di fondo, a base di resine epossipoliamiche e fosfato di zinco surface tolerant, eccellente capacità anticorrosiva, bicomponente, spessore del film a secco di 40 micron.

I colori da utilizzare per la seconda ripresa e quella di finitura, che dovrà essere uniforme e priva di striature o altre imperfezioni, saranno indicati in progetto ovvero dalla Direzione lavori.

La temperatura massima costante a cui dovrà resistere il ciclo è + 80°C, lo spessore totale del ciclo sarà di 120 micron, la resistenza al distacco dal supporto, misurata con prove di quadrettatura in base alla norma UNI ISO EN 2409, dovrà avere livello = 1 (distacco di piccole scaglie di rivestimento alle intersezioni delle incisioni, se l'area incisa interessata non è significativamente maggiore del 5%).

Tutti i prodotti vernicianti, per essere impiegati, dovranno essere contenuti nelle latte originali sigillate, contraddistinte dal marchio di fabbrica, denominazione della merce, numero del lotto ed indicazione della scadenza entro la quale dovranno essere applicati.

Per ogni prodotto verniciante l'Appaltatore fornirà:

- la scheda tecnica contenente la denominazione commerciale dello stesso, la descrizione e la natura chimica, il numero dei componenti, le caratteristiche di resistenza ed i campi d'impiego, il tipo di supporto e la preparazione delle superfici richieste, la compatibilità con i prodotti impiegati per le riprese precedenti e per quelle successive, le temperature ammissibili (massima costante e saltuaria in °C), il rapporto di catalisi (in peso e volume), diluente prescritto (tipo), diluizione massima consentita (%), modalità di preparazione del prodotto, sistema/i di applicazione prescritto/i, condizioni ambientali per l'applicazione, spessore minimo del film secco per ogni strato, durata minima del prodotto confezionato, vita della miscela (a +20°C), tempi minimi e massimi di sovraverniciatura, le istruzioni varie per l'applicazione;
- la scheda di sicurezza conforme alle norme vigenti in materia.



Per il ciclo completo l'Appaltatore fornirà inoltre una scheda contenente le caratteristiche tecniche del ciclo, con dichiarazione attestante che i prodotti componenti le varie riprese di pittura sono tra loro compatibili, e che il ciclo costituisce idoneo trattamento anticorrosivo per i campi di applicazione indicati ed è in grado di soddisfare i requisiti di garanzia in seguito prescritti.

Per l'applicazione dei prodotti vernicianti, dovranno essere osservate tutte le indicazioni contenute nelle relative schede tecniche e nelle schede di sicurezza che dovranno preventivamente essere consegnate al Direttore dei Lavori.

Con riferimento alla "Scala Europea dei Gradi di arrugginimento per pitture antiruggine" edita dal "Comitato Europeo delle Associazioni dei fabbricanti di pittura e inchiostri" deve essere garantito che le superfici rivestite mantengano un grado di arrugginimento pari allo standard Re 0 (assenza totale di ruggine) per 12 mesi dall'ultimazione dei lavori ed allo standard Re 1 (0,05% di superficie arrugginita) per ulteriori 4 anni.

Entro tali periodi, le superfici che presentassero riconosciuti difetti eccedenti tali limiti, dovuti alla qualità dei materiali od alla loro applicazione, saranno riverniciate a cura e spese dell'Appaltatore.

Le superfici riparate nel periodo di garanzia sono coperte da ulteriore analoga garanzia.

### **Art 1.30 SCOGLIERE**

I massi di pietra naturale per gettate o scogliere debbono avere il maggior peso specifico possibile, essere di roccia viva e resistente non alterabile all'azione dell'acqua. L'Appaltatore deve impiegare per il sollevamento, trasporto e collocamento in opera dei massi, quegli attrezzi, meccanismi e mezzi d'opera che saranno riconosciuti più adatti per la buona esecuzione del lavoro e per evitare che i massi abbiano a subire avarie.

Le scogliere debbono essere formate incastrando con ogni diligenza i massi gli uni agli altri, in modo da costituire un tutto compatto e regolare, di quelle forme e dimensioni prescritte dal contratto o che siano in ogni caso stabilite dalla Direzione dei Lavori. Per ciascuna scogliera, quando non sia specialmente disposto dal contratto o dall'elenco dei prezzi, la Direzione dei Lavori fissa il volume minimo dei massi e le proporzioni dei massi di volume differente.

I massi di volume inferiore ad un decimo di metro cubo, che la Direzione dei Lavori ritenesse di accettare per riempire gli interstizi delle scogliere o per formare un nucleo interno, sono valutati al prezzo del pietrame di riempimento.

### **Art 1.31 DRENAGGI E FOGNATURE**

I drenaggi e le fognature di risanamento del corpo stradale e zone circostanti che si rendessero necessari saranno sempre eseguiti dallo sbocco a valle del cunicolo di scolo verso il centro della fognatura propriamente detta e lungo la medesima, procedendo da valle verso monte, per il deflusso regolare delle acque. Prima di stabilire definitivamente il piano di fondo del drenaggio, onde assicurarsi di raggiungere in ogni punto lo strato impermeabile, la Direzione dei Lavori disporrà all'atto esecutivo quanti pozzi riterrà necessario praticare ed in relazione al saggio ove risulti il punto più depresso dello strato impermeabile lungo l'asse del drenaggio, sarà stabilita la profondità di questo e la pendenza del cunicolo.

Detti pozzi saranno scavati della lunghezza da 2 a 3 m, della larghezza uguale a quella del drenaggio in corrispondenza dell'asse del drenaggio. Detti scavi saranno valutati agli stessi prezzi stabiliti nell'annesso elenco per gli scavi di fondazione e l'Appaltatore non potrà avanzare pretese di maggiori compensi quali che siano il numero e l'ubicazione di questi pozzi. Le pareti dei drenaggi e dei cunicoli di scolo ed anche quelle dei pozzi saranno, dove occorra, sostenuti da appositi rivestimenti di tavole o tavoloni con robuste armature in legname in relazione alla natura dei terreni attraversati.



Il fondo dei drenaggi dovrà di norma essere rivestito in calcestruzzo che nella parte centrale sarà sagomato a cunetta e su tale rivestimento si costruirà dal lato a valle un muretto in malta, da quello a monte un muretto a secco, per l'altezza da 20 a 40 cm secondo l'importanza del drenaggio, così da costituire un cunicolo di scolo, da coprire con lastroni e successivamente col riempimento di cui all'articolo "Rilevati e Rinterri Addossati alle Murature e Riempimenti con Pietrame".

### **Tubi perforati per drenaggi**

I tubi per drenaggio avranno struttura portante costituita da lamiera d'acciaio con profilatura ondulata con onda elicoidale continua da un capo all'altro di ogni singolo tronco, in modo che una sezione normale alla direzione dell'onda, rappresenti una linea simile ad una sinusoidale.

L'acciaio della lamiera ondulata dello spessore minimo di 1,2 mm - con tolleranza UNI (Norme UNI EN 10162 e UNI 8661) - dovrà avere carico unitario di rottura non inferiore a 34/mm<sup>2</sup> e sarà protetto su entrambe le facce da zincatura eseguita secondo il processo Sendzimir con 480 grammi nominali di zinco per metro quadrato.

L'ampiezza dell'onda sarà di 38 mm (pollici 1/2) e la profondità di 6,35 mm (1/4 di pollice).

Sulle condotte saranno praticati dei fori del diametro di 0,9 cm (tolleranza 0,1 cm) che saranno distribuiti in serie longitudinali con interasse di 38 mm, tutti disposti in un quarto di tubo. I singoli tronchi, di lunghezza non superiore a 9 m, saranno uniti tra loro mediante fasce di giunzione da fissare con bulloni. Per questo tipo di tubo l'unica forma impiegabile è quella circolare con diametro variabile da 15 a 25 cm.

### **Tubazioni per lo scarico delle acque di superficie dai rilevati**

Saranno dello stesso materiale ed avranno le stesse caratteristiche delle tubazioni di cui al precedente paragrafo con la sola differenza che non avranno fori.

### **Posa in opera**

Per la posa in opera dei suddetti manufatti dovrà essere predisposto un adeguato appoggio, ricavando nel piano di posa (costituito da terreno naturale o eventuale rilevato preesistente) un vano opportunamente profilato e accuratamente compattato, secondo la sagoma da ricevere ed interponendo, fra il terreno e la tubazione, un cuscinetto di materiale granulare fino (max 15 mm) avente spessore di almeno 30 cm.

Il rinterro dei quarti inferiori delle condotte dovrà essere fatto con pestelli meccanici o con pestelli a mano nei punti ove i primi non siano impiegabili.

Il costipamento del materiale riportato sui fianchi dovrà essere fatto a strati di 15 mm utilizzando anche i normali mezzi costipanti dei rilevati, salvo le parti immediatamente adiacenti alle strutture dove il costipamento verrà fatto con pestelli pneumatici o a mano. Occorrerà evitare che i mezzi costipatori lavorino "a contatto" della struttura metallica. Le parti terminali dei manufatti dovranno essere munite di testate metalliche prefabbricate oppure in muratura, in conformità dei tipi adottati.

L'installazione dei tubi di drenaggio dovrà essere iniziata dal punto di uscita in modo da permettere all'acqua di scolare fuori dello scavo in apposito scavo della larghezza di 0,50 m circa. Questi tubi dovranno essere posti in opera in modo che i fori si trovino nel quarto inferiore della circonferenza.

L'installazione dei tubi di scarico dai rilevati verrà fatta in cunicoli scavati lungo la massima pendenza della scarpata della profondità media di 0,40 m e della larghezza strettamente sufficiente per la posa del tubo, che dovrà essere ricoperto con il materiale di scavo, in modo da ripristinare la continuità della scarpata.

Il materiale di rinterro dovrà essere permeabile in modo da consentire il rapido passaggio dell'acqua e dovrà inoltre funzionare da filtro onde trattenere le particelle minute in sospensione impedendone l'entrata con la conseguente ostruzione del tubo; si impiegherà sabbia per calcestruzzo contenente pietrisco medio ed esente da limo. Il rinterro dovrà essere eseguito in strati e ben battuto onde evitare cedimenti causati da assestamenti.

Per quanto espressamente non contemplato si rinvia alla seguente normativa tecnica: AASHTO M 36 e M 167.

### **Art. 1.32**

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:

OP INGEENNERIA S.R.L.  
Società di Ingegneria Civile  
info@opingenneria.com - www.opingenneria.com  
Piazz. San Concordio, 1160 - 55100 LUCCA  
Tel. 0583 381194 - P.IVA. 02488624048

Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing. S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
SalvatoreProf. Ing. N.  
Squeglia

57

**ORDINE DA TENERSI NELL'ANDAMENTO DEI LAVORI**

Prima di dare inizio a lavori di sistemazione, varianti, allargamenti ed attraversamento di strade esistenti, l'Appaltatore è tenuto ad informarsi presso gli enti proprietari delle strade interessate dall'esecuzione delle opere (Compartimento dell'A.N.A.S., Province, Comuni, Consorzi) se eventualmente nelle zone nelle quali ricadono le opere stesse esistano cavi sotterranei (telefonici, telegrafici, elettrici) o condutture (acquedotti, oleodotti, metanodotti ecc.).

In caso affermativo l'Appaltatore dovrà comunicare agli enti proprietari di dette opere (Circolo Costruzioni Telegrafiche Telefoniche, Comuni, Province, Consorzi, Società ecc.) la data presumibile dell'esecuzione delle opere nelle zone interessate, chiedendo altresì tutti quei dati (ubicazione, profondità) necessari al fine di potere eseguire i lavori evitando danni alle cennate opere.

Il maggiore onere al quale l'Appaltatore dovrà sottostare per l'esecuzione delle opere in dette condizioni si intende compreso e compensato coi prezzi di elenco.

Qualora nonostante le cautele usate si dovessero manifestare danni ai cavi od alle condotte, l'Impresa dovrà provvedere a darne immediato avviso mediante telegramma sia agli enti proprietari delle strade, che agli enti proprietari delle opere danneggiate ed alla Direzione dei Lavori.

Nei confronti dei proprietari delle opere danneggiate l'unico responsabile rimane l'Appaltatore, rimanendo del tutto estranea la Stazione Appaltante da qualsiasi vertenza, sia essa civile che penale.

In genere l'Appaltatore avrà facoltà di sviluppare i lavori nel modo che crederà più conveniente per darli perfettamente compiuti nel termine contrattuale purché, a giudizio della Direzione dei Lavori, non riesca pregiudizievole alla buona riuscita delle opere ed agli interessi della Stazione Appaltante.

La Stazione Appaltante si riserva ad ogni modo il diritto di stabilire l'esecuzione di un determinato lavoro entro un congruo termine perentorio, senza che l'Appaltatore possa rifiutarsi o farne oggetto di richiesta di speciali compensi.

Appena costatata l'ultimazione dei lavori, la strada sarà aperta al pubblico transito. La Stazione Appaltante però si riserva la facoltà di aprire al transito i tratti parziali del tronco che venissero progressivamente ultimati a partire dall'origine o dalla fine del tronco, senza che ciò possa dar diritto all'Appaltatore di avanzare pretese all'infuori della rivalsa, ai prezzi di elenco, dei ricarichi di massicciata o delle riprese di trattamento superficiale e delle altre pavimentazioni che si rendessero necessarie.

Per quanto riguarda le azioni di mitigazione relative al risollevarimento delle polveri da transito dei mezzi su strada non asfaltata, qualora la ditta appaltatrice intenda trattare le superfici con polimeri o altre sostanze differenti dall'acqua, in aggiunta a i dati riportati nella scheda tecnica del prodotto utilizzato, fornisca anche un dimensionamento ben preciso delle quantità di sostanze da utilizzare e delle tempistiche di utilizzo. In ogni caso, sarà opportuno che sia tenuta traccia su appositi registri delle quantità di acqua o altra sostanza utilizzata per le mitigazioni, in modo da semplificare le azioni di controllo.





## CAPITOLO 2

### CARREGGIATA

#### Art. 2.1 PREMESSA

Con il termine pavimentazione stradale si indica sinteticamente la sovrastruttura interessata dal moto dei veicoli, atta a garantire nel tempo la transitabilità del traffico veicolare in condizioni di comfort e sicurezza. Essa deve ripartire sul terreno (sottofondo) le azioni statiche e dinamiche dei mezzi di trasporto, fornire una superficie di rotolamento regolare e poco deformabile, proteggere il terreno sottostante dagli agenti atmosferici.

In generale, dalla quota più profonda verso la superficie, si individuano i seguenti strati del corpo stradale:



- sottofondo (terreno naturale in sito o ultimo strato del rilevato);
- e sovrastruttura, così composta:
- fondazione;
  - base;
  - binder (o collegamento);
  - usura (o tappetino).

In linea generale, salvo diversa disposizione della Direzione dei Lavori, la sagoma stradale per tratti in rettilineo sarà costituita da due falde inclinate in senso opposto aventi pendenza trasversale del  $1,5 \div 2,0\%$ , raccordate in asse da un arco di cerchio avente tangente di m 0,50. Alle banchine sarà invece assegnata la pendenza trasversale del  $2,0 \div 5,0\%$ .

Le curve saranno convenientemente rialzate sul lato esterno con pendenza che la Direzione dei Lavori stabilirà in relazione al raggio della curva e con gli opportuni tronchi di transizione per il raccordo della sagoma in curva con quella dei rettilinei o altre curve precedenti e seguenti.

Il tipo e lo spessore dei vari strati, costituenti la sovrastruttura, saranno quelli stabiliti, per ciascun tratto, dalla Direzione dei Lavori, in base ai risultati delle indagini geotecniche e di laboratorio.



L'Impresa indicherà alla Direzione dei Lavori i materiali, le terre e la loro provenienza, e le granulometrie che intende impiegare strato per strato, in conformità degli articoli che seguono.

La Direzione dei Lavori ordinerà prove su detti materiali, o su altri di sua scelta, presso Laboratori ufficiali di fiducia della Stazione Appaltante. Per il controllo delle caratteristiche tali prove verranno, di norma, ripetute sistematicamente, durante l'esecuzione dei lavori, nei laboratori di cantiere o presso gli stessi Laboratori ufficiali.

L'approvazione della Direzione dei Lavori circa i materiali, le attrezzature, i metodi di lavorazione, non solleva l'Impresa dalla responsabilità circa la buona riuscita del lavoro.

L'Impresa avrà cura di garantire la costanza nella massa, nel tempo, delle caratteristiche delle miscele, degli impasti e della sovrastruttura resa in opera.

Salvo che non sia diversamente disposto dagli articoli che seguono, la superficie finita della pavimentazione non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 3 mm, controllata a mezzo di un regolo lungo m 4,00 disposto secondo due direzioni ortogonali.

La pavimentazione stradale sui ponti deve sottrarre alla usura ed alla diretta azione del traffico l'estradosso del ponte e gli strati di impermeabilizzazione su di esso disposti. Allo scopo di evitare frequenti rifacimenti, particolarmente onerosi sul ponte, tutta la pavimentazione, compresi i giunti e le altre opere accessorie, deve essere eseguita con materiali della migliore qualità e con la massima cura esecutiva.

#### **Controllo dei requisiti di accettazione**

Le caratteristiche più importanti per una struttura stradale possono essere riassunte nei seguenti punti:

- elevata capacità portante
- buona stabilità
- bassa permeabilità all'acqua
- rispetto della plano-altimetria di progetto
- buone caratteristiche di micro e macrotestitura

L'Appaltatore ha l'obbligo di fare eseguire prove sperimentali sui campioni di aggregato e di legante per la relativa accettazione.

L'Appaltatore è poi tenuto a presentare, con congruo anticipo rispetto all'inizio dei lavori e per ogni cantiere di produzione, la composizione delle miscele che intende adottare; ogni composizione proposta dovrà essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati in laboratorio, attraverso i quali l'Appaltatore ha ricavato la ricetta ottimale.

La Direzione dei Lavori si riserva di approvare i risultati prodotti o di fare eseguire nuove ricerche. L'approvazione non ridurrà comunque la responsabilità dell'Appaltatore, relativa al raggiungimento dei requisiti finali dei conglomerati in opera.

Dopo che la Direzione dei Lavori ha accettato la composizione proposta, l'Appaltatore dovrà ad essa attenersi rigorosamente comprovandone l'osservanza con controlli giornalieri. Non saranno ammesse variazioni del contenuto di aggregato grosso superiore a  $\pm 5\%$  e di sabbia superiore  $\pm 3\%$  sulla percentuale corrispondente alla curva granulometrica prescelta, e di  $\pm 1,5\%$  sulla percentuale di additivo.

Per la quantità di bitume non sarà tollerato uno scostamento dalla percentuale stabilita di  $\pm 0,3\%$ .

Tali valori dovranno essere verificati con le prove sul conglomerato bituminoso prelevato all'impianto come pure dall'esame delle carote prelevate in sito.

In corso d'opera ed in ogni fase delle lavorazioni la Direzione dei Lavori effettuerà, a sua discrezione, tutte le verifiche, prove e controlli atti ad accertare la rispondenza qualitativa e quantitativa dei lavori alle prescrizioni contrattuali.

#### **Art. 2.2**

#### **PREPARAZIONE DEL SOTTOFONDO**

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:

DP INGENGERIA S.R.L.  
Società di Ingegneria Civile  
info@dpingegneria.com - www.dpingegneria.com  
Viale San Concordio, 1160 - 55100 LUCCA  
Tel. 0583 581194 - P.IVA. 0248882408

Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing. S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
Salvatore  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

60



Il terreno interessato dalla costruzione del corpo stradale che dovrà sopportare direttamente o la sovrastruttura o i rilevati, verrà preparato asportando il terreno vegetale per tutta la superficie e per la profondità fissata dal progetto o stabilita dalla Direzione dei Lavori.

I piani di posa dovranno anche essere liberati da qualsiasi materiale di altra natura vegetale, quali radici, cespugli, alberi.

Per l'accertamento del raggiungimento delle caratteristiche particolari dei sottofondi qui appresso stabilite, agli effetti soprattutto del grado di costipamento e dell'umidità in posto, l'Appaltatore, indipendentemente dai controlli che verranno eseguiti dalla Direzione dei Lavori, dovrà provvedere a tutte le prove e determinazioni necessarie.

A tale scopo dovrà quindi, a sue cure e spese, installare in cantiere un laboratorio con le occorrenti attrezzature.

Le determinazioni necessarie per la caratterizzazione dei terreni, ai fini della loro possibilità d'impiego e delle relative modalità, verranno preventivamente fatte eseguire dalla Direzione dei Lavori presso un laboratorio pubblico, cioè uno dei seguenti laboratori: quelli delle Università, delle Ferrovie dello Stato o presso il laboratorio dell'A.N.A.S.

Rimosso il terreno costituente lo strato vegetale, estirpate le radici fino ad un metro di profondità sotto il piano di posa e riempite le buche così costituite si procederà, in ogni caso, ai seguenti controlli:

- a) determinazione del peso specifico apparente del secco del terreno in sito e di quello massimo determinato in laboratorio;
- b) determinazione dell'umidità in sito in caso di presenza di terre sabbiose, ghiaiose o limose;
- c) determinazione dell'altezza massima delle acque sotterranee nel caso di terre limose.

### Art. 2.3

#### **COSTIPAMENTO DEL TERRENO IN SITO**

**A)** Se sul terreno deve essere appoggiata la sovrastruttura direttamente o con l'interposizione di un rilevato di altezza minore di 50 cm, si seguiranno le seguenti norme:

- a) per le terre sabbiose o ghiaiose si dovrà provvedere al costipamento del terreno per uno spessore di almeno 25 cm con adatto macchinario fino ad ottenere un peso specifico apparente del secco in sito, pari almeno al 95% di quello massimo ottenuto in laboratorio;
- b) per le terre limose, in assenza d'acqua, si procederà come al precedente punto a);
- c) per le terre argillose si provvederà alla stabilizzazione del terreno in sito, mescolando ad esso altro idoneo, in modo da ottenere un conglomerato a legante naturale, compatto ed impermeabile, dello spessore che verrà indicato volta per volta e costipato fino ad ottenere un peso specifico apparente del secco pari al 95% del massimo ottenuto in laboratorio. Nel caso in cui le condizioni idrauliche siano particolarmente cattive, il provvedimento di cui sopra sarà integrato con opportune opere di drenaggio.

**B)** Se il terreno deve sopportare un rilevato di altezza maggiore di 0,50 m:

- a) per terre sabbiose o ghiaiose si procederà al costipamento del terreno con adatto macchinario per uno spessore di almeno 25 cm, fino ad ottenere un peso specifico apparente del secco pari all'85% del massimo ottenuto in laboratorio per rilevati aventi un'altezza da 0,50 m a 3 m, e pari all'80% per rilevati aventi un'altezza superiore a 3 m;
- b) per le terre limose, in assenza di acqua, si procederà come indicato al punto a);
- c) per le terre argillose si procederà analogamente a quanto indicato al punto c) del Capo A).

In presenza di terre torbose si procederà in ogni caso alla sostituzione del terreno con altro tipo sabbioso-ghiaioso per uno spessore tale da garantire una sufficiente ripartizione del carico.

### Art. 2.4

#### **MODIFICAZIONE DELLA UMIDITA' IN SITO**

L'umidità di costipamento non dovrà mai essere maggiore del limite di ritiro diminuito del 5%; nel caso che l'umidità del terreno in sito sia maggiore di questo valore, occorrerà diminuire questo valore dell'umidità in loco, mescolando alla terra, per



lo spessore che verrà indicato dalla Direzione dei Lavori, altro materiale idoneo asciutto o lasciando asciugare all'aria previa disgregazione.

Qualora operando nel modo suddetto l'umidità all'atto del costipamento, pari a quella del limite del ritiro diminuito del 5%, risultasse inferiore a quella ottimale ottenuta in laboratorio, dovrà raggiungersi il prescritto peso specifico apparente aumentando il lavoro meccanico di costipamento.

### Art. 2.5 FONDAZIONI

La fondazione sarà costituita dalla miscela del tipo approvato dalla Direzione dei Lavori e dovrà essere stesa in strati successivi dello spessore stabilito dalla Direzione dei Lavori in relazione alla capacità costipante delle attrezzature usate. Il sistema di lavorazione e miscelazione del materiale potrà essere modificato di volta in volta dalla Direzione dei Lavori in relazione al sistema ed al tipo di attrezzatura da laboratorio usata ed in relazione al sistema ed al tipo di attrezzatura di cantiere impiegata. Durante il periodo di costipamento dovranno essere integrate le quantità di acqua che evaporano per vento, sole, calore, ecc.

Il materiale da usarsi dovrà corrispondere ai requisiti di cui al punto "*Prescrizioni per la Costruzione di Strade con Sovrastruttura in Terra Stabilizzata*" e dovrà essere prelevato, ove sia possibile, sul posto.

L'acqua da impiegare dovrà essere esente da materie organiche e da sostanze nocive.

Si darà inizio ai lavori soltanto quando le condizioni di umidità siano tali da non produrre detrimenti alla qualità dello strato stabilizzante. La costruzione sarà sospesa quando la temperatura sia inferiore a 3°C.

Qualsiasi area che risultasse danneggiata, per effetto del gelo, della temperatura o di altre condizioni di umidità durante qualsiasi fase della costruzione, dovrà essere completamente scarificata, rimiscelata e costipata in conformità alle prescrizioni della Direzione dei Lavori, senza che questa abbia a riconoscere alcun particolare compenso aggiuntivo.

La superficie di ciascun strato dovrà essere rifinita secondo le inclinazioni, le livellette e le curvature previste dal progetto e dovrà risultare liscia e libera da buche e irregolarità.

### Art. 2.6 OPERAZIONI PRELIMINARI

L'area sulla quale dovranno costruirsi le fondazioni dovrà essere sistemata come indicato nell'articolo "*Preparazione del Sottofondo*".

Le buche lasciate nel terreno di impianto dopo l'estirpazione delle radici saranno riempite con cura ed il materiale di riempimento dovrà essere costipato fino a raggiungere una densità uguale a quella delle zone adiacenti.

### Art. 2.7 FONDAZIONI STRADALI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO

Per quanto concerne la manipolazione, il trasporto e la posa in opera del calcestruzzo valgono le norme già indicate negli articoli riguardanti i conglomerati.

L'aggregato grosso (i pietrischi e le ghiaie) avranno le caratteristiche almeno pari a quelle della categoria III, della tabella II, art. 3 delle "Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali" emanate dal Consiglio Nazionale delle Ricerche e saranno di pezzatura compresa fra i 25 mm e i 40 mm. I pietrischetti o ghiaietti avranno caratteristiche almeno pari a quelle della categoria IV della tabella III dell'art. 4 delle norme suindicate della pezzatura compresa fra i 10 mm e i 25 mm.

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:

DP INGENNERIA SRL  
Società di Ingegneria Civile  
info@dpingegneria.com - www.dpingegneria.com  
Viale San Concordio, 1160 - 55100 LUCCA  
Tel. 0583 381194 - P.IVA. 02488624548

Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
Salvatore  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

62



I materiali dovranno essere di qualità e composizione uniforme, puliti e praticamente esenti da polvere, argilla o detriti organici. A giudizio insindacabile della Direzione dei Lavori, questa potrà richiedere la preventiva lavatura.

L'aggregato fino sarà costituito da sabbie naturali, eminentemente silicee e di cava o di fiume, o provenienti dalla frantumazione artificiale di rocce idonee. L'aggregato dovrà passare almeno per il 95% dal crivello con fori di 7 mm, per almeno il 70% dal setaccio 10 ASTM e per non oltre il 10% dal setaccio 100 ASTM.

La sabbia dovrà essere di qualità viva, ruvida al tatto, pulita ed esente da polvere, argilla od altro materiale estraneo, di granulometria bene assortita.

Il cemento normale o ad alta resistenza dovrà provenire da cementifici di provata capacità e serietà e dovrà rispondere alle caratteristiche richieste dalle norme vigenti.

L'acqua da impiegarsi dovrà essere pulita e priva di qualsiasi sostanza che possa ridurre la consistenza del calcestruzzo od ostacolarne la presa e l'indurimento.

Il calcestruzzo sarà costituito con inerti di almeno tre pezzature, dosato con 200 kg di cemento per metro cubo di calcestruzzo vibrato in opera.

La proporzione delle varie pezzature di inerti ed il rapporto acqua e cemento verranno determinati preventivamente con prove di laboratorio ed accettati dalla Direzione dei Lavori.

La dosatura dei diversi materiali, nei rapporti sopradescritti per la miscela, dovrà essere fatta esclusivamente a peso, con bilance possibilmente a quadrante e di agevole lettura.

Si useranno almeno due bilance, una per gli aggregati ed una per il cemento.

L'acqua sarà misurata in apposito recipiente tarato provvisto di dispositivo di dosatura automatica, che consenta di mantenere le erogazioni effettive nel limite del 2% in più o in meno rispetto alla quantità di volta in volta stabilita.

Le formule di composizione suindicate si riferiscono ad aggregati asciutti; pertanto si dovranno apportare nelle dosature le correzioni richieste dal grado di umidità degli aggregati stessi.

Anche i quantitativi di acqua da adottarsi sono comprensivi dell'acqua già eventualmente presente negli aggregati stessi.

La miscelazione dovrà effettuarsi a mezzo di un mescolatore di tipo idoneo.

La durata della mescolazione non dovrà essere inferiore ad un minuto nelle impastatrici a mescolazione forzata, e a minuti 1,5 nelle impastatrici a tamburo, contandosi il tempo a partire dal termine della immissione di tutti i componenti nel mescolatore.

In ogni caso, ad impasto finito, tutti gli elementi dovranno risultare ben avvolti dalla pasta di cemento; e non dovranno aversi differenziazioni o separazioni sensibili nelle diverse parti dell'impasto.

La composizione effettiva del calcestruzzo sarà accertata, oltre che mediante controllo diretto della formazione degli impasti, arrestando, mediante aggiunta di alcool, i fenomeni di presa nei campioni prelevati subito dopo la formazione del conglomerato e sottoponendo i campioni stessi a prove di laboratorio.

Prima di ogni ripresa del lavoro o mutandosi il tipo di impasto, il mescolatore dovrà essere accuratamente pulito e liberato dagli eventuali residui di materiale e di calcestruzzo indurito.

In nessun caso e per nessuna ragione sarà permesso di utilizzare calcestruzzo che abbia già iniziato il processo di presa, neppure procedendo ad eventuali aggiunte di cemento. Il calcestruzzo potrà essere confezionato sia nello stesso cantiere di stesa che in altro cantiere dell'Impresa purché il trasporto sia eseguito in modo da non alterare l'uniformità e la regolarità della miscela.

Nel caso in cui l'Appaltatore desiderasse aumentare la plasticità e lavorabilità del conglomerato, l'eventuale aggiunta di opportuni correttivi, come prodotti aeratori o plastificanti, dovrà essere autorizzata dalla Direzione dei Lavori; le spese relative saranno a carico dell'Appaltatore.

Prima di addivenire alla posa del calcestruzzo, l'Appaltatore avrà cura di fornire e stendere a sue spese sul sottofondo uno strato continuo ed uniforme di sabbia, dello spessore di almeno un centimetro.

Per il contenimento e per la regolazione degli spessori del calcestruzzo durante il getto, l'Appaltatore dovrà impiegare guide metalliche dei tipi normalmente usati allo scopo, composte di elementi di lunghezza minima di 3 m, di altezza non inferiore allo spessore del calcestruzzo, muniti di larga base e degli opportuni dispositivi per il sicuro appoggio ed ammassamento al terreno e collegate fra di loro in maniera solida e indeformabile. Le guide dovranno essere installate con la massima cura e precisione. L'esattezza della posa delle guide sarà controllata con regolo piano della lunghezza di 2 m, e tutte le differenze superiori ai 3 mm





in più o in meno dovranno essere corrette. Le guide dovranno essere di tipo e resistenza tali da non subire inflessioni od oscillazioni sensibili durante il passaggio e l'azione della macchina finitrice.

Il getto della pavimentazione potrà essere effettuato in due strati ed essere eseguito in una sola volta per tutta la larghezza della strada, oppure in due strisce longitudinali di uguale larghezza gettata distintamente una dopo l'altra, se la carreggiata è a due corsie; i giunti fra le due strisce dovranno in ogni caso corrispondere alle linee di centro della carreggiata di traffico.

Qualora la carreggiata abbia un numero di corsie superiore a due le strisce longitudinali di uguale larghezza da gettarsi distintamente dovranno essere tante quante sono le corsie.

Il costipamento e la finitura del calcestruzzo dovranno essere eseguiti con finitrici a vibrazione del tipo adatto ed approvato dalla Direzione dei Lavori, automoventesi sulle guide laterali, munite di un efficiente dispositivo per la regolarizzazione dello strato di calcestruzzo secondo la sagoma prescritta (sagomatrice) e agente simultaneamente ed uniformemente sull'intera larghezza del getto.

La vibrazione dovrà essere iniziata subito dopo la stesa del calcestruzzo e proseguita fino al suo completo costipamento.

L'azione finitrice dovrà essere tale da non spezzare, durante l'operazione, gli elementi degli aggregati e da non alterare in alcun punto l'uniformità dell'impasto; si dovrà evitare in particolare che alla superficie della pavimentazione si formino strati di materiale fino. I getti non potranno essere sospesi durante l'esecuzione dei lavori se non in corrispondenza dei giunti di dilatazione o di contrazione. In quest'ultimo caso il taglio del giunto dovrà essere formato per tutto lo spessore del calcestruzzo.

In nessun caso si ammetteranno riprese e correzioni eseguite con malta o con impasti speciali. La lavorazione dovrà essere ultimata prima dell'inizio della presa del cemento.

A vibrazione ultimata lo strato del calcestruzzo dovrà risultare perfettamente ed uniformemente costipato su tutto lo spessore e dovrà presentare la superficie scabra per facilitare l'ancoraggio del sovrastante strato di conglomerato bituminoso (binder). Pertanto, prima dell'inizio della presa, la superficie verrà accuratamente pulita dalla malta affiorante per effetto della vibrazione, mediante spazzoloni moderatamente bagnati, fino ad ottenere lo scoprimento completo del mosaico.

La pavimentazione finita dovrà corrispondere esattamente alle pendenze trasversali e alle livellette di progetto o indicate dalla Direzione dei lavori e risultare uniforme in ogni punto e senza irregolarità di sorta.

In senso longitudinale non si dovranno avere ondulazioni od irregolarità di livelletta superiori a 5 mm in più o in meno rispetto ad un'asta rettilinea della lunghezza di 3 metri appoggiata al manto. Gli spessori medi del manto non dovranno risultare inferiori a quelli stabiliti, con tolleranze massime locali di un centimetro in meno. In caso di irregolarità e deficienze superiori ai limiti sopradetti, la Stazione Appaltante potrà richiedere il rifacimento anche totale dei tratti difettosi quando anche si trattasse di lastre intere. L'Appaltatore è obbligato a fornire tutte le prestazioni che si ritenessero necessarie per l'esecuzione delle prove o dei controlli, nonché il trasporto in sito e ritorno degli strumenti ed attrezzature occorrenti.

I giunti longitudinali saranno formati a mezzo di robuste guide metalliche di contenimento, come in precedenza descritte.

Essi, per le strade a due corsie, verranno costruiti in corrispondenza dell'asse della carreggiata mentre, per le strade aventi un numero maggiore di corsie, i giunti verranno costruiti in corrispondenza alla linea di separazione ideale tra corsia e corsia; tali giunti dovranno avere parete verticale ed interessare tutto lo spessore del calcestruzzo.

La parete del giunto dovrà presentarsi liscia e priva di scabrosità ed a tale scopo si avrà cura di prendere, durante il getto, tutti gli accorgimenti del caso.

Prima della costruzione della striscia adiacente alla parete del giunto, tale parete dovrà essere spalmata, a cura e spese dell'Impresa, di bitume puro.

I giunti trasversali di dilatazione saranno disposti normalmente all'asse stradale, a intervalli eguali, conformi al progetto o alle prescrizioni della Direzione dei Lavori e saranno ottenuti inserendo nel getto apposite tavolette di materiale idoneo deformabili, da lasciare in posto a costituire ad un tempo il giunto ed il suo riempimento.

Dette tavolette dovranno avere un'altezza di almeno 3 cm inferiore a quella del manto finito. Per completare il giunto sino a superficie, le tavolette, durante il getto, dovranno essere completate con robuste sagome provvisorie rigidamente fissate al preciso piano della pavimentazione in modo da consentire la continuità del passaggio e di lavoro della finitrice e da rimuovere a lavorazione ultimata.

La posa in opera delle tavolette dovrà essere eseguita con un certo anticipo rispetto al getto e con tutti gli accorgimenti e la cura necessaria perché il giunto risulti rettilineo regolare, della larghezza massima di 10 mm e con spigoli perfettamente profilati.



Non saranno tollerate deviazioni maggiori di 10 mm rispetto all'allineamento teorico. Qualora si usino tavolette di legno, si dovranno impiegare essenze dolci; inoltre gli elementi, prima della loro posa in opera, dovranno essere ben inzuppati d'acqua.

I giunti potranno anche essere ottenuti provvedendo, a vibrazione ultimata, ad incidere con tagli netti in corrispondenza della tavoletta sommersa a mezzo di opportune sagome metalliche vibranti o a mezzo di macchine tagliatrici.

I bordi dei giunti verranno successivamente regolarizzati con frattazzi speciali in modo da sagomare gli spigoli secondo profili circolari del raggio di un centimetro.

I giunti di contrazione saranno ottenuti incidendo la pavimentazione dall'alto mediante sagome metalliche inserite provvisoriamente nel getto o mediante una lamina vibrante. L'incisione deve avere in ogni caso una profondità pari almeno alla metà dello spessore totale della fondazione in modo da indurre successiva rottura spontanea delle lastre in corrispondenza della sezione di minore resistenza così creata.

Le distanze fra i giunti di contrazione saranno conformi al progetto od alle prescrizioni della Direzione dei Lavori.

Trascorso il periodo di stagionatura del calcestruzzo si provvederà alla colmatura dei giunti, previa accurata ed energica pulizia dei vani da riempire, con mastice bituminoso la cui composizione dovrà corrispondere alle seguenti caratteristiche:

Bitume penetrazione da 80 a 100	20% in peso;
Mastice di asfalto in pani	35% in peso;
Sabbia da 0 a 2 mm	45% in peso.

#### Art. 2.8

### PRESCRIZIONI PER LA COSTRUZIONE DI STRADE CON SOVRASTRUTTURA IN TERRA STABILIZZATA

#### Miscela

I materiali da usarsi sono quelli indicati nell'articolo "*Qualità e Provenienza dei Materiali*", lettera f).

Di norma si usano diversi tipi di miscela.

I materiali da usarsi nelle fondazioni dovranno avere i requisiti sottoindicati per ciascuno dei tipi A, B e C.

MISCELA TIPO A	DENOMINAZIONE DEI SETACCI	PERCENTUALE DEL PASSANTE
	1" (25,400 mm) n. 10 ( 2,000 mm)	100 da 65 a 100
	Il materiale passante al setaccio n. 10 dovrà avere i seguenti requisiti:  n. 10 ( 2,000 mm) n. 20 ( 0,840 mm) n. 40 ( 0,420 mm) n. 200 ( 0,074 mm)	100 da 55 a 90 da 35 a 70 da 8 a 25

MISCELA TIPO B	DENOMINAZIONE DEI SETACCI	PERCENTUALE DEL PASSANTE	
		B-I max grandezza 1" 25,4 mm	B-II max grandezza 2" 50,8 mm
	n. 2" (50,800 mm)	-	100
	n. 1 1/2" (38,100 mm)	-	da 70 a 100



# REGIONE TOSCANA

Direzione mobilità, infrastrutture e trasporto pubblico locale  
Settore viabilità regionale ambiti Firenze-Prato e Pistoia

NUOVO PONTE SUL FIUME ARNO E RELATIVI COLLEGAMENTI VIARI TRA LO SVINCOLO DELLA SGC FI-PI-LI DI LASTRA A SIGNA E DI SIGNA  
CIG: 95482064DA - CUP: D91B21005300001

n. 1" (25,400 mm)	100	da 55 a 85
n. 3/4" (19,100 mm)	da 70 a 100	da 50 a 80
n. 3/8" (9,520 mm)	da 50 a 80	da 40 a 70
n. 4 (4,760 mm)	da 35 a 65	da 30 a 60
n. 10 (2,000 mm)	da 25 a 50	da 20 a 50
n. 40 (0,420 mm)	da 15 a 30	da 10 a 30
n. 200 (0,074 mm)	da 5 a 15	da 5 a 15

MISCELA TIPO C	DENOMINAZIONE DEI SETACCI	PERCENTUALE DEL PASSANTE
	3/4" (19,100 mm) n. 4 (4,750 mm) n. 10 (2,000 mm) n. 40 (0,420 mm) n. 200 (0,074 mm)	100 da 70 a 100 da 35 a 80 da 25 a 50 da 8 a 25

La percentuale del passante al setaccio n. 200 (0,074 mm) dovrà essere per tutti i suindicati tre tipi di miscela non superiore alla metà della percentuale dei passanti al setaccio n. 40 (0,42 mm).

Il limite di fluidità per tutti e tre i suindicati tipi di miscela non dovrà essere superiore a 25. L'indice di plasticità non dovrà essere superiore a 6 per le miscele del tipo A e B, e non superiore a 3 per le miscele di tipo C.

Per le pavimentazioni i materiali dovranno avere i requisiti sottoindicati per ciascuno dei tipi A, B e C.

MISCELA TIPO A	DENOMINAZIONE DEI SETACCI	PERCENTUALE DEL PASSANTE
	1" (25,400 mm) n. 10 (2,000 mm)  Il materiale passante al setaccio n. 10 dovrà avere i seguenti requisiti:  n. 10 (2,000 mm) n. 20 (0,840 mm) n. 40 (0,420 mm) n. 200 (0,074 mm)	100 da 65 a 100   100 da 55 a 90 da 30 a 70 da 8 a 25

MISCELA TIPO B	DENOMINAZIONE DEI SETACCI	PERCENTUALE DEL PASSANTE
	1" (25,400 mm) 3/4" (19,100 mm) 3/8" (9,520 mm) n. 4 (4,750 mm) n. 10 (2,000 mm) n. 40 (0,420 mm) n. 200 (0,074 mm)	100 da 85 a 100 da 65 a 100 da 55 a 75 da 40 a 70 da 25 a 45 da 10 a 25

MISCELA TIPO C	DENOMINAZIONE DEI SETACCI	PERCENTUALE DEL PASSANTE
	3/4" (19,100 mm)	100

A.T.I.



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:



Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing. S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W. Salvatore  
Prof. Ing. N. Squeglia

66



n. 4 ( 4,750 mm)	da 70 a 100
n. 10 ( 2,000 mm)	da 35 a 80
n. 40 ( 0,420 mm)	da 25 a 50
n. 200 ( 0,074 mm)	da 8 a 25

La percentuale del passante al setaccio n. 200 (0,074 mm) dovrà essere, in tutti e tre i suindicati tipi di miscela, non superiore a 2/3 dei passanti al setaccio n. 40.

Il limite di fluidità per tutti e 3 i suindicati tipi di miscela non dovrà essere superiore a 35.

L'indice di plasticità per tutti 3 i suindicati tipi di miscela non dovrà essere minore di 4 e maggiore di 9.

### Art. 2.9

#### STUDI PRELIMINARI - PROVE DI LABORATORIO IN SITO

L'Appaltatore indicherà alla Direzione dei Lavori i materiali terrosi che essa ritiene più idonei al particolare impiego, sia per componenti che per granulometria, scegliendoli tra quelli del tipo sabbioso-ghiaioso con moderato tenore di limo ed argilla.

La Direzione dei Lavori, in seguito all'esito delle prove di laboratorio su detti materiali o su altri di propria scelta, designerà la provenienza e la composizione del terreno da approvvigionare.

Per l'accettazione del terreno saranno richiesti i risultati delle prove di bagno-asciuga e, ove le condizioni climatiche lo richiedano, di congelamento ripetute.

Le prove preliminari che si richiedono sono le seguenti:

- 1) prove per la determinazione delle caratteristiche fisiche dell'aggregato (analisi granulometriche);
- 2) prove per la determinazione della densità massima e dell'umidità ottima del terreno;
- 3) prove per la determinazione dell'umidità e della densità massima della miscela terra-legante;
- 4) prove per la determinazione delle caratteristiche di accettazione del cemento secondo le norme vigenti;
- 5) prove ripetute di bagno-asciuga e del congelamento per la determinazione del comportamento della miscela all'azione degli agenti atmosferici.

L'Appaltatore durante l'esecuzione dei lavori provvederà ad eseguire a proprie cure e spese, presso il laboratorio di cantiere e presso laboratori ufficiali, periodiche prove di controllo e tutte quelle che la Direzione dei Lavori riterrà opportune.

Le caratteristiche granulometriche cui dovrà rispondere la miscela di stabilizzazione saranno determinate periodicamente, mediante prove di laboratorio del terreno da impiegare, ed approvate dalla Direzione dei Lavori.

Tutti i prodotti e/o materiali impiegati, qualora possano essere dotati di marcatura CE secondo la normativa tecnica vigente, dovranno essere muniti di tale marchio.

### Art. 2.10

#### ATTREZZATURA DI CANTIERE

L'Appaltatore dovrà mettere a disposizione della Direzione dei Lavori un laboratorio da campo opportunamente attrezzato per eseguire almeno le seguenti prove:

- 1) determinazione delle caratteristiche di costipamento;
- 2) determinazione del limite liquido;
- 3) determinazione del limite plastico;
- 4) determinazione del limite di ritiro;
- 5) determinazione delle caratteristiche granulometriche;
- 6) determinazione dell'umidità e densità in posto;

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:

OP INGENGERIA SRL  
Società di Ingegneria Civile  
info@opingenzeria.com - www.opingenzeria.com  
Viale San Concordio, 1160 - 55100 LUCCA  
Tel.: 0583 381194 - P.IVA: 0248882468

Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
Salvatore  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

67



- 7) determinazione del C.B.R. in posto;
- 8) determinazione dell'indice di polverizzazione del materiale.

L'Appaltatore è tenuto a mettere la Direzione dei Lavori in condizione di poter eseguire le altre prove su terre presso il proprio laboratorio centrale o presso il laboratorio a cui l'Appaltatore affida l'esecuzione delle analisi.

I macchinari che l'Appaltatore dovrà possedere come propria attrezzatura di cantiere dovranno rispondere agli usi a cui sono destinati e consisteranno:

- a) in motolivellatori che dovranno essere semoventi, forniti di pneumatici ed avere una larghezza base ruote non minore di 4 m;
- b) in attrezzatura spruzzante costituita da camions distributori a pressione o con altra attrezzatura adatta alla distribuzione dell'acqua a mezzo di barre spruzzatrici in modo uniforme e in quantità variabile e controllabile;
- c) in mezzi costipatori costituiti da:
  - 1) rulli a piede di montone e semplice o a doppio tamburo del tipo adatto per costipare il materiale che viene impiegato. Dovranno poter essere zavorrati fino a raggiungere la pressione unitaria richiesta dalla Direzione dei Lavori;
  - 2) carrelli pigiatori gommati muniti di gomme lisce trainati da un trattore a ruote gommate di adeguata potenza trainante oppure carrelli pigiatori gommati semoventi aventi possibilità di procedere nei due sensi con inversione di marcia;
  - 3) rulli vibranti capaci di sviluppare un carico statico variabile, da un minimo di 300 kg fino a 1300 kg circa, ed una energia dinamica sinusoidale con vettore forza del peso prestabilito di volta in volta dalla Direzione dei Lavori;
  - 4) rulli compressori lisci a tre ruote, del peso che verrà stabilito di volta in volta dalla Direzione dei Lavori;
  - 5) distributori meccanici regolabili e capaci di distribuire uniformemente i materiali in quantitativi controllati per m<sup>2</sup> di superficie;
  - 6) attrezzatura idonea per la miscelazione, come: scarificatori, aratri a dischi, erpici o macchinari semoventi a singola o a doppia passata, motogradars.

Tutta l'attrezzatura di cantiere deve essere approvata dalla Direzione dei Lavori prima di essere impiegata.

Tutti i prodotti e/o materiali impiegati, qualora possano essere dotati di marcatura CE secondo la normativa tecnica vigente, dovranno essere muniti di tale marchio.

#### Art. 2.11

### RETE A MAGLIE SALDATE IN ACCIAIO PER ARMATURE DI FONDAZIONI O PAVIMENTAZIONI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO

A 5 cm dal piano finito della pavimentazione o fondazione del conglomerato cementizio, sarà fornita e posta in opera una rete metallica avente le caratteristiche appresso indicate.

Lo spessore dei singoli fili nonché le dimensioni delle maglie verranno fissate dalla Direzione dei Lavori. Per la dimensione delle maglie, le quali potranno essere quadrate o rettangolari, si fissano i limiti da 75 mm a 300 mm.

La rete sarà costituita da barre di acciaio ad alta resistenza conformi ai punti 11.3.1 e 11.3.2 del D.M. 17 gennaio 2018.

Per quanto non espressamente contemplato nel presente articolo, le modalità esecutive dovranno essere conformi alle indicazioni della normativa consolidata.

La rete verrà contabilizzata e liquidata in base al peso effettivo del materiale impiegato. Nel prezzo relativo di elenco sono compresi tutti gli oneri di fornitura del materiale, l'esecuzione della rete, la sua posa in opera, ganci, trasporti, sfridi e tutto quanto altro occorra.

#### Art. 2.12

### PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE DELLE MASSICCIATE CILINDRATE

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:

DP INGENNERIA S.R.L.  
Società di Ingegneria Civile  
info@dpingegneria.com - www.dpingegneria.com  
Viale San Concordio, 1160 - 55100 LUCCA  
Tel.: 0583 381194 - P.IVA: 0248882408

Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing. S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
Salvatore  
  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

68





L'applicazione sulla superficie delle massicciate cilindrate di qualsiasi rivestimento, a base di leganti bituminosi, catramosi od asfaltici, richiede che tale superficie risulti rigorosamente pulita, e cioè scevra in modo assoluto di polvere e fango, in modo da mostrare a nudo il mosaico dei pezzi di pietrisco.

Ove quindi la ripulitura della superficie della massicciata non sia già stata conseguita attraverso un accurato preventivo lavaggio del materiale costituente lo strato superiore, da eseguirsi immediatamente prima dello spandimento e della compressione meccanica, la pulitura si potrà iniziare con scopatrici meccaniche, cui farà seguito la scopatura a mano con lunghe scope flessibili. L'eliminazione dell'ultima polvere si dovrà fare di norma con acqua sotto pressione, salvo che la Direzione dei Lavori consenta l'uso di soffiatrici che eliminino la polvere dagli interstizi della massicciata.

Sarà di norma prescritto il lavaggio quando, in relazione al tipo speciale di trattamento stabilito per la massicciata, il costipamento di quest'ultima superficie sia tale da escludere che essa possa essere sconvolta dall'azione del getto d'acqua sotto pressione, e si impieghino, per il trattamento superficiale, emulsioni.

Per leganti a caldo, peraltro, il lavaggio sarà consentito solo nei periodi estivi; e sarà comunque escluso quando le condizioni climatiche siano tali da non assicurare il pronto asciugamento della massicciata che possa essere richiesto dal tipo di trattamento o rivestimento da eseguire sulla massicciata medesima, in modo da tener conto della necessità di avere, per quei trattamenti a caldo con bitume o catrame che lo esigono, una massicciata perfettamente asciutta.

#### Art. 2.13

#### EVENTUALI DELIMITAZIONI E PROTEZIONE DEI MARGINI DEI TRATTAMENTI BITUMINOSI

Nella prima esecuzione dei trattamenti protetti a base di leganti, quando la Direzione dei Lavori lo richieda e ciò sia contemplato nel prezzo di elenco, l'Appaltatore dovrà provvedere alla loro delimitazione lungo i margini con un bordo di pietrischetto bituminato della sezione di 5 X 8 cm.

A tale scopo, prima di effettuare la pulitura della superficie della massicciata cilindrata che precede la prima applicazione di leganti, verrà, col piccone, praticato un solco longitudinale, lungo il margine della massicciata stessa, della profondità di circa 5 cm e della larghezza di circa 8 cm.

Ultimata la ripulitura ed asportati i materiali che avessero eventualmente ostruito il solco, si delimiterà con quest'ultimo, in aderenza al margine della massicciata, il vano che dovrà riempirsi con pietrischetto bituminato, mediante regoli aventi la faccia minore verticale e sufficientemente sporgenti dal suolo, i quali saranno esattamente collocati in modo da profilare nettamente il bordo interno verso l'asse stradale.

Riempito quindi il vano con pietrischetto bituminato, si procederà ad un'accurata battitura di quest'ultimo mediante sottili pestelli metallici di adatta forma, configurando nettamente la superficie superiore del cordolo all'altezza di quella della contigua massicciata.

Si procederà dopo al previsto trattamento di prima applicazione, coprendo anche la superficie del cordolo, dopo di che, con le riportate norme relative ai vari trattamenti, si provvederà allo spargimento di graniglia ed alla successiva bitumatura.

La rimozione dei regoli di contenimento del bordo non verrà fatta se prima quest'ultimo non abbia raggiunto una sufficiente consistenza tale da evitarne la deformazione.

Prima dell'esecuzione, a ricalzo del bordo verso l'esterno, verrà adoperato il materiale detritico proveniente dall'apertura del solco.

Il pietrischetto da impiegarsi per il bordo sarà preparato preferibilmente a caldo: è ammesso, peraltro, anche l'impiego di materiale preparato con emulsioni bituminose, purché la preparazione sia fatta con qualche giorno di precedenza e con le debite cure, in modo che i singoli elementi del pietrischetto risultino bene avviluppati da bitume già indurito e che la massa sia del tutto esente da materie estranee e da impurità.

#### Art. 2.14

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:

DP INGENNERIA S.R.L.  
Società di Ingegneria Civile  
info@dpingegneria.com - www.dpingegneria.com  
Viale San Concordio, 1160 - 55100 LUCCA  
Tel. 0583 381194 - P.IVA. 02488624548

Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
Salvatore  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

69

**TRATTAMENTI SUPERFICIALI DI ATTACCO ED ANCORAGGIO**

Per mano d'attacco si intende quell'applicazione di legante o emulsione bituminosa su uno strato di conglomerato eseguita prima della stesa dello strato sovrastante. Essa ha il triplice scopo di garantire la perfetta continuità tra gli strati della pavimentazione, la loro mutua adesione e l'impermeabilità della strato sottostante, aspetti che rivestono fondamentale importanza per lo sviluppo di adeguate prestazioni in esercizio.

Relativamente alla continuità tra gli strati, per rispondere adeguatamente ai carichi verticali indotti dal traffico veicolare, una pavimentazione stradale deve essere realizzata in modo da reagire alle sollecitazioni in maniera solidale, evitando che gli strati lavorino disgiunti gli uni dagli altri. E' fondamentale accertarsi che gli strati siano intimamente collegati tra loro, in modo tale da reagire come un unico corpo nei confronti delle sollecitazioni esterne.

Si parla invece di mano di ancoraggio quando lo strato di supporto su cui viene stesa l'emulsione prima della realizzazione di uno strato in conglomerato bituminoso è in misto granulare. La funzione principale di questa applicazione è quella di irrigidire la parte superiore dello strato non legato riempiendone i vuoti e garantendo al contempo una migliore adesione per l'ancoraggio del successivo strato in conglomerato bituminoso. Proprio perché ha una funzione di "impregnazione" dello strato sottostante, essa va realizzata con un'emulsione bituminosa a rottura lenta e bassa viscosità, in modo tale che abbia tempo sufficiente per penetrare tra i granuli prima della fase di presa.

In generale, l'applicazione del legante bituminoso sulla superficie di stesa può avvenire sia tramite emulsione bituminosa che con bitume spruzzato a caldo.

**Art. 2.15****TRATTAMENTI SUPERFICIALI ANCORATI ESEGUITI CON EMULSIONI BITUMINOSE**

La preparazione della superficie stradale dovrà essere effettuata come prescritto dall'articolo "*Preparazione della Superficie delle Massicciate Cilindrate*".

La prima applicazione di emulsione bituminosa sarà fatta generalmente a spruzzo di pompe a piccole dimensioni da applicarsi direttamente ai recipienti, eccezionalmente a mano con spazzoloni di piassava, regolando comunque l'uniformità della stesa del legante; rinunciandosi, ormai, quasi sempre, per avere una sufficiente durata del manto, al puro trattamento superficiale semplice, ed effettuandosi, quindi, una vera e propria, sia pur limitata, semipenetrazione parziale (onde il nome di trattamento superficiale ancorato), non si dovrà mai scendere, nella prima mano, sotto 3 Kg/m<sup>2</sup> e dovranno adoperarsi emulsioni al 55% sufficientemente viscosi. Si dovrà poi sempre curare che all'atto dello spandimento sia allentata la rottura dell'emulsione perché esso spandimento risulti favorito: e quindi, ove nella stagione calda la massicciata si presentasse troppo asciutta, essa dovrà essere leggermente inumidita.

Di norma, in luogo di procedere alla stesa dell'emulsione in un sol tempo, tanto per evitare dispersione di legante nella massicciata quanto per assicurarsi che la massicciata sia stata ben cilindrata a fondo, senza che si faccia assegnamento sull'azione del legante per ovviare a difetti di frettolosa cilindatura, e soprattutto onde ottenere che già si costituisca una parte di manto di usura, si suddividerà in due successivi spandimenti la prima mano: spandendo in un primo tempo 2 kg di emulsione per metro quadrato di superficie di carreggiata e praticando subito dopo un secondo spandimento di 1kg di emulsione facendo seguire sempre ai trattamenti una leggera cilindatura. La quantità complessiva di graniglia di saturazione delle dimensioni da 10 a 15 mm per la prima stesa e di 5 mm circa per la seconda mano, salirà ad almeno 20 litri per metro quadrato per i due tempi e di ciò si terrà conto nel prezzo. Aperta la strada al traffico, dopo i due tempi, l'Appaltatore dovrà provvedere perché per almeno otto giorni dal trattamento il materiale di copertura venga mantenuto su tutta la superficie, provvedendo se del caso ad aggiunta di pietrischetto.

Dopo otto giorni si provvederà al recupero di tutto il materiale non incorporato.

L'applicazione della seconda mano (spalmatura che costituirà il manto di usura) sarà effettuata a non meno di un mese dallo spargimento dell'emulsione del secondo tempo della prima mano, dopo aver provveduto all'occorrenza ad un'accurata



rappezzatura della già fatta applicazione ed al nettamento della superficie precedentemente bitumata. Tale rappezzatura sarà preferibilmente eseguita con pietrischetto bituminato.

Il quantitativo di emulsione bituminosa da applicare sarà non minore di 1,2 kg/m<sup>2</sup> salvo maggiori quantitativi che fossero previsti nell'elenco dei prezzi.

Allo spandimento dell'emulsione seguirà - immediatamente dopo o con un certo intervallo di tempo, a seconda della natura dell'emulsione stessa - lo spargimento della graniglia (normale o pietrischetto) di saturazione della dimensione di circa 8 mm della quantità complessiva di circa un metro cubo per ogni 100 m<sup>2</sup> di carreggiata e lo spandimento sarà seguito da una leggera rullatura da eseguirsi preferibilmente con rullo compressore a tandem.

Detto pietrischetto o graniglia provverrà prevalentemente da idonee rocce di natura ignea comunque aventi resistenza alla compressione non inferiore a 1500 Kg/cm<sup>2</sup>, coefficiente di frantumazione non superiore a 125 e coefficiente di qualità non inferiore a 14.

I quantitativi di emulsione bituminosa e di graniglia potranno variare all'atto esecutivo con susseguente variazione dei prezzi. E' tassativamente vietato il reimpiego del materiale proveniente dalla prima mano rimasto libero che viene raccolto mediante scopatura del piano viabile prima dell'applicazione della seconda mano.

Nella pezzatura della graniglia si dovrà essere assolutamente esigenti evitando il moniglio così da avere una superficie sufficientemente scabra a lavoro finito. Lo spandimento del materiale di ricoprimento dovrà preferibilmente essere fatto con macchine che assicurino una distribuzione perfettamente uniforme.

Il quantitativo di materiale bituminoso sparso verrà controllato per confronto della capacità dei serbatoi delle macchine distributrici e l'area coperta con l'erogazione del contenuto di un serbatoio. Si compileranno comunque, secondo le disposizioni che impartirà la Direzione dei Lavori, verbali e rapportini circa i fusti giunti in cantiere, il loro peso medio accertato, il loro essere più o meno pieni, e il peso dei fusti vuoti dopo l'uso.

Per il controllo della qualità del materiale impiegato si preleveranno campioni che saranno avviati ai laboratori per le occorrenti analisi e prove.

Indipendentemente da quanto potrà risultare dalle prove di laboratorio e dal preventivo benessere della Direzione dei Lavori sulle forniture delle emulsioni, l'Appaltatore resta sempre contrattualmente obbligato a rifare tutte quelle applicazioni che dopo la loro esecuzione non abbiano dato sufficienti risultati e che sotto l'azione delle piogge abbiano dato segno di rammollimenti, stemperamento e si siano dimostrate soggette a facili asportazioni mettendo a nudo le sottostanti massicciate.

## Art. 2.16

### STRATI DI COLLEGAMENTO (BINDER) E DI USURA

#### Descrizione

La parte superiore della sovrastruttura stradale sarà, in generale, costituita da un doppio strato di conglomerato bituminoso steso a caldo, e precisamente: da uno strato inferiore di collegamento (binder) e da uno strato superiore di usura, secondo quanto stabilito dalla Direzione dei Lavori.

Il conglomerato per ambedue gli strati sarà costituito da una miscela di pietrischetti, graniglie, sabbie ed additivi, secondo CNR, fascicolo IV/1953, mescolati con bitume a caldo, e verrà steso in opera mediante macchina vibrofinitrice e compattato con rulli gommati e metallici lisci.

I conglomerati durante la loro stesa non devono presentare nella loro miscela alcun tipo di elementi litoidi, anche isolati, di caratteristiche fragili o non conformi alle presenti prescrizioni del presente capitolato, in caso contrario a sua discrezione la Direzione dei Lavori accetterà il materiale o provvederà ad ordinare all'Appaltatore il rifacimento degli strati non ritenuti idonei.

#### Materiali inerti

Per il prelevamento dei campioni destinati alle prove di controllo dei requisiti di accettazione così come per le modalità di esecuzione delle prove stesse, valgono le prescrizioni contenute nel fascicolo IV delle Norme C.N.R. 1953, con l'avvertenza che la prova per la determinazione della perdita in peso sarà fatta con il metodo Los Angeles secondo le norme del B.U. C.N.R. n° 34 (28.03.1973) anziché con il metodo Deval.

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:

OP INGENNERIA S.R.L.  
Società di Ingegneria Civile  
info@opingenneria.com - www.opingenneria.com  
Viale San Concordio, 1160 - 55100 LUCCA  
Tel.: 0583 381194 - P.IVA: 0248862458

Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing. S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
Salvatore  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

71



L'aggregato grosso (pietrischetti e graniglie) dovrà essere ottenuto per frantumazione ed essere ottenuto da elementi sani, duri, durevoli, approssimativamente poliedrici, con spigoli vivi a superficie ruvida, puliti ed esenti da polvere o da materiali estranei.

L'aggregato grosso sarà costituito da pietrischetti e graniglie che potranno anche essere di provenienza o natura petrografica diversa, purché alle prove appresso elencate, eseguite su campioni rispondenti alla miscela che si intende formare, risponda ai seguenti requisiti.

**Per strati di collegamento**

- perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature secondo le Norme ASTM C 131 - AASHTO T 96, inferiore al 25%;

- indice dei vuoti delle singole pezzature, secondo CNR, fascicolo IV/1953, inferiore a 0.80;

- coefficiente di imbibizione, secondo CNR, fascicolo IV/1953, inferiore a 0.015;

- materiale non idrofilo, secondo CNR, fascicolo IV/1953.

Nel caso che si preveda di assoggettare al traffico lo strato di collegamento in periodi umidi o invernali, la perdita in peso per scuotimento sarà limitata allo 0.5%.

**Per strati di usura**

- perdita in peso alla prova Los Angeles eseguito sulle singole pezzature secondo le norme ASTM C 131 - AASHTO T 96, inferiore od uguale al 20%;

- almeno un 30% in peso del materiale dell'intera miscela deve provenire da frantumazione di rocce che presentino un coefficiente di frantumazione minore di 100 e resistenza compressione, secondo tutte le giaciture, non inferiore a 140 N/mm<sup>2</sup>, nonché resistenza all'usura minima di 0.6;

- indice dei vuoti delle singole pezzature, secondo CNR, fascicolo IV/1953, inferiore a 0.85;

- coefficiente di imbibizione, secondo CNR, fascicolo IV/1953 inferiore a 0.015;

- materiale non idrofilo, secondo CNR, fascicolo IV/1953, con limitazione per la perdita in peso allo 0.5%.

In ogni caso i pietrischi e le graniglie dovranno essere costituiti da elementi sani, duri, durevoli, approssimativamente poliedrici, con spigoli vivi, a superficie ruvida, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei.

L'aggregato fino sarà costituito in ogni caso da sabbia naturale o di frantumazione che dovranno in particolare soddisfare ai seguenti requisiti:

- equivalente in sabbia determinato con la prova AASHTO T 176 non inferiore al 55%;

- materiale non idrofilo, secondo CNR, fascicolo IV/1953 con le limitazioni indicate per l'aggregato grosso. Nel caso non fosse possibile reperire il materiale della pezzatura 2- 5 mm necessario per la prova, la stessa dovrà essere eseguita secondo le modalità della prova Riedel-Weber con concentrazione non inferiore a 6.

Gli additivi minerali (fillers) saranno costituiti da polvere di rocce preferibilmente calcaree o da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto e dovranno risultare alla setacciatura per via secca interamente passanti al setaccio n. 30 ASTM e per almeno il 65% al setaccio n° 200 ASTM.

Per lo strato di usura, richiesta della Direzione dei Lavori il filler potrà essere costituito da polvere di roccia asphaltica contenente il 6-8% di bitume ed alta percentuale di asfalteni con penetrazione Dow a 25° C inferiore a 150 dmm.

Per fillers diversi da quelli sopra indicati è richiesta la preventiva approvazione della Direzione dei Lavori in base a prove e ricerche di laboratorio.

**Legante**

Il bitume per gli strati di collegamento e di usura dovrà essere preferibilmente di penetrazione 60-70 salvo diverso avviso della Direzione dei Lavori in relazione alle condizioni locali e stagionali e dovrà rispondere agli stessi requisiti indicati per il conglomerato bituminoso di base.

**Miscela****1) Strato di collegamento (BINDER).**

La miscela degli aggregati da adottarsi per lo strato di collegamento dovrà avere una composizione granulometrica contenuta nel seguente fuso:



Serie crivelli e setacci UNI	Miscela passante: % totale in peso
Crivello 25	100
Crivello 15	65 - 100
Crivello 10	50 - 80
Crivello 5	30 - 60
Crivello 2	20 - 45
Crivello 0.4	7 - 25
Crivello 0.18	5 - 15
Crivello 0.075	4 - 8

Il tenore di bitume dovrà essere compreso tra il 4.5% e il 5.5% riferito al peso totale degli aggregati.

Esso dovrà comunque essere il minimo che consenta il raggiungimento dei valori di stabilità Marshall e compattezza di seguito riportati (UNI EN 12697-34).

Il conglomerato bituminoso dovrà avere i seguenti requisiti:

- il valore della stabilità Marshall eseguita a 60°C su provini costipati con 75 colpi di maglio per faccia, dovrà non risultare inferiore a 900 kg. (950 kg. per conglomerati Confezionati con bitume mod.); inoltre il valore della rigidità Marshall cioè il rapporto tra la stabilità misurata in kg. e lo scorrimento misurato in mm., dovrà essere superiore a 300;
- gli stessi provini per i quali viene determinata la stabilità Marshall dovranno presentare una percentuale di vuoti residui compresi fra il 3% ed il 7%.

La prova Marshall eseguita su provini che abbiano subito un periodo di immersione in acqua distillata per 15 giorni, dovrà dare un valore di stabilità non inferiore al 75% di quello precedentemente indicato.

Riguardo alle misure di stabilità e rigidità, sia per i conglomerati bituminosi di usura che per quelli tipo Binder, valgono le stesse prescrizioni indicate per il conglomerato di base.

#### 2) Strato di usura.

La miscela degli aggregati da adottarsi per lo strato di usura dovrà avere una composizione granulometrica contenuta nel seguente fuso:

Serie crivelli e setacci UNI	Miscela passante: % totale in peso
Crivello 15	100
Crivello 10	70 - 100
Crivello 5	43 - 67
Crivello 2	25 - 45
Crivello 0.4	12 - 24
Crivello 0018	7 - 15
Crivello 0.075	6 - 11

Il tenore di bitume dovrà essere compreso tra il 5.0% e il 6.5% riferito al peso totale degli aggregati.

Il coefficiente di riempimento con bitume dei vuoti intergranulari della miscela addensata non dovrà superare l'80%; il contenuto di bitume della miscela dovrà comunque essere il minimo che consente il raggiungimento dei valori di stabilità Marshall e compattezza di seguito riportata (UNI EN 12697-34).

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:

DP INGENNERIA S.R.L.  
Società di Ingegneria Civile  
info@dpingegneria.com - www.dpingegneria.com  
Via San Concordio, 1160 - 55100 LUCCA  
Tel.: 0583 381194 - P.IVA: 0248862408

Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing. S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
Salvatore  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

73





Il conglomerato dovrà avere i seguenti requisiti:

- a) resistenza meccanica elevatissima, cioè capacità di sopportare senza deformazioni permanenti le sollecitazioni trasmesse dalle ruote dei veicoli sia in fase dinamica che statica, anche sotto le più alte temperature estive, e sufficiente flessibilità per poter seguire sotto gli stessi carichi qualunque assestamento eventuale del sottofondo anche a lunga scadenza; il valore della stabilità Marshall - Prova B.U. CNR n. 30 (15 marzo 1973) eseguita a 60°C su provini costipati con 75 colpi di maglio per faccia, dovrà non risultare inferiore a 1000 kg. (1050 kg. per conglomerato confezionato con bitume mod.); inoltre il valore della rigidità Marshall, cioè il rapporto tra la stabilità misurata in kg. e lo scorrimento misurato in mm., dovrà essere superiore a 300.

La percentuale dei vuoti dei provini Marshall, sempre nelle condizioni di impiego prescelte, deve essere compresa tra il 3% e il 6%.

La prova Marshall eseguita su provini che abbiano subito un periodo di immersione in acqua distillata per 15 giorni, dovrà dare un valore di stabilità non inferiore al 75% di quello precedentemente indicato;

- b) elevatissima resistenza all'usura superficiale;

- c) sufficiente ruvidezza della superficie tale da non renderla scivolosa;

- d) grande compattezza:

il volume dei vuoti residui a rullatura terminata dovrà essere compreso tra il 4% e 8%.

### Formazione e confezione degli impasti

Il conglomerato sarà confezionato mediante impianti fissi autorizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non dovrà essere spinta oltre la sua potenzialità per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati; resta pertanto escluso l'uso dell'impianto a scarico diretto.

L'impianto dovrà comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele del tutto rispondenti a quelle di progetto.

Il dosaggio dei componenti della miscela dovrà essere eseguito a peso mediante idonea apparecchiatura la cui efficienza dovrà essere costantemente controllata.

Ogni impianto dovrà assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione nonché il perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

La zona destinata all'ammannimento degli inerti sarà preventivamente, e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possano compromettere la pulizia degli aggregati.

Inoltre i cumuli delle diverse classi dovranno essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Si farà uso di almeno 4 classi di aggregati con predosatori in numero corrispondente alle classi impiegate.

Il tempo di miscelazione effettiva, che, con i limiti di temperatura indicati per il legante e gli aggregati, non dovrà essere inferiore a 25 secondi.

La temperatura degli aggregati all'atto della mescolazione dovrà essere compresa tra 150°C e 170°C, e quella del legante tra 150°C e 180°C, salvo diverse disposizioni della Direzione dei Lavori in rapporto al tipo di bitume impiegato e alle indicazioni tecniche del fornitore.

Per la verifica delle suddette temperature, gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti dovranno essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non dovrà di norma superare lo 0,5%.

### Attivanti l'adesione

Nella confezione dei conglomerati bituminosi dei vari strati potranno essere impiegate speciali sostanze chimiche attivanti l'adesione bitume-aggregato ("dopes" di adesività).



Esse saranno impiegate negli strati di base e di collegamento, mentre per quello di usura lo saranno ad esclusivo giudizio della Direzione dei Lavori quando la zona di impiego del conglomerato, in relazione alla sua posizione geografica rispetto agli impianti di produzione, è tanto distante da non assicurare, in relazione al tempo di trasporto del materiale, la temperatura di 130°C richiesta all'atto della stesa.

Si avrà cura di scegliere tra i prodotti in commercio quello che sulla base di prove comparative effettuate avrà dato i migliori risultati, e che conservi le proprie caratteristiche chimiche anche se sottoposto a temperature elevate e prolungate.

Il dosaggio sarà variabile in funzione del tipo di prodotto tra lo 0.3% e lo 0.6% rispetto al peso del bitume.

Tutte le scelte e le procedure di utilizzo dovranno essere approvate preventivamente dalla Direzione dei Lavori.

Tutti i prodotti e/o materiali impiegati, qualora possano essere dotati di marcatura CE secondo la normativa tecnica vigente, dovranno essere muniti di tale marchio.

**Art. 2.17****COMPATTAZIONE DEI CONGLOMERATI BITUMINOSI**

La compattazione è il trattamento necessario per ridurre il contenuto di vuoti nella miscela di conglomerato bituminoso e conferire migliori capacità portanti al manto stradale. L'adesione tra strisciate contigue e tra strati adiacenti deve creare una struttura compatta senza soluzione di continuità, una migliore distribuzione dei carichi e un incremento della vita utile della strada.

Il grado di compattazione a cui rendere soggetto un conglomerato bituminoso dipende dalla sua compattabilità ai sensi della norma UNI EN 12697-10, o proprietà quali:

- tipo di miscela;
- temperatura della miscela;
- curva granulometrica;
- tipo e quantità di legante;
- condizioni meteo-climatiche durante la posa (es. temperatura, vento);
- spessore dello strato.

La compattazione potrà essere **statica** (se avviene esercitando sullo strato il solo peso proprio del rullo - forza verticale) o **dinamica** (se avviene con masse eccentriche che sfruttano vibrazioni e/o oscillazioni con impulsi verticali e orizzontali. La categoria di rulli dinamici più frequentemente utilizzata è quella che opera tramite vibrazioni).

L'ampiezza è la misura dello spostamento del tamburo del rullo vibrante/oscillante dalla posizione iniziale, durante la compattazione. In caso di rulli a vibrazione, il tamburo si sposta verso l'alto e verso il basso. In caso di rullo ad oscillazione, l'ampiezza indica di quanto si sposta il tamburo avanti e indietro.

In linea generale l'ampiezza necessaria è direttamente proporzionale allo spessore dello strato da compattare, per evitare fenomeni di sovracompattazione che possono ridurre anziché aumentare l'addensamento dello strato.

**Regole di base per la compattazione e stesa dei conglomerati bituminosi**

La preparazione e l'esecuzione della compattazione con il rullo deve essere sempre considerata in rapporto al tipo di miscela, alle condizioni del cantiere ed alle condizioni meteorologiche.

Il numero necessario di passate dipende dai seguenti fattori:

- tipo e peso dei rulli;
- velocità del rullo;
- spessore di stesa;
- temperatura della miscela/condizioni atmosferiche;



- compattabilità della miscela;
- pre-compattazione tramite vibrofinitrice;
- stabilità del sottofondo.

Non è possibile fornire un dato numerico assoluto relativo al numero di passate senza conoscere questi parametri.

La velocità tipica del rullo per tutti i tipi di conglomerato bituminoso è compresa tra i 3 e i 6 km/h. In caso di velocità troppo elevata vi è il rischio di formazione di ondulazioni, specialmente utilizzando la vibrazione (effetto corrugato). Viceversa, in caso di velocità troppo bassa vi è un elevato rischio di formazione di ondulazioni a causa del movimento dello sterzo e di deformazione durante la compattazione per vibrazione.

La temperatura ideale per la compattazione del conglomerato è compresa tra 100 e 140 °C.

In questo range la maggior parte delle miscele bituminose può essere compattata tramite vibrazione e oscillazione. A temperature più elevate, essendo il materiale più molle e lavorabile si potrà utilizzare la compattazione dinamica con cautela, per evitare spostamento o segregazione del materiale. Pertanto, in certe circostanze (es. con conglomerato bituminoso avente bassa stabilità) e in presenza di temperature superiori a 140°C potrà essere imposta l'esecuzione della compattazione in modo statico. Viceversa, a temperature inferiori a 100°C (quando il materiale risulta molto viscoso e meno lavorabile), la compattazione potrà essere imposta solo per oscillazione o in modo statico, per evitare la frantumazione degli aggregati.

È comunque sempre raccomandabile che la compattazione sia completata a temperature comprese tra 80 e 100 °C.

In proposito, l'appaltatore dovrà osservare scrupolosamente le eventuali indicazioni di progetto e/o della Direzione lavori.

## Modalità di compattazione in funzione dello strato di conglomerato

	Base	Binder	Usura	Drenante	Microtappeto
Rullo	Rulli pesanti	Rulli medi	Rulli medi	Rulli leggeri e medi	Rulli medi
Ampiezza	Iniziare con ampiezza elevata	Ampiezza elevata	Bassa ampiezza	Bassa ampiezza	Nessuna
Passate	n. da medio a elevato di passate	n. medio di passate	n. medio di passate	n. medio-basso di passate	n. basso di passate
Compattazione	Vibrazione e oscillazione	Vibrazione e oscillazione	Vibrazione e oscillazione	Statica o vibrazione	Solo per oscillazione o statica

Note particolari	In caso di conglomerato a bassa stabilità, compattare staticamente le prime due passate.	Materiale sensibile allo spostamento. Evitare basse velocità. Evitare temperature eccessive. In caso di conglomerato a bassa stabilità, compattare staticamente nelle prime due passate.	Evitare basse velocità. Evitare temperature eccessive. In caso di conglomerato a bassa stabilità, compattare staticamente le prime due passate.	Evitare temperature eccessive, per evitare il trascinarsi del bitume verso l'alto. Solo un basso numero di passate con vibrazione.	Usando la vibrazione, si formerebbero ondulazioni. Oscillazione in una sola direzione (verso la vibrofinitrice).
------------------	--	--	---	--	--

## Art. 2.18

### TAPPETO D'USURA IN CONGLOMERATO BITUMINOSO COLORATO

A.T.I.



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:



Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing. S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W. Salvatore  
Prof. Ing. N. Squeglia

76



## Descrizione

Un conglomerato bituminoso, confezionato con un legante neutro, permette di ottenere una pavimentazione avente un aspetto naturale ed architettonico, un elevato valore ambientale (strade urbane, zone pedonali, marciapiedi, strade private, piste ciclabili, parcheggi, campi sportivi ecc.), migliorando la sicurezza del traffico in zone a rischio (aree di sosta, incroci, corsie di emergenza, ecc.) e la visibilità della superficie stradale (gallerie, ecc.).

## Aggregati

L'aggregato grosso, con dimensioni (frazione > 4mm) 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 petrografia diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella seguente tabella:

Prova	Valore	Norma
Coefficiente Los Angeles	$\leq 24 \%$	CNR 34/73
Quantità di frantumato	100 %	\

Gli inerti dovranno essere di provenienza o natura petrografia tale da garantire le colorazioni richieste in fase di progetto.

La percentuale delle sabbie derivanti da frantumazione, che costituiscono parte dell'aggregato fino (frazione < 4mm), viene di volta in volta stabilita dalla Direzione dei Lavori. Non deve comunque essere inferiore al 70%. La restante parte è costituita da sabbie naturali di fiume.

Prova	Valore	Norma
Equivalente in sabbia	$\geq 65 \%$	CNR 27/72

## Additivo minerale

Qualora l'additivo minerale, proveniente dagli aggregati utilizzati per comporre la miscela di aggregati, dovrà essere integrato con dell'additivo derivante dalla macinazione di rocce e deve essere preferibilmente costituito da cemento o carbonato di calcio. L'additivo di integrazione dovrà soddisfare le seguenti specifiche.

Prova	Valore	Norma
Potere rigidificante - rapporto	$1,2 \div 1,8$	CNR 122/88
Passante in peso per via umida:		
Setaccio UNI 0.4 mm	100 %	CNR 75/80 *
Setaccio UNI 0.18 mm	100 %	CNR 75/80 *
Setaccio UNI 0.075 mm	85 %	CNR 75/80 *

## Legante

Come legante, dovrà essere utilizzato un legante neutro. La quantità di legante sul peso totale degli inerti, dovrà essere compreso tra il  $5\% \div 6\% \pm 0,25$ , in relazione alla curva granulometrica utilizzata.

Il legante è composto da due fasi, una solida ed una liquida. La fase solida va aggiunta per prima e richiede almeno 20 sec. di miscelazione con gli inerti caldi, dopodiché si aggiunge la fase liquida e si lascia miscelare per non meno di 20 sec.

Prova	Valore	Norma
-------	--------	-------

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:



Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing. S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W. Salvatore  
Prof. Ing. N. Squeglia

77



Specifiche tecniche	Standard	Valori
Penetrazione a 25 °C	ASTM D 5	55 - 75
Punto di rammollimento °C	ASTM D 36	55 - 65
Punto Fraa °C	EN 12593	≤ - 12
Viscosità dinamica a 160 °C (Pa	EN 13702-2	0,20 - 0,60

## Miscela

La miscela di aggregati lapidei dovrà presentare salvo differente richiesta della Direzioni dei Lavori, una composizione granulometrica compresa all'interno dei due fusi di riferimento indicati nella seguente tabella:

STRATO DI USURA LEGANTE NEUTRO	
Serie crivelli e setacci UNI	% Passante
Setaccio 15	100
Setaccio 10	70 - 90
Setaccio 5	40 - 60
Setaccio 2	25 - 38
Setaccio 0.4	10 - 20
Setaccio 0.18	8 - 15
Setaccio 0.075	6 - 10

Il conglomerato confezionato dovrà garantire i seguenti requisiti:

Prova	Valore	Norma
Stabilità Marshall	≥ 900 daN	CNR 30/73
Stabilità Marshall Stabilità/Scorrimento	≥ 300 daN/mm	CNR 30/73
Scorrimento Marshall	2mm. ÷ 5 mm.	CNR 30/73
Vuoti residui	3% ÷ 6 %	CNR 39/73
Stabilità Marshall dopo 7 gg. di immersione in acqua	≥ 75%*	CNR 149/92

\* il valore deve essere inteso rispetto la prova Marshall tradizionale

## Confezionamento dei conglomerati bituminosi

Devono essere utilizzati impianti fissi, automatizzati e di tipo discontinuo, approvati dalla Direzione dei Lavori, d'idonee caratteristiche, mantenuti perfettamente funzionanti con una costante e mirata manutenzione.

L'impianto deve essere di potenzialità produttiva proporzionata alle esigenze di produzione, deve inoltre garantire uniformità del prodotto ed essere in grado di produrre miscele rispondenti alle specifiche del progetto. L'Appaltatore dovrà avere un approvvigionamento costante e monitorato di tutti i materiali necessari.

La temperatura di stoccaggio degli aggregati lapidei al momento della miscelazione deve essere garantita (compresa tra i 130°C e i 150°C). Dopo che è avvenuto lo scarico degli aggregati nel mescolatore, dovrà essere aggiunto il legante neutro.





L'immissione del legante neutro deve avvenire mediante dispositivi meccanici servo assistiti collegati all'impianto di produzione, in modo tale da garantire con precisione la quantità prevista, anche in presenza di variazioni della quantità della miscela prodotta. Qualora non fosse possibile disporre l'impianto di un sistema automatizzato, sarà possibile aggiungere il legante manualmente attraverso lo sportello del mescolatore all'impianto, solo dopo approvazione da parte della Direzione dei Lavori.

La produzione del conglomerato bituminoso neutro dovrà avvenire rispettando lo schema seguente:

1. scarico degli inerti nel mescolatore,
2. aggiunta della quantità prestabilita di legante neutro (fase solida),
3. lasciare mescolare per non meno di 20",
4. aggiunta della quantità prestabilita di legante neutro (fase liquida),
5. lasciare mescolare per non meno di 20",
6. scaricare il conglomerato.

Risulta molto importante, prima di iniziare la produzione del conglomerato neutro, pulire al meglio il mescolatore ed il silos di stoccaggio dalle tracce di bitume nero che potrebbero in qualche modo inquinare il colore neutro finale del conglomerato. Tale pulizia può essere eseguita effettuando alcune mescole utilizzando esclusivamente gli inerti caldi senza l'aggiunta di nessun tipo di legante, sino a quando gli inerti che escono dal mescolatore risultano perfettamente puliti.

Tutti i prodotti e/o materiali impiegati, qualora possano essere dotati di marcatura CE secondo la normativa tecnica vigente, dovranno essere muniti di tale marchio.

#### **Art. 2.19**

#### **SCARIFICAZIONE DI PAVIMENTAZIONI ESISTENTI**

Per i tratti di strada già pavimentati sui quali dovrà procedersi a ricarichi o risagomature, l'impresa dovrà dapprima ripulire accuratamente il piano viabile, provvedendo poi alla scarificazione della sovrastruttura esistente adoperando, all'uopo, apposito scarificatore opportunamente trainato e guidato.

La scarificazione sarà spinta fino alla profondità ritenuta necessaria dalla Direzione dei Lavori, provvedendo poi alla successiva vagliatura ed eventuale raccolta in cumuli del materiale riutilizzabile per l'impiego a norma della UNI/TS 11688 e del d.m. 69/2018, su aree di deposito procurate a cura e spese dell'Appaltatore.

#### **Art. 2.20**

#### **FRESATURA DI STRATI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO CON IDONEE ATTREZZATURE**

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

Sarà facoltà della Direzione dei Lavori accettare eccezionalmente l'impiego di attrezzature tradizionali quali ripper, demolitori, escavatori ecc.

Le attrezzature tutte dovranno essere perfettamente efficienti e funzionanti e di caratteristiche meccaniche, dimensioni e funzionamento approvato preventivamente dalla Direzione dei Lavori.

La superficie del cavo dovrà risultare perfettamente regolare in tutti i punti, priva di residui di strati non completamente fresati che possano compromettere l'aderenza delle nuove stese da porre in opera. L'Impresa si dovrà scrupolosamente attenere agli spessori di demolizione stabiliti dalla Direzione dei Lavori.



Qualora questi dovessero risultare inadeguati e comunque diversi in difetto o in eccesso rispetto all'ordinativo di lavoro, l'impresa è tenuta a darne immediatamente comunicazione al Direttore dei Lavori o ad un suo incaricato che potranno autorizzare la modifica delle quote di fresatura.

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

La pulizia del piano di scarifica, nel caso di fresature corticali o subcorticali dovrà essere eseguita con attrezzature munite di spazzole rotanti e/o dispositivo aspirante o simili in grado di dare un piano perfettamente pulito.

Le pareti dei tagli longitudinali dovranno risultare perfettamente verticali e con andamento longitudinale rettilineo e privo di sgretolature.

Sia il piano fresato che le pareti dovranno, prima della posa in opera dei nuovi strati, risultare perfettamente puliti, asciutti e uniformemente rivestiti dalla mano di attacco in legante bituminoso.

La fresatura sarà spinta fino alla profondità ritenuta necessaria dalla Direzione dei Lavori, provvedendo poi alla successiva vagliatura ed eventuale raccolta in cumuli del materiale riutilizzabile per l'impiego a norma della UNI/TS 11688 e del d.m. 69/2018, su aree di deposito procurate a cura e spese dell'Appaltatore.

#### **Art. 2.21**

#### **ACCIOTTOLATI E SELCIATI**

##### **Acciottolati**

I ciottoli saranno disposti su di un letto di sabbia alto da 10 a 15 cm, ovvero su di un letto di malta idraulica di conveniente spessore sovrapposto ad uno strato di rena compressa alto da 8 a 10 mm.

I ciottoli dovranno essere scelti di dimensioni il più possibile uniformi e disposti di punta, a contatto fra di loro, con la faccia più piana rivolta superiormente, accertandosi di metterli a contatto.

A lavoro finito, i ciottoli dovranno presentare una superficie uniforme secondo i profili e le pendenze volute, dopo che siano stati debitamente consolidati battendoli con mazzapicchio.

##### **Selciati**

I selciati dovranno essere formati con pietre squadrate e lavorate al martello nella faccia vista e nella faccia di combaciamento.

Si dovrà dapprima spianare il suolo e costiparlo con la mazzeranga, riducendolo alla configurazione voluta, poi verrà steso uno strato di sabbia dell'altezza di 10 cm e su questo verranno conficcate di punta le pietre, dopo avere stabilito le guide occorrenti.

Fatto il selciato, vi verrà disteso sopra uno strato di sabbia dell'altezza di 3 cm e quindi si procederà alla battitura con mazzeranga, innaffiando di tratto in tratto la superficie, la quale dovrà riuscire perfettamente regolare e secondo i profili descritti.

Nell'eseguire i selciati si dovrà avere l'avvertenza di collocare i prismi di pietra in guisa da far risalire la malta nelle connesure.

Per assicurare poi meglio il riempimento delle connesure stesse, si dovrà versare sul selciato altra malta stemperata con acqua e ridotta allo stato liquido.

Nei selciati a secco abbeverati con malta, dopo avere posato i prismi di pietra sullo strato di sabbia dell'altezza di 10 cm di cui sopra, conficcandoli a forza con apposito martello, si dovrà versare sopra un beverone di malta stemperata con acqua e ridotta allo stato liquido, e procedere infine alla battitura con la mazzeranga, spargendo di tratto in tratto altra malta liquida fino a che la superficie sia ridotta perfettamente regolare e secondo i profili stabiliti.

#### **Art. 2.22**

#### **PARACARRI-INDICATORI CHILOMETRICI TERMINI DI CONFINE IN PIETRA**

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:

DP INGEGNERIA S.R.L.  
Società di Ingegneria Civile  
info@dpingegneria.com - www.dpingegneria.com  
Viale San Concordio, 1160 - 55100 LUCCA  
Tel.: 0583 381194 - P.IVA: 0248882408

Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing. S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
Salvatore  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

80



I paracarri, gli indicatori chilometrici ed i termini di confine in pietra, della forma e dimensioni indicate nei tipi allegati al contratto, per la parte fuori terra, saranno lavorati a grana ordinaria secondo le prescrizioni di cui all'articolo "Pietra da taglio".

Il loro collocamento in opera avrà luogo entro fosse di convenienti dimensioni, sopra un letto di ghiaia o di sabbia di altezza di 10 cm e si assicureranno nella posizione prescritta riempiendo i vani laterali contro le pareti della fossa con grossa ghiaia, ciottoli, o rottami di pietre fortemente battuti.

**Art. 2.23****SEMINAGIONI E PIANTAGIONI**

Per le seminagioni sulle falde dei rilevati si impiegheranno, secondo la diversa natura del suolo e le istruzioni che saranno date dalla Direzione dei Lavori, semi di erba medica, sulla o altre.

Quando la seminagione si dovesse fare contemporaneamente alla formazione delle scarpate, si spargerà la semente prima che lo strato superiore di terra vegetale abbia raggiunto la prescritta altezza. Nei casi in cui il terreno fosse già consolidato, si farà passare un rastrello a punte di ferro sulle scarpate parallelamente al ciglio della strada e vi si spargerà quindi la semente, procurando di coprirla bene all'atto dello spianamento della terra.

L'Appaltatore dovrà riseminare a sue spese le parti ove l'erba non avesse germogliato.

Per le piantagioni sulle scarpate o sulle banchine si impiegheranno piantine di acacia o alianto, con preferenza a quest'ultima per la sua idoneità a produrre cellulosa, ovvero ad impiantare canneti (oriundo).

Tali piantagioni verranno eseguite a stagione opportuna e con tutte le regole suggerite dall'arte, per conseguire una rigogliosa vegetazione, restando l'Appaltatore obbligato di curarne la coltivazione e, all'occorrenza, l'innaffiamento sino al completo attecchimento.

Le piantine dovranno essere disposte a filari in modo che ne ricadano quattro per ogni metro quadrato di superficie.

Quelle che non attecchissero, o che dopo attecchite venissero a seccare, dovranno essere sostituite dall'Appaltatore a proprie spese in modo che all'atto del collaudo risultino tutte in piena vegetazione.

Le alberature stradali dovranno essere effettuate in modo da non pregiudicare eventuali allargamenti della sede stradale. Dovranno essere eseguite previa preparazione di buche delle dimensioni minime di metri 0,80 x 0,80 x 0,80 riempite di buona terra, se del caso drenate, ed opportunamente concimate.

Le piante verranno affidate a robusti tutori a cui saranno legate con rafia.

**Art. 2.24****RIVESTIMENTO E CIGLIATURE CON ZOLLE E SEMINAGIONI**

Tanto per le inzollature che per le seminagioni si dovranno preparare preventivamente le superfici da trattare riportando in corrispondenza alle stesse uno strato uniforme di buona terra vegetale, facendolo bene aderire al terreno sottostante, esente da radici, da erbe infestanti e da cotiche erbose, dello spessore di almeno 20 cm.

Per la inzollatura delle scarpate da eseguire dove sarà ordinato dalla Direzione dei Lavori si useranno, ove possibile, zolle da 20 a 25 cm e di almeno 5 cm di spessore, disposte a connessioni alternate, zolle provenienti dagli scoticamenti generali eseguiti per gli scavi o per la preparazione del terreno, purché le zolle siano tuttora vegetanti.

Le zolle saranno assestate battendole col rovescio del badile, in modo da farle bene aderire al terreno.

Per le seminagioni su scarpate si impiegheranno di regola semi di erba medica in quantitativi corrispondenti ad almeno 50 kg per ettaro o stoloni di gramigna.

Sulle superfici piane potrà essere ordinata anche la seminagione di loietto, in quantitativi corrispondenti ad almeno 200 kg di semi per ettaro.

In ogni caso la seminagione deve essere rullata e rastrellata in modo che i semi e gli stoloni di gramigna abbiano a risultare sicuramente coperti da uno strato di terra di spessore maggiore (2-3 cm) nel caso di gramigna.



Le seminagioni saranno mantenute umide, dopo la loro ultimazione, mediante innaffiature, in modo da conservare e aiutare la vegetazione.

La seminagione sarà eseguita a stagione propizia.

### **Art. 2.25**

#### **LAVORI IN FERRO**

Il ferro e l'acciaio dolce delle qualità prescritte all'articolo "*Qualità e Provenienza dei Materiali*" dovranno essere lavorati diligentemente, con maestria, regolarità di forme, precisione di dimensione, e con particolare attenzione nelle saldature e bullonature. Saranno rigorosamente rifiutati tutti quei pezzi che presentassero il più leggero indizio d'imperfezione.

Per le ferramenta di qualche rilievo, l'Impresa dovrà preparare e presentare alla Direzione dei Lavori un campione, il quale, dopo approvato dalla Direzione dei Lavori stessa, dovrà servire da modello per tutta la provvista.

Per tutti i lavori in ferro, salvo contrarie disposizioni della Direzione dei Lavori, dovrà essere eseguita la coloritura a due mani di minio e a due mani successive ad olio di lino cotto con biacca e tinta a scelta.

Per i ferri da impiegare nella costruzione di opere in cemento armato vengono richiamate le norme contenute nel d.P.R. 380/2001 e s.m.i., e nel d.m. 17 gennaio 2018, avvertendo che la lavorazione dovrà essere fatta in modo che l'armatura risulti esattamente corrispondente per dimensioni ed ubicazione, alle indicazioni di progetto.

### **Art. 2.26**

#### **LAVORI IN LEGNAME**

Tutti i legnami da impiegare in opere stabili dovranno essere lavorati con la massima cura e precisione in conformità alle prescrizioni di cui alle vigenti leggi e norme UNI e secondo le disposizioni impartite dalla Direzione dei Lavori.

Tutte le giunzioni dei legnami dovranno avere la forma e le dimensioni prescritte ed essere nette e precise in modo da poter ottenere un esatto combaciamento dei pezzi che devono essere uniti.

Non sarà tollerato alcun taglio falso, né zeppe o cunei, né qualsiasi altro mezzo di guarnitura o ripieno.

La Direzione dei Lavori potrà disporre che nelle facce di giunzione vengano interposte delle lamine di piombo o zinco, o anche cartone incatramato.

Le diverse parti componenti un'opera di legname dovranno essere fra loro collegate solidamente in tutti i punti di contatto mediante caviglie, chiodi, squadre, staffe di ferro, fasciature di reggia od altro in conformità alle prescrizioni che verranno date dalla Direzione dei Lavori.

Non si dovranno impiegare chiodi per il collegamento dei legnami senza apparecchiarne prima il conveniente foro col succhiello.

I legnami, prima della loro posa in opera e prima dell'esecuzione, se ordinata, della spalmatura di catrame o della coloritura, si dovranno congiungere in prova nei cantieri per essere esaminati ed accettati provvisoriamente dalla Direzione dei Lavori.



## CAPITOLO 3

### SPECIFICHE TECNICHE

#### Art. 3.1

#### FORMAZIONE DEL CORPO STRADALE

##### Art. 3.1.1 Tracciamenti

Prima di porre mano ai lavori di sterro o riporto, l'Appaltatore è obbligato ad eseguire la picchettazione completa del lavoro, in modo che risultino indicati i limiti degli scavi e dei riporti come indicato negli elaborati grafici. A suo tempo dovrà pure posizionare, nei tratti indicati dalla Direzione dei Lavori, le modine o garbe necessarie a determinare con precisione l'andamento delle scarpate, tanto degli sterri che dei rilevati, curandone poi la conservazione e rimettendo quelli manomessi durante l'esecuzione dei lavori.

Quantunque i tracciamenti siano fatti e verificati dalla Direzione dei Lavori, l'impresa resterà responsabile dell'esattezza dei medesimi, e quindi sarà obbligata a demolire e rifare a sue spese quelle opere che non risultassero eseguite conformemente ai disegni di progetto ed alle prescrizioni inerenti. Saranno a carico dell'impresa le spese per rilievi, tracciamenti, verifiche e misurazioni, per i cippi di cemento ed in pietra, per materiali e mezzi d'opera, ed inoltre per il personale ed i mezzi di trasporto occorrenti, dall'inizio delle consegne fino al collaudo compiuto.

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.

##### Art. 3.1.2 Scavi

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

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

Gli scavi si distinguono in:

- scavi di sbancamento;
- scavi di a sezione ristretta.

Gli scavi potranno essere eseguiti sia a mano che con mezzi meccanici.

Nell'esecuzione degli scavi l'Appaltatore dovrà procedere in modo che i cigli siano diligentemente profilati, le scarpate raggiungano l'inclinazione prevista nel progetto o che sarà ritenuta necessaria e prescritta con ordine di servizio dalla Direzione dei Lavori allo scopo di impedire scoscendimenti, restando egli, oltretutto totalmente responsabile di eventuali danni alle persone ed alle opere, altresì obbligato a provvedere a suo carico e spese alla rimozione delle materie franate in caso di inadempienza delle disposizioni all'uopo impartitegli.

L'Appaltatore dovrà sviluppare i movimenti di materie con adeguati mezzi e con sufficiente mano d'opera in modo da dare gli scavi, possibilmente, completi a piena sezione in ciascun tratto iniziato.

Comunque, il sistema di scavi per l'apertura della sede stradale, qualunque sia la natura del terreno ed il mezzo di esecuzione, deve essere tale da non provocare franamenti e scoscendimenti.

Inoltre, dovrà aprire senza indugio i fossi e le cunette occorrenti e, comunque, mantenere efficiente, a sua cura e spese, il deflusso delle acque anche, se occorra, con canali fuggatori.

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:



OP INGENNERIA S.R.L.  
Società di Ingegneria Civile  
info@opingenneria.com - www.opingenneria.com  
Viale San Concordio, 1160 - 55100 LUCCA  
Tel.: 0583 381194 - P.IVA: 0248862408



Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
Salvatore  
  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

83





Le terre, macinati e rocce da scavo, per la formazione di aree prative, sottofondi, reinterri, riempimenti, rimodellazioni e rilevati, conferiti in cantiere, devono rispettare le norme vigenti, i limiti previsti dalla Tabella 1 - Valori di concentrazione limite accettabili nel suolo e nel sottosuolo riferiti alla specifica destinazione d'uso dei siti da bonificare, colonna A (Siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale) e colonna B (Siti ad uso Commerciale ed Industriale) dell'Allegato 5 al Titolo V della Parte Quarta del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. e il d.P.R. n.120/2017 "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo".

Le materie provenienti dagli scavi, non utilizzabili e non ritenute idonee, a giudizio della Direzione dei Lavori, per la formazione dei rilevati o per altro impiego nei lavori, dovranno essere portate a rifiuto, depositandole su aree che l'Appaltatore dovrà provvedere a sua cura e spese.

Le località per tali depositi a rifiuto dovranno essere scelte in modo che le materie depositate non arrechino danno ai lavori od alle proprietà pubbliche e private nonché al libero deflusso delle acque pubbliche e private.

La Direzione dei Lavori potrà fare asportare, a spese dell'Appaltatore, le materie depositate in contravvenzione alle precedenti disposizioni.

Qualora i materiali siano ceduti all'Appaltatore, il prezzo ad essi convenzionalmente attribuito deve essere dedotto dall'importo netto dei lavori, salvo che la deduzione non sia stata già fatta nella determinazione dei prezzi.

#### **Scavi di sbancamento**

Per scavi di sbancamento o tagli a sezione aperta si intendono quelli praticati al di sopra del piano orizzontale, passante per il punto più depresso del terreno naturale o per il punto più depresso delle trincee o splateamenti, precedentemente eseguiti ed aperti almeno da un lato.

Quando l'intero scavo debba risultare aperto su di un lato (caso di un canale fagatore) e non venga ordinato lo scavo a tratti, il punto più depresso è quello terminale.

Appartengono alla categoria degli scavi di sbancamento così generalmente definiti tutti i cosiddetti scavi di splateamento e quelli per allargamento di trincee, tagli di scarpate di rilevati per costruirvi opere di sostegno, scavi per incassatura di opere d'arte, scavi di allargamento di sede stradale, ivi compresa la demolizione delle murature in pietrame e malta od a secco, eseguiti superiormente al piano orizzontale determinato come sopra, considerandosi come piano naturale anche l'alveo dei torrenti e dei fiumi.

S'intendono altresì come scavi di sbancamento anche quelli necessari per la formazione dei cassonetti, delle cunette dei fossi di guardia ecc.

#### **Scavi a sezione ristretta**

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

- impianto di opere d'arte;
- formazione o approfondimento di cunette, di fossi e di canali;

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 Direzione dei Lavori, 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.

Se gli scavi di fondazione dovessero essere eseguiti, ove ragioni speciali lo richiedessero, con pareti a scarpa aventi la pendenza minore di quella prevista, in tal caso non sarà computato né il maggiore scavo di fondazione e di sbancamento eseguito, né il conseguente maggior volume di riempimento.

E' vietato all'Impresa, sotto pena di demolire il già fatto, di porre mano alle murature o ai getti prima che la Direzione dei Lavori 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.

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:

OP INGENNERIA S.R.L.  
Società di Ingegneria Civile  
info@opingenneria.com - www.opingenneria.com  
Viale San Concordio, 1160 - 55100 LUCCA  
Tel. 0583 381194 - P.IVA. 0248862408

Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
Salvatore  
  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

84



Per gli scavi di fondazione si applicheranno le norme previste dal D.M. 17/01/2018.

I sistemi per l'allontanamento dell'acqua dagli scavi 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.

L'impresa provvederà a togliere ogni impedimento, ogni causa di rigurgito che si opponesse al regolare deflusso delle acque, anche ricorrendo alla apertura di canali fuggatori; analogamente l'Impresa dovrà a sua cura e spesa, adempiere agli obblighi previsti dalle norme vigenti in ordine alla tutela delle acque dall'inquinamento, all'espletamento delle pratiche per l'autorizzazione allo scarico nonché all'eventuale trattamento delle acque.

### Art. 3.1.3 Strato di rinforzo - anticapillare

Lo strato di rinforzo-anticapillare del rilevato sarà realizzato mediante le seguenti lavorazioni:

- scavo di sbancamento;
- posizionamento sul fondo dello scavo di un geotessile tessuto in polipropilene nero (trama-ordito);
- riempimento del volume scavato con materiale proveniente da riciclaggio degli scarti delle attività di costruzione e demolizione;

Lo strato di rinforzo-anticapillare dovrà avere uno spessore compreso tra 30 e 50 cm; sarà composto di aggregato da costruzione e demolizione da utilizzare conforme ai seguenti requisiti:

### Materiali per corpo dello strato di rinforzo-anticapillare

Parametro	Modalità di prova	Limiti
Cis, mattoni e laterizi, intonaci, materiali litici, malte, ceramica	Separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	□□70 % in massa
Vetro e scorie vetrose	Separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	□□25% in massa
Conglomerati bituminosi	Separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	< 15% in totale < 5% per ciascuna tipologia
Altri rifiuti minerali dei quali sia ammesso il recupero nel corpo stradale ai sensi della legislazione vigente	Separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	< 0,3% in massa
Materiali deperibili o cavi (carta, legno, fibre tessili, cellulosa, residui alimentari)	Separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	< 0,6% in massa
Altri materiali (gesso metalli, guaine, gomme, lana di roccia o vetro etc.)		2 mm < d < 50 mm
Granulometria		
Passante setaccio 2 mm	UNI EN 933-1 CNR BU n° 23:1971	< 15%
Passante setaccio 0,075	UNI EN 933-1 CNR BU n° 23:1971	< 3%
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	N.P.

I costituenti della frazione trattenuta allo staccio da 63 mm devono essere compatti e privi di vuoti interni (blocchi di roccia, mattoni pieni, calcestruzzo senza armatura sporgente): non possono essere accettati mattoni forati, blocchi forati e simili, se non frantumati fino a risultare passanti anche nel seguito allo staccio da 63 mm.

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



Il geotessile sarà costituito da tessuto in bandelle di larghezza costante intrecciate regolarmente tra loro, ottenuto da fibre 100% polipropilene di prima qualità (con esclusione di fibre riciclate), in rotoli di larghezza minima 5,0 m.

Il geotessile dovrà presentare superficie scabra, essere imputrescibile ed atossico, essere resistente ai raggi ultravioletti, ai solventi, alle reazioni chimiche che si producono nel terreno, alle cementazioni naturali, all'azione di microrganismi, nonché essere antinquinante ed isotropo.

Il geotessile dovrà essere approvato dalla Direzione dei Lavori e la posa dovrà essere realizzata seguendo le indicazioni degli elaborati grafici su tutta la superficie di fondo dello scavo, con risvolti in verticale per tutto lo spessore di esso (cm 30 su entrambi i lati) e chiusure orizzontali per un minimo di:

- cm 150 su entrambi i lati dello strato di rinforzo per i tratti di variante principale;
- cm 150 su entrambi i lati dello strato di rinforzo per i tratti di collegamento alla viabilità esistente;
- cm 100 su entrambi i lati dello scavo di sbancamento per i tratti della strada di servizio;

Il produttore dovrà rilasciare una dichiarazione di conformità sul materiale fornito attestante le caratteristiche tecniche richieste.

Il materiale, del peso previsto in progetto per l'impiego specifico, deve rispondere ai requisiti minimi riportati nella successiva Tabella:

#### Geotessile per strato di rinforzo-anticapillare

Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Peso	UNI 5114	g/m <sup>2</sup>	330
Resistenza a trazione su striscia di cm 5, in N - Ordito	UNI EN ISO 13934-1 - UNI EN 29073-3		75
Resistenza a trazione su striscia di cm 5, in N - Trama	UNI EN ISO 13934-1 - UNI EN 29073-3		70
Allungamento, in % - Ordito	UNI EN ISO 13934-1 - UNI EN 29073-3		12
Allungamento, in % - Trama	UNI EN ISO 13934-1 - UNI EN 29073-3		14
Lacerazione, in N	UNI EN ISO 9073-4		0,5
Punzonamento, in N	UNI 8279-14		8
Permeabilità radiale all'acqua, in cm/s	UNI 8279-13		0,8
Dimensione della granulometria passante per filtrazione idrodinamica, corrispondente a quella del 95 % in peso degli elementi di terreno che attraversano il geotessile.			< 100

La campionatura deve essere eseguita, per ciascuna fornitura omogenea, secondo la Norma UNI 8279-1.

I prelievi dei campioni sono eseguiti a cura dell'Impresa sotto il controllo della Direzione dei Lavori. Le prove devono essere effettuate presso Laboratori riconosciuti dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti preliminarmente su materiali approvvigionati in cantiere prima del loro impiego, successivamente su materiali prelevati durante il corso dei lavori. Il piano di stesa del geotessile deve essere perfettamente regolare, la giunzione dei teli deve essere realizzata mediante sovrapposizione per almeno 30 cm, sia in senso longitudinale, sia in senso trasversale.

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

#### Art. 3.1.4 Rinterri

I rinterri si faranno con materiale adatto, sabbioso, ghiaioso e non argilloso, restando vietato in modo assoluto l'impiego di quelle argillose ed in generale di tutte quelle che con l'assorbimento di acqua si rammolliscono e si gonfiano, generando spinte.

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:

DP INGEENNERIA S.R.L.  
Società di Ingegneria Civile  
info@dpingegneria.com - www.dpingegneria.com  
Via San Concordio, 1160 - 55100 LUCCA  
Tel.: 0583 381194 - P.IVA: 0248882408

Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing. S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
Salvatore  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

86



Nel rinterro delle condotte con pareti sottili si avrà la massima cura di rivolgere prima i tubi con materiale sabbioso, sino ad una altezza sufficiente sopra il dorso dei tubi per non danneggiare in alcun modo la tubatura né altre opere costruite ed esistenti.

I singoli strati dovranno essere abbondantemente innaffiati in modo che il rinterro risulti ben costipato, e non dia luogo a cedimenti del piano viabile successivamente costruito. Qualora ugualmente avvenga un dissesto nella pavimentazione esso dovrà venire immediatamente riparato con il perfetto ripristino del piano viabile, e ciò a tutte cure e spese dell'impresa fino a collaudo avvenuto.

I riempimenti di pietrame a secco per drenaggi, fognature, vespai, banchettoni di consolidamento e simili, dovranno essere formati con pietre da collocarsi in opera a mano e ben costipate al fine di evitare cedimenti per effetto dei carichi.

Le terre trasportate mediante autocarri o mezzi simili, non debbono essere scaricate direttamente a ridosso dei cavi o al loro interno, ma depositate in loro vicinanza e successivamente poste in opera a strati per essere compattati con mezzi adatti. L'Impresa deve evitare di realizzare rinterri in corrispondenza di manufatti murari che non abbiano raggiunto sufficienti caratteristiche di resistenza. Inoltre, si deve evitare che i grossi rulli vibranti operino entro una distanza inferiore a 1,5 m dai paramenti delle strutture murarie. A tergo di tali strutture debbono essere impiegati mezzi di compattazione leggeri, quali piastre vibranti e rulli azionati a mano, avendo cura di garantire i requisiti di deformabilità e addensamento richiesti, operando su strati di spessore ridotto.

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

I riempimenti di pietrame a secco per drenaggi, fognature, vespai, banchettoni di consolidamento e simili dovranno essere formati con pietre da collocarsi in opera a mano e ben costipate, al fine di evitare cedimenti per effetto dei carichi superiori.

Per drenaggi o fognature si dovranno scegliere le pietre più grosse e regolari; usare negli strati inferiori il pietrame di maggiori dimensioni, impiegando, nell'ultimo strato superiore, pietrame minuto, ghiaia o anche pietrisco, per impedire alle terre sovrastanti di penetrare o scendere, otturando così gli interstizi fra le pietre. Sull'ultimo strato di pietrisco si dovranno pigiare convenientemente le terre, con le quali dovrà completarsi il riempimento dei cavi aperti per la costruzione delle fognature o drenaggi.

### Art. 3.1.5 Rilevati

Si definiscono con il termine "rilevati" tutte quelle opere in terra destinate a formare il corpo stradale, le opere di presidio, i piazzali, il piano d'imposta delle pavimentazioni nonché tutte le sistemazioni esterne fino al piano delle quote finite. Le caratteristiche geometriche di tali opere saranno quelle del progetto.

L'uso di materiali diversi da quelli indicati sarà consentito soltanto se espressamente previsti in progetto.

La classificazione delle terre e la determinazione del loro gruppo di appartenenza sarà conforme alle norme UNI EN 13285 e UNI EN ISO 14688-1 e il loro utilizzo andrà fatto nel rispetto delle norme vigenti e delle disposizioni del D.Lgs. n. 152/2006 e s.m.i. e del d.P.R. n.120/2017 "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo".

Prima di impiegare i materiali provenienti dagli scavi o dalle cave di prestito, l'Impresa, per ogni zona di provenienza, deve procedere a qualificare le terre da impiegare attraverso una campagna di indagine corredata dei risultati di prove di laboratorio.

### Preparazione del Piano di posa del Rilevato

Il suolo costituente la base sulla quale si dovranno impiantare i rilevati dovrà essere accuratamente preparato, espurgandolo da piante, cespugli, erbe, canne, radici e da qualsiasi altra materia eterogenea, e trasportando fuori della sede del lavoro le materie di rifiuto.

La base dei suddetti rilevati, se ricadente su terreno pianeggiante, dovrà essere inoltre arata, e se cadente sulla scarpata di altro rilevato esistente o su terreno a declivio trasversale superiore al quindici per cento, dovrà essere preparata a gradini alti circa 30 cm, con inclinazione inversa a quella del rilevato esistente o del terreno.



La terra da trasportare nei rilevati dovrà essere anch'essa previamente espurgata da erbe, canne, radici e da qualsiasi altra materia eterogenea e dovrà essere disposta in rilevato a cordoli alti da 0,30 m a 0,50 m, bene pigiata ed assodata con particolare diligenza specialmente nelle parti addossate alle murature.

Sarà obbligo dell'Appaltatore, escluso qualsiasi compenso, di dare ai rilevati, durante la loro costruzione, quelle maggiori dimensioni richieste dall'assestamento delle terre, affinché, all'epoca del collaudo, i rilevati eseguiti abbiano dimensioni non inferiori a quelle prescritte.

Non si potrà sospendere la costruzione di un rilevato, qualunque sia la causa, senza che ad esso sia stata data una configurazione tale da assicurare lo scolo delle acque piovane. Nella ripresa del lavoro, il rilevato già eseguito dovrà essere espurgato dalle erbe e cespugli che vi fossero nati, nonché configurato a gradoni, praticandovi inoltre dei solchi per il collegamento delle nuove materie con quelle prima impiegate.

Qualora gli scavi ed il trasporto avvengano meccanicamente, si avrà cura che il costipamento sia realizzato costruendo il rilevato in strati di modesta altezza non eccedenti i 30 o i 50 centimetri. Comunque, dovrà farsi in modo che durante la costruzione si conservi un tenore di acqua conveniente, evitando di formare rilevati con terreni la cui densità ottima sia troppo rapidamente variabile col tenore in acqua, e si eseguiranno i lavori, per quanto possibile, in stagione non piovosa, avendo cura, comunque, di assicurare lo scolo delle acque superficiali e profonde durante la costruzione.

Per il rivestimento delle scarpate si dovranno impiegare terre vegetali per gli spessori previsti in progetto od ordinati dalla Direzione dei Lavori.

### ***Posa in opera***

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

Per evitare disomogeneità dovute alla segregazione che si verifica durante lo scarico dai mezzi di trasporto, il materiale deve essere depositato subito a monte del posto d'impiego, per esservi successivamente riportato dai mezzi di stesa.

La granulometria dei materiali costituenti i differenti strati del rilevato deve essere la più omogenea possibile.

In particolare, deve evitarsi di porre in contatto strati di materiale roccioso, a granulometria poco assortita o uniforme (tale, cioè, da produrre nello strato compattato elevata percentuale dei vuoti), con strati di terre a grana più fine che, durante l'esercizio, per effetto delle vibrazioni prodotte dal traffico, possano penetrare nei vuoti degli strati sottostanti, provocando cedimenti per assestamento del corpo del rilevato.

Durante le fasi di lavoro si deve garantire il rapido deflusso delle portate meteoriche conferendo agli strati pendenza trasversale.

In presenza di paramenti di massicci in terra rinforzata o di muri di sostegno, in genere, la pendenza deve assicurare l'allontanamento delle acque dai manufatti.

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

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

In ogni caso, la terra non deve presentare elementi di dimensioni maggiori di 300 mm (100 mm nell'ultimo metro); questi debbono essere, pertanto, scartati nel sito di prelievo o frantumati, prima del carico sui mezzi di trasporto.

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

La compattazione potrà aver luogo soltanto dopo aver accertato che il contenuto d'acqua delle terre sia prossimo ( $\pm 15/20\%$ ) a quello ottimo determinato mediante la prova AASHO Modificata (CNR 69 - 1978).

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





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

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

La compattazione dovrà essere condotta con metodologia atta ad ottenere un addensamento uniforme;

a tale scopo i rulli dovranno operare con sistematicità lungo direzioni parallele garantendo una sovrapposizione fra ciascuna passata e quella adiacente pari almeno al 10% della larghezza del rullo.

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

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

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

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

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

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

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

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

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.

### **Protezione**

Si dovrà inoltre garantire la sistematica e tempestiva protezione delle scarpate mediante la stesa di uno strato di terreno vegetale di 30 cm di spessore; questo andrà sistemato a strisce orizzontali, opportunamente assestato, seguendo progressivamente la costruzione del manufatto. Per la sua necessaria ammorsatura si debbono predisporre gradoni di ancoraggio, salvo il caso in cui il rivestimento venga eseguito contemporaneamente alla formazione del rilevato stesso. Il terreno vegetale deve essere tale da assicurare il pronto attecchimento e sviluppo del manto erboso, seminato tempestivamente, con essenze (erbe ed arbusti del tipo previsto in progetto) scelte per ottenere i migliori risultati in relazione al periodo operativo ed alle condizioni locali.

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

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

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

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

**Condizioni climatiche**

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

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

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

**Sottofondi**

Il sottofondo è il volume di terra nel quale risultano ancora sensibili le sollecitazioni indotte dal traffico stradale e trasmesse dalla pavimentazione; rappresenta la zona di transizione fra il terreno in sito (nelle sezioni in trincea o a raso campagna) ovvero tra il rilevato e la pavimentazione.

Questo strato (strato più superficiale del rilevato o bonifica del fondo naturale di trincea su cui poggia la pavimentazione), detto "strato di sottofondo" deve consentire, inoltre, per mezzo delle sue proprietà fisiche e meccaniche e tenuto conto dello spessore:

- di conferire al supporto della pavimentazione, in ogni suo punto, una portanza sufficiente a garantire i livelli di stabilità e di funzionalità ammessi in progetto per la soprastruttura (omogeneizzazione della portanza);
- di proteggere, in fase di costruzione, gli strati sottostanti dall'infiltrazione d'acqua di pioggia e, durante l'esercizio, lo strato di fondazione soprastante dalle risalite di fino inquinante; quest'ultima funzione può essere assegnata ad uno strato ad hoc (in sabbia) o ad un geotessile non tessuto.

In termini generali, lo spessore totale dello strato di sottofondo (da realizzare, a seconda dei casi, con la stessa ed il costipamento di uno o più strati) dipende dalla natura del materiale utilizzato, dalla portanza del supporto e da quella assunta in progetto per il piano di posa della soprastruttura.

Per la scelta del materiale e per i provvedimenti costruttivi occorre tenere conto, inoltre, dei rischi d'imbibizione dello strato (derivanti dalla presenza di una falda superficiale), delle condizioni climatiche previste in fase costruttiva (precipitazioni) ed in fase di esercizio (gelo), nonché del prevedibile traffico dei mezzi di cantiere e delle necessità connesse alla costruzione della pavimentazione.

Inoltre, occorre considerare che non tutti i materiali adottati per la costruzione dei rilevati possono essere impiegati per realizzare strati di sottofondo:

- in ogni caso, la regolarità richiesta per il piano di posa della pavimentazione porta ad escludere materiali con elementi maggiori di  $D=100$  mm;
- nel caso in cui si impieghino materiali non legati, per ottenere le proprietà meccaniche e l'impermeabilità richieste per gli strati, occorre utilizzare terre granulari, con assortimento granulometrico ben graduato (curve compatte), costituite preferibilmente da elementi a spigoli vivi, dotate di poco fino (passante allo 0,075 mm minore del 12%) e non plastiche ( $IP < 6$ ).

**Art. 3.1.6 Fondazioni Stradali in Ghiaia o Pietrisco e Sabbia**

Le fondazioni con misti di ghiaia o pietrisco e sabbia dovranno essere formate con uno strato di materiale di spessore uniforme e di altezza proporzionata sia alla natura del sottofondo che alle caratteristiche del traffico. Di norma lo spessore dello strato da cilindrare non dovrà essere inferiore a 20 cm.

Lo strato deve essere assestato mediante cilindratura. Se il materiale lo richiede per scarsità di potere legante, è necessario correggerlo con materiale adatto, aiutandone la penetrazione mediante leggero innaffiamento, tale che l'acqua non arrivi al sottofondo e che, per le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) non danneggi la qualità dello strato stabilizzato, il quale dovrà essere rimosso e ricostituito a cura e spese dell'Appaltatore in caso di danni di questo tipo.



Le cilindature dovranno essere condotte procedendo dai fianchi verso il centro. A lavoro finito, la superficie dovrà risultare parallela a quella prevista per il piano viabile.

Le stesse norme valgono per le fondazioni costruite con materiale di risulta. Tale materiale non dovrà comprendere sostanze alterabili e che possono rigonfiare a contatto con l'acqua.

#### **Art. 3.1.7 Massicciata in misto granulometrico a stabilizzazione meccanica**

Per le strade in terra stabilizzate da eseguirsi con misti granulometrici senza aggiunta di leganti, si adopererà un'idonea miscela di materiali a granulometria continua a partire dal limo argilla da mm 0,07 sino alla ghiaia (ciottoli) o pietrisco con dimensione massima di 50 mm; la relativa curva granulometrica dovrà essere contenuta tra le curve limiti che delimitano il fuso di Talbot.

Lo strato dovrà avere un indice di plasticità tra 6 e 9 per dare garanzie che né la sovrastruttura si disgreghi né, quando la superficie sia bagnata, venga incisa dalle ruote, ed in modo da realizzare un vero e proprio calcestruzzo d'argilla con idoneo scheletro litico. A tale fine si dovrà altresì avere un limite di liquidità inferiore a 35 ed un C.B.R. saturo a 2,5 mm di penetrazione non inferiore al 50%. Lo spessore dello strato stabilizzato sarà determinato in base alla portanza anche del sottofondo ed ai carichi che dovranno essere sopportati mediante la prova di punzonamento C.B.R. su campione compattato preventivamente con il metodo Proctor.

Il materiale granulometrico tanto che sia tout-venant di cava o di frantoio, tanto che provenga da banchi alluvionali opportunamente vagliati il cui scavo debba venir corretto con materiali di aggiunta, ovvero parzialmente frantumati per assicurare un migliore ancoraggio reciproco degli elementi del calcestruzzo di argilla, deve essere steso in cordoni lungo la superficie stradale. Successivamente si procederà al mescolamento per ottenere una buona omogeneizzazione mediante i motogaders ed alla contemporanea stesura sulla superficie stradale. Infine, dopo conveniente umidificazione in relazione alle condizioni ambientali, si compatterà lo strato con rulli gommati o vibranti sino ad ottenere una densità in sito non inferiore al 95% di quella massima ottenuta con la prova AASHO modificata.

#### **Art. 3.1.8 Controlli nelle Lavorazioni per il Corpo Stradale**

In corso d'opera, sia per le necessità connesse alla costruzione degli strati in terra, particolarmente per quanto riguarda il costipamento, sia per evidenziare che non abbiano a verificarsi derive nella qualità dei materiali, devono essere effettuate prove di controllo su campioni prelevati in contraddittorio con la Direzione dei lavori.

Il numero dei campioni dipende dall'eterogeneità dei terreni interessati; per ogni approvvigionamento omogeneo la numerosità delle prove di attitudine deve rispettare le norme vigenti.

### **Art. 3.2**

#### **FORMAZIONE DI STRATI IN MISTO GRANULARE**

##### **Art. 3.2.1 Caratteristiche dei materiali**

###### **Inerti**

Dovrà essere utilizzata una miscela di aggregati lapidei di primo impiego eventualmente corretta mediante l'aggiunta o la sottrazione di determinate frazioni granulometriche per migliorarne le proprietà fisico meccaniche.

Non saranno accettati per la formazione della fondazione stradale materiali provenienti da costruzione e demolizione (materiali riciclati).

Saranno impiegati elementi lapidei definiti in due categorie:

- aggregato grosso;

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:

DP INGENNERIA SRL  
Società di Ingegneria Civile  
info@dpingegneria.com - www.dpingegneria.com  
Viale San Concordio, 1160 - 55100 LUCCA  
Tel. 0583 581194 - P.IVA. 0248892498

Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
Salvatore  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

91



- aggregato fino.

L'aggregato grosso può essere costituito da elementi ottenuti dalla frantumazione di rocce di cava massive o di origine alluvionale, da elementi naturali a spigoli vivi o arrotondati. Tali elementi possono essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 1

**Tabella 1 AGGREGATO GROSSO**

EXTRAURBANE SECONDARIE E URBANE DI SCORRIMENTO			
Indicatori di qualità			Strato di fondazione stradale
Parametro	Normativa	Unità di misura	
Los Angeles	UNI EN 1097-2 CNR 34/73	%	□ □ 30
Micro deval Umida	UNI EN 1097-1 CNR 109/85	%	-
Quantità di frantumato	-	%	> 30
Dimensione max	UNI EN 933-1 CNR 23/71	mm	63
Sensibilità al gelo	UNI EN 1367-1 CNR 80/80	%	□ 20

L'aggregato fino deve essere costituito da elementi naturali o di frantumazione che possiedano le caratteristiche riassunte nella Tabella 2

**Tabella 2 AGGREGATO FINO**

EXTRAURBANE SECONDARIE E URBANE DI SCORRIMENTO			
Passante al crivello UNI n. 5			
Indicatori di qualità			Strato di fondazione stradale
Parametro	Normativa	Unità di misura	
Equivalente in Sabbia	UNI EN 933-8 CNR 27/72	%	□ □ 40
Indice di Plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	%	N.P.
Limite Liquido	UNI CEN ISO/TS 17892-12	%	□ □ 25
Passante allo 0.075	UNI EN 933-1 CNR 75/80	%	□ □ 6

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione degli aggregati tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere rilasciata da un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

La miscela di aggregati da adottarsi per la realizzazione del misto granulare deve avere una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati in Tabella 3

**Tabella 3**

Serie crivelli e setacci UNI		Passante %
Crivello	70	100
Crivello	30	70 - 100
Crivello	15	-
Crivello	10	30 - 70
Crivello	5	23 - 55
Setaccio	2	15 - 40
Setaccio	0.4	8 - 25
Setaccio	0.075	2 - 15

La dimensione massima dell'aggregato non deve in ogni caso superare la metà dello spessore dello strato di misto granulare ed il rapporto tra il passante al setaccio UNI 0.075 mm ed il passante al setaccio UNI 0.4 mm deve essere inferiore a 2/3.



L'indice di portanza CBR (UNI EN 13286-47) dopo quattro giorni di imbibizione in acqua (eseguito sul materiale passante al crivello UNI 25 mm) non deve essere minore del valore assunto per il calcolo della pavimentazione ed in ogni caso non minore di 30. È inoltre richiesto che tale condizione sia verificata per un intervallo di  $\pm 2\%$  rispetto all'umidità ottimale di costipamento.

Il modulo resiliente (MR) della miscela impiegata deve essere quello inserito nel progetto della pavimentazione e viene determinato applicando la norma AASHTO T294 o altra metodologia indicata dal progettista.

Il modulo di deformazione (Md) dello strato deve essere quello inserito nel progetto della pavimentazione superiore a 80 MPa e viene determinato impiegando la metodologia indicata nella norma (CNR 146/92)

Il modulo di reazione (k) dello strato deve essere quello inserito nel calcolo della pavimentazione e viene determinato impiegando la metodologia indicata nella norma (CNR 92/83). I diversi componenti e, in particolare le sabbie, debbono essere del tutto privi di materie organiche, solubili, alterabili e friabili.

L'Impresa è tenuta a comunicare alla Direzione Lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ciascun cantiere di produzione, la composizione dei misti granulari che intende adottare. Per ogni provenienza del materiale, ciascuna miscela proposta deve essere corredata da una documentazione dello studio di composizione effettuato, che deve comprendere i risultati delle prove sperimentali, effettuate presso un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, attestanti il possesso dei requisiti elencati al paragrafo 2.1. Lo studio di laboratorio deve comprendere la determinazione della curva di costipamento con energia AASHO modificata (CNR69/78).

Una volta accettato da parte della Direzione Lavori lo studio delle miscele, l'Impresa deve rigorosamente attenersi ad esso.

#### ***Confezionamento del misto granulare***

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

#### ***Posa in opera del misto granulare***

Il piano di posa dello strato deve avere le quote, la sagoma, i requisiti di portanza prescritti ed essere ripulito da materiale estraneo. Il materiale va steso in strati di spessore finito non superiore a 25 cm e non inferiore a 10 cm e deve presentarsi, dopo costipamento, uniformemente miscelato in modo da non presentare segregazione dei suoi componenti. L'eventuale aggiunta di acqua, per raggiungere l'umidità prescritta in funzione della densità, è da effettuarsi mediante dispositivi spruzzatori. La stesa va effettuata con finitrice o con grader appositamente equipaggiato.

Tutte le operazioni anzidette sono sospese quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stabilizzato.

Quando lo strato finito risulti compromesso a causa di un eccesso di umidità o per effetto di danni dovuti al gelo, esso deve essere rimosso e ricostituito a cura e spese dell'Impresa.

Il materiale pronto per il costipamento deve presentare in ogni punto la prescritta granulometria. Per il costipamento e la rifinitura verranno impiegati rulli vibranti, rulli gommati o combinati, tutti semoventi.

Per ogni cantiere, l'idoneità dei mezzi d'opera e le modalità di costipamento devono essere, determinate, in contraddittorio con la Direzione Lavori, prima dell'esecuzione dei lavori, mediante una prova sperimentale di campo, usando le miscele messe a punto per quel cantiere.

Il costipamento di ciascuno strato deve essere eseguito sino ad ottenere una densità in sito non inferiore al 98% della densità massima fornita dalla prova AASHO modificata.

#### ***Controlli***

Il controllo della qualità dei misti granulari e della loro posa in opera, deve essere effettuato mediante prove di laboratorio su materiali costituenti, sul materiale prelevato in sito al momento della stesa oltre che con prove sullo stato finito.

### **Art. 3.3**

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:

DP INGENGERIA SRL  
Società di Ingegneria Civile  
info@dpingegneria.com - www.dpingegneria.com  
Viale San Concordio, 1160 - 55100 LUCCA  
Tel. 0583 381184 - P.IVA. 02488624548

Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
Salvatore  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

93





## FORMAZIONE DI STRATI IN MISTO CEMENTATO

Il misto cementato per fondazione o per base sarà costituito da una miscela di aggregati lapidei di primo impiego, impastata con legante idraulico cemento ed acqua in impianto centralizzato con dosatori a peso o a volume, da stendersi in unico strato dello spessore indicato in progetto.

Non saranno accettati per la formazione della fondazione stradale materiali provenienti da costruzione e demolizione (materiali riciclati). 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.

## Art. 3.3.1 Caratteristiche dei materiali

**Inerti**

Saranno impiegati elementi lapidei definiti in due categorie:

- aggregato grosso;
- aggregato fino.

L'aggregato grosso deve essere costituito da elementi ottenuti dalla frantumazione di rocce lapidee, da elementi naturali tondeggianti, da elementi naturali tondeggianti frantumati, da elementi naturali a spigoli vivi. Tali elementi potranno essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 1

Tabella 1 - AGGREGATO GROSSO

Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Los Angeles	UNI EN 1097-2 CNR 34/73	%	□ 30
Quantità di frantumato	-	%	□ 30
Dimensione max	UNI EN 933-1 CNR 23/71	mm	40
Sensibilità al gelo	UNI EN 1367-1 CNR 80/80	%	□ 30
Passante al setaccio 0.075	UNI EN 933-1 CNR 75/80	%	□□ 1
Contenuto di:			
-Rocce reagenti con alcali del cemento		%	□ 1

L'aggregato fino deve essere costituito da elementi naturali o di frantumazione che possiedano le caratteristiche riassunte nella Tabella 2

Tabella 2 AGGREGATO FINO

Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Equivalente in Sabbia	UNI EN 933-8 CNR 27/72	%	□□ 30; □□□ 60
Limite Liquido	UNI CEN ISO/TS 17892-12	%	□□ 25
Indice Plastico	UNI CEN ISO/TS 17892-12	%	NP
Contenuto di:			
- Rocce tenere, alterate o scistose	CNR 104/84	%	□□ 1
- Rocce degradabili o solfatiche	CNR 104/84	%	□□ 1
Rocce reagenti con alcali del cemento	CNR 104/84	%	□□ 1

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione degli aggregati tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere rilasciata da un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

A.T.I.



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:



Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W. Salvatore  
Prof. Ing. N. Squeglia

94

**Legante**

Dovranno essere impiegati i seguenti tipi di cemento, elencati nella norma UNI EN 197-1:

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

I cementi utilizzati dovranno rispondere ai requisiti previsti dalla L. 595/65. Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, i cementi utilizzati dovranno essere controllati e certificati come previsto da marcatura CE e dal D.M. 12/07/99 n. 314. Tale certificazione sarà rilasciata dall'Istituto Centrale per la Industrializzazione e la Tecnologia Edilizia (I.C.I.T.E.), o da altri organismi autorizzati ai sensi del D.M. 12/07/99 n. 314.

**Acqua**

L'acqua dovrà essere esente da impurità dannose, oli, acidi, alcali, materia organica e qualsiasi altra sostanza nociva.

La quantità di acqua nella miscela sarà quella corrispondente all'umidità ottima di costipamento (CNR 69-1978) con una variazione compresa entro  $\pm 2\%$  del peso della miscela per consentire il raggiungimento delle resistenze indicate di seguito.

**Formazione e confezione delle miscele**

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

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

La dosatura degli aggregati dovrà essere effettuata sulla base di almeno 4 classi con predosatori in numero corrispondente alle classi impiegate.

La zona destinata all'ammannimento degli aggregati sarà preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possano compromettere la pulizia degli aggregati.

Inoltre i cumuli delle diverse classi dovranno essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

La miscela di aggregati (misto granulare) da adottarsi per la realizzazione del misto cementato deve avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso riportato in Tabella 3.

**Tabella 3**

Serie crivelli e setacci UNI		Passante % - Strade extraurbane secondarie
Crivello	40	100
Crivello	30	-
Crivello	25	65 - 100
Crivello	15	45 - 78
Crivello	10	35 - 68
Setaccio	5	23 - 53
Setaccio	2	14 - 40
Setaccio	0.4	6 - 23
Setaccio	0.18	2 - 15
Setaccio	0.075	-

In particolare le miscele adottate dovranno possedere i requisiti riportati nella Tabella 4.

**Tabella 4**



Parametro	Normativa	Valore
Resistenza a compressione a 7gg	CNR 29/72	2.5 □ Rc □ □ 4.5 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione indiretta a 7 gg (Prova Brasiliana)	UNI EN 12390-6 CNR 97/84	Rt □ 0.25 N/mm <sup>2</sup>

**Art. 3.3.2 Accettazione delle miscele**

L'Impresa è tenuta a comunicare alla Direzione Lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ciascun cantiere di produzione, la composizione delle miscele che intende adottare. Ciascuna composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione dello studio di composizione effettuato, che non dovrà essere più vecchio di un anno.

Una volta accettata da parte della Direzione Lavori lo studio delle miscele, l'Impresa deve rigorosamente attenersi ad esso.

Nella curva granulometrica sono ammesse variazioni delle singole percentuali, per l'aggregato grosso di  $\pm 5$  punti e di  $\pm 2$  punti per l'aggregato fino.

In ogni caso non devono essere superati i limiti del fuso. Per la percentuale di cemento nelle miscele è ammessa una variazione di  $\pm 0.5\%$ .

**Art. 3.3.3 Confezionamento delle miscele**

Il misto cementato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

La zona destinata allo stoccaggio degli aggregati deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per evitare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possano compromettere la pulizia degli aggregati. I cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei pre-dosatori eseguita con la massima cura. Non è consentito il mescolamento di cementi diversi per tipo, classe di resistenza o provenienza. Il cemento e le aggiunte dovranno essere adeguatamente protetti dall'umidità atmosferica e dalle impurità.

**Art. 3.3.4 Preparazione delle superfici di stesa**

La miscela verrà stesa sul piano finito dello strato precedente dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti prescritti. Ogni depressione, avvallamento o ormaia presente sul piano di posa dev'essere corretta prima della stesa. Prima della stesa è inoltre necessario verificare che il piano di posa sia sufficientemente umido e, se necessario, provvedere alla sua bagnatura evitando tuttavia la formazione di una superficie fangosa.

**Art. 3.3.5 Posa in opera delle miscele**

La stesa verrà eseguita impiegando macchine finitrici. Il tempo massimo tra l'introduzione dell'acqua nella miscela del misto cementato e l'inizio della compattazione non dovrà superare i 60 minuti.

Le operazioni di compattazione dello strato devono essere realizzate con apparecchiature e sequenze adatte a produrre il grado di addensamento e le prestazioni richieste. La stesa della miscela non deve di norma essere eseguita con temperature ambiente inferiori a 0°C e mai sotto la pioggia.

Nel caso in cui le condizioni climatiche (temperatura, soleggiamento, ventilazione) comportino una elevata velocità di evaporazione, è necessario provvedere ad una adeguata protezione delle miscele sia durante il trasporto che durante la stesa.

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

Particolari accorgimenti devono adottarsi nella formazione dei giunti longitudinali che andranno protetti con fogli di polietilene o materiale simile. Il giunto di ripresa deve essere ottenuto terminando la stesa dello strato a ridosso di una tavola

A.T.I.



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:



Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
Salvatore  
  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

96



e togliendo la tavola al momento della ripresa della stesa. Se non si fa uso della tavola si deve, prima della ripresa della stesa, provvedere a tagliare l'ultima parte dello strato precedente, in modo che si ottenga una parete perfettamente verticale. Non devono essere eseguiti altri giunti all'infuori di quelli di ripresa.

### Art. 3.3.6 Protezione superficiale dello strato finito

Subito dopo il completamento delle opere di costipamento e finitura dello strato, deve essere applicato un velo protettivo di emulsione bituminosa acida al 55% in ragione di 1-2 da N/m<sup>2</sup> (in relazione al tempo ed alla intensità del traffico di cantiere cui potrà venire sottoposto) e successivo spargimento di sabbia.

Il tempo di maturazione protetta non dovrà essere inferiore a 72 ore, durante le quali il misto cementato dovrà essere protetto dal gelo.

Il transito di cantiere potrà essere ammesso sullo strato a partire dal terzo giorno dopo quello in cui è stata effettuata la stesa e limitatamente ai mezzi gommati. Aperture anticipate sono consentite solo se previste nella determinazione della resistenza raggiunta dal misto.

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

### Art. 3.3.7 Controlli nelle lavorazioni per strati in misto cementato

Il controllo della qualità dei misti cementati e della loro posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela prelevata allo stato fresco al momento della stesa, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ. L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella Tabella 5

**Tabella 5**

EXTRAURBANE SECONDARIE E URBANE DI SCORRIMENTO			
Controllo dei materiali e verifica prestazionale			
TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Rif. Tabella 1
Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Rif. Tabella 2
Acqua	Impianto	Iniziale	Rif. paragrafo 1
Cemento	Impianto	Iniziale	Rif. paragrafo 1
Misto cementato fresco	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m <sup>2</sup> di stesa	Curva granulometrica di progetto: contenuto di cemento
Misto cementato fresco (*)	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m <sup>2</sup> di stesa	Resistenza a compressione; resistenza a trazione indiretta
Carote per spessori	Pavimentazione	Ogni 100m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Strato finito (densità in sito)	Strato finito	Giornaliera oppure ogni 5.000 m <sup>2</sup> di stesa	98% del valore risultante dallo studio della miscela
Strato finito (portanza)	Strato finito o Pavimentazione	Ogni m di fascia stesa	Prestazioni previste in progetto
(*) il controllo sul misto cementato fresco può sostituire quello sullo strato finito			

Il prelievo del misto cementato fresco avverrà in contraddittorio al momento della stesa. Sui campioni saranno effettuati, presso un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, i controlli della percentuale di cemento, della distribuzione granulometrica dell'aggregato; i valori misurati in sede di controllo dovranno essere conformi a quelli dichiarati nella documentazione presentata prima dell'inizio dei lavori.



Lo spessore dello strato viene determinato, per ogni tratto omogeneo di stesa, facendo la media delle misure (quattro per ogni carota) rilevate sulle carote estratte dalla pavimentazione, scartando i valori con spessore in eccesso, rispetto a quello di progetto, di oltre il 5%. Per spessori medi inferiori a quelli di progetto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione del 2,5% del prezzo di elenco per ogni mm di materiale mancante. Per carenze superiori al 20% dello spessore di progetto si impone la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

Sullo strato finito saranno effettuati i controlli delle densità in sito e della portanza.

A compattazione ultimata la densità in sito, nel 95% dei prelievi, non deve essere inferiore al 98% del valore di riferimento (ottimo) misurato in laboratorio sulla miscela di progetto e dichiarato prima dell'inizio dei lavori. Le misure della densità sono effettuate secondo quanto previsto dal B.U. CNR N. 22.

Per valori di densità inferiori a quello previsto viene applicata una detrazione per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce:

- del 10 % dell'importo dello strato per densità in sito comprese tra 95 e 98 % del valore di riferimento;
- del 20 % dell'importo dello strato per densità in sito comprese tra 92 e 95 % del valore di riferimento.

La misura della portanza dovrà accertare che le prestazioni dello strato finito soddisfino le richieste degli elaborati di progetto e siano conformi a quanto dichiarato prima dell'inizio dei lavori nella documentazione presentata dall'Impresa, ai sensi di quanto previsto all'articolo "Accettazione delle miscele". La metodologia di indagine impiegata dovrà essere tale da fornire, parametri di controllo identici, o comunque direttamente confrontabili, con quelli utilizzati nel calcolo della pavimentazione. A tale scopo, sono ammesse sia prove effettuate direttamente sullo strato (prove di carico su piastra), che prove effettuate sullo strato ricoperto.

Al momento della costruzione degli strati di pavimentazione sovrastanti, la media dei valori di portanza del misto cementato su ciascun tronco omogeneo, non dovrà essere inferiore a quella prevista in progetto. Per misure di portanza inferiori fino al 10%, rispetto ai valori di progetto, al misto cementato ed a tutti gli strati sovrastanti, viene applicata una detrazione del 10% del prezzo. Per carenze fino al 20%, al misto cementato ed a tutti gli strati sovrastanti viene applicata una detrazione del 20% del prezzo, mentre per carenze superiori al 20%, il tratto considerato deve essere demolito e ricostruito.

In alternativa alle misure di portanza, è ammesso il controllo basato sulla resistenza a compressione e sulla resistenza a trazione indiretta del materiale prelevato all'atto della stesa. La resistenza a compressione di ciascun prelievo sarà ottenuta come media dei valori di 4 provini, confezionati e portati a rottura secondo quanto previsto dal B.U. CNR N. 29. La resistenza a trazione indiretta di ciascun prelievo sarà ottenuta come media dei valori di 4 provini, confezionati secondo quanto previsto dal B.U. CNR N. 29 e portati a rottura secondo quanto previsto dal B.U. CNR N. 97.

I valori di resistenza, per ciascun tratto omogeneo, dovranno essere conformi a quanto indicato nella documentazione presentata prima dell'inizio dei lavori. Per valori di resistenza inferiori fino al 10%, rispetto ai valori di progetto, al misto cementato ed a tutti gli strati sovrastanti, viene applicata una detrazione del 10% del prezzo. Per carenze fino al 20%, al misto cementato ed a tutti gli strati sovrastanti viene applicata una detrazione del 20% del prezzo, mentre per carenze superiori al 20%, il tratto considerato deve essere demolito e ricostruito.

Se lo strato risulta già sanzionato per carenze dovute agli strati inferiori la detrazione verrà applicata solo per l'eventuale differenza, estesa agli strati sovrastanti.

### Art. 3.4

### FORMAZIONE DI STRATI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO A CALDO

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

Le miscele impiegate dovranno essere qualificate in conformità al Regolamento (UE) n. 305/2011 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 9 marzo 2011 che fissa le condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13108-1.





### Art. 3.4.1 Strati di base – Binder - Usura

#### Inerti

Gli aggregati lapidei, di primo impiego, costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo tradizionali. Gli aggregati di primo impiego risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi (trattenuti al crivello UNI n. 5), degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione.

L'aggregato grosso deve essere costituito da elementi ottenuti dalla frantumazione di rocce lapidee, da elementi naturali tondeggianti, da elementi naturali tondeggianti frantumati, da elementi naturali a spigoli vivi. Tali elementi potranno essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 1.

**Tabella 1 - AGGREGATO GROSSO**

Trattenuto al crivello UNI n. 5			Strato pavimentazione		
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione		
Parametro	Normativa	Unità di misura	Base	Binder	Usura
Resistenza alla frammentazione Los Angeles (*)	UNI EN 1097-2 CNR 34/73	%	□ 30	□ 30	□ 20
Micro Deval Umida (*)	UNI EN 1097-1 CNR 109/85	%	□ 25	□ 25	□ 15
Quantità di frantumato	-	%	□ 70	□ 80	100
Dimensioni max	UNI EN 933-1 CNR 23/71	mm	40	30	20
Sensibilità al gelo	UNI EN 1367-1 CNR 80/80	%	□ 30	□ 30	□ 30
Spogliamento	UNI EN 12697-11 CNR 138/92	%	□ 5	□ 5	0
Passante allo 0.0075	UNI EN 933-1 CNR 75/80	%	□ 1	□ 1	□ 1
Indice appiattimento	UNI EN 933-5 CNR 95/84	%		□ 30	□ 30
Porosità	CNR 65/78	%		□ 1,5	□ 1,5
CLA	UNI EN 1097-8 CNR 140/92	%			□ 40
(*) Uno dei due valori dei coeff. Los Angeles e Micro Deval Umida può risultare maggiore (fino a due punti) rispetto al limite indicato, purché la loro somma risulti inferiore o uguale alla somma dei valori limite indicati.					

Nello strato di usura la miscela finale degli aggregati deve contenere una frazione grossa di natura basaltica o porfirica, con CLA □ 43, pari almeno al 30% del totale.

In alternativa all'uso del basalto o del porfido si possono utilizzare inerti porosi naturali (vulcanici) od artificiali (argilla espansa "resistente" o materiali similari, scorie d'altoforno, loppe, ecc.) ad elevata rugosità superficiale (CLA □ 50) di pezzatura 5/15 mm, in percentuali in peso comprese tra il 20% ed il 30% del totale, ad eccezione dell'argilla espansa che deve essere di pezzatura 5/10 mm, con percentuale di impiego in volume compresa tra il 25% ed il 35% degli inerti che compongono la miscela.

L'aggregato fino deve essere costituito da elementi naturali e di frantumazione. A seconda del tipo di strada, gli aggregati fini per conglomerati bituminosi a caldo tradizionali devono possedere le caratteristiche riassunte nella Tabella 2.

**Tabella 2 - AGGREGATO FINO**

Trattenuto al crivello UNI n. 5			Strato pavimentazione		
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione		
Parametro	Normativa	Unità di misura	Base	Binder	Usura
Equivalente in Sabbia	UNI EN 933-8 CNR 27/72	%	□ 50	□ 60	□ 70
Indice di Plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	%	N.P.		
Limite Liquido	UNI CEN ISO/TS 17892-12	%	□ 25		
Passante allo 0.075	UNI EN 933-1 CNR 75/80	%		□ 2	□ 2
Quantità di frantumato	UNI EN 1097-1 CNR 109/85	%		□ 40	□ 50

Per aggregati fini utilizzati negli strati di usura il trattenuto al setaccio 2 mm non deve superare il 10 % qualora gli stessi provengano da rocce aventi un valore di CLA □□42. Il filler, frazione passante al setaccio 0,075 mm, proviene dalla frazione

A.T.I.



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:



Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

Prof. Ing. W. Salvatore  
Prof. Ing. N. Squeglia

PAGINA



fina degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti. In ogni caso il filler per conglomerati bituminosi a caldo tradizionali deve soddisfare i requisiti indicati in Tabella 3.

**Tabella 3 - FILLER**

Indicatori di qualità			Strato pavimentazione
Parametro	Normativa	Unità di misura	Base Binder Usura
Spogliamento	CNR 138/92	%	□ 5
Passante allo 0.18	UNI EN 933-1 CNR 23/71	%	100
Passante allo 0.075	UNI EN 933-1 CNR 75/80	%	□ 80
Indice di Plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12		N.P.
Vuoti Rigden	UNI EN 1097-7 CNR 123/88	%	30 - 45
Stiffening Power Rapporto filler/bitume = 1,5	UNI EN 13179-1 CNR 122/88	□ PA	□ 5

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione degli aggregati tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere rilasciata da un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

## Legante

Il legante deve essere costituito da bitume semisolido (tal quale) ed eventualmente da quello proveniente dal conglomerato riciclato additivato con ACF (attivanti chimici funzionali).

I bitumi sono composti organici costituiti sostanzialmente da miscele di idrocarburi, completamente solubili in solfuro di carbonio e dotati di capacità legante. A seconda della temperatura media della zona di impiego il bitume deve essere del tipo 50/70 oppure 80/100 con le caratteristiche indicate nella Tabella 4, con preferenza per il 50/70 per le temperature più elevate.

**Tabella 4 - BITUME**

Parametro	Normativa	Unità di misura	tipo 50/70	tipo 80/100
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426 CNR 24/71	dmm	50-70	80-100
Punto di rammollimento	UNI EN 1427 CNR 35/73	°C	46-56	40-44
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593 CNR43/74	°C	□ - 8	□ - 8
Solubilità	UNI EN 12592	%	□ 99	□ 99
Viscosità dinamica a 160°C, $\gamma=10 \text{ s}^{-1}$	UNI EN 13302-2	Pa • s	□ 0,15	□ 0,10
Valori dopo RTFOT	UNI EN 12607-1			
Volatilità	UNI EN 12607-1 CNR 54/77	%	□ 0,5	□ 0,5
Penetrazione residua a 25 °C	UNI EN 1426 CNR 24/71	%	□ 50	□ 50
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN 1427 CNR 35/73	°C	□ 9	□ 9

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del prodotto tramite certificazione attestante i requisiti indicati. Tale certificazione sarà rilasciata dal produttore o da un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

## Additivi

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, aggiunti all'aggregato o al bitume, consentono di migliorare le prestazioni dei conglomerati bituminosi.

Gli attivanti d'adesione, sostanze tensioattive che favoriscono l'adesione bitume – aggregato, sono additivi utilizzati per migliorare la durabilità all'acqua delle miscele bituminose.



Il loro dosaggio, da specificare obbligatoriamente nello studio della miscela, potrà variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto.

La scelta del tipo e del dosaggio di additivo dovrà essere stabilita in modo da garantire le caratteristiche di resistenza allo spogliamento e di durabilità all'azione dell'acqua riportate nella Tabella 1, Tabella 7 e Tabella 8. In ogni caso, l'attivante di adesione scelto deve presentare caratteristiche chimiche stabili nel tempo anche se sottoposto a temperatura elevata (180 °C) per lunghi periodi (15 giorni).

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso. La presenza ed il dosaggio degli attivanti d'adesione nel bitume, vengono verificati mediante la prova di separazione cromatografica su strato sottile.

**Gli attivanti chimici funzionali (ACF)** impiegati per rigenerare le caratteristiche del bitume invecchiato contenuto nel conglomerato bituminoso da riciclare devono avere le caratteristiche chimico-fisiche riportate nella Tabella 5.

Il dosaggio varia in funzione della percentuale di conglomerato riciclato e delle caratteristiche del bitume in esso contenuto.

Per determinare la quantità di ACF da impiegare si deve preventivamente calcolare la percentuale teorica del bitume nuovo da aggiungere con la seguente espressione:

$$P_n = P_t - (P_v \times P_r)$$

dove

$P_n$  = percentuale di legante nuovo da aggiungere riferita al totale degli inerti;

$P_t$  = percentuale totale di bitume nella miscela di inerti nuovi e conglomerato di riciclo;

$P_v$  = percentuale di bitume vecchio (preesistente) riferita al totale degli inerti;

$P_r$  = frazione di conglomerato riciclato rispetto al totale della miscela.

Il valore di  $P_t$  viene determinato con l'espressione:

$$P_t = 0,035 a + 0,045 b + c d + f$$

dove

$P_t$  = % di bitume in peso riferita alla miscela totale, espressa come numero intero;

$a$  = % di aggregato trattenuto al setaccio UNI 2 mm;

$b$  = % di aggregato passante al setaccio UNI 2 mm e trattenuto al setaccio 0,075 mm;

$c$  = % di aggregato passante al setaccio 0,075 mm;

$d$  = 0,15 per un passante al N. 200 compreso tra 11 e 15;

$d$  = 0,18 per un passante al N. 200 compreso tra 6 e 10;

$d$  = 0,20 per un passante al N. 200 □□6;

$f$  = parametro compreso normalmente fra 0,3 e 0,8, variabile in funzione dell'assorbimento degli inerti.

Si procede quindi a costruire in un diagramma viscosità (a 60 °C) percentuale di rigenerante (rispetto al legante nuovo) una curva di viscosità con almeno tre punti misurati:

$K$  = viscosità della miscela bitume estratto più bitume aggiunto nelle proporzioni determinate con le formule precedenti, senza rigenerante.

$M$  = viscosità della miscela bitume estratto più bitume aggiunto in cui una parte del bitume nuovo è sostituita dall'agente rigenerante nella misura del 10% in peso rispetto al bitume aggiunto.

$F$  = viscosità della miscela simile alla precedente in cui una parte del bitume nuovo è sostituita dall'agente rigenerante nella misura del 20% in peso rispetto al bitume aggiunto.

Da questo diagramma mediante interpolazione lineare è possibile dedurre, alla viscosità di 2000 Pa•s, la percentuale di rigenerante necessaria.

L'immissione degli ACF nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

La presenza degli ACF nel bitume viene accertata mediante la prova di separazione cromatografica su strato sottile.

## Tabella 5 - ATTIVANTI CHIMICI FUNZIONALI

A.T.I.			REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:			CONSULENZA:	PAGINA
MANDATARIA		MANDANTE					101
			Prof. Ing. A. Marradi   Prof. Ing S. Pagliara   Ing. M. Ascoli   Dott. P. Turin			Prof. Ing. W. Salvatore Prof. Ing. N. Squeglia	



Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Densità a 25/25°C	ASTM D - 1298		0,900 - 0,950
Punto di infiammabilità v.a.	ASTM D - 92	°C	200
Viscosità dinamica a 160°C, $\gamma=10s^{-1}$	SNV 671908/74	Pa • s	0,03 - 0,05
Solubilità in tricloroetilene	ASTM D - 2042	% in peso	99,5
Numero di neutralizzazione	IP 213	mg/KOH/g	1,5-2,5
Contenuto di acqua	ASTM D - 95	% in volume	1
Contenuto di azoto	ASTM D - 3228	% in peso	0,8-1,0

## Miscela

La miscela degli aggregati di primo impiego, da adottarsi per i diversi strati, deve avere una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati in Tabella 6.

La percentuale di legante totale (compreso il bitume presente nel conglomerato da riciclare), riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella 6.

**Tabella 6**

Serie crivelli e setacci UNI		Base	Binder	Usura		
				A	B	C
Crivello	40	100	-	-	-	-
Crivello	30	80-100	-	-	-	-
Crivello	25	70-95	100	100	-	-
Crivello	15	45-70	65-85	90-100	100	-
Crivello	10	35-60	55-75	70-90	70-90	100
Crivello	5	25-50	35-55	40-60	40-60	45-65
Setaccio	2	20-35	25-38	25-38	25-38	28-45
Setaccio	0,4	6-20	10-20	11-20	11-20	13-25
Setaccio	0,18	4-14	5-15	8-15	8-15	8-15
Setaccio	0,075	4-8	4-8	6-10	6-10	6-10
% di bitume		4,0-5,0	4,5-5,5	4,8-5,8	5,0-6,0	5,2-6,2

Per i tappeti di usura il fuso A è da impiegare per spessori superiori a 4 cm, il fuso B per spessori di 3 – 4 cm, il fuso C per spessori inferiori a 3 cm.

La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con metodo volumetrico. In via transitoria si potrà utilizzare, in alternativa, il metodo Marshall.

Le caratteristiche richieste per lo strato di base, il binder ed il tappeto di usura sono riportate in Tabella 7 e Tabella 8.

**Tabella 7 - METODO VOLUMETRICO**

		Strato pavimentazione		
Condizioni di prova	Unità di misura	Base	Binder	Usura
Angolo di rotazione		1.25° □ □ 0.02		
Velocità di rotazione	Rotazioni/min	30		
Pressione verticale	Kpa	600		
Diametro del provino	mm	150		
Risultati richiesti				
Vuoti a 10 rotazioni	%	10-14	10-14	10-14
Vuoti a 100 rotazioni (*)	%	3-5	3-5	4-6
Vuoti a 180 rotazioni	%	>2	>2	>2



Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	N/mm <sup>2</sup>			>0,6
Coefficiente di trazione indiretta a 25°C (**)	N/mm <sup>2</sup>			>50
Perdita di resistenza a trazione indiretta a 25°C dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	□ 25	□ 25	□ 25
(*) La densità ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con DG				
(**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria				

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

**Tabella 8 - METODO MARSHALL**

Condizioni di prova	Unità di misura	Strato pavimentazione		
		Base	Binder	Usura
Costipamento		75 colpi x faccia		
Risultati richiesti				
Stabilità Marshall	KN	8	10	11
Rigidità Marshall	KN/mm	>2,5	3-4,5	3-4,5
Vuoti residui (*)	%	4-7	4-6	3-6
Perdita di Stabilità Marshall dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	□ 25	□ 25	□ 25
Resistenza a trazione indiretta a 25 °C	N/mm <sup>2</sup>			> 0,7
Resistenza a trazione indiretta a 25 °C	N/mm <sup>2</sup>	□ 25	□ 25	> 70
(*) La densità Marshall viene indicata nel seguito con D <sub>M</sub>				

### Accettazione del materiale

L'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ciascun cantiere di produzione, la composizione delle miscele che intende adottare;

ciascuna composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati.

Una volta accettato da parte della Direzione Lavori lo studio della miscela proposto, l'Impresa deve attenersi rigorosamente.

Nella curva granulometrica sono ammessi scostamenti delle singole percentuali dell'aggregato grosso di  $\pm 5$  per lo strato di base e di  $\pm 3$  per gli strati di binder ed usura; sono ammessi scostamenti dell'aggregato fino (passante al crivello UNI n. 5) contenuti in  $\pm 2$ ; scostamenti del passante al setaccio UNI 0,075 mm contenuti in  $\pm 1,5$ . Per la percentuale di bitume è tollerato uno scostamento di  $\pm 0,25$ .

Tali valori devono essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate alla stesa, come pure dall'esame delle carote prelevate in sito, tenuto conto per queste ultime della quantità teorica del bitume di ancoraggio.

### Confezione delle miscele

Il conglomerato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.





La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante. L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso.

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere compresa tra 160°C e 180° C e quella del legante tra 150° C e 170° C, in rapporto al tipo di bitume impiegato.

Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

## Preparazione delle superfici di stesa

Prima della realizzazione di uno strato di conglomerato bituminoso è necessario preparare la superficie 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 una emulsione bituminosa a rottura lenta e bassa viscosità, applicata sopra uno strato in misto granulare prima della realizzazione di uno strato in conglomerato bituminoso. Scopo di tale lavorazione è quello di riempire i vuoti dello strato non legato irrigidendone la parte superficiale fornendo al contempo una migliore adesione per l'ancoraggio del successivo strato in conglomerato bituminoso.

Il materiale da impiegare a tale fine è rappresentato da una emulsione bituminosa cationica, le cui caratteristiche sono riportate in Tabella 9, applicata con un dosaggio di bitume residuo almeno pari a 1,0 Kg/m<sup>2</sup>.

**Tabella 9**

Indicatore di qualità	Normativa	Unità di misura	Cationica 55%
Polarità	CNR 99/84		positiva
Contenuto di acqua % peso	CNR 101/84	%	4 ± 2
Contenuto di bitume + flussante	CNR 100/84	%	55 ± 2
Flussante (%)	CNR 100/84	%	1-6
Viscosità Engler a 20 °C	CNR 102/84	°E	2-6
Sedimentazione a 5 g	CNR 124/88	%	< 5
Residuo bituminoso			
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426 CNR 24/71	dmm	> 70
Punto di rammollimento	UNI EN 1427 CNR 35/73	°C	> 30

Per mano d'attacco si intende una emulsione bituminosa a rottura media oppure rapida (in funzione delle condizioni di utilizzo), applicata sopra una superficie di conglomerato bituminoso prima della realizzazione di un nuovo strato, avente lo scopo di evitare possibili scorrimenti relativi aumentando l'adesione all'interfaccia.

Le caratteristiche ed il dosaggio del materiale da impiegare variano a seconda che l'applicazione riguardi la costruzione di una nuova sovrastruttura oppure un intervento di manutenzione.

Nel caso di nuove costruzioni, il materiale da impiegare è rappresentato da una emulsione bituminosa cationica (al 60 % oppure al 65 % di legante), le cui caratteristiche sono riportate in Tabella 10, dosata in modo che il bitume residuo risulti pari a 0.30 Kg/m<sup>2</sup>.

**Tabella 10**

Indicatore di qualità	Normativa	Unità di misura	Cationica 60%	Cationica 65%
Polarità	CNR 99/84		positiva	positiva

A.T.I.



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:



Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W. Salvatore  
Prof. Ing. N. Squeglia

104



Contenuto di acqua % peso	CNR 101/84	%	40 ± 2	3 ± 2
Contenuto di bitume + flussante	CNR 100/84	%	60 ± 2	65 ± 2
Flussante (%)	CNR 100/84	%	1-4	1-4
Viscosità Engler a 20 °C	CNR 102/84	°E	5-10	15-20
Sedimentazione a 5 g	CNR 124/88	%	< 8	< 8
Residuo bituminoso				
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426 CNR 24/71	dmm	> 70	> 70
Punto di ramollimento	UNI EN 1427 CNR 35/73	°C	> 40	> 40

Qualora il nuovo strato venga realizzato sopra una pavimentazione esistente è suggerito, in particolare per autostrade e strade extraurbane principali, l'utilizzo di una emulsione bituminosa modificata avente le caratteristiche riportate in Tabella 11, dosata in modo che il bitume residuo risulti pari a 0.35 Kg/m<sup>2</sup>.

Prima della stesa della mano d'attacco l'Impresa dovrà rimuovere tutte le impurità presenti e provvedere alla sigillatura di eventuali zone porose e/o fessurate mediante l'impiego di una malta bituminosa sigillante.

**Tabella 11**

Indicatore di qualità	Normativa	Unità di misura	Modificata 70%
Polarità	CNR 99/84		positiva
Contenuto di acqua % peso	CNR 101/84	%	30 ± 1
Contenuto di bitume + flussante	CNR 100/84	%	70 ± 1
Flussante (%)	CNR 100/84	%	0
Viscosità Engler a 20 °C	CNR 102/84	°E	> 20
Sedimentazione a 5 g	CNR 124/88	%	< 5
Residuo bituminoso			
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426 CNR 24/71	dmm	50-70
Punto di ramollimento	UNI EN 1427 CNR 35/73	°C	> 65
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	%	> 75

Nel caso di stesa di conglomerato bituminoso su pavimentazione precedentemente fresata, è ammesso l'utilizzo di emulsioni bituminose cationiche e modificate maggiormente diluite (fino ad un massimo del 55 % di bitume residuo) a condizione che gli indicatori di qualità (valutati sul bitume residuo) e le prestazioni richieste rispettino gli stessi valori riportati rispettivamente nella Tabella 10 e nella Tabella 11.

Ai fini dell'accettazione del legante per mani d'attacco, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del prodotto tramite certificazione attestante i requisiti indicati ed a produrre copia dello studio prestazionale eseguito con il metodo ASTRA rilasciato dal produttore.

### **Posa in opera delle miscele.**

La posa in opera dei conglomerati bituminosi verrà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

Le vibrofinitrici devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente.

Qualora ciò non sia possibile il bordo della striscia già realizzata deve essere spalmato con emulsione bituminosa cationica per assicurare la saldatura della striscia successiva.

Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere devono essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzerramento.



La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno 20 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa deve avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci e comunque sempre dotati di telone di copertura per evitare i raffreddamenti superficiali eccessivi e formazione di crostoni.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa controllata immediatamente dietro la finitrice deve risultare in ogni momento non inferiore a 140° C.

La stesa dei conglomerati deve essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

Gli strati eventualmente compromessi devono essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'Impresa.

La compattazione dei conglomerati deve iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento deve essere realizzato preferibilmente con rulli gommati.

Per gli strati di base e di binder possono essere utilizzati anche rulli con ruote metalliche vibranti e/o combinati, di idoneo peso e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

Per lo strato di usura può essere utilizzato un rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 15t.

Si avrà cura inoltre che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso. La superficie degli strati deve presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni.

Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

La miscela bituminosa dello strato di base verrà stesa dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza della fondazione ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

Prima della stesa del conglomerato bituminoso su strati di fondazione in misto cementato deve essere rimossa, per garantirne l'ancoraggio, la sabbia eventualmente non trattenuta dall'emulsione stesa precedentemente a protezione del misto cementato stesso. Nel caso di stesa in doppio strato essi devono essere sovrapposti nel più breve tempo possibile. Qualora la seconda stesa non sia realizzata entro le 24 ore successive tra i due strati deve essere interposta una mano di attacco di emulsione bituminosa in ragione di 0,3 Kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo.

La miscela bituminosa del binder e del tappeto di usura verrà stesa sul piano finito dello strato sottostante dopo che sia stata accertata dalla Direzione dei Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

### Controlli

I controlli si differenziano in funzione del tipo di strada.

Il controllo della qualità dei conglomerati bituminosi e della loro posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

### Art. 3.5

#### TAPPETO D'USURA IN CONGLOMERATO BITUMINOSO COLORATO

### Descrizione

Un conglomerato bituminoso, confezionato con un legante neutro, permette di ottenere una pavimentazione avente un aspetto naturale ed architettonico, un elevato valore ambientale (strade urbane, zone pedonali, marciapiedi, strade private, piste ciclabili, parcheggi, campi sportivi ecc.), migliorando la sicurezza del traffico in zone a rischio (aree di sosta, incroci, corsie di emergenza, ecc.) e la visibilità della superficie stradale (gallerie, ecc.).

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:

OP INGENNERIA S.R.L.  
Società di Ingegneria Civile  
info@opingenneria.com - www.opingenneria.com  
Viale San Concordio, 1160 - 55100 LUCCA  
Tel.: 0583 381194 - P.IVA: 0248862458

Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing. S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
Salvatore  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

106



## Aggregati

L'aggregato grosso, con dimensioni (frazione > 4mm) 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 petrografia diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella seguente tabella:

Prova	Valore	Norma
Coefficiente Los Angeles	≤ 24 %	UNI EN 1097-2 CNR 34/73
Quantità di frantumato	100 %	\

Gli inerti dovranno essere di provenienza o natura petrografia tale da garantire le colorazioni richieste in fase di progetto.

La percentuale delle sabbie derivanti da frantumazione, che costituiscono parte dell'aggregato fino (frazione < 4mm), viene di volta in volta stabilita dalla Direzione dei Lavori. Non deve comunque essere inferiore al 70%. La restante parte è costituita da sabbie naturali di fiume.

Prova	Valore	Norma
Equivalente in sabbia	≥ 65 %	UNI EN 933-8 CNR 27/72

## Additivo minerale

Qualora l'additivo minerale, proveniente dagli aggregati utilizzati per comporre la miscela di aggregati, dovrà essere integrato con dell'additivo derivante dalla macinazione di rocce e deve essere preferibilmente costituito da cemento o carbonato di calcio. L'additivo di integrazione dovrà soddisfare le seguenti specifiche.

Prova	Valore	Norma
Potere rigidificante - rapporto filler/bitume	1,2 ÷ 1,8	CNR 122/88
Passante in peso per via umida:		
Setaccio UNI 0.4 mm	100 %	UNI EN 933-1 CNR 75/80*
Setaccio UNI 0.18 mm	100 %	UNI EN 933-1 CNR 75/80*
Setaccio UNI 0.075 mm	85 %	UNI EN 933-1 CNR 75/80*

## Legante

Come legante, dovrà essere utilizzato un Legante Neutro. La quantità di legante sul peso totale degli inerti, dovrà essere compreso tra il 5% ÷ 6% ± 0,25, in relazione alla curva granulometrica utilizzata.

Il legante è composto da due fasi, una solida ed una liquida. La fase solida va aggiunta per prima e richiede almeno 20 sec. di miscelazione con gli inerti caldi, dopodiché si aggiunge la fase liquida e si lascia miscelare per non meno di 20 sec.

Prova	Valore	Norma
Specifiche tecniche	Standard	Valori
Penetrazione a 25 °C	ASTM D 5	55 - 75
Punto di rammollimento °C	ASTM D 36	55 - 65
Punto di rottura (Fraass) °C	UNI EN 12593	≤ - 12

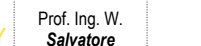
A.T.I.



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:



Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing. S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin



CONSULENZA:

Prof. Ing. W. Salvatore  
Prof. Ing. N. Squeglia

PAGINA

107



Viscosità dinamica a 160 °C (Pa s)	UNI EN 13302	0,20 - 0,60
------------------------------------	--------------	-------------

**Miscela**

La miscela di aggregati lapidei dovrà presentare salvo differente richiesta della Direzioni dei Lavori, una composizione granulometrica compresa all'interno dei due fusi di riferimento indicati nella seguente tabella:

STRATO DI USURA LEGANTE NEUTRO	
Serie crivelli e setacci UNI	% Passante
Setaccio 15	100
Setaccio 10	70 - 90
Setaccio 5	40 - 60
Setaccio 2	25 - 38
Setaccio 0.4	10 - 20
Setaccio 0.18	8 - 15
Setaccio 0.075	6 - 10

Il conglomerato confezionato dovrà garantire i seguenti requisiti:

Prova	Valore	Norma
Stabilità Marshall	$\geq 900$ daN	UNI EN 12697-34 CNR 30/73
Stabilità Marshall Stabilità/Scorrimento	$\geq 300$ daN/mm	UNI EN 12697-34 CNR 30/73
Scorrimento Marshall	2mm. ÷ 5 mm	UNI EN 12697-34 CNR 30/73
Vuoti residui	3% ÷ 6 %	UNI EN 12697-8 CNR 39/73
Stabilità Marshall dopo 7 gg. di immersione in acqua	$\geq 75\%*$	UNI EN 12697-34 CNR 149/92

\* il valore deve essere inteso rispetto la prova Marshall tradizionale

**Confezionamento dei conglomerati bituminosi**

Devono essere utilizzati impianti fissi, automatizzati e di tipo discontinuo, approvati dalla Direzione dei Lavori, d'idonee caratteristiche, mantenuti perfettamente funzionanti con una costante e mirata manutenzione.

L'impianto deve essere di potenzialità produttiva proporzionata alle esigenze di produzione, deve inoltre garantire uniformità del prodotto ed essere in grado di produrre miscele rispondenti alle specifiche del progetto. L'Appaltatore dovrà avere un approvvigionamento costante e monitorato di tutti i materiali necessari.

La temperatura di stoccaggio degli aggregati lapidei al momento della miscelazione deve essere garantita (compresa tra i 130°C e i 150°C). Dopo che è avvenuto lo scarico degli aggregati nel mescolatore, dovrà essere aggiunto il legante neutro.

L'immissione del legante neutro deve avvenire mediante dispositivi meccanici servo assistiti collegati all'impianto di produzione, in modo tale da garantire con precisione la quantità prevista, anche in presenza di variazioni della quantità della miscela prodotta. Qualora non fosse possibile disporre l'impianto di un sistema automatizzato, sarà possibile aggiungere il





legante manualmente attraverso lo sportello del mescolatore all'impianto, solo dopo approvazione da parte della Direzione dei Lavori.

La produzione del conglomerato bituminoso neutro dovrà avvenire rispettando lo schema seguente:

1. scarico degli inerti nel mescolatore;
2. aggiunta della quantità prestabilita di legante neutro (fase solida);
3. lasciare mescolare per non meno di 20";
4. aggiunta della quantità prestabilita di legante neutro (fase liquida);
5. lasciare mescolare per non meno di 20";
6. scaricare il conglomerato.

Risulta molto importante, prima di iniziare la produzione del conglomerato neutro, pulire al meglio il mescolatore ed il silos di stoccaggio dalle tracce di bitume nero che potrebbero in qualche modo inquinare il colore neutro finale del conglomerato. Tale pulizia può essere eseguita effettuando alcune mescole utilizzando esclusivamente gli inerti caldi senza l'aggiunta di nessun tipo di legante, sino a quando gli inerti che escono dal mescolatore risultano perfettamente puliti.

Tutti i prodotti e/o materiali impiegati, qualora possano essere dotati di marcatura CE secondo la normativa tecnica vigente, dovranno essere muniti di tale marchio.

### Art. 3.6

#### TRATTAMENTI SUPERFICIALI

Immediatamente prima di dare inizio ai trattamenti superficiali di prima o di seconda mano, l'Impresa delimiterà i bordi del trattamento con un arginello in sabbia onde ottenere i trattamenti stessi profilati ai margini.

Ultimato il trattamento resta a carico dell'Impresa l'ulteriore profilatura mediante asportazione col piccone delle materie esuberanti e colmatura delle parti mancanti col pietrischetto bituminoso.

##### Art. 3.6.1 Trattamento con emulsione a freddo

Preparata la superficie da trattare, si procederà all'applicazione dell'emulsione bituminosa al 55%, in ragione, di norma, di kg 3 per metro quadrato.

Tale quantitativo dovrà essere applicato in due tempi.

In un primo tempo sulla superficie della massicciata dovranno essere sparsi kg 2 di emulsione bituminosa e  $\text{dm}^3$  12 di graniglia da mm 10 a mm. 15 per ogni metro quadrato.

In un secondo tempo, che potrà aver luogo immediatamente dopo, verrà sparso sulla superficie precedente il residuo di kg 1 di emulsione bituminosa e  $\text{dm}^3$  8 di graniglia da mm 5 a mm 10 per ogni metro quadrato.

Allo spargimento della graniglia seguirà una leggera rullatura, da eseguirsi preferibilmente con rullo compressore a tandem, per ottenere la buona penetrazione della graniglia negli interstizi superficiali della massicciata.

Lo spargimento dell'emulsione dovrà essere eseguito con spanditrici a pressione che garantiscano l'esatta ed uniforme distribuzione, sulla superficie trattata, del quantitativo di emulsione prescritto per ogni metro quadrato di superficie nonché, per la prima applicazione, la buona penetrazione nel secondo strato della massicciata fino a raggiungere la superficie del primo, si da assicurare il legamento dei due strati.

Lo spandimento della graniglia o materiale di riempimento dovrà essere fatto con adatte macchine che assicurino una distribuzione uniforme.

Per il controllo della qualità del materiale impiegato si preleveranno i campioni con le modalità stabilite precedentemente.

Indipendentemente da quanto possa risultare dalle prove di laboratorio e dal preventivo benessere da parte della Direzione dei Lavori sulle forniture delle emulsioni, l'Impresa resta sempre contrattualmente obbligata a rifare tutte quelle applicazioni



che, dopo la loro esecuzione, non abbiano dato soddisfacenti risultati, e che sotto l'azione delle piogge abbiano dato segni di rammollimento, stemperamento o si siano dimostrate soggette a facile asportazione mettendo a nudo la sottostante massiciata.

#### **Art. 3.6.2 Trattamento con bitume a caldo**

Il trattamento con bitume a caldo, su pavimentazioni bitumate, sarà fatto utilizzando almeno 1 Kg/m<sup>2</sup> di bitume, dopo una accurata ripulitura, fatta esclusivamente a secco, della pavimentazione esistente.

Gli eventuali rappezzi che si rendessero necessari, saranno eseguiti con la stessa tecnica a cura e spese dell'Impresa.

L'applicazione di bitume a caldo sarà eseguita sul piano viabile perfettamente asciutto ed in periodo di caldo secco.

Ciò implica che i mesi più favorevoli sono quelli da maggio a settembre e che in caso di pioggia il lavoro si debba sospendere.

Il bitume sarà riscaldato a temperatura fra 160°C e 180°C entro adatte caldaie che permettono il controllo della temperatura stessa.

L'applicazione dovrà essere fatta mediante spanditrice a pressione in modo tale da garantire l'esatta distribuzione con perfetta uniformità su ogni metro quadrato del quantitativo di bitume prescritto.

Con tale applicazione, debitamente ed immediatamente ricoperta di graniglia di pezzatura corrispondente per circa il 70% alle massime dimensioni prescritte ed in quantità di circa m<sup>3</sup> 1,20 per 100 m<sup>2</sup>, dovrà costituirsi il manto per la copertura degli elementi pietrosi della massiciata precedentemente trattata con emulsione bituminosa.

Allo spandimento della graniglia seguirà una prima rullatura con rullo leggero e successivamente altra rullatura con rullo di medio tonnellaggio, non superiore alle t. 14, in modo da ottenere la buona penetrazione del materiale nel bitume.

Per il controllo della qualità del materiale impiegato, si preleveranno i campioni con le modalità prescritte.

Verificandosi in seguito affioramenti di bitume ancora molle, l'Impresa provvederà, senza ulteriore compenso, allo spandimento della conveniente quantità di graniglia nelle zone che lo richiedano, procurando che essa abbia ad incorporarsi nel bitume a mezzo di adatta rullatura leggera, in modo da saturarla completamente.

L'Impresa sarà obbligata a rifare, a sua cura, tutte quelle parti della pavimentazione che per cause qualsiasi dessero indizio di cattiva o mediocre riuscita e cioè presentassero accentuate deformazioni della sagoma stradale, ovvero ripetute abrasioni superficiali non giustificate dalla natura e dalla intensità del traffico.

La Stazione Appaltante si riserva la facoltà di variare le modalità esecutive di applicazione del bitume a caldo, senza che per questo l'Appaltatore possa sollevare eccezioni ed avanzare particolari richieste di compensi.

Tanto nei trattamenti di prima mano con emulsione bituminosa, quanto in quelli di seconda mano con bitume a caldo, l'Impresa è obbligata a riportare sul capostrada la graniglia eventualmente non incorporata. Quella che decisamente non può essere assorbita andrà raccolta e depositata nelle piazzole, rimanendo di proprietà della Stazione Appaltante.

Gli oneri di cui sopra sono compresi e compensati nei prezzi di Elenco e pertanto nessun maggior compenso spetta all'Impresa per tale titolo.

#### **Art. 3.6.3 Trattamento a caldo con bitume liquido**

Il bitume liquido da impiegare per esecuzione di trattamenti dovrà essere quello ottenuto con flussaggio di bitume a penetrazione 100 ÷ 120 e costituito, se di tipo 150/300 per almeno l'80% da bitume, se di tipo 350/700 per almeno l'85% da bitume e per la restante parte, in ambedue i casi, da olio di catrame.

I bitumi liquidi, da impiegarsi per l'esecuzione di trattamenti superficiali, dovranno avere le caratteristiche prescritte dal fascicolo n. 7 delle norme del C.N.R del 1957.

Il tipo di bitume liquido da impiegarsi sarà prescritto dalla Direzione dei Lavori tenendo conto che per la temperatura ambiente superiore ai 15°C si dovrà dare la preferenza al bitume liquido 350/700, mentre invece con temperatura ambiente inferiore dovrà essere impiegato quello con viscosità 150/300.

In nessun caso si dovrà lavorare con temperature ambienti inferiori agli 8°C. Con le consuete modalità si procederà al prelievo dei campioni prima dell'impiego, i quali verranno sottoposti all'analisi presso Laboratori Ufficiali.



Il vecchio manto bituminoso dovrà essere sottoposto ad una accurata operazione di depolverizzazione e raschiatura della superficie, mediante spazzoloni, scope metalliche e raschietti.

Preparata la tratta da sottoporre a trattamento sarà distribuito sulla superficie, con distribuzione a pressione, il bitume liquido nella quantità media di 1 Kg/m<sup>2</sup> previo suo riscaldamento a temperatura tra i 100°C e 110°C entro adatti apparecchi che permettano il controllo della temperatura stessa.

La distribuzione del bitume dovrà avvenire con perfetta uniformità su ogni metro quadrato nel quantitativo di bitume prescritto.

Dovranno evitarsi in modo assoluto le chiazze e gli eccessi di bitume, rimanendo stabilito che le aree così trattate dovranno essere raschiate e sottoposte a nuovo trattamento a totale spesa dell'Impresa.

Immediatamente dopo lo spandimento del bitume, la superficie stradale dovrà essere ricoperta con pietrischetto in ragione di litri 20 per metro quadrato, di cui litri 17 dovranno essere di pezzatura rigorosa da mm 16 a mm 18 e litri 3 di graniglia da mm 2 a mm 4.

Pertanto, gli ammannimenti rispettivi di pietrischetto e di graniglia su strada, dovranno essere fatti a cumuli alternati rispondenti singolarmente alle diverse pezzature e nei volumi rispondenti ai quantitativi fissati.

I quantitativi di pietrischetto e di graniglia così ammanniti verranno controllati con apposite misurazioni da eseguirsi prima dell'inizio della bitumatura.

Il pietrischetto della pezzatura più grossa verrà sparso uniformemente sulla superficie bitumata ed in modo che gli elementi siano fra di loro a stretto contatto.

Dopo pochi passaggi di rullo pesante si procederà al conguaglio delle eventuali irregolarità di sparsa del pietrischetto suddetto, facendo le opportune integrazioni e, quindi, si procederà allo spargimento della graniglia minuta ad intasamento dei vuoti rimasti fra gli elementi del pietrischetto precedentemente sparso.

Allo spandimento completo del pietrischetto e della graniglia seguirà la rullatura con rullo pesante, in modo da ottenere la buona penetrazione del materiale nel bitume.

Si dovrà aver cura che il pietrischetto e la graniglia, all'atto dello spargimento, siano bene asciutti ed in precedenza riscaldati dal sole rimanendo vietato l'impiego di materiale umido.

I tratti sottoposti a trattamento dovranno rimanere chiusi al traffico per almeno 18 ore.

L'Impresa provvederà a sua cura e spese all'apposizione di cartelli di segnalazione, cavalletti, ecc., occorrenti per la chiusura al traffico delle estese trattate.

Il pietrischetto, che risulterà non incorporato nel bitume, per nessun motivo potrà essere impiegato in trattamenti di altre estese di strada.

Infine l'Impresa provvederà, con i propri operai, alla esatta profilatura dei bordi della nuova pavimentazione, al ricollocamento in opera delle punteggiature marginali spostate dal compressore, nonché alla raschiatura ed eventuale pulitura di zanelle, di cordonate, di marciapiedi, imbrattati durante l'esecuzione dei lavori, essendo tali oneri stati compresi nella determinazione dei prezzi di Elenco.

Si pattuisce che quelle aree di trattamento che in prosieguo di tempo risultassero difettose, ovvero prive di penetrazione di pietrischetto e di graniglia, saranno dall'Appaltatore sottoposte, a totale sua spesa, ad un nuovo ed analogo trattamento.

### Art 3.7

#### OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO ARMATO E CEMENTO ARMATO PRECOMPRESSO

Nell'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso l'Appaltatore dovrà attenersi strettamente a tutte le norme vigenti per l'accettazione dei cementi e per l'esecuzione delle opere in conglomerato cementizio e a struttura metallica (D.M. 17 gennaio 2018 e D.P.R. 380/2001 e s.m.i.).

Nella formazione dei conglomerati di cemento si deve avere la massima cura affinché i componenti riescano intimamente mescolati, bene incorporati e ben distribuiti nella massa.

A.T.I.



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:

DP INGENGERIA S.R.L.  
Società di Ingegneria Civile  
info@dpingegneria.com - www.dpingegneria.com  
Viale San Concordio, 1160 - 55100 LUCCA  
Tel.: 0583 381194 - P.IVA: 0248862408

Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
Salvatore  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

111



Gli impasti debbono essere preparati soltanto nella quantità necessaria per l'impiego immediato e cioè debbono essere preparati di volta in volta e per quanto possibile in vicinanza del lavoro.

Per ogni impasto si devono misurare le quantità dei vari componenti, in modo da assicurare che le proporzioni siano nella misura prescritta, mescolando da prima a secco il cemento con la sabbia, poi questa con la ghiaia o il pietrisco ed in seguito aggiungere l'acqua con ripetute aspersioni, continuando così a rimescolare l'impasto finché assuma l'aspetto di terra appena umida.

Costruito ove occorra il cassero per il getto, si comincia il versamento del calcestruzzo che deve essere battuto fortemente a strati di piccola altezza finché l'acqua affiori in superficie. Il getto sarà eseguito a strati di spessore non superiore a 15 cm.

Contro le pareti dei casseri, per la superficie in vista, si deve disporre della malta in modo da evitare per quanto sia possibile la formazione di vani e di ammanchi.

I casseri occorrenti per le opere di getto debbono essere sufficientemente robusti da resistere senza deformarsi alla spinta laterale dei calcestruzzi durante la pigiatura.

Quando sia ritenuto necessario, i conglomerati potranno essere vibrati con adatti mezzi. I conglomerati con cemento ad alta resistenza è opportuno che vengano vibrati. La vibrazione deve essere fatta per strati di conglomerato dello spessore che verrà indicato dalla Direzione dei lavori e comunque non superiore a 15 cm ed ogni strato non dovrà essere vibrato oltre un'ora dopo il sottostante.

I mezzi da usarsi per la vibrazione potranno essere interni (vibratori a lamiera o ad ago) ovvero esterni da applicarsi alla superficie esterna del getto o alle casseforme.

I vibratori interni sono in genere più efficaci, si deve però evitare che essi provochino spostamenti nelle armature.

La vibrazione superficiale viene di regola applicata alle solette di piccolo e medio spessore (massimo 20 cm).

Quando sia necessario vibrare la cassaforma è consigliabile fissare rigidamente il vibratore alla cassaforma stessa che deve essere opportunamente rinforzata. Sono da consigliarsi vibratori a frequenza elevata (da 4.000 a 12.000 cicli al minuto ed anche più).

I vibratori interni vengono immersi nel getto e ritirati lentamente in modo da evitare la formazione dei vuoti; nei due percorsi si potrà avere una velocità media di 8-10 cm/sec; lo spessore del singolo strato dipende dalla potenza del vibratore e dalla dimensione dell'utensile.

Il raggio di azione viene rilevato sperimentalmente caso per caso e quindi i punti di attacco vengono distanziati in modo che l'intera massa risulti lavorata in maniera omogenea (distanza media 50 cm).

Si dovrà mettere particolare cura per evitare la segregazione del conglomerato; per questo esso dovrà essere asciutto con la consistenza di terra umida debolmente plastica.

La granulometria dovrà essere studiata anche in relazione alla vibrazione: con malta in eccesso si ha sedimentazione degli inerti in strati di diversa pezzatura, con malta in difetto si ha precipitazione della malta e vuoti negli strati superiori.

La vibrazione non deve prolungarsi troppo, di regola viene sospesa quando appare in superficie un lieve strato di malta omogenea ricca di acqua.

Man mano che una parte del lavoro è finita, la superficie deve essere periodicamente inaffiata affinché la presa avvenga in modo uniforme, e, quando occorra, anche coperta con sabbia o tela mantenuta umida per proteggere l'opera da variazioni troppo rapide di temperatura.

Le riprese debbono essere, per quanto possibile, evitate.

Quando siano veramente inevitabili, si deve umettare bene la superficie del conglomerato eseguito precedentemente se questo è ancora fresco; dove la presa sia iniziata o fatta si deve raschiare la superficie stessa e prima di versare il nuovo conglomerato, applicare un sottile strato di malta di cemento e sabbia nelle proporzioni che, a seconda della natura dell'opera, saranno di volta in volta giudicate necessarie dalla Direzione dei Lavori, in modo da assicurare un buon collegamento dell'impasto nuovo col vecchio. Si deve fare anche la lavatura se la ripresa non è di fresca data.

In tutti i casi il conglomerato deve essere posto in opera per strati disposti normalmente agli sforzi dai quali la massa muraria di calcestruzzo è sollecitata.



Quando l'opera venga costruita per tratti o segmenti successivi, ciascuno di essi deve inoltre essere formato e disposto in guisa che le superfici di contatto siano normali alla direzione degli sforzi a cui la massa muraria, costituita dai tratti o segmenti stessi, è assoggettata.

Le pareti dei casseri di contenimento del conglomerato di getto possono essere tolte solo quando il conglomerato abbia raggiunto un grado di maturazione sufficiente a garantire che la solidità dell'opera non abbia per tale operazione a soffrirne neanche minimamente.

Per lavori da eseguirsi con smalto cementizio in presenza di acqua marina, si debbono usare tutte le cure speciali atte particolarmente ad impedire la penetrazione di acqua di mare nella massa cementizia.

Per il cemento armato da eseguirsi per opere lambite dalle acque marine ovvero da eseguirsi sul litorale marino ovvero a breve distanza dal mare, l'armatura metallica dovrà essere posta in opera in modo da essere protetta da almeno uno spessore di 4 centimetri di calcestruzzo, e le superfici esterne delle strutture in cemento armato dovranno essere boiaccate.

Per il cemento armato precompresso si studieranno la scelta dei componenti e le migliori proporzioni dell'impasto con accurati studi preventivi di lavori.

Per le opere in cemento armato precompresso devono essere sempre usati, nei calcestruzzi, cementi ad alta resistenza con le prescritte caratteristiche degli inerti da controllarsi continuamente durante la costruzione, impasti e dosaggi da effettuarsi con mezzi meccanici, acciai di particolari caratteristiche meccaniche, osservando scrupolosamente in tutto le norme di cui al D.M. 17 gennaio 2018 e al D.P.R. 380/2001 e s.m.i.

Qualunque sia l'importanza delle opere da eseguire in cemento armato, all'Appaltatore spetta sempre la completa ed unica responsabilità della loro regolare ed esatta esecuzione in conformità del progetto appaltato e degli elaborati di esecutivi che gli saranno consegnati mediante ordini di servizio dalla Direzione dei Lavori in corso di appalto e prima dell'inizio delle costruzioni.

L'Appaltatore dovrà avere a disposizione per la condotta effettiva dei lavori un ingegnere competente per i lavori in cemento armato, il quale risiederà sul posto per tutta la durata dei lavori medesimi. Spetta in ogni caso all'Appaltatore la completa ed unica responsabilità della regolare ed esatta esecuzione delle opere in cemento armato.

Le prove di carico verranno eseguite a spese dell'Appaltatore e le modalità di esse saranno fissate dalla Direzione dei Lavori, tenendo presente che tutte le opere dovranno essere atte a sopportare i carichi fissati nelle norme sopra citate.

Le prove di carico non si potranno effettuare prima di 50 giorni dall'ultimazione del getto.

### Art. 3.8

## DIFESA IDRAULICA DEL CORPO STRADALE

### 3.8.1 Smaltimento acque meteoriche

Le opere complementari per la raccolta delle acque meteoriche, saranno essenzialmente costituite da caditoie in cls cementizio delle dimensioni di cm 40x40, le stesse saranno dotate di apposita griglia a feritoie in ghisa, posata sulla sede veicolare tramite telaio sagomato, con interposizione di corona in laterizio per consentire variazioni di quota.

Ove possibile le caditoie saranno direttamente allacciate ai collettori bianchi mediante idonee tubazioni, tali tubazioni saranno posate su letto in sabbia granita dello spessore sufficiente e cappa di protezione in cls cementizio.

### 3.8.2 Pozzetti e caditoie

Le caditoie stradali sono dispositivi opportunamente sagomate che raccolgono le acque defluenti nelle cunette poste ai lati delle strade o ai bordi di superfici scolanti. Le caditoie sono costituite da un pozzetto di raccolta interrato ispezionabile e manutenibile con un dispositivo di coronamento (griglia) o di chiusura (chiusino).

I pozzetti di raccolta delle acque sono costruiti in opera o sono prefabbricati. I pozzetti in opera possono essere realizzati in muratura o con conglomerato cementizio; le dimensioni e le caratteristiche dei materiali sono descritte negli elaborati di progetto.

I pozzetti in C.A.V. devono essere in conglomerato cementizio armato e vibrato ed avere le seguenti caratteristiche:

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:

DP INGENNERIA S.R.L.  
Società di Ingegneria Civile  
info@dpingegneria.com - www.dpingegneria.com  
Viale San Concordio, 1160 - 55100 LUCCA  
Tel.: 0583 381194 - P.IVA: 02488624048

Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing. S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
Salvatore  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

113





- uso di conglomerati di classe non inferiore a Rck  $\geq 30$  N/mm<sup>2</sup>;
- armatura con rete elettrosaldata in fili di acciaio del diametro e maglia adeguati;
- spessore delle pareti dei pozzetti non inferiore a 6,5 cm;
- predisposizione per l'innesto di tubazioni.

### 3.8.3 Griglie e chiusini

Le griglie ed i chiusini vengono impiegati a protezione di pozzetti e canalette. Tutti gli elementi costruttivi devono essere conformi alle norme UNI EN 124.

Sui pozzetti per i quali sia previsto l'eventuale accesso di persone per lavori di manutenzione o similari, il passo d'uomo deve avere diametro superiore a 600 mm.

Le superfici di contatto tra griglia e telaio dovranno essere piane, sagomate in modo che la griglia appoggi con perfetta aderenza, si trovi a perfetto filo e non abbia gioco alcuno con il telaio.

La posa dovrà essere effettuata a "regola d'arte" in modo che il telaio sia in appoggio su tutta la superficie della cameretta prefabbricata ed affogato in boiacca di cemento.

Il chiusino di ispezione in ghisa a grafite sferoidale (secondo le norme UNI EN 1563) dovrà essere a tenuta stagna, con resistenza a rottura maggiore di 400 KN (40 t) e conforme alla norma UNI EN 124.

Il telaio avrà sagoma quadrata di lato, o sagoma rotonda, con fori ed asole di fissaggio, munito di guarnizione antibasculamento ed autocentrante in elastomero ad alta resistenza, alloggiata in apposita sede.

Il suggello di chiusura sarà circolare con sistema di apertura su rotula di appoggio e tale che in posizione di chiusura non vi sia contatto tra la rotula ed il telaio al fine di evitare l'ossidazione, con bloccaggio di sicurezza a 90 gradi che ne eviti la chiusura accidentale, disegno antisdrucchiolo e marcatura UNI EN 124 sulla superficie superiore.

A richiesta della Direzione Lavori dovranno essere eseguite le prove di trazione su provetta, prova di durezza Brinell e prova di carico che vengono regolate dalla norma UNI EN ISO 6892-1.

Griglie, chiusini ed i rispettivi telai di appoggio devono portare una marcatura leggibile e durevole, indicante la norma di riferimento, la classe corrispondente, la sigla e/o il nome del fabbricante.

La tipologia e le dimensioni sono indicate negli elaborati di progetto.

### 3.8.4 Embrici

La canaletta per lo scolo delle acque piovane costituita da embrici di 50/40x50x20 cm e spessore 5 cm elementi prefabbricati in calcestruzzo vibrocompresso avente resistenza non inferiore a Rck  $> 25$  N/mm<sup>2</sup> deve essere ubicata secondo la massima pendenza delle scarpate o delle pendici del terreno.

Prima della posa in opera l'Impresa deve avere cura di effettuare lo scavo di imposta in funzione della forma dell'elemento e realizzare il piano d'appoggio in modo che risulti debitamente costipato, per evitare eventuali cedimenti dei singoli pezzi.

L'elemento al piede della canaletta, quando il fosso di guardia non è rivestito e manca l'ancoraggio, dovrà essere bloccato mediante due tondini in acciaio di diametro 24 mm e lunghezza non inferiore a 80 cm.

Il tratto infisso nel terreno deve essere almeno di cm 60, in modo che i tondi sporgano di circa 20 cm. Ancoraggi analoghi dovranno essere infissi ogni tre elementi di canaletta per impedire il loro slittamento a valle.

In sommità, la canaletta dovrà essere raccordata alla pavimentazione mediante apposito invito in calcestruzzo gettato in opera o prefabbricato con Rck  $> 25$  N/mm<sup>2</sup>.

La sagomatura dell'invito deve essere configurata in modo che l'acqua non abbia alcun impedimento nel defluire.

### 3.8.5 Tubazioni

#### Caratteristiche dei materiali

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:

OP INGENNERIA S.R.L.  
Società di Ingegneria Civile  
info@opingenneria.com - www.opingenneria.com  
Viale San Concordio, 1160 - 55100 LUCCA  
Tel.: 0583 381194 - P.IVA: 0248882408

Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing. S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
Salvatore  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

114



Le tubazioni per la raccolta e lo smaltimento delle acque dal corpo stradale sono di norma realizzate in conglomerato cementizio vibrato (C.A.V.) e in P.V.C. rigido.

**Tubi in C.A.V**

Le tubazioni in C.A.V. devono essere in conglomerato cementizio vibrato e centrifugato a pressione costante, con dimensione massima dell'inerte grosso pari a 1/4 dello spessore della parete del tubo e  $R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$ .

Le tubazioni in C.A.V. devono avere sezione a corona circolare di spessore uniforme, superfici interne lisce e prive di irregolarità, sagomatura delle testate a maschio e femmina per costituire giunto di tenuta che deve essere sigillato in opera con malta di cemento o con guarnizioni.

**Tubi in P.V.C. rigido per condotte interrate**

Le tubazioni in P.V.C. rigido devono essere costituite da elementi in policloruro di vinile non plastificato con giunti a bicchiere che devono essere sigillati a collante o con guarnizioni di tenuta a doppio anello asimmetrico in gomma.

I tubi dovranno essere prodotti per estrusione con impianti moderni e dotati di laboratorio dove dovranno essere fatte costantemente prove che possano garantire la costanza della qualità del prodotto.

Le barre dovranno essere fornite della lunghezza commerciale con una estremità liscia e l'altra dotata di un bicchiere di giunzione preconfezionato e anello di materiale elastomerico per effettuare e garantire la tenuta idraulica.

Ogni tubo dovrà essere marchiato in modo chiaro e indelebile e la marchiatura dovrà comprendere:

- il nome del produttore;
- il diametro di accoppiamento;
- la serie e il materiale;
- il periodo di fabbricazione (almeno l'anno);
- il riferimento alla norma UNI;

I collaudi di accettazione e qualità saranno quelli previsti dalle già citate norme UNI.

Le tubazioni devono rispondere per tipo e caratteristiche alle norme UNI 1401-1 ed ogni elemento deve riportare il marchio di conformità IIP-UNI o Piip o equivalente.

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.

**Raccordi e pezzi speciali**

I raccordi e i pezzi speciali necessari saranno dello stesso materiale dei tubi, in esecuzione stampata o ricavata da tubo, con le estremità predisposte alla giunzione.

Il collegamento fra tubi di PVC e materiali tradizionali avverrà unicamente per mezzo di raccordi flangiati, o con raccordi aventi un bicchiere di giunzione preconfezionato dello stesso materiale delle tubazioni.

**Posa in opera delle tubazioni**

L'Appaltatore nell'esecuzione delle opere dovrà attenersi alle migliori regole d'arte e talaltro alle disposizioni contenute nel D.M. del 12/12/1985 concernente le "Norme tecniche relative alle tubazioni" che si intendono integralmente richiamate.

Si procederà alla posa in opera delle tubazioni solo previa esplicita accettazione delle stesse da parte della D.L. e cioè quando sarà riscontrata la rispondenza della fornitura alle normative vigenti, alle prescrizioni tecniche del presente Capitolato Speciale d'Appalto ed ai termini contrattuali.

Prima della posa in opera i tubi, i giunti ed i pezzi speciali dovranno essere accuratamente controllati. Quelli che dovessero risultare danneggiati in modo tale da compromettere la qualità e la funzionalità dell'opera dovranno essere scartati e sostituiti.

Nell'operazione di posa dovrà evitarsi che nell'interno delle condotte penetrino detriti o corpi estranei di qualunque natura e che venga comunque danneggiata la loro superficie interna.

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:

OP INGENNERIA S.R.L.  
Società di Ingegneria Civile  
info@opingenneria.com - www.opingenneria.com  
Viale San Concordio, 1160 - 55100 LUCCA  
Tel. 0583 381194 - P.IVA. 0248892408

Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
Salvatore  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

115



La larghezza del fondo scavo sarà la minima indispensabile come da particolari di progetto.

Ci si dovrà comunque accertare della possibile insorgenza di fenomeni corrosivi adottando appropriate contromisure.

In nessun caso si dovrà regolarizzare la posizione dei tubi nella trincea utilizzando pietre o mattoni ed altri appoggi discontinui.

Il piano di posa dovrà garantire una assoluta continuità di appoggio e, nei tratti in cui si temano assestamenti, si dovranno adottare particolari provvedimenti come l'impiego di giunti adeguati, trattamenti speciali del fondo della trincea o, se occorre, appoggi discontinui stabili quali selle o mensole.

La continuità di contatto tra tubo e sella sarà assicurata dall'interposizione di materiale idoneo.

Verificati pendenza ed allineamento si procederà alla giunzione dei tubi.

La giunzione dovrà garantire la continuità idraulica ed il comportamento statico previsto in progetto e dovrà essere realizzata in maniera conforme alle norme di esecuzione prescritte dalla ditta produttrice e fornitrice dei tubi stessi.

Al termine delle operazioni di giunzione relative a ciascun tratto di condotta ed eseguiti gli ancoraggi, si procederà di norma al reinterro dei tubi. Modalità particolari dovranno essere seguite nel caso di pericolo di galleggiamento dei tubi od in tutti quei casi in cui lo richieda la stabilità dei cavi.

Il materiale dovrà essere disposto nella trincea nel modo migliore in strati di spessore opportuno, accuratamente costipato.

Saranno in ogni caso osservate le normative UNI vigenti nonché le indicazioni del costruttore del tubo.

A reinterro ultimato si avrà cura di effettuare gli opportuni ricarichi là dove si potessero manifestare assestamenti.

### 3.8.6 Controlli

#### *Controlli delle lavorazioni per le sistemazioni idrauliche*

Per l'accettazione dei materiali, l'Impresa deve presentare alla Direzione dei Lavori i certificati rilasciati dal Produttore che attestino la rispondenza del materiale alle vigenti normative e alle prescrizioni progettuali.

La Direzione dei Lavori può ordinare ulteriori prove di controllo da effettuarsi presso laboratori di prova riconosciuti dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

#### *Controlli*

Per il calcestruzzo e l'acciaio utilizzati nei manufatti realizzati in opera, il controllo deve essere eseguito secondo quanto previsto nel D.M. 17/01/2018.

Per gli elementi prefabbricati in C.A.V. la Direzione Lavori deve verificare le caratteristiche attraverso i certificati rilasciati dal produttore in osservanza alle norme tecniche di cui al D.M. 17/01/2018.

Le griglie ed i chiusini devono essere accompagnati da certificato rilasciato da laboratori di prova riconosciuti dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti che attesti la conformità alle norme UNI EN 124.

### 3.8.7 Drenaggi

Per impedire infiltrazioni dannose all'interno del corpo stradale si possono realizzare canali drenanti e filtri drenanti al piede di rilevati. Si realizzano drenaggi anche per la raccolta e l'allontanamento di acque di infiltrazione e per riempimenti a tergo di strutture di contenimento.

I drenaggi per il risanamento del corpo stradale e delle zone circostanti inclusi nel progetto, devono essere eseguiti procedendo da monte verso valle per ottenere la regimazione delle acque ed un deflusso regolare.

Per la protezione dei canali e dei filtri dall'intasamento causato da percolazione di parti limose e/o argillose, il drenaggio può essere avvolto in un telo di geotessuto.

## Art. 3.9

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:

DP INGENNERIA S.R.L.  
Società di Ingegneria Civile  
info@dpingegneria.com www.dpingegneria.com  
Viale San Concordio, 1160 - 55100 LUCCA  
Tel. 0583 581194 - P.IVA. 0248882498

Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
Salvatore  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

116

**FINITURE STRADALI - MARCIAPIEDI E PERCORSI PEDONALI****3.9.1 Cordoli in Cls e in granito*****Cordoli in Cls***

Dovranno essere in conglomerato cementizio vibrato (C.A.V.), avente  $R_{ck} > 30 \text{ N/mm}^2$ , in elementi di lunghezza 1,00 m, di forma prismatica e della sezione indicata in progetto. Gli elementi dovranno presentare superfici in vista regolari e ben rifinite con dimensioni uniformi, dosature e spessore corrispondenti alle prescrizioni e ai tipi; saranno ben stagionati, di perfetto impasto e lavorazione, sonori alla percussione senza screpolature e muniti delle eventuali opportune sagomature alle due estremità per consentire una sicura connessione, ed essere esenti da imperfezioni, cavillature, rotture o sbrecciature.

Gli elementi prefabbricati in calcestruzzo avranno sezione che sarà di volta in volta precisata dalla Direzione dei Lavori sulla base degli elaborati grafici.

Se prescritti, potranno impiegarsi anche nel tipo con rivestimento antiusura al quarzo. I raccordi e le giunzioni ad angolo tra due tratte saranno sempre risolti con l'impiego di pezzi speciali curvi fino ad un raggio di mt 4.00, per circonferenze maggiori il raccordo curva sarà ricavato mediante posa di elementi rettilinei con lunghezza non superiore a cm 50.

***Cordoli in granito***

Gli elementi dovranno provenire da rocce sane di pietra omogenea che non presentino venature vistose d'alcun genere. Gli elementi dovranno avere lunghezza non inferiore a ml 1,00, le teste finite, le facce a vista martellate a mano, non dovranno presentare rientranze o parti sporgenti. La larghezza sarà di norma uguale a 15 o 30 cm per 25 cm d'altezza e i profili come indicato sulle tavole di progetto. I raccordi e le giunzioni ad angolo tra due tratte saranno sempre risolti con l'impiego di pezzi speciali curvi fino ad un raggio di mt 2.00, per circonferenze maggiori il raccordo curva sarà ricavato mediante posa di elementi rettilinei con lunghezza non superiore a cm 50.

***Posa in opera delle cordonature***

Di norma si procederà formando un tratto di lunghezza pari alla livelletta, costruendo una fondazione continua in cls steso in strati ben battuti e livellati tali da formare un sicuro piano d'appoggio per tutti gli elementi. Si procederà successivamente alla posa dei cordoli provvedendo ai necessari aggiustamenti di quota e di linea, solo allora si procederà con il rinfiacco della cordonatura da eseguirsi con cls escludendo l'impiego di cls proveniente da scarti di lavorazione. E' tassativamente vietato posare i vari elementi su cuscinetti di cls fatto salvo durante la posa di cordonature provenienti da preesistenti marciapiedi nel caso che gli elementi costituenti siano difformi da quanto precedentemente previsto. A posa ultimata si potrà procedere alla sigillatura dei giunti con boiaccia di cemento o, in alternativa con bitume a caldo se espressamente richiesto. Le cordonature dovranno presentarsi perfettamente allineate; se alla verifica con staggia rettilinea della lunghezza di ml 4,00 si dovessero riscontrare differenze tanto di allineamento, quanto di livello, le opere eseguite verranno rifiutate.

**Marciapiedi e percorsi pedonali*****Caratteristiche costruttive***

La larghezza minima dei percorsi pedonali è indicata in progetto, in ottemperanza a quanto previsto dal d.m. 14/6/1989 n. 236 e s.m.i., salvo casi particolari da definirsi di volta in volta con la Direzione dei Lavori. Il dislivello tra il piano del percorso pedonale e la carreggiata stradale finita è fissato progettualmente in corrispondenza dei passi carrai. Ogni qualvolta il percorso pedonale si raccorda con il livello stradale o è interrotto da un passo carrabile si dovranno predisporre delle opportune rampe di raccordo di lunghezza non inferiore a m 1,00 e di larghezza pari al percorso pedonale stesso. In ogni caso la pendenza di tali rampe non potrà superare il 15%.

***Sottofondo***

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:

DP INGENGERIA S.R.L.  
Società di Ingegneria Civile  
info@dpingegneria.com - www.dpingegneria.com  
Viale San Concordio, 1160 - 55100 LUCCA  
Tel. 0583 381194 - P.IVA. 02488624548

Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
Salvatore  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

117



Il sottofondo realizzato con calcestruzzo avrà lo spessore finito definito in progetto; la posa in opera dovrà essere eseguita con tutta la cura e gli accorgimenti necessari affinché il piano di posa del manto finale risulti regolare ed uniforme secondo la sagoma stabilita. Prima di procedere con il getto l'Appaltatore dovrà sistemare il piano di posa in modo tale da assicurare la necessaria stabilità e uniformità di resistenza; il getto dovrà avvenire in una sola ripresa per tutto il suo spessore.

Qualora, per motivi indipendenti dalla volontà dell'Appaltatore, occorresse provvedere all'esecuzione di più riprese tra un getto e l'altro, bisognerà interporre un opportuno giunto di dilatazione. Nel sottofondo così eseguito, dovranno formarsi dei tagli trasversali ogni 4 m e aventi lunghezza pari alla larghezza del marciapiede eseguito, inserendo dei giunti di dilatazione, o formando con apposito attrezzo il taglio prima che il calcestruzzo inizi la presa. Il costipamento e la finitura superficiale del getto di cls sarà preferibilmente da eseguirsi con staggia vibrante e si dovrà porre particolare cura nella lisciatura del piano al fine di evitare l'affioramento di inerti. Inoltre si dovrà proteggere il getto mediante stesa di un leggero strato di sabbia che nel caso di pavimentazione in conglomerato bituminoso fine, andrà rimossa con ogni cura, mentre nel caso di pavimentazione di asfalto colato tale strato dovrà essere regolarizzato e integrato ove mancante.

### **Massetto**

I marciapiedi avranno le caratteristiche dimensionali indicate nel progetto con relativa pendenza trasversale; il massetto in calcestruzzo, dovrà fungere da piano di appoggio della pavimentazione finale e lo spessore sarà quello indicato negli elaborati grafici.

Per quanto attiene alle caratteristiche del materiale si farà riferimento a quanto già descritto nel capitolo relativo ai materiali.

La posa in opera del calcestruzzo formante il massetto sarà eseguita dopo un'accurata preparazione del sottofondo ed una sua completa compattazione.

Lo scarico del conglomerato dal mezzo di trasporto dovrà avvenire con tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione degli inerti; si dovrà prestare particolare attenzione alle condizioni climatiche, in modo particolare alle temperature esterne onde evitare maturazione dei getti in condizione di gelo; la granulometria terrà conto degli spessori da realizzare e la fluidità del calcestruzzo dovrà assicurare l'intasamento dei vuoti in ogni direzione, trattandosi di getti orizzontali; ove non presenti opere di contenimento quali cordoli e/o zanelle si dovrà provvedere a eseguire una cassatura laterali di sponda ad evitare sbordature; la superficie del getto sarà livellata in modo tale da consentire uno spessore uniforme delle sabbie o graniglie di appoggio dei masselli autobloccanti.

All'interno del massetto verrà interposta una rete elettrosaldata, controllata in stabilimento, di diametro progettualmente definito, con distanza assiale minima di 10 cm., per il controllo delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura di cui alle norme del D.M. 17/01/2018; in fase di getto dovrà essere sollevata per evitare che si depositi sul fondo del massetto.

### **Masselli autobloccanti**

#### **Caratteristiche dei materiali**

I masselli saranno di calcestruzzo vibrocompresso prodotti e controllati secondo le norme UNI EN 1338 con finitura al quarzo, del colore a scelta della Direzione dei Lavori sulla base di quelli standard di produzione, dovranno essere non gelivi e delle dimensioni indicate in elenco prezzi o simili; con coefficiente di trasmissione meccanica (Ct);

resistenza convenzionale a compressione  $N/mm^2 > 60$ ;

massa volumica  $Kg/dm^3 > 2,2$ ;

assorbimento di acqua in % di peso  $\% vol. < 12$ ;

resistenza all'abrasione in classe 3;

perdita in massa per rotolamento degli aggregati  $\% peso < 30$ ;

tolleranza di spessore mm.  $\pm 2$ .

### **Posa in opera**

La pavimentazione sarà posata a secco su letto di graniglia o sabbia (granulometria 3-7 mm) di spessore variabile secondo le dimensioni del massello e comunque come indicato in elenco prezzi; sarà disposto secondo il disegno e l'effetto estetico richiesto

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:

DP INGENNERIA S.R.L.  
Società di Ingegneria Civile  
info@dpingegneria.com - www.dpingegneria.com  
Viale San Concordio, 1160 - 55100 LUCCA  
Tel.: 0583 381194 - P.IVA: 0248882458

Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing. S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
SalvatoreProf. Ing. N.  
Squeglia

118





dalla Direzione Lavori. Gli elementi di bordo che non potranno essere inseriti integralmente saranno opportunamente tagliati con taglierina a spacco. La pavimentazione sarà successivamente battuta con apposita piastra vibrante e cosparsa in superficie di sabbia fine (granulometria 0-2 mm) pulita ed asciutta e la sua rimozione avverrà dopo un periodo di tempo sufficiente a garantire un corretto intasamento dei giunti.

## Ringhiere

I parapetti da installare lungo i bordi esterni di marciapiedi, canali aperti, ecc., saranno realizzati come da progetto e, ove non diversamente prescritto, in acciaio a qualità controllata secondo le vigenti norme zincati a caldo a norma UNI EN ISO 1461 o verniciati.

Qualora non vi siano indicazioni specifiche, essi saranno di norma costituiti da una serie di sostegni verticali in profilato metallico, correnti tubolari, orizzontali o paralleli al piano di calpestio, fissati ai sostegni e di cui il superiore, con funzione di corrimano, sarà posto ad altezza non inferiore a 1.00 m dal piano di calpestio.

I sostegni saranno di norma alloggiati, per la occorrente profondità, in appositi fori di ancoraggio predisposti, o su piastre, sulle opere d'arte e fissati con malta a ritiro compensato o tiranti chimici.

Nel caso di collocazione del parapetto in zona presumibilmente sottoposta a notevole transito pedonale (zone urbane, collegamenti pedonali particolari, ecc.), la costituzione del parapetto dovrà essere tale da risultare inattraversabile da una sfera di diametro superiore a 100 mm.

I parapetti dovranno essere sottoposti a verifica statica, ai sensi della L. 1086/81, secondo i carichi previsti dalle vigenti normative.

Quando al di sotto ed all'esterno del parapetto si svolga un transito veicolare e/o pedonale, di modo che risulti possibile la caduta di oggetti dal piano di calpestio sui sottostanti veicoli e/o pedoni, dovranno essere previste idonee protezioni, costituite da fascia parapiede, pannelli in rete metallica, pannelli ciechi, ecc., secondo le indicazioni del progetto e della Direzione dei Lavori.

### Art. 3.10

#### CONSERVAZIONE DELLA CIRCOLAZIONE - SGOMBERI E RIPRISTINI

L'impresa, nell'esecuzione delle opere, dovrà assicurare la circolazione pedonale e, ove possibile, quella veicolare sulle strade interessate dai lavori.

Essa provvederà pertanto a tutte le necessarie opere provvisorie (passerelle, recinzioni ecc.), all'apposizione di tutta la segnaletica regolamentare per l'eventuale deviazione del traffico veicolare, ed alla sua sorveglianza.

In ogni caso, a cura e spese dell'impresa dovranno essere mantenuti gli accessi a tutti gli ingressi stradali privati, ovvero tacitati gli aventi diritto, nonché provveduto alla corretta manutenzione ed all'interrotto esercizio dei cavi e delle condutture di qualsiasi genere interessate ai lavori.

Gli scavi saranno effettuati anche a tronchi successivi e con interruzioni, allo scopo di rispettare le prescrizioni precedenti.

L'impresa è tenuta a mantenere, a rinterri avvenuti, il piano carreggiato atto al transito dei pedoni e dei mezzi meccanici, provvedendo a tal fine allo sgombero di ciottoli ed alla rimessa superficiale di materiale idoneo allo scopo.

Ultimate le opere, l'impresa dovrà rimuovere tutti gli impianti di cantiere e sgomberare tutte le aree occupate, rimettendo in pristino lo stato dei luoghi, in modo che nessun pregiudizio o alterazione derivino in dipendenza dei lavori eseguiti.

Dovrà inoltre – qualora necessario – provvedere ai risarcimenti degli scavi con materiali idonei, all'espropriazione del ciottolame affiorante, ed in genere alla continua manutenzione del piano stradale in corrispondenza degli scavi, in modo che il traffico si svolga senza difficoltà e pericolosità.

### Art. 3.11

#### SICUREZZA DELLA MOBILITÀ CICLABILE RISPETTO AL TRAFFICO VEICOLARE

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:

DP INGENGERIA SRL  
Società di Ingegneria Civile  
info@dpingegneria.com - www.dpingegneria.com  
Viale San Concordio, 1160 - 55100 LUCCA  
Tel. 0583 581194 - P.IVA. 02488624048

Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing. S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
Salvatore  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

119



Al fine di garantire la sicurezza della mobilità ciclabile rispetto al traffico veicolare, il progetto prevede la realizzazione di manufatti in corrispondenza degli innesti della pista ciclabile con la viabilità, per la regolamentazione degli accessi, oltre alla realizzazione della segnaletica orizzontale.

**Art. 3.12****PAVIMENTAZIONI DIVERSE**

Conglomerati asfaltici, bituminosi, catramosi, ecc., sopra sottofondi in cemento o macadam cilindrato; mattonelle in grès, asfalto, cemento, ecc.; pavimenti in legno, gomma, ghisa e vari.

Per l'eventuale esecuzione di pavimenti del tipo sopraindicato e vari, generalmente da eseguire con materiali o tipi brevettati, e per i quali, dati il loro limitato uso su strade esterne, non è il caso di estendersi nel presente Capitolato a dare norme speciali, resta soltanto da prescrivere che, ove siano previsti ed ordinati, l'Appaltatore dovrà eseguirli secondo i migliori procedimenti prescritti dalla tecnica per la loro costruzione e per l'impiego dei materiali che li costituiscono, attenendosi agli ordini che all'uopo potesse impartire la Direzione dei Lavori, anche in mancanza di apposite previsioni e prescrizioni.

**Art. 3.13****LAVORI DI RIVESTIMENTO VEGETALE - OPERE IN VERDE**

I terreni dovranno essere lavorati, concimati e seminati nel modo previsto in progetto, nel periodo immediatamente successivo alla realizzazione dei piani definitivi delle sistemazioni, mentre per le lavorazioni di cui appresso si provvederà nel periodo climatico più opportuno.

**1) Piantumazioni**

Le operazioni di messa a dimora delle piantine e delle talee potranno essere eseguite in qualsiasi periodo utile al buon attecchimento, restando a carico dell'Appaltatore la sostituzione delle fallanze entro due anni dalla messa a dimora e comunque fino al collaudo.

Il sesto d'impianto dovrà essere quello più proprio per la specie, che verrà messa a dimora a quinconce con file parallele al ciglio della strada, o con altro orientamento determinato dalla Direzione dei Lavori.

Per le file più prossime alla sede stradale la Direzione dei Lavori potrà ordinare che, in relazione ai lavori di pavimentazione, vengano messe a dimora in un tempo successivo, senza che l'Appaltatore possa pretendere compensi aggiuntivi.

In relazione alle specie si prescrive il seguente sesto d'impianto:

- cm 25 per le piante a portamento erbaceo o strisciante (*Festuca glauca*, *Gazania splendens*, *Hedera helix*, *Hypericum calycinum*, *Lonicera sempervirens*, *Mesembryanthemum acinaciforme*, *Stachys lanata*);
- cm 50 per le piante a portamento arbustivo (*Crataegus pyracantha*, *Cytisus scoparius*, *Eucalyptus* sp. pl., *Mahonia aquifolium*, *Nerium oleander*, *O. punctata*, *Ficus indica*, *Pitosporum tobira*, *Rosmarinus officinalis*, *Spartium junceum*).

La Direzione dei Lavori ordinerà per iscritto all'Appaltatore la specie da mettere a dimora nei vari settori, anche eventualmente ricorrendo a specie diverse da quelle elencate sopra, in relazione alle caratteristiche dell'areale e a quelle microclimatiche locali, senza che l'Appaltatore possa pretendere compensi ulteriori se non in relazione al numero.

L'impianto potrà essere fatto meccanicamente o manualmente: per le piante a portamento arbustivo la buca dovrà essere sufficientemente grande da garantire, oltre all'attecchimento sicuro, anche una crescita futura sufficientemente rapida e rigogliosa, eventualmente collocandovi del letame bovino non a contatto delle radici e ricoprendo con cautela, ad evitare danni alle radici, predisponendo un apposito colpetto in terra per il ristagno dell'acqua piovana.



Si dovrà avere particolare cautela nel periodo tra l'approvvigionamento in cantiere delle piantine e la messa a dimora affinché non si verifichino danni alle radici ed evitando sia il disseccamento che la germogliazione: in tali eventualità si procederà alla sostituzione completa della fornitura a spese e cura dell'Appaltatore.

## **II) Semina di specie erbacee**

La semina di specie foraggere dovrà costituire una copertura con caratteristiche di prato polifita stabile.

Prima della semina e dopo la concimazione il terreno sarà erpicato con rastrello, quindi dopo aver dato comunicazione alla Direzione dei Lavori si procederà alla semina di quei miscugli che il Direttore dei Lavori stesso avrà ordinato per iscritto, con il quantitativo previsto da progetto, procedendo a spaglio, con personale esperto e capace, a più passate e per gruppi di semi di volume e peso simili, in giornate senza vento, avendo cura di ricoprire il seme con rastrelli a mano o con erpice leggero, battendo successivamente il terreno con la pala o rullandolo.

## **III) Semina a spruzzo (idrosemina)**

Le scarpate sia in rilevato che in trincea, con tipo di terreno o roccia particolarmente poveri di sostanze nutritive e facilmente erodibili dalle acque meteoriche, potranno essere seminate a spruzzo, in periodo umido (autunno), con apposite pompe e macchinari, con impiego di sementi di specie frugali e rustiche, con radici profonde, quali ad esempio Festuca arundinacea.

La miscela prevede le seguenti dosi per ettaro: soluzione di fertilizzante organico a base di substrati fungini essiccati, Kg 2.500; torba, litri 5.000; seme, Kg 180; acqua, litri 1.000. Qualora il terreno sia molto acido occorre aggiungere calce spenta (ad esempio per portare pH da 3,5 a 5,5 utilizzare Kg 2.400).

Se la crescita è troppo lenta, rada o nulla, l'Appaltatore ripeterà il trattamento a sua cura e spese, ad evitare il propagarsi delle radure. Nel primo periodo di due mesi almeno dovrà essere interdetto qualsiasi passaggio sulle aree trattate, che eventualmente dovranno essere recintate, e che andranno protette con frammenti di paglia sparsi da apposite macchine in ragione di Kg 2.000, addizionata con emulsione bituminosa per Kg 500 per ettaro, con funzione di collante.

## **IV) Rimboschimento con specie forestali**

Sulle scarpate ove previsto, oppure ove ritenuto opportuno dal Direttore dei Lavori, l'Appaltatore provvederà alla messa a dimora di alberature impiegando le seguenti specie: Ulmus campestris, Coryllus avellana, Sorbus sp. pl., Celtis australis ecc., come meglio definito nell'elenco dei prezzi.

La buca avrà le dimensioni di cm 80x80x80, e andrà riempita con terra di granulometria e qualità adatta, opportunamente addizionata di letame animale.

La pianta verrà ancorata ad apposito tutore in palo di castagno o carpino infisso nella buca prima del rinterro per almeno 40 cm, e sarà legata in più punti con raffia; qualora si tratti di esemplare che per la sua mole opponga molta resistenza al vento, andrà ancorato con tutore costituito da tre pali legati a piramide, oppure mediante tiranti in filo di ferro ancorati a paletti metallici infissi nel terreno, che abbraccino il tronco con l'interposizione di appositi cuscinetti.

Nelle aree di pertinenza stradale, ove il terreno si presenti di natura limosa, argillosa o paludosa, nelle depressioni e sulle sponde di vallette, l'Appaltatore metterà a dimora, a quinconce n. 4 talee di pioppo, salice o tamerice al metro quadrato, con funzione di rinsaldamento del terreno, di taglio fresco ed allo stato verde, con diametro minimo di cm 1,5 che dovranno essere di crescita spontanea nelle aree interessate.

## **V) Rivestimento in zolle erbose**

Dove ritenuto opportuno dal Direttore dei Lavori si provvederà alla posa di zolle erbose di prato polifita stabile, in formelle di cm 25x25, disposte in file a giunti sfalsati, su sottofondo regolarizzato e costipato. Per scarpate di sviluppo superiore a 3 m. verranno posti in opera appositi sostegni antiscivolo ogni 2 m. costituiti da graticciate di altezza 10-15 cm come descritte nell'articolo seguente.

Qualora occorra lasciare scoli d'acqua piovana, questi saranno con sagoma a settore circolare di larghezza 80-120 cm. e profondità 15-20 cm., preventivamente predisposti sul terreno, fino alle stesse canalette di scarico.

**VI) Graticciate morte**

Sulle scarpate parzialmente consolidate che tuttavia presentino radure vegetative ed erosione del suolo anche a causa dell'eccessiva pendenza delle scarpate stesse, l'Appaltatore provvederà a realizzare graticciate di lunghezza 5-8 m., costituite da file di 4-5 pali di castagno di diametro in punta 6-8 cm, infissi nel terreno mediante battitura per 80-100 cm, e successivo pareggio delle teste sgretolate per la battitura, con successivo intreccio alternato di pertichelle di castagno, carpino oppure orniello, per un'altezza di 50-60 cm. di cui un terzo entro terra, della lunghezza di 5- 8 m, e diametro in punta di 3-4 cm., l'ultima delle quali fissata con chiodo di ferro a lato della sommità di ogni paletto.

La disposizione a quinconce delle graticciate sul piano delle scarpate dovrà essere in contropendenza rispetto alla pendenza della strada, con inclinazione di 1:8, ad evitare il ristagno di acqua piovana o di scolo, con interesse medio di 3-5 m. misurato secondo la massima pendenza della scarpata stessa.

Il volume dietro la graticciata stessa dovrà essere colmato in piano per non più di 2/3 dell'altezza con terra vegetale, paglia ed eventuale letame, ed in esso verranno messe a dimora, secondo le indicazioni del Direttore dei Lavori, talee di specie arboree o arbustive, ad interasse di cm 30-40, per le quali l'Appaltatore dovrà sostituire le fallanze fino al collaudo.

**VII) Graticciate verdi**

Saranno realizzate con gli stessi criteri generali delle graticciate morte, ma con paletti di diametro minore e ad interasse minore, tra i quali verranno tessuti a canestro virgulti vivi di salice, pioppo o tamerice del diametro di 1-2 cm, per un'altezza di 30-40 cm., ad interasse di 1-2 m. misurato secondo la massima pendenza.

**VIII) Sfalcio dell'erba e cure colturali**

L'Appaltatore è tenuto ad eseguire lo sfalcio meccanico o manuale delle aree a prato e a zolle, ogni volta che l'erba superi l'altezza di 30 cm, allontanando entro 24 ore erba e fieno, avendo cura di evitare la dispersione sul piano viabile.

L'Appaltatore è tenuto a effettuare tutte le cure del caso alle colture, siano state messe a dimora da lui stesso ovvero fossero già presenti al momento della consegna dei lavori: dovrà provvedere alla sostituzione delle fallanze, alle potature, diserbi, sarchiature, concimazioni stagionali, sfalci, trattamenti antiparassitari, e all'annaffiamento in fase di attecchimento di ogni specie sia erbacea che arborea e arbustiva.

Le operazioni di cui sopra graveranno sull'Appaltatore, dal momento della consegna dei lavori al momento del collaudo, con la successiva garanzia di cui all'art. 1667 del codice civile, senza che possa pretendere compensi di sorta in aggiunta a quelli di elenco, nei quali si devono intendere già compresi e compensati.

**IX) Georeti in juta antierosione**

Nei terreni particolarmente delicati, soggetti ad erosione causata dal vento e dalla pioggia, nei quali occorre ricostituire il manto vegetativo, l'Appaltatore metterà in opera un telo di juta ininflammabile, le cui funzioni sono di proteggere il terreno dal dilavamento e dalla evaporazione eccessiva, mantenendo più a lungo condizioni ambientali favorevoli all'attecchimento di specie erbacee precedentemente seminate.

Prima della stesa della rete la superficie dovrà essere liberata da pietre, rami e materiali d'ingombro, e andranno regolarizzate le buche e le sporgenze; nella parte a monte della superficie da proteggere andrà scavato un solco di cm 20x30, in cui sotterrare le estremità della rete, ripiegate per cm 20. La rete andrà tenuta molle sul terreno durante lo srotolamento, con sormonti tra i teli di cm 10.

La rete andrà fissata al terreno con chiodi ad U in ferro dolce di diametro 3-5 mm, infissi nel terreno lungo le giunzioni a distanza di 1 m.

**Art. 3.14****LAVORI IN LEGNAME**

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:

OP INGEENNERIA SRL  
Società di Ingegneria Civile  
info@opingenneria.com - www.opingenneria.com  
Viale San Concordio, 1160 - 55100 LUCCA  
Tel.: 0583 381194 - P.IVA: 0248882408

Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
Salvatore  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

122



Tutti i legnami da impiegare in opere stabili dovranno essere lavorati con la massima cura e precisione in conformità alle prescrizioni di cui alle vigenti leggi e norme UNI e secondo le disposizioni impartite dalla Direzione dei Lavori.

Tutte le giunzioni dei legnami dovranno avere la forma e le dimensioni prescritte ed essere nette e precise in modo da poter ottenere un esatto combaciamento dei pezzi che devono essere uniti.

Non sarà tollerato alcun taglio falso, né zeppe o cunei, né qualsiasi altro mezzo di guarnitura o ripieno.

La Direzione dei Lavori potrà disporre che nelle facce di giunzione vengano interposte delle lamine di piombo o zinco, o anche cartone incatramato.

Le diverse parti componenti un'opera di legname dovranno essere fra loro collegate solidamente in tutti i punti di contatto mediante caviglie, chiodi, squadre, staffe di ferro, fasciature di reggia od altro in conformità alle prescrizioni che verranno date dalla Direzione dei Lavori.

Non si dovranno impiegare chiodi per il collegamento dei legnami senza apparecchiare prima il conveniente foro col succhiello.

I legnami, prima della loro posa in opera e prima dell'esecuzione, se ordinata, della spalmatura di catrame o della coloritura, si dovranno congiungere in prova nei cantieri per essere esaminati ed accettati provvisoriamente dalla Direzione dei Lavori.

### **Art. 3.15 LAVORI IN FERRO**

Il ferro e l'acciaio dolce delle qualità prescritte all'articolo "*Qualità e Provenienza dei Materiali*" dovranno essere lavorati diligentemente, con maestria, regolarità di forme, precisione di dimensione, e con particolare attenzione nelle saldature e bullonature. Saranno rigorosamente rifiutati tutti quei pezzi che presentassero il più leggero indizio d'imperfezione.

Per le ferramenta di qualche rilievo, l'Impresa dovrà preparare e presentare alla Direzione dei Lavori un campione, il quale, dopo approvato dalla Direzione dei Lavori stessa, dovrà servire da modello per tutta la provvista.

Per tutti i lavori in ferro, salvo contrarie disposizioni della Direzione dei Lavori, dovrà essere eseguita la coloritura a due mani di minio e a due mani successive ad olio di lino cotto con biacca e tinta a scelta.

Per i ferri da impiegare nella costruzione di opere in cemento armato vengono richiamate le norme contenute nel D.P.R. 380/2001 e s.m.i., e nel D.M. 17 gennaio 2018, avvertendo che la lavorazione dovrà essere fatta in modo che l'armatura risulti esattamente corrispondente per dimensioni ed ubicazione, alle indicazioni di progetto.

## **CAPITOLO 4**

### **BARRIERE STRADALI ED OPERE ACCESSORIE**

#### **Art. 4.1**

#### **Premessa - Operazioni preliminari di sicurezza**

Le barriere di sicurezza stradale e i dispositivi di ritenuta sono posti in opera essenzialmente al fine di fornire agli utenti della strada e agli esterni eventualmente presenti, accettabili condizioni di sicurezza in rapporto alla configurazione della strada, garantendo, entro certi limiti, il contenimento dei veicoli che dovessero tendere alla fuoriuscita dalla carreggiata stradale.

Le barriere di sicurezza stradale e gli altri dispositivi di ritenuta devono quindi essere idonei ad assorbire parte dell'energia di cui è dotato il veicolo in movimento, limitando contemporaneamente gli effetti d'urto sui passeggeri.

A seconda della loro destinazione ed ubicazione, le barriere ed altri dispositivi si dividono nei seguenti tipi:

a) barriere centrali da spartitraffico;





- b) barriere laterali;  
c) barriere per opere d'arte, quali ponti, viadotti, sottovia, muri, ecc.;  
d) barriere o dispositivi per punti singolari, quali barriere per chiusura varchi, attenuatori d'urto per ostacoli fissi, letti di arresto o simili, terminali speciali, dispositivi per zone di approccio ad opere d'arte, dispositivi per zone di transizione e simili.

In particolare le barriere possono essere previste per:

- la delimitazione di strade
- la regolazione del traffico
- la delimitazione di aree di cantiere, di aree riservate o pericolose, di aree di parcheggio
- la delimitazione di percorsi pedonali o ciclabili, deviazioni stradali.

Nel caso di lavori di installazione in presenza di traffico occorrerà predisporre la segnaletica stradale necessaria al fine di deviare il traffico stesso e proteggere il personale dal flusso degli automezzi, nel rispetto delle norme di sicurezza.

Lo scarico degli elementi della barriera stradale dagli automezzi di trasporto potrà avvenire con una gru installata su automezzo o mediante elevatori muniti di forche.

Il personale dovrà essere munito del previsto abbigliamento ad elevata visibilità oltre che di DPI quali scarpe, guanti, occhiali ed in particolari casi di casco, cinture di sicurezza e quanto altro previsto dallo specifico sito e dalle vigenti norme in materia di sicurezza.

Le barriere stradali, di forma e dimensione indicati in progetto, saranno eseguite ovvero installate, se approvvigionate come elementi prefabbricati, lungo il tracciato progettuale o nei luoghi che la Direzione Lavori designerà.

**Le barriere di sicurezza potranno essere costituite dalle seguenti caratteristiche tecniche e costruttive:**

**Art. 4.2**

**Barriere di sicurezza in acciaio ondulato**

Le barriere di sicurezza sono dispositivi aventi lo scopo di realizzare il contenimento dei veicoli nella sede stradale riducendo al minimo i danni per gli occupanti del veicolo. Per ottenere queste finalità, è necessario che l'urto con la barriera non provochi il rovesciamento del veicolo e che non gli imprima una decelerazione tale da provocare danni agli occupanti. Verrà assicurato il corretto contenimento se non ci sarà superamento o sfondamento della barriera nel suo complesso e se nessun elemento longitudinale principale della barriera si rompa completamente, nessuna parte importante della barriera si stacchi completamente o presenti un pericolo improprio e nessun elemento della barriera penetri nell'abitacolo del veicolo.

Il veicolo, inoltre, dovrà essere riportato su una traiettoria tale da non diventare esso stesso un pericolo per gli altri veicoli sopraggiungenti sulla stessa carreggiata. Ciò significa che il veicolo, quando si allontanerà dalla barriera dopo l'urto dovrà farlo rimanendo in prossimità della stessa.

***Livelli di prestazione***

A seconda del livello di contenimento le barriere sono classificate in quattro fasce diverse (vedi tabella 1). Per ciascuna classe è previsto il superamento di differenti tipologie di prove d'accettazione (vedi tabella 2). Quanto più gravosa è la prova d'urto a cui sottoporre la barriera, maggiore è il livello di contenimento della stessa.

Livelli di contenimento	Energia cinetica massima al contenimento (KJ)	Tipologia di prova d'accettazione
Contenimento a basso angolo d'impatto		
T1	6.2	TB21
T2	21.5	TB22



<b>T3</b>	36.6	TB41 e TB21
Contenimento normale <b>N1</b> <b>N2</b>	43.3 81.9	TB31 TB32 e TB11
Contenimento più elevato <b>H1</b> <b>H2</b> <b>H3</b>	126.6 287.5 462.1	TB42 e TB11 TB51 e TB11 TB61 e TB11
Contenimento molto elevato <b>H4a</b> <b>H4b</b>	572.0 724.6	TB71 e TB11 TB81 e TB11

Tabella 1 - classificazione barriere

Tipologia prove di accettazione	Velocità d'urto (Km/h)	Angolo d'urto (gradi)	Massa totale veicolo (kg)	Tipo di veicolo
<b>TB11</b>	100	20	900	autovettura
<b>TB21</b>	80	8	1300	autovettura
<b>TB22</b>	80	15	1300	autovettura
<b>TB31</b>	80	20	1500	autovettura
<b>TB32</b>	110	20	1500	autovettura
<b>TB41</b>	70	8	10000	autocarro
<b>TB42</b>	70	15	10000	autocarro
<b>TB51</b>	70	20	13000	autobus
<b>TB61</b>	80	20	16000	autocarro
<b>TB71</b>	65	20	30000	autocarro
<b>TB81</b>	65	20	38000	autoarticolato

Tabella 2 - modalità di prova

La scelta del livello di prestazione delle barriere di sicurezza da installare sarà progettualmente determinata tenendo conto di fattori che comprendono la classe di traffico della strada, la sua posizione, la geometria, l'esistenza nelle adiacenze di una struttura vulnerabile, o di una zona o di un oggetto potenzialmente pericolosi.

La barriera avrà un comportamento idoneo se sarà conforme ai requisiti di seguito riportati:

- le deformazioni del sistema (deflessione dinamica (D), larghezza operativa (W) e intrusione del veicolo (Vi)) devono essere note;
- il veicolo mantiene l'assetto verticale durante e dopo l'impatto (sono ammessi fenomeni moderati di rollio, di beccheggio e d'imbardata);
- la ridirezione dei veicoli è controllata: l'angolo di riinvio deve essere mantenuto al di sotto di una certa ampiezza;
- sono soddisfatti gli indici di severità all'urto prescritti (vedi tabella 3), in particolare, come funzione degli indici ASI e THIV.

Categorie di severità**	Valori degli indici	
<b>A</b>	*ASI <= 1,0	*THIV <= 33 km/h
<b>B</b>	*ASI <= 1,4	



C	*ASI <= 1,9	
---	-------------	--

**Tabella 3 - Livelli ammessi di severità d'urto**

\*(ASI (Acceleration Severity Index): indice misurante la severità del moto del veicolo durante l'urto per una persona seduta, con cinture di sicurezza allacciate - THIV (Theoretical Head Impact Velocity): velocità relativa tra la testa virtuale ipotizzata come ubicata ad una distanza x0 dal punto P ed il veicolo stesso al tempo t)

\*\*Il livello di severità dell'urto A permette un maggiore livello di sicurezza per l'occupante di un veicolo che esce di strada rispetto al livello B, e il livello B maggiore rispetto al livello C.

Tutti i componenti del dispositivo devono avere adeguata durabilità mantenendo i loro requisiti prestazionali nel tempo sotto l'influenza di tutte le azioni prevedibili.

Le barriere e tutti i 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 le informazioni previste nella norma UNI EN 1317-5.

I dispositivi di ritenuta stradale utilizzati ed installati saranno muniti di marcatura CE in conformità alla norma UNI EN 1317-5.

La stazione appaltante, oltre a tale documentazione, acquisirà in originale o in copia conforme i rapporti delle prove al vero (crash test), effettuate su prototipi rappresentativi del dispositivo di ritenuta stradale considerato ai sensi delle norme UNI EN 1317 e le modalità di esecuzione delle prove stesse.

**Dettagli esecutivi**

Ove previsto da progetto, dovranno essere installate barriere di sicurezza, con o senza mancorrente, in acciaio zincato conformemente alla norma UNI EN ISO 1461, costituite da fascia orizzontale avente categoria sagomata multi-onda fissata a montanti in profilato metallico, infissi su manufatti o nel terreno, e da eventuale mancorrente in tubo d'acciaio zincato; le barriere dovranno essere complete di pezzi speciali, bulloneria, catarifrangenti ed ogni altro accessorio necessario.

Le fasce dovranno essere collegate tra loro ed ai sostegni mediante bulloni, staffe ed altri sistemi che non comportino saldature da fare in opera in modo che ogni pezzo della fascia possa essere sostituito senza demolizione e ricostruzione di giunti, ma esclusivamente con operazioni meccaniche di smontaggio e montaggio.

I giunti, ottenuti con sovrapposizione delle fasce collegate fra loro e fissate al montante con bulloni atti a garantire la resistenza richiesta, non dovranno presentare risvolti e risalti in senso contrario alla marcia dei veicoli.

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).

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 committente, nella persona 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.

Con l'installazione della barriera sarà fornito il "Manuale per l'utilizzo e l'installazione dei dispositivi di ritenuta stradale" nel quale sarà descritto compiutamente il dispositivo di ritenuta e le sue modalità di installazione al fine di consentirne la corretta installazione su strada e fornire le indicazioni necessarie per l'esecuzione degli interventi di manutenzione e ripristino a seguito di futuri danneggiamenti.

**Art. 4.3****Attenuatori d'urto**

L'attenuatore d'urto è un dispositivo atto ad assorbire l'energia di un urto e viene normalmente installato in punti potenzialmente pericolosi per gli autoveicoli come cuspidi d'uscita, bumper autostradali, pilastri, ecc.

A.T.I.



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:



Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing. S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin



CONSULENZA:

Prof. Ing. W. Salvatore  
Prof. Ing. N. Squeglia


PAGINA

126



Il sistema, conforme ai requisiti ed alle prestazioni di cui alla norma UNI EN 1317-3, dovrà assorbire l'energia d'urto del veicolo rallentandone la corsa in caso di urto frontale o ridirigendolo nella corsia di marcia dopo impatto laterale. Potrà essere del tipo parallelo o non parallelo (o asimmetrico), a seconda delle indicazioni progettuali ovvero della Direzione Lavori e dovrà essere assemblato con componenti comuni, quindi facilmente sostituibili in caso di manutenzione a seguito di impatto.

Dettagli tecnici attenuatori d'urto:

- Classi di velocità: 50, 80, 100, 110 Km/h per attenuatori paralleli e non paralleli
-  Certificazione CE: ente accreditato e notificato CSI Certificazione e Testing

La struttura di base dovrà essere in acciaio elettrosaldato e comprenderà una lamiera e una monorotaia di guida per permettere lo scorrimento delle traverse, collegate ai pannelli di ritenuta delle celle di assorbimento. Il bumper (pannello frontale) dovrà essere il collegamento rigido delle lamiere in acciaio multionda che, in seguito all'urto, scivoleranno sovrapposte grazie a un sistema di scorrimento. I pannelli intermedi schiacceranno le celle in modo graduale, dissipando così l'energia cinetica di impatto. In caso d'urto dovrà essere possibile sostituire i soli pannelli assorbitori degli attenuatori, consentendo una maggiore semplicità di ripristino.

Gli attenuatori d'urto dovranno offrire differenti possibilità di installazione: mediante ancoranti chimici per cemento e asfalto o mediante viti di collegamento. Quest'ultima soluzione dovrà consentire di non avere ingombri a filo terra e sarà particolarmente indicata per sopportare urti ripetuti. Una specifica struttura metallica di fondazione infatti, sarà predisposta in uno specifico scavo a sezione obbligatoria e quindi annegata in calcestruzzo gettato in opera di idonea classe di resistenza. La risultante quota superiore di fondazione sarà equivalente al piano stradale sul quale si avvieranno, agli affioranti raccordi, le viti di collegamento ed ancoraggio della struttura guida dell'attenuatore.

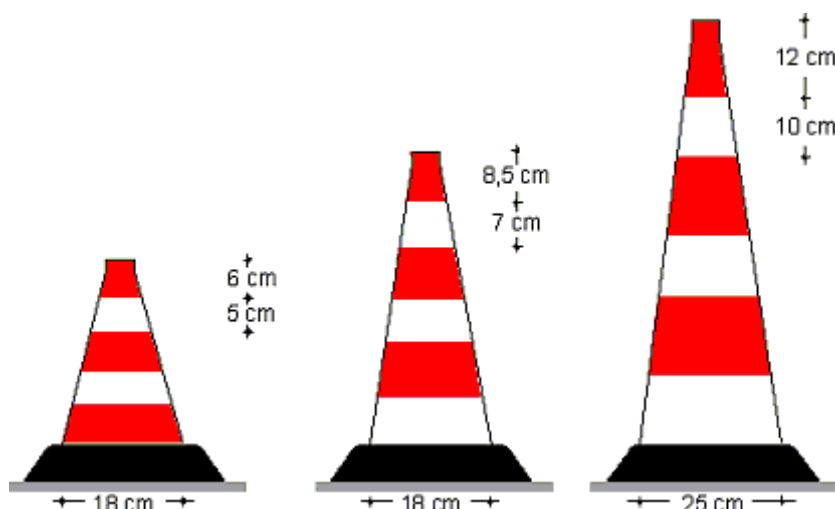
#### Art. 4.4

##### Coni e delineatori

Il **cono** può essere usato per delimitare ed evidenziare zone di lavoro o operazioni di manutenzione stradale di durata non superiore ai due giorni, per il tracciamento di segnaletica orizzontale, incanalamenti temporanei, separazione provvisoria di opposti sensi di marcia e delimitazione di ostacoli provvisori.

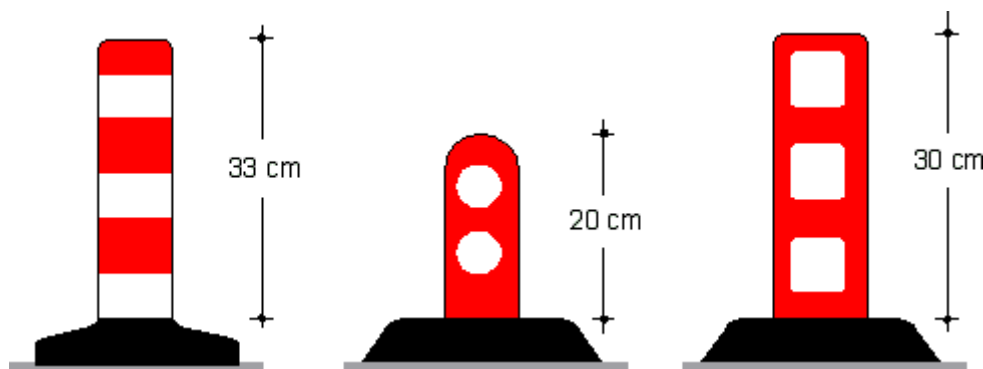
I coni da fornire e posare in opera dovranno essere costituiti da materiali flessibili quali gomma o plastica. Saranno di colore rosso con anelli di colore bianco retroriflettenti e le dimensioni saranno conformi alle indicazioni del Codice della Strada (art. 21 - vedi figura). Il cono dovrà avere una adeguata base di appoggio appesantita dall'interno o dall'esterno per garantirne la stabilità in ogni condizione.

La frequenza di posa sarà di solito di 12 m in rettilineo e di 5 m in curva. Nei centri abitati la frequenza sarà dimezzata, salvo diversa distanza necessaria per particolari situazioni della strada, del traffico o diversa indicazione della Direzione Lavori.



Il **delineatore flessibile** può essere usato per delimitare i sensi di marcia contigui, opposti o paralleli o per delimitare zone di lavoro stradale di durata superiore ai due giorni. I delineatori flessibili, lamellari o cilindrici, dovranno essere costituiti da materiali flessibili quali gomma o plastica; saranno di colore rosso con inserti o anelli di colore bianco retroriflettenti e le dimensioni saranno conformi alle indicazioni del Codice della Strada (art. 21 - vedi figura sotto). La base del delineatore dovrà essere incollabile o altrimenti fissata alla pavimentazione. I delineatori flessibili, se investiti dal traffico, dovranno piegarsi e riprendere la posizione verticale originale senza distaccarsi dalla pavimentazione.

La frequenza di posa sarà di solito 12 m in rettilineo e di 5 m in curva. Nei centri abitati la frequenza sarà dimezzata, salvo diversa distanza necessaria per particolari situazioni della strada, del traffico o diversa indicazione della Direzione Lavori.



Gli elementi prefabbricati per salvagenti pedonali e **delimitatori di corsia** possono essere realizzati in calcestruzzo, costituiti da sezioni componibili mediante appositi incastri. Essi devono essere impiegati solo nelle zone urbane per la creazione di isole pedonali di rifugio ovvero piattaforme di carico.

Le corsie riservate, in cui è permesso il transito solo a determinate categorie di veicoli, possono essere delimitate con elementi in rilievo tali da realizzare una cordatura longitudinale. In tal caso, gli elementi in rilievo sostituiscono la consueta striscia gialla.

Gli elementi in rilievo, da utilizzare principalmente in ambito urbano, saranno costituiti da manufatti in materiale plastico o gomma di colore giallo. Dovranno essere dotati di un solido sistema di fissaggio alla pavimentazione in modo da impedirne lo





spostamento o il distacco per effetto delle sollecitazioni derivanti dal traffico e dovranno essere posizionati in modo da consentire il deflusso delle acque piovane.

Gli elementi dovranno avere una larghezza compresa tra i 15 e 30 cm, altezza compresa (tra 5 e 15 cm) con una consistenza ed un profilo tale da consentirne il sormonto in caso di necessità. Potranno essere dotati di inserti rifrangenti o di altri sistemi catadiottrici per renderli maggiormente visibili.

I delimitatori di corsia in materiale plastico o gomma, dovranno essere omologati dal Ministero competente ai sensi dell'art. 192 del d.P.R. 16 dicembre 1992, n. 495 (Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada).

Tale cordolo, in gomma naturale, composto da elementi modulari dovrà avere colorazione gialla realizzata in pasta e non per verniciatura, con inserti rifrangenti in preformato. I vari elementi dovranno essere possibilmente dotati di innesti maschio-femmina tali da garantire la maggior stabilità possibile durante il periodo di esercizio. Dovranno altresì essere predisposti per l'inserimento di delineatori rifrangenti verticali e flessibili quali cilindri, bandierine e simili.

Il rapporto tra base ed altezza dovrà essere compreso tra due e quattro, il profilo trasversale dovrà essere convesso e la tangente al profilo, lungo l'intero sviluppo, non dovrà formare con l'orizzontale un angolo superiore a 70°.

I vari elementi saranno posti in opera mediante fissaggio con barre filettate e/o tasselli fissati mediante malte cementizie ad espansione o fiale di materiali indurenti bicomponenti. Il costo di tali elementi di fissaggio è compreso nel prezzo e della fornitura e della posa del cordolo di che trattasi.

#### Art. 4.5

##### Rallentatori di velocità

Sulla strada, per tutta la larghezza della carreggiata, ovvero per una o più corsie nel senso di marcia interessato, si adotteranno sistemi di rallentamento della velocità costituiti da bande trasversali ad effetto ottico, acustico o vibratorio, ottenibili con opportuni mezzi di segnalamento orizzontale o trattamento della superficie della pavimentazione.

I sistemi di rallentamento ad **effetto ottico** saranno realizzati conformemente alla norma UNI/TR 11670 mediante applicazione in serie di almeno 4 strisce bianche rifrangenti aventi prestazioni minime rispondenti alla norma UNI EN 1436 con larghezza crescente nel senso di marcia e distanziamento decrescente. La prima striscia dovrà avere una larghezza di 20 cm, le successive con incremento di almeno 10 cm di larghezza (vedi figura). In merito alle proprietà dei materiali da utilizzare in tali sistemi si farà riferimento alla norma UNI EN 1871.



Sulla base delle indicazioni progettuali ovvero della Direzione Lavori, i sistemi di rallentamento ad **effetto acustico** saranno realizzati mediante irruvidimento della pavimentazione stradale ottenuta con la scarificazione o incisione superficiale della stessa o con l'applicazione di strati sottili di materiale in rilievo in aderenza, eventualmente integrato con dispositivi rifrangenti. Tali dispositivi possono anche determinare effetti vibratorii di limitata intensità.



Sulle strade dove vige un limite di velocità inferiore o uguale ai 50 km/h si potranno adottare **dossi artificiali** evidenziati mediante zebraure gialle e nere parallele alla direzione di marcia, di larghezza uguale sia per i segni che per gli intervalli, visibili sia di giorno che di notte.

I dossi artificiali potranno essere posti in opera solo su strade residenziali, nei parchi pubblici e privati, nei residences, ecc.; possono essere installati in serie e devono essere presegnalati. Ne è vietato l'impiego sulle strade che costituiscono itinerari preferenziali dei veicoli normalmente impiegati per servizi di soccorso o di pronto intervento.

I dossi di cui sopra, sono costituiti da elementi in rilievo prefabbricati o da ondulazioni della pavimentazione a profilo convesso. In funzione dei limiti di velocità vigenti sulla strada interessata i dossi hanno le seguenti dimensioni:

- a) per limiti di velocità pari o inferiori a 50 km/h: larghezza  $\geq$  a 60 cm e altezza  $\leq$  a 3 cm;
- b) per limiti di velocità pari o inferiori a 40 km/h: larghezza  $\geq$  a 90 cm e altezza  $\leq$  a 5 cm;
- c) per limiti di velocità pari o inferiori a 30 km/h: larghezza  $\geq$  a 120 cm e altezza  $\leq$  a 7 cm.

I tipi a) e b) dovranno essere realizzati in elementi modulari in gomma o materiale plastico, il tipo c) potrà essere realizzato anche in conglomerato. Nella zona interessata dai dossi dovranno essere adottate idonee misure per l'allontanamento delle acque. Nelle installazioni in serie la distanza tra i rallentatori, deve essere compresa tra 20 e 100 m a seconda della sezione adottata.

I rallentatori di velocità prefabbricati dovranno essere fortemente ancorati alla pavimentazione, onde evitare spostamenti o distacchi dei singoli elementi o parte di essi, e dovranno essere facilmente rimovibili. La superficie superiore dei rallentatori sia prefabbricati che strutturali deve essere antisdrucciolevole.

I dispositivi rallentatori di velocità prefabbricati dovranno essere omologati per la circolazione e la sicurezza stradale; la loro installazione sarà resa possibile previa ordinanza dell'ente proprietario della strada che ne determina il tipo e la ubicazione.

## CAPITOLO 5

### SEGNALETICA STRADALE

#### Art. 5.1

#### Segnaletica orizzontale - Generalità

Ai sensi dell'articolo 40 del Nuovo Codice della Strada d.lgs. 30 aprile 1992 n. 285 e s.m.i. i segnali orizzontali, tracciati sulla strada, servono per regolare la circolazione, per guidare gli utenti e per fornire prescrizioni od utili indicazioni per particolari comportamenti da seguire.

I segnali orizzontali si dividono in:

- a) strisce longitudinali;
- b) strisce trasversali;
- c) attraversamenti pedonali o ciclabili;
- d) frecce direzionali;
- e) iscrizioni e simboli;
- f) strisce di delimitazione degli stalli di sosta o per la sosta riservata;
- g) isole di traffico o di presegnalamento di ostacoli entro la carreggiata;
- h) strisce di delimitazione della fermata dei veicoli in servizio di trasporto pubblico di linea;
- i) altri segnali stabiliti dal regolamento.



Le strisce longitudinali possono essere continue o discontinue. Nel regolamento (Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada - d.P.R. 16 dicembre 1992, n. 495) sono stabilite norme per le forme, le dimensioni, i colori, i simboli e le caratteristiche dei segnali stradali orizzontali, nonché le loro modalità di applicazione.

La segnaletica orizzontale da realizzare sul tracciato stradale può impiegare materiali con formulazioni e tipologie applicative diverse ma conformi alla Linea guida **UNI/TR 11670**, al fine di soddisfare precise richieste comportamentali e prestazionali.

I prodotti vernicianti da utilizzare sono distinti in tre livelli così di seguito riportati:

- a) vernici a solvente per applicazioni provvisorie o per zone poco sollecitate;
- b) termospruzzi plastici per applicazioni di routine;
- c) laminati elastoplastici o prodotti speciali per applicazioni in zone ad alta pericolosità.

Qualsiasi tipo di segnaletica orizzontale da realizzare deve essere conforme a quanto stabilito dal nuovo Codice della Strada d.lgs. n. 285 del 30/04/1992, dal Regolamento d'esecuzione e d'attuazione del nuovo codice della strada d.P.R. n. 495 del 16/12/1992, dal d.P.R. 16 settembre 1996 n. 610 e dai disegni esecutivi progettuali eventualmente allegati al presente Capitolato Speciale.

Per le specifiche relative alla tipologia di segnaletica orizzontale da porre in opera e alla sua ubicazione, si rimanda all'elaborato progettuale di dettaglio allegato al capitolato.

### **Caratteristiche dei materiali**

I materiali da utilizzare per la segnaletica orizzontale sono classificati nel seguente modo:

#### **A) Vernici**

Possono essere di due tipi:

- 1) idropitture con microsfere di vetro (UNI EN 1424) postspruzzate:

la vernice deve essere costituita da una miscela di resina e plastificanti, pigmenti e materiali riempitivi, il tutto contenuto in una sospensione a base d'acqua.

- 2) pitture a freddo con microsfere di vetro premiscelate e postspruzzate:

la vernice deve essere costituita da una miscela di resine e plastificanti, da pigmenti e materiali riempitivi, da microsfere di vetro conforme alla norma UNI EN 1423, il tutto disperso in diluenti o solventi idonei.

#### **B) Termoplastico:**

il materiale termoplastico deve essere costituito da una miscela di resine idrocarburiche sintetiche plastificate con olio minerale, da pigmenti ed aggregati, da microsfere di vetro, premiscelate e postspruzzate, da applicare a spruzzo e/o per estrusione a caldo.

#### **C) Laminati elastoplastici:**

- C.1 per applicazioni provvisorie;
- C.2 per applicazioni poco sollecitate;
- C.3 per applicazioni altamente sollecitate.

### **Prestazioni**

Vengono di seguito definiti i requisiti, in base a quanto previsto dalla normativa UNI EN 1436, ai quali tutti i prodotti impiegati nei servizi di segnaletica orizzontale, devono ottemperare per tutta la loro vita funzionale.

Valori minori a quelli indicati dalla scheda tecnica, che deve essere prodotta dall'appaltatore prima dell'inizio della posa in opera, sono considerati insufficienti per il mantenimento degli standard di sicurezza previsti e comportano l'immediata sostituzione del materiale.



È facoltà del Direttore dei lavori, al fine di verificare i parametri prestazionali del materiale da porre in opera, richiedere all'appaltatore e/o eseguire per proprio conto dei provini della segnaletica.

Tali provini sono costituiti da lamierini metallici, delle dimensioni di cm 30 x 100, sui quali sarà posto in opera il materiale destinato alla segnaletica orizzontale.

Saranno eseguiti rilievi della visibilità notturna (valori  $R_L$ ), di derapaggio (SRT) e del colore (fattore). La segnaletica orizzontale, a partire dalla posa in opera, deve essere efficiente, per tutto il periodo della sua vita funzionale, sia in termini di visibilità notturna, sia di antiscivolosità.

Gli standard prestazionali richiesti sono:

- colore;
- visibilità notturna (retroreflessione);
- resistenza al derapaggio;
- tempo d'essiccazione.

## COLORE

Il colore delle vernici da utilizzare per la segnaletica orizzontale viene definito mediante le coordinate di cromaticità riferita al diagramma colorimetrico standard CIE (ISO/CIE 10526-1999).

I colori della segnaletica orizzontale devono rientrare, per tutta la durata della loro vita funzionale, all'interno dei valori indicati dalla normativa tecnica di cui sopra. La vernice dovrà essere omogenea, di consistenza liscia ed uniforme, non dovrà fare crosta né diventare gelatinosa od ispessirsi.

## VISIBILITA' NOTTURNA

La visibilità notturna della segnaletica orizzontale è determinata dall'illuminazione artificiale della segnaletica stessa e viene definita dal valore del coefficiente di luminanza retroriflessa  $R_L$ .

Il valore minimo del coefficiente di luminanza retroriflessa  $R_L$  deve essere per i prodotti di segnaletica orizzontale di tipo A, B e C e per tutta la loro vita funzionale pari a:

Tipo di materiale		Coefficiente minimo di luminanza retroriflessa $R_L$ * mcd * m <sup>2</sup> * lux <sup>-1</sup>	Classe
Permanente			
A - B	Bianco	$R_L \geq 110$	R3 <sup>a)</sup>
A - B	Giallo	$R_L \geq 110$	R3 <sup>a)</sup>
C	Bianco	$R_L \geq 110$	R3 <sup>a)</sup>
Temporaneo			
A - B - C	Giallo	$R_L \geq 110$	R3 <sup>a)</sup>

## RESISTENZA AL DERAPAGGIO (SRT)

La segnaletica orizzontale deve possedere tra le sue caratteristiche la resistenza allo slittamento, determinato dal contatto tra il pneumatico e il prodotto segnaletico in condizioni sfavorevoli.

Il valore minimo, rilevato secondo le metodologie standard, deve essere per i prodotti di segnaletica orizzontale di tipo A, B e C e per tutta la loro vita funzionale di:

Classe	Valore SRT minimo
--------	-------------------



S1	SRT > = 45
----	------------

**TEMPO D'ESSICCAZIONE**

La vernice applicata sulla superficie autostradale (manto bituminoso, manto bituminoso drenante, manto in conglomerato cementizio), alla temperatura dell'aria compresa tra +10°C e + 40°C ed umidità relativa non superiore al 70%, deve asciugarsi entro 15 minuti dall'applicazione. Nel caso di termoplastico deve solidificarsi entro 30 secondi per lo spruzzato ed entro 180÷240 secondi per l'estruso.

Trascorso tale periodo di tempo la pittura non deve sporcare o scolorire sotto l'azione delle ruote gommate degli autoveicoli in transito.

**Esecuzione**

Le fasi di installazione, di disinstallazione e di rifacimento o manutenzione della segnaletica stradale, unitamente agli interventi eseguiti in emergenza, costituiscono attività lavorative comportanti un rischio derivante dall'interferenza con il traffico veicolare.

Per tale motivo tutte le operazioni dell'appaltatore dovranno essere eseguite nel pieno rispetto delle procedure e dei criteri minimi previsti dal Decreto ministeriale 22 gennaio 2019 e relativi allegati, con particolare attenzione a:

- Dotazioni delle squadre di intervento,
- Limitazioni operative legate a particolari condizioni ambientali
- Gestione operativa degli interventi
- Presegnalazione di inizio intervento
- Sbandieramento
- Regolamentazione del traffico con movieri
- Spostamento a piedi degli operatori
- Attraversamento a piedi delle carreggiate
- Presenza di veicoli operativi
- Entrata ed uscita dal cantiere
- Situazioni di emergenza
- Rimozione di ostacoli dalla carreggiata
- Segnalazione e delimitazione di cantieri fissi
- Segnalazione di interventi all'interno di gallerie

**Segnaletica consigliata nel caso di intervento su strade aperte al traffico veicolare**





Figura II 391 Art. 31

SEGNII ORIZZONTALI IN  
RIFACIMENTO

Figura II 391c Art. 31

CORSIE A LARGHEZZA  
RIDOTTA

Le superfici interessate dalla stesa della segnaletica orizzontale, dovranno essere preventivamente pulite accuratamente, in modo tale da essere liberate da ogni impurità in grado di nuocere all'adesione dei materiali impiegati. È vietata l'eliminazione di tracce d'olio o grasso per mezzo di solventi.

L'applicazione dei materiali deve avvenire su superfici asciutte e deve essere effettuata con mezzi meccanici idonei cercando inoltre di ridurre al minimo l'ingombro della carreggiata e quindi le limitazioni da imporre alla circolazione.

La posa in opera dei materiali per segnaletica orizzontale deve essere eseguita secondo i tracciati, le figure e le scritte preesistenti o stabiliti dal Direttore dei lavori. Comunque l'Appaltatore è tenuto a propria cura e spese, a effettuare la rimozione e il rifacimento della segnaletica giudicata non regolarmente eseguita anche per quanto concerne la sua geometria (dimensioni, intervalli, allineamenti, ecc.).

I materiali devono avere un potere coprente uniforme e tale da non far trasparire, in nessun caso, il colore della sottostante pavimentazione.

L'appaltatore dovrà fornire, ove contemplato dal progetto e/o dalle indicazioni del Direttore dei lavori, nella giusta dimensione, quantità e posizione, l'inserito di catarifrangenti stradali inglobati nella segnaletica orizzontale (marker stradali o occhi di gatto) secondo i requisiti indicati dalla norma UNI EN 1463-1.

Le strisce in genere, così come tutta la segnaletica orizzontale, potranno essere di ripasso o di primo impianto; l'Impresa, ovunque sia necessario, effettuerà il preventivo tracciamento secondo le dimensioni che saranno precisate dalla Direzione lavori; tale tracciamento dovrà essere eseguito con attrezzature idonee e personale qualificato in modo da ottenere un risultato di stesa geometricamente a perfetta regola d'arte.

La cancellatura della segnaletica orizzontale, sia gratuita perché ad onere dell'Impresa che a pagamento, dovrà essere eseguita con sistemi approvati dalla Stazione appaltante.

**Controlli**

Le prove o controlli degli standard prestazionali dei materiali previsti ai sensi della norma UNI EN 1824 saranno effettuati al fine di verificare il mantenimento dei valori richiesti. Questi saranno eseguiti in contraddittorio con l'Appaltatore, e qualora questo non si presenti, l'avvenuta verifica sarà comunicata dal Direttore dei lavori, all'Appaltatore con espresso verbale che indichi i termini di riferimento del luogo in cui è stato effettuato il prelievo e/o la prova.

Tali verifiche saranno effettuate nella quantità che la Stazione Appaltante riterrà opportuna e come previsto dalle Appendici B, C e D alla norma UNI EN 1436 per i requisiti di colore, visibilità notturna e resistenza al derapaggio.

Le prove a cui saranno sottoposti i prodotti potranno essere eseguite in cantiere con l'ausilio di specifiche strumentazioni a insindacabile giudizio del Direttore dei lavori.

**Art. 5.2****Segnaletica verticale - Generalità**

Ai sensi dell'articolo 39 del Nuovo Codice della Strada d.lgs. 30 aprile 1992 n. 285 e s.m.i. i segnali verticali si dividono nelle seguenti categorie:

**A)** segnali di pericolo: preavvisano l'esistenza di pericoli, ne indicano la natura e impongono ai conducenti di tenere un comportamento prudente;

**B)** segnali di prescrizione: rendono noti obblighi, divieti e limitazioni cui gli utenti della strada devono uniformarsi; si suddividono in: a) segnali di precedenza; b) segnali di divieto; c) segnali di obbligo;

**C)** segnali di indicazione: hanno la funzione di fornire agli utenti della strada informazioni necessarie o utili per la guida e per la individuazione di località, itinerari, servizi ed impianti; si suddividono in:

a) segnali di preavviso; b) segnali di direzione; c) segnali di conferma; d) segnali di identificazione strade; e) segnali di itinerario; f) segnali di località e centro abitato; g) segnali di nome strada; h) segnali turistici e di territorio; i) altri segnali che danno informazioni necessarie per la guida dei veicoli; l) altri segnali che indicano installazioni o servizi.

Il Regolamento del Codice della strada (d.P.R. 16/12/1992, n. 495) stabilisce forme, dimensioni, colori e simboli dei segnali stradali verticali e le loro modalità di impiego e di apposizione.

Le parti principali di cui si compone un impianto di segnaletica verticale sono: il plinto, il sostegno (palo), il segnale o il gruppo di segnali, ed in casi di impianto segnaletico più complesso, le paline per controventature (pali che sostengono l'impianto contro la forza del vento) le staffe di ancoraggio e la bulloneria.

I plinti di fondazione dovranno essere realizzati in conglomerato cementizio, ed avere dimensioni tali, calcolate in funzione della natura dei materiali di cui è composto il sottofondo su cui impiantare il palo di sostegno, da assicurarne la perfetta stabilità e perpendicolarità rispetto al piano di calpestio.

Le paline: realizzate in acciaio zincato a caldo, a sezione circolare, con spessore e diametro idonei e lunghezza proporzionata alla quantità di segnali da sostenere ed all'altezza dal piano di calpestio prevista dal Codice della Strada, dovranno essere dotati di dispositivo antirotazione (scanalatura per tutta la lunghezza del palo, che evita la rotazione del segnale), di apposito foro all'estremità inferiore per l'inserimento dello spinotto necessario all'ancoraggio del palo al plinto e tappo di chiusura all'estremità superiore.

Per le specifiche relative alla tipologia di segnaletica verticale da porre in opera e alla sua ubicazione, si rimanda all'elaborato progettuale di dettaglio allegato al capitolato.

**Caratteristiche dei materiali**

I materiali di segnaletica stradale verticale ed accessori oggetto della realizzazione dovranno essere rigorosamente conformi a tutti i requisiti tecnici e normativi (comprese le caratteristiche prestazionali, tipologie, dimensioni, misure, scritte, simboli e

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:

DP INGENNERIA SRL  
Società di Ingegneria Civile  
info@dpingegneria.com - www.dpingegneria.com  
Viale San Concordio, 1160 - 55100 LUCCA  
Tel.: 0583 581194 - P.IVA: 0248862408

Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing. S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
SalvatoreProf. Ing. N.  
Squeglia

135



colori) di cui al Regolamento (UE) n. 305/2011, alla norma armonizzata UNI EN 12899-1, al d.P.R. 16/12/1992, n. 495 recante il "Regolamento di esecuzione ed attuazione del nuovo Codice della Strada" e alla Norma UNI 11480.

Tutti i materiali retroriflettenti costituenti la faccia a vista dei segnali verticali permanenti devono essere certificati e marcati CE ai sensi del Regolamento (UE) n.305/2011 e della norma europea UNI EN 12899-1.

Tutti i materiali retroriflettenti devono inoltre essere valutati ai sensi della Norma UNI 11480, al fine di verificarne la conformità delle prestazioni visive in condizioni diurne e stabilirne la rispondenza al livello prestazionale più idoneo, fra i tre definiti dalla norma: inferiore, base o superiore.

Nel caso di pellicole di classe 1 con "livello prestazionale inferiore", corrispondenti a quelli già definiti a normale risposta luminosa, si dovrà avere un coefficiente di retroriflessione minimo iniziale  $R_A$  non inferiore ai valori riportati nel prospetto 3 della norma UNI 11480, e dovrà mantenere almeno il 50% dei suddetti valori per il periodo minimo di 7 anni di normale esposizione verticale all'esterno nelle condizioni medie ambientali d'uso. Fa eccezione la pellicola di colore arancio che deve mantenere i requisiti di cui sopra per almeno 3 anni. Nel caso di colori realizzati mediante stampa serigrafica, stampa digitale o applicazione di trasparenti protettivi autoadesivi ad intaglio, il coefficiente di retroriflessione non deve essere inferiore al 70% dei valori su menzionati. Tali materiali retroriflettenti possono essere usati solo limitatamente ai casi in cui ciò è consentito e ove sia prevista una vita utile del segnale stradale inferiore ai 10 anni, secondo quanto ribadito dalla Direttiva Ministeriale 4867/RU del 2013.

Le pellicole di classe 2 con "livello prestazionale base", corrispondenti a quelli già definiti ad elevata risposta luminosa, dovranno avere un coefficiente di retroriflessione minimo iniziale  $R_A$  non inferiore ai valori riportati nel prospetto 4 della norma UNI 11480, e devono mantenere almeno l'80% dei suddetti valori per il periodo minimo di 10 anni di normale esposizione verticale all'esterno nelle condizioni medie ambientali d'uso. Fa eccezione la pellicola di colore arancio che deve mantenere i requisiti di cui sopra per almeno 3 anni. Nel caso di colori realizzati mediante stampa serigrafica, stampa digitale o applicazione di trasparenti protettivi autoadesivi ad intaglio, il coefficiente di retroriflessione non deve essere inferiore al 70% dei valori su menzionati.

Le pellicole di classe 2 con "livello prestazionale superiore", corrispondenti a quelli già definiti ad altissima risposta luminosa, devono avere un coefficiente di retroriflessione minimo iniziale  $R_A$  non inferiore ai valori riportati nel prospetto 5 della norma UNI 11480, e devono mantenere almeno l'80% dei suddetti valori per il periodo minimo di 10 anni di normale esposizione verticale all'esterno nelle condizioni medie ambientali d'uso. Fa eccezione la pellicola di colore arancio che deve mantenere i requisiti di cui sopra per almeno 3 anni. Tali pellicole possono essere anche del tipo "fluoro-rifrangente", cioè con più elevato fattore di luminanza e conseguentemente più elevata visibilità diurna, caratteristica utile in particolare per la segnaletica verticale temporanea. In questo caso il coefficiente di retroriflessione minimo iniziale  $R_A$  non deve essere inferiore ai valori riportati nel prospetto 6 della norma UNI 11480. Nel caso di colori realizzati mediante stampa serigrafica, stampa digitale o applicazione di trasparenti protettivi autoadesivi ad intaglio, il coefficiente di retroriflessione non deve essere inferiore al 70% dei valori su menzionati.

L'impiego delle pellicole rifrangenti ad elevata efficienza (classe 2) è obbligatorio nei casi in cui è esplicitamente previsto dal progetto e dal presente capitolato, e per i segnali: "dare precedenza", "fermarsi e dare precedenza", "dare precedenza a destra", "divieto di sorpasso", nonché per i segnali permanenti di preavviso e di direzione. L'impiego di pellicole con tecnologia a microprismi è consentito qualora siano rispettate le caratteristiche prestazionali previste dalla norma UNI 11122.

I pannelli dei segnali ed i sostegni che caratterizzano le prestazioni strutturali e la costruzione dei segnali verticali permanenti devono soddisfare i requisiti di cui alla norma UNI 11480, in applicazione alla norma armonizzata UNI EN 12899-1.

I segnali stradali permanenti possono essere costruiti in acciaio, alluminio, plastica o negli altri materiali previsti dalla norma UNI EN 12899-1 purché conformi alle **"Prestazioni"** strutturali di seguito indicate.

**Supporti in lamiera**

I segnali saranno costituiti in lamiera di ferro di prima scelta con spessore non inferiore a 10/10 di millimetro o in lamiera di alluminio semicrudo puro al 99% dello spessore non inferiore a 25/10 di millimetro (per dischi, triangoli, frecce e targhe di superficie compresa entro i 5 metri quadrati) e dello spessore di 30/10 di millimetro per targhe superiori ai 5 metri quadrati.

**- Rinforzo perimetrale**

Ogni segnale dovrà essere rinforzato lungo il suo perimetro da una bordatura di irrigidimento realizzata a scatola dalle dimensioni non inferiori a centimetri 1,5;

**- Traverse di rinforzo e di collegamento**

Qualora le dimensioni dei segnali superino la superficie di metri quadrati 1,50, i cartelli dovranno essere ulteriormente rinforzati con traverse di irrigidimento piegate ad U dello sviluppo di centimetri 15, saldate al cartello nella misura e della larghezza necessaria.

**- Traverse intelaiature**

Dove necessario, sono prescritte per i cartelli di grandi dimensioni traverse in ferro zincate ad U di collegamento tra i vari sostegni.

Tali traverse dovranno essere complete di staffe ed attacchi a morsetto per il collegamento, con bulloni in acciaio zincato nella quantità necessaria, le dimensioni della sezione della traversa saranno di millimetri 50x23, spessore di millimetri 5, con la lunghezza prescritta per i singoli cartelli.

La zincatura delle traverse, delle staffe e degli attacchi dovrà essere conforme alle prescrizioni delle norme UNI EN 10244-1 e UNI EN 10244-2.

Qualora i segnali siano costituiti da due o più pannelli, congiunti, questi devono essere perfettamente accostati mediante angolari in alluminio, spessore millimetri 3, opportunamente forati e muniti di bulloncini in acciaio zincato sufficienti ad ottenere un perfetto assestamento dei lembi dei pannelli.

Per evitare forature, tutti i segnali dovranno essere muniti di attacchi standard (per l'adattamento ai sostegni in ferro tubolare diam. mm. 48, 60, 90), ottenuto mediante fissaggio elettrico sul retro con profilo a "C", oppure ricavato (nel caso di cartelli rinforzati e composti di pannelli multipli) direttamente sulle traverse di rinforzo ad U.

Tali attacchi dovranno essere completati da opportune staffe con dispositivi antirotazione in acciaio zincato corredate di relativa bulloneria, anch'essa zincata.

**SOSTEGNI**

I sostegni per i segnali verticali, portali esclusi, saranno in ferro tubolare antirotazione (art. 82 d.P.R. n. 495/92) diametro mm. 60, 90 chiusi alla sommità, dovranno essere zincati a caldo conformemente alle norme UNI e ASTM.

Detti sostegni, comprese le staffe di ancoraggio del palo di basamento, non dovranno essere sottodimensionati, nemmeno in termini di peso (Kg/m).

I sostegni devono avere, nei casi di sezione circolare, un dispositivo inamovibile antirotazione del segnale rispetto al sostegno e del sostegno rispetto al terreno. La sezione del sostegno deve garantire la stabilità del segnale in condizione di sollecitazioni derivanti da fattori ambientali.

I sostegni, al pari dei supporti dei segnali stradali, devono essere adeguatamente protetti contro la corrosione. Previo parere della Direzione dei Lavori, il diametro inferiore sarà utilizzato per i cartelli triangolari, circolari e quadrati di superficie inferiore a metri quadrati 0,8, mentre il diametro maggiore sarà utilizzato per i cartelli a maggiore superficie. Il dimensionamento dei sostegni dei grandi cartelli e la loro eventuale controventatura dovrà essere approvato dalla Direzione dei Lavori previo studio e giustificazione tecnica.

**Prestazioni**

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:

DP INGENGERIA S.R.L.  
Società di Ingegneria Civile  
info@dpingegneria.com - www.dpingegneria.com  
Viale San Concordio, 1160 - 55100 LUCCA  
Tel.: 0583 381194 - P.IVA: 0248882408

Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing. S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
Salvatore  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

137



Tutti i segnali devono essere rispondenti ai tipi, dimensioni e misure prescritte dal Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada, alle Norme Tecniche sulle costruzioni ed in ogni caso alle norme in vigore al momento dell'esecuzione dei lavori.

Tutti i segnali circolari, triangolari, targhe, frecce, nonché i sostegni ed i relativi basamenti di fondazione dovranno essere costruiti e realizzati sotto la completa responsabilità della Ditta aggiudicataria, in modo tale da resistere alla forza esercitata dal vento alla velocità di almeno 150 Km/h.

I carichi statici e dinamici per la valutazione delle prestazioni meccaniche e strutturali, devono essere conformi a quanto definito dal punto 5.1 della norma UNI EN 12899-1, mediante l'utilizzo dei coefficienti specificati per i rispettivi materiali.

I valori minimi per le prestazioni strutturali devono essere conformi, per tutti i materiali utilizzati, a quelli previsti dalla UNI 11480 al punto 5.3, con le seguenti classi:

- Spinta del vento: Classe WL6 o WL7
- Carico dinamico da neve: Classe DSL1 (o DSL2, DSL3, DSL4)
- Carichi concentrati: Classe PL1
- Deformazioni Temporanee - Flessione: Classe TDB5
- Deformazioni Temporanee - Torsione: Non richiesta

Sono accettate classi migliorative per i valori minimi prestazionali elencati.

Le dimensioni dei segnali verticali di forma standard devono essere conformi a quanto previsto dall'art. 80, comma 1 del d.P.R. 16 dicembre 1992, n. 495; le dimensioni dei segnali verticali non standard devono essere conformi a quanto previsto dall'art. 80, comma 7 dello stesso decreto.

Le tolleranze ammissibili, rispetto alle misure nominali sono:

- per la faccia a vista del segnale:  $+1/-12$  mm, in conformità al punto 4.1. della UNI 11480;
- per il pannello:  $-1/+7$  mm, in conformità al punto 5.6 della UNI 11480.

Il raggio di curvatura non deve essere inferiore a 10 mm. Il bordo del pannello deve essere conforme al punto 5.9 della norma UNI 11480. Per motivi antinfortunistici il bordo del supporto non deve presentare pericoli di taglio.

Il retro ed il bordo dei pannelli (ad eccezione di quelli in legno) devono essere realizzati con un colore neutro e opaco.

I segnali non devono presentare perforazione della faccia a vista. Qualora realizzati in acciaio, alluminio o legno, devono avere una resistenza alla corrosione conforme al punto 5.10 della norma UNI 11480, con classe di resistenza SP1.

I fissaggi dei segnali e i sostegni devono essere conformi rispettivamente al par. 6 e al par. 7 della UNI 11480.

In particolare, i segnali - affinché siano conformi alle prescrizioni della UNI EN 12899-1, devono essere forniti provvisti di collari di aggancio per il sostegno aventi le stesse caratteristiche tecnico-costruttive e di disegno ovvero corrispondenti a quelli utilizzati nelle prove iniziali di tipo.

A tergo di ogni segnale dovranno essere indicati, a cura e spese del fornitore, una serie di iscrizioni che, globalmente, in conformità di quanto disposto al punto 7 dell'art. 77 del d.P.R. n. 495/92, non dovranno occupare una superficie maggiore di cmq. 200 ed indicare chiaramente:

- l'ente o l'amministrazione proprietari della strada;
- il marchio della ditta che ha fabbricato il segnale;
- il marchio della ditta che ha fornito o installato il segnale (non obbligatorio ma opportuno);
- l'anno di fabbricazione
- gli estremi dell'ordinanza di apposizione

### **Marcatura CE**

La marcatura CE deve essere apposta in modo visibile, leggibile e indelebile sul prodotto o su un'etichetta ad esso applicata. Se ciò fosse impossibile o ingiustificato a causa della natura del prodotto (e solo in questo caso), essa dovrà essere apposta sull'imballaggio o sui documenti di accompagnamento.

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:

DP INGENGERIA SRL  
Società di Ingegneria Civile  
info@dpingegneria.com - www.dpingegneria.com  
Via San Concordio, 1160 - 55100 LUCCA  
Tel.: 0583 381194 - P.IVA: 0248882408

Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing. S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
Salvatore  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

138





La marcatura CE dei segnali verticali permanenti deve avvenire secondo una delle modalità indicate al punto 5.5 della UNI 11480.

E' possibile utilizzare dei sostegni circolari, a sezione quadrata o rettangolare, che possiedano la marcatura CE ai sensi del Regolamento (UE) 305/2011 sulla base della norma UNI EN 12899-1.

Eventuali segnali temporanei non sono soggetti alla marcatura CE, ma l'utilizzo di pellicole retroriflettenti marcate CE è fortemente raccomandato.

### Esecuzione

Le fasi di installazione, di disinstallazione e di rifacimento o manutenzione della segnaletica stradale, unitamente agli interventi eseguiti in emergenza, costituiscono attività lavorative comportanti un rischio derivante dall'interferenza con il traffico veicolare.

Per tale motivo tutte le operazioni dell'appaltatore dovranno essere eseguite nel pieno rispetto delle procedure e dei criteri minimi previsti dal Decreto ministeriale 22 gennaio 2019 e relativi allegati, con particolare attenzione a:

- Dotazioni delle squadre di intervento,
- Limitazioni operative legate a particolari condizioni ambientali
- Gestione operativa degli interventi
- Presegnalazione di inizio intervento
- Sbandieramento
- Regolamentazione del traffico con movieri
- Spostamento a piedi degli operatori
- Attraversamento a piedi delle carreggiate
- Presenza di veicoli operativi
- Entrata ed uscita dal cantiere
- Situazioni di emergenza
- Rimozione di ostacoli dalla carreggiata
- Segnalazione e delimitazione di cantieri fissi
- Segnalazione di interventi all'interno di gallerie

I segnali verticali sono installati, di norma, sul lato destro della strada. Possono essere ripetuti sul lato sinistro ovvero installati su isole spartitraffico o al di sopra della carreggiata, quando è necessario per motivi di sicurezza ovvero previsto dalle norme specifiche.

I segnali da ubicare sul lato della sede stradale (segnali laterali) devono avere il bordo verticale interno a distanza non inferiore a 0,30 m e non superiore a 1,00 m dal ciglio del marciapiede o dal bordo esterno della banchina (v. figura). Distanze inferiori, purché il segnale non sporga sulla carreggiata, sono ammesse in caso di limitazione di spazio. I sostegni verticali dei segnali devono essere collocati a distanza non inferiore a 0,50 m dal ciglio del marciapiede o dal bordo esterno della banchina; in presenza di barriere i sostegni possono essere ubicati all'esterno e a ridosso delle barriere medesime, purché non si determinino sporgenze rispetto alle stesse. Per altezza dei segnali stradali dal suolo si intende l'altezza del bordo inferiore del cartello o del pannello integrativo più basso dal piano orizzontale tangente al punto più alto della carreggiata in quella sezione. Su tratte omogenee di strada i segnali devono essere posti, per quanto possibile, ad altezza uniforme. L'altezza minima dei segnali laterali è di 0,60 m e la massima è di 2,20 m, ad eccezione di quelli mobili. Lungo le strade urbane, per particolari condizioni ambientali, i segnali possono essere posti ad altezza superiore e comunque non oltre 4,50 m. Tutti i segnali insistenti su marciapiedi o comunque su percorsi pedonali devono avere un'altezza minima di 2,20 m, ad eccezione delle lanterne semaforiche. I segnali collocati al di sopra della carreggiata devono avere un'altezza minima di 5,10 m, salvo nei casi di applicazione su manufatti di altezza inferiore ed avere un'altezza ed un'inclinazione rispetto al piano perpendicolare alla superficie stradale in funzione dell'andamento altimetrico della strada. Per i segnali posti ad altezza di 5,10 m, detta inclinazione sulle strade pianeggianti è di 3° circa verso il lato da cui provengono i veicoli (v. figura).

### Installazione segnaletica verticale

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:

OP INGENNERIA S.R.L.  
Società di Ingegneria Civile  
info@opingenneria.com - www.opingenneria.com  
Via San Concordio, 1160 - 55100 LUCCA  
Tel. 0583 381194 - P.IVA. 02488624048

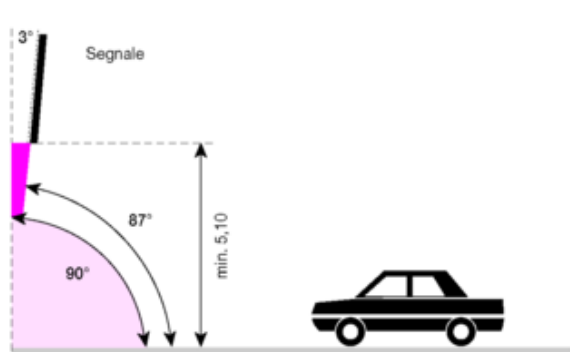
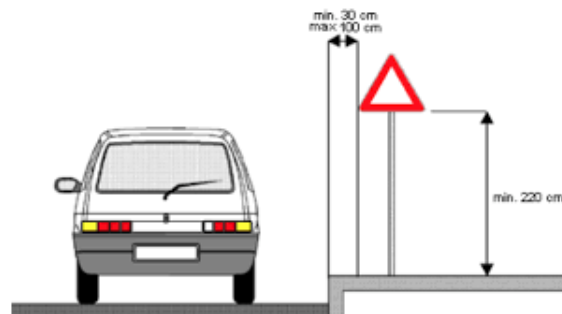
Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing. S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
Salvatore  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

139

**INSTALLAZIONE SOPRA LA CARREGGIATA****INSTALLAZIONE A LATO CARREGGIATA**

I segnali di prescrizione devono essere installati in corrispondenza o il più vicino possibile al punto in cui inizia la prescrizione. I segnali che indicano la fine del divieto o dell'obbligo devono essere installati in corrispondenza o il più vicino possibile al punto in cui cessa il divieto o l'obbligo stesso. In funzione delle caratteristiche del materiale impiegato, la disposizione del segnale deve essere tale da non dare luogo ad abbagliamento o a riduzione di leggibilità del segnale stesso.

### Controlli

Le prove o controlli degli standard prestazionali dei materiali previsti saranno effettuati al fine di verificare il mantenimento dei valori richiesti. Questi saranno eseguiti in contraddittorio con l'Appaltatore, e qualora questo non si presenti, l'avvenuta verifica sarà comunicata dal Direttore dei lavori all'Appaltatore con espresso verbale che indichi i termini di riferimento del luogo in cui è stata effettuata la verifica e/o la prova.

Le prove a cui saranno sottoposti i prodotti potranno essere eseguite in cantiere con l'ausilio di specifiche strumentazioni a insindacabile giudizio del Direttore dei lavori.

I controlli tenderanno alla verifica dei seguenti dati e parametri essenziali per la segnaletica permanente:

- Certificazioni del fornitore e del produttore;
- Categoria del Segnale stradale tra quelle individuate dal Nuovo Codice della Strada;
- Materiale del supporto;
- Spessore del materiale [mm];
- Forma del segnale così come previsto dal titolo II del Nuovo Codice della Strada;
- Formato del segnale così come previsto dal titolo II del Nuovo Codice della Strada;
- Spinta del vento così come previsto dalla norma UNI EN 12899-1 prospetto 8;
- Carico dinamico della neve: parametro strutturale del segnale così come previsto dalla norma UNI EN 12899-1 prospetto 9;
- Carichi concentrati: parametro strutturale del pannello integrativo così come previsto dalla norma UNI EN 12899-1 prospetto 10;
- Deformazione temporanea massima (Flessione): parametro strutturale del segnale così come previsto dalla norma UNI EN 12899-1 prospetto 11;
- Deformazione temporanea massima (Torsione): parametro strutturale del segnale così come previsto dalla norma UNI EN 12899-1 prospetto 12;
- Classe rifrangenza pellicole dettata dalla normativa vigente;
- Iscrizione sul retro del supporto così come previsto dalla norma UNI EN 12899-1.



## CAPITOLO 6

### VERIFICA PROVVISORIA, CONSEGNA E NORME PER IL COLLAUDO DEGLI IMPIANTI

#### Art. 6.1

##### MANUTENZIONE DELLE OPERE FINO AL COLLAUDO

Sino a che non sia intervenuto, con esito favorevole, il collaudo definitivo delle opere, la manutenzione delle stesse, ordinaria e straordinaria, dovrà essere fatta a cura e spese dell'Appaltatore.

Per tutto il periodo intercorrente fra l'esecuzione ed il collaudo e salve le maggiori responsabilità sancite dall'art. 1669 C.C., l'Appaltatore è quindi garante delle opere e delle forniture eseguite obbligandosi a sostituire i materiali che si mostrassero non rispondenti alle prescrizioni contrattuali ed a riparare tutti i guasti e le degradazioni che dovessero verificarsi anche in conseguenza dell'uso, purché corretto, delle opere. In tale periodo la manutenzione dovrà essere eseguita nel modo più tempestivo, anche in presenza di traffico e senza interruzione dello stesso, con le dovute cautele e segnalazioni di sicurezza ed in ogni caso, sotto pena d'intervento d'ufficio, nei termini prescritti dal Direttore dei Lavori.

Per cause stagionali o per altre cause potrà essere concesso all'Appaltatore di procedere ad interventi di carattere provvisorio, salvo a provvedere alle riparazioni definitive, a regola d'arte, appena possibile.

#### Art. 6.2

##### VERIFICA PROVVISORIA E CONSEGNA DEGLI IMPIANTI

Dopo l'ultimazione dei lavori ed il rilascio del relativo certificato da parte della Stazione Appaltante, questa ha la facoltà di prendere in consegna gli impianti, anche se il collaudo definitivo degli stessi non abbia ancora avuto luogo.

In tal caso però, la presa in consegna degli impianti da parte della Stazione Appaltante dovrà essere preceduta da una verifica provvisoria degli stessi, che abbia avuto esito favorevole.

Anche qualora la Stazione Appaltante non intenda valersi della facoltà di prendere in consegna gli impianti ultimati prima del collaudo definitivo, può disporre affinché dopo il rilascio del certificato di ultimazione dei lavori si proceda alla verifica provvisoria degli impianti.

E' pure facoltà della ditta Appaltatrice di chiedere, che nelle medesime circostanze, la verifica provvisoria degli impianti abbia luogo.

La verifica provvisoria accerterà che gli impianti siano in condizione di poter funzionare normalmente, che siano state rispettate le vigenti norme di legge per la prevenzione degli infortuni ed in particolare dovrà controllare:

- lo stato di isolamento dei circuiti;
- la continuità elettrica dei circuiti;
- il grado di isolamento e le sezioni dei conduttori;
- l'efficienza dei comandi e delle protezioni nelle condizioni del massimo carico previsto;
- l'efficienza delle protezioni contro i contatti indiretti.

La verifica provvisoria ha lo scopo di consentire, in caso di esito favorevole, l'inizio del funzionamento degli impianti ad uso degli utenti a cui sono destinati.

Ad ultimazione della verifica provvisoria, la Stazione Appaltante prenderà in consegna gli impianti con regolare verbale.

#### Art. 6.3

##### COLLAUDO DEFINITIVO DEGLI IMPIANTI

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:

DP INGENNERIA S.R.L.  
Società di Ingegneria Civile  
info@dpingegneria.com - www.dpingegneria.com  
Viale San Concordio, 1160 - 55100 LUCCA  
Tel. 0583 381194 - P.IVA. 0248882458

Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
Salvatore  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

141



Il collaudo definitivo deve iniziare entro tre mesi dalla data di ultimazione dei lavori e tutte le relative operazioni devono essere portate a termine entro i sei mesi.

Esso dovrà accertare che gli impianti ed i lavori, per quanto riguarda i materiali impiegati, l'esecuzione e la funzionalità, siano in tutto corrispondenti a quanto precisato nel presente d'Appalto, tenuto conto di eventuali modifiche concordate in sede di aggiudicazione dell'appalto stesso o nel corso dell'esecuzione dei lavori.

Ad impianto ultimato si deve provvedere alle seguenti verifiche di collaudo:

- rispondenza alle disposizioni di legge;
- rispondenza alle prescrizioni dei VV.F.;
- rispondenza alle prescrizioni particolari concordate in sede di offerta;
- rispondenza alle norme CEI relative al tipo di impianto descritto.

In particolare, occorrerà verificare:

- a) che siano osservate le norme tecniche generali;
- b) che gli impianti ed i lavori siano corrispondenti a tutte le richieste ed alle preventive indicazioni, inerenti lo specifico appalto, precisate dalla Stazione Appaltante nella lettera di invito alla gara o nel disciplinare tecnico a base della gara, purché non siano state concordate delle modifiche in sede di aggiudicazione dell'appalto o nel corso dell'esecuzione dei lavori;
- c) che gli impianti e i lavori siano in tutto corrispondenti alle indicazioni contenute nel progetto, purché non siano state concordate delle modifiche in sede di aggiudicazione dell'appalto o nel corso dell'esecuzione dei lavori;
- d) che gli impianti ed i lavori corrispondano inoltre a tutte quelle eventuali modifiche concordate in sede di aggiudicazione dell'appalto, di cui è detto ai precedenti commi b) e c);
- e) che i materiali impiegati nell'esecuzione degli impianti, dei quali, siano stati presentati i campioni, siano corrispondenti ai campioni stessi.

Dovranno inoltre ripetersi i controlli prescritti per la verifica provvisoria e si dovrà redigere l'apposito verbale del collaudo definitivo.

### 6.3.1) Esame a vista

Deve essere eseguita una ispezione visiva per accertarsi che gli impianti siano realizzati nel rispetto delle norme generali, delle norme degli impianti di terra e delle norme particolari riferendosi all'impianto installato.

Detto controllo deve accertare che il materiale elettrico, che costituisce l'impianto fisso, sia conforme alle relative norme, sia scelto correttamente ed installato in modo conforme alle prescrizioni normative e non presenti danni visibili che possano compromettere la sicurezza.

Tra i controlli a vista devono essere effettuati i controlli relativi a:

- protezioni, presenza di adeguati dispositivi di sezionamento ed interruzione, polarità, scelta del tipo di apparecchi e misure di protezione adeguate alle influenze esterne;
- identificazione dei conduttori di neutro e di protezione, fornitura di schemi cartelli ammonitori, identificazione di comandi e protezioni, collegamenti dei conduttori.

È opportuno che tali controlli inizino durante il corso dei lavori.

### 6.3.2) Verifica del tipo e dimensionamento dei componenti dell'impianto, dell'apposizione dei contrassegni di identificazione

Si deve verificare che tutti i componenti dei circuiti messi in opera nell'impianto utilizzatore siano del tipo adatto alle condizioni di posa e alle caratteristiche dell'ambiente, nonché correttamente dimensionati in relazione ai carichi reali in funzionamento contemporaneo, o in mancanza di questi, in relazione a quelli convenzionali.



Per cavi e conduttori si deve controllare che il dimensionamento sia fatto in base alle portate indicate nelle tabelle CEI-UNEL, inoltre, si deve verificare che i componenti siano dotati dei debiti contrassegni di identificazione, ove prescritti.

### 6.3.3) Verifica della sfilabilità

Si deve estrarre uno o più cavi dal tratto di tubo o condotto compreso tra due scatole o cassette successive e controllare che questa operazione non abbia provocato danneggiamenti agli stessi.

La verifica va eseguita su tratti di tubo o condotto per una lunghezza pari complessivamente ad una percentuale tra l'1% ed i 5% della lunghezza totale.

A questa verifica si aggiungono, per gli impianti elettrici negli edifici prefabbricati e costruzioni modulari, anche quelle relative al rapporto tra il diametro interno del tubo o condotto e quello del cerchio circoscritto al fascio di cavi in questi contenuto, ed al dimensionamento dei tubi o condotti.

### 6.3.4) Misura della resistenza di isolamento

Si deve eseguire con l'impiego di un ohmmetro la cui tensione continua sia circa 125V nel caso di misura su parti di impianto di categoria 0, oppure su parti di impianto alimentate a bassissima tensione di sicurezza; circa 500V in caso di misura su parti di impianto di 1° categoria.

La misura si deve effettuare tra l'impianto ed il circuito di terra, e fra ogni coppia di conduttori tra loro.

Durante la misura gli apparecchi utilizzatori devono essere disinseriti; la misura è relativa ad ogni circuito intendendosi per tale la parte di impianto elettrico protetto dallo stesso dispositivo di protezione.

### 6.3.5) Misura della caduta di tensione

La misura della caduta di tensione deve essere eseguita tra il punto iniziale dell'impianto ed il punto scelto per la prova; si inseriscono un voltmetro nel punto iniziale ed un altro nel secondo punto (i due strumenti devono avere la stessa classe di precisione).

Devono essere alimentati tutti gli apparecchi utilizzatori che possono funzionare contemporaneamente: nel caso di apparecchiature con assorbimento di corrente istantaneo si fa riferimento al carico convenzionale scelto come base per la determinazione delle sezioni delle condutture. Le letture dei due voltmetri si devono eseguire contemporaneamente e si deve procedere poi alla determinazione della caduta di tensione percentuale.

### 6.3.6) Verifica delle protezioni contro i cortocircuiti ed i sovraccarichi

Si deve controllare che:

- il potere di interruzione degli apparecchi di protezione contro i cortocircuiti sia adeguato alle condizioni dell'impianto e della sua alimentazione;
- la taratura degli apparecchi di protezione contro i sovraccarichi sia correlata alla portata dei conduttori protetti dagli stessi.

### 6.3.7) Verifiche delle protezioni contro i contatti indiretti

Devono essere eseguite le verifiche dell'impianto di terra descritte nelle norme per gli impianti di messa a terra (Norme CEI 64-8).

## Art. 6.4

### GARANZIA DEGLI IMPIANTI

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:

DP INGENNERIA S.R.L.  
Società di Ingegneria Civile  
info@dpingegneria.com - www.dpingegneria.com  
Viale San Concordio, 1160 - 55100 LUCCA  
Tel.: 0583 381194 - P.IVA: 0248882408

Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing. S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
Salvatore  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

143





Se non diversamente disposto dal Capitolato Speciale d'Appalto, la garanzia è fissata entro 12 mesi dalla data di approvazione del certificato di collaudo.

Si intende, per garanzia degli impianti, entro il termine precisato, l'obbligo della ditta Appaltatrice di riparare tempestivamente, a sue spese, comprese quelle di verifica tutti i guasti e le imperfezioni che si dovessero manifestare negli impianti per effetto della non buona qualità dei materiali o per difetti di montaggio.

## SOMMARIO

A	Oggetto dei lavori .....	146
B	Attività preliminari .....	146
B.1	Analisi qualitativa del terreno .....	146
B.2	Preparazione del suolo .....	146
B.3	Rimozione e accantonamento del terreno vegetale .....	146
B.4	Accantonamento del suolo humico .....	147
B.5	Difesa della vegetazione esistente .....	147
B.6	La salvaguardia delle alberature in area cantiere .....	148
C	Materiali .....	148
C.1	Terreno vegetale .....	149
C.2	Posa in opera del suolo unico .....	149
C.3	Acqua .....	150
C.4	Fertilizzanti .....	151
C.5	Fitofarmaci .....	151
C.6	Materiali accessori .....	152
C.7	Materiale vegetale .....	152
C.7.1	Tappeto erboso .....	153
C.7.2	Specie a portamento arboreo .....	153
C.7.3	Specie a portamento arbustivo .....	155
C.7.4	Specie tappezzanti .....	156
C.7.5	Sementi .....	157
D	Prescrizioni tecniche di inizio lavori .....	157
D.1	Sopralluoghi e accertamenti preliminari .....	157
D.2	Rilievo, inventario e misure di salvaguardia delle piante esistenti .....	157
D.3	Norme di sicurezza - equipaggiamento del personale .....	157
D.4	Limitazioni alla circolazione pedonale e veicolare - segnaletica .....	158
E	Prescrizioni per l'esecuzione dei lavori .....	158

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:

DP INGENNERIA SRL  
Società di Ingegneria Civile  
info@dpingegneria.com - www.dpingegneria.com  
Viale San Concordio, 1160 - 55100 LUCCA  
Tel. 0583 381194 - P.IVA. 0248862408

Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing. S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
Salvatore  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

144



## REGIONE TOSCANA

Direzione mobilità, infrastrutture e trasporto pubblico locale  
Settore viabilità regionale ambiti Firenze-Prato e Pistoia

NUOVO PONTE SUL FIUME ARNO E RELATIVI COLLEGAMENTI VIARI TRA LO SVINCOLO DELLA SGC FI-PI-LI DI LASTRA A SIGNA E DI SIGNA  
CIG: 95482064DA - CUP: D91B21005300001

E.1	Lavorazioni preliminari .....	158
E.2	Ammendamento o fertilizzazione di fondo del terreno. impiego di fitofarmaci e diserbanti .....	158
E.3	Tracciamenti e picchettature .....	159
E.4	Preparazione delle buche e dei fossi .....	159
E.5	Apporto di terra di coltivo.....	159
E.6	Preparazione del terreno per la realizzazione di tappeti erbosi.....	160
E.7	Messa a dimora degli esemplari.....	160
E.8	Messa a dimora delle essenze tappezzanti, erbacee, rampicanti o ricadenti.....	161
E.9	Formazioni del tappeto erboso.....	161
F	Manutenzione delle opere a verde.....	162

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:



DP INGEENNERIA S.R.L.  
Società di Ingegneria Civile  
info@dpingegneria.com - www.dpingegneria.com  
Viale San Concordio, 1160 - 55100 LUCCA  
Tel.: 0583 581194 - P.IVA: 02488824089



Prof. Ing. A. **Marradi** | Prof. Ing S. **Pagliara** | Ing. M. **Ascoli** | Dott. P. **Turin**

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
**Salvatore**  
  
Prof. Ing. N.  
**Squeglia**

145



## **Oggetto dei lavori**

Il presente capitolato è relativo alla realizzazione delle opere a verde nell'ambito del progetto definitivo per la realizzazione del nuovo ponte sul Fiume Arno e relativi collegamenti viari tra lo svincolo della Sgc FI-PI-LI di Lastra a Signa e di Signa.

### **Attività preliminari**

L'Appaltatore deve prendere visione dei luoghi e delle condizioni di lavoro per la realizzazione delle opere, valutando le dimensioni, le caratteristiche specifiche, le connessioni con altri lavori di costruzione, movimenti di terra e sistemazione ambientale in genere e, in genere tutti gli aspetti che possono condizionarne la esecuzione.

Tutte le attività relative le opere a verde di interesse ambientale saranno seguite da un Biologo Naturalista, lo stesso interverrà a verifica delle attività di ricerca delle aree di provenienza e riconoscimento del materiale di propagazione da impiegare in cantiere, sia questo procurato in siti prossimi e analoghi alle aree di impianto che fornite da vivaio specializzato, come indicato nel seguito.

### ***1.1 Analisi qualitativa del terreno***

Il terreno sia in sito che importato da altre aree dovrà essere analizzato per verificarne l'idoneità al tipo di intervento progettato, prima dell'inizio dei lavori.

La caratterizzazione del terreno sarà raggiunta attraverso le opportune analisi (di seguito sono elencate le più significative).

- Granulometria;
- Acidità;
- Calcare totale;
- Azoto totale;
- Fosforo assimilabile;
- Potassio assimilabile;
- Sostanza organica;
- Capacità di Scambio Cationico (CSC);
- Conducibilità elettrica.

Resta comunque a carico dell'Appaltatore eseguirne altre qualora ritenute necessarie dall'Appaltatore stesso o richieste dalla direzione lavori.

È comunque necessario ottenere l'approvazione della Direzione Lavori per la messa in opera di terreno vegetale o per l'utilizzo di suolo agricolo in situ:

### ***1.2 Preparazione del suolo***

Le aree su cui devono essere realizzate le opere devono essere pulite asportando tutti i materiali estranei, che saranno avviati alle discariche autorizzate.

La pulizia deve essere effettuata limitando al massimo possibile il disturbo del terreno evitando contaminazioni o rimescolamento della stratigrafia naturale che dovrà essere preservata anche in caso di rinterri.

Inoltre devono essere abbattute le piante da non conservare, i cespugli, le piante infestanti; estirpate le ceppaie, deve procedersi allo spietramento superficiale attraverso l'utilizzo di una macchina interrassassi.

### ***1.3 Rimozione e accantonamento del terreno vegetale***



La rimozione del terreno vegetale esistente nelle zone soggette a lavorazioni dovrà avvenire evitando sia di modificarne le caratteristiche fisiche sia di contaminarlo con materiali estranei o provenienti dagli strati inferiori ai primi 20/30 cm.

L'accantonamento del terreno vegetale avverrà nelle aree opportunamente pulite e predisposte.

I cumuli dovranno essere predisposti in relazione alle differenti caratteristiche chimico-fisiche delle terre da accantonare, dovranno presentare dimensioni tali da non compromettere la struttura e la fertilità del terreno e non dovranno, comunque, superare l'altezza di m 2,50.

Sarà comunque compito dell'Appaltatore adottare il criterio più idoneo a garantire la conservazione della fertilità e la non contaminazione (materiali estranei e/o inquinanti) delle terre accantonate.

#### **1.4 Accantonamento del suolo humico**

In fase di realizzazione delle nuove opere e di installazione dei cantieri la prima attività finalizzata alla ricostituzione di suolo agrario o vegetale consisterà nell'accantonamento del suolo humico, che servirà poi in fase di ripristino. Gli strati fertili di coltura esistenti sulle aree di cantiere ed in corrispondenza delle nuove opere dovranno essere infatti preservati ed accantonati, per essere riutilizzati in un secondo tempo.

L'asportazione dello strato di terreno vegetale e la sua messa in deposito dovrà essere effettuata prendendo tutte le precauzioni per evitare di modificarne la struttura, la compattazione, la contaminazione con materiali estranei o con strati più profondi di composizione chimico-fisica differente. In fase di progetto esecutivo dovrà essere individuata la localizzazione dei depositi di accantonamento della terra vegetale, allegando delle specifiche tecniche sulle modalità di uso, coltivazione e mantenimento degli stessi.

Il terreno vegetale dovrà comunque essere esente dalla presenza di corpi estranei quali pietre, rami e radici e la quantità di scheletro con diametro maggiore di 2 mm non dovrà superare il 25-30% del volume totale.

#### **1.5 Difesa della vegetazione esistente**

L'Appaltatore dovrà provvedere ad identificare e proteggere per tutta la durata dei lavori tutte le piante e le formazioni vegetali individuate in progetto o che si preveda debbono essere conservate, con particolare attenzione all'ambito di cantiere.

In particolare, l'impresa dovrà eseguire e mantenere protezioni meccaniche e recinzioni per evitare urti da parte di mezzi d'opera; se necessario dovrà essere effettuata la potatura di rami che interferiscono con i passaggi obbligati, ma sempre nel periodo idoneo alle potature e provvedendo alla disinfezione dei tagli con prodotti fungistatici ed alla loro protezione con mastici naturali. Dovrà essere garantita la stabilità degli alberi predisponendo, se necessario, sistemi di sostegno e ancoraggio.

Durante i lavori saranno eseguiti trattamenti fitostimolanti e fitosanitari per la vegetazione che resta in situ.

Gli interventi di difesa dovranno essere riportati su apposite planimetrie e saranno predisposte schede tecniche che riportino anche le prescrizioni di cura e manutenzione delle singole piante interessate.

La difesa di aree da conservare dovrà essere effettuata recintando dette aree per evitare il passaggio di mezzi d'opera e persone. In dette aree non dovranno essere localizzati depositi di nessun tipo e si dovrà evitare ogni contaminazione dovuta a minerali, carburanti, acidi, basi, vernici ed altre sostanze nocive per la vegetazione.

Non è consentita l'accensione di fuochi.

Le piante, di qualunque genere e natura, che dovessero essere danneggiate in modo grave o irreparabile saranno sostituite, a spese dell'Appaltatore, da altre piante della stessa specie e dimensione.

Nel caso sia necessario ricaricare il terreno intorno ad alberi esistenti, occorrerà proteggere il colletto ed evitare che questo venga interrato.

La protezione delle radici, in caso di scavi in prossimità di alberi isolati, dovrà essere effettuata recidendo le radici esposte e spalmando i tagli con prodotti fungistatici e con mastice cicatrizzante.

La distanza minima per la quale è possibile l'esecuzione degli scavi è di 2 metri dal tronco.



La chiusura degli scavi dovrà essere effettuata impiegando sabbia grossa, letame ben maturo (almeno 8 mesi di concimaia) e terreno vegetale vagliato, opportunamente miscelati.

### 1.6 La salvaguardia delle alberature in area cantiere

Nelle aree di cantiere è fatto obbligo di adottare tutti gli accorgimenti utili ad evitare il danneggiamento della vegetazione esistente da parte delle macchine (lesioni alla corteccia e alle radici, rottura di rami, ecc.).

All'interno dell'area di pertinenza delle alberature dovranno essere vietati:

- il versamento di sostanze fitotossiche (sali, acidi, oli, ecc.) e la combustione di sostanze di qualsiasi natura;
- l'impermeabilizzazione, con pavimentazione o altre opere edilizie;
- l'affissione diretta alle alberature, con chiodi, filo di ferro o materiale non estensibile, di cartelli, manifesti e simili, nonché l'installazione di cavi elettrici sulle stesse.
- il riporto di ricarichi superficiali di terreno o qualsivoglia materiale, tali da comportare l'interramento del colletto, così come l'asporto di terreno; ricarichi e abbassamenti del terreno nella zona della chioma sono permessi solo in casi eccezionali con alcuni accorgimenti.
- l'utilizzo per depositi di materiali di qualsiasi tipo (da costruzione, carburante, macchine da cantiere, etc.), gli accatastamenti di attrezzature e/o materiali alla base o contro il fusto.

Il transito di mezzi pesanti all'interno delle aree di pertinenza delle alberature deve essere evitato ed effettuato solo in caso di carenza di spazio, solo se saltuario e di breve durata. Nel caso di transito abituale e prolungato, l'area di pertinenza utilizzata per il transito di mezzi pesanti, dovrà essere adeguatamente protetta dall'eccessiva costipazione del terreno tramite apposizione di idoneo materiale cuscinetto. Nella zona della chioma i lavori di livellamento del terreno sono da eseguire riducendo al massimo il lavoro meccanizzato. Il costipamento, la vibratura e gli scavi devono essere limitati al massimo nella zona delle radici.

Per la difesa contro i danni meccanici ai fusti, tutti gli alberi posti nell'ambito di un cantiere in aree che ne consentono la non eliminazione devono essere protetti da recinzioni solide che racchiudano le superfici di pertinenza delle piante. Gli alberi devono essere singolarmente protetti mediante tavole di legno alte almeno 2 m, disposte contro il tronco in modo tale che questo sia protetto su tutti i lati.

Ogniqualvolta i lavori di scavo all'interno delle aree di cantiere risulteranno in prossimità di esemplari arborei da salvaguardare le eventuali attività interferenti con gli apparati radicali delle singole piante dovranno essere eseguite avendo cura di intervenire sulle radici asportandole con taglio netto, senza rilascio di sfilacciamenti; inoltre sulla superficie di taglio delle radici più grosse dovrà essere applicato mastice antibiotico. Nel caso di interferenza con la chioma, si potrà attuare un leggero taglio di contenimento o, se possibile, l'avvicinamento dei rami all'asse centrale del tronco tramite legatura. Nel caso che i lavori producano presumibile alterazione del normale regime idrico delle alberature, queste dovranno essere convenientemente e costantemente irrigate durante il periodo vegetativo.

### Materiali

Nel presente paragrafo vengono indicate le prescrizioni relative ai principali materiali:

- terreno vegetale
- acqua
- materiale per impianto di irrigazione
- fertilizzanti
- pacciamatura e tutori, ancoraggi e legature.

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:



Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing. S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
Salvatore  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

148





- ammendanti e correttivi
- materiale vegetale
- materiali agrari
- fitofarmaci

Tutti i materiali da utilizzare per la realizzazione delle sistemazioni ambientali (materiale agrario e materiale vegetale) dovranno essere delle migliori qualità, privi di difetti e, in ogni caso, dovranno presentare qualità e pregi uguali o superiori a quanto indicato dagli elaborati progettuali e dalla normativa vigente.

Detti materiali saranno visionati dalla Direzione Lavori prima del loro utilizzo e, nel caso non risultassero idonei, dovranno essere allontanati immediatamente dal cantiere a spese dell'Appaltatore.

L'Appaltatore rimane responsabile dalla corretta applicazione delle presenti specifiche ed ha l'obbligo, in ogni caso, di impiegare materiali che garantiscano il miglior risultato per le opere in oggetto.

### 1.7 Terreno vegetale

L'Appaltatore dovrà, a sua cura e spese, accertare, mediante analisi di laboratorio specializzate, la qualità del terreno vegetale sia che provenga dai depositi in cantiere sia che venga importato da altre fonti; sia che sia in situ.

I risultati di dette analisi dovranno essere sottoposti alla approvazione della Direzione Lavori.

Prima di procedere a qualsiasi operazione di piantumazione o di seminagione, l'Appaltatore, dovrà verificare che i terreni presentino caratteristiche idonee alle lavorazioni da effettuarsi seguendo le indicazioni degli elaborati progettuali.

Nel caso in cui i terreni presentino caratteristiche non conformi a quanto richiesto si dovrà provvedere, in accordo con la Direzione Lavori che ne accerterà la qualità, ad apportare terra di coltivo in quantità sufficiente a formare uno strato di spessore adeguato ai tipi di interventi previsti dal progetto per realizzazione di aree verdi e si dovrà provvedere al riempimento totale delle buche e dei fossi eseguiti per la messa a dimora di essenze arboree ed arbustive.

La terra apportata, con caratteristiche simili a quelle dei terreni autoctoni, dovrà essere di medio impasto, priva di pietre, detriti, erbe infestanti, tronchi, rami, radici e loro parti che possano ostacolare le successive lavorazioni agronomiche del terreno, dovrà risultare a reazione chimica idonea (pH 6.5-7.5), sufficientemente dotata di sostanza organica (mai inferiore a 1.5%) e non dovrà presentare agenti patogeni o sostanze tossiche per le piante. Si avrà cura, inoltre, di frantumare tutte le zolle e gli ammassi di terra e di verificare che la quantità di scheletro con diametro maggiore di mm 2,0 non ecceda il 25% del volume totale. In alternativa, e quando possibile, si potrà procedere all'impiego di terriccio humizzato atto alla formazione di un substrato idoneo all'attecchimento ed alla vita delle piante.

L'Appaltatore prima di effettuare il prelevamento e/o la fornitura della terra, dovrà darne avviso alla Direzione Lavori affinché possano venire prelevati campioni da inviare ad una stazione di chimica agraria riconosciuta, che provvederà ad analizzare i campioni al fine di certificare l'idoneità del materiale all'impiego previsto dal progetto.

I tipi di terreno utilizzabili per i lavori oggetto del presente Capitolato sono:

- Terreno vegetale messo in opera per uno strato di cm 30, proveniente da strato colturale attivo privo di radici e di erbe infestanti permanenti, di ciottoli, cocci, etc.
- Terriccio speciale humizzato messo in opera per uno strato di cm 30, composto dal 30% di sostanza organica e dal 70% di terricci vari vagliati e macinati, solo qualora non sia possibile l'impiego del materiale accantonato in fase di scotico nell'ambito del cantiere.

### 1.8 Posa in opera del suolo umico



Il materiale di scotico asportato ed accumulato in precedenza, eventualmente integrato da terreno vegetale di altra provenienza e medesime caratteristiche dovrà essere poi steso sopra il materiale di riempimento.

Prima della posa in opera del terreno vegetale si dovrà prevedere una lavorazione superficiale dello strato precedentemente messo in opera, tramite rippatura per una profondità di 30 cm, al fine di incrementare la capacità idrica e migliorare le caratteristiche di permeabilità ed areazione del substrato. Tale lavorazione preliminare dovrà essere eseguita nel periodo estivo-autunnale antecedente a quello previsto per la messa a dimora delle essenze vegetali in modo da permettere al terreno di assestarsi e di innestare i processi di pedogenesi a maggiore profondità.

La rippatura lascia il terreno con una zollosità più o meno accentuata. Per l'amminutamento degli strati superficiali, si provvederà con uno o più passaggi dell'erpice frangizolle. La lavorazione dell'erpice consente la formazione di un buon letto di semina, favorendo lo sminuzzamento delle particelle terrose e il loro assestamento, in modo da assicurare un soddisfacente contatto fra terra e seme.

I lavori di preparazione e lavorazione del terreno dovranno essere interrotti in caso di pioggia, onde evitare di danneggiare la struttura del suolo stesso.

Successivamente il terreno vegetale dovrà essere posto in opera, per uno spessore diverso a seconda se il ripristino riguarda aree agricole (in questo caso la potenza del suolo deve essere compresa tra un minimo di 20 cm ed un massimo di 30 cm) o naturali (in questo caso gli spessori sono minori, attestandosi su potenze dell'ordine di 15-20 cm), avendo cura di distribuirlo in maniera uniforme su tutta la superficie interessata dall'intervento e di frantumare eventuali zolle.

Si procederà poi alla lavorazione dei primi 15 cm di terreno, al fine di preparare il letto di semina delle specie erbacee, tramite erpicatura e fresatura, avendo l'accortezza di evitare la formazione di *suole di lavorazione*. Come già detto l'intervento sarà completato attraverso l'idrosemina di una copertura erbacea che dovrà svolgere la funzione di stabilizzazione e trattenimento del suolo, favorendo i processi biologici di riattivazione della fertilità. In tal senso si dovrà prevedere l'utilizzazione di miscugli di sementi di leguminose in dosi non inferiori a 30 g/mq.

## 1.9 Acqua

L'Appaltatore dovrà garantire, a sua cura e spese, la disponibilità di acqua idonea in quantità sufficiente per la irrigazione.

Se necessario la fornitura di acqua sarà effettuata mediante autocisterna.

I caratteri fisici dell'acqua che dovranno essere controllati sono:

- temperatura.  
È opportuno evitare l'impiego di acqua con temperatura, in estate inferiore a 15°C o comunque inferiore ai 3/4 di quella dell'aria;
- sostanze in sospensione;
- pH; deve essere compreso fra 6,0 e 7,8;
- detergenti; non devono superare i 14 mg/l.
- salinità;  
la salinità dovrà essere valutata in base al rapporto tra sodio, calcio e magnesio ed alla quantità totale di sali presenti misurata attraverso la conducibilità elettrica dell'acqua.
- L'assenza di metalli pesanti e sostanze tossiche e in generale inquinanti dannosi per la vegetazione e che possono dare luogo a fenomeni di accumulo nei terreni.

È necessario controllare che l'acqua utilizzata per l'irrigazione non contenga fenoli, petrolio e derivati, policloro difenile, acido ftalico e derivati.



I valori dei suddetti parametri dovranno rispondere, comunque, a quanto previsto nelle leggi e nelle norme vigenti al momento dell'impiego delle acque e dovranno essere riportati nei certificati emessi dal laboratorio che effettuerà i prelievi e le analisi chimico-fisiche.

I certificati dovranno essere sottoposti alla approvazione della Direzione Lavori.

### **1.10 Fertilizzanti**

I fertilizzanti organici e minerali (semplici o complessi) impiegati per la concimazione di fondo o di copertura, dovranno essere di marca nota, avere titolo dichiarato ed essere conservati negli involucri originali di fabbricazione.

La Direzione Lavori, basandosi sulle risultanze delle analisi di laboratorio effettuate sui terreni, si riserverà il diritto di indicare quali fertilizzanti organici e minerali (semplici o complessi) potranno essere impiegati in relazione alle lavorazioni da eseguirsi. Per la concimazione di base, dovranno essere usati, secondo le indicazioni della Direzione Lavori, fertilizzanti minerali e/o organici.

I concimi minerali (semplici, composti, complessi ecc.) devono avere il titolo dichiarato ed essere forniti nell'involucro originale della fabbrica.

I concimi organici (letame, residui organici vari, ecc.) devono essere raccolti presso luoghi o fornitori autorizzati dalla Direzione Lavori: il letame deve aver subito un processo di maturazione di almeno 8 mesi in concimaia, deve essere inodore, non deve emettere liquidi e deve avere l'aspetto di un terriccio.

Le analisi di laboratorio dovranno, infine, confermare le caratteristiche dichiarate e la rispondenza alla funzione ad essi richiesta. Il concime deve essere somministrato immediatamente prima della realizzazione dei prati o della piantagione di essenze arboree o arbustive, sempre che il tipo di concime non richieda un'applicazione anteriore.

Per la somministrazione dei fertilizzanti ci si dovrà attenere alle dosi riportate in etichetta.

Il concime deve essere distribuito uniformemente, evitando in particolare le sovrapposizioni di strisce, nel caso di spandimento a macchina. Le macchine per lo spandimento del concime devono essere caricate esternamente alla superficie da concimare.

Il concime deve essere introdotto uniformemente nello strato di suolo vegetale rispettando i limiti di lavorabilità dei terreni interessati.

#### **1.10.1.1 Somministrazione di sostanze correttive e ammendanti**

Nel caso sia necessario effettuare interventi di miglioramento della struttura del suolo con l'aggiunta di sostanze correttive (modifica del pH) e ammendanti (modifica della granulometria), si deve realizzare un uniforme mescolamento con l'intero strato vegetale o rispettivamente con il terreno di base fino alla profondità prevista, rispettando in ogni caso i limiti di lavorabilità del suolo.

Nel caso di suoli grezzi e chiusi, privi o assai poveri di struttura e sostanza organica, si deve intraprendere una precoltivazione con sovescio di leguminose, tendente a migliorare la struttura del suolo, mediante l'attivazione di processi microbiologici, l'arricchimento di sostanza organica o di azoto.

Tutte le confezioni e gli involucri dei prodotti utilizzati dovranno essere immediatamente portati fuori dal cantiere ed eliminati in base alle normative vigenti a cura e spese dell'Appaltatore.

### **1.11 Fitofarmaci**

Dovranno essere impiegati solamente in caso di accertata necessità ed essere utilizzati in relazione ad una *soglia minima di intervento* che dovrà essere concordata con la Direzione Lavori.

I prodotti da utilizzare (anticrittogamici, insetticidi, diserbanti, ecc.), dovranno essere forniti in contenitori originali e sigillati dalla fabbrica sui quali sia presente l'indicazione della composizione e della classe di tossicità in rispondenza alla vigente normativa in materia.



Sarà compito dell'Appaltatore seguire in modo scrupoloso tutte le norme vigenti in materia di utilizzo, stoccaggio e conservazione dei prodotti ed assicurare un'adeguata protezione dei prodotti residui.

L'impiego di prodotti di I, II e III classe di tossicità sarà subordinato alle prescrizioni delle normative vigenti in materia. Comunque, si cercherà di preferire i prodotti biologici disponibili sul mercato ai prodotti chimici.

### 1.12 Materiali accessori

I materiali accessori sono tutti quelli che risultano di complemento e da impiegare per una buona riuscita dei lavori di piantumazione, e cioè: pali di sostegno, sistemi di ancoraggio e di legatura delle piante, prodotti per la cicatrizzazione di ferite accidentali provocate a tessuti corticali di alberi, pacciamature, ogni altro substrato di coltivazione da utilizzarsi da solo o in miscela col terreno, e quanto altro ancora necessario.

Detti materiali debbono possedere i requisiti utili alla loro maggiore efficacia, in relazione all'impiego che ne verrà fatto. In particolare:

- i sistemi utilizzati per l'ancoraggio e per il completamento di interventi di dendrochirurgia agli alberi, devono essere esenti da difetti che possano comprometterne l'efficacia e la sicurezza nel tempo, e devono essere messi in opera con la massima attenzione ad evitare danni alle piante stesse: a questo proposito sono sempre da evitare ancoraggi e legature che non consentano il naturale assestamento e la crescita della pianta;
- i prodotti cicatrizzanti devono essere impiegati seguendo le specifiche prescrizioni del produttore;
- i materiali per la "pacciamatura", se provenienti da residui vegetali (paglie, cortecce), nonché, i substrati di coltivazione (quali ad es. torbe e terricci ricchi di sostanza organica), debbono presentarsi in confezioni sigillate con indicazione del produttore, della provenienza, e delle informazioni necessarie al loro impiego.

### 1.13 Materiale vegetale

Per materiale vegetale si intende tutto il materiale vivo (specie arboree, arbustive, tappezzanti, sementi, materiale di propagazione in genere, ecc.) occorrente per l'esecuzione delle lavorazioni di sistemazione a verde.

Il materiale vegetale e di propagazione verrà raccolto in loco e/o fornito da un vivaista specializzato che garantirà:

- la provenienza da aree prossime al corridoio di progetto o altre dove gli assetti ecologici, climatici, geolitologici, idraulici e pedologici sono affini a quelli di impianto
- la provenienza da aree esterne a zone tutelate, e da habitat non di interesse conservazionistico
- che il prelievo sia stato eseguito in habitat resilienti e in misura tale da non depauperare il patrimonio biologico di tali aree;
- le elevate attitudini biotecniche

Sarà compito dell'Appaltatore dare comunicazione alla Direzione Lavori, della data in cui il materiale vivaistico verrà trasportato di cantiere.

Il materiale dovrà provenire da uno o più Aziende vivaistiche indicate dall'Appaltatore ed accettate dalla Direzione Lavori che effettuerà sopralluoghi presso i vivai di provenienza allo scopo di scegliere gli esemplari di migliore aspetto; la Direzione Lavori si riserverà, la facoltà di scartare tutte quelle essenze non conformi per morfologia, portamento e fisiologia alle esigenze progettuali e, comunque, non idonee alla realizzazione delle sistemazioni a verde da realizzare.

Le strutture vivaistiche dovranno essere geograficamente dislocate in zone prossime o comunque assimilabili da un punto di vista fitoclimatico a quelle di impianto, al fine di garantire la piena adattabilità del materiale vivaistico fornito alle caratteristiche pedologiche e climatiche delle aree di progetto.



Gli esemplari forniti dovranno esser esenti da malattie crittogamiche, virus ed altri agenti patogeni, da attacchi parassitari (in corso o passati), da deformazioni ed alterazioni di qualsiasi natura che possano compromettere il regolare sviluppo vegetativo ed il portamento tipico della specie, varietà o cultivar.

Le essenze dovranno essere etichettate singolarmente o per gruppi omogenei, con cartellini in materiale plastico ove sia riportato, in modo leggibile ed indelebile, il nome botanico (genere, specie, cultivar) e la località di provenienza facendo attenzione che la loro apposizione non pregiudichi il normale sviluppo delle piante.

Il trasporto di tutte le essenze sarà a cura e spese dell'Appaltatore che dovrà adottare tutte le misure necessarie affinché le essenze prescelte possano giungere sui luoghi stabiliti in condizione di massima efficienza e senza subire alcun danno.

L'Appaltatore dovrà accertarsi che il trasferimento venga effettuato con mezzi, sistemi di protezione e modalità di carico idonei ponendo particolare attenzione affinché rami e corteccia non subiscano danni e che le zolle di terra non si essicchino o si frantumino a seguito di sobbalzi o per il peso di materiali sovrastanti.

Il tempo intercorrente tra il prelievo in vivaio e la messa a dimora definitiva dovrà essere il più breve possibile e comunque tale da non compromettere l'attività fisiologica delle essenze.

La verifica della conformità delle specie e delle varietà delle essenze messe a dimora con quanto previsto in sede progettuale sarà effettuata al più tardi nel corso del primo periodo vegetativo che seguirà l'impianto.

#### 1.13.1 Tappeto erboso

Preferibilmente verrà utilizzato fiorume locale o sementi selezionate da specie autoctone e raccolte in prossimità delle aree di impianto.

La formazione del tappeto erboso dovrà essere effettuata con semina a spaglio o meccanica (idrosemia) di seme, secondo le caratteristiche plano-altimetriche del sito e secondo quanto previsto dagli elaborati progettuali.

La semina dovrà essere effettuata previa adeguata preparazione del letto di semina mediante lavorazione del terreno con l'impiego di mezzi meccanici fino alla profondità di cm.20, asporto di eventuali materiali di risulta presenti nel terreno o possibile reinterro di corpi pietrosi, eventuale apporto di terriccio humizzato, concimazione presemia, spandimento manuale o meccanico di adeguato miscuglio di graminacee e leguminose, rastrellatura di copertura del seme, rullatura.

Sarà cura dell'Appaltatore fornire sementi selezionate, di ottima qualità e rispondenti per genere, specie e percentuali a quanto indicato negli elaborati progettuali.

La fornitura dovrà avvenire in confezioni originali, munite di certificazioni di identità ed autenticità e recanti l'indicazione del grado di purezza e di germinabilità e della data sia di confezionamento che di scadenza, così come stabilito dalle normative vigenti.

Allo scopo di evitare possibili alterazioni o deterioramenti delle sementi, l'Appaltatore dovrà provvedere al loro immagazzinamento, fino alla data di seminazione, in locali freschi e privi di umidità.

Il miscuglio dovrà rispondere alle indicazioni progettuali o, in casi particolari, dovrà avvenire secondo le indicazioni della Direzione Lavori.

La scelta e la formulazione di miscugli non disponibili in commercio, dovrà essere concordata ed avvenire alla presenza della Direzione Lavori.

La Direzione Lavori verificherà l'attecchimento e la omogeneità e continuità del tappeto erboso dopo il secondo taglio che sarà eseguito a cura e spese dell'Appaltatore.

#### 1.13.2 Specie a portamento arboreo

Gli esemplari arborei di fornitura dovranno presentare portamento e dimensioni rispondenti alle esigenze progettuali e tipici della specie, della varietà e dell'età al momento della loro messa a dimora; dovranno, inoltre, essere state specificatamente allevate in funzione dell'impiego previsto (alberature stradali, filari, esemplari isolati od a gruppi, ecc.).





Le essenze dovranno essere caratterizzate da una parte aerea a portamento e forma regolari, da uno sviluppo robusto e non filato che dimostri una crescita non troppo rapida a seguito di una eccessiva densità di coltivazione in vivaio o a causa di un terreno troppo irrigato o concimato.

Il fusto e le branche principali dovranno essere esenti da deformazioni, capitozzature, ferite di qualsiasi origine e tipo, grosse cicatrici o segni conseguenti ad urti, grandine, scortecciamenti, legature, ustioni conseguenti ad esposizione al sole, cause meccaniche in genere.

La chioma dovrà presentarsi ben ramificata, uniforme ed equilibrata per simmetria e per distribuzione delle branche principali e secondarie.

L'apparato radicale dovrà presentarsi sempre ben accestito, ricco di piccole ramificazioni e di radici capillari fresche e sane, e dovrà essere racchiuso in zolla rivestita (juta, rete metallica, fitocella, plant-plast, air-plant ecc.) proporzionata in funzione delle dimensioni delle essenze.

Le piante non dovranno mostrare i sintomi di attacchi parassitari in corso o passati.

Le zolle dovranno essere imballate con apposito involucro degradabile (juta, teli di plastica, ecc.) e rinforzato; nel caso in cui le piante superino i 3-4 metri di altezza, alla zolla dovrà essere applicata una rete metallica ossidabile di protezione, la terra dovrà presentarsi ben compatta, aderente alle radici, priva di crepe evidenti e dovrà presentare una struttura ed una tessitura tali da non determinare condizioni di asfissia.

Il diametro del fusto indicato negli elaborati progettuali dovrà essere misurato a m 1,00 dal colletto, l'altezza dovrà essere proporzionata al diametro sia della chioma che del fusto, secondo le caratteristiche della specie.

Ogni essenza arborea dovrà essere stata sottoposta, in vivaio, ad almeno due trapianti l'ultimo dei quali dovrà essere stato eseguito nel periodo precedente gli ultimi tre cicli vegetativi.

Nella fornitura dovrà essere compreso:

- lo scavo delle buche che dovranno essere dimensionate in rapporto alle dimensioni, alle caratteristiche ed alle esigenze delle specie prescelte;
- la formazione del drenaggio con ciottoli di fiume o pietrame;
- la concimazione di fondo con letame ben maturo miscelato a terreno vegetale ed a sabbia di fiume;
- la messa a dimora delle essenze;
- il reinterro;
- l'allontanamento dei materiali di risulta, la fertilizzazione organica o minerale;
- la tutorazione con pali di pino silvestre trattati a pressione, picchetti di ancoraggio del medesimo materiale e cinghie di plastica ad occhielli;
- la formazione della conca o tazza;
- la prima annaffiatura;
- la garanzia di attecchimento con relativa manutenzione per mesi 24 (ventiquattro) comprensiva delle annaffiature, delle eventuali potature di allevamento, dei trattamenti fitosanitari, delle concimazioni e della sostituzione delle piante devitalizzate.

La prima annaffiatura delle piante deve avvenire tassativamente entro il giorno successivo alla loro messa a dimora.

Le essenze fornite a radice nuda, andranno trapiantate esclusivamente nei mesi invernali e dovranno presentare un numero adeguato di radici principali e secondarie: la loro messa a dimora dovrà avvenire nel giro di 2-3 giorni dalla loro preparazione, avendo cura di mantenere il colletto fuori dal terreno.



Le essenze fornite in zolla devono anch'esse essere messe a dimora entro 2-3 giorni dalla loro zollatura, che dovrà essere avvenuta nel periodo più idoneo che può variare a seconda delle specie dalla stagione invernale (specie caducifoglie) alla tarda primavera (specie sempreverdi, conifere e palmacee).

Particolare cura si dovrà porre durante le operazioni di messa a dimora nel non rovinare o rompere in alcun modo le zolle: in caso contrario, l'Appaltatore dovrà sostituire immediatamente la pianta o le piante le cui zolle avessero subito danni.

Nel caso non fosse possibile, per qualunque ragione, l'immediata messa a dimora delle essenze, l'Appaltatore dovrà, a sue spese, immagazzinare le piante in cantiere avendo cura di proteggere le zolle e le radici coprendole con terreno sciolto ed irrigando di tanto in tanto per impedirne un'eccessiva disidratazione. Non appena saranno venuti meno gli impedimenti, l'Appaltatore procederà all'immediata messa a dimora delle piante. In ogni caso, restano fermi gli obblighi dell'Appaltatore rispetto alla garanzia di attecchimento.

Le piante fornite in contenitore, possono rimanere immagazzinate in cantiere per brevi periodi, a patto che l'Appaltatore, a sue spese, proceda alla loro manutenzione, in particolare irrigandole secondo necessità e secondo andamento stagionale. Queste piante dovranno presentare un apparato radicale ben sviluppato, che abbia "girato" attorno al pane di terra, ricco di radici capillari, privo di malformazioni e senza strozzature dovute ad un periodo troppo lungo di permanenza nel medesimo contenitore.

Per quanto riguarda le piante allevate per lungo tempo in vaso interrato, queste potranno essere trapiantate esclusivamente durante i mesi invernali.

In ogni caso la Direzione Lavori si riserva di accettare forniture che, a Suo insindacabile giudizio, risultassero non rispondenti ai requisiti richiesti.

### 1.13.3 Specie a portamento arbustivo

Le specie arbustive dovranno presentare chiome equilibrate ed uniformi, dovranno essere caratterizzate, qualunque siano le caratteristiche specifiche (la foglia decidua o sempreverdi) dalla presenza di almeno tre fusti a partire dal colletto, da un portamento non filato e da un apparato radicale ricco di piccole ramificazioni e di radici capillari fresche e sane.

Le essenze dovranno essere racchiuse in appositi contenitori (Plant-Plast, Airplant, ecc.) o in zolle che presentino caratteristiche simili a quanto descritto in relazione alle essenze arboree.

I contenitori dovranno essere proporzionati alle dimensioni delle essenze e tali da consentire un adeguato sviluppo dell'apparato radicale con spiccato geotropismo positivo.

Nella fornitura dovrà essere compreso:

- lo scavo delle buche di dimensioni minime di m 0,50 x m 0,50 x m 0,70 e comunque non inferiori al doppio del diametro della zolla della pianta, la formazione del drenaggio con ciottoli di fiume o pietrame;
- la concimazione di fondo con letame ben maturo miscelato a terreno vegetale e sabbia di fiume;
- la messa a dimora delle essenze;
- il reinterro;
- l'allontanamento dei materiali di risulta, la fertilizzazione organica o minerale;
- l'eventuale tutorazione con pali di pino silvestre trattati in autoclave, picchetti di ancoraggio del medesimo materiale e cinghie di plastica ad occhielli;
- la formazione della conca o tazza;
- la prima annaffiatura;



- la garanzia di attecchimento con relativa manutenzione per mesi 12 (dodici) comprensiva delle annaffiature, delle eventuali potature di allevamento, dei trattamenti fitosanitari, delle concimazioni e della sostituzione delle piante devitalizzate.

La prima annaffiatura delle piante deve avvenire tassativamente entro il giorno successivo alla loro messa a dimora.

Gli esemplari forniti in zolla devono anch'essi essere messe a dimora entro 2-3 giorni dalla loro zollatura, che dovrà essere avvenuta nel periodo più idoneo che può variare a seconda delle specie della stagione invernale (specie caducifoglie) alla tarda primavera (specie sempreverdi, conifere e palmacee).

Particolare cura si dovrà porre durante le operazioni di messa a dimora nel non rovinare o rompere in alcun modo le zolle: in caso contrario, l'Appaltatore dovrà sostituire immediatamente la pianta o le piante le cui zolle avessero subito danni.

Nel caso non fosse possibile, per qualunque ragione, l'immediata messa a dimora delle suddette essenze, l'Appaltatore dovrà, a sue spese, immagazzinare le piante in cantiere avendo cura di proteggere le zolle e le radici coprendole con terreno sciolto ed irrigando di tanto in tanto per impedirne un'eccessiva disidratazione. Non appena saranno venuti meno gli impedimenti, l'Appaltatore procederà all'immediata messa a dimora delle piante. In ogni caso, restano fermi gli obblighi dell'Appaltatore rispetto alla garanzia di attecchimento.

Le piante fornite in contenitore, possono rimanere immagazzinate in cantiere per brevi periodi, a patto che l'Appaltatore, a sue spese, proceda alla loro manutenzione, in particolare irrigandole secondo necessità e secondo l'andamento stagionale. Queste piante dovranno presentare un apparato radicale ben sviluppato, che abbia "girato" attorno al pane di terra, ricco di radici capillari, privo di malformazioni e senza strozzature dovute ad un periodo troppo lungo di permanenza nel medesimo contenitore.

Per quanto riguarda le piante allevate per lungo tempo in vaso interrato, queste potranno essere trapiantate esclusivamente durante i mesi invernali.

In ogni caso la Direzione Lavori si riserva di accettare forniture che, a Suo insindacabile giudizio, risultassero non rispondenti ai requisiti richiesti.

#### 1.13.4 Specie tappezzanti

Le specie tappezzanti dovranno essere fornite in vaso o fitocella o a radice nuda (purché di giovane età e di limitate dimensioni) attenendosi a quanto indicato dagli elaborati progettuali; nel caso di fornitura in contenitore le radici dovranno essere pienamente compenstrate nel substrato di coltura e senza fuoriuscita dal contenitore stesso.

Le essenze dovranno essere caratterizzate da un portamento basso e/o strisciante, dovranno presentarsi compatte ed espanse, essere esenti da malattie ed avere un apparato radicale sano e conformato, dovranno, inoltre, presentare una buona capacità di copertura che sarà garantita sia dalla presenza di ramificazioni uniformi che da una elevata densità di impianto.

Nella fornitura dovranno essere compresi:

- la lavorazione del terreno fino ad una profondità di almeno 40 cm;
- lo scavo delle buche di dimensioni minime di m 0,20 x m 0,20 x m 0,30 e comunque di diametro e profondità almeno doppi rispetto alle dimensioni della zolla delle piante;
- la formazione del drenaggio con ciottoli di fiume o pietrame;
- la concimazione di fondo con letame ben maturo miscelato a terreno vegetale e sabbia di fiume;
- la messa a dimora delle essenze;
- il reinterro;
- la potatura di formazione;
- la fertilizzazione organica o minerale;



- l'allontanamento dei materiali di risulta;
- la prima innaffiatura;
- la garanzia di attecchimento con relativa manutenzione per mesi 12 (dodici) comprensiva delle annaffiature, delle eventuali potature di allevamento, dei trattamenti fitosanitari, delle concimazioni e della sostituzione delle piante devitalizzate.

La prima annaffiatura delle piante deve avvenire tassativamente entro il giorno successivo alla loro messa a dimora.

In ogni caso la Direzione Lavori si riserva di accettare forniture che, a Suo insindacabile giudizio, risultassero non rispondenti ai requisiti richiesti.

### 1.13.5 Sementi

La fornitura di sementi da parte dell'Impresa dovrà avvenire nel rispetto delle normative vigenti in materia, statali e comunitarie, ed in particolare impiegando materiale rispondente alle disposizioni descritte nella Legge 25 novembre 1971, n. 1096, Legge 20 aprile 1976, n. 195, DPR 8 ottobre 1973, n. 1065 oltre eventuali Leggi e regolamenti regionali.

I prodotti scelti si dovranno presentare in contenitori sigillati muniti delle certificazioni richieste dalle normative citate, e dovranno riportare indicazioni su:

- specie;
- grado di purezza;
- germinabilità;
- date di confezionamento e di scadenza delle sementi.

Sono da evitare le forniture di sementi sfuse non controllabili riguardo agli elementi indicati.

Eventuali mescolanze tra le sementi per adeguarsi alle specifiche di progetto, dovranno sempre partire da specie pure e rispettare le percentuali fissate (in genere in termini di peso).

### Prescrizioni tecniche di inizio lavori

### **1.14 Sopralluoghi e accertamenti preliminari**

Prima di procedere alla installazione del cantiere, l'Impresa appaltatrice, coadiuvata da Tecnici all'uopo nominati dall'Appaltante, dovrà procedere ad effettuare un sopralluogo accurato alle aree oggetto degli interventi.

Il sopralluogo dovrà consentire di verificare preliminarmente gli ambiti fisici di lavoro (con eventuale individuazione, tramite segni grafici cancellabili, di particolari punti nelle infrastrutture edilizie o di urbanizzazione primaria, che possono risultare di riferimento per l'agevolazione del lavoro), e di accertare le aree soggette a misure di salvaguardia o di particolare tutela (paragrafo seguente).

### **1.15 Rilievo, inventario e misure di salvaguardia delle piante esistenti**

Come evidenziato al termine del paragrafo precedente, l'Impresa e l'ente appaltante hanno il compito di individuare ed inventariare tutti gli ambiti naturali o le singole piante soggetti a tutela durante l'esecuzione dei lavori.

Sono a carico dell'Impresa le misure di salvaguardia relative agli ambiti precedentemente e consensualmente individuati.

### **1.16 Norme di sicurezza - equipaggiamento del personale**

Tutti i lavori oggetto del presente appalto dovranno essere condotti nel rispetto delle norme generali di sicurezza. A tale proposito l'Impresa appaltatrice dovrà dimostrare:

1. di avere provveduto, in ottemperanza ai contenuti del D.Lgs. 626/94, alla nomina di un Responsabile interno addetto alla sicurezza;

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:



DP INGENGERIA SRL  
Società di Ingegneria Civile  
info@dpingegneria.com - www.dpingegneria.com  
Viale San Concordio, 1160 - 55100 LUCCA  
Tel.: 0583 381194 - P.IVA: 0248862408



Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing. S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
Salvatore  
  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

157



2. di avere in dotazione per il personale impiegato, in relazione alle varie mansioni, il necessario equipaggiamento protettivo (caschi, tute, guanti e stivali rinforzati, ecc.);
3. di averne addestrato all'impiego il personale citato;
4. di avere a disposizione, per l'esecuzione dei lavori, mezzi e attrezzature moderne, controllate e collaudate;
5. di avere disposto, quando se ne ravvisi la necessità a favore del personale impiegato in mansioni particolarmente rischiose per l'incolumità fisica, una forma di assicurazione integrativa.

### ***1.17 Limitazioni alla circolazione pedonale e veicolare - segnaletica***

Nel caso in cui si debba procedere ad effettuare limitazioni alla circolazione pedonale, l'Impresa dovrà predisporre l'installazione dell'idonea cartellonistica di segnalazione di pericolo, nonché, di tutti gli elementi infrastrutturali, come passerelle, eventualmente necessari.

Nel caso in cui si debba procedere ad una limitazione della circolazione veicolare pubblica, l'Impresa appaltatrice, oltre agli obblighi di idonea segnalazione previsti, ha il compito di assicurare, tramite il collegamento diretto e coordinato con gli organi pubblici di vigilanza (p. es. tramite il servizio di Polizia Municipale), il mantenimento di un sufficiente livello di flusso veicolare, in relazione alle varie condizioni di traffico.

Tutti i segnali adottati dovranno essere rigorosamente conformi a tipi e dimensioni prescritti dal regolamento di esecuzione del codice della strada, e a quanto richiesto dalle Circolari del Ministero Lavori Pubblici.

### **Prescrizioni per l'esecuzione dei lavori**

### ***1.18 Lavorazioni preliminari***

L'Appaltatore dovrà procedere alle lavorazioni del terreno attraverso l'impiego di mezzi meccanici ed attrezzature specifiche secondo le caratteristiche di lavorazione previste in fase progettuale.

Nel corso di tali lavorazioni tutti i sassi e le pietre dovranno essere interrati attraverso l'uso di idoneo interrassassi e gli eventuali ostacoli sotterranei che potrebbero impedire la corretta esecuzione delle specifiche lavorazioni dovranno essere rimossi. Le lavorazioni dovranno essere effettuate esclusivamente con terreno "in tempera".

Nel caso in cui si riscontrassero ostacoli naturali di rilevanti dimensioni difficilmente rimovibili oppure manufatti sotterranei di qualsiasi natura non segnalati negli elaborati progettuali (cavi, fognature, tubazioni, ecc.) l'Appaltatore dovrà tempestivamente interrompere i lavori e chiedere specifiche istruzioni alla Direzione Lavori.

Durante la lavorazione l'Appaltatore dovrà aver cura di non danneggiare la vegetazione arbustiva ed arborea esistente.

Ogni danno conseguente alla mancata osservanza di queste norme dovrà essere riparato o risarcito a cura e spese dell'Appaltatore.

### ***1.19 Ammendamento o fertilizzazione di fondo del terreno. impiego di fitofarmaci e diserbanti***

Dopo aver effettuato le specifiche lavorazioni preliminari, l'Appaltatore dovrà procedere ad incorporare nel terreno tutte le sostanze eventualmente necessarie ad ottenere la correzione, l'ammendamento e la fertilizzazione di fondo dello stesso, dovrà inoltre procedere alla eventuale somministrazione di fitofarmaci e/o di diserbanti.

I trattamenti previsti attraverso l'impiego di prodotti fitofarmaci e/o diserbanti, dovranno essere eseguiti tempestivamente e da personale specializzato che dovrà attenersi per il loro impiego alle istruzioni impartite dalla casa produttrice ed alle normative vigenti in materia, sempre sotto il diretto controllo della Direzione Lavori.

Nel caso fosse necessario ricorrere a prodotti fitosanitari di I e II classe, il personale dovrà essere munito di idonea autorizzazione rilasciata dagli Organi Competenti.

L'Appaltatore dovrà adottare tutte le misure preventive atte ad evitare danni alle persone ed alle cose.





## 1.20 Tracciamenti e picchettature

Prima della messa a dimora delle essenze e dopo aver provveduto a tutte le operazioni di preparazione agraria del terreno, l'Appaltatore dovrà procedere a segnare con picchetti l'esatta collocazione di ciascuna essenza ed a tracciare l'andamento delle siepi e dei filari.

Non potranno essere iniziate le lavorazioni successive prima che la Direzione Lavori abbia approvato la picchettatura.

## 1.21 Preparazione delle buche e dei fossi

Buche di piantumazione per alberi e arbusti dovranno essere predisposte smovendo e asportando il terreno sino alla profondità necessaria

Le buche ed i fossi necessari alla piantumazione delle specie vegetali, dovranno presentare dimensioni in rapporto alla grandezza delle essenze da mettere a dimora, ovvero circa il doppio del diametro e dell'altezza delle zolle delle piante. Inoltre, a titolo di prescrizione generale, la profondità di scavo dovrà consentire una messa a dimora delle piante in modo che il livello uniforme di progetto del terreno e il colletto dei fusti si trovino alla stessa quota.

Se avviene una piantumazione di alberi di grandi dimensioni forniti ex novo in zolla da vivaio, per dimensionare adeguatamente le buche andranno considerati: lo spazio per il loro ingombro, la necessità di agevolare il naturale assestamento delle piante sotto il suo peso e la possibilità di apportarvi un conveniente strato di ghiaia drenante, terriccio, concime organico, ecc.

Se verranno messe a dimora piante arboree e arbustive a radice nuda, le dimensioni della buca dovranno permettere un ordinato ed agevole collocamento degli apparati radicali, che non devono essere danneggiati.

Nel caso di terreni argillosi, le superfici di scavo non dovranno presentare superfici lisce, "a specchio", ma dovranno essere scalfite e rimosse con vanga o zappa, per consentire alle future radici di penetrare meglio nel terreno.

Dette operazioni devono essere effettuate su terreno "in tempera".

Se le piante verranno messe a dimora in tempi successivi oppure, qualora già scavate le buche, le piantumazioni dovranno essere differite, ad evitare pericoli per l'incolumità di persone e mezzi, l'Appaltatore dovrà ricolmare le buche con la stessa terra, avendo cura di invertire gli strati e di non costiparla.

Tutto il materiale proveniente dalle operazioni di scavo, se non riutilizzato o non ritenuto idoneo a giudizio della Direzione Lavori, dovrà essere allontanato dall'area di cantiere e trasportato alla pubblica discarica o su aree autorizzate allo scopo.

Durante l'esecuzione degli scavi l'Impresa dovrà porre la massima attenzione all'eventuale presenza di cavi e tubazioni sotterranee, interrompendo i lavori e informandone, in caso positivo, la Direzione Lavori, con la quale si concorderanno la migliore collocazione delle piante e gli altri interventi necessari. L'Appaltatore dovrà inoltre assicurarsi che nell'area in cui le essenze svilupperanno gli apparati radicali non siano presenti ristagni di umidità e dovrà provvedere affinché lo scolo delle acque superficiali avvenga in maniera corretta.

## 1.22 Apporto di terra di coltivo

Prima di procedere a qualsiasi operazione di impianto o di semina, l'Appaltatore, in accordo con la Direzione Lavori, dovrà verificare che il terreno presente abbia caratteristiche idonee alle piantumazioni da eseguire; in caso contrario si dovrà provvedere all'apporto di terra di coltivo in quantità sufficiente alla formazione di uno strato di spessore adeguato per i diversi impianti da effettuare, ed al riempimento delle buche e dei fossi realizzati per la piantumazione di alberi ed arbusti, curando che vengano frantumate tutte le zolle e gli ammassi di terra.

Il terreno di nuova fornitura, di medio impasto, dovrà esser privo di materiali grossolani quali pietre, radici, etc. e dovrà provenire esclusivamente da sbancamenti superficiali, fino ad un massimo di cm.20 di profondità.

La terra di coltivo rimossa ed accantonata durante le operazioni preliminari di scavo (vedi paragrafo 1.7) sarà utilizzata, in accordo con la Direzione Lavori, insieme a quella apportata.

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:

DP INGENGERIA SRL  
Società di Ingegneria Civile  
info@dpingegneria.com - www.dpingegneria.com  
Viale San Concordio, 1160 - 55100 LUCCA  
Tel. 0583 381194 - P.IVA. 02488624048

Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
Salvatore  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

159



### 1.23 Preparazione del terreno per la realizzazione di tappeti erbosi

Per una corretta preparazione del terreno destinato alla formazione di tappeto erboso, l'Appaltatore dovrà eseguire una pulizia delle aree provvedendo alla rimozione di tutti i materiali che possono compromettere la formazione di un letto di terra di coltivo fine ed uniforme.

Dopo aver provveduto alle operazioni descritte ai paragrafi 1.18 ed 1.19, il terreno dovrà essere livellato e rastrellato allo scopo di eliminare qualsiasi ondulazione, buca od avvallamento; gli eventuali residui di rastrellatura dovranno essere allontanati tempestivamente dall'area di cantiere.

Dette operazioni devono essere sempre effettuate con terreno *in tempera*.

### 1.24 Messa a dimora degli esemplari

L'Appaltatore, prima della messa a dimora delle essenze, dopo aver provveduto all'esecuzione di tutte le operazioni atte a garantire il regolare smaltimento delle acque, dovrà eseguire una lavorazione del terreno consistente in un'aratura a profondità variabile in funzione della tipologia di impianto, in un'erpatura ripetuta fino al completo sminuzzamento o, su superfici di limitate estensioni, in una vangatura, avendo cura in ogni caso di eliminare sassi, pietre o materiali che possano impedire una corretta esecuzione dei lavori.

In occasione delle lavorazioni di preparazione, da effettuarsi sempre su terreno "in tempera", prima della messa a dimora delle essenze, saranno effettuate, a cura e spese dell'Appaltatore, opportune analisi chimiche del terreno sulla base delle quali la Direzione Lavori potrà procedere all'approvazione della composizione e delle quantità dei prodotti utilizzabili per la realizzazione di una concimazione di fondo da effettuarsi attraverso la somministrazione di idonei fertilizzanti minerali e/o organici.

Oltre alla fertilizzazione di preimpianto, l'Appaltatore dovrà anche effettuare opportune fertilizzazioni in copertura, secondo le indicazioni della Direzione Lavori.

Le buche od i fossi necessari per la messa a dimora delle essenze dovranno essere predisposte prima dell'arrivo delle essenze vegetali e presentare dimensioni il più ampie possibili in rapporto alle dimensioni delle essenze da piantumare e, comunque, con larghezza e profondità pari almeno a due volte il diametro della zolla.

Durante l'esecuzione delle lavorazioni necessarie alla preparazione delle buche e dei fossi l'Appaltatore dovrà assicurarsi che non siano presenti ristagni d'acqua in corrispondenza delle aree di sviluppo delle radici, in caso contrario dovrà provvedere a sua cura e spese attraverso l'esecuzione di idonee opere idrauliche (scoli, drenaggi).

Nel caso in cui, dopo la preparazione delle buche e dei fossi, il terreno non si presenti idoneo all'impianto da effettuare l'Appaltatore, in accordo con la Direzione Lavori, dovrà procedere alla realizzazione di un opportuno substrato di coltivazione.

Prima della messa a dimora delle essenze, la buca dovrà essere parzialmente riempita in modo tale che le essenze possano essere collocate su di uno stato di fondo di spessore adeguato alle dimensioni sia della zolla che dell'apparato radicale delle diverse specie, costituito da un vespaio di ciottoli di fiume o pietrame di diversa granulometria ricoperto da uno strato di terreno vegetale misto a letame ben maturo e sabbia di fiume in parti uguali.

Una volta messe a dimora le essenze, ben dritte, si potrà procedere al riempimento delle buche avendo cura di costipare bene il terreno contro le zolle sia sul fondo che di lato, in modo che non rimangano sacche di terra che potrebbero favorire l'insorgenza di patologie radicali. Si dovrà inoltre avere cura che le essenze non presentino radici allo scoperto né risultino, una volta assestatosi il terreno, interrare al livello del colletto. Tutte queste operazioni andranno effettuate senza danneggiare le zolle o gli apparati radicali delle piante.

A giudizio della DIREZIONE LAVORI, prima del riempimento definitivo della buca, le alberature che abbiano bisogno di sostegno dovranno essere rese stabili tramite l'utilizzo di pali di sostegno, ancoraggi o legature eseguiti in modo da evitare danni alle piante. In ogni caso il collegamento tra la pianta ed i sostegni andrà realizzato a regola d'arte attraverso l'impiego di opportuni sistemi di protezione del tronco che tengano conto del successivo sviluppo dell'essenza.



Dopo aver provveduto al riempimento totale delle buche, attorno alla base delle essenze dovranno essere realizzate opportune conche di irrigazione allo scopo di favorire la bagnatura della zolla; si procederà, inoltre, entro il giorno successivo alla messa dimora, ad effettuare un primo annaffiamento che favorirà la ripresa della pianta e faciliterà il costipamento e l'assestamento della terra di coltivo attorno alle radici ed alle zolle.

Sarà cura e onere dell'Appaltatore, nel caso in cui in seguito all'annaffiatura si aprissero buche o avvallamenti nelle conche, di riportare altro terreno vegetale al fine di ripristinare la situazione ottimale.

Infine, in particolare per quelle essenze che saranno fornite a radice nuda o in zolla, potrà essere opportuno, in accordo con la Direzione Lavori, effettuare una leggera potatura o spuntatura dei rami, a seconda delle specie, del periodo dell'anno e dell'andamento stagionale; detta potatura dovrà essere più forte sulle piante fornite a radice nuda, per riequilibrare la chioma all'apparato radicale residuo. In seguito alle potature si dovrà procedere, a spese dell'Appaltatore, alla disinfezione dei tagli con prodotti fungistatici ed alla loro protezione con mastici naturali.

La messa a dimora delle essenze arboree ed arbustive, in accordo con la Direzione Lavori, potrà essere effettuata in un periodo dell'anno giudicato idoneo dall'Appaltatore che rimarrà comunque responsabile del buon attecchimento e sarà tenuto alla sostituzione delle fallanze e delle essenze che per qualsiasi ragione non avessero attecchito.

Lo spostamento di alberature in altro sito avverrà con la tecnica dell'incassettamento ovvero operando la preparazione delle zolle nel periodo idoneo (primavera) lasciando le piante nella loro sede con la zolla preparata e racchiusa da una cassa di legno o da una rete metallica a da apposito telo, per poi spostarle durante il successivo periodo invernale.

Questa tecnica consente alla pianta di produrre un buon capillizio radicale all'interno della zolla preparata, sufficiente alla pianta stessa, per l'assorbimento dell'acqua e degli elementi nutritivi nel momento in cui verrà trapiantata e quindi perderà buona parte delle radici profonde o del fittone.

### **1.25 Messa a dimora delle essenze tappezzanti, erbacee, rampicanti o ricadenti**

La messa a dimora di tali essenze dovrà avvenire dopo la realizzazione di buche e fossi realizzate in funzione delle dimensioni delle zolle o dei contenitori di fornitura.

La preparazione delle buche e le modalità di messa a dimora dovranno essere analoghe a quanto descritto in precedenza.

L'Appaltatore sarà tenuto a completare la piantumazione di essenze rampicanti o ricadenti legandone i getti, dove necessario, ad apposite strutture di sostegno o alle recinzioni previste in fase progettuale, in maniera tale da guidarne lo sviluppo ed ottenere i migliori risultati in relazione agli scopi delle piantumazioni.

### **1.26 Formazioni del tappeto erboso**

La formazione del tappeto erboso dovrà avvenire dopo la messa a dimora di tutte le essenze (in particolar modo di quelle arboree, arbustive e tappezzanti) e dopo la realizzazione di tutte le opere murarie, delle attrezzature e degli arredi previsti dal progetto.

Dopo aver provveduto alla lavorazione superficiale del terreno, mediante aratura a 30 cm. ed erpicatura incrociata, sempre con terreno "in tempera", si dovrà provvedere all'eliminazione dal terreno, per interrimento meccanico, di tutti i materiali estranei ed i ciottoli eventualmente presenti; successivamente si procederà alla somministrazione di fertilizzanti presemina ad alto titolo fosforo.

Le quantità e le caratteristiche di tali fertilizzanti verranno concordati di volta in volta con la Direzione Lavori in base alle risultanze delle analisi chimiche del terreno effettuate a cura ed a spese dell'Appaltatore.

La semina dovrà essere effettuata a spaglio manuale, in aree inaccessibili ai mezzi meccanici, o meccanica e dovrà effettuarsi in condizioni stagionali ottimali, l'Appaltatore dovrà, inoltre, provvedere alla risemina in corrispondenza di tutte le aree dove la germinazione non dovesse risultare regolare ed uniforme.

A semina eseguita, dovrà essere effettuata la ricopertura del seme mediante l'utilizzo di rastrelli a mano o di erpici, il terreno dovrà quindi essere rullato in modo leggero con apposita attrezzatura e si dovrà procedere ad una tempestiva irrigazione.



Successivamente verranno somministrati in copertura concimi ad alto titolo di azoto a lenta cessione (titolo indicativo 20-10-10) durante la stagione primaverile e concimi ad alto titolo di potassio (titolo indicativo 10-5-20) durante la stagione autunnale.

La somministrazione dei fertilizzanti dovrà essere effettuata con apposito macchinario manuale o trainato ed il riempimento della tramoggia dovrà svolgersi al di fuori del tappeto erboso, su un'area cementata o pavimentata.

A lavorazioni ultimate ed alla data di collaudo il grado di copertura dovrà risultare a densità uniforme e non dovrà presentare vuoti, non dovrà riscontrarsi la presenza di erbe infestanti o sassi superiore ai limiti di tolleranza, il tappeto erboso dovrà essere esente da malattie e non dovranno riscontrarsi avvallamenti dovuti all'assestamento del terreno o ad altre cause.

### **1.27 Formazione del fragmiteto**

La sistemazione prevede la costruzione di un canneto monospecifico a *Phragmites australis* ottenuto attraverso la posa di materiale di propagazione, rizomi, di provenienza locale e certificati.

L'impianto verrà realizzato seguendo le indicazioni derivate da

*Guida per il trapianto di canneto e fanerogame acquatiche* (ISPRA 2019)

*Linee guida per la ricostruzione di aree umide per il trattamento di acque superficiali* (ISPRA 2002)

Ai fini della costruzione del fragmiteto, il materiale di propagazione verrà prelevato da zone dove il canneto è ben sviluppato, diradando i prelievi in modo da non depauperare l'area di espanto.

Le zolle, di circa 10-15 cm di lato, saranno prelevate manualmente cercando di mantenere radici e rizomi intatti; la profondità della zolla varierà in funzione della stagione e deve considerare e prevenire, il rischio di disseccamento.

La zolla prelevata, prima del reimpianto, sarà mondata delle parti morte e delle canne troppo sviluppate, alcune verranno lavorate per ricavarne i rizomi, cercando di mantenerne intatta la parte radicale.

Le zolle da trapiantare e/o i rizomi saranno trasportati in giornata presso il sito di trapianto dove verranno messi a dimora in piccole buche poi ricoperte.

Si prevede di eseguire l'impianto in più anni successivi, per patch distanziate tra loro di circa 10 m, mettendo a dimora complessivamente circa 35.000 tra piante in zolla e rizomi.

L'impianto nel sesto della singola patch prevede una distanza di impianto dei rizomi di circa 0,30x0,30 m per circa 11 esemplari al mq posizionando i rizomi ad un'altezza tra -10 e + 10 cm sul livello medio dell'acqua.

Le azioni di trapianto inizieranno in autunno e potranno essere suddivise in più anni, a partire dallo stesso periodo, in modo da creare vari punti di innesco per la propagazione della specie che si avrà per via naturale, per accrescimento dei rizomi e per autosemina.

Nell'ultimo anno disponibile per l'impianto di progetto si interverrà con trapianti mirati nelle aree dove gli attecchimenti avranno avuto minor successo.

Le attività, in tutte le loro fasi e i luoghi di prelievo dovranno essere autorizzati dal Biologo Naturalista in accordo con la Direzione Lavori.

### **Manutenzione delle opere a verde**

Per la manutenzione e le pratiche colturali di tutte le opere a verde si rimanda allo specifico elaborato *Piano di manutenzione delle opere a verde*.



## REGIONE TOSCANA

Direzione mobilità, infrastrutture e trasporto pubblico locale  
Settore viabilità regionale ambiti Firenze-Prato e Pistoia

NUOVO PONTE SUL FIUME ARNO E RELATIVI COLLEGAMENTI VIARI TRA LO SVINCOLO DELLA SGC FI-PI-LI DI LASTRA A SIGNA E DI SIGNA  
CIG: 95482064DA - CUP: D91B21005300001

### CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO – CONGLOMERATI BITUMINOSI DELLA PAVIMENTAZIONE DELL'IMPALCATO

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:



DP INGENGERIA S.R.L.  
Società di Ingegneria Civile  
info@dpingegneria.com - www.dpingegneria.com  
Via San Concordio, 1100 - 55100 LUCCA  
Tel.: 0583 581194 - P.IVA: 02468624089



AUSILIO



EMAGY

Prof. Ing. A. **Marradi** | Prof. Ing S. **Pagliara** | Ing. M. **Ascoli** | Dott. P. **Turin**

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
**Salvatore**

Prof. Ing. N.  
**Squeglia**

163





# **1. Strati di binder realizzati con conglomerati bituminosi tipo gap graded confezionati con bitume modificato mediante l'aggiunta di polimeri sbr/nr secondo processo wet**

## ***1.1. Generalità e definizioni***

I conglomerati bituminosi tipo gap graded, confezionati con bitume modificato mediante l'aggiunta di polimeri SBR/NR, sono delle miscele che grazie alle particolari caratteristiche granulometriche e alla elevata qualità dei materiali costituenti, consentono di ottenere buone prestazioni in termini di durabilità e prestazioni meccaniche.

Tali conglomerati, aventi spessori in opera di almeno 50 mm, sono costituiti da una miscela di pietrischetti, graniglie, frantumati, sabbie di sola frantumazione e additivo (filler), impastata a caldo in appositi impianti con bitume modificato con polimeri SBR/NR. Il legante impiegato per il confezionamento della miscela consiste in un bitume modificato con polimero di gomma riciclata di pneumatici fuori uso, incorporata nel bitume tramite processo wet.

## ***1.2. Qualificazione dei materiali***

### ***1.2.1. Aggregati***

La fase solida è costituita da aggregati lapidei di primo impiego costituiti da elementi totalmente frantumati, sani, duri, di forma poliedrica, esenti da polveri e materiali estranei. I granuli non dovranno mai avere forma appiattita, allungata o lenticolare. La miscela degli inerti è costituita all'insieme degli aggregati grossi, degli aggregati fini e del filler, che può provenire dalla frazione fina o essere aggiunto.

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 (preferibilmente basaltica) purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 1.

Indicatori di qualità			Valore	Categoria UNI EN 13043
Parametro	Normativa	Unità di misura		
Los Angeles	UNI EN 1097-2	%	≤ 25	LA <sub>25</sub>
Quantità di frantumato	UNI EN 933-5	%	100	C <sub>100/0</sub>
Dimensione max	UNI EN 933-1	mm	16	-
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	%	≤ 4	F <sub>4</sub>
Spogliamento	UNI EN 12697-11	%	≤ 5	-
Passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	%	≤ 1	f <sub>1</sub>



Indicatori di qualità			Valore	Categoria UNI EN 13043
Parametro	Normativa	Unità di misura		
Indice di appiattimento	UNI EN 933-1	%	$\leq 25$	Fl <sub>25</sub>
Porosità	UNI EN 1936	%	$\leq 1,5$	-

Tabella 1 – Requisiti aggregato grosso

### 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 2.

Indicatori di qualità			Valore	Categoria UNI EN 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 <sub>3</sub>

Tabella 2 – Requisiti aggregato fine

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 strati di binder tipo gap graded, confezionati con bitume modificato mediante l'aggiunta di polimeri SBR/NR, deve soddisfare i requisiti indicati in Tabella 3.

Indicatori di qualità			Valore	Categoria 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	%	$\geq 80$	-
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 13279-1	°C	8 - 16	$\Delta_{R\&B}8/16$

Tabella 3 – Requisiti filler

### 1.2.2. Legante

Il legante impiegato per il confezionamento di tali miscele è un bitume modificato con polverino di gomma riciclata di pneumatici fuori uso, incorporato nel bitume tramite processo "wet". L'aggiunta a caldo del polverino di gomma, in ragione del 15÷22% riferito al peso totale del legante (bitume + polverino di gomma), modifica la struttura chimica e le caratteristiche fisico-meccaniche del bitume base.

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.

### **Bitume base**

Il bitume base deve appartenere alla classe 50/70 definita dalla norma UNI EN 12591 e possedere un punto di rammollimento  $\geq 50^{\circ}\text{C}$ .

### **Additivo polimerico SBR/NR**

L'additivo polimerico di tipo SBR/NR deve essere ottenuto dal riciclaggio di pneumatici di automobili o autocarri e deve possedere le seguenti caratteristiche:

- gomma di pneumatico, 100% vulcanizzata;
- assenza di fibra, tessuto, metallo o di qualsiasi altro materiale contaminante;
- dopo la triturazione deve presentarsi come una polvere, non incollata, di materiale granulare con un peso specifico di  $1,15 \pm 0,05 \text{ g/cm}^3$ ;
- quantità di polvere minerale, carbonato di calcio o talco (utilizzato per impedire l'aderenza delle particelle), non superiore al 4% del peso della gomma;
- contenuto d'acqua non superiore al 2% in peso, per evitare la formazione di bollicine d'aria durante il processo di miscelazione.

La granulometria del polverino di gomma deve rispettare i requisiti indicati nella Tabella 4.

Serie stacci ISO 3310 serie R20 (mm)		Passante totale in peso %
Staccio	1,25	100
Staccio	0,800	95 – 100
Staccio	0,630	85 – 100
Staccio	0,400	45 – 70
Staccio	0,250	5 – 25
Staccio	0,063	0 – 5

Tabella 4 – Requisiti granulometrici additivo polimerico SBR/NR

### **Bitume modificato**

Le proprietà del bitume modificato sono riportate nella Tabella 5. La determinazione delle caratteristiche fisiche e meccaniche del legante modificato deve essere eseguita non prima di 45 minuti dalla sua produzione.

Parametro		Normativa	Unità di misura	Specifica UNI EN 14023	
Requisiti essenziali					
Penetrazione a 25°C		UNI EN 1426	dmm	25 – 55	Classe 3
Punto di rammollimento		UNI EN 1427	°C	≥ 50	Classe 8
Force Ductility Test a 5°C		UNI EN 13589 UNI EN 13703	J/cm²	≥ 3	Classe 2
Requisiti dopo RTFOT UNI EN 12607-1	Penetrazione residua a 25°C	UNI EN 1426	%	≥ 45	Classe 4
	Incremento del punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	≤ 12	Classe 4
	Variazione di massa	-	%	≤ 0,5	Classe 3



Parametro		Normativa	Unità di misura	Specifiche UNI EN 14023	
Flash point		UNI EN ISO 2592	°C	≥ 250	Classe 2
Altre proprietà					
Punto di rottura (Fraass)		UNI EN 12593	°C	≤ -7	Classe 4
Ritorno elastico a 25°C		UNI EN 13398	%	≥ 60	Classe 4
Ulteriori richieste tecniche					
Stabilità allo stoccaggio UNI EN 13399	Variazione del punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	≤ 5	Classe 2
	Variazione della penetrazione	UNI EN 1426	dmm	≤ 9	Classe 2

Tabella 5 – Requisiti del bitume modificato mediante aggiunta di polimeri SBR/NR

### 1.2.3. Additivi

È escluso l'utilizzo di qualsiasi tipologia di fibre e/o additivi per il confezionamento di strati di binder tipo gap graded realizzati con bitume modificato mediante l'aggiunta di polimeri SBR/NR.

## 1.3. Miscela

### 1.3.1. Composizione della miscela

La miscela degli aggregati da adottarsi per i conglomerati bituminosi tipo gap graded, confezionati con bitumi modificati mediante l'aggiunta di polimeri SBR/NR, deve avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso riportato in Tabella 6.

Tali conglomerati devono avere uno spessore di almeno 50 mm. La percentuale di bitume, riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella 6. La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con metodo volumetrico su provini addensati con pressa giratoria secondo UNI EN 12697-31.

Serie stacci UNI (mm)		Passante totale in peso %
Staccio	16	100
Staccio	12,5	90 – 100
Staccio	8	65 – 75
Staccio	4	27 – 37
Staccio	2	12 – 22
Staccio	0,5	5 – 14
Staccio	0,25	3 – 11
Staccio	0,125	2 – 8
Staccio	0,063	2 – 6
% di bitume		7,5 – 8,5

Tabella 6 – Requisiti granulometrici della miscela di aggregati

Le caratteristiche richieste per i conglomerati bituminosi tipo gap graded, confezionati con bitumi modificati mediante l'aggiunta di polimeri SBR/NR, sono riportate nella Tabella 7, Tabella 8.

METODO VOLUMETRICO		
Condizioni di prova	Unità di misura	Valori
Velocità di rotazione	Rotazioni/min	30
Pressione verticale	kPa	600



METODO VOLUMETRICO		
Diametro del provino	mm	150
<i>Risultati richiesti</i>		
Vuoti a 10 rotazioni (*)	%	12 – 16
Vuoti a 50 rotazioni (*) (**)	%	5 – 7
Vuoti a 130 rotazioni (*)	%	≥ 2
(*) Percentuale dei vuoti determinata secondo la UNI EN 12697-8		
(**) La massa volumica ottenuta a 50 rotazioni della pressa giratoria viene indicata di seguito come D <sub>G</sub>		

Tabella 7 – Requisiti della miscela per strati di binder tipo gap graded

Requisiti meccanici	Unità di misura	Valori
Resistenza a trazione indiretta ITS a 25°C (***)	N/mm <sup>2</sup>	≥ 0,6
Coefficiente di trazione indiretta CTI a 25°C (***)	N/mm <sup>2</sup>	≥ 50
Sensibilità all'acqua ITSR a 25°C (***)	%	≥ 80
(***) Su provini confezionati con 50 rotazioni della pressa giratoria		

Tabella 8 – Requisiti meccanici della miscela per strati di binder tipo gap graded

Sui provini confezionati al 100% della D<sub>G</sub> 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 9.

Requisiti meccanici	Unità di misura	Valori
Modulo di rigidità a 20°C e rise time = 125 ms (UNI EN 12697-26:2004 allegato C)	MPa	4000 – 9000

Tabella 9 – Requisiti di rigidità della miscela per strati di binder tipo gap graded

### 1.3.2. 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.





### **1.3.3. Tolleranze sui risultati**

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.

## **1.4. Esecuzione dei lavori**

### **1.4.1. Confezionamento della miscela**

Il confezionamento del conglomerato deve essere eseguito in impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

Al fine di garantire il perfetto essiccamento e l'uniforme riscaldamento della miscela, nonché una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati, la produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità. Si possono impiegare anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

In ogni caso, l'impianto deve garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione; ogni impianto deve, poi, assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo polimerico.

Per evitare che sostanze argillose e ristagni di acqua possano compromettere la pulizia degli aggregati, la zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente sistemata; inoltre, i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori deve essere eseguita con la massima cura. Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso. La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere compresa tra 170°C e 190° C e quella del legante modificato tra 170° C e 190° C.

Gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati per consentire la verifica delle suddette temperature.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso.

### **1.4.2. Preparazione della superficie di stesa**

La preparazione delle superfici di stesa va eseguita prima della realizzazione di uno strato di conglomerato bituminoso 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 Tabella 10, applicata con un dosaggio di bitume residuo almeno pari a 1,0 kg/m<sup>2</sup>.

Parametro	Normativa	Unità di misura	Specifiche UNI EN 13808					
			Cationica 55%		Cationica 60%		Cationica 65%	
Polarità	UNI EN 1430	-	Positiva	Classe 2	Positiva	Classe 2	Positiva	Classe 2
Contenuto di bitume + flussante	UNI EN 1431	%	≥ 53	Classe 4	≥ 58	Classe 5	≥ 63	Classe 6
Tempo di efflusso a 40°C (viscosimetro da 2 mm)	UNI EN 12846-1	s	15 - 45	Classe 3				
Tempo di efflusso a 40°C (viscosimetro da 4 mm)	UNI EN 12846-1	s			10 - 45	Classe 6	10 - 45	Classe 6
Indice di rottura (metodo del filler minerale)	UNI EN 13075-1	-	70 - 130	Classe 4	70 - 130	Classe 4	70 - 130	Classe 4
Caratteristiche del bitume recuperato per evaporazione UNI EN 13074								
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	dmm	≤ 220	Classe 5	≤ 220	Classe 5	≤ 220	Classe 5
Punto di rammolimento	UNI EN 1427	°C	≥ 35	Classe 6	≥ 35	Classe 6	≥ 35	Classe 6

Tabella 10 – Requisiti emulsione bituminosa cationica per mano di ancoraggio e di attacco

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), le cui caratteristiche sono riportate in Tabella 10 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 avente le caratteristiche riportate in Tabella 11 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 nella Tabella 10 e Tabella 11 per ciascun tipo di emulsione.



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.

Parametro	Normativa	Unità di misura	Specifiche UNI EN 13808	
Polarità	UNI EN 1430	-	Positiva	Classe 2
Contenuto di bitume + flussante	UNI EN 1431	%	≥ 67	Classe 4
Tempo di efflusso a 40°C (viscosimetro da 4 mm)	UNI EN 12846-1	s	10 – 45	Classe 6
Indice di rottura (metodo del filler minerale)	UNI EN 13075-1	-	70 – 130	Classe 4
Adesività	UNI EN 13614	dmm	≥ 90	Classe 3
Caratteristiche del bitume recuperato per evaporazione UNI EN 13074				
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	dmm	≤ 100	Classe 3
Punto di ramollimento	UNI EN 1427	°C	≥ 55	Classe 2
Pendulum test	UNI EN 13588	J/cm²	≥ 1,4	Classe 6
Ritorno elastico a 25°C	UNI EN 13398	%	≥ 75	Classe 5

Tabella 11 – Requisiti emulsione bituminosa modificata per mano di attacco

### 1.4.3. Posa in opera della miscela

La posa in opera degli strati di binder tipo gap graded additi vati con polimeri SBR/NR viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di auto livellamento.

La velocità di avanzamento delle vibrofinitrici non deve essere superiore ai 3-4 m/min con alimentazione continua del conglomerato. Lo spessore dello strato deve essere posato per la sua intera altezza (spessore minimo di 50 mm) con un'unica passata, limitando il più possibile le interruzioni della stesa ed evitando interventi manuali per la correzione delle anomalie.

Le vibrofinitrici devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella fase di stesa si deve 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 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

A.T.I.



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:



Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing. S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W. Salvatore  
Prof. Ing. N. Squeglia

171



formazione di crostoni; inoltre, la temperatura della miscela all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, deve risultare in ogni momento non inferiore a 170° 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 stesa dalla vibrofinitrice e deve essere condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento deve essere realizzato preferibilmente con rulli gommati.

Per gli strati di binder possono essere utilizzati anche rulli con ruote metalliche vibranti e/o combinati, di idoneo peso e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

Al termine della compattazione la percentuale dei vuoti della miscela non dovrà essere maggiore del 2% rispetto a quella di progetto.

La compattazione deve essere condotta con la metodologia più adeguata a 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.

La miscela bituminosa del binder 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.

### ***1.5. Controlli***

Il controllo della qualità dei conglomerati bituminosi per strati di binder tipo gap graded additi vati con polimeri SBR/NR e della loro posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e in sito.

#### ***1.5.1. Controllo delle forniture***

Oltre ai controlli iniziali, necessari per l'accettazione, anche in corso d'opera, per valutare che non si verifichino variazioni nella qualità dei materiali, devono essere effettuate prove di laboratorio su campioni prelevati in contraddittorio con la D.L.

Il controllo della qualità dei misti granulari di primo impiego deve essere effettuato mediante prove di laboratorio su campioni prelevati in impianto prima della miscelazione. Il controllo della qualità del bitume dovrà essere eseguito su campioni prelevati all'impianto direttamente dalla cisterna. I requisiti da soddisfare sono riportati nella Tabella 12.

Tipo di campione	Ubicazione prelievo	Requisiti richiesti
Bitume	Cisterna	Tabella 5

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:

DP INGENNERIA S.R.L.  
Società di Ingegneria Civile  
info@dpingegneria.com - www.dpingegneria.com  
Viale San Concordio, 1160 - 55100 LUCCA  
Tel. 0583 381194 - P.IVA. 02488824548

Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
Salvatore  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

172



Tipo di campione	Ubicazione prelievo	Requisiti richiesti
Additivo polimerico SBR/NR	Impianto	Tabella 4
Aggregato grosso	Impianto	Tabella 1
Aggregato fine	Impianto	Tabella 2
Filler	Impianto	Tabella 3

Tabella 12 – Controllo delle forniture

### 1.5.2. Controllo della miscela prelevata al momento della stesa

Il prelievo del conglomerato bituminoso sfuso avverrà in contraddittorio al momento della stesa. Il numero dei prelievi da eseguire è riportato in Tabella 13. Sui campioni prelevati alla vibrofinitrice saranno effettuati, presso un laboratorio di fiducia dell'Amministrazione, i seguenti controlli:

- la percentuale di bitume (UNI EN 12697 -1/39);
- la granulometria degli aggregati (UNI EN 12697-2);
- il modulo di rigidità E (UNI EN 12697-26 allegato C) a 20 °C e rise-time=125 ms.

Inoltre, mediante la Pressa Giratoria saranno controllate le caratteristiche di idoneità della miscela. I provini confezionati mediante l'apparecchiatura Pressa Giratoria devono essere sottoposti a prova di resistenza a trazione indiretta a 25 °C (UNI EN 12697-23) e sensibilità all'acqua a 25 °C (UNI EN 12697-12).

I valori rilevati in sede di controllo dovranno essere conformi a quelli dichiarati nello studio di progetto della miscela di cui al 1.3.

Tipo di campione	Ubicazione prelievo	Frequenza prove	Requisiti richiesti
Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5000 m <sup>2</sup> di stesa	Percentuale di bitume e granulometria degli aggregati risultanti dallo studio della miscela
Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5000 m <sup>2</sup> di stesa	Modulo di rigidità E risultante dallo studio della miscela con una tolleranza di $\pm 20\%$ e comunque all'interno dei limiti di progetto di Tabella 9

Tabella 13 – Controlli delle miscele prelevate al momento della stesa

### 1.5.3. Controlli prestazionali sullo strato finito

Dopo la stesa, la Direzione Lavori preleverà, in contraddittorio con l'Impresa, delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato in opera e la verifica degli spessori. Il numero di carote da prelevare è riportato nella Tabella 14.

Sulle carote verranno determinati:

- lo spessore dello strato (medio di quattro misure in ciascuna carota);
- la massa volumica;
- la percentuale dei vuoti residui.

La percentuale dei vuoti della miscela in sito, nel 95% dei prelievi, non dovrà essere maggiore del 2% rispetto a quella di progetto.

Tipo di campione	Ubicazione prelievo	Frequenza prove	Requisiti richiesti
Carote per spessori	Pavimentazione	Ogni 5000 m <sup>2</sup> di fascia stesa	Spessore previsto in progetto





Tipo di campione	Ubicazione prelievo	Frequenza prove	Requisiti richiesti
Carote vuoti in sito	Pavimentazione	Ogni 5000 m <sup>2</sup> di fascia stesa	≤ % dei vuoti della miscela di progetto + 2%

Tabella 14 – Controlli prestazionali sullo strato finito

**Tolleranze dei risultati e penali**

A discrezione della D.L. possono essere ammesse le seguenti tolleranze sui risultati delle prove di controllo. Qualora i valori dei vuoti, determinati sulle carote, risultassero superiori a quelli previsti al 1.4.3. verrà applicata una detrazione per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce pari al 2,5% dell'importo dello strato per ogni 0,5% di vuoti in eccesso fino ad un massimo del 4%; valori dei vuoti in eccesso superiori al 4% comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

**Tolleranze di esecuzione dei piani di progetto**

Per ogni tratto omogeneo di stesa, lo spessore dello strato verrà determinato facendo la media delle misure (quattro per ogni carota) rilevate dalle carote estratte dalla pavimentazione, scartando i valori con spessore in eccesso, rispetto a quello di progetto, di oltre il 5%. Lo spessore medio dello strato deve essere quello previsto nel progetto.

Qualora gli spessori medi risultassero inferiori a quelli di progetto, verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione del 2,5% del prezzo di elenco per ogni millimetro di materiale mancante, mentre carenze superiori al 20% dello spessore di progetto comporteranno la rimozione dello strato e la sua successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

Le detrazioni determinate per i diversi parametri di controllo saranno cumulate.



## **2. Manti di usura realizzati con conglomerati bituminosi tipo gap graded confezionati con bitume modificato mediante l'aggiunta di polimeri sbr/nr secondo processo wet**

### **2.1. Generalità e definizioni**

I manti di usura tipo gap graded fanno parte di quella tipologia di conglomerati bituminosi detti di nuova generazione, impiegati per la realizzazione di manti di usura speciali, sono delle miscele che grazie alle particolari caratteristiche granulometriche e alla elevata qualità dei materiali costituenti, consentono di ottenere buone prestazioni in termini di durabilità, prestazioni meccaniche e sicurezza stradale.

Il contributo fornito alla sicurezza stradale da questi manti è elevato e ciò suggerisce una loro maggiore applicazione sia nella costruzione di nuove pavimentazioni, sia nel rifacimento del manto di usura di pavimentazioni esistenti.

I conglomerati gap graded additivati con polimeri SBR/NR sono tappeti di usura antisdrucchiolo, aventi spessori in opera di almeno 30 mm, costituiti da una miscela di pietrischetti, graniglie, frantumati, sabbie di sola frantumazione e additivo (filler), impastata a caldo in appositi impianti con bitume modificato con polimeri SBR/NR. Il legante impiegato per il confezionamento della miscela consiste in un bitume modificato con polimero di gomma riciclata di pneumatici fuori uso, incorporata nel bitume tramite processo wet. Questo conglomerato, chiuso e totalmente impermeabile agli strati sottostanti, è stato studiato per migliorare l'aderenza e impermeabilizzare la struttura sottostante.

### **2.2. Qualificazione dei materiali**

#### **2.2.1. Aggregati**

La fase solida è costituita da aggregati lapidei di primo impiego costituiti da elementi totalmente frantumati, sani, duri, di forma poliedrica, esenti da polveri e materiali estranei. I granuli non dovranno mai avere forma appiattita, allungata o lenticolare. La miscela degli inerti è costituita all'insieme degli aggregati grossi, degli aggregati fini e del filler, che può provenire dalla frazione fina o essere aggiunto.

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.

Sarà costituito da pietrischi, pietrischetti e graniglie che potranno essere di provenienza e natura petrografia diversa (preferibilmente basaltica), aventi forma poliedrica a spigoli vivi che soddisfino i requisiti indicati nella Tabella 15. Per la miscela di aggregato grosso deve essere misurato il valore di levigabilità (PSV) per ogni provenienza o natura petrografica del materiale utilizzato: il valore di PSV misurato sulla pezzatura minima passante allo staccio di 10 mm e trattenuta allo staccio a barre a 7,2 mm, deve essere  $\geq 50$ .



Indicatori di qualità			Valore	Categoria UNI EN 13043
Parametro	Normativa	Unità di misura		
Los Angeles	UNI EN 1097-2	%	$\leq 20$	LA <sub>20</sub>
Quantità di frantumato	UNI EN 933-5	%	100	C <sub>100/0</sub>
Dimensione max	UNI EN 933-1	mm	8	-
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	%	$\leq 4$	F <sub>4</sub>
Spogliamento	UNI EN 12697-11	%	0	-
Passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	%	$\leq 1$	f <sub>1</sub>
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	%	$\leq 20$	FI <sub>20</sub>
Indice di forma	UNI EN 933-4	%	$\leq 15$	SI <sub>15</sub>
Porosità	UNI EN 1936	%	$\leq 1,5$	-
PSV	UNI EN 1097-8	%	$\geq 50$	PSV <sub>50</sub>

Tabella 15 – Requisiti aggregato grosso

### 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.

Esso deve essere costituito esclusivamente da sabbie ricavate per frantumazione di rocce e da elementi litoidi di fiume e deve possedere le caratteristiche riassunte nella Tabella 16. Il trattenuto allo staccio di 2 mm non deve superare il 10% qualora gli aggregati fini provengano da rocce aventi un valore di PSV  $\leq 50$ .

Indicatori di qualità			Valore	Categoria UNI EN 13043
Parametro	Normativa	Unità di misura		
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	%	$\geq 80$	-
Passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	%	$\leq 3$	f <sub>3</sub>

Tabella 16 – Requisiti aggregato fine

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 strati di binder tipo gap graded, confezionati con bitume modificato mediante l'aggiunta di polimeri SBR/NR, deve soddisfare i requisiti indicati in Tabella 17.

Indicatori di qualità			Valore	Categoria 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	%	$\geq 80$	-
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 13279-1	°C	8 - 16	$\Delta_{R\&B}8/16$

Tabella 17 – Requisiti filler



### 2.2.2. Legante

Il legante impiegato per il confezionamento di tali miscele è un bitume modificato con polverino di gomma riciclata di pneumatici fuori uso, incorporato nel bitume tramite processo "wet". L'aggiunta a caldo del polverino di gomma, in ragione del 15÷22% riferito al peso totale del legante (bitume + polverino di gomma), modifica la struttura chimica e le caratteristiche fisico-meccaniche del bitume base.

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.

#### **Bitume base**

Il bitume base deve appartenere alla classe 50/70 definita dalla norma UNI EN 12591 e possedere un punto di rammollimento  $\geq 50^{\circ}\text{C}$ .

#### **Additivo polimerico SBR/NR**

L'additivo polimerico di tipo SBR/NR deve essere ottenuto dal riciclaggio di pneumatici di automobili o autocarri e deve possedere le seguenti caratteristiche:

- gomma di pneumatico, 100% vulcanizzata;
- assenza di fibra, tessuto, metallo o di qualsiasi altro materiale contaminante;
- dopo la triturazione deve presentarsi come una polvere, non incollata, di materiale granulare con un peso specifico di  $1,15 \pm 0,05 \text{ g/cm}^3$ ;
- quantità di polvere minerale, carbonato di calcio o talco (utilizzato per impedire l'aderenza delle particelle), non superiore al 4% del peso della gomma;
- contenuto d'acqua non superiore al 2% in peso, per evitare la formazione di bollicine d'aria durante il processo di miscelazione.

La granulometria del polverino di gomma deve rispettare i requisiti indicati nella Tabella 18.

Serie stacci ISO 3310 serie R20 (mm)		Passante totale in peso %
Staccio	1,25	100
Staccio	0,800	95 – 100
Staccio	0,630	85 – 100
Staccio	0,400	45 – 70
Staccio	0,250	5 – 25
Staccio	0,063	0 – 5

Tabella 18 – Requisiti granulometrici additivo polimerico SBR/NR

#### **Bitume modificato**

Le proprietà del bitume modificato utilizzato per il confezionamento di manti di usura tipo gap graded additivati con polimeri SBR/NR sono riportate nella Tabella 19. La determinazione delle caratteristiche fisiche e meccaniche del legante modificato deve essere eseguita non prima di 45 minuti dalla sua produzione.



Parametro		Normativa	Unità di misura	Specifica UNI EN 14023	
Requisiti essenziali					
Penetrazione a 25°C		UNI EN 1426	dmm	25 – 55	Classe 3
Punto di rammollimento		UNI EN 1427	°C	≥ 50	Classe 8
Force Ductility Test a 5°C		UNI EN 13589 UNI EN 13703	J/cm²	≥ 3	Classe 2
Requisiti dopo RTFOT UNI EN 12607-1	Penetrazione residua a 25°C	UNI EN 1426	%	≥ 45	Classe 4
	Incremento del punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	≤ 12	Classe 4
	Variazione di massa	-	%	≤ 0,5	Classe 3
Flash point		UNI EN ISO 2592	°C	≥ 250	Classe 2
Altre proprietà					
Punto di rottura (Fraass)		UNI EN 12593	°C	≤ -7	Classe 4
Ritorno elastic a 25°C		UNI EN 13398	%	≥ 60	Classe 4
Ulteriori richieste tecniche					
Stabilità allo stoccaggio UNI EN 13399	Variazione del punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	≤ 5	Classe 2
	Variazione della penetrazione	UNI EN 1426	dmm	≤ 9	Classe 2

Tabella 19 – Requisiti del bitume modificato mediante aggiunta di polimeri SBR/NR

### 2.2.3. Additivi

È escluso l'utilizzo di qualsiasi tipologia di fibre e/o additivi per il confezionamento di strati di binder tipo gap graded realizzati con bitume modificato mediante l'aggiunta di polimeri SBR/NR.

## 2.3. Miscela

### 2.3.1. Composizione della miscela

La miscela degli aggregati da adottarsi per i conglomerati bituminosi tipo gap graded, confezionati con bitumi modificati mediante l'aggiunta di polimeri SBR/NR, deve avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso riportato in Tabella 20.

Gli strati di usura tipo gap graded additivati con polimeri SBR/NR devono avere uno spessore di almeno 30 mm. La percentuale di bitume, riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella 20. La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con metodo volumetrico su provini addensati con pressa giratoria secondo UNI EN 12697-31.

Serie stacci UNI (mm)		Passante totale in peso %
Staccio	8	100
Staccio	6,3	90 – 100
Staccio	4	40 – 50
Staccio	2	19 – 29
Staccio	0,5	11 – 19
Staccio	0,25	8 – 16
Staccio	0,125	7 – 13
Staccio	0,063	7 – 11
% di bitume		8 – 9





Serie stacci UNI (mm)	Passante totale in peso %
Spessore (mm)	≥ 30

Tabella 20 – Requisiti granulometrici della miscela di aggregati

Le caratteristiche richieste per i conglomerati bituminosi tipo gap graded additivati con polimeri SBR/NR sono riportate nella Tabella 21 e nella Tabella 22.

METODO VOLUMETRICO		
Condizioni di prova	Unità di misura	Valori
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 50 rotazioni (*) (**)	%	3 – 6
Vuoti a 130 rotazioni (*)	%	≥ 2

(\*) Percentuale dei vuoti determinata secondo la UNI EN 12697-8  
(\*\*) La massa volumica ottenuta a 50 rotazioni della pressa giratoria viene indicata di seguito come  $D_G$

Tabella 21 – Requisiti della miscela per strati di usura tipo gap graded

Requisiti meccanici	Unità di misura	Valori
Resistenza a trazione indiretta ITS a 25°C (***)	N/mm <sup>2</sup>	≥ 0,7
Coefficiente di trazione indiretta CTI a 25°C (***)	N/mm <sup>2</sup>	≥ 50
Sensibilità all'acqua ITSR a 25°C (***)	%	≥ 80

(\*\*\*) Su provini confezionati con 50 rotazioni della pressa giratoria

Tabella 22 – Requisiti meccanici della miscela per strati di usura tipo gap graded

### 2.3.2. 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.



### 2.3.3. Tolleranze sui risultati

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.

## 2.4. Esecuzione dei lavori

### 2.4.1. Confezionamento della miscela

Il confezionamento del conglomerato deve essere eseguito in impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

Al fine di garantire il perfetto essiccamento e l'uniforme riscaldamento della miscela, nonché una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati, la produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità. Si possono impiegare anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

In ogni caso, l'impianto deve garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione. Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo polimerico.

Per evitare che sostanze argillose e ristagni di acqua possano compromettere la pulizia degli aggregati, la zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente sistemata; inoltre, i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori deve essere eseguita con la massima cura. Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante.

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere compresa tra  $170^{\circ}\text{C}$  e  $190^{\circ}\text{C}$  e quella del legante modificato tra  $170^{\circ}\text{C}$  e  $190^{\circ}\text{C}$ .

Gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati per consentire la verifica delle suddette temperature.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo  $0,25\%$  in peso.

### 2.4.2. Preparazione della superficie di stesa

Prima di iniziare la stesa del conglomerato bituminoso per manti di usura tipo gap graded additivati con polimeri SBR/NR va verificata l'efficienza delle opere per il deflusso delle acque. Se non sono rispettate le pendenze trasversali del piano di posa (sempre  $> 2,5\%$ ), questo deve essere risagomato; inoltre, devono essere verificate le condizioni di regolarità longitudinale e la



presenza di ormaie, per valutare la necessità di eseguire un intervento preliminare di regolarizzazione del piano di posa dello strato di usura. Questi sono necessari qualora l'IRI sia maggiore di 1,8 mm/m e di 2,0 mm/m, rispettivamente per intervento su tutta o su parte della carreggiata, e le ormaie abbiano profondità maggiore di 10 mm. Eventuali interventi preliminari di risanamento profondo o di rinforzo della pavimentazione esistente, necessari a garantire la vita utile richiesta, devono essere previsti in fase di progettazione. È poi necessario provvedere ad una accurata pulizia della superficie stradale eliminando anche l'eventuale preesistente segnaletica orizzontale.

Prima di iniziare la stesa dei manti di usura tipo gap graded additivati con polimeri SBR/NR è necessario stendere una adeguata mano d'attacco, realizzata con bitumi modificati, che avrà lo scopo di garantire un perfetto ancoraggio con la pavimentazione esistente e prevenire la risalita di eventuali fessure dagli strati sottostanti.

La mano d'attacco sarà eseguita con bitumi modificati stesi in ragione di 0,5 Kg/m<sup>2</sup> mediante apposite macchine spanditrici automatiche in grado di assicurare l'uniforme distribuzione del prodotto ed il dosaggio previsto. Il bitume modificato steso a caldo (temperatura > 180°C) avrà le caratteristiche riportate nella Tabella 23. Per evitare il danneggiamento della membrana che potrebbe essere causata dall'adesione dei mezzi di cantiere alla stessa, si dovrà provvedere allo spandimento, con apposito mezzo, di graniglia prebitumata avente pezzatura 4-8 mm, in quantità di circa 6-8 l/m<sup>2</sup>. In casi particolari o quando la Direzione Lavori lo ritenga opportuno, si potrà realizzare la mano d'attacco utilizzando una emulsione di bitume modificato con le caratteristiche minime previste dalla Tabella 24 stesa mediante apposite macchine spanditrici automatiche in ragione di 0,7 Kg/m<sup>2</sup> e successiva granigliatura come sopra descritto. L'eccesso di graniglia non legata dovrà essere asportato mediante impiego di motospazzatrice.

Il legante a base di bitume impiegato per le mani di attacco dovrà essere qualificato 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.

Parametro		Normativa	Unità di misura	Specifica UNI EN 14023	
Requisiti essenziali					
Penetrazione a 25°C		UNI EN 1426	dmm	45 – 80	Classe 4
Punto di rammollimento		UNI EN 1427	°C	≥ 65	Classe 5
Force Ductility Test a 5°C		UNI EN 13589 UNI EN 13703	J/cm²	≥ 3	Classe 7
Requisiti dopo RTFOT UNI EN 12607-1	Penetrazione residua a 25°C	UNI EN 1426	%	≥ 60	Classe 7
	Incremento del punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	≤ 8	Classe 2
	Variazione di massa	-	%	≤ 0,5	Classe 3
Flash point		UNI EN ISO 2592	°C	≥ 250	Classe 2
Altre proprietà					
Punto di rottura (Fraass)		UNI EN 12593	°C	≤ -15	Classe 7
Ritorno elastic a 25°C		UNI EN 13398	%	≥ 80	Classe 2
Ulteriori richieste tecniche					
Intervallo di elastoplasticità		UNI EN 14023	°c	≥ 80	Classe 3
Stabilità allo stoccaggio UNI EN 13399	Variazione del punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	≤ 5	Classe 2
	Variazione della penetrazione	UNI EN 1426	dmm	≤ 9	Classe 2

Tabella 23 – Requisiti dei bitumi con modifica HARD per mani di attacco



Parametro	Normativa	Unità di misura	Specifiche UNI EN 13808	
Polarità	UNI EN 1430	-	Positiva	Classe 2
Contenuto di bitume + flussante	UNI EN 1431	%	≥ 67	Classe 4
Tempo di efflusso a 40°C (viscosimetro da 4 mm)	UNI EN 12846-1	s	10 – 45	Classe 6
Indice di rottura (metodo del filler minerale)	UNI EN 13075-1	-	70 – 130	Classe 4
Adesività	UNI EN 13614	dmm	≥ 90	Classe 3
Caratteristiche del bitume recuperato per evaporazione UNI EN 13074				
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	dmm	≤ 100	Classe 3
Punto di ramollimento	UNI EN 1427	°C	≥ 55	Classe 2
Pendulum test	UNI EN 13588	J/cm²	≥ 1,4	Classe 6
Ritorno elastico a 25°C	UNI EN 13398	%	≥ 75	Classe 5

Tabella 24 – Requisiti minime di accettazione dell'emulsione di bitume modificato

### 2.4.3. Posa in opera della miscela

La posa in opera degli strati di binder tipo gap graded additi vati con polimeri SBR/NR viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di auto livellamento.

La velocità di avanzamento delle vibrofinitrici non deve essere superiore ai 3-4 m/min con alimentazione continua del conglomerato. Lo spessore dello strato deve essere posato per la sua intera altezza (spessore minimo di 50 mm) con un'unica passata, limitando il più possibile le interruzioni della stesa ed evitando interventi manuali per la correzione delle anomalie.

Le vibrofinitrici devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella fase di stesa si deve 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 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; inoltre, la temperatura della miscela all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, deve risultare in ogni momento non inferiore a 170° C.



La stesa dei conglomerati deve essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

Il conglomerato eventualmente compromesso deve essere immediatamente rimosso e successivamente lo strato deve essere ricostruito a spese dell'Impresa. La compattazione del conglomerato deve iniziare appena steso dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

Il costipamento deve essere realizzato mediante rullo statico a ruote metalliche del peso massimo di 15t.

Al termine della compattazione la percentuale dei vuoti della miscela non dovrà essere maggiore del 2% rispetto a quella di progetto.

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 deve presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

La miscela bituminosa del manto di 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.

## **2.5. Controlli**

Il controllo della qualità dei conglomerati bituminosi per strati di binder tipo gap graded additi vati con polimeri SBR/NR e della loro posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e in sito.

### **2.5.1. Controllo delle forniture**

Oltre ai controlli iniziali, necessari per l'accettazione, anche in corso d'opera, per valutare che non si verifichino variazioni nella qualità dei materiali, devono essere effettuate prove di laboratorio su campioni prelevati in contraddittorio con la D.L.

Il controllo della qualità dei misti granulari di primo impiego deve essere effettuato mediante prove di laboratorio su campioni prelevati in impianto prima della miscelazione. Il controllo della qualità del bitume dovrà essere eseguito su campioni prelevati all'impianto direttamente dalla cisterna. I requisiti da soddisfare sono riportati nella Tabella 25.

Tipo di campione	Ubicazione prelievo	Requisiti richiesti
Bitume	Cisterna	Tabella 19
Additivo polimerico SBR/NR	Impianto	Tabella 18
Aggregato grosso	Impianto	Tabella 15
Aggregato fine	Impianto	Tabella 16
Filler	Impianto	Tabella 17

Tabella 25 – Controllo delle forniture



**2.5.2. Controllo della miscela prelevata al momento della stesa**

Il prelievo del conglomerato bituminoso sfuso avverrà in contraddittorio al momento della stesa. Il numero dei prelievi da eseguire è riportato in Tabella 26. Sui campioni prelevati alla vibrofinitrice saranno effettuati, presso un laboratorio di fiducia dell'Amministrazione, i seguenti controlli:

- la percentuale di bitume (UNI EN 12697 -1/39);
- la granulometria degli aggregati (UNI EN 12697-2);

Inoltre, mediante la Pressa Giratoria saranno controllate le caratteristiche di idoneità della miscela. I provini confezionati mediante l'apparecchiatura Pressa Giratoria devono essere sottoposti a prova di resistenza a trazione indiretta a 25 °C (UNI EN 12697-23) e sensibilità all'acqua a 25 °C (UNI EN 12697-12).

I valori rilevati in sede di controllo dovranno essere conformi a quelli dichiarati nello studio di progetto della miscela di cui al 2.3.

Tipo di campione	Ubicazione prelievo	Requisiti richiesti
Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela

Tabella 26 – Controlli delle miscele prelevate al momento della stesa

**2.5.3. Controlli prestazionali sullo strato finito**

Dopo la stesa, la Direzione Lavori preleverà, in contraddittorio con l'Impresa, delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato in opera e la verifica degli spessori. Il numero di carote da prelevare è riportato nella Tabella 27.

Sulle carote verranno determinati:

- lo spessore dello strato (medio di quattro misure in ciascuna carota);
- la massa volumica;
- la percentuale dei vuoti residui.

Lo spessore dello strato verrà determinato, per ogni tratto omogeneo di stesa, facendo la media delle misure (quattro per ogni carota) rilevate sulle carote estratte dalla pavimentazione, scartando i valori con spessore in eccesso, rispetto a quello di progetto, di oltre il 5%. Lo spessore medio dello strato deve essere non inferiore a quello previsto nel progetto.

La percentuale dei vuoti della miscela in sito, nel 95% dei prelievi, non dovrà essere maggiore del 2% rispetto a quella di progetto.

Tipo di campione	Ubicazione prelievo	Frequenza prove	Requisiti richiesti
Carote per spessori	Pavimentazione	Ogni 5000 m <sup>2</sup> di fascia stesa	Spessore previsto in progetto
Carote vuoti in sito	Pavimentazione	Ogni 5000 m <sup>2</sup> di fascia stesa	≤ % dei vuoti della miscela di progetto + 2%

Tabella 27 – Controlli prestazionali sullo strato finito

**Caratteristiche superficiali**

Sulle pavimentazioni finite dovranno essere eseguite prove per il controllo dei valori di aderenza e macrotestitura superficiale dello strato di usura con le frequenze riportate in Tabella 28. Le misure di aderenza (resistenza ad attrito radente) eseguite con lo Skid Tester secondo la norma UNI EN 13036-4, dovranno fornire valori di BPN (British Pendulum Number) ≥ 70. La tessitura

A.T.I.



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:



Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing. S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin



CONSULENZA:

Prof. Ing. W. Salvatore  
Prof. Ing. N. Squeglia

PAGINA

184



superficiale, misurata con l'altezza di sabbia (HS), determinata secondo la metodologia riportata nella UNI EN 13036-1, deve risultare  $\geq 0,5$  mm.

Tipo di campione	Ubicazione prelievo	Frequenza prove	Requisiti richiesti
Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 10 m di fascia stesa	BPN $\geq 70$
Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 10 m di fascia stesa	HS $\geq 0,5$ mm
Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 10 m di fascia stesa	F60 $\geq 0,23$
Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 10 m di fascia stesa	S <sub>p</sub> $\geq 45$ km/h

Tabella 28 – Controlli prestazionali sullo strato finito

In alternativa, per la misura dell'aderenza e della macrotestitura, potranno essere eseguite prove ad alto rendimento utilizzando una delle apparecchiature che hanno partecipato all'esperimento di armonizzazione dell'AIPCR (1992). Per il calcolo del parametro HS (MTD) da prove eseguite con profilometro laser l'elaborazione dei dati deve essere eseguita secondo la procedura prevista nella UNI EN ISO 13473-1.

I valori di aderenza ottenuti con tali attrezzature saranno ricondotti a valori di BPN utilizzando la relazione per il calcolo dell'IFI (AIPCR 1992), preventivamente accettata dalla D.L., con i coefficienti relativi alla particolare attrezzatura impiegata<sup>24</sup>; i valori dell'IFI (F60, SP) calcolati utilizzando le suddette attrezzature dovranno rispettare i valori limiti riportati in Tabella 28. Le misure di aderenza e di macrotestitura dovranno essere effettuate in un periodo compreso tra il 60° e il 180° giorno dall'apertura al traffico. Le tratte da misurare, aventi lunghezze pari almeno a 200 m, potranno essere localizzate nei punti dove a giudizio della D.L. la tessitura e/o la rugosità risulti non sufficiente o dubbia; in ogni caso, l'aderenza dovrà essere controllata per tutta l'estensione dell'intervento.

Per la valutazione delle caratteristiche di aderenza e tessitura superficiale si farà riferimento ai valori medi, ricavati dalle misure puntuali (passo 10 m) o dai valori già mediati ogni 50 m, relativi a ciascuna tratta omogenea in cui è possibile suddividere la tratta misurata; per tratte omogenee si intendono quei tratti di pavimentazione, nei quali ricadono almeno 12 valori dell'indicatore, distribuiti statisticamente secondo una distribuzione "normale"; i valori così ricavati dovranno risultare in accordo con le prescrizioni sopra riportate.

Le tratte omogenee saranno individuate con una procedura statistica. Le misure di aderenza e di tessitura dovranno essere effettuate con un "passo di misura" di 10 m e i valori misurati potranno, eventualmente, essere mediati ogni 50 m per filtrare disomogeneità occasionali e localizzate delle superfici.

Ai fini di un controllo delle capacità dello strato di usura di ridurre la generazione del rumore da rotolamento sul profilo longitudinale acquisito utilizzando un profilometro laser in un periodo di tempo compreso tra il 15° e il 45° giorno dall'apertura al traffico, lo spettro di tessitura determinato secondo la procedura prevista dalla ISO/CD 13473-4 deve preferibilmente rispettare i requisiti riportati in Tabella 29.

Lunghezza d'onda $\lambda$ (mm)	Livello di tessitura $L_{tx}$ (dB)
63,0	$\leq 39,0$
50,0	$\leq 40,0$
40,0	$\leq 41,0$



Lunghezza d'onda $\lambda$ (mm)	Livello di tessitura $L_{tx}$ (dB)
31,5	$\leq 42,0$
25,0	$\leq 43,0$
20,0	$\leq 44,0$
16,0	$\leq 44,5$
12,5	$\leq 45,5$
10,0	$\leq 46,0$
8,00	$\leq 42,5$
6,30	$\leq 42,0$
5,00	$\leq 41,5$
4,00	$\leq 41,5$
3,15	$\leq 41,0$
2,50	$\leq 40,5$
2,00	$\leq 40,5$

Tabella 29 – Spettro di tessitura

Dalla miscela prelevata all'atto della stesa saranno confezionati tre campioni con Pressa Giratoria, ad un numero di rotazioni pari a 50. Sulla faccia superiore dei campioni così preparati e tagliati dello spessore pari a quello di progetto verranno controllate le capacità di fonoassorbimento mediante tubo di impedenza secondo la procedura definita nella UNI EN ISO 10534-2. I valori dei coefficienti di assorbimento acustico devono essere inferiori a quelli riportati in Tabella 30.

Frequenza (Hz)	400	500	630	800	1000	1250	1600
Coefficiente di Assorbimento acustico	$\alpha \leq 0,10$	$\alpha \leq 0,10$	$\alpha \leq 0,10$	$\alpha \leq 0,10$	$\alpha \leq 0,10$	$\alpha \leq 0,10$	$\alpha \leq 0,10$

Tabella 30 – Controllo delle capacità di fonoassorbimento

### Regolarità

L'indice I.R.I. (International Roughness Index), calcolato (come definito dalla World Bank nel 1986 - The International Road Roughness Experiment) a partire dal profilo longitudinale della pavimentazione, dovrà essere:

- inferiore a 1,8 mm/m nel caso di intervento con strato di superficie steso su tutta la carreggiata;
- inferiore a 2,0 mm/m nel caso di intervento limitato a una parte della carreggiata.

Le misure del profilo longitudinale interesseranno tutta l'estensione dell'intervento e dovranno essere eseguite in un periodo di tempo compreso tra il 15° ed il 180° giorno dall'apertura al traffico, utilizzando un profilometro laser, e dovranno essere effettuate con un "passo di misura" di 10 cm.

I valori dell'indice IRI verranno calcolati con un "passo" di 100 m a partire dal profilo longitudinale misurato. Per la valutazione della caratteristica di regolarità superficiale, nel caso di utilizzo dell'indice IRI, si farà riferimento ai valori medi, ricavati dai valori puntuali (passo 100 m), relativi a ciascuna tratta omogenea in cui è possibile suddividere la tratta misurata; i valori di IRI così ricavati dovranno risultare in accordo con le prescrizioni sopra riportate. Le tratte omogenee saranno individuate da un programma di calcolo collegato al programma di restituzione dei dati di regolarità.

### Tolleranze dui risultati e penali

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:



Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
Salvatore  
  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

186



A discrezione della D.L. possono essere ammesse le seguenti tolleranze sui risultati delle prove di controllo. Per percentuali dei vuoti maggiori di quelli previsti al 2.4.3. verrà applicata una detrazione per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce pari al 2,5% dell'importo dello strato per ogni 0,5% di vuoti in eccesso fino ad un massimo del 4%; valori dei vuoti in eccesso superiori al 4% comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

Per valori di medi di BPN o F60, come definiti in precedenza per ciascuna tratta omogenea o per ciascuna tratta da 50 m, inferiori ai valori prescritti verrà applicata una detrazione dell'5% dell'importo dello strato per ogni unità di BPN in meno o una detrazione dell'7% per ogni 0,01 unità di F60 in meno, fino al raggiungimento di una soglia di non accettabilità appresso specificata.

Tali detrazioni saranno calcolate con riferimento alla larghezza complessiva dello strato di rotolamento, anche se le misure interessano una sola corsia.

Per valori di medi di HS o SP, come definiti in precedenza per ciascuna tratta omogenea o per ciascuna tratta da 50 m, inferiori ai valori prescritti lo strato di rotolamento (quello a diretto contatto con i pneumatici) verrà penalizzato del 50% del suo costo (da calcolare prendendo a riferimento la larghezza complessiva di tale strato anche se le misure interessano una sola corsia), fino al raggiungimento di una soglia di non accettabilità appresso specificata.

Le detrazioni determinate per i diversi parametri di controllo di aderenza e macrotestitura saranno cumulate fino ad un valore massimo del 50%.

I valori della soglia di non accettabilità sono:

- BPN = 60;
- HS = 0,4 mm;
- F60 = 0,16;
- Sp = 34 km/h.

Qualora il valore medio di aderenza (BPN o F60) o di macrotestitura (HS o SP), come definito in precedenza per ciascuna tratta omogenea o per ciascuna tratta da 50 m (misure di HS con profilometro laser) sia inferiore o uguale ai valori ritenuti inaccettabili si dovrà procedere gratuitamente all'asportazione completa con fresa dello strato per tutta la sua larghezza ed alla stesa di un nuovo strato; in alternativa a quest'ultima operazione si potrà procedere a cura e spese dell'Impresa alla realizzazione di un nuovo strato al di sopra di quello esistente, previa stesa di una mano di attacco.

Non sono ammesse tolleranze sui valori dei coefficienti di assorbimento acustico riportati in Tabella 30.

### **Tolleranze di esecuzione dei piani di progetto**

Per spessori medi inferiori a quelli di progetto, verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione del 2,5% del prezzo di elenco per ogni millimetro di materiale mancante, mentre carenze superiori al 20% dello spessore di progetto comporteranno la rimozione dello strato e la sua successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

Qualora il valore medio di IRI, come definito in precedenza per ciascuna tratta omogenea, non soddisfi le condizioni richieste, lo strato di rotolamento (quello a diretto contatto con i pneumatici) verrà penalizzato del 15% del suo costo (da calcolare prendendo



## REGIONE TOSCANA

Direzione mobilità, infrastrutture e trasporto pubblico locale  
Settore viabilità regionale ambiti Firenze-Prato e Pistoia

NUOVO PONTE SUL FIUME ARNO E RELATIVI COLLEGAMENTI VIARI TRA LO SVINCOLO DELLA SGC FI-PI-LI DI LASTRA A SIGNA E DI SIGNA  
CIG: 95482064DA - CUP: D91B21005300001

a riferimento la larghezza complessiva di tale strato anche se le misure interessano una sola corsia), fino al raggiungimento di una soglia di non accettabilità pari al valore di 3,5 mm/m.

Qualora il valore medio di IRI, come definito in precedenza per ciascuna tratta omogenea, sia maggiore o uguale a tale valore, si dovrà procedere gratuitamente all'asportazione completa con fresa dello strato per tutta la sua larghezza e alla stesa di un nuovo strato; il nuovo strato sarà comunque soggetto alle stesse condizioni di controllo e agli stessi requisiti di regolarità precedentemente descritti.

Le detrazioni determinate per i diversi parametri di controllo saranno cumulate.

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:



DP INGENIERIA S.R.L.  
Società di Ingegneria Civile  
info@dpingegneria.com - www.dpingegneria.com  
Via San Concordio, 1100 - 55100 LUCCA  
Tel.: 0583 581194 - P.IVA: 0248882408



Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing. S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
Salvatore

Prof. Ing. N.  
Squeglia

188





## REGIONE TOSCANA

Direzione mobilità, infrastrutture e trasporto pubblico locale  
Settore viabilità regionale ambiti Firenze-Prato e Pistoia

NUOVO PONTE SUL FIUME ARNO E RELATIVI COLLEGAMENTI VIARI TRA LO SVINCOLO DELLA SGC FI-PI-LI DI LASTRA A SIGNA E DI SIGNA  
CIG: 95482064DA - CUP: D91B21005300001

### CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO – REALIZZAZIONE DELLE OPERE A VERDE

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:



DP INGEENRIA S.R.L.  
Società di Ingegneria Civile  
info@dpingegneria.com - www.dpingegneria.com  
Via San Concordio, 1100 - 55100 LUCCA  
Tel. 0583 581194 - P.IVA. 02468624089



Prof. Ing. A. **Marradi** | Prof. Ing S. **Pagliara** | Ing. M. **Ascoli** | Dott. P. **Turin**

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
**Salvatore**  
  
Prof. Ing. N.  
**Squeglia**

189

**A** **Oggetto dei lavori**

Il presente capitolato è relativo alla realizzazione delle opere a verde nell'ambito del progetto definitivo per la realizzazione del nuovo ponte sul Fiume Arno e relativi collegamenti viari tra lo svincolo della Sgc FI-PI-LI di Lastra a Signa e di Signa.

**B** **Attività preliminari**

L'Appaltatore deve prendere visione dei luoghi e delle condizioni di lavoro per la realizzazione delle opere, valutando le dimensioni, le caratteristiche specifiche, le connessioni con altri lavori di costruzione, movimenti di terra e sistemazione ambientale in genere e, in genere tutti gli aspetti che possono condizionarne la esecuzione.

Tutte le attività relative le opere a verde di interesse ambientale saranno seguite da un Biologo Naturalista, lo stesso interverrà a verifica delle attività di ricerca delle aree di provenienza e riconoscimento del materiale di propagazione da impiegare in cantiere, sia questo procurato in siti prossimi e analoghi alle aree di impianto che fornite da vivaio specializzato, come indicato nel seguito.

**B.1** **Analisi qualitativa del terreno**

Il terreno sia in sito che importato da altre aree dovrà essere analizzato per verificarne l'idoneità al tipo di intervento progettato, prima dell'inizio dei lavori.

La caratterizzazione del terreno sarà raggiunta attraverso le opportune analisi (di seguito sono elencate le più significative).

- Granulometria;
- Acidità;
- Calcare totale;
- Azoto totale;
- Fosforo assimilabile;
- Potassio assimilabile;
- Sostanza organica;
- Capacità di Scambio Cationico (CSC);
- Conducibilità elettrica.

Resta comunque a carico dell'Appaltatore eseguirne altre qualora ritenute necessarie dall'Appaltatore stesso o richieste dalla direzione lavori.

È comunque necessario ottenere l'approvazione della Direzione Lavori per la messa in opera di terreno vegetale o per l'utilizzo di suolo agricolo in situ:

**B.2** **Preparazione del suolo**

Le aree su cui devono essere realizzate le opere devono essere pulite asportando tutti i materiali estranei, che saranno avviati alle discariche autorizzate.

La pulizia deve essere effettuata limitando al massimo possibile il disturbo del terreno evitando contaminazioni o rimescolamento della stratigrafia naturale che dovrà essere preservata anche in caso di rinterri.

Inoltre devono essere abbattute le piante da non conservare, i cespugli, le piante infestanti; estirpate le ceppaie, deve procedersi allo spietramento superficiale attraverso l'utilizzo di una macchina interrassassi.

**B.3** **Rimozione e accantonamento del terreno vegetale**



La rimozione del terreno vegetale esistente nelle zone soggette a lavorazioni dovrà avvenire evitando sia di modificarne le caratteristiche fisiche sia di contaminarlo con materiali estranei o provenienti dagli strati inferiori ai primi 20/30 cm.

L'accantonamento del terreno vegetale avverrà nelle aree opportunamente pulite e predisposte.

I cumuli dovranno essere predisposti in relazione alle differenti caratteristiche chimico-fisiche delle terre da accantonare, dovranno presentare dimensioni tali da non compromettere la struttura e la fertilità del terreno e non dovranno, comunque, superare l'altezza di m 2,50.

Sarà comunque compito dell'Appaltatore adottare il criterio più idoneo a garantire la conservazione della fertilità e la non contaminazione (materiali estranei e/o inquinanti) delle terre accantonate.

#### **B.4 Accantonamento del suolo humico**

In fase di realizzazione delle nuove opere e di installazione dei cantieri la prima attività finalizzata alla ricostituzione di suolo agrario o vegetale consisterà nell'accantonamento del suolo humico, che servirà poi in fase di ripristino. Gli strati fertili di coltura esistenti sulle aree di cantiere ed in corrispondenza delle nuove opere dovranno essere infatti preservati ed accantonati, per essere riutilizzati in un secondo tempo.

L'asportazione dello strato di terreno vegetale e la sua messa in deposito dovrà essere effettuata prendendo tutte le precauzioni per evitare di modificarne la struttura, la compattazione, la contaminazione con materiali estranei o con strati più profondi di composizione chimico-fisica differente. In fase di progetto esecutivo dovrà essere individuata la localizzazione dei depositi di accantonamento della terra vegetale, allegando delle specifiche tecniche sulle modalità di uso, coltivazione e mantenimento degli stessi.

Il terreno vegetale dovrà comunque essere esente dalla presenza di corpi estranei quali pietre, rami e radici e la quantità di scheletro con diametro maggiore di 2 mm non dovrà superare il 25-30% del volume totale.

#### **B.5 Difesa della vegetazione esistente**

L'Appaltatore dovrà provvedere ad identificare e proteggere per tutta la durata dei lavori tutte le piante e le formazioni vegetali individuate in progetto o che si preveda debbono essere conservate, con particolare attenzione all'ambito di cantiere.

In particolare, l'impresa dovrà eseguire e mantenere protezioni meccaniche e recinzioni per evitare urti da parte di mezzi d'opera; se necessario dovrà essere effettuata la potatura di rami che interferiscono con i passaggi obbligati, ma sempre nel periodo idoneo alle potature e provvedendo alla disinfezione dei tagli con prodotti fungistatici ed alla loro protezione con mastici naturali. Dovrà essere garantita la stabilità degli alberi predisponendo, se necessario, sistemi di sostegno e ancoraggio.

Durante i lavori saranno eseguiti trattamenti fitostimolanti e fitosanitari per la vegetazione che resta in situ.

Gli interventi di difesa dovranno essere riportati su apposite planimetrie e saranno predisposte schede tecniche che riportino anche le prescrizioni di cura e manutenzione delle singole piante interessate.

La difesa di aree da conservare dovrà essere effettuata recintando dette aree per evitare il passaggio di mezzi d'opera e persone. In dette aree non dovranno essere localizzati depositi di nessun tipo e si dovrà evitare ogni contaminazione dovuta a minerali, carburanti, acidi, basi, vernici ed altre sostanze nocive per la vegetazione.

Non è consentita l'accensione di fuochi.

Le piante, di qualunque genere e natura, che dovessero essere danneggiate in modo grave o irreparabile saranno sostituite, a spese dell'Appaltatore, da altre piante della stessa specie e dimensione.

Nel caso sia necessario ricaricare il terreno intorno ad alberi esistenti, occorrerà proteggere il colletto ed evitare che questo venga interrato.

La protezione delle radici, in caso di scavi in prossimità di alberi isolati, dovrà essere effettuata recidendo le radici esposte e spalmando i tagli con prodotti fungistatici e con mastice cicatrizzante.

La distanza minima per la quale è possibile l'esecuzione degli scavi è di 2 metri dal tronco.



La chiusura degli scavi dovrà essere effettuata impiegando sabbia grossa, letame ben maturo (almeno 8 mesi di concimaia) e terreno vegetale vagliato, opportunamente miscelati.

### **B.6 La salvaguardia delle alberature in area cantiere**

Nelle aree di cantiere è fatto obbligo di adottare tutti gli accorgimenti utili ad evitare il danneggiamento della vegetazione esistente da parte delle macchine (lesioni alla corteccia e alle radici, rottura di rami, ecc.).

All'interno dell'area di pertinenza delle alberature dovranno essere vietati:

- il versamento di sostanze fitotossiche (sali, acidi, oli, ecc.) e la combustione di sostanze di qualsiasi natura;
- l'impermeabilizzazione, con pavimentazione o altre opere edilizie;
- l'affissione diretta alle alberature, con chiodi, filo di ferro o materiale non estensibile, di cartelli, manifesti e simili, nonché l'installazione di cavi elettrici sulle stesse.
- il riporto di ricarichi superficiali di terreno o qualsivoglia materiale, tali da comportare l'interramento del colletto, così come l'asporto di terreno; ricarichi e abbassamenti del terreno nella zona della chioma sono permessi solo in casi eccezionali con alcuni accorgimenti.
- l'utilizzo per depositi di materiali di qualsiasi tipo (da costruzione, carburante, macchine da cantiere, etc.), gli accatastamenti di attrezzature e/o materiali alla base o contro il fusto.

Il transito di mezzi pesanti all'interno delle aree di pertinenza delle alberature deve essere evitato ed effettuato solo in caso di carenza di spazio, solo se saltuario e di breve durata. Nel caso di transito abituale e prolungato, l'area di pertinenza utilizzata per il transito di mezzi pesanti, dovrà essere adeguatamente protetta dall'eccessiva costipazione del terreno tramite apposizione di idoneo materiale cuscinetto. Nella zona della chioma i lavori di livellamento del terreno sono da eseguire riducendo al massimo il lavoro meccanizzato. Il costipamento, la vibratura e gli scavi devono essere limitati al massimo nella zona delle radici.

Per la difesa contro i danni meccanici ai fusti, tutti gli alberi posti nell'ambito di un cantiere in aree che ne consentono la non eliminazione devono essere protetti da recinzioni solide che racchiudano le superfici di pertinenza delle piante. Gli alberi devono essere singolarmente protetti mediante tavole di legno alte almeno 2 m, disposte contro il tronco in modo tale che questo sia protetto su tutti i lati.

Ogniqualvolta i lavori di scavo all'interno delle aree di cantiere risulteranno in prossimità di esemplari arborei da salvaguardare le eventuali attività interferenti con gli apparati radicali delle singole piante dovranno essere eseguite avendo cura di intervenire sulle radici asportandole con taglio netto, senza rilascio di sfilacciamenti; inoltre sulla superficie di taglio delle radici più grosse dovrà essere applicato mastice antibiotico. Nel caso di interferenza con la chioma, si potrà attuare un leggero taglio di contenimento o, se possibile, l'avvicinamento dei rami all'asse centrale del tronco tramite legatura. Nel caso che i lavori producano presumibile alterazione del normale regime idrico delle alberature, queste dovranno essere convenientemente e costantemente irrigate durante il periodo vegetativo.

### **C Materiali**

Nel presente paragrafo vengono indicate le prescrizioni relative ai principali materiali:

- terreno vegetale
- acqua
- materiale per impianto di irrigazione
- fertilizzanti
- pacciamatura e tutori, ancoraggi e legature.

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:



Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing. S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W. Salvatore  
Prof. Ing. N. Squeglia

192



- ammendanti e correttivi
- materiale vegetale
- materiali agrari
- fitofarmaci

Tutti i materiali da utilizzare per la realizzazione delle sistemazioni ambientali (materiale agrario e materiale vegetale) dovranno essere delle migliori qualità, privi di difetti e, in ogni caso, dovranno presentare qualità e pregi uguali o superiori a quanto indicato dagli elaborati progettuali e dalla normativa vigente.

Detti materiali saranno visionati dalla Direzione Lavori prima del loro utilizzo e, nel caso non risultassero idonei, dovranno essere allontanati immediatamente dal cantiere a spese dell'Appaltatore.

L'Appaltatore rimane responsabile dalla corretta applicazione delle presenti specifiche ed ha l'obbligo, in ogni caso, di impiegare materiali che garantiscano il miglior risultato per le opere in oggetto.

### **C.1 Terreno vegetale**

L'Appaltatore dovrà, a sua cura e spese, accertare, mediante analisi di laboratorio specializzate, la qualità del terreno vegetale sia che provenga dai depositi in cantiere sia che venga importato da altre fonti; sia che sia in situ.

I risultati di dette analisi dovranno essere sottoposti alla approvazione della Direzione Lavori.

Prima di procedere a qualsiasi operazione di piantumazione o di seminagione, l'Appaltatore, dovrà verificare che i terreni presentino caratteristiche idonee alle lavorazioni da effettuarsi seguendo le indicazioni degli elaborati progettuali.

Nel caso in cui i terreni presentino caratteristiche non conformi a quanto richiesto si dovrà provvedere, in accordo con la Direzione Lavori che ne accerterà la qualità, ad apportare terra di coltivo in quantità sufficiente a formare uno strato di spessore adeguato ai tipi di interventi previsti dal progetto per realizzazione di aree verdi e si dovrà provvedere al riempimento totale delle buche e dei fossi eseguiti per la messa a dimora di essenze arboree ed arbustive.

La terra apportata, con caratteristiche simili a quelle dei terreni autoctoni, dovrà essere di medio impasto, priva di pietre, detriti, erbe infestanti, tronchi, rami, radici e loro parti che possano ostacolare le successive lavorazioni agronomiche del terreno, dovrà risultare a reazione chimica idonea (pH 6.5-7.5), sufficientemente dotata di sostanza organica (mai inferiore a 1.5%) e non dovrà presentare agenti patogeni o sostanze tossiche per le piante. Si avrà cura, inoltre, di frantumare tutte le zolle e gli ammassi di terra e di verificare che la quantità di scheletro con diametro maggiore di mm 2,0 non ecceda il 25% del volume totale. In alternativa, e quando possibile, si potrà procedere all'impiego di terriccio humizzato atto alla formazione di un substrato idoneo all'attecchimento ed alla vita delle piante.

L'Appaltatore prima di effettuare il prelevamento e/o la fornitura della terra, dovrà darne avviso alla Direzione Lavori affinché possano venire prelevati campioni da inviare ad una stazione di chimica agraria riconosciuta, che provvederà ad analizzare i campioni al fine di certificare l'idoneità del materiale all'impiego previsto dal progetto.

I tipi di terreno utilizzabili per i lavori oggetto del presente Capitolato sono:

- Terreno vegetale messo in opera per uno strato di cm 30, proveniente da strato colturale attivo privo di radici e di erbe infestanti permanenti, di ciottoli, cocci, etc.
- Terriccio speciale humizzato messo in opera per uno strato di cm 30, composto dal 30% di sostanza organica e dal 70% di terricci vari vagliati e macinati, solo qualora non sia possibile l'impiego del materiale accantonato in fase di scotico nell'ambito del cantiere.

### **C.2 Posa in opera del suolo umico**





Il materiale di scotico asportato ed accumulato in precedenza, eventualmente integrato da terreno vegetale di altra provenienza e medesime caratteristiche dovrà essere poi steso sopra il materiale di riempimento.

Prima della posa in opera del terreno vegetale si dovrà prevedere una lavorazione superficiale dello strato precedentemente messo in opera, tramite rippatura per una profondità di 30 cm, al fine di incrementare la capacità idrica e migliorare le caratteristiche di permeabilità ed areazione del substrato. Tale lavorazione preliminare dovrà essere eseguita nel periodo estivo-autunnale antecedente a quello previsto per la messa a dimora delle essenze vegetali in modo da permettere al terreno di assestarsi e di innestare i processi di pedogenesi a maggiore profondità.

La rippatura lascia il terreno con una zollosità più o meno accentuata. Per l'amminutamento degli strati superficiali, si provvederà con uno o più passaggi dell'erpice frangizolle. La lavorazione dell'erpice consente la formazione di un buon letto di semina, favorendo lo sminuzzamento delle particelle terrose e il loro assestamento, in modo da assicurare un soddisfacente contatto fra terra e seme.

I lavori di preparazione e lavorazione del terreno dovranno essere interrotti in caso di pioggia, onde evitare di danneggiare la struttura del suolo stesso.

Successivamente il terreno vegetale dovrà essere posto in opera, per uno spessore diverso a seconda se il ripristino riguarda aree agricole (in questo caso la potenza del suolo deve essere compresa tra un minimo di 20 cm ed un massimo di 30 cm) o naturali (in questo caso gli spessori sono minori, attestandosi su potenze dell'ordine di 15-20 cm), avendo cura di distribuirlo in maniera uniforme su tutta la superficie interessata dall'intervento e di frantumare eventuali zolle.

Si procederà poi alla lavorazione dei primi 15 cm di terreno, al fine di preparare il letto di semina delle specie erbacee, tramite erpicatura e fresatura, avendo l'accortezza di evitare la formazione di *suole di lavorazione*. Come già detto l'intervento sarà completato attraverso l'idrosemina di una copertura erbacea che dovrà svolgere la funzione di stabilizzazione e trattenimento del suolo, favorendo i processi biologici di riattivazione della fertilità. In tal senso si dovrà prevedere l'utilizzazione di miscugli di sementi di leguminose in dosi non inferiori a 30 g/mq.

### C.3 Acqua

L'Appaltatore dovrà garantire, a sua cura e spese, la disponibilità di acqua idonea in quantità sufficiente per la irrigazione.

Se necessario la fornitura di acqua sarà effettuata mediante autocisterna.

I caratteri fisici dell'acqua che dovranno essere controllati sono:

- temperatura.  
È opportuno evitare l'impiego di acqua con temperatura, in estate inferiore a 15°C o comunque inferiore ai 3/4 di quella dell'aria;
- sostanze in sospensione;
- pH; deve essere compreso fra 6,0 e 7,8;
- detergenti; non devono superare i 14 mg/l.
- salinità;  
la salinità dovrà essere valutata in base al rapporto tra sodio, calcio e magnesio ed alla quantità totale di sali presenti misurata attraverso la conducibilità elettrica dell'acqua.
- L'assenza di metalli pesanti e sostanze tossiche e in generale inquinanti dannosi per la vegetazione e che possono dare luogo a fenomeni di accumulo nei terreni.

È necessario controllare che l'acqua utilizzata per l'irrigazione non contenga fenoli, petrolio e derivati, policloro difenile, acido ftalico e derivati.



I valori dei suddetti parametri dovranno rispondere, comunque, a quanto previsto nelle leggi e nelle norme vigenti al momento dell'impiego delle acque e dovranno essere riportati nei certificati emessi dal laboratorio che effettuerà i prelievi e le analisi chimico-fisiche.

I certificati dovranno essere sottoposti alla approvazione della Direzione Lavori.

#### **C.4 Fertilizzanti**

I fertilizzanti organici e minerali (semplici o complessi) impiegati per la concimazione di fondo o di copertura, dovranno essere di marca nota, avere titolo dichiarato ed essere conservati negli involucri originali di fabbricazione.

La Direzione Lavori, basandosi sulle risultanze delle analisi di laboratorio effettuate sui terreni, si riserverà il diritto di indicare quali fertilizzanti organici e minerali (semplici o complessi) potranno essere impiegati in relazione alle lavorazioni da eseguirsi. Per la concimazione di base, dovranno essere usati, secondo le indicazioni della Direzione Lavori, fertilizzanti minerali e/o organici.

I concimi minerali (semplici, composti, complessi ecc.) devono avere il titolo dichiarato ed essere forniti nell'involucro originale della fabbrica.

I concimi organici (letame, residui organici vari, ecc.) devono essere raccolti presso luoghi o fornitori autorizzati dalla Direzione Lavori: il letame deve aver subito un processo di maturazione di almeno 8 mesi in concimaia, deve essere inodore, non deve emettere liquidi e deve avere l'aspetto di un terriccio.

Le analisi di laboratorio dovranno, infine, confermare le caratteristiche dichiarate e la rispondenza alla funzione ad essi richiesta. Il concime deve essere somministrato immediatamente prima della realizzazione dei prati o della piantagione di essenze arboree o arbustive, sempre che il tipo di concime non richieda un'applicazione anteriore.

Per la somministrazione dei fertilizzanti ci si dovrà attenere alle dosi riportate in etichetta.

Il concime deve essere distribuito uniformemente, evitando in particolare le sovrapposizioni di strisce, nel caso di spandimento a macchina. Le macchine per lo spandimento del concime devono essere caricate esternamente alla superficie da concimare.

Il concime deve essere introdotto uniformemente nello strato di suolo vegetale rispettando i limiti di lavorabilità dei terreni interessati.

##### **1.27.1.1.1 Somministrazione di sostanze correttive e ammendanti**

Nel caso sia necessario effettuare interventi di miglioramento della struttura del suolo con l'aggiunta di sostanze correttive (modifica del pH) e ammendanti (modifica della granulometria), si deve realizzare un uniforme mescolamento con l'intero strato vegetale o rispettivamente con il terreno di base fino alla profondità prevista, rispettando in ogni caso i limiti di lavorabilità del suolo.

Nel caso di suoli grezzi e chiusi, privi o assai poveri di struttura e sostanza organica, si deve intraprendere una precoltivazione con sovescio di leguminose, tendente a migliorare la struttura del suolo, mediante l'attivazione di processi microbiologici, l'arricchimento di sostanza organica o di azoto.

Tutte le confezioni e gli involucri dei prodotti utilizzati dovranno essere immediatamente portati fuori dal cantiere ed eliminati in base alle normative vigenti a cura e spese dell'Appaltatore.

#### **C.5 Fitofarmaci**

Dovranno essere impiegati solamente in caso di accertata necessità ed essere utilizzati in relazione ad una *soglia minima di intervento* che dovrà essere concordata con la Direzione Lavori.

I prodotti da utilizzare (anticrittogamici, insetticidi, diserbanti, ecc.), dovranno essere forniti in contenitori originali e sigillati dalla fabbrica sui quali sia presente l'indicazione della composizione e della classe di tossicità in rispondenza alla vigente normativa in materia.



Sarà compito dell'Appaltatore seguire in modo scrupoloso tutte le norme vigenti in materia di utilizzo, stoccaggio e conservazione dei prodotti ed assicurare un'adeguata protezione dei prodotti residui.

L'impiego di prodotti di I, II e III classe di tossicità sarà subordinato alle prescrizioni delle normative vigenti in materia. Comunque, si cercherà di preferire i prodotti biologici disponibili sul mercato ai prodotti chimici.

### C.6 Materiali accessori

I materiali accessori sono tutti quelli che risultano di complemento e da impiegare per una buona riuscita dei lavori di piantumazione, e cioè: pali di sostegno, sistemi di ancoraggio e di legatura delle piante, prodotti per la cicatrizzazione di ferite accidentali provocate a tessuti corticali di alberi, pacciamature, ogni altro substrato di coltivazione da utilizzarsi da solo o in miscela col terreno, e quanto altro ancora necessario.

Detti materiali debbono possedere i requisiti utili alla loro maggiore efficacia, in relazione all'impiego che ne verrà fatto. In particolare:

- i sistemi utilizzati per l'ancoraggio e per il completamento di interventi di dendrochirurgia agli alberi, devono essere esenti da difetti che possano comprometterne l'efficacia e la sicurezza nel tempo, e devono essere messi in opera con la massima attenzione ad evitare danni alle piante stesse: a questo proposito sono sempre da evitare ancoraggi e legature che non consentano il naturale assestamento e la crescita della pianta;
- i prodotti cicatrizzanti devono essere impiegati seguendo le specifiche prescrizioni del produttore;
- i materiali per la "pacciamatura", se provenienti da residui vegetali (paglie, cortecce), nonché, i substrati di coltivazione (quali ad es. torbe e terricci ricchi di sostanza organica), debbono presentarsi in confezioni sigillate con indicazione del produttore, della provenienza, e delle informazioni necessarie al loro impiego.

### C.7 Materiale vegetale

Per materiale vegetale si intende tutto il materiale vivo (specie arboree, arbustive, tappezzanti, sementi, materiale di propagazione in genere, ecc.) occorrente per l'esecuzione delle lavorazioni di sistemazione a verde.

Il materiale vegetale e di propagazione verrà raccolto in loco e/o fornito da un vivaista specializzato che garantirà:

- la provenienza da aree prossime al corridoio di progetto o altre dove gli assetti ecologici, climatici, geolitologici, idraulici e pedologici sono affini a quelli di impianto
- la provenienza da aree esterne a zone tutelate, e da habitat non di interesse conservazionistico
- che il prelievo sia stato eseguito in habitat resilienti e in misura tale da non depauperare il patrimonio biologico di tali aree;
- le elevate attitudini biotecniche

Sarà compito dell'Appaltatore dare comunicazione alla Direzione Lavori, della data in cui il materiale vivaistico verrà trasportato di cantiere.

Il materiale dovrà provenire da uno o più Aziende vivaistiche indicate dall'Appaltatore ed accettate dalla Direzione Lavori che effettuerà sopralluoghi presso i vivai di provenienza allo scopo di scegliere gli esemplari di migliore aspetto; la Direzione Lavori si riserverà, la facoltà di scartare tutte quelle essenze non conformi per morfologia, portamento e fisiologia alle esigenze progettuali e, comunque, non idonee alla realizzazione delle sistemazioni a verde da realizzare.

Le strutture vivaistiche dovranno essere geograficamente dislocate in zone prossime o comunque assimilabili da un punto di vista fitoclimatico a quelle di impianto, al fine di garantire la piena adattabilità del materiale vivaistico fornito alle caratteristiche pedologiche e climatiche delle aree di progetto.



Gli esemplari forniti dovranno esser esenti da malattie crittogamiche, virus ed altri agenti patogeni, da attacchi parassitari (in corso o passati), da deformazioni ed alterazioni di qualsiasi natura che possano compromettere il regolare sviluppo vegetativo ed il portamento tipico della specie, varietà o cultivar.

Le essenze dovranno essere etichettate singolarmente o per gruppi omogenei, con cartellini in materiale plastico ove sia riportato, in modo leggibile ed indelebile, il nome botanico (genere, specie, cultivar) e la località di provenienza facendo attenzione che la loro apposizione non pregiudichi il normale sviluppo delle piante.

Il trasporto di tutte le essenze sarà a cura e spese dell'Appaltatore che dovrà adottare tutte le misure necessarie affinché le essenze prescelte possano giungere sui luoghi stabiliti in condizione di massima efficienza e senza subire alcun danno.

L'Appaltatore dovrà accertarsi che il trasferimento venga effettuato con mezzi, sistemi di protezione e modalità di carico idonei ponendo particolare attenzione affinché rami e corteccia non subiscano danni e che le zolle di terra non si essicchino o si frantumino a seguito di sobbalzi o per il peso di materiali sovrastanti.

Il tempo intercorrente tra il prelievo in vivaio e la messa a dimora definitiva dovrà essere il più breve possibile e comunque tale da non compromettere l'attività fisiologica delle essenze.

La verifica della conformità delle specie e delle varietà delle essenze messe a dimora con quanto previsto in sede progettuale sarà effettuata al più tardi nel corso del primo periodo vegetativo che seguirà l'impianto.

#### C.7.1 Tappeto erboso

Preferibilmente verrà utilizzato fiorume locale o sementi selezionate da specie autoctone e raccolte in prossimità delle aree di impianto.

La formazione del tappeto erboso dovrà essere effettuata con semina a spaglio o meccanica (idrosemina) di seme, secondo le caratteristiche plano-altimetriche del sito e secondo quanto previsto dagli elaborati progettuali.

La semina dovrà essere effettuata previa adeguata preparazione del letto di semina mediante lavorazione del terreno con l'impiego di mezzi meccanici fino alla profondità di cm.20, asporto di eventuali materiali di risulta presenti nel terreno o possibile reinterro di corpi pietrosi, eventuale apporto di terriccio humizzato, concimazione presemina, spandimento manuale o meccanico di adeguato miscuglio di graminacee e leguminose, rastrellatura di copertura del seme, rullatura.

Sarà cura dell'Appaltatore fornire sementi selezionate, di ottima qualità e rispondenti per genere, specie e percentuali a quanto indicato negli elaborati progettuali.

La fornitura dovrà avvenire in confezioni originali, munite di certificazioni di identità ed autenticità e recanti l'indicazione del grado di purezza e di germinabilità e della data sia di confezionamento che di scadenza, così come stabilito dalle normative vigenti.

Allo scopo di evitare possibili alterazioni o deterioramenti delle sementi, l'Appaltatore dovrà provvedere al loro immagazzinamento, fino alla data di seminazione, in locali freschi e privi di umidità.

Il miscuglio dovrà rispondere alle indicazioni progettuali o, in casi particolari, dovrà avvenire secondo le indicazioni della Direzione Lavori.

La scelta e la formulazione di miscugli non disponibili in commercio, dovrà essere concordata ed avvenire alla presenza della Direzione Lavori.

La Direzione Lavori verificherà l'attecchimento e la omogeneità e continuità del tappeto erboso dopo il secondo taglio che sarà eseguito a cura e spese dell'Appaltatore.

#### C.7.2 Specie a portamento arboreo

Gli esemplari arborei di fornitura dovranno presentare portamento e dimensioni rispondenti alle esigenze progettuali e tipici della specie, della varietà e dell'età al momento della loro messa a dimora; dovranno, inoltre, essere state specificatamente allevate in funzione dell'impiego previsto (alberature stradali, filari, esemplari isolati od a gruppi, ecc.).



Le essenze dovranno essere caratterizzate da una parte aerea a portamento e forma regolari, da uno sviluppo robusto e non filato che dimostri una crescita non troppo rapida a seguito di una eccessiva densità di coltivazione in vivaio o a causa di un terreno troppo irrigato o concimato.

Il fusto e le branche principali dovranno essere esenti da deformazioni, capitozzature, ferite di qualsiasi origine e tipo, grosse cicatrici o segni conseguenti ad urti, grandine, scortecciamenti, legature, ustioni conseguenti ad esposizione al sole, cause meccaniche in genere.

La chioma dovrà presentarsi ben ramificata, uniforme ed equilibrata per simmetria e per distribuzione delle branche principali e secondarie.

L'apparato radicale dovrà presentarsi sempre ben accestito, ricco di piccole ramificazioni e di radici capillari fresche e sane, e dovrà essere racchiuso in zolla rivestita (juta, rete metallica, fitocella, plant-plast, air-plant ecc.) proporzionata in funzione delle dimensioni delle essenze.

Le piante non dovranno mostrare i sintomi di attacchi parassitari in corso o passati.

Le zolle dovranno essere imballate con apposito involucro degradabile (juta, teli di plastica, ecc.) e rinforzato; nel caso in cui le piante superino i 3-4 metri di altezza, alla zolla dovrà essere applicata una rete metallica ossidabile di protezione, la terra dovrà presentarsi ben compatta, aderente alle radici, priva di crepe evidenti e dovrà presentare una struttura ed una tessitura tali da non determinare condizioni di asfissia.

Il diametro del fusto indicato negli elaborati progettuali dovrà essere misurato a m 1,00 dal colletto, l'altezza dovrà essere proporzionata al diametro sia della chioma che del fusto, secondo le caratteristiche della specie.

Ogni essenza arborea dovrà essere stata sottoposta, in vivaio, ad almeno due trapianti l'ultimo dei quali dovrà essere stato eseguito nel periodo precedente gli ultimi tre cicli vegetativi.

Nella fornitura dovrà essere compreso:

- lo scavo delle buche che dovranno essere dimensionate in rapporto alle dimensioni, alle caratteristiche ed alle esigenze delle specie prescelte;
- la formazione del drenaggio con ciottoli di fiume o pietrame;
- la concimazione di fondo con letame ben maturo miscelato a terreno vegetale ed a sabbia di fiume;
- la messa a dimora delle essenze;
- il reinterro;
- l'allontanamento dei materiali di risulta, la fertilizzazione organica o minerale;
- la tutorazione con pali di pino silvestre trattati a pressione, picchetti di ancoraggio del medesimo materiale e cinghie di plastica ad occhielli;
- la formazione della conca o tazza;
- la prima annaffiatura;
- la garanzia di attecchimento con relativa manutenzione per mesi 24 (ventiquattro) comprensiva delle annaffiature, delle eventuali potature di allevamento, dei trattamenti fitosanitari, delle concimazioni e della sostituzione delle piante devitalizzate.

La prima annaffiatura delle piante deve avvenire tassativamente entro il giorno successivo alla loro messa a dimora.

Le essenze fornite a radice nuda, andranno trapiantate esclusivamente nei mesi invernali e dovranno presentare un numero adeguato di radici principali e secondarie: la loro messa a dimora dovrà avvenire nel giro di 2-3 giorni dalla loro preparazione, avendo cura di mantenere il colletto fuori dal terreno.





Le essenze fornite in zolla devono anch'esse essere messe a dimora entro 2-3 giorni dalla loro zollatura, che dovrà essere avvenuta nel periodo più idoneo che può variare a seconda delle specie dalla stagione invernale (specie caducifoglie) alla tarda primavera (specie sempreverdi, conifere e palmacee).

Particolare cura si dovrà porre durante le operazioni di messa a dimora nel non rovinare o rompere in alcun modo le zolle: in caso contrario, l'Appaltatore dovrà sostituire immediatamente la pianta o le piante le cui zolle avessero subito danni.

Nel caso non fosse possibile, per qualunque ragione, l'immediata messa a dimora delle essenze, l'Appaltatore dovrà, a sue spese, immagazzinare le piante in cantiere avendo cura di proteggere le zolle e le radici coprendole con terreno sciolto ed irrigando di tanto in tanto per impedirne un'eccessiva disidratazione. Non appena saranno venuti meno gli impedimenti, l'Appaltatore procederà all'immediata messa a dimora delle piante. In ogni caso, restano fermi gli obblighi dell'Appaltatore rispetto alla garanzia di attecchimento.

Le piante fornite in contenitore, possono rimanere immagazzinate in cantiere per brevi periodi, a patto che l'Appaltatore, a sue spese, proceda alla loro manutenzione, in particolare irrigandole secondo necessità e secondo andamento stagionale. Queste piante dovranno presentare un apparato radicale ben sviluppato, che abbia "girato" attorno al pane di terra, ricco di radici capillari, privo di malformazioni e senza strozzature dovute ad un periodo troppo lungo di permanenza nel medesimo contenitore.

Per quanto riguarda le piante allevate per lungo tempo in vaso interrato, queste potranno essere trapiantate esclusivamente durante i mesi invernali.

In ogni caso la Direzione Lavori si riserva di accettare forniture che, a Suo insindacabile giudizio, risultassero non rispondenti ai requisiti richiesti.

### C.7.3 Specie a portamento arbustivo

Le specie arbustive dovranno presentare chiome equilibrate ed uniformi, dovranno essere caratterizzate, qualunque siano le caratteristiche specifiche (la foglia decidua o sempreverdi) dalla presenza di almeno tre fusti a partire dal colletto, da un portamento non filato e da un apparato radicale ricco di piccole ramificazioni e di radici capillari fresche e sane.

Le essenze dovranno essere racchiuse in appositi contenitori (Plant-Plast, Airplant, ecc.) o in zolle che presentino caratteristiche simili a quanto descritto in relazione alle essenze arboree.

I contenitori dovranno essere proporzionati alle dimensioni delle essenze e tali da consentire un adeguato sviluppo dell'apparato radicale con spiccato geotropismo positivo.

Nella fornitura dovrà essere compreso:

- lo scavo delle buche di dimensioni minime di m 0,50 x m 0,50 x m 0,70 e comunque non inferiori al doppio del diametro della zolla della pianta, la formazione del drenaggio con ciottoli di fiume o pietrame;
- la concimazione di fondo con letame ben maturo miscelato a terreno vegetale e sabbia di fiume;
- la messa a dimora delle essenze;
- il reinterro;
- l'allontanamento dei materiali di risulta, la fertilizzazione organica o minerale;
- l'eventuale tutorazione con pali di pino silvestre trattati in autoclave, picchetti di ancoraggio del medesimo materiale e cinghie di plastica ad occhielli;
- la formazione della conca o tazza;
- la prima annaffiatura;



- la garanzia di attecchimento con relativa manutenzione per mesi 12 (dodici) comprensiva delle annaffiature, delle eventuali potature di allevamento, dei trattamenti fitosanitari, delle concimazioni e della sostituzione delle piante devitalizzate.

La prima annaffiatura delle piante deve avvenire tassativamente entro il giorno successivo alla loro messa a dimora.

Gli esemplari forniti in zolla devono anch'essi essere messe a dimora entro 2-3 giorni dalla loro zollatura, che dovrà essere avvenuta nel periodo più idoneo che può variare a seconda delle specie della stagione invernale (specie caducifoglie) alla tarda primavera (specie sempreverdi, conifere e palmacee).

Particolare cura si dovrà porre durante le operazioni di messa a dimora nel non rovinare o rompere in alcun modo le zolle: in caso contrario, l'Appaltatore dovrà sostituire immediatamente la pianta o le piante le cui zolle avessero subito danni.

Nel caso non fosse possibile, per qualunque ragione, l'immediata messa a dimora delle suddette essenze, l'Appaltatore dovrà, a sue spese, immagazzinare le piante in cantiere avendo cura di proteggere le zolle e le radici coprendole con terreno sciolto ed irrigando di tanto in tanto per impedire un'eccessiva disidratazione. Non appena saranno venuti meno gli impedimenti, l'Appaltatore procederà all'immediata messa a dimora delle piante. In ogni caso, restano fermi gli obblighi dell'Appaltatore rispetto alla garanzia di attecchimento.

Le piante fornite in contenitore, possono rimanere immagazzinate in cantiere per brevi periodi, a patto che l'Appaltatore, a sue spese, proceda alla loro manutenzione, in particolare irrigandole secondo necessità e secondo l'andamento stagionale. Queste piante dovranno presentare un apparato radicale ben sviluppato, che abbia "girato" attorno al pane di terra, ricco di radici capillari, privo di malformazioni e senza strozzature dovute ad un periodo troppo lungo di permanenza nel medesimo contenitore.

Per quanto riguarda le piante allevate per lungo tempo in vaso interrato, queste potranno essere trapiantate esclusivamente durante i mesi invernali.

In ogni caso la Direzione Lavori si riserva di accettare forniture che, a Suo insindacabile giudizio, risultassero non rispondenti ai requisiti richiesti.

#### C.7.4 Specie tappezzanti

Le specie tappezzanti dovranno essere fornite in vaso o fitocella o a radice nuda (purché di giovane età e di limitate dimensioni) attenendosi a quanto indicato dagli elaborati progettuali; nel caso di fornitura in contenitore le radici dovranno essere pienamente compenstrate nel substrato di coltura e senza fuoriuscita dal contenitore stesso.

Le essenze dovranno essere caratterizzate da un portamento basso e/o strisciante, dovranno presentarsi compatte ed espanse, essere esenti da malattie ed avere un apparato radicale sano e conformato, dovranno, inoltre, presentare una buona capacità di copertura che sarà garantita sia dalla presenza di ramificazioni uniformi che da una elevata densità di impianto.

Nella fornitura dovranno essere compresi:

- la lavorazione del terreno fino ad una profondità di almeno 40 cm;
- lo scavo delle buche di dimensioni minime di m 0,20 x m 0,20 x m 0,30 e comunque di diametro e profondità almeno doppi rispetto alle dimensioni della zolla delle piante;
- la formazione del drenaggio con ciottoli di fiume o pietrame;
- la concimazione di fondo con letame ben maturo miscelato a terreno vegetale e sabbia di fiume;
- la messa a dimora delle essenze;
- il reinterro;
- la potatura di formazione;
- la fertilizzazione organica o minerale;



- l'allontanamento dei materiali di risulta;
- la prima innaffiatura;
- la garanzia di attecchimento con relativa manutenzione per mesi 12 (dodici) comprensiva delle annaffiature, delle eventuali potature di allevamento, dei trattamenti fitosanitari, delle concimazioni e della sostituzione delle piante devitalizzate.

La prima annaffiatura delle piante deve avvenire tassativamente entro il giorno successivo alla loro messa a dimora.

In ogni caso la Direzione Lavori si riserva di accettare forniture che, a Suo insindacabile giudizio, risultassero non rispondenti ai requisiti richiesti.

#### **C.7.5 Sementi**

La fornitura di sementi da parte dell'Impresa dovrà avvenire nel rispetto delle normative vigenti in materia, statali e comunitarie, ed in particolare impiegando materiale rispondente alle disposizioni descritte nella Legge 25 novembre 1971, n. 1096, Legge 20 aprile 1976, n. 195, DPR 8 ottobre 1973, n. 1065 oltre eventuali Leggi e regolamenti regionali.

I prodotti scelti si dovranno presentare in contenitori sigillati muniti delle certificazioni richieste dalle normative citate, e dovranno riportare indicazioni su:

- specie;
- grado di purezza;
- germinabilità;
- date di confezionamento e di scadenza delle sementi.

Sono da evitare le forniture di sementi sfuse non controllabili riguardo agli elementi indicati.

Eventuali mescolanze tra le sementi per adeguarsi alle specifiche di progetto, dovranno sempre partire da specie pure e rispettare le percentuali fissate (in genere in termini di peso).

### **D Prescrizioni tecniche di inizio lavori**

#### **D.1 Sopralluoghi e accertamenti preliminari**

Prima di procedere alla installazione del cantiere, l'Impresa appaltatrice, coadiuvata da Tecnici all'uopo nominati dall'Appaltante, dovrà procedere ad effettuare un sopralluogo accurato alle aree oggetto degli interventi.

Il sopralluogo dovrà consentire di verificare preliminarmente gli ambiti fisici di lavoro (con eventuale individuazione, tramite segni grafici cancellabili, di particolari punti nelle infrastrutture edilizie o di urbanizzazione primaria, che possono risultare di riferimento per l'agevolazione del lavoro), e di accertare le aree soggette a misure di salvaguardia o di particolare tutela (paragrafo seguente).

#### **D.2 Rilievo, inventario e misure di salvaguardia delle piante esistenti**

Come evidenziato al termine del paragrafo precedente, l'Impresa e l'ente appaltante hanno il compito di individuare ed inventariare tutti gli ambiti naturali o le singole piante soggetti a tutela durante l'esecuzione dei lavori.

Sono a carico dell'Impresa le misure di salvaguardia relative agli ambiti precedentemente e consensualmente individuati.

#### **D.3 Norme di sicurezza - equipaggiamento del personale**

Tutti i lavori oggetto del presente appalto dovranno essere condotti nel rispetto delle norme generali di sicurezza. A tale proposito l'Impresa appaltatrice dovrà dimostrare:

1. di avere provveduto, in ottemperanza ai contenuti del D.Lgs. 626/94, alla nomina di un Responsabile interno addetto alla sicurezza;

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:

DP INGENNERIA SRL  
Società di Ingegneria Civile  
info@dpingegneria.com - www.dpingegneria.com  
Viale San Concordio, 1160 - 55100 LUCCA  
Tel.: 0583 381194 - P.IVA: 0248862468

Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing. S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
Salvatore  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

201



2. di avere in dotazione per il personale impiegato, in relazione alle varie mansioni, il necessario equipaggiamento protettivo (caschi, tute, guanti e stivali rinforzati, ecc.);
3. di averne addestrato all'impiego il personale citato;
4. di avere a disposizione, per l'esecuzione dei lavori, mezzi e attrezzature moderne, controllate e collaudate;
5. di avere disposto, quando se ne ravvisi la necessità a favore del personale impiegato in mansioni particolarmente rischiose per l'incolumità fisica, una forma di assicurazione integrativa.

**D.4 Limitazioni alla circolazione pedonale e veicolare - segnaletica**

Nel caso in cui si debba procedere ad effettuare limitazioni alla circolazione pedonale, l'Impresa dovrà predisporre l'installazione dell'idonea cartellonistica di segnalazione di pericolo, nonché, di tutti gli elementi infrastrutturali, come passerelle, eventualmente necessari.

Nel caso in cui si debba procedere ad una limitazione della circolazione veicolare pubblica, l'Impresa appaltatrice, oltre agli obblighi di idonea segnalazione previsti, ha il compito di assicurare, tramite il collegamento diretto e coordinato con gli organi pubblici di vigilanza (p. es. tramite il servizio di Polizia Municipale), il mantenimento di un sufficiente livello di flusso veicolare, in relazione alle varie condizioni di traffico.

Tutti i segnali adottati dovranno essere rigorosamente conformi a tipi e dimensioni prescritti dal regolamento di esecuzione del codice della strada, e a quanto richiesto dalle Circolari del Ministero Lavori Pubblici.

**E Prescrizioni per l'esecuzione dei lavori****E.1 Lavorazioni preliminari**

L'Appaltatore dovrà procedere alle lavorazioni del terreno attraverso l'impiego di mezzi meccanici ed attrezzature specifiche secondo le caratteristiche di lavorazione previste in fase progettuale.

Nel corso di tali lavorazioni tutti i sassi e le pietre dovranno essere interrati attraverso l'uso di idoneo interrassassi e gli eventuali ostacoli sotterranei che potrebbero impedire la corretta esecuzione delle specifiche lavorazioni dovranno essere rimossi. Le lavorazioni dovranno essere effettuate esclusivamente con terreno "in tempera".

Nel caso in cui si riscontrassero ostacoli naturali di rilevanti dimensioni difficilmente rimovibili oppure manufatti sotterranei di qualsiasi natura non segnalati negli elaborati progettuali (cavi, fognature, tubazioni, ecc.) l'Appaltatore dovrà tempestivamente interrompere i lavori e chiedere specifiche istruzioni alla Direzione Lavori.

Durante la lavorazione l'Appaltatore dovrà aver cura di non danneggiare la vegetazione arbustiva ed arborea esistente.

Ogni danno conseguente alla mancata osservanza di queste norme dovrà essere riparato o risarcito a cura e spese dell'Appaltatore.

**E.2 Ammendamento o fertilizzazione di fondo del terreno. impiego di fitofarmaci e diserbanti**

Dopo aver effettuato le specifiche lavorazioni preliminari, l'Appaltatore dovrà procedere ad incorporare nel terreno tutte le sostanze eventualmente necessarie ad ottenere la correzione, l'ammendamento e la fertilizzazione di fondo dello stesso, dovrà inoltre procedere alla eventuale somministrazione di fitofarmaci e/o di diserbanti.

I trattamenti previsti attraverso l'impiego di prodotti fitofarmaci e/o diserbanti, dovranno essere eseguiti tempestivamente e da personale specializzato che dovrà attenersi per il loro impiego alle istruzioni impartite dalla casa produttrice ed alle normative vigenti in materia, sempre sotto il diretto controllo della Direzione Lavori.

Nel caso fosse necessario ricorrere a prodotti fitosanitari di I e II classe, il personale dovrà essere munito di idonea autorizzazione rilasciata dagli Organi Competenti.

L'Appaltatore dovrà adottare tutte le misure preventive atte ad evitare danni alle persone ed alle cose.



### **E.3 Tracciamenti e picchettature**

Prima della messa a dimora delle essenze e dopo aver provveduto a tutte le operazioni di preparazione agraria del terreno, l'Appaltatore dovrà procedere a segnare con picchetti l'esatta collocazione di ciascuna essenza ed a tracciare l'andamento delle siepi e dei filari.

Non potranno essere iniziate le lavorazioni successive prima che la Direzione Lavori abbia approvato la picchettatura.

### **E.4 Preparazione delle buche e dei fossi**

Buche di piantumazione per alberi e arbusti dovranno essere predisposte smovendo e asportando il terreno sino alla profondità necessaria

Le buche ed i fossi necessari alla piantumazione delle specie vegetali, dovranno presentare dimensioni in rapporto alla grandezza delle essenze da mettere a dimora, ovvero circa il doppio del diametro e dell'altezza delle zolle delle piante. Inoltre, a titolo di prescrizione generale, la profondità di scavo dovrà consentire una messa a dimora delle piante in modo che il livello uniforme di progetto del terreno e il colletto dei fusti si trovino alla stessa quota.

Se avviene una piantumazione di alberi di grandi dimensioni forniti ex novo in zolla da vivaio, per dimensionare adeguatamente le buche andranno considerati: lo spazio per il loro ingombro, la necessità di agevolare il naturale assestamento delle piante sotto il suo peso e la possibilità di apportarvi un conveniente strato di ghiaia drenante, terriccio, concime organico, ecc.

Se verranno messe a dimora piante arboree e arbustive a radice nuda, le dimensioni della buca dovranno permettere un ordinato ed agevole collocamento degli apparati radicali, che non devono essere danneggiati.

Nel caso di terreni argillosi, le superfici di scavo non dovranno presentare superfici lisce, "a specchio", ma dovranno essere scalfite e rimosse con vanga o zappa, per consentire alle future radici di penetrare meglio nel terreno.

Dette operazioni devono essere effettuate su terreno "in tempera".

Se le piante verranno messe a dimora in tempi successivi oppure, qualora già scavate le buche, le piantumazioni dovranno essere differite, ad evitare pericoli per l'incolumità di persone e mezzi, l'Appaltatore dovrà ricolmare le buche con la stessa terra, avendo cura di invertire gli strati e di non costiparla.

Tutto il materiale proveniente dalle operazioni di scavo, se non riutilizzato o non ritenuto idoneo a giudizio della Direzione Lavori, dovrà essere allontanato dall'area di cantiere e trasportato alla pubblica discarica o su aree autorizzate allo scopo.

Durante l'esecuzione degli scavi l'Impresa dovrà porre la massima attenzione all'eventuale presenza di cavi e tubazioni sotterranee, interrompendo i lavori e informandone, in caso positivo, la Direzione Lavori, con la quale si concorderanno la migliore collocazione delle piante e gli altri interventi necessari. L'Appaltatore dovrà inoltre assicurarsi che nell'area in cui le essenze svilupperanno gli apparati radicali non siano presenti ristagni di umidità e dovrà provvedere affinché lo scolo delle acque superficiali avvenga in maniera corretta.

### **E.5 Apporto di terra di coltivo**

Prima di procedere a qualsiasi operazione di impianto o di semina, l'Appaltatore, in accordo con la Direzione Lavori, dovrà verificare che il terreno presente abbia caratteristiche idonee alle piantumazioni da eseguire; in caso contrario si dovrà provvedere all'apporto di terra di coltivo in quantità sufficiente alla formazione di uno strato di spessore adeguato per i diversi impianti da effettuare, ed al riempimento delle buche e dei fossi realizzati per la piantumazione di alberi ed arbusti, curando che vengano frantumate tutte le zolle e gli ammassi di terra.

Il terreno di nuova fornitura, di medio impasto, dovrà esser privo di materiali grossolani quali pietre, radici, etc. e dovrà provenire esclusivamente da sbancamenti superficiali, fino ad un massimo di cm.20 di profondità.

La terra di coltivo rimossa ed accantonata durante le operazioni preliminari di scavo (vedi paragrafo 1.7) sarà utilizzata, in accordo con la Direzione Lavori, insieme a quella apportata.

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:

DP INGENNERIA SRL  
Società di Ingegneria Civile  
info@dpingegneria.com www.dpingegneria.com  
Viale San Concordio, 1160 - 55100 LUCCA  
Tel. 0583 381194 - P.IVA. 0248842468

Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing. S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
Salvatore  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

203





## **E.6 Preparazione del terreno per la realizzazione di tappeti erbosi**

Per una corretta preparazione del terreno destinato alla formazione di tappeto erboso, l'Appaltatore dovrà eseguire una pulizia delle aree provvedendo alla rimozione di tutti i materiali che possono compromettere la formazione di un letto di terra di coltivo fine ed uniforme.

Dopo aver provveduto alle operazioni descritte ai paragrafi 1.18 ed 1.19, il terreno dovrà essere livellato e rastrellato allo scopo di eliminare qualsiasi ondulazione, buca od avvallamento; gli eventuali residui di rastrellatura dovranno essere allontanati tempestivamente dall'area di cantiere.

Dette operazioni devono essere sempre effettuate con terreno *in tempera*.

## **E.7 Messa a dimora degli esemplari**

L'Appaltatore, prima della messa a dimora delle essenze, dopo aver provveduto all'esecuzione di tutte le operazioni atte a garantire il regolare smaltimento delle acque, dovrà eseguire una lavorazione del terreno consistente in un'aratura a profondità variabile in funzione della tipologia di impianto, in un'erpatura ripetuta fino al completo sminuzzamento o, su superfici di limitate estensioni, in una vangatura, avendo cura in ogni caso di eliminare sassi, pietre o materiali che possano impedire una corretta esecuzione dei lavori.

In occasione delle lavorazioni di preparazione, da effettuarsi sempre su terreno "in tempera", prima della messa a dimora delle essenze, saranno effettuate, a cura e spese dell'Appaltatore, opportune analisi chimiche del terreno sulla base delle quali la Direzione Lavori potrà procedere all'approvazione della composizione e delle quantità dei prodotti utilizzabili per la realizzazione di una concimazione di fondo da effettuarsi attraverso la somministrazione di idonei fertilizzanti minerali e/o organici.

Oltre alla fertilizzazione di preimpianto, l'Appaltatore dovrà anche effettuare opportune fertilizzazioni in copertura, secondo le indicazioni della Direzione Lavori.

Le buche od i fossi necessari per la messa a dimora delle essenze dovranno essere predisposte prima dell'arrivo delle essenze vegetali e presentare dimensioni il più ampie possibili in rapporto alle dimensioni delle essenze da piantumare e, comunque, con larghezza e profondità pari almeno a due volte il diametro della zolla.

Durante l'esecuzione delle lavorazioni necessarie alla preparazione delle buche e dei fossi l'Appaltatore dovrà assicurarsi che non siano presenti ristagni d'acqua in corrispondenza delle aree di sviluppo delle radici, in caso contrario dovrà provvedere a sua cura e spese attraverso l'esecuzione di idonee opere idrauliche (scoli, drenaggi).

Nel caso in cui, dopo la preparazione delle buche e dei fossi, il terreno non si presenti idoneo all'impianto da effettuare l'Appaltatore, in accordo con la Direzione Lavori, dovrà procedere alla realizzazione di un opportuno substrato di coltivazione.

Prima della messa a dimora delle essenze, la buca dovrà essere parzialmente riempita in modo tale che le essenze possano essere collocate su di uno stato di fondo di spessore adeguato alle dimensioni sia della zolla che dell'apparato radicale delle diverse specie, costituito da un vespaio di ciottoli di fiume o pietrame di diversa granulometria ricoperto da uno strato di terreno vegetale misto a letame ben maturo e sabbia di fiume in parti uguali.

Una volta messe a dimora le essenze, ben dritte, si potrà procedere al riempimento delle buche avendo cura di costipare bene il terreno contro le zolle sia sul fondo che di lato, in modo che non rimangano sacche di terra che potrebbero favorire l'insorgenza di patologie radicali. Si dovrà inoltre avere cura che le essenze non presentino radici allo scoperto né risultino, una volta assestatosi il terreno, interrare al livello del colletto. Tutte queste operazioni andranno effettuate senza danneggiare le zolle o gli apparati radicali delle piante.

A giudizio della DIREZIONE LAVORI, prima del riempimento definitivo della buca, le alberature che abbiano bisogno di sostegno dovranno essere rese stabili tramite l'utilizzo di pali di sostegno, ancoraggi o legature eseguiti in modo da evitare danni alle piante. In ogni caso il collegamento tra la pianta ed i sostegni andrà realizzato a regola d'arte attraverso l'impiego di opportuni sistemi di protezione del tronco che tengano conto del successivo sviluppo dell'essenza.



Dopo aver provveduto al riempimento totale delle buche, attorno alla base delle essenze dovranno essere realizzate opportune conche di irrigazione allo scopo di favorire la bagnatura della zolla; si procederà, inoltre, entro il giorno successivo alla messa dimora, ad effettuare un primo annaffiamento che favorirà la ripresa della pianta e faciliterà il costipamento e l'assestamento della terra di coltivo attorno alle radici ed alle zolle.

Sarà cura e onere dell'Appaltatore, nel caso in cui in seguito all'annaffiatura si aprissero buche o avvallamenti nelle conche, di riportare altro terreno vegetale al fine di ripristinare la situazione ottimale.

Infine, in particolare per quelle essenze che saranno fornite a radice nuda o in zolla, potrà essere opportuno, in accordo con la Direzione Lavori, effettuare una leggera potatura o spuntatura dei rami, a seconda delle specie, del periodo dell'anno e dell'andamento stagionale; detta potatura dovrà essere più forte sulle piante fornite a radice nuda, per riequilibrare la chioma all'apparato radicale residuo. In seguito alle potature si dovrà procedere, a spese dell'Appaltatore, alla disinfezione dei tagli con prodotti fungistatici ed alla loro protezione con mastici naturali.

La messa a dimora delle essenze arboree ed arbustive, in accordo con la Direzione Lavori, potrà essere effettuata in un periodo dell'anno giudicato idoneo dall'Appaltatore che rimarrà comunque responsabile del buon attecchimento e sarà tenuto alla sostituzione delle fallanze e delle essenze che per qualsiasi ragione non avessero attecchito.

Lo spostamento di alberature in altro sito avverrà con la tecnica dell'incassettamento ovvero operando la preparazione delle zolle nel periodo idoneo (primavera) lasciando le piante nella loro sede con la zolla preparata e racchiusa da una cassa di legno o da una rete metallica a da apposito telo, per poi spostarle durante il successivo periodo invernale.

Questa tecnica consente alla pianta di produrre un buon capillizio radicale all'interno della zolla preparata, sufficiente alla pianta stessa, per l'assorbimento dell'acqua e degli elementi nutritivi nel momento in cui verrà trapiantata e quindi perderà buona parte delle radici profonde o del fittone.

### ***E.8 Messa a dimora delle essenze tappezzanti, erbacee, rampicanti o ricadenti***

La messa a dimora di tali essenze dovrà avvenire dopo la realizzazione di buche e fossi realizzate in funzione delle dimensioni delle zolle o dei contenitori di fornitura.

La preparazione delle buche e le modalità di messa a dimora dovranno essere analoghe a quanto descritto in precedenza.

L'Appaltatore sarà tenuto a completare la piantumazione di essenze rampicanti o ricadenti legandone i getti, dove necessario, ad apposite strutture di sostegno o alle recinzioni previste in fase progettuale, in maniera tale da guidarne lo sviluppo ed ottenere i migliori risultati in relazione agli scopi delle piantumazioni.

### ***E.9 Formazioni del tappeto erboso***

La formazione del tappeto erboso dovrà avvenire dopo la messa a dimora di tutte le essenze (in particolar modo di quelle arboree, arbustive e tappezzanti) e dopo la realizzazione di tutte le opere murarie, delle attrezzature e degli arredi previsti dal progetto.

Dopo aver provveduto alla lavorazione superficiale del terreno, mediante aratura a 30 cm. ed erpicatura incrociata, sempre con terreno "in tempera", si dovrà provvedere all'eliminazione dal terreno, per interrimento meccanico, di tutti i materiali estranei ed i ciottoli eventualmente presenti; successivamente si procederà alla somministrazione di fertilizzanti preseminali ad alto titolo fosforo.

Le quantità e le caratteristiche di tali fertilizzanti verranno concordati di volta in volta con la Direzione Lavori in base alle risultanze delle analisi chimiche del terreno effettuate a cura ed a spese dell'Appaltatore.

La semina dovrà essere effettuata a spaglio manuale, in aree inaccessibili ai mezzi meccanici, o meccanica e dovrà effettuarsi in condizioni stagionali ottimali, l'Appaltatore dovrà, inoltre, provvedere alla risemina in corrispondenza di tutte le aree dove la germinazione non dovesse risultare regolare ed uniforme.

A semina eseguita, dovrà essere effettuata la ricopertura del seme mediante l'utilizzo di rastrelli a mano o di erpici, il terreno dovrà quindi essere rullato in modo leggero con apposita attrezzatura e si dovrà procedere ad una tempestiva irrigazione.



Successivamente verranno somministrati in copertura concimi ad alto titolo di azoto a lenta cessione (titolo indicativo 20-10-10) durante la stagione primaverile e concimi ad alto titolo di potassio (titolo indicativo 10-5-20) durante la stagione autunnale.

La somministrazione dei fertilizzanti dovrà essere effettuata con apposito macchinario manuale o trainato ed il riempimento della tramoggia dovrà svolgersi al di fuori del tappeto erboso, su un'area cementata o pavimentata.

A lavorazioni ultimate ed alla data di collaudo il grado di copertura dovrà risultare a densità uniforme e non dovrà presentare vuoti, non dovrà riscontrarsi la presenza di erbe infestanti o sassi superiore ai limiti di tolleranza, il tappeto erboso dovrà essere esente da malattie e non dovranno riscontrarsi avvallamenti dovuti all'assestamento del terreno o ad altre cause.

### ***E.10 Formazione del fragmiteto***

La sistemazione prevede la costruzione di un canneto monospecifico a *Phragmites australis* ottenuto attraverso la posa di materiale di propagazione, rizomi, di provenienza locale e certificati.

L'impianto verrà realizzato seguendo le indicazioni derivate da

*Guida per il trapianto di canneto e fanerogame acquatiche* (ISPRA 2019)

*Linee guida per la ricostruzione di aree umide per il trattamento di acque superficiali* (ISPRA 2002)

Ai fini della costruzione del fragmiteto, il materiale di propagazione verrà prelevato da zone dove il canneto è ben sviluppato, diradando i prelievi in modo da non depauperare l'area di espianto.

Le zolle, di circa 10-15 cm di lato, saranno prelevate manualmente cercando di mantenere radici e rizomi intatti; la profondità della zolla varierà in funzione della stagione e deve considerare e prevenire, il rischio di disseccamento.

La zolla prelevata, prima del reimpianto, sarà mondata delle parti morte e delle canne troppo sviluppate, alcune verranno lavorate per ricavarne i rizomi, cercando di mantenerne intatta la parte radicale.

Le zolle da trapiantare e/o i rizomi saranno trasportati in giornata presso il sito di trapianto dove verranno messi a dimora in piccole buche poi ricoperte.

Si prevede di eseguire l'impianto in più anni successivi, per patch distanziate tra loro di circa 10 m, mettendo a dimora complessivamente circa 35.000 tra piante in zolla e rizomi.

L'impianto nel sesto della singola patch prevede una distanza di impianto dei rizomi di circa 0,30x0,30 m per circa 11 esemplari al mq posizionando i rizomi ad un'altezza tra -10 e + 10 cm sul livello medio dell'acqua.

Le azioni di trapianto inizieranno in autunno e potranno essere suddivise in più anni, a partire dallo stesso periodo, in modo da creare vari punti di innesco per la propagazione della specie che si avrà per via naturale, per accrescimento dei rizomi e per autosemina.

Nell'ultimo anno disponibile per l'impianto di progetto si interverrà con trapianti mirati nelle aree dove gli attecchimenti avranno avuto minor successo.

Le attività, in tutte le loro fasi e i luoghi di prelievo dovranno essere autorizzati dal Biologo Naturalista in accordo con la Direzione Lavori.

### ***F Manutenzione delle opere a verde***

Per la manutenzione e le pratiche colturali di tutte le opere a verde si rimanda allo specifico elaborato *Piano di manutenzione delle opere a verde*.



## REGIONE TOSCANA

Direzione mobilità, infrastrutture e trasporto pubblico locale  
Settore viabilità regionale ambiti Firenze-Prato e Pistoia

NUOVO PONTE SUL FIUME ARNO E RELATIVI COLLEGAMENTI VIARI TRA LO SVINCOLO DELLA SGC FI-PI-LI DI LASTRA A SIGNA E DI SIGNA  
CIG: 95482064DA - CUP: D91B21005300001

### ***E.11 Prescrizione valutazione previsionale***

Si prescrive che prima dell'installazione del cantiere venga effettuata apposita valutazione previsionale dell'impatto acustico della fase di cantiere, sulla base dei contenuti minimi previsti dalla D.G.R. 21 ottobre 2013 n° 857 e smi.

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:



DP INGENIERIA S.R.L.  
Società di Ingegneria Civile  
info@dpingegneria.com - www.dpingegneria.com  
Via San Concordio, 1160 - 55100 LUCCA  
Tel.: 0583 581194 - P.IVA: 02468624089



Prof. Ing. A. **Marradi** | Prof. Ing S. **Pagliara** | Ing. M. **Ascoli** | Dott. P. **Turin**

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing. W.  
**Salvatore**

Prof. Ing. N.  
**Squeglia**

207





REGIONE  
TOSCANA



## NUOVO PONTE SUL FIUME ARNO E RELATIVI COLLEGAMENTI VIARI TRA LO SVINCOLO DELLA SGC FI-PI-LI DI LASTRA A SIGNA E DI SIGNA

CIG: 95482064DA – CUP: D91B21005300001 – CUI: L01386030488202200023



### PROGETTO DEFINITIVO

### **ALLEGATO 1 – VOCI DI CAPITOLATO**

Rev.00

Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data
Ing. A. Friani	05/06/2023	Prof. Ing. A. Marradi	05/06/2023		

Spicchio-Sovigliana (FI), 05/06/2023



## INDICE

1. Strati di binder realizzati con conglomerati bituminosi tipo gap graded confezionati con bitume modificato mediante l'aggiunta di polimeri sbr/nr secondo processo wet .....	5
1.1. Generalità e definizioni .....	5
1.2. Qualificazione dei materiali .....	5
1.2.1. Aggregati .....	5
1.2.2. Legante .....	6
1.2.3. Additivi .....	7
1.3. Miscela .....	8
1.3.1. Composizione della miscela .....	8
1.3.2. Accettazione della miscela .....	9
1.3.3. Tolleranze sui risultati .....	9
1.4. Esecuzione dei lavori .....	9
1.4.1. Confezionamento della miscela .....	9
1.4.2. Preparazione della superficie di stesa .....	10
1.4.3. Posa in opera della miscela .....	11
1.5. Controlli .....	12
1.5.1. Controllo delle forniture .....	12
1.5.2. Controllo della miscela prelevata al momento della stesa .....	13
1.5.3. Controlli prestazionali sullo strato finito .....	13
2. Manti di usura realizzati con conglomerati bituminosi tipo gap graded confezionati con bitume modificato mediante l'aggiunta di polimeri sbr/nr secondo processo wet .....	15
2.1. Generalità e definizioni .....	15
2.2. Qualificazione dei materiali .....	15
2.2.1. Aggregati .....	15
2.2.2. Legante .....	16
2.2.3. Additivi .....	18
2.3. Miscela .....	18
2.3.1. Composizione della miscela .....	18
2.3.2. Accettazione della miscela .....	19
2.3.3. Tolleranze sui risultati .....	19
2.4. Esecuzione dei lavori .....	19
2.4.1. Confezionamento della miscela .....	19
2.4.2. Preparazione della superficie di stesa .....	20
2.4.3. Posa in opera della miscela .....	21
2.5. Controlli .....	22

2.5.1.	Controllo delle forniture .....	22
2.5.2.	Controllo della miscela prelevata al momento della stesa .....	23
2.5.3.	Controlli prestazionali sullo strato finito .....	23

## Indice delle Tabelle

Tabella 1 – Requisiti aggregato grosso .....	5
Tabella 2 – Requisiti aggregato fine .....	6
Tabella 3 – Requisiti filler .....	6
Tabella 4 – Requisiti granulometrici additivo polimerico SBR/NR .....	7
Tabella 5 – Requisiti del bitume modificato mediante aggiunta di polimeri SBR/NR .....	7
Tabella 6 – Requisiti granulometrici della miscela di aggregati .....	8
Tabella 7 – Requisiti della miscela per strati di binder tipo gap graded .....	8
Tabella 8 – Requisiti meccanici della miscela per strati di binder tipo gap graded .....	8
Tabella 9 – Requisiti di rigidità della miscela per strati di binder tipo gap graded .....	9
Tabella 10 – Requisiti emulsione bituminosa cationica per mano di ancoraggio e di attacco .....	10
Tabella 11 – Requisiti emulsione bituminosa modificata per mano di attacco .....	11
Tabella 12 – Controllo delle forniture .....	13
Tabella 13 – Controlli delle miscele prelevate al momento della stesa .....	13
Tabella 14 – Controlli prestazionali sullo strato finito .....	14
Tabella 15 – Requisiti aggregato grosso .....	16
Tabella 16 – Requisiti aggregato fine .....	16
Tabella 17 – Requisiti filler .....	16
Tabella 18 – Requisiti granulometrici additivo polimerico SBR/NR .....	17
Tabella 19 – Requisiti del bitume modificato mediante aggiunta di polimeri SBR/NR .....	18
Tabella 20 – Requisiti granulometrici della miscela di aggregati .....	18
Tabella 21 – Requisiti della miscela per strati di usura tipo gap graded .....	18
Tabella 22 – Requisiti meccanici della miscela per strati di usura tipo gap graded .....	19
Tabella 23 – Requisiti dei bitumi con modifica HARD per mani di attacco .....	21
Tabella 24 – Requisiti minime di accettazione dell'emulsione di bitume modificato .....	21
Tabella 25 – Controllo delle forniture .....	23
Tabella 26 – Controlli delle miscele prelevate al momento della stesa .....	23
Tabella 27 – Controlli prestazionali sullo strato finito .....	23
Tabella 28 – Controlli prestazionali sullo strato finito .....	24
Tabella 29 – Spettro di tessitura .....	25
Tabella 30 – Controllo delle capacità di fonoassorbimento .....	25

## 1. STRATI DI BINDER REALIZZATI CON CONGLOMERATI BITUMINOSI TIPO GAP GRADED CONFEZIONATI CON BITUME MODIFICATO MEDIANTE L'AGGIUNTA DI POLIMERI SBR/NR SECONDO PROCESSO WET

### 1.1. GENERALITÀ E DEFINIZIONI

I conglomerati bituminosi tipo gap graded, confezionati con bitume modificato mediante l'aggiunta di polimeri SBR/NR, sono delle miscele che grazie alle particolari caratteristiche granulometriche e alla elevata qualità dei materiali costituenti, consentono di ottenere buone prestazioni in termini di durabilità e prestazioni meccaniche.

Tali conglomerati, aventi spessori in opera di almeno 50 mm, sono costituiti da una miscela di pietrischetti, graniglie, frantumati, sabbie di sola frantumazione e additivo (filler), impastata a caldo in appositi impianti con bitume modificato con polimeri SBR/NR. Il legante impiegato per il confezionamento della miscela consiste in un bitume modificato con polimero di gomma riciclata di pneumatici fuori uso, incorporata nel bitume tramite processo wet.

### 1.2. QUALIFICAZIONE DEI MATERIALI

#### 1.2.1. AGGREGATI

La fase solida è costituita da aggregati lapidei di primo impiego costituiti da elementi totalmente frantumati, sani, duri, di forma poliedrica, esenti da polveri e materiali estranei. I granuli non dovranno mai avere forma appiattita, allungata o lenticolare. La miscela degli inerti è costituita all'insieme degli aggregati grossi, degli aggregati fini e del filler, che può provenire dalla frazione fina o essere aggiunto.

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 (preferibilmente basaltica) purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 1.

Indicatori di qualità			Valore	Categoria UNI EN 13043
Parametro	Normativa	Unità di misura		
Los Angeles	UNI EN 1097-2	%	≤ 25	LA <sub>25</sub>
Quantità di frantumato	UNI EN 933-5	%	100	C <sub>100/0</sub>
Dimensione max	UNI EN 933-1	mm	16	-
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	%	≤ 4	F <sub>4</sub>
Spogliamento	UNI EN 12697-11	%	≤ 5	-
Passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	%	≤ 1	f <sub>1</sub>
Indice di appiattimento	UNI EN 933-1	%	≤ 25	FI <sub>25</sub>
Porosità	UNI EN 1936	%	≤ 1,5	-

*Tabella 1 – Requisiti aggregato grosso*

### **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 2.

Indicatori di qualità			Valore	Categoria UNI EN 13043
Parametro	Normativa	Unità di misura		
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	%	≥ 60	-
Passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	%	≤ 3	f <sub>3</sub>

*Tabella 2 – Requisiti aggregato fine*

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 strati di binder tipo gap graded, confezionati con bitume modificato mediante l'aggiunta di polimeri SBR/NR, deve soddisfare i requisiti indicati in Tabella 3.

Indicatori di qualità			Valore	Categoria 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 13279-1	°C	8 - 16	Δ <sub>R&amp;B8/16</sub>

*Tabella 3 – Requisiti filler*

### **1.2.2. LEGANTE**

Il legante impiegato per il confezionamento di tali miscele è un bitume modificato con polverino di gomma riciclata di pneumatici fuori uso, incorporato nel bitume tramite processo "wet". L'aggiunta a caldo del polverino di gomma, in ragione del 15÷22% riferito al peso totale del legante (bitume + polverino di gomma), modifica la struttura chimica e le caratteristiche fisico-meccaniche del bitume base.

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.

### **Bitume base**

Il bitume base deve appartenere alla classe 50/70 definita dalla norma UNI EN 12591 e possedere un punto di rammollimento ≥ 50°C.

### **Additivo polimerico SBR/NR**

L'additivo polimerico di tipo SBR/NR deve essere ottenuto dal riciclaggio di pneumatici di automobili o autocarri e deve possedere le seguenti caratteristiche:



- gomma di pneumatico, 100% vulcanizzata;
- assenza di fibra, tessuto, metallo o di qualsiasi altro materiale contaminante;
- dopo la triturazione deve presentarsi come una polvere, non incollata, di materiale granulare con un peso specifico di  $1,15 \pm 0,05 \text{ g/cm}^3$ ;
- quantità di polvere minerale, carbonato di calcio o talco (utilizzato per impedire l'aderenza delle particelle), non superiore al 4% del peso della gomma;
- contenuto d'acqua non superiore al 2% in peso, per evitare la formazione di bollicine d'aria durante il processo di miscelazione.

La granulometria del polverino di gomma deve rispettare i requisiti indicati nella Tabella 4.

Serie stacci ISO 3310 serie R20 (mm)		Passante totale in peso %
Staccio	1,25	100
Staccio	0,800	95 – 100
Staccio	0,630	85 – 100
Staccio	0,400	45 – 70
Staccio	0,250	5 – 25
Staccio	0,063	0 – 5

Tabella 4 – Requisiti granulometrici additivo polimerico SBR/NR

### **Bitume modificato**

Le proprietà del bitume modificato sono riportate nella Tabella 5. La determinazione delle caratteristiche fisiche e meccaniche del legante modificato deve essere eseguita non prima di 45 minuti dalla sua produzione.

Parametro		Normativa	Unità di misura	Specifica UNI EN 14023	
Requisiti essenziali					
Penetrazione a 25°C		UNI EN 1426	dmm	25 – 55	Classe 3
Punto di rammollimento		UNI EN 1427	°C	≥ 50	Classe 8
Force Ductility Test a 5°C		UNI EN 13589 UNI EN 13703	J/cm²	≥ 3	Classe 2
Requisiti dopo RTFOT UNI EN 12607-1	Penetrazione residua a 25°C	UNI EN 1426	%	≥ 45	Classe 4
	Incremento del punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	≤ 12	Classe 4
	Variazione di massa	-	%	≤ 0,5	Classe 3
Flash point		UNI EN ISO 2592	°C	≥ 250	Classe 2
Altre proprietà					
Punto di rottura (Fraass)		UNI EN 12593	°C	≤ -7	Classe 4
Ritorno elastic a 25°C		UNI EN 13398	%	≥ 60	Classe 4
Ulteriori richieste tecniche					
Stabilità allo stoccaggio UNI EN 13399	Variazione del punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	≤ 5	Classe 2
	Variazione della penetrazione	UNI EN 1426	dmm	≤ 9	Classe 2

Tabella 5 – Requisiti del bitume modificato mediante aggiunta di polimeri SBR/NR

### **1.2.3. ADDITIVI**

È escluso l'utilizzo di qualsiasi tipologia di fibre e/o additivi per il confezionamento di strati di binder tipo gap graded realizzati con bitume modificato mediante l'aggiunta di polimeri SBR/NR.

## 1.3. MISCELA

### 1.3.1. COMPOSIZIONE DELLA MISCELA

La miscela degli aggregati da adottarsi per i conglomerati bituminosi tipo gap graded, confezionati con bitumi modificati mediante l'aggiunta di polimeri SBR/NR, deve avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso riportato in Tabella 6.

Tali conglomerati devono avere uno spessore di almeno 50 mm. La percentuale di bitume, riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella 6. La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con metodo volumetrico su provini addensati con pressa giratoria secondo UNI EN 12697-31.

Serie stacci UNI (mm)		Passante totale in peso %
Staccio	16	100
Staccio	12,5	90 – 100
Staccio	8	65 – 75
Staccio	4	27 – 37
Staccio	2	12 – 22
Staccio	0,5	5 – 14
Staccio	0,25	3 – 11
Staccio	0,125	2 – 8
Staccio	0,063	2 – 6
% di bitume		7,5 – 8,5

Tabella 6 – Requisiti granulometrici della miscela di aggregati

Le caratteristiche richieste per i conglomerati bituminosi tipo gap graded, confezionati con bitumi modificati mediante l'aggiunta di polimeri SBR/NR, sono riportate nella Tabella 7, Tabella 8.

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 (*)	%	12 – 16
Vuoti a 50 rotazioni (*) (**)	%	5 – 7
Vuoti a 130 rotazioni (*)	%	≥ 2
(*) Percentuale dei vuoti determinata secondo la UNI EN 12697-8		
(**) La massa volumica ottenuta a 50 rotazioni della pressa giratoria viene indicata di seguito come D <sub>G</sub>		

Tabella 7 – Requisiti della miscela per strati di binder tipo gap graded

Requisiti meccanici	Unità di misura	Valori
Resistenza a trazione indiretta ITS a 25°C (***)	N/mm <sup>2</sup>	≥ 0,6
Coefficiente di trazione indiretta CTI a 25°C (***)	N/mm <sup>2</sup>	≥ 50
Sensibilità all'acqua ITSR a 25°C (***)	%	≥ 80
(***) Su provini confezionati con 50 rotazioni della pressa giratoria		

Tabella 8 – Requisiti meccanici della miscela per strati di binder tipo gap graded

Sui provini confezionati al 100% della D<sub>G</sub> 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 9.

Requisiti meccanici	Unità di misura	Valori
Modulo di rigidezza a 20°C e rise time = 125 ms (UNI EN 12697-26:2004 allegato C)	MPa	4000 – 9000

*Tabella 9 – Requisiti di rigidezza della miscela per strati di binder tipo gap graded*

### 1.3.2. 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.

### 1.3.3. TOLLERANZE SUI RISULTATI

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.

## 1.4. ESECUZIONE DEI LAVORI

### 1.4.1. CONFEZIONAMENTO DELLA MISCELA

Il confezionamento del conglomerato deve essere eseguito in impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

Al fine di garantire il perfetto essiccamento e l'uniforme riscaldamento della miscela, nonché una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati, la produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità. Si possono impiegare anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

In ogni caso, l'impianto deve garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione; ogni impianto deve, poi, assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo polimerico.

Per evitare che sostanze argillose e ristagni di acqua possano compromettere la pulizia degli aggregati, la zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente sistemata; inoltre, i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori deve essere eseguita con la massima cura. Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in

funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso. La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere compresa tra 170°C e 190° C e quella del legante modificato tra 170° C e 190° C.

Gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati per consentire la verifica delle suddette temperature.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso.

#### 1.4.2. PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE DI STESA

La preparazione delle superfici di stesa va eseguita prima della realizzazione di uno strato di conglomerato bituminoso 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 Tabella 10, applicata con un dosaggio di bitume residuo almeno pari a 1,0 kg/m<sup>2</sup>.

Parametro	Normativa	Unità di misura	Specifiche UNI EN 13808					
			Cationica 55%		Cationica 60%		Cationica 65%	
Polarità	UNI EN 1430	-	Positiva	Classe 2	Positiva	Classe 2	Positiva	Classe 2
Contenuto di bitume + flussante	UNI EN 1431	%	≥ 53	Classe 4	≥ 58	Classe 5	≥ 63	Classe 6
Tempo di efflusso a 40°C (viscosimetro da 2 mm)	UNI EN 12846-1	s	15 - 45	Classe 3				
Tempo di efflusso a 40°C (viscosimetro da 4 mm)	UNI EN 12846-1	s			10 - 45	Classe 6	10 - 45	Classe 6
Indice di rottura (metodo del filler minerale)	UNI EN 13075-1	-	70 - 130	Classe 4	70 - 130	Classe 4	70 - 130	Classe 4
Caratteristiche del bitume recuperato per evaporazione UNI EN 13074								
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	dmm	≤ 220	Classe 5	≤ 220	Classe 5	≤ 220	Classe 5
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	≥ 35	Classe 6	≥ 35	Classe 6	≥ 35	Classe 6

*Tabella 10 – Requisiti emulsione bituminosa cationica per mano di ancoraggio e di attacco*

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), le cui caratteristiche sono riportate in Tabella 10 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 avente le caratteristiche riportate in Tabella 11 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 nella Tabella 10 e Tabella 11 per ciascun tipo di emulsione.

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.

Parametro	Normativa	Unità di misura	Specifiche UNI EN 13808	
Polarità	UNI EN 1430	-	Positiva	Classe 2
Contenuto di bitume + flussante	UNI EN 1431	%	≥ 67	Classe 4
Tempo di efflusso a 40°C (viscosimetro da 4 mm)	UNI EN 12846-1	s	10 – 45	Classe 6
Indice di rottura (metodo del filler minerale)	UNI EN 13075-1	-	70 – 130	Classe 4
Adesività	UNI EN 13614	dmm	≥ 90	Classe 3
Caratteristiche del bitume recuperato per evaporazione UNI EN 13074				
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	dmm	≤ 100	Classe 3
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	≥ 55	Classe 2
Pendulum test	UNI EN 13588	J/cm <sup>2</sup>	≥ 1,4	Classe 6
Ritorno elastico a 25°C	UNI EN 13398	%	≥ 75	Classe 5

*Tabella 11 – Requisiti emulsione bituminosa modificata per mano di attacco*

#### 1.4.3. POSA IN OPERA DELLA MISCELA

La posa in opera degli strati di binder tipo gap graded additi vati con polimeri SBR/NR viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di auto livellamento.

La velocità di avanzamento delle vibrofinitrici non deve essere superiore ai 3-4 m/min con alimentazione continua del conglomerato. Lo spessore dello strato deve essere posato per la sua intera altezza (spessore minimo di 50 mm) con un'unica passata, limitando il più possibile le interruzioni della stesa ed evitando interventi manuali per la correzione delle anomalie.

Le vibrofinitrici devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella fase di stesa si deve 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 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; inoltre, la temperatura della miscela all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, deve risultare in ogni momento non inferiore a 170° 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 stesa dalla vibrofinitrice e deve essere condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento deve essere realizzato preferibilmente con rulli gommati.

Per gli strati di binder possono essere utilizzati anche rulli con ruote metalliche vibranti e/o combinati, di idoneo peso e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

Al termine della compattazione la percentuale dei vuoti della miscela non dovrà essere maggiore del 2% rispetto a quella di progetto.

La compattazione deve essere condotta con la metodologia più adeguata a 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.

La miscela bituminosa del binder 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.

## 1.5. CONTROLLI

Il controllo della qualità dei conglomerati bituminosi per strati di binder tipo gap graded additi vati con polimeri SBR/NR e della loro posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e in sito.

### 1.5.1. CONTROLLO DELLE FORNITURE

Oltre ai controlli iniziali, necessari per l'accettazione, anche in corso d'opera, per valutare che non si verifichino variazioni nella qualità dei materiali, devono essere effettuate prove di laboratorio su campioni prelevati in contraddittorio con la D.L.



Il controllo della qualità dei misti granulari di primo impiego deve essere effettuato mediante prove di laboratorio su campioni prelevati in impianto prima della miscelazione. Il controllo della qualità del bitume dovrà essere eseguito su campioni prelevati all'impianto direttamente dalla cisterna. I requisiti da soddisfare sono riportati nella Tabella 12.

Tipo di campione	Ubicazione prelievo	Requisiti richiesti
Bitume	Cisterna	Tabella 5
Additivo polimerico SBR/NR	Impianto	Tabella 4
Aggregato grosso	Impianto	Tabella 1
Aggregato fine	Impianto	Tabella 2
Filler	Impianto	Tabella 3

*Tabella 12 – Controllo delle forniture*

### 1.5.2. CONTROLLO DELLA MISCELA PRELEVATA AL MOMENTO DELLA STESA

Il prelievo del conglomerato bituminoso sfuso avverrà in contraddittorio al momento della stesa. Il numero dei prelievi da eseguire è riportato in Tabella 13. Sui campioni prelevati alla vibrofinitrice saranno effettuati, presso un laboratorio di fiducia dell'Amministrazione, i seguenti controlli:

- la percentuale di bitume (UNI EN 12697 -1/39);
- la granulometria degli aggregati (UNI EN 12697-2);
- il modulo di rigidezza E (UNI EN 12697-26 allegato C) a 20 °C e rise-time=125 ms.

Inoltre, mediante la Pressa Giratoria saranno controllate le caratteristiche di idoneità della miscela. I provini confezionati mediante l'apparecchiatura Pressa Giratoria devono essere sottoposti a prova di resistenza a trazione indiretta a 25 °C (UNI EN 12697-23) e sensibilità all'acqua a 25 °C (UNI EN 12697-12).

I valori rilevati in sede di controllo dovranno essere conformi a quelli dichiarati nello studio di progetto della miscela di cui al 1.3.

Tipo di campione	Ubicazione prelievo	Frequenza prove	Requisiti richiesti
Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5000 m <sup>2</sup> di stesa	Percentuale di bitume e granulometria degli aggregati risultanti dallo studio della miscela
Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5000 m <sup>2</sup> di stesa	Modulo di rigidezza E risultante dallo studio della miscela con una tolleranza di $\pm 20\%$ e comunque all'interno dei limiti di progetto di Tabella 9

*Tabella 13 – Controlli delle miscele prelevate al momento della stesa*

### 1.5.3. CONTROLLI PRESTAZIONALI SULLO STRATO FINITO

Dopo la stesa, la Direzione Lavori preleverà, in contraddittorio con l'Impresa, delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato in opera e la verifica degli spessori. Il numero di carote da prelevare è riportato nella Tabella 14.

Sulle carote verranno determinati:

- lo spessore dello strato (medio di quattro misure in ciascuna carota);
- la massa volumica;
- la percentuale dei vuoti residui.
- 

La percentuale dei vuoti della miscela in sito, nel 95% dei prelievi, non dovrà essere maggiore del 2% rispetto a quella di progetto.

Tipo di campione	Ubicazione prelievo	Frequenza prove	Requisiti richiesti
Carote per spessori	Pavimentazione	Ogni 5000 m <sup>2</sup> di fascia stesa	Spessore previsto in progetto
Carote vuoti in sito	Pavimentazione	Ogni 5000 m <sup>2</sup> di fascia stesa	≤ % dei vuoti della miscela di progetto + 2%

*Tabella 14 – Controlli prestazionali sullo strato finito*

### **Tolleranze dui risultati e penali**

A discrezione della D.L. possono essere ammesse le seguenti tolleranze sui risultati delle prove di controllo. Qualora i valori dei vuoti, determinati sulle carote, risultassero superiori a quelli previsti al 1.4.3. verrà applicata una detrazione per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce pari al 2,5% dell'importo dello strato per ogni 0,5% di vuoti in eccesso fino ad un massimo del 4%; valori dei vuoti in eccesso superiori al 4% comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

### **Tolleranze di esecuzione dei piani di progetto**

Per ogni tratto omogeneo di stesa, lo spessore dello strato verrà determinato facendo la media delle misure (quattro per ogni carota) rilevate dalle carote estratte dalla pavimentazione, scartando i valori con spessore in eccesso, rispetto a quello di progetto, di oltre il 5%. Lo spessore medio dello strato deve essere quello previsto nel progetto.

Qualora gli spessori medi risultassero inferiori a quelli di progetto, verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione del 2,5% del prezzo di elenco per ogni millimetro di materiale mancante, mentre carenze superiori al 20% dello spessore di progetto comporteranno la rimozione dello strato e la sua successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

Le detrazioni determinate per i diversi parametri di controllo saranno cumulate.

## 2. MANTI DI USURA REALIZZATI CON CONGLOMERATI BITUMINOSI TIPO GAP GRADED CONFEZIONATI CON BITUME MODIFICATO MEDIANTE L'AGGIUNTA DI POLIMERI SBR/NR SECONDO PROCESSO WET

### 2.1. GENERALITÀ E DEFINIZIONI

I manti di usura tipo gap graded fanno parte di quella tipologia di conglomerati bituminosi detti di nuova generazione, impiegati per la realizzazione di manti di usura speciali, sono delle miscele che grazie alle particolari caratteristiche granulometriche e alla elevata qualità dei materiali costituenti, consentono di ottenere buone prestazioni in termini di durabilità, prestazioni meccaniche e sicurezza stradale.

Il contributo fornito alla sicurezza stradale da questi manti è elevato e ciò suggerisce una loro maggiore applicazione sia nella costruzione di nuove pavimentazioni, sia nel rifacimento del manto di usura di pavimentazioni esistenti.

I conglomerati gap graded additivati con polimeri SBR/NR sono tappeti di usura antisdrucchiolo, aventi spessori in opera di almeno 30 mm, costituiti da una miscela di pietrischetti, graniglie, frantumati, sabbie di sola frantumazione e additivo (filler), impastata a caldo in appositi impianti con bitume modificato con polimeri SBR/NR. Il legante impiegato per il confezionamento della miscela consiste in un bitume modificato con polimero di gomma riciclata di pneumatici fuori uso, incorporata nel bitume tramite processo wet. Questo conglomerato, chiuso e totalmente impermeabile agli strati sottostanti, è stato studiato per migliorare l'aderenza e impermeabilizzare la struttura sottostante.

### 2.2. QUALIFICAZIONE DEI MATERIALI

#### 2.2.1. AGGREGATI

La fase solida è costituita da aggregati lapidei di primo impiego costituiti da elementi totalmente frantumati, sani, duri, di forma poliedrica, esenti da polveri e materiali estranei. I granuli non dovranno mai avere forma appiattita, allungata o lenticolare. La miscela degli inerti è costituita all'insieme degli aggregati grossi, degli aggregati fini e del filler, che può provenire dalla frazione fina o essere aggiunto.

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.

Sarà costituito da pietrischi, pietrischetti e graniglie che potranno essere di provenienza e natura petrografia diversa (preferibilmente basaltica), aventi forma poliedrica a spigoli vivi che soddisfino i requisiti indicati nella Tabella 15. Per la miscela di aggregato grosso deve essere misurato il valore di levigabilità (PSV) per ogni provenienza o natura petrografica del materiale utilizzato: il valore di PSV misurato sulla pezzatura minima passante allo staccio di 10 mm e trattenuta allo staccio a barre a 7,2 mm, deve essere  $\geq 50$ .

Indicatori di qualità			Valore	Categoria UNI EN 13043
Parametro	Normativa	Unità di misura		
Los Angeles	UNI EN 1097-2	%	≤ 20	LA <sub>20</sub>
Quantità di frantumato	UNI EN 933-5	%	100	C <sub>100/0</sub>
Dimensione max	UNI EN 933-1	mm	8	-
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	%	≤ 4	F <sub>4</sub>
Spogliamento	UNI EN 12697-11	%	0	-
Passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	%	≤ 1	f <sub>1</sub>
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	%	≤ 20	FI <sub>20</sub>
Indice di forma	UNI EN 933-4	%	≤ 15	SI <sub>15</sub>
Porosità	UNI EN 1936	%	≤ 1,5	-
PSV	UNI EN 1097-8	%	≥ 50	PSV <sub>50</sub>

*Tabella 15 – Requisiti aggregato grosso*

### **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.

Esso deve essere costituito esclusivamente da sabbie ricavate per frantumazione di rocce e da elementi litoidi di fiume e deve possedere le caratteristiche riassunte nella Tabella 16. Il trattenuto allo staccio di 2 mm non deve superare il 10% qualora gli aggregati fini provengano da rocce aventi un valore di PSV ≤ 50.

Indicatori di qualità			Valore	Categoria UNI EN 13043
Parametro	Normativa	Unità di misura		
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	%	≥ 80	-
Passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	%	≤ 3	f <sub>3</sub>

*Tabella 16 – Requisiti aggregato fine*

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 strati di binder tipo gap graded, confezionati con bitume modificato mediante l'aggiunta di polimeri SBR/NR, deve soddisfare i requisiti indicati in Tabella 17.

Indicatori di qualità			Valore	Categoria 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 13279-1	°C	8 - 16	Δ <sub>R&amp;B</sub> 8/16

*Tabella 17 – Requisiti filler*

### **2.2.2. LEGANTE**

Il legante impiegato per il confezionamento di tali miscele è un bitume modificato con polverino di gomma riciclata di pneumatici fuori uso, incorporato nel bitume tramite processo "wet". L'aggiunta a caldo del polverino di gomma, in ragione del 15÷22% riferito al peso totale del legante (bitume + polverino di gomma), modifica la struttura chimica e le caratteristiche fisico-meccaniche del bitume base.

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.

### **Bitume base**

Il bitume base deve appartenere alla classe 50/70 definita dalla norma UNI EN 12591 e possedere un punto di rammollimento  $\geq 50^{\circ}\text{C}$ .

### **Additivo polimerico SBR/NR**

L'additivo polimerico di tipo SBR/NR deve essere ottenuto dal riciclaggio di pneumatici di automobili o autocarri e deve possedere le seguenti caratteristiche:

- gomma di pneumatico, 100% vulcanizzata;
- assenza di fibra, tessuto, metallo o di qualsiasi altro materiale contaminante;
- dopo la triturazione deve presentarsi come una polvere, non incollata, di materiale granulare con un peso specifico di  $1,15 \pm 0,05 \text{ g/cm}^3$ ;
- quantità di polvere minerale, carbonato di calcio o talco (utilizzato per impedire l'aderenza delle particelle), non superiore al 4% del peso della gomma;
- contenuto d'acqua non superiore al 2% in peso, per evitare la formazione di bollicine d'aria durante il processo di miscelazione.

La granulometria del polverino di gomma deve rispettare i requisiti indicati nella Tabella 18.

Serie stacci ISO 3310 serie R20 (mm)		Passante totale in peso %
Staccio	1,25	100
Staccio	0,800	95 – 100
Staccio	0,630	85 – 100
Staccio	0,400	45 – 70
Staccio	0,250	5 – 25
Staccio	0,063	0 – 5

Tabella 18 – Requisiti granulometrici additivo polimerico SBR/NR

### **Bitume modificato**

Le proprietà del bitume modificato utilizzato per il confezionamento di manti di usura tipo gap graded additivati con polimeri SBR/NR sono riportate nella Tabella 19. La determinazione delle caratteristiche fisiche e meccaniche del legante modificato deve essere eseguita non prima di 45 minuti dalla sua produzione.

Parametro		Normativa	Unità di misura	Specifica UNI EN 14023	
Requisiti essenziali					
Penetrazione a 25°C		UNI EN 1426	dmm	25 – 55	Classe 3
Punto di rammollimento		UNI EN 1427	°C	≥ 50	Classe 8
Force Ductility Test a 5°C		UNI EN 13589 UNI EN 13703	J/cm²	≥ 3	Classe 2
Requisiti dopo RTFOT UNI EN 12607-1	Penetrazione residua a 25°C	UNI EN 1426	%	≥ 45	Classe 4
	Incremento del punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	≤ 12	Classe 4
	Variazione di massa	-	%	≤ 0,5	Classe 3
Flash point		UNI EN ISO 2592	°C	≥ 250	Classe 2
Altre proprietà					
Punto di rottura (Fraass)		UNI EN 12593	°C	≤ -7	Classe 4
Ritorno elastic a 25°C		UNI EN 13398	%	≥ 60	Classe 4

Parametro		Normativa	Unità di misura	Specifica UNI EN 14023	
Ulteriori richieste tecniche					
Stabilità allo stoccaggio UNI EN 13399	Variazione del punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	≤ 5	Classe 2
	Variazione della penetrazione	UNI EN 1426	dmm	≤ 9	Classe 2

*Tabella 19 – Requisiti del bitume modificato mediante aggiunta di polimeri SBR/NR*

### 2.2.3. ADDITIVI

È escluso l'utilizzo di qualsiasi tipologia di fibre e/o additivi per il confezionamento di strati di binder tipo gap graded realizzati con bitume modificato mediante l'aggiunta di polimeri SBR/NR.

## 2.3. MISCELA

### 2.3.1. COMPOSIZIONE DELLA MISCELA

La miscela degli aggregati da adottarsi per i conglomerati bituminosi tipo gap graded, confezionati con bitumi modificati mediante l'aggiunta di polimeri SBR/NR, deve avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso riportato in Tabella 20.

Gli strati di usura tipo gap graded additivati con polimeri SBR/NR devono avere uno spessore di almeno 30 mm. La percentuale di bitume, riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella 20. La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con metodo volumetrico su provini addensati con pressa giratoria secondo UNI EN 12697-31.

Serie stacci UNI (mm)		Passante totale in peso %
Staccio	8	100
Staccio	6,3	90 – 100
Staccio	4	40 – 50
Staccio	2	19 – 29
Staccio	0,5	11 – 19
Staccio	0,25	8 – 16
Staccio	0,125	7 – 13
Staccio	0,063	7 – 11
% di bitume		8 – 9
Spessore (mm)		≥ 30

*Tabella 20 – Requisiti granulometrici della miscela di aggregati*

Le caratteristiche richieste per i conglomerati bituminosi tipo gap graded additivati con polimeri SBR/NR sono riportate nella Tabella 21 e nella Tabella 22.

METODO VOLUMETRICO		
Condizioni di prova	Unità di misura	Valori
Velocità di rotazione	Rotazioni/min	30
Pressione verticale	kPa	600
Diametro del provino	mm	100
<i>Risultati richiesti</i>		
Vuoti a 10 rotazioni (*)	%	10 – 14
Vuoti a 50 rotazioni (*) (**)	%	3 – 6
Vuoti a 130 rotazioni (*)	%	≥ 2
(*) Percentuale dei vuoti determinata secondo la UNI EN 12697-8		
(**) La massa volumica ottenuta a 50 rotazioni della pressa giratoria viene indicata di seguito come D <sub>G</sub>		

*Tabella 21 – Requisiti della miscela per strati di usura tipo gap graded*

Requisiti meccanici	Unità di misura	Valori
Resistenza a trazione indiretta ITS a 25°C (***)	N/mm <sup>2</sup>	≥ 0,7



Requisiti meccanici	Unità di misura	Valori
Coefficiente di trazione indiretta CTI a 25°C (**)	N/mm <sup>2</sup>	≥ 50
Sensibilità all'acqua ITR a 25°C (**)	%	≥ 80

(\*\*) Su provini confezionati con 50 rotazioni della pressa giratoria

*Tabella 22 – Requisiti meccanici della miscela per strati di usuratipo gap graded*

### 2.3.2. 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.

### 2.3.3. TOLLERANZE SUI RISULTATI

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.

## 2.4. ESECUZIONE DEI LAVORI

### 2.4.1. CONFEZIONAMENTO DELLA MISCELA

Il confezionamento del conglomerato deve essere eseguito in impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

Al fine di garantire il perfetto essiccamento e l'uniforme riscaldamento della miscela, nonché una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati, la produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità. Si possono impiegare anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

In ogni caso, l'impianto deve garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione. Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo polimerico.

Per evitare che sostanze argillose e ristagni di acqua possano compromettere la pulizia degli aggregati, la zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente sistemata; inoltre, i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei

predosatori deve essere eseguita con la massima cura. Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante.

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere compresa tra 170°C e 190° C e quella del legante modificato tra 170° C e 190° C.

Gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati per consentire la verifica delle suddette temperature.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso.

#### 2.4.2. PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE DI STESA

Prima di iniziare la stesa del conglomerato bituminoso per manti di usura tipo gap graded additivati con polimeri SBR/NR va verificata l'efficienza delle opere per il deflusso delle acque. Se non sono rispettate le pendenze trasversali del piano di posa (sempre > 2,5%), questo deve essere risagomato; inoltre, devono essere verificate le condizioni di regolarità longitudinale e la presenza di ormaie, per valutare la necessità di eseguire un intervento preliminare di regolarizzazione del piano di posa dello strato di usura. Questi sono necessari qualora l'IRI sia maggiore di 1,8 mm/m e di 2,0 mm/m, rispettivamente per intervento su tutta o su parte della carreggiata, e le ormaie abbiano profondità maggiore di 10 mm. Eventuali interventi preliminari di risanamento profondo o di rinforzo della pavimentazione esistente, necessari a garantire la vita utile richiesta, devono essere previsti in fase di progettazione. È poi necessario provvedere ad una accurata pulizia della superficie stradale eliminando anche l'eventuale preesistente segnaletica orizzontale.

Prima di iniziare la stesa dei manti di usura tipo gap graded additivati con polimeri SBR/NR è necessario stendere una adeguata mano d'attacco, realizzata con bitumi modificati, che avrà lo scopo di garantire un perfetto ancoraggio con la pavimentazione esistente e prevenire la risalita di eventuali fessure dagli strati sottostanti.

La mano d'attacco sarà eseguita con bitumi modificati stesi in ragione di 0,5 Kg/m<sup>2</sup> mediante apposite macchine spanditrici automatiche in grado di assicurare l'uniforme distribuzione del prodotto ed il dosaggio previsto. Il bitume modificato steso a caldo (temperatura > 180°C) avrà le caratteristiche riportate nella Tabella 23. Per evitare il danneggiamento della membrana che potrebbe essere causata dall'adesione dei mezzi di cantiere alla stessa, si dovrà provvedere allo spandimento, con apposito mezzo, di graniglia prebitumata avente pezzatura 4-8 mm, in quantità di circa 6-8 l/m<sup>2</sup>. In casi particolari o quando la Direzione Lavori lo ritenga opportuno, si potrà realizzare la mano d'attacco utilizzando una emulsione di bitume modificato con le caratteristiche minime previste dalla Tabella 24 stesa mediante apposite macchine spanditrici automatiche in ragione di 0,7 Kg/m<sup>2</sup> e successiva granigliatura come sopra descritto. L'eccesso di graniglia non legata dovrà essere asportato mediante impiego di motospazzatrice.

Il legante a base di bitume impiegato per le mani di attacco dovrà essere qualificato 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.

Parametro	Normativa	Unità di misura	Specifica UNI EN 14023	
Requisiti essenziali				
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	dmm	45 – 80	Classe 4
Punto di rammolimento	UNI EN 1427	°C	≥ 65	Classe 5

Parametro		Normativa	Unità di misura	Specifica UNI EN 14023	
Force Ductility Test a 5°C		UNI EN 13589 UNI EN 13703	J/cm <sup>2</sup>	≥ 3	Classe 7
Requisiti dopo RTFOT UNI EN 12607-1	Penetrazione residua a 25°C	UNI EN 1426	%	≥ 60	Classe 7
	Incremento del punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	≤ 8	Classe 2
	Variazione di massa	-	%	≤ 0,5	Classe 3
Flash point		UNI EN ISO 2592	°C	≥ 250	Classe 2
<i>Altre proprietà</i>					
Punto di rottura (Fraass)		UNI EN 12593	°C	≤ -15	Classe 7
Ritorno elastico a 25°C		UNI EN 13398	%	≥ 80	Classe 2
<i>Ulteriori richieste tecniche</i>					
Intervallo di elastoplasticità		UNI EN 14023	°C	≥ 80	Classe 3
Stabilità allo stoccaggio UNI EN 13399	Variazione del punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	≤ 5	Classe 2
	Variazione della penetrazione	UNI EN 1426	dmm	≤ 9	Classe 2

*Tabella 23 – Requisiti dei bitumi con modifica HARD per mani di attacco*

Parametro	Normativa	Unità di misura	Specifica UNI EN 13808	
Polarità	UNI EN 1430	-	Positiva	Classe 2
Contenuto di bitume + flussante	UNI EN 1431	%	≥ 67	Classe 4
Tempo di efflusso a 40°C (viscosimetro da 4 mm)	UNI EN 12846-1	s	10 – 45	Classe 6
Indice di rottura (metodo del filler minerale)	UNI EN 13075-1	-	70 – 130	Classe 4
Adesività	UNI EN 13614	dmm	≥ 90	Classe 3
<i>Caratteristiche del bitume recuperato per evaporazione UNI EN 13074</i>				
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	dmm	≤ 100	Classe 3
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	≥ 55	Classe 2
Pendulum test	UNI EN 13588	J/cm <sup>2</sup>	≥ 1,4	Classe 6
Ritorno elastico a 25°C	UNI EN 13398	%	≥ 75	Classe 5

*Tabella 24 – Requisiti minime di accettazione dell'emulsione di bitume modificato*

### 2.4.3. POSA IN OPERA DELLA MISCELA

La posa in opera degli strati di binder tipo gap graded additi vati con polimeri SBR/NR viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di auto livellamento.

La velocità di avanzamento delle vibrofinitrici non deve essere superiore ai 3-4 m/min con alimentazione continua del conglomerato. Lo spessore dello strato deve essere posato per la sua intera altezza (spessore minimo di 50 mm) con un'unica passata, limitando il più possibile le interruzioni della stesa ed evitando interventi manuali per la correzione delle anomalie.

Le vibrofinitrici devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella fase di stesa si deve 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 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; inoltre, la temperatura della miscela all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, deve risultare in ogni momento non inferiore a 170° C.

La stesa dei conglomerati deve essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

Il conglomerato eventualmente compromesso deve essere immediatamente rimosso e successivamente lo strato deve essere ricostruito a spese dell'Impresa. La compattazione del conglomerato deve iniziare appena steso dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

Il costipamento deve essere realizzato mediante rullo statico a ruote metalliche del peso massimo di 15t.

Al termine della compattazione la percentuale dei vuoti della miscela non dovrà essere maggiore del 2% rispetto a quella di progetto.

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 deve presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

La miscela bituminosa del manto di 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.

## 2.5. CONTROLLI

Il controllo della qualità dei conglomerati bituminosi per strati di binder tipo gap graded additi vati con polimeri SBR/NR e della loro posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e in sito.

### 2.5.1. CONTROLLO DELLE FORNITURE

Oltre ai controlli iniziali, necessari per l'accettazione, anche in corso d'opera, per valutare che non si verifichino variazioni nella qualità dei materiali, devono essere effettuate prove di laboratorio su campioni prelevati in contraddittorio con la D.L.

Il controllo della qualità dei misti granulari di primo impiego deve essere effettuato mediante prove di laboratorio su campioni prelevati in impianto prima della miscelazione. Il controllo della qualità del bitume dovrà essere eseguito su campioni prelevati all'impianto direttamente dalla cisterna. I requisiti da soddisfare sono riportati nella Tabella 25.

Tipo di campione	Ubicazione prelievo	Requisiti richiesti
Bitume	Cisterna	Tabella 19

Tipo di campione	Ubicazione prelievo	Requisiti richiesti
Additivo polimerico SBR/NR	Impianto	Tabella 18
Aggregato grosso	Impianto	Tabella 15
Aggregato fine	Impianto	Tabella 16
Filler	Impianto	Tabella 17

*Tabella 25 – Controllo delle forniture*

### 2.5.2. CONTROLLO DELLA MISCELA PRELEVATA AL MOMENTO DELLA STESA

Il prelievo del conglomerato bituminoso sfuso avverrà in contraddittorio al momento della stesa. Il numero dei prelievi da eseguire è riportato in Tabella 26. Sui campioni prelevati alla vibrofinitrice saranno effettuati, presso un laboratorio di fiducia dell'Amministrazione, i seguenti controlli:

- la percentuale di bitume (UNI EN 12697 -1/39);
- la granulometria degli aggregati (UNI EN 12697-2);

Inoltre, mediante la Pressa Giratoria saranno controllate le caratteristiche di idoneità della miscela. I provini confezionati mediante l'apparecchiatura Pressa Giratoria devono essere sottoposti a prova di resistenza a trazione indiretta a 25 °C (UNI EN 12697-23) e sensibilità all'acqua a 25 °C (UNI EN 12697-12).

I valori rilevati in sede di controllo dovranno essere conformi a quelli dichiarati nello studio di progetto della miscela di cui al 2.3.

Tipo di campione	Ubicazione prelievo	Requisiti richiesti
Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela

*Tabella 26 – Controlli delle miscele prelevate al momento della stesa*

### 2.5.3. CONTROLLI PRESTAZIONALI SULLO STRATO FINITO

Dopo la stesa, la Direzione Lavori preleverà, in contraddittorio con l'Impresa, delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato in opera e la verifica degli spessori. Il numero di carote da prelevare è riportato nella Tabella 27.

Sulle carote verranno determinati:

- lo spessore dello strato (medio di quattro misure in ciascuna carota);
- la massa volumica;
- la percentuale dei vuoti residui.

Lo spessore dello strato verrà determinato, per ogni tratto omogeneo di stesa, facendo la media delle misure (quattro per ogni carota) rilevate sulle carote estratte dalla pavimentazione, scartando i valori con spessore in eccesso, rispetto a quello di progetto, di oltre il 5%. Lo spessore medio dello strato deve essere non inferiore a quello previsto nel progetto.

La percentuale dei vuoti della miscela in sito, nel 95% dei prelievi, non dovrà essere maggiore del 2% rispetto a quella di progetto.

Tipo di campione	Ubicazione prelievo	Frequenza prove	Requisiti richiesti
Carote per spessori	Pavimentazione	Ogni 5000 m <sup>2</sup> di fascia stesa	Spessore previsto in progetto
Carote vuoti in sito	Pavimentazione	Ogni 5000 m <sup>2</sup> di fascia stesa	≤ % dei vuoti della miscela di progetto + 2%

*Tabella 27 – Controlli prestazionali sullo strato finito*

### **Caratteristiche superficiali**

Sulle pavimentazioni finite dovranno essere eseguite prove per il controllo dei valori di aderenza e macrotestitura superficiale dello strato di usura con le frequenze riportate in Tabella 28. Le misure di aderenza (resistenza ad attrito radente) eseguite con lo Skid Tester secondo la norma UNI EN 13036-4, dovranno fornire valori di BPN (British Pendulum Number)  $\geq 70$ . La tessitura superficiale, misurata con l'altezza di sabbia (HS), determinata secondo la metodologia riportata nella UNI EN 13036-1, deve risultare  $\geq 0,5$  mm.

Tipo di campione	Ubicazione prelievo	Frequenza prove	Requisiti richiesti
Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 10 m di fascia stesa	BPN $\geq 70$
Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 10 m di fascia stesa	HS $\geq 0,5$ mm
Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 10 m di fascia stesa	F60 $\geq 0,23$
Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 10 m di fascia stesa	S <sub>p</sub> $\geq 45$ km/h

*Tabella 28 – Controlli prestazionali sullo strato finito*

In alternativa, per la misura dell'aderenza e della macrotestitura, potranno essere eseguite prove ad alto rendimento utilizzando una delle apparecchiature che hanno partecipato all'esperimento di armonizzazione dell'AIPCR (1992). Per il calcolo del parametro HS (MTD) da prove eseguite con profilometro laser l'elaborazione dei dati deve essere eseguita secondo la procedura prevista nella UNI EN ISO 13473-1.

I valori di aderenza ottenuti con tali attrezzature saranno ricondotti a valori di BPN utilizzando la relazione per il calcolo dell'IFI (AIPCR 1992), preventivamente accettata dalla D.L., con i coefficienti relativi alla particolare attrezzatura impiegata<sup>24</sup>; i valori dell'IFI (F60, SP) calcolati utilizzando le suddette attrezzature dovranno rispettare i valori limiti riportati in Tabella 28. Le misure di aderenza e di macrotestitura dovranno essere effettuate in un periodo compreso tra il 60° e il 180° giorno dall'apertura al traffico. Le tratte da misurare, aventi lunghezze pari almeno a 200 m, potranno essere localizzate nei punti dove a giudizio della D.L. la tessitura e/o la rugosità risulti non sufficiente o dubbia; in ogni caso, l'aderenza dovrà essere controllata per tutta l'estensione dell'intervento.

Per la valutazione delle caratteristiche di aderenza e tessitura superficiale si farà riferimento ai valori medi, ricavati dalle misure puntuali (passo 10 m) o dai valori già mediati ogni 50 m, relativi a ciascuna tratta omogenea in cui è possibile suddividere la tratta misurata; per tratte omogenee si intendono quei tratti di pavimentazione, nei quali ricadono almeno 12 valori dell'indicatore, distribuiti statisticamente secondo una distribuzione "normale"; i valori così ricavati dovranno risultare in accordo con le prescrizioni sopra riportate.

Le tratte omogenee saranno individuate con una procedura statistica. Le misure di aderenza e di tessitura dovranno essere effettuate con un "passo di misura" di 10 m e i valori misurati potranno, eventualmente, essere mediati ogni 50 m per filtrare disomogeneità occasionali e localizzate delle superfici.

Ai fini di un controllo delle capacità dello strato di usura di ridurre la generazione del rumore da rotolamento sul profilo longitudinale acquisito utilizzando un profilometro laser in un periodo di tempo compreso tra il 15° e il 45° giorno dall'apertura al traffico, lo spettro di tessitura determinato secondo la procedura prevista dalla ISO/CD 13473-4 deve preferibilmente rispettare i requisiti riportati in Tabella 29.

Lunghezza d'onda $\lambda$ (mm)	Livello di tessitura $L_{tx}$ (dB)
63,0	$\leq 39,0$
50,0	$\leq 40,0$
40,0	$\leq 41,0$
31,5	$\leq 42,0$
25,0	$\leq 43,0$
20,0	$\leq 44,0$
16,0	$\leq 44,5$
12,5	$\leq 45,5$



Lunghezza d'onda $\lambda$ (mm)	Livello di tessitura $L_{tx}$ (dB)
10,0	$\leq 46,0$
8,00	$\leq 42,5$
6,30	$\leq 42,0$
5,00	$\leq 41,5$
4,00	$\leq 41,5$
3,15	$\leq 41,0$
2,50	$\leq 40,5$
2,00	$\leq 40,5$

*Tabella 29 – Spettro di tessitura*

Dalla miscela prelevata all'atto della stesa saranno confezionati tre campioni con Pressa Giratoria, ad un numero di rotazioni pari a 50. Sulla faccia superiore dei campioni così preparati e tagliati dello spessore pari a quello di progetto verranno controllate le capacità di fonoassorbimento mediante tubo di impedenza secondo la procedura definita nella UNI EN ISO 10534-2. I valori dei coefficienti di assorbimento acustico devono essere inferiori a quelli riportati in Tabella 30.

Frequenza (Hz)	400	500	630	800	1000	1250	1600
Coefficiente di Assorbimento acustico	$\alpha \leq 0,10$	$\alpha \leq 0,10$	$\alpha \leq 0,10$	$\alpha \leq 0,10$	$\alpha \leq 0,10$	$\alpha \leq 0,10$	$\alpha \leq 0,10$

*Tabella 30 – Controllo delle capacità di fonoassorbimento*

### **Regolarità**

L'indice I.R.I. (International Roughness Index), calcolato (come definito dalla World Bank nel 1986 - The International Road Roughness Experiment) a partire dal profilo longitudinale della pavimentazione, dovrà essere:

- inferiore a 1,8 mm/m nel caso di intervento con strato di superficie steso su tutta la carreggiata;
- inferiore a 2,0 mm/m nel caso di intervento limitato a una parte della carreggiata.

Le misure del profilo longitudinale interesseranno tutta l'estensione dell'intervento e dovranno essere eseguite in un periodo di tempo compreso tra il 15° ed il 180° giorno dall'apertura al traffico, utilizzando un profilometro laser, e dovranno essere effettuate con un "passo di misura" di 10 cm.

I valori dell'indice IRI verranno calcolati con un "passo" di 100 m a partire dal profilo longitudinale misurato. Per la valutazione della caratteristica di regolarità superficiale, nel caso di utilizzo dell'indice IRI, si farà riferimento ai valori medi, ricavati dai valori puntuali (passo 100 m), relativi a ciascuna tratta omogenea in cui è possibile suddividere la tratta misurata; i valori di IRI così ricavati dovranno risultare in accordo con le prescrizioni sopra riportate. Le tratte omogenee saranno individuate da un programma di calcolo collegato al programma di restituzione dei dati di regolarità.

### **Tolleranze dui risultati e penali**

A discrezione della D.L. possono essere ammesse le seguenti tolleranze sui risultati delle prove di controllo. Per percentuali dei vuoti maggiori di quelli previsti al 2.4.3. verrà applicata una detrazione per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce pari al 2,5% dell'importo dello strato per ogni 0,5% di vuoti in eccesso fino ad un massimo del 4%; valori dei vuoti in eccesso superiori al 4% comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

Per valori di medi di BPN o F60, come definiti in precedenza per ciascuna tratta omogenea o per ciascuna tratta da 50 m, inferiori ai valori prescritti verrà applicata una detrazione dell'5% dell'importo dello strato per ogni unità

di BPN in meno o una detrazione dell'7% per ogni 0,01 unità di F60 in meno, fino al raggiungimento di una soglia di non accettabilità appresso specificata.

Tali detrazioni saranno calcolate con riferimento alla larghezza complessiva dello strato di rotolamento, anche se le misure interessano una sola corsia.

Per valori di medi di HS o SP, come definiti in precedenza per ciascuna tratta omogenea o per ciascuna tratta da 50 m, inferiori ai valori prescritti lo strato di rotolamento (quello a diretto contatto con i pneumatici) verrà penalizzato del 50% del suo costo (da calcolare prendendo a riferimento la larghezza complessiva di tale strato anche se le misure interessano una sola corsia), fino al raggiungimento di una soglia di non accettabilità appresso specificata.

Le detrazioni determinate per i diversi parametri di controllo di aderenza e macrotestitura saranno cumulate fino ad un valore massimo del 50%.

I valori della soglia di non accettabilità sono:

- BPN = 60;
- HS = 0,4 mm;
- F60 = 0,16;
- Sp = 34 km/h.

Qualora il valore medio di aderenza (BPN o F60) o di macrotestitura (HS o SP), come definito in precedenza per ciascuna tratta omogenea o per ciascuna tratta da 50 m (misure di HS con profilometro laser) sia inferiore o uguale ai valori ritenuti inaccettabili si dovrà procedere gratuitamente all'asportazione completa con fresa dello strato per tutta la sua larghezza ed alla stesa di un nuovo strato; in alternativa a quest'ultima operazione si potrà procedere a cura e spese dell'Impresa alla realizzazione di un nuovo strato al di sopra di quello esistente, previa stesa di una mano di attacco.

Non sono ammesse tolleranze sui valori dei coefficienti di assorbimento acustico riportati in Tabella 30.

#### **Tolleranze di esecuzione dei piani di progetto**

Per spessori medi inferiori a quelli di progetto, verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione del 2,5% del prezzo di elenco per ogni millimetro di materiale mancante, mentre carenze superiori al 20% dello spessore di progetto comporteranno la rimozione dello strato e la sua successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

Qualora il valore medio di IRI, come definito in precedenza per ciascuna tratta omogenea, non soddisfi le condizioni richieste, lo strato di rotolamento (quello a diretto contatto con i pneumatici) verrà penalizzato del 15% del suo costo (da calcolare prendendo a riferimento la larghezza complessiva di tale strato anche se le misure interessano una sola corsia), fino al raggiungimento di una soglia di non accettabilità pari al valore di 3,5 mm/m.

Qualora il valore medio di IRI, come definito in precedenza per ciascuna tratta omogenea, sia maggiore o uguale a tale valore, si dovrà procedere gratuitamente all'asportazione completa con fresa dello strato per tutta la sua larghezza e alla stesa di un nuovo strato; il nuovo strato sarà comunque soggetto alle stesse condizioni di controllo e agli stessi requisiti di regolarità precedentemente descritti.

Le detrazioni determinate per i diversi parametri di controllo saranno cumulate.

## SOMMARIO

A	Oggetto dei lavori.....	3
B	Attività preliminari.....	3
B.1	Analisi qualitativa del terreno .....	3
B.2	Preparazione del suolo .....	3
B.3	Rimozione e accantonamento del terreno vegetale .....	4
B.4	Accantonamento del suolo humico .....	4
B.5	Difesa della vegetazione esistente.....	4
B.6	La salvaguardia delle alberature in area cantiere.....	5
C	Materiali .....	6
C.1	Terreno vegetale.....	7
C.2	Posa in opera del suolo unico .....	7
C.3	Acqua .....	8
C.4	Fertilizzanti .....	9
C.5	Fitofarmaci.....	9
C.6	Materiali accessori .....	10
C.7	Materiale vegetale .....	10
C.7.1	Tappeto erboso.....	11
C.7.2	Specie a portamento arboreo.....	12
C.7.3	Specie a portamento arbustivo .....	14
C.7.4	Specie tappezzanti .....	15
C.7.5	Sementi .....	16
D	Prescrizioni tecniche di inizio lavori.....	16
D.1	Sopralluoghi e accertamenti preliminari .....	16
D.2	Rilievo, inventario e misure di salvaguardia delle piante esistenti .....	16
D.3	Norme di sicurezza - equipaggiamento del personale.....	16
D.4	Limitazioni alla circolazione pedonale e veicolare - segnaletica .....	17
E	Prescrizioni per l'esecuzione dei lavori.....	17
E.1	Lavorazioni preliminari.....	17
E.2	Ammendamento o fertilizzazione di fondo del terreno. impiego di fitofarmaci e diserbanti 18	
E.3	Tracciamenti e picchettature .....	18
E.4	Preparazione delle buche e dei fossi .....	18
E.5	Apporto di terra di coltivo .....	19

E.6	Preparazione del terreno per la realizzazione di tappeti erbosi .....	19
E.7	Messa a dimora degli esemplari .....	19
E.8	Messa a dimora delle essenze tappezzanti, erbacee, rampicanti o ricadenti .....	21
E.9	Formazioni del tappeto erboso.....	21
F	Manutenzione delle opere a verde .....	23

## **A OGGETTO DEI LAVORI**

Il presente capitolato è relativo alla realizzazione delle opere a verde nell'ambito del progetto definitivo per la realizzazione del nuovo ponte sul Fiume Arno e relativi collegamenti viari tra lo svincolo della Sgc FI-PI-LI di Lastra a Signa e di Signa.

## **B ATTIVITÀ PRELIMINARI**

L'Appaltatore deve prendere visione dei luoghi e delle condizioni di lavoro per la realizzazione delle opere, valutando le dimensioni, le caratteristiche specifiche, le connessioni con altri lavori di costruzione, movimenti di terra e sistemazione ambientale in genere e, in genere tutti gli aspetti che possono condizionarne la esecuzione.

Tutte le attività relative le opere a verde di interesse ambientale saranno seguite da un Biologo Naturalista, lo stesso interverrà a verifica delle attività di ricerca delle aree di provenienza e riconoscimento del materiale di propagazione da impiegare in cantiere, sia questo procurato in siti prossimi e analoghi alle aree di impianto che fornite da vivaio specializzato, come indicato nel seguito.

### **B.1 ANALISI QUALITATIVA DEL TERRENO**

Il terreno sia in sito che importato da altre aree dovrà essere analizzato per verificarne l'idoneità al tipo di intervento progettato, prima dell'inizio dei lavori.

La caratterizzazione del terreno sarà raggiunta attraverso le opportune analisi (di seguito sono elencate le più significative).

- Granulometria;
- Acidità;
- Calcare totale;
- Azoto totale;
- Fosforo assimilabile;
- Potassio assimilabile;
- Sostanza organica;
- Capacità di Scambio Cationico (CSC);
- Conducibilità elettrica.

Resta comunque a carico dell'Appaltatore eseguirne altre qualora ritenute necessarie dall'Appaltatore stesso o richieste dalla direzione lavori.

È comunque necessario ottenere l'approvazione della Direzione Lavori per la messa in opera di terreno vegetale o per l'utilizzo di suolo agricolo in situ:

### **B.2 PREPARAZIONE DEL SUOLO**

Le aree su cui devono essere realizzate le opere devono essere pulite asportando tutti i materiali estranei, che saranno avviati alle discariche autorizzate.

La pulizia deve essere effettuata limitando al massimo possibile il disturbo del terreno evitando contaminazioni o rimescolamento della stratigrafia naturale che dovrà essere preservata anche in caso di rinterri.

Inoltre devono essere abbattute le piante da non conservare, i cespugli, le piante infestanti; estirpate le ceppaie, deve procedersi allo spietramento superficiale attraverso l'utilizzo di una macchina interrassassi.

### B.3 RIMOZIONE E ACCANTONAMENTO DEL TERRENO VEGETALE

La rimozione del terreno vegetale esistente nelle zone soggette a lavorazioni dovrà avvenire evitando sia di modificarne le caratteristiche fisiche sia di contaminarlo con materiali estranei o provenienti dagli strati inferiori ai primi 20/30 cm.

L'accantonamento del terreno vegetale avverrà nelle aree opportunamente pulite e predisposte.

I cumuli dovranno essere predisposti in relazione alle differenti caratteristiche chimico-fisiche delle terre da accantonare, dovranno presentare dimensioni tali da non compromettere la struttura e la fertilità del terreno e non dovranno, comunque, superare l'altezza di m 2,50.

Sarà comunque compito dell'Appaltatore adottare il criterio più idoneo a garantire la conservazione della fertilità e la non contaminazione (materiali estranei e/o inquinanti) delle terre accantonate.

### B.4 ACCANTONAMENTO DEL SUOLO HUMICO

In fase di realizzazione delle nuove opere e di installazione dei cantieri la prima attività finalizzata alla ricostituzione di suolo agrario o vegetale consisterà nell'accantonamento del suolo humico, che servirà poi in fase di ripristino. Gli strati fertili di coltura esistenti sulle aree di cantiere ed in corrispondenza delle nuove opere dovranno essere infatti preservati ed accantonati, per essere riutilizzati in un secondo tempo.

L'asportazione dello strato di terreno vegetale e la sua messa in deposito dovrà essere effettuata prendendo tutte le precauzioni per evitare di modificarne la struttura, la compattazione, la contaminazione con materiali estranei o con strati più profondi di composizione chimico-fisica differente. In fase di progetto esecutivo dovrà essere individuata la localizzazione dei depositi di accantonamento della terra vegetale, allegando delle specifiche tecniche sulle modalità di uso, coltivazione e mantenimento degli stessi.

Il terreno vegetale dovrà comunque essere esente dalla presenza di corpi estranei quali pietre, rami e radici e la quantità di scheletro con diametro maggiore di 2 mm non dovrà superare il 25-30% del volume totale.

### B.5 DIFESA DELLA VEGETAZIONE ESISTENTE

L'Appaltatore dovrà provvedere ad identificare e proteggere per tutta la durata dei lavori tutte le piante e le formazioni vegetali individuate in progetto o che si preveda debbono essere conservate, con particolare attenzione all'ambito di cantiere.

In particolare, l'impresa dovrà eseguire e mantenere protezioni meccaniche e recinzioni per evitare urti da parte di mezzi d'opera; se necessario dovrà essere effettuata la potatura di rami che interferiscono con i passaggi obbligati, ma sempre nel periodo idoneo alle potature e provvedendo alla disinfezione dei tagli con prodotti fungistatici ed alla loro protezione con mastici naturali.



Dovrà essere garantita la stabilità degli alberi predisponendo, se necessario, sistemi di sostegno e ancoraggio.

Durante i lavori saranno eseguiti trattamenti fitostimolanti e fitosanitari per la vegetazione che resta in situ.

Gli interventi di difesa dovranno essere riportati su apposite planimetrie e saranno predisposte schede tecniche che riportino anche le prescrizioni di cura e manutenzione delle singole piante interessate.

La difesa di aree da conservare dovrà essere effettuata recintando dette aree per evitare il passaggio di mezzi d'opera e persone.

In dette aree non dovranno essere localizzati depositi di nessun tipo e si dovrà evitare ogni contaminazione dovuta a minerali, carburanti, acidi, basi, vernici ed altre sostanze nocive per la vegetazione.

Non è consentita l'accensione di fuochi.

Le piante, di qualunque genere e natura, che dovessero essere danneggiate in modo grave o irreparabile saranno sostituite, a spese dell'Appaltatore, da altre piante della stessa specie e dimensione.

Nel caso sia necessario ricaricare il terreno intorno ad alberi esistenti, occorrerà proteggere il colletto ed evitare che questo venga interrato.

La protezione delle radici, in caso di scavi in prossimità di alberi isolati, dovrà essere effettuata recidendo le radici esposte e spalmando i tagli con prodotti fungistatici e con mastice cicatrizzante.

La distanza minima per la quale è possibile l'esecuzione degli scavi è di 2 metri dal tronco.

La chiusura degli scavi dovrà essere effettuata impiegando sabbia grossa, letame ben maturo (almeno 8 mesi di concimaia) e terreno vegetale vagliato, opportunamente miscelati.

## B.6 LA SALVAGUARDIA DELLE ALBERATURE IN AREA CANTIERE

Nelle aree di cantiere è fatto obbligo di adottare tutti gli accorgimenti utili ad evitare il danneggiamento della vegetazione esistente da parte delle macchine (lesioni alla corteccia e alle radici, rottura di rami, ecc.).

All'interno dell'area di pertinenza delle alberature dovranno essere vietati:

- il versamento di sostanze fitotossiche (sali, acidi, oli, ecc.) e la combustione di sostanze di qualsiasi natura;
- l'impermeabilizzazione, con pavimentazione o altre opere edilizie;
- l'affissione diretta alle alberature, con chiodi, filo di ferro o materiale non estensibile, di cartelli, manifesti e simili, nonché l'installazione di cavi elettrici sulle stesse.
- il riporto di ricarichi superficiali di terreno o qualsivoglia materiale, tali da comportare l'interramento del colletto, così come l'asporto di terreno; ricarichi e abbassamenti del terreno nella zona della chioma sono permessi solo in casi eccezionali con alcuni accorgimenti.
- l'utilizzo per depositi di materiali di qualsiasi tipo (da costruzione, carburante, macchine da cantiere, etc.), gli accatastamenti di attrezzature e/o materiali alla base o contro il fusto.

Il transito di mezzi pesanti all'interno delle aree di pertinenza delle alberature deve essere evitato ed effettuato solo in caso di carenza di spazio, solo se saltuario e di breve durata. Nel caso di transito

abituale e prolungato, l'area di pertinenza utilizzata per il transito di mezzi pesanti, dovrà essere adeguatamente protetta dall'eccessiva costipazione del terreno tramite apposizione di idoneo materiale cuscinetto. Nella zona della chioma i lavori di livellamento del terreno sono da eseguire riducendo al massimo il lavoro meccanizzato. Il costipamento, la vibratura e gli scavi devono essere limitati al massimo nella zona delle radici.

Per la difesa contro i danni meccanici ai fusti, tutti gli alberi posti nell'ambito di un cantiere in aree che ne consentono la non eliminazione devono essere protetti da recinzioni solide che racchiudano le superfici di pertinenza delle piante. Gli alberi devono essere singolarmente protetti mediante tavole di legno alte almeno 2 m, disposte contro il tronco in modo tale che questo sia protetto su tutti i lati.

Ogniquale volta i lavori di scavo all'interno delle aree di cantiere risulteranno in prossimità di esemplari arborei da salvaguardare le eventuali attività interferenti con gli apparati radicali delle singole piante dovranno essere eseguite avendo cura di intervenire sulle radici asportandole con taglio netto, senza rilascio di sfilacciamenti; inoltre sulla superficie di taglio delle radici più grosse dovrà essere applicato mastice antibiotico. Nel caso di interferenza con la chioma, si potrà attuare un leggero taglio di contenimento o, se possibile, l'avvicinamento dei rami all'asse centrale del tronco tramite legatura. Nel caso che i lavori producano presumibile alterazione del normale regime idrico delle alberature, queste dovranno essere convenientemente e costantemente irrigate durante il periodo vegetativo.

## **C MATERIALI**

Nel presente paragrafo vengono indicate le prescrizioni relative ai principali materiali:

- terreno vegetale
- acqua
- materiale per impianto di irrigazione
- fertilizzanti
- pacciamatura e tutori, ancoraggi e legature.
- ammendanti e correttivi
- materiale vegetale
- materiali agrari
- fitofarmaci

Tutti i materiali da utilizzare per la realizzazione delle sistemazioni ambientali (materiale agrario e materiale vegetale) dovranno essere delle migliori qualità, privi di difetti e, in ogni caso, dovranno presentare qualità e pregi uguali o superiori a quanto indicato dagli elaborati progettuali e dalla normativa vigente.

Detti materiali saranno visionati dalla Direzione Lavori prima del loro utilizzo e, nel caso non risultassero idonei, dovranno essere allontanati immediatamente dal cantiere a spese dell'Appaltatore.

L'Appaltatore rimane responsabile della corretta applicazione delle presenti specifiche ed ha l'obbligo, in ogni caso, di impiegare materiali che garantiscano il miglior risultato per le opere in oggetto.

## C.1 TERRENO VEGETALE

L'Appaltatore dovrà, a sua cura e spese, accertare, mediante analisi di laboratorio specializzate, la qualità del terreno vegetale sia che provenga dai depositi in cantiere sia che venga importato da altre fonti; sia che sia in situ.

I risultati di dette analisi dovranno essere sottoposti alla approvazione della Direzione Lavori.

Prima di procedere a qualsiasi operazione di piantumazione o di seminagione, l'Appaltatore, dovrà verificare che i terreni presentino caratteristiche idonee alle lavorazioni da effettuarsi seguendo le indicazioni degli elaborati progettuali.

Nel caso in cui i terreni presentino caratteristiche non conformi a quanto richiesto si dovrà provvedere, in accordo con la Direzione Lavori che ne accerterà la qualità, ad apportare terra di coltivo in quantità sufficiente a formare uno strato di spessore adeguato ai tipi di interventi previsti dal progetto per realizzazione di aree verdi e si dovrà provvedere al riempimento totale delle buche e dei fossi eseguiti per la messa a dimora di essenze arboree ed arbustive.

La terra apportata, con caratteristiche simili a quelle dei terreni autoctoni, dovrà essere di medio impasto, priva di pietre, detriti, erbe infestanti, tronchi, rami, radici e loro parti che possano ostacolare le successive lavorazioni agronomiche del terreno, dovrà risultare a reazione chimica idonea (pH 6.5-7.5), sufficientemente dotata di sostanza organica (mai inferiore a 1.5%) e non dovrà presentare agenti patogeni o sostanze tossiche per le piante. Si avrà cura, inoltre, di frantumare tutte le zolle e gli ammassi di terra e di verificare che la quantità di scheletro con diametro maggiore di mm 2,0 non ecceda il 25% del volume totale. In alternativa, e quando possibile, si potrà procedere all'impiego di terriccio humizzato atto alla formazione di un substrato idoneo all'attecchimento ed alla vita delle piante.

L'Appaltatore prima di effettuare il prelevamento e/o la fornitura della terra, dovrà darne avviso alla Direzione Lavori affinché possano venire prelevati campioni da inviare ad una stazione di chimica agraria riconosciuta, che provvederà ad analizzare i campioni al fine di certificare l'idoneità del materiale all'impiego previsto dal progetto.

I tipi di terreno utilizzabili per i lavori oggetto del presente Capitolato sono:

- Terreno vegetale messo in opera per uno strato di cm 30, proveniente da strato colturale attivo privo di radici e di erbe infestanti permanenti, di ciottoli, cocci, etc.
- Terriccio speciale humizzato messo in opera per uno strato di cm 30, composto dal 30% di sostanza organica e dal 70% di terricci vari vagliati e macinati, solo qualora non sia possibile l'impiego del materiale accantonato in fase di scotico nell'ambito del cantiere.

## C.2 POSA IN OPERA DEL SUOLO UMICO

Il materiale di scotico asportato ed accumulato in precedenza, eventualmente integrato da terreno vegetale di altra provenienza e medesime caratteristiche dovrà essere poi steso sopra il materiale di riempimento.

Prima della posa in opera del terreno vegetale si dovrà prevedere una lavorazione superficiale dello strato precedentemente messo in opera, tramite rippatura per una profondità di 30 cm, al fine di incrementare la capacità idrica e migliorare le caratteristiche di permeabilità ed areazione del substrato. Tale lavorazione preliminare dovrà essere eseguita nel periodo estivo-autunnale antecedente a quello previsto per la messa a dimora delle essenze vegetali in modo da permettere al terreno di assestarsi e di innestare i processi di pedogenesi a maggiore profondità.

La rippatura lascia il terreno con una zollosità più o meno accentuata. Per l'amminutamento degli strati superficiali, si provvederà con uno o più passaggi dell'erpice frangizolle. La lavorazione dell'erpice consente la formazione di un buon letto di semina, favorendo lo sminuzzamento delle particelle terrose e il loro assestamento, in modo da assicurare un soddisfacente contatto fra terra e seme.

I lavori di preparazione e lavorazione del terreno dovranno essere interrotti in caso di pioggia, onde evitare di danneggiare la struttura del suolo stesso.

Successivamente il terreno vegetale dovrà essere posto in opera, per uno spessore diverso a seconda se il ripristino riguarda aree agricole (in questo caso la potenza del suolo deve essere compresa tra un minimo di 20 cm ed un massimo di 30 cm) o naturali (in questo caso gli spessori sono minori, attestandosi su potenze dell'ordine di 15-20 cm), avendo cura di distribuirlo in maniera uniforme su tutta la superficie interessata dall'intervento e di frantumare eventuali zolle.

Si procederà poi alla lavorazione dei primi 15 cm di terreno, al fine di preparare il letto di semina delle specie erbacee, tramite erpicatura e fresatura, avendo l'accortezza di evitare la formazione di *suole di lavorazione*. Come già detto l'intervento sarà completato attraverso l'idrosemina di una copertura erbacea che dovrà svolgere la funzione di stabilizzazione e trattenimento del suolo, favorendo i processi biologici di riattivazione della fertilità. In tal senso si dovrà prevedere l'utilizzazione di miscugli di sementi di leguminose in dosi non inferiori a 30 g/mq.

### C.3 ACQUA

L'Appaltatore dovrà garantire, a sua cura e spese, la disponibilità di acqua idonea in quantità sufficiente per la irrigazione.

Se necessario la fornitura di acqua sarà effettuata mediante autocisterna.

I caratteri fisici dell'acqua che dovranno essere controllati sono:

- temperatura.  
È opportuno evitare l'impiego di acqua con temperatura, in estate inferiore a 15°C o comunque inferiore ai 3/4 di quella dell'aria;
- sostanze in sospensione;
- pH; deve essere compreso fra 6,0 e 7,8;
- detergenti; non devono superare i 14 mg/l.
- salinità;  
la salinità dovrà essere valutata in base al rapporto tra sodio, calcio e magnesio ed alla quantità totale di sali presenti misurata attraverso la conducibilità elettrica dell'acqua.
- L'assenza di metalli pesanti e sostanze tossiche e in generale inquinanti dannosi per la vegetazione e che possono dare luogo a fenomeni di accumulo nei terreni.

È necessario controllare che l'acqua utilizzata per l'irrigazione non contenga fenoli, petrolio e derivati, policloro difenile, acido ftalico e derivati.

I valori dei suddetti parametri dovranno rispondere, comunque, a quanto previsto nelle leggi e nelle norme vigenti al momento dell'impiego delle acque e dovranno essere riportati nei certificati emessi dal laboratorio che effettuerà i prelievi e le analisi chimico-fisiche.

I certificati dovranno essere sottoposti alla approvazione della Direzione Lavori.

#### C.4 FERTILIZZANTI

I fertilizzanti organici e minerali (semplici o complessi) impiegati per la concimazione di fondo o di copertura, dovranno essere di marca nota, avere titolo dichiarato ed essere conservati negli involucri originali di fabbricazione.

La Direzione Lavori, basandosi sulle risultanze delle analisi di laboratorio effettuate sui terreni, si riserverà il diritto di indicare quali fertilizzanti organici e minerali (semplici o complessi) potranno essere impiegati in relazione alle lavorazioni da eseguirsi.

Per la concimazione di base, dovranno essere usati, secondo le indicazioni della Direzione Lavori, fertilizzanti minerali e/o organici.

I concimi minerali (semplici, composti, complessi ecc.) devono avere il titolo dichiarato ed essere forniti nell'involucro originale della fabbrica.

I concimi organici (letame, residui organici vari, ecc.) devono essere raccolti presso luoghi o fornitori autorizzati dalla Direzione Lavori: il letame deve aver subito un processo di maturazione di almeno 8 mesi in concimaia, deve essere inodore, non deve emettere liquidi e deve avere l'aspetto di un terriccio.

Le analisi di laboratorio dovranno, infine, confermare le caratteristiche dichiarate e la rispondenza alla funzione ad essi richiesta.

Il concime deve essere somministrato immediatamente prima della realizzazione dei prati o della piantagione di essenze arboree o arbustive, sempre che il tipo di concime non richieda un'applicazione anteriore.

Per la somministrazione dei fertilizzanti ci si dovrà attenere alle dosi riportate in etichetta.

Il concime deve essere distribuito uniformemente, evitando in particolare le sovrapposizioni di strisce, nel caso di spandimento a macchina. Le macchine per lo spandimento del concime devono essere caricate esternamente alla superficie da concimare.

Il concime deve essere introdotto uniformemente nello strato di suolo vegetale rispettando i limiti di lavorabilità dei terreni interessati.

##### Somministrazione di sostanze correttive e ammendanti

Nel caso sia necessario effettuare interventi di miglioramento della struttura del suolo con l'aggiunta di sostanze correttive (modifica del pH) e ammendanti (modifica della granulometria), si deve realizzare un uniforme mescolamento con l'intero strato vegetale o rispettivamente con il terreno di base fino alla profondità prevista, rispettando in ogni caso i limiti di lavorabilità del suolo.

Nel caso di suoli grezzi e chiusi, privi o assai poveri di struttura e sostanza organica, si deve intraprendere una precoltivazione con sovescio di leguminose, tendente a migliorare la struttura del suolo, mediante l'attivazione di processi microbiologici, l'arricchimento di sostanza organica o di azoto.

Tutte le confezioni e gli involucri dei prodotti utilizzati dovranno essere immediatamente portati fuori dal cantiere ed eliminati in base alle normative vigenti a cura e spese dell'Appaltatore.

#### C.5 FITOFARMACI

Dovranno essere impiegati solamente in caso di accertata necessità ed essere utilizzati in relazione ad una *soglia minima di intervento* che dovrà essere concordata con la Direzione Lavori.

I prodotti da utilizzare (anticrittogamici, insetticidi, diserbanti, ecc.), dovranno essere forniti in contenitori originali e sigillati dalla fabbrica sui quali sia presente l'indicazione della composizione e della classe di tossicità in rispondenza alla vigente normativa in materia.

Sarà compito dell'Appaltatore seguire in modo scrupoloso tutte le norme vigenti in materia di utilizzo, stoccaggio e conservazione dei prodotti ed assicurare un'adeguata protezione dei prodotti residui.

L'impiego di prodotti di I, II e III classe di tossicità sarà subordinato alle prescrizioni delle normative vigenti in materia. Comunque, si cercherà di preferire i prodotti biologici disponibili sul mercato ai prodotti chimici.

## C.6 MATERIALI ACCESSORI

I materiali accessori sono tutti quelli che risultano di complemento e da impiegare per una buona riuscita dei lavori di piantumazione, e cioè: pali di sostegno, sistemi di ancoraggio e di legatura delle piante, prodotti per la cicatrizzazione di ferite accidentali provocate a tessuti corticali di alberi, pacciamature, ogni altro substrato di coltivazione da utilizzarsi da solo o in miscela col terreno, e quanto altro ancora necessario.

Detti materiali debbono possedere i requisiti utili alla loro maggiore efficacia, in relazione all'impiego che ne verrà fatto. In particolare:

- i sistemi utilizzati per l'ancoraggio e per il completamento di interventi di dendrochirurgia agli alberi, devono essere esenti da difetti che possano comprometterne l'efficacia e la sicurezza nel tempo, e devono essere messi in opera con la massima attenzione ad evitare danni alle piante stesse: a questo proposito sono sempre da evitare ancoraggi e legature che non consentano il naturale assestamento e la crescita della pianta;
- i prodotti cicatrizzanti devono essere impiegati seguendo le specifiche prescrizioni del produttore;
- i materiali per la "pacciamatura", se provenienti da residui vegetali (paglie, cortecce), nonché, i substrati di coltivazione (quali ad es. torbe e terricci ricchi di sostanza organica), debbono presentarsi in confezioni sigillate con indicazione del produttore, della provenienza, e delle informazioni necessarie al loro impiego.

## C.7 MATERIALE VEGETALE

Per materiale vegetale si intende tutto il materiale vivo (specie arboree, arbustive, tappezzanti, sementi, materiale di propagazione in genere, ecc.) occorrente per l'esecuzione delle lavorazioni di sistemazione a verde.

Il materiale vegetale e di propagazione verrà raccolto in loco e/o fornito da un vivaista specializzato che garantirà:

- la provenienza da aree prossime al corridoio di progetto o altre dove gli assetti ecologici, climatici, geolitologici, idraulici e pedologici sono affini a quelli di impianto
- la provenienza da aree esterne a zone tutelate, e da habitat non di interesse conservazionistico
- che il prelievo sia stato eseguito in habitat resilienti e in misura tale da non depauperare il patrimonio biologico di tali aree;
- le elevate attitudini biotecniche



Sarà compito dell'Appaltatore dare comunicazione alla Direzione Lavori, della data in cui il materiale vivaistico verrà trasportato di cantiere.

Il materiale dovrà provenire da uno o più Aziende vivaistiche indicate dall'Appaltatore ed accettate dalla Direzione Lavori che effettuerà sopralluoghi presso i vivai di provenienza allo scopo di scegliere gli esemplari di migliore aspetto; la Direzione Lavori si riserverà, la facoltà di scartare tutte quelle essenze non conformi per morfologia, portamento e fisiologia alle esigenze progettuali e, comunque, non idonee alla realizzazione delle sistemazioni a verde da realizzare.

Le strutture vivaistiche dovranno essere geograficamente dislocate in zone prossime o comunque assimilabili da un punto di vista fitoclimatico a quelle di impianto, al fine di garantire la piena adattabilità del materiale vivaistico fornito alle caratteristiche pedologiche e climatiche delle aree di progetto.

Gli esemplari forniti dovranno esser esenti da malattie crittogamiche, virus ed altri agenti patogeni, da attacchi parassitari (in corso o passati), da deformazioni ed alterazioni di qualsiasi natura che possano compromettere il regolare sviluppo vegetativo ed il portamento tipico della specie, varietà o cultivar.

Le essenze dovranno essere etichettate singolarmente o per gruppi omogenei, con cartellini in materiale plastico ove sia riportato, in modo leggibile ed indelebile, il nome botanico (genere, specie, cultivar) e la località di provenienza facendo attenzione che la loro apposizione non pregiudichi il normale sviluppo delle piante.

Il trasporto di tutte le essenze sarà a cura e spese dell'Appaltatore che dovrà adottare tutte le misure necessarie affinché le essenze prescelte possano giungere sui luoghi stabiliti in condizione di massima efficienza e senza subire alcun danno.

L'Appaltatore dovrà accertarsi che il trasferimento venga effettuato con mezzi, sistemi di protezione e modalità di carico idonei ponendo particolare attenzione affinché rami e corteccia non subiscano danni e che le zolle di terra non si essicchino o si frantumino a seguito di sobbalzi o per il peso di materiali sovrastanti.

Il tempo intercorrente tra il prelievo in vivaio e la messa a dimora definitiva dovrà essere il più breve possibile e comunque tale da non compromettere l'attività fisiologica delle essenze.

La verifica della conformità delle specie e delle varietà delle essenze messe a dimora con quanto previsto in sede progettuale sarà effettuata al più tardi nel corso del primo periodo vegetativo che seguirà l'impianto.

#### *C.7.1 TAPPETO ERBOSO*

Preferibilmente verrà utilizzato fiorume locale o sementi selezionate da specie autoctone e raccolte in prossimità delle aree di impianto.

La formazione del tappeto erboso dovrà essere effettuata con semina a spaglio o meccanica (idrosemina) di seme, secondo le caratteristiche plano-altimetriche del sito e secondo quanto previsto dagli elaborati progettuali.

La semina dovrà essere effettuata previa adeguata preparazione del letto di semina mediante lavorazione del terreno con l'impiego di mezzi meccanici fino alla profondità di cm.20, asporto di eventuali materiali di risulta presenti nel terreno o possibile reinterro di corpi pietrosi, eventuale apporto di terriccio humizzato, concimazione presemina, spandimento manuale o meccanico di adeguato miscuglio di graminacee e leguminose, rastrellatura di copertura del seme, rullatura.

Sarà cura dell'Appaltatore fornire sementi selezionate, di ottima qualità e rispondenti per genere, specie e percentuali a quanto indicato negli elaborati progettuali.

La fornitura dovrà avvenire in confezioni originali, munite di certificazioni di identità ed autenticità e recanti l'indicazione del grado di purezza e di germinabilità e della data sia di confezionamento che di scadenza, così come stabilito dalle normative vigenti.

Allo scopo di evitare possibili alterazioni o deterioramenti delle sementi, l'Appaltatore dovrà provvedere al loro immagazzinamento, fino alla data di seminagione, in locali freschi e privi di umidità.

Il miscuglio dovrà rispondere alle indicazioni progettuali o, in casi particolari, dovrà avvenire secondo le indicazioni della Direzione Lavori.

La scelta e la formulazione di miscugli non disponibili in commercio, dovrà essere concordata ed avvenire alla presenza della Direzione Lavori.

La Direzione Lavori verificherà l'attecchimento e la omogeneità e continuità del tappeto erboso dopo il secondo taglio che sarà eseguito a cura e spese dell'Appaltatore.

#### *C.7.2 SPECIE A PORTAMENTO ARBOREO*

Gli esemplari arborei di fornitura dovranno presentare portamento e dimensioni rispondenti alle esigenze progettuali e tipici della specie, della varietà e dell'età al momento della loro messa a dimora; dovranno, inoltre, essere state specificatamente allevate in funzione dell'impiego previsto (alberature stradali, filari, esemplari isolati od a gruppi, ecc.).

Le essenze dovranno essere caratterizzate da una parte aerea a portamento e forma regolari, da uno sviluppo robusto e non filato che dimostri una crescita non troppo rapida a seguito di una eccessiva densità di coltivazione in vivaio o a causa di un terreno troppo irrigato o concimato.

Il fusto e le branche principali dovranno essere esenti da deformazioni, capitozzature, ferite di qualsiasi origine e tipo, grosse cicatrici o segni conseguenti ad urti, grandine, scortecciamenti, legature, ustioni conseguenti ad esposizione al sole, cause meccaniche in genere.

La chioma dovrà presentarsi ben ramificata, uniforme ed equilibrata per simmetria e per distribuzione delle branche principali e secondarie.

L'apparato radicale dovrà presentarsi sempre ben accestito, ricco di piccole ramificazioni e di radici capillari fresche e sane, e dovrà essere racchiuso in zolla rivestita (juta, rete metallica, fitocella, plant-plast, air-plant ecc.) proporzionata in funzione delle dimensioni delle essenze.

Le piante non dovranno mostrare i sintomi di attacchi parassitari in corso o passati.

Le zolle dovranno essere imballate con apposito involucro degradabile (juta, teli di plastica, ecc.) e rinforzato; nel caso in cui le piante superino i 3-4 metri di altezza, alla zolla dovrà essere applicata una rete metallica ossidabile di protezione, la terra dovrà presentarsi ben compatta, aderente alle radici, priva di crepe evidenti e dovrà presentare una struttura ed una tessitura tali da non determinare condizioni di asfissia.

Il diametro del fusto indicato negli elaborati progettuali dovrà essere misurato a m 1,00 dal colletto, l'altezza dovrà essere proporzionata al diametro sia della chioma che del fusto, secondo le caratteristiche della specie.

Ogni essenza arborea dovrà essere stata sottoposta, in vivaio, ad almeno due trapianti l'ultimo dei quali dovrà essere stato eseguito nel periodo precedente gli ultimi tre cicli vegetativi.

Nella fornitura dovrà essere compreso:

- lo scavo delle buche che dovranno essere dimensionate in rapporto alle dimensioni, alle caratteristiche ed alle esigenze delle specie prescelte;
- la formazione del drenaggio con ciottoli di fiume o pietrame;
- la concimazione di fondo con letame ben maturo miscelato a terreno vegetale ed a sabbia di fiume;
- la messa a dimora delle essenze;
- il reinterro;
- l'allontanamento dei materiali di risulta, la fertilizzazione organica o minerale;
- la tutorazione con pali di pino silvestre trattati a pressione, picchetti di ancoraggio del medesimo materiale e cinghie di plastica ad occhielli;
- la formazione della conca o tazza;
- la prima annaffiatura;
- la garanzia di attecchimento con relativa manutenzione per mesi 24 (ventiquattro) comprensiva delle annaffiature, delle eventuali potature di allevamento, dei trattamenti fitosanitari, delle concimazioni e della sostituzione delle piante devitalizzate.

La prima annaffiatura delle piante deve avvenire tassativamente entro il giorno successivo alla loro messa a dimora.

Le essenze fornite a radice nuda, andranno trapiantate esclusivamente nei mesi invernali e dovranno presentare un numero adeguato di radici principali e secondarie: la loro messa a dimora dovrà avvenire nel giro di 2-3 giorni dalla loro preparazione, avendo cura di mantenere il colletto fuori dal terreno.

Le essenze fornite in zolla devono anch'esse essere messe a dimora entro 2-3 giorni dalla loro zollatura, che dovrà essere avvenuta nel periodo più idoneo che può variare a seconda delle specie dalla stagione invernale (specie caducifoglie) alla tarda primavera (specie sempreverdi, conifere e palmacee).

Particolare cura si dovrà porre durante le operazioni di messa a dimora nel non rovinare o rompere in alcun modo le zolle: in caso contrario, l'Appaltatore dovrà sostituire immediatamente la pianta o le piante le cui zolle avessero subito danni.

Nel caso non fosse possibile, per qualunque ragione, l'immediata messa a dimora delle essenze, l'Appaltatore dovrà, a sue spese, immagazzinare le piante in cantiere avendo cura di proteggere le zolle e le radici coprendole con terreno sciolto ed irrigando di tanto in tanto per impedirne un'eccessiva disidratazione. Non appena saranno venuti meno gli impedimenti, l'Appaltatore procederà all'immediata messa a dimora delle piante. In ogni caso, restano fermi gli obblighi dell'Appaltatore rispetto alla garanzia di attecchimento.

Le piante fornite in contenitore, possono rimanere immagazzinate in cantiere per brevi periodi, a patto che l'Appaltatore, a sue spese, proceda alla loro manutenzione, in particolare irrigandole secondo necessità e secondo andamento stagionale. Queste piante dovranno presentare un apparato radicale ben sviluppato, che abbia "girato" attorno al pane di terra, ricco di radici capillari, privo di malformazioni e senza strozzature dovute ad un periodo troppo lungo di permanenza nel medesimo contenitore.

Per quanto riguarda le piante allevate per lungo tempo in vaso interrato, queste potranno essere trapiantate esclusivamente durante i mesi invernali.

In ogni caso la Direzione Lavori si riserva di accettare forniture che, a Suo insindacabile giudizio, risultassero non rispondenti ai requisiti richiesti.

### *C.7.3 SPECIE A PORTAMENTO ARBUSTIVO*

Le specie arbustive dovranno presentare chiome equilibrate ed uniformi, dovranno essere caratterizzate, qualunque siano le caratteristiche specifiche (la foglia decidua o sempreverdi) dalla presenza di almeno tre fusti a partire dal colletto, da un portamento non filato e da un apparato radicale ricco di piccole ramificazioni e di radici capillari fresche e sane.

Le essenze dovranno essere racchiuse in appositi contenitori (Plant-Plast, Airplant, ecc.) o in zolle che presentino caratteristiche simili a quanto descritto in relazione alle essenze arboree.

I contenitori dovranno essere proporzionati alle dimensioni delle essenze e tali da consentire un adeguato sviluppo dell'apparato radicale con spiccato geotropismo positivo.

Nella fornitura dovrà essere compreso:

- lo scavo delle buche di dimensioni minime di m 0,50 x m 0,50 x m 0,70 e comunque non inferiori al doppio del diametro della zolla della pianta, la formazione del drenaggio con ciottoli di fiume o pietrame;
- la concimazione di fondo con letame ben maturo miscelato a terreno vegetale e sabbia di fiume;
- la messa a dimora delle essenze;
- il reinterro;
- l'allontanamento dei materiali di risulta, la fertilizzazione organica o minerale;
- l'eventuale tutorazione con pali di pino silvestre trattati in autoclave, picchetti di ancoraggio del medesimo materiale e cinghie di plastica ad occhielli;
- la formazione della conca o tazza;
- la prima annaffiatura;
- la garanzia di attecchimento con relativa manutenzione per mesi 12 (dodici) comprensiva delle annaffiature, delle eventuali potature di allevamento, dei trattamenti fitosanitari, delle concimazioni e della sostituzione delle piante devitalizzate.

La prima annaffiatura delle piante deve avvenire tassativamente entro il giorno successivo alla loro messa a dimora.

Gli esemplari forniti in zolla devono anch'essi essere messe a dimora entro 2-3 giorni dalla loro zollatura, che dovrà essere avvenuta nel periodo più idoneo che può variare a seconda delle specie della stagione invernale (specie caducifoglie) alla tarda primavera (specie sempreverdi, conifere e palmacee).

Particolare cura si dovrà porre durante le operazioni di messa a dimora nel non rovinare o rompere in alcun modo le zolle: in caso contrario, l'Appaltatore dovrà sostituire immediatamente la pianta o le piante le cui zolle avessero subito danni.

Nel caso non fosse possibile, per qualunque ragione, l'immediata messa a dimora delle suddette essenze, l'Appaltatore dovrà, a sue spese, immagazzinare le piante in cantiere avendo cura di

proteggere le zolle e le radici coprendole con terreno sciolto ed irrigando di tanto in tanto per impedirne un'eccessiva disidratazione. Non appena saranno venuti meno gli impedimenti, l'Appaltatore procederà all'immediata messa a dimora delle piante. In ogni caso, restano fermi gli obblighi dell'Appaltatore rispetto alla garanzia di attecchimento.

Le piante fornite in contenitore, possono rimanere immagazzinate in cantiere per brevi periodi, a patto che l'Appaltatore, a sue spese, proceda alla loro manutenzione, in particolare irrigandole secondo necessità e secondo l'andamento stagionale. Queste piante dovranno presentare un apparato radicale ben sviluppato, che abbia "girato" attorno al pane di terra, ricco di radici capillari, privo di malformazioni e senza strozzature dovute ad un periodo troppo lungo di permanenza nel medesimo contenitore.

Per quanto riguarda le piante allevate per lungo tempo in vaso interrato, queste potranno essere trapiantate esclusivamente durante i mesi invernali.

In ogni caso la Direzione Lavori si riserva di accettare forniture che, a Suo insindacabile giudizio, risultassero non rispondenti ai requisiti richiesti.

#### *C.7.4 SPECIE TAPPEZZANTI*

Le specie tappezzanti dovranno essere fornite in vaso o fitocella o a radice nuda (purché di giovane età e di limitate dimensioni) attenendosi a quanto indicato dagli elaborati progettuali; nel caso di fornitura in contenitore le radici dovranno essere pienamente compenetrare nel substrato di coltura e senza fuoriuscita dal contenitore stesso.

Le essenze dovranno essere caratterizzate da un portamento basso e/o strisciante, dovranno presentarsi compatte ed espanse, essere esenti da malattie ed avere un apparato radicale sano e conformato, dovranno, inoltre, presentare una buona capacità di copertura che sarà garantita sia dalla presenza di ramificazioni uniformi che da una elevata densità di impianto.

Nella fornitura dovranno essere compresi:

- la lavorazione del terreno fino ad una profondità di almeno 40 cm;
- lo scavo delle buche di dimensioni minime di m 0,20 x m 0,20 x m 0,30 e comunque di diametro e profondità almeno doppi rispetto alle dimensioni della zolla delle piante;
- la formazione del drenaggio con ciottoli di fiume o pietrame;
- la concimazione di fondo con letame ben maturo miscelato a terreno vegetale e sabbia di fiume;
- la messa a dimora delle essenze;
- il reinterro;
- la potatura di formazione;
- la fertilizzazione organica o minerale;
- l'allontanamento dei materiali di risulta;
- la prima innaffiatura;
- la garanzia di attecchimento con relativa manutenzione per mesi 12 (dodici) comprensiva delle annaffiature, delle eventuali potature di allevamento, dei trattamenti fitosanitari, delle concimazioni e della sostituzione delle piante devitalizzate.

La prima annaffiatura delle piante deve avvenire tassativamente entro il giorno successivo alla loro messa a dimora.

In ogni caso la Direzione Lavori si riserva di accettare forniture che, a Suo insindacabile giudizio, risultassero non rispondenti ai requisiti richiesti.

#### **C.7.5 SEMENTI**

La fornitura di sementi da parte dell'Impresa dovrà avvenire nel rispetto delle normative vigenti in materia, statali e comunitarie, ed in particolare impiegando materiale rispondente alle disposizioni descritte nella Legge 25 novembre 1971, n. 1096, Legge 20 aprile 1976, n. 195, DPR 8 ottobre 1973, n. 1065 oltre eventuali Leggi e regolamenti regionali.

I prodotti scelti si dovranno presentare in contenitori sigillati muniti delle certificazioni richieste dalle normative citate, e dovranno riportare indicazioni su:

- specie;
- grado di purezza;
- germinabilità;
- date di confezionamento e di scadenza delle sementi.

Sono da evitare le forniture di sementi sfuse non controllabili riguardo agli elementi indicati.

Eventuali mescolanze tra le sementi per adeguarsi alle specifiche di progetto, dovranno sempre partire da specie pure e rispettare le percentuali fissate (in genere in termini di peso).

### **D PRESCRIZIONI TECNICHE DI INIZIO LAVORI**

#### **D.1 SOPRALLUOGHI E ACCERTAMENTI PRELIMINARI**

Prima di procedere alla installazione del cantiere, l'Impresa appaltatrice, coadiuvata da Tecnici all'uopo nominati dall'Appaltante, dovrà procedere ad effettuare un sopralluogo accurato alle aree oggetto degli interventi.

Il sopralluogo dovrà consentire di verificare preliminarmente gli ambiti fisici di lavoro (con eventuale individuazione, tramite segni grafici cancellabili, di particolari punti nelle infrastrutture edilizie o di urbanizzazione primaria, che possono risultare di riferimento per l'agevolazione del lavoro), e di accertare le aree soggette a misure di salvaguardia o di particolare tutela (paragrafo seguente).

#### **D.2 RILIEVO, INVENTARIO E MISURE DI SALVAGUARDIA DELLE PIANTE ESISTENTI**

Come evidenziato al termine del paragrafo precedente, l'Impresa e l'ente appaltante hanno il compito di individuare ed inventariare tutti gli ambiti naturali o le singole piante soggetti a tutela durante l'esecuzione dei lavori.

Sono a carico dell'Impresa le misure di salvaguardia relative agli ambiti precedentemente e consensualmente individuati.

#### **D.3 NORME DI SICUREZZA - EQUIPAGGIAMENTO DEL PERSONALE**

Tutti i lavori oggetto del presente appalto dovranno essere condotti nel rispetto delle norme generali di sicurezza. A tale proposito l'Impresa appaltatrice dovrà dimostrare:



1. di avere provveduto, in ottemperanza ai contenuti del D.Lgs. 626/94, alla nomina di un Responsabile interno addetto alla sicurezza;
2. di avere in dotazione per il personale impiegato, in relazione alle varie mansioni, il necessario equipaggiamento protettivo (caschi, tute, guanti e stivali rinforzati, ecc.);
3. di averne addestrato all'impiego il personale citato;
4. di avere a disposizione, per l'esecuzione dei lavori, mezzi e attrezzature moderne, controllate e collaudate;
5. di avere disposto, quando se ne ravvisi la necessità a favore del personale impiegato in mansioni particolarmente rischiose per l'incolumità fisica, una forma di assicurazione integrativa.

#### **D.4 LIMITAZIONI ALLA CIRCOLAZIONE PEDONALE E VEICOLARE - SEGNALETICA**

Nel caso in cui si debba procedere ad effettuare limitazioni alla circolazione pedonale, l'Impresa dovrà predisporre l'installazione dell'idonea cartellonistica di segnalazione di pericolo, nonché, di tutti gli elementi infrastrutturali, come passerelle, eventualmente necessari.

Nel caso in cui si debba procedere ad una limitazione della circolazione veicolare pubblica, l'Impresa appaltatrice, oltre agli obblighi di idonea segnalazione previsti, ha il compito di assicurare, tramite il collegamento diretto e coordinato con gli organi pubblici di vigilanza (p. es. tramite il servizio di Polizia Municipale), il mantenimento di un sufficiente livello di flusso veicolare, in relazione alle varie condizioni di traffico.

Tutti i segnali adottati dovranno essere rigorosamente conformi a tipi e dimensioni prescritti dal regolamento di esecuzione del codice della strada, e a quanto richiesto dalle Circolari del Ministero Lavori Pubblici.

### **E PRESCRIZIONI PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

#### **E.1 LAVORAZIONI PRELIMINARI**

L'Appaltatore dovrà procedere alle lavorazioni del terreno attraverso l'impiego di mezzi meccanici ed attrezzature specifiche secondo le caratteristiche di lavorazione previste in fase progettuale.

Nel corso di tali lavorazioni tutti i sassi e le pietre dovranno essere interrati attraverso l'uso di idoneo interrassassi e gli eventuali ostacoli sotterranei che potrebbero impedire la corretta esecuzione delle specifiche lavorazioni dovranno essere rimossi. Le lavorazioni dovranno essere effettuate esclusivamente con terreno "in tempera".

Nel caso in cui si riscontrassero ostacoli naturali di rilevanti dimensioni difficilmente rimovibili oppure manufatti sotterranei di qualsiasi natura non segnalati negli elaborati progettuali (cavi, fognature, tubazioni, ecc.) l'Appaltatore dovrà tempestivamente interrompere i lavori e chiedere specifiche istruzioni alla Direzione Lavori.

Durante la lavorazione l'Appaltatore dovrà aver cura di non danneggiare la vegetazione arbustiva ed arborea esistente.

Ogni danno conseguente alla mancata osservanza di queste norme dovrà essere riparato o risarcito a cura e spese dell'Appaltatore.

## E.2 AMMENDAMENTO O FERTILIZZAZIONE DI FONDO DEL TERRENO. IMPIEGO DI FITOFARMACI E DISERBANTI

Dopo aver effettuato le specifiche lavorazioni preliminari, l'Appaltatore dovrà procedere ad incorporare nel terreno tutte le sostanze eventualmente necessarie ad ottenere la correzione, l'ammendamento e la fertilizzazione di fondo dello stesso, dovrà inoltre procedere alla eventuale somministrazione di fitofarmaci e/o di diserbanti.

I trattamenti previsti attraverso l'impiego di prodotti fitofarmaci e/o diserbanti, dovranno essere eseguiti tempestivamente e da personale specializzato che dovrà attenersi per il loro impiego alle istruzioni impartite dalla casa produttrice ed alle normative vigenti in materia, sempre sotto il diretto controllo della Direzione Lavori.

Nel caso fosse necessario ricorrere a prodotti fitosanitari di I e II classe, il personale dovrà essere munito di idonea autorizzazione rilasciata dagli Organi Competenti.

L'Appaltatore dovrà adottare tutte le misure preventive atte ad evitare danni alle persone ed alle cose.

## E.3 TRACCIAMENTI E PICCHETTATURE

Prima della messa a dimora delle essenze e dopo aver provveduto a tutte le operazioni di preparazione agraria del terreno, l'Appaltatore dovrà procedere a segnare con picchetti l'esatta collocazione di ciascuna essenza ed a tracciare l'andamento delle siepi e dei filari.

Non potranno essere iniziate le lavorazioni successive prima che la Direzione Lavori abbia approvato la picchettatura.

## E.4 PREPARAZIONE DELLE BUCHE E DEI FOSSI

Buche di piantumazione per alberi e arbusti dovranno essere predisposte smovendo e asportando il terreno sino alla profondità necessaria

Le buche ed i fossi necessari alla piantumazione delle specie vegetali, dovranno presentare dimensioni in rapporto alla grandezza delle essenze da mettere a dimora, ovvero circa il doppio del diametro e dell'altezza delle zolle delle piante. Inoltre, a titolo di prescrizione generale, la profondità di scavo dovrà consentire una messa a dimora delle piante in modo che il livello uniforme di progetto del terreno e il colletto dei fusti si trovino alla stessa quota.

Se avviene una piantumazione di alberi di grandi dimensioni forniti ex novo in zolla da vivaio, per dimensionare adeguatamente le buche andranno considerati: lo spazio per il loro ingombro, la necessità di agevolare il naturale assestamento delle piante sotto il suo peso e la possibilità di apportarvi un conveniente strato di ghiaia drenante, terriccio, concime organico, ecc.

Se verranno messe a dimora piante arboree e arbustive a radice nuda, le dimensioni della buca dovranno permettere un ordinato ed agevole collocamento degli apparati radicali, che non devono essere danneggiati.

Nel caso di terreni argillosi, le superfici di scavo non dovranno presentare superfici lisce, "a specchio", ma dovranno essere scalfite e rimosse con vanga o zappa, per consentire alle future radici di penetrare meglio nel terreno.

Dette operazioni devono essere effettuate su terreno "in tempera".

Se le piante verranno messe a dimora in tempi successivi oppure, qualora già scavate le buche, le piantumazioni dovranno essere differite, ad evitare pericoli per l'incolumità di persone e mezzi,

l'Appaltatore dovrà ricolmare le buche con la stessa terra, avendo cura di invertire gli strati e di non costiparla.

Tutto il materiale proveniente dalle operazioni di scavo, se non riutilizzato o non ritenuto idoneo a giudizio della Direzione Lavori, dovrà essere allontanato dall'area di cantiere e trasportato alla pubblica discarica o su aree autorizzate allo scopo.

Durante l'esecuzione degli scavi l'Impresa dovrà porre la massima attenzione all'eventuale presenza di cavi e tubazioni sotterranee, interrompendo i lavori e informandone, in caso positivo, la Direzione Lavori, con la quale si concorderanno la migliore collocazione delle piante e gli altri interventi necessari. L'Appaltatore dovrà inoltre assicurarsi che nell'area in cui le essenze svilupperanno gli apparati radicali non siano presenti ristagni di umidità e dovrà provvedere affinché lo scolo delle acque superficiali avvenga in maniera corretta.

#### E.5 APPORTO DI TERRA DI COLTIVO

Prima di procedere a qualsiasi operazione di impianto o di semina, l'Appaltatore, in accordo con la Direzione Lavori, dovrà verificare che il terreno presente abbia caratteristiche idonee alle piantumazioni da eseguire; in caso contrario si dovrà provvedere all'apporto di terra di coltivo in quantità sufficiente alla formazione di uno strato di spessore adeguato per i diversi impianti da effettuare, ed al riempimento delle buche e dei fossi realizzati per la piantumazione di alberi ed arbusti, curando che vengano frantumate tutte le zolle e gli ammassi di terra.

Il terreno di nuova fornitura, di medio impasto, dovrà esser privo di materiali grossolani quali pietre, radici, etc. e dovrà provenire esclusivamente da sbancamenti superficiali, fino ad un massimo di cm.20 di profondità.

La terra di coltivo rimossa ed accantonata durante le operazioni preliminari di scavo (vedi paragrafo C.1) sarà utilizzata, in accordo con la Direzione Lavori, insieme a quella apportata.

#### E.6 PREPARAZIONE DEL TERRENO PER LA REALIZZAZIONE DI TAPPETI ERBOSI

Per una corretta preparazione del terreno destinato alla formazione di tappeto erboso, l'Appaltatore dovrà eseguire una pulizia delle aree provvedendo alla rimozione di tutti i materiali che possono compromettere la formazione di un letto di terra di coltivo fine ed uniforme.

Dopo aver provveduto alle operazioni descritte ai paragrafi E.1 ed E.2, il terreno dovrà essere livellato e rastrellato allo scopo di eliminare qualsiasi ondulazione, buca od avvallamento; gli eventuali residui di rastrellatura dovranno essere allontanati tempestivamente dall'area di cantiere.

Dette operazioni devono essere sempre effettuate con terreno *in tempera*.

#### E.7 MESSA A DIMORA DEGLI ESEMPLARI

L'Appaltatore, prima della messa a dimora delle essenze, dopo aver provveduto all'esecuzione di tutte le operazioni atte a garantire il regolare smaltimento delle acque, dovrà eseguire una lavorazione del terreno consistente in un'aratura a profondità variabile in funzione della tipologia di impianto, in un'erpatura ripetuta fino al completo sminuzzamento o, su superfici di limitate estensioni, in una vangatura, avendo cura in ogni caso di eliminare sassi, pietre o materiali che possano impedire una corretta esecuzione dei lavori.

In occasione delle lavorazioni di preparazione, da effettuarsi sempre su terreno "in tempera", prima della messa a dimora delle essenze, saranno effettuate, a cura e spese dell'Appaltatore, opportune analisi chimiche del terreno sulla base delle quali la Direzione Lavori potrà procedere all'approvazione della composizione e delle quantità dei prodotti utilizzabili per la realizzazione di una concimazione di fondo da effettuarsi attraverso la somministrazione di idonei fertilizzanti minerali e/o organici.

Oltre alla fertilizzazione di preimpianto, l'Appaltatore dovrà anche effettuare opportune fertilizzazioni in copertura, secondo le indicazioni della Direzione Lavori.

Le buche od i fossi necessari per la messa a dimora delle essenze dovranno essere predisposte prima dell'arrivo delle essenze vegetali e presentare dimensioni il più ampie possibili in rapporto alle dimensioni delle essenze da piantumare e, comunque, con larghezza e profondità pari almeno a due volte il diametro della zolla.

Durante l'esecuzione delle lavorazioni necessarie alla preparazione delle buche e dei fossi l'Appaltatore dovrà assicurarsi che non siano presenti ristagni d'acqua in corrispondenza delle aree di sviluppo delle radici, in caso contrario dovrà provvedere a sua cura e spese attraverso l'esecuzione di idonee opere idrauliche (scoli, drenaggi).

Nel caso in cui, dopo la preparazione delle buche e dei fossi, il terreno non si presenti idoneo all'impianto da effettuare l'Appaltatore, in accordo con la Direzione Lavori, dovrà procedere alla realizzazione di un opportuno substrato di coltivazione.

Prima della messa a dimora delle essenze, la buca dovrà essere parzialmente riempita in modo tale che le essenze possano essere collocate su di uno strato di fondo di spessore adeguato alle dimensioni sia della zolla che dell'apparato radicale delle diverse specie, costituito da un vespaio di ciottoli di fiume o pietrame di diversa granulometria ricoperto da uno strato di terreno vegetale misto a letame ben maturo e sabbia di fiume in parti uguali.

Una volta messe a dimora le essenze, ben dritte, si potrà procedere al riempimento delle buche avendo cura di costipare bene il terreno contro le zolle sia sul fondo che di lato, in modo che non rimangano sacche di terra che potrebbero favorire l'insorgenza di patologie radicali. Si dovrà inoltre avere cura che le essenze non presentino radici allo scoperto né risultino, una volta assestatosi il terreno, interrare al livello del colletto. Tutte queste operazioni andranno effettuate senza danneggiare le zolle o gli apparati radicali delle piante.

A giudizio della DIREZIONE LAVORI, prima del riempimento definitivo della buca, le alberature che abbiano bisogno di sostegno dovranno essere rese stabili tramite l'utilizzo di pali di sostegno, ancoraggi o legature eseguiti in modo da evitare danni alle piante.

In ogni caso il collegamento tra la pianta ed i sostegni andrà realizzato a regola d'arte attraverso l'impiego di opportuni sistemi di protezione del tronco che tengano conto del successivo sviluppo dell'essenza.

Dopo aver provveduto al riempimento totale delle buche, attorno alla base delle essenze dovranno essere realizzate opportune conche di irrigazione allo scopo di favorire la bagnatura della zolla; si procederà, inoltre, entro il giorno successivo alla messa dimora, ad effettuare un primo annaffiamento che favorirà la ripresa della pianta e faciliterà il costipamento e l'assestamento della terra di coltivo attorno alle radici ed alle zolle.

Sarà cura e onere dell'Appaltatore, nel caso in cui in seguito all'annaffiatura si aprissero buche o avvallamenti nelle conche, di riportare altro terreno vegetale al fine di ripristinare la situazione ottimale.

Infine, in particolare per quelle essenze che saranno fornite a radice nuda o in zolla, potrà essere opportuno, in accordo con la Direzione Lavori, effettuare una leggera potatura o spuntatura dei rami, a seconda delle specie, del periodo dell'anno e dell'andamento stagionale; detta potatura dovrà essere più forte sulle piante fornite a radice nuda, per riequilibrare la chioma all'apparato radicale residuo. In seguito alle potature si dovrà procedere, a spese dell'Appaltatore, alla disinfezione dei tagli con prodotti fungistatici ed alla loro protezione con mastici naturali.

La messa a dimora delle essenze arboree ed arbustive, in accordo con la Direzione Lavori, potrà essere effettuata in un periodo dell'anno giudicato idoneo dall'Appaltatore che rimarrà comunque responsabile del buon attecchimento e sarà tenuto alla sostituzione delle fallanze e delle essenze che per qualsiasi ragione non avessero attecchito.

Lo spostamento di alberature in altro sito avverrà con la tecnica dell'incassettamento ovvero operando la preparazione delle zolle nel periodo idoneo (primavera) lasciando le piante nella loro sede con la zolla preparata e racchiusa da una cassa di legno o da una rete metallica a da apposito telo, per poi spostarle durante il successivo periodo invernale.

Questa tecnica consente alla pianta di produrre un buon capillizio radicale all'interno della zolla preparata, sufficiente alla pianta stessa, per l'assorbimento dell'acqua e degli elementi nutritivi nel momento in cui verrà trapiantata e quindi perderà buona parte delle radici profonde o del fittone.

#### **E.8 MESSA A DIMORA DELLE ESSENZE TAPPEZZANTI, ERBACEE, RAMPICANTI O RICADENTI**

La messa a dimora di tali essenze dovrà avvenire dopo la realizzazione di buche e fossi realizzate in funzione delle dimensioni delle zolle o dei contenitori di fornitura.

La preparazione delle buche e le modalità di messa a dimora dovranno essere analoghe a quanto descritto in precedenza.

L'Appaltatore sarà tenuto a completare la piantumazione di essenze rampicanti o ricadenti legandone i getti, dove necessario, ad apposite strutture di sostegno o alle recinzioni previste in fase progettuale, in maniera tale da guidarne lo sviluppo ed ottenere i migliori risultati in relazione agli scopi delle piantumazioni.

#### **E.9 FORMAZIONI DEL TAPPETO ERBOSO**

La formazione del tappeto erboso dovrà avvenire dopo la messa a dimora di tutte le essenze (in particolar modo di quelle arboree, arbustive e tappezzanti) e dopo la realizzazione di tutte le opere murarie, delle attrezzature e degli arredi previsti dal progetto.

Dopo aver provveduto alla lavorazione superficiale del terreno, mediante aratura a 30 cm. ed erpicatura incrociata, sempre con terreno "in tempera", si dovrà provvedere all'eliminazione dal terreno, per interrimento meccanico, di tutti i materiali estranei ed i ciottoli eventualmente presenti; successivamente si procederà alla somministrazione di fertilizzanti preseminali ad alto titolo fosforo.

Le quantità e le caratteristiche di tali fertilizzanti verranno concordati di volta in volta con la Direzione Lavori in base alle risultanze delle analisi chimiche del terreno effettuate a cura ed a spese dell'Appaltatore.

La semina dovrà essere effettuata a spaglio manuale, in aree inaccessibili ai mezzi meccanici, o meccanica e dovrà effettuarsi in condizioni stagionali ottimali, l'Appaltatore dovrà, inoltre, provvedere alla risemina in corrispondenza di tutte le aree dove la germinazione non dovesse risultare regolare ed uniforme.

A semina eseguita, dovrà essere effettuata la ricopertura del seme mediante l'utilizzo di rastrelli a mano o di erpici, il terreno dovrà quindi essere rullato in modo leggero con apposita attrezzatura e si dovrà procedere ad una tempestiva irrigazione.

Successivamente verranno somministrati in copertura concimi ad alto titolo di azoto a lenta cessione (titolo indicativo 20-10-10) durante la stagione primaverile e concimi ad alto titolo di potassio (titolo indicativo 10-5-20) durante la stagione autunnale.

La somministrazione dei fertilizzanti dovrà essere effettuata con apposito macchinario manuale o trainato ed il riempimento della tramoggia dovrà svolgersi al di fuori del tappeto erboso, su un'area cementata o pavimentata.

A lavorazioni ultimate ed alla data di collaudo il grado di copertura dovrà risultare a densità uniforme e non dovrà presentare vuoti, non dovrà riscontrarsi la presenza di erbe infestanti o sassi superiore ai limiti di tolleranza, il tappeto erboso dovrà essere esente da malattie e non dovranno riscontrarsi avvallamenti dovuti all'assestamento del terreno o ad altre cause.

#### E.10 FORMAZIONE DEL FRAGMITETO

La sistemazione prevede la costruzione di un canneto monospecifico a *Phragmites australis* ottenuto attraverso la posa di materiale di propagazione, rizomi, di provenienza locale e certificati.

L'impianto verrà realizzato seguendo le indicazioni derivate da

*Guida per il trapianto di canneto e fanerogame acquatiche* (ISPRA 2019)

*Linee guida per la ricostruzione di aree umide per il trattamento di acque superficiali* (ISPRA 2002)

Ai fini della costruzione del fragmiteto, il materiale di propagazione verrà prelevato da zone dove il canneto è ben sviluppato, diradando i prelievi in modo da non depauperare l'area di espianto.

Le zolle, di circa 10-15 cm di lato, saranno prelevate manualmente cercando di mantenere radici e rizomi intatti; la profondità della zolla varierà in funzione della stagione e deve considerare e prevenire, il rischio di disseccamento.

La zolla prelevata, prima del reimpianto, sarà mondata delle parti morte e delle canne troppo sviluppate, alcune verranno lavorate per ricavarne i rizomi, cercando di mantenerne intatta la parte radicale.

Le zolle da trapiantare e/o i rizomi saranno trasportati in giornata presso il sito di trapianto dove verranno messi a dimora in piccole buche poi ricoperte.

Si prevede di eseguire l'impianto in più anni successivi, per patch distanziate tra loro di circa 10 m, mettendo a dimora complessivamente circa 35.000 tra piante in zolla e rizomi.

L'impianto nel sesto della singola patch prevede una distanza di impianto dei rizomi di circa 0,30x0,30 m per circa 11 esemplari al mq posizionando i rizomi ad un'altezza tra -10 e + 10 cm sul livello medio dell'acqua.

Le azioni di trapianto inizieranno in autunno e potranno essere suddivise in più anni, a partire dallo stesso periodo, in modo da creare vari punti di innesco per la propagazione della specie che si avrà per via naturale, per accrescimento dei rizomi e per autosemina

. Nell'ultimo anno disponibile per l'impianto di progetto si interverrà con trapianti mirati nelle aree dove gli attecchimenti avranno avuto minor successo.



Le attività, in tutte le loro fasi e i luoghi di prelievo dovranno essere autorizzati dal Biologo Naturalista in accordo con la Direzione Lavori

#### **F MANUTENZIONE DELLE OPERE A VERDE**

Per la manutenzione e le pratiche colturali di tutte le opere a verde si rimanda allo specifico elaborato *Piano di manutenzione delle opere a verde*.