

COMUNE DI VEGGIANO

Provincia di Padova

PROGETTO ESECUTIVO:

ABBATTIMENTO DELLE BARRIERE ARCHITETTONICHE CON
MESSA IN SICUREZZA E RISTRUTTURAZIONE DELLA
BANCHINA STRADALE ESISTENTE E RIFACIMENTO
DELL'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE LUNGO LA S.P. 38
"SCAPACCHIO" VIA SAN MARTINO DAL Km 6+060 AL CONFINE
CON IL COMUNE DI CERVARESE SANTA CROCE

Elaborato:

Capitolato Speciale d'Appalto - Parte Tecnica

Committente:

COMUNE DI VEGGIANO

PIAZZA F. ALBERTI, 1

35030 - VEGGIANO

Tel. 049 5089005 - Fax 049 5089025

lavoripubblici@comune.veggiano.pd.it

Data:

Febbraio 2022

A11. H2



Il PROGETTISTA:

ing. Damiano Zandonà

Via Molini 54 - 35030 Saccolongo (Pd)

Tel. 347/9692144

e-mail: damiano.zandonà@tin.it

Sommario

CAPITOLO 1 - QUALITA' E PROVENIENZA DEI MATERIALI, MODALITA' DI ESECUZIONE DI OGNI CATEGORIA DI LAVORO, ORDINE DA TENERSI NELL'ANDAMENTO DEI LAVORI	4
1.1 QUALITA' E PROVENIENZA DEI MATERIALI	4
1.2 OCCUPAZIONE, APERTURA E SFRUTTAMENTO DELLE CAVE	7
1.3 TRACCIAMENTI	7
1.4 SCAVI E RILEVATI IN GENERE	7
1.5 RILEVATI COMPATTATI	8
1.6 RILEVATI E RINTERRI ADDOSSATI ALLE MURATURE, RIEMPIMENTI CON PIETRE	9
1.7 SCAVI DI SBANCAMENTO	9
1.8 SCAVI DI FONDAZIONE	9
1.9 PRECAUZIONI NELL'USO DELLE MINE	10
1.10 ARMATURE E SBADACCHIATURE SPECIALI PER GLI SCAVI DI FONDAZIONI	11
1.11 PARATIE O CASSERI IN LEGNAME PER FONDAZIONI	11
1.12 PALIFICAZIONI	11
1.12.1 PALIFICAZIONE IN LEGNO	11
1.12.2 PALIFICAZIONE CON PALI IN CEMENTO ARMATO FORMATI FUORI OPERA	11
1.12.3 PALIFICAZIONE CON PALI BATTUTI FORMATI IN OPERA	12
1.12.4 PALIFICAZIONE ESEGUITA IN OPERA CON TUBO INFISSO (PALI TRIVELLATI)	13
1.12.5 PROVE SUI PALI	13
1.13 MALTE E CONGLOMERATI	14
1.14 MURATURA DI PIETRE A SECCO	15
1.15 MURATURA DI PIETRE CON MALTA	15
1.16 PARAMENTI PER LE MURATURE DI PIETRE	16
1.17 MURATURE IN PIETRE TENERE	16
1.18 MURATURE DI MATTONI	16
1.19 MURATURE MISTE	17
1.20 PIETRA DA TAGLIO	17
1.21 MURATURE DI GETTO O CALCESTRUZZI	17
1.22 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO ARMATO E CEMENTO ARMATO PRECOMPRESSO	18
1.23 COPERTURE A LASTRONI	19
1.24 RABBOCCATURE	19
1.25 DEMOLIZIONI	19
1.26 ACQUEDOTTI E TOMBINI TUBOLARI	19
1.27 STRATIFICAZIONE DI ASFALTO COLATO	21
1.28 DRENAGGI E FOGNATURE	21
1.29 GABBIONI E LORO RIEMPIMENTO	22
1.30 SCOGLIERE	22
1.31 ORDINE DA TENERSI NELL'ANDAMENTO DEI LAVORI	22
CAPITOLO 2 MATERIALI NON LEGATI O A LEGANTE IDRAULICO	23
2.1 STRATO DI FONDAZIONE IN MISTO GRANULOMETRICAMENTE STABILIZZATO	23
2.1.1 DESCRIZIONE	23
2.1.2 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE	23
2.1.3 STUDIO DELLA MISCELA IN LABORATORIO	24
2.1.4 MODALITÀ ESECUTIVE	24
2.1.5 CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE	25
2.2 STRATO DI FONDAZIONE (SOTTOBASE) IN MISTO CEMENTATO	25
2.2.1 DESCRIZIONE	25
2.2.2 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE	25
2.2.3 STUDIO DELLA MISCELA IN LABORATORIO	26
2.2.4 PREPARAZIONE E CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE IN FASE DI CONFEZIONAMENTO DELLA MISCELA	27
2.2.5 MODALITÀ ESECUTIVE	27
2.2.6 PROTEZIONE SUPERFICIALE	28
2.2.7 CONTROLLO DEI REQUISITI ED ACCETTAZIONE DELLE LAVORAZIONI	28
CAPITOLO 3 STABILIZZAZIONI IN SITO	29
3.1 STABILIZZAZIONE DI TERRENI NATURALI A CEMENTO	29
3.1.1 DESCRIZIONE	29
3.1.2 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE	29
3.1.3 STUDIO DELLA MISCELA IN LABORATORIO	30
3.1.4 MODALITÀ ESECUTIVE	30
3.1.5 NORME DI CONTROLLO DELLE LAVORAZIONI	31
3.1.6 PROTEZIONE SUPERFICIALE	31
3.2 TRATTAMENTO DELLE TERRE CON CALCE	31
3.2.1 GENERALITÀ	31
3.2.2 MATERIALI	31
3.2.3 STUDIO PRELIMINARE	32

3.2.4	IDENTIFICAZIONE DEL TERRENO	32
3.2.5	STUDIO DELLE MISCELE SPERIMENTALI	32
3.2.6	REALIZZAZIONE DEL CAMPO PROVA	33
3.2.7	SCELTA DELLA MISCELA DA UTILIZZARE	34
3.2.8	MODALITÀ DI ESECUZIONE E PRESCRIZIONI	34
3.2.9	APPROVVIGIONAMENTO E STOCCAGGIO DELLA CALCE.....	34
3.2.10	FASI ESECUTIVE	34
3.2.11	SCOTICO DEL TERRENO	35
3.2.12	PREPARAZIONE DEL TERRENO	35
3.2.13	SPANDIMENTO DELLA CALCE.....	35
3.2.14	MISCELAZIONE DELLA CALCE CON IL TERRENO.....	35
3.2.15	COMPATTAZIONE E FINITURA	36
3.2.16	CONTROLLI IN CORSO D'OPERA SUI MATERIALI	36
3.2.16.1	CALCE	36
3.2.16.2	TERRE E MISCELE.....	36
3.2.16.3	UMIDITÀ DEL TERRENO.....	36
3.2.16.4	FASI OPERATIVE.....	36
3.2.16.5	CONTROLLI SUL PRODOTTO FINALE.....	37
CAPITOLO 4 CONGLOMERATI BITUMINOSI A CALDO.....		38
4.1	CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATO DI BASE	38
4.1.1	DESCRIZIONE.....	38
4.1.2	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE	38
3.2.17	STUDIO DELLA MISCELA IN LABORATORIO.....	40
4.1.3	FORMAZIONE E CONFEZIONE DELLA MISCELA	40
4.1.4	POSA IN OPERA DELLA MISCELA	41
4.1.5	CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE DEI MATERIALI.....	41
4.1.6	CONTROLLO DEI REQUISITI ED ACCETTAZIONE DELLE LAVORAZIONI	41
4.2	CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATI DI COLLEGAMENTO E DI USURA TRADIZIONALI	42
4.2.1	DESCRIZIONE.....	42
4.2.2	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE.....	42
4.2.3	STUDIO DELLA MISCELA IN LABORATORIO	45
4.2.4	FORMAZIONE E CONFEZIONE DELLA MISCELA	45
4.2.5	POSA IN OPERA DELLA MISCELA	45
4.2.6	CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE DEI MATERIALI.....	45
4.2.7	CONTROLLO DEI REQUISITI ED ACCETTAZIONE DELLE LAVORAZIONI	45
4.3	CONGLOMERATO BITUMINOSO CONFEZIONATO CON BITUME MODIFICATO "HARD" PER STRATI DI COLLEGAMENTO	46
4.3.1	DESCRIZIONE.....	46
4.3.2	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE	46
4.3.3	STUDIO DELLA MISCELA IN LABORATORIO	47
4.3.4	FORMAZIONE E CONFEZIONE DELLA MISCELA	47
4.3.5	POSA IN OPERA DELLA MISCELA	47
4.3.6	CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE DEI MATERIALI.....	47
4.3.7	CONTROLLO DEI REQUISITI ED ACCETTAZIONE DELLE LAVORAZIONI	47
4.4	CONGLOMERATO BITUMINOSO CONFEZIONATO CON BITUME MODIFICATO "HARD" PER STRATI DI USURA.....	47
4.4.1	DESCRIZIONE.....	47
4.4.2	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE	47
4.4.3	STUDIO DELLA MISCELA IN LABORATORIO	48
4.4.4	FORMAZIONE E CONFEZIONE DELLA MISCELA	48
4.4.5	POSA IN OPERA DELLA MISCELA	48
4.4.6	CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE DEI MATERIALI.....	48
4.4.7	CONTROLLO DEI REQUISITI ED ACCETTAZIONE DELLE LAVORAZIONI	48
4.5	CONGLOMERATO BITUMINOSO ADDITIVATO CON GRANULATO DI GOMMA	49
4.5.1	DESCRIZIONE.....	49
4.5.2	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE	49
4.5.3	STUDIO DELLA MISCELA IN LABORATORIO	50
4.5.4	FORMAZIONE E CONFEZIONE DELLA MISCELA	50
4.5.5	POSA IN OPERA DELLA MISCELA	50
4.5.6	CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE DEI MATERIALI.....	50
4.5.7	CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE DELLE LAVORAZIONI	50
4.6	CONGLOMERATI BITUMINOSI AD ALTO MODULO COMPLESSO	50
4.6.1	DESCRIZIONE.....	50
4.6.2	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE	50
4.6.3	STUDIO DELLA MISCELA IN LABORATORIO	52
4.6.4	FORMAZIONE E CONFEZIONE DELLA MISCELA	53
4.6.5	POSA IN OPERA DELLA MISCELA	53
4.6.6	CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE DEI MATERIALI.....	54
4.6.7	CONTROLLO DEI REQUISITI ED ACCETTAZIONE DELLE LAVORAZIONI	54

4.7	CONGLOMERATI BITUMINOSI CHIUSI MACRORUGOSI TIPO "SPLITTMASTIX-ASPHALT" (SMA)	54
4.7.1	DESCRIZIONE	54
4.7.2	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE	55
4.7.3	STUDIO DELLA MISCELA IN LABORATORIO	56
4.7.4	FORMAZIONE E CONFEZIONE DELLA MISCELA	57
4.7.5	POSA IN OPERA DELLA MISCELA	57
4.7.6	CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE DEI MATERIALI	57
4.7.7	CONTROLLO DEI REQUISITI ED ACCETTAZIONE DELLE LAVORAZIONI	57
CAPITOLO 5 TRATTAMENTI DI RIPRISTINO DELL'ADERENZA		59
5.1	CONGLOMERATO PER STRATI DI USURA ANTISKID	59
5.1.1	DESCRIZIONE	59
5.1.2	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE	59
5.1.3	STUDIO DELLA MISCELA IN LABORATORIO	60
5.1.4	FORMAZIONE E CONFEZIONE DELLA MISCELA	61
5.1.5	POSA IN OPERA DELLA MISCELA	61
5.1.6	CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE DEI MATERIALI	61
5.1.7	CONTROLLO DEI REQUISITI ED ACCETTAZIONE DELLE LAVORAZIONI	61
5.2	MICROTAPPETO A FREDDO TIPO "SLURRY SEAL"	62
5.2.1	DESCRIZIONE	62
5.2.2	MATERIALI INERTI	62
5.2.3	ADDITIVI	62
5.2.4	ACQUA	62
5.2.5	LEGANTE	62
5.2.6	MISCELA	63
5.2.7	COMPOSIZIONE DELLA MISCELA E DOSAGGI	63
5.2.8	CONFEZIONAMENTO E POSA IN OPERA	63
5.2.9	CARATTERISTICHE SUPERFICIALI DELLA PAVIMENTAZIONE	64
CAPITOLO 6 RICICLAGGI IN SITO		65
6.1	RICICLAGGIO A FREDDO CON BITUME SCHIUMATO	65
6.1.1	DESCRIZIONE	65
6.1.2	MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE	65
6.1.3	STUDIO DELLA MISCELA	66
6.1.4	CONFEZIONAMENTO E POSA IN OPERA DELLE MISCELE	67
6.1.5	CONTROLLI IN CORSO D'OPERA	67
6.1.6	CONTROLLI SULLO STRATO FINITO	68
6.2	RICICLAGGIO A CALDO DI CONGLOMERATI BITUMINOSI	68
6.2.1	DESCRIZIONE	68
6.2.2	STUDIO DELLA MISCELA IN LABORATORIO	68
6.2.3	CARATTERISTICHE DELLA MISCELA	68
6.2.4	IL PROCESSO DI RIGENERAZIONE	69
6.2.5	MESSA IN OPERA DELLA MISCELA	69
6.2.6	CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE	69
CAPITOLO 7 BARRIERE STRADALI ED OPERE ACCESSORIE		88
7.1	PREMESSA - OPERAZIONI PRELIMINARI DI SICUREZZA	88
7.2	BARRIERE IN CALCESTRUZZO TIPO NEWJERSEY	88
7.3	BARRIERE DI SICUREZZA IN ACCIAIO ONDULATO	89
7.4	ATTENUATORI D'URTO	91
7.5	DELIMITAZIONI IN PLASTICA TIPO NEWJERSEY	91
7.6	CONI E DELINEATORI FLESSIBILI	91
7.7	RALLENTATORI DI VELOCITÀ	92

CAPITOLO 1 - QUALITA' E PROVENIENZA DEI MATERIALI, MODALITA' DI ESECUZIONE DI OGNI CATEGORIA DI LAVORO, ORDINE DA TENERSI NELL'ANDAMENTO DEI LAVORI

1.1 QUALITA' E PROVENIENZA DEI MATERIALI

I materiali occorrenti per la costruzione delle opere d'arte proverranno 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 altriimenti 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 sovrastrutture 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 cilindatura; 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/cm² 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 capellacci 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/cm².
- 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. 14 gennaio 2008, 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. 14 gennaio 2008.
Le caratteristiche e le modalità degli acciai ad aderenza migliorata saranno quelle indicate nel D.M. 14 gennaio 2008.
 - 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 prelevarsi 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.

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.

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.

1.3 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. A tempo debito dovrà pure stabilire, 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.

Qualora ai lavori in terra siano connesse opere murarie, 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.

1.4 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.M. 161/2012 "Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione 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 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. 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 occorre, 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'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.

1.5 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.

1.6 RILEVATI E RINTERRI ADDOSSATI ALLE MURATURE, RIEMPIMENTI CON PIETRAMI

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.M. n. 161/2012 "Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione 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:

- a) 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.
- b) Se il terreno in sito risultasse altamente compressibile, non compattabile, 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/cm² su ogni strato finito.

- c) 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.
- d) 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/cm².

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.

1.7 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 (spalle di ponti, spallette di briglie, ecc.) eseguiti superiormente al piano orizzontale determinato come sopra, considerandosi come piano naturale anche l'alveo dei torrenti e dei fiumi.

1.8 SCAVI DI FONDAZIONE

Per scavi di fondazione in generale si intendono quelli ricadenti al di sotto del piano orizzontale di cui all'articolo precedente, chiusi fra le pareti verticali riproducenti il perimetro delle fondazioni delle opere d'arte. Qualunque sia la

natura e la qualità del terreno, gli scavi per fondazione dovranno essere spinti fino alla profondità che dalla Direzione dei Lavori verrà ordinata all'atto della loro esecuzione.

Le profondità che si trovino indicate nei disegni di consegna sono perciò di semplice avviso e la Stazione Appaltante si riserva piena facoltà di variarle nella misura che reputerà più conveniente, senza che ciò possa dare all'Appaltatore motivo alcuno di fare eccezioni o domande di speciali compensi, avendo egli soltanto diritto al pagamento del lavoro eseguito, coi prezzi contrattuali stabiliti per le varie profondità da raggiungere.

E' vietato all'Appaltatore, sotto pena di demolire il già fatto, di porre mano alle murature prima che la Direzione dei Lavori abbia verificato ed accettato i piani delle fondazioni.

I piani di fondazione dovranno essere generalmente orizzontali, ma per quelle opere che cadono sopra a falde inclinate potranno, a richiesta della Direzione dei Lavori, essere disposti a gradini ed anche con determinate contropendenze.

Gli scavi di fondazione dovranno di norma essere eseguiti a pareti verticali e l'Appaltatore dovrà, occorrendo, sostenerle con conveniente armatura e sbadacchiature, restando a suo carico ogni danno alle cose ed alle persone che potesse verificarsi per smottamenti o franamenti dei cavi. Questi potranno però, ove ragioni speciali non lo vietino, essere eseguiti con pareti a scarpata. In questo caso non sarà compensato il maggiore scavo eseguito, oltre quello strettamente occorrente per la fondazione dell'opera, e l'Appaltatore dovrà provvedere a sue cure e spese al successivo riempimento del vuoto rimasto intorno alle murature di fondazione dell'opera, con materiale adatto, ed al necessario costipamento di quest'ultimo.

Analogamente dovrà procedere l'Appaltatore senza ulteriore compenso a riempire i vuoti che restassero attorno alle murature stesse, pure essendosi eseguiti scavi a pareti verticali, in conseguenza dell'esecuzione delle murature con riseghe in fondazione.

Per aumentare la superficie d'appoggio la Direzione dei Lavori potrà ordinare per il tratto terminale di fondazione per un'altezza sino ad un metro, che lo scavo sia allargato mediante scampanatura, restando fermo quanto sopra detto circa l'obbligo dell'Appaltatore, ove occorra, di armare convenientemente durante i lavori la parete verticale sovrastante.

Qualora gli scavi si debbano eseguire in presenza di acqua e questa si elevi negli scavi, non oltre però il limite massimo di 20 cm (di seguito contemplato), l'Appaltatore dovrà provvedere, se richiesto dalla Direzione dei Lavori, all'esaurimento dell'acqua stessa coi mezzi che saranno ritenuti più opportuni.

L'Appaltatore dovrà provvedere, a sua cura, spesa ed iniziativa, alle suddette assicurazioni, armature, puntellature e sbadacchiature, nelle quantità e robustezza che per la qualità delle materie da scavare siano richieste, adottando anche tutte le altre precauzioni che fossero ulteriormente riconosciute necessarie, senza rifiutarsi per nessun pretesto di ottemperare alle prescrizioni che al riguardo, e per garantire la sicurezza delle cose e delle persone, gli venissero impartite dalla Direzione dei Lavori. Il legname impiegato a tale scopo, sempreché non si tratti di armature formanti parte integrante dell'opera, da lasciare quindi in loco in proprietà della Stazione Appaltante, resterà di proprietà dell'Appaltatore, che potrà perciò recuperarlo ad opera compiuta. Nessun compenso spetta all'Appaltatore se, per qualsiasi ragione, tale recupero possa risultare soltanto parziale od anche totalmente negativo.

Gli scavi di fondazione che si devono eseguire a profondità maggiore di 20 cm (centimetri venti) sotto il livello costante a cui si stabiliscono le acque eventualmente esistenti nel terreno, sono considerati come scavi subacquei per tutto il volume ricadente al disotto del piano di livello situato alle cennate profondità d'acqua di 20 cm. Quindi il volume ricadente nella zona dei 20 centimetri suddetti verrà considerato, e perciò pagato, come gli scavi di fondazione in presenza di acqua, precedentemente indicati, ma non come scavo subacqueo.

Gli scavi subacquei saranno invece pagati col relativo prezzo di elenco, nel quale sono compresi tutti gli occorrenti aggettamenti od esaurimenti di acqua con qualsiasi mezzo siano eseguiti o si ritenga opportuno eseguirli.

In mancanza del prezzo suddetto e qualora si stabilissero acque nei cavi in misura superiore a quella di cui sopra, l'Appaltatore dovrà ugualmente provvedere ai necessari esaurimenti col mezzo che si ravviserà più opportuno: e tali esaurimenti saranno compensati a parte ed in aggiunta ai prezzi di elenco per gli scavi in asciutto od in presenza di acqua.

L'Appaltatore sarà però tenuto ad evitare l'affluenza entro i cavi di fondazione di acque provenienti dall'esterno. Nel caso che ciò si verificasse resterà a suo totale carico la spesa per i necessari aggettamenti.

1.9 PRECAUZIONI NELL'USO DELLE MINE

Per l'impiego di mine che occorressero nell'esecuzione degli scavi, tanto all'aperto che in galleria, saranno a carico dell'Appaltatore:

- il rispetto delle leggi e normative vigenti, la richiesta e l'ottenimento dei permessi delle competenti Autorità;
- la polvere, le micce, i detonatori e tutto il materiale protettivo occorrente per il brillamento delle mine, compresa l'esecuzione di fori, fornelli, ecc;
- i mezzi, i materiali ed il personale qualificato occorrente per l'esecuzione dei lavori nel rispetto delle norme di sicurezza;
- il coordinamento nei tempi di esecuzione, in accordo al programma di costruzione e nel rispetto dei vincoli e delle soggezioni derivanti dalle altre attività in corso e dalle situazioni locali.

Oltre a ciò, l'Appaltatore ha l'obbligo di adottare tutte le precauzioni necessarie ad evitare danni a persone e cose. Ove verificatisi, l'appaltatore sarà considerato l'unico responsabile dei danni e delle conseguenze (dirette ed indirette), accollandosene sin d'ora tutti i relativi oneri.

Le mine che occorresse far detonare in prossimità di strade e luoghi abitati devono essere riparate con fascine o legnami in modo da impedire che le materie lanciate a distanza abbiano a recare danni di qualsiasi specie.

Al momento dell'accensione, i passanti debbono essere fermati ad una distanza conveniente, in relazione all'entità della mina, da guardiani muniti di bandiere o segnali rossi e prima dell'accensione deve essere dato ripetuto avviso acustico, attendendo per incominciare l'operazione che si sia accertato che tutte le persone si siano poste al sicuro.

Qualora non si ritenessero sufficienti le condizioni di sicurezza contro i pericoli delle mine per gli abitanti in vicinanza dei lavori, essi saranno fatti sgombrare in tempo utile o difesi con opportune palizzate o stecconati di riparo, tutto a spese dell'Appaltatore e sempre sotto la sua responsabilità.

1.10 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.

1.11 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.

1.12 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:

- 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 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" (G.U. 4 febbraio 2008, n. 29 S.O. n.30);
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008 (G.U. 26 febbraio 2009 n. 47- S.O. n.27);
- 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.

1.12.1 Palificazione in legno

I pali in legno per fondazioni, cioè quelli destinati a reggere direttamente una fondazione, saranno esclusivamente di quercia, rovere, larice rosso, di pino rosso, di ontano o di castagno -secondo ciò che sarà ordinato dalla Direzione dei Lavori-, diritti sani e scortecciati e debitamente conguagliati alla superficie. Il diametro dei pali è misurato a metà della loro lunghezza.

I pali debbono essere battuti fino a rifiuto col maglio del peso che deve essere stabilito in relazione alle dimensioni e al peso dei pali ed alla natura del terreno.

Il rifiuto si intende raggiunto quando l'affondamento prodotto da un determinato numero di colpi di maglio (volata) caduti successivamente dalla medesima altezza, non superi il limite stabilito dalla Direzione dei lavori.

Le ultime riprese debbono essere sempre battute in presenza di un incaricato della Direzione dei Lavori, né l'Appaltatore può in alcun caso recidere un palo senza che ne abbia ottenuta autorizzazione dalla Direzione dei Lavori.

Dalla Direzione dei Lavori è tenuto uno speciale registro da firmarsi giornalmente dall'Appaltatore, nel quale registro sono annotati la profondità raggiunta da ogni palo, giuste le constatazioni che debbono essere fatte in contraddittorio, ed il rifiuto presentato dal palo stesso e quindi il carico che ogni palo può sostenere.

I pali debbono essere debitamente foggiate a punta ad un capo e, se si stimerà necessario dalla Direzione dei Lavori, muniti di cuspidi di ferro, con o senza punta di acciaio, di quel peso e forma che sarà stabilito; all'altro capo, sottoposto ai colpi di maglio, debbono essere opportunamente accomodati e muniti di cerchiatura o ghiera di ferro che impedisca durante la battitura ogni spezzatura o guasto. Ogni palo che si spezzasse o deviasse durante l'infissione, deve, secondo quanto sarà richiesto dalla Direzione dei Lavori, essere tagliato o svelto e surrogato da altro a spese e cure dell'Impresa. L'Appaltatore è obbligato a mettere in opera battipali quanti ne permetterà lo spazio disponibile e quanti ne potrà esigere una buona e sollecita esecuzione dei lavori. Quando la testa dei pali debba essere spinta sotto acqua, la Direzione dei Lavori può permettere l'uso di un contropalo di conveniente lunghezza e diametro munito di perno di ferro, per la sua temporanea unione col palo che deve essere infisso.

1.12.2 Palificazione con pali in cemento armato formati fuori opera

Per la confezione dei pali fuori opera si seguiranno le norme stabilite per i lavori in cemento armato. Si aggiunga soltanto che la preparazione dei pali dovrà farsi di massima in forme verticali battendo il conglomerato a piccoli strati orizzontali e che i pali stessi dovranno essere muniti di puntazze metalliche robustamente ancorate al conglomerato di cemento.

L'infissione di questi pali si farà d'ordinario secondo i sistemi in uso per i pali in legname. Soltanto i magli dovranno essere di peso non inferiore al peso dei pali e speciali cautele saranno adottate per impedire la spezzatura delle teste, collocandovi sopra prismi e segatura di legname entro cerchiature di ferro ed attuando quelle altre disposizioni che all'atto pratico fossero ritenute necessarie, a giudizio della Direzione dei Lavori.

Per ottenere un più facile affondamento, specialmente nei terreni sabbiosi e ghiaiosi, l'infissione, oltre che con la battitura potrà farsi col sussidio dell'acqua in pressione, facendo arrivare, mediante un tubo metallico oppure da apposito foro lasciato lungo l'asse di ogni palo, un getto di acqua a pressione sotto la punta del palo.

Gli ultimi colpi di assestamento dovranno però essere dati col solo maglio.

Se durante l'infissione si verificassero in qualche palo lesioni, scheggiature, guasti di qualsiasi genere o deviazione che a giudizio della Direzione dei Lavori non fossero tollerabili, il palo stesso deve essere rimosso e sostituito da altro palo a totali spese dell'Appaltatore.

1.12.3 Palificazione con pali battuti formati in opera

I pali battuti formati in opera, del tipo Simplex e derivati, Franki, ecc., saranno eseguiti conficcando nel terreno con uno dei sistemi in uso, o speciali brevettati, un tubo forma, del diametro corrispondente a quello del palo che si vuole costruire, sino a raggiungere la profondità necessaria per ottenere il rifiuto corrispondente al carico che il palo deve sostenere, quale risulta dai calcoli.

I tubi metallici saranno provvisti all'estremità inferiore di puntazze di ghisa o di cemento armato o di acciaio atte a garantire la chiusura stagna durante la battitura, e di tipo da abbandonarsi sul terreno.

Raggiunta la profondità necessaria, il tubo forma verrà riempito con conglomerato cementizio composto con inerti del volume di 1,200 m³ complessivamente avente una granulometria che dovrà essere stabilita a priori mediante apposita prova di laboratorio (in mancanza di tale determinazione la composizione potrà essere fissata in 0,8 m³ di ghiaia o pietrisco e 0,4 m³ di sabbia per m³ di conglomerato) e 3,50 q di cemento che potrà essere del tipo normale o ad alta resistenza, battuto e compresso secondo l'uso, o sistemi brevettati riconosciuti idonei dalla Direzione dei Lavori.

A richiesta della Direzione dei Lavori, detti pali potranno essere armati per l'intera lunghezza o per parte di essa, mediante opportuna ingabbiatura metallica da collocarsi nel tubo forma, prima del getto del conglomerato.

Per la battitura dei tubi forma i magli non dovranno essere inferiori al peso di 2000 kg per tubi del diametro di 0,45 m e 1200 kg per tubi del diametro di 30 cm.

Per tutti i pali formati in opera, e quando non siano completamente armati, il collegamento fra le teste dei pali e le strutture superiori avverrà mediante un'armatura longitudinale costituita da un minimo di 4 tondini la cui area complessiva non dovrà essere inferiore allo 0,6% dell'area del conglomerato, estesa nel palo per una lunghezza non inferiore a quattro volte il diametro interno del tubo forma e nella struttura superiore per una lunghezza non inferiore a 40 volte il diametro dell'acciaio impiegato. Detti ferri dovranno essere muniti, alla sola estremità superiore, di ganci la cui lunghezza non dovrà essere compresa nel calcolo dei 40 diametri prima menzionato. L'armatura longitudinale così descritta potrà essere staffata su disposizione della Direzione dei Lavori da un'armatura trasversale a spirale continua del diametro minimo di 6 mm e con passo massimo corrispondente a 20 volte il diametro dell'armatura longitudinale.

Tanto per i pali trivellati come per quelli formati in opera, la battitura del conglomerato deve essere sorvegliata dalla Direzione dei Lavori, la quale curerà di riportare in apposito registro, in contraddittorio, le massime profondità raggiunte, il quantitativo di conglomerato posto in opera, ecc.

L'Appaltatore non potrà porre in opera le armature in acciaio o effettuare il versamento del conglomerato senza aver fatto prima constatare le profondità raggiunte ed i quantitativi di conglomerato e di acciaio impiegati. In difetto di ciò saranno a suo carico tutti gli oneri e le spese occorrenti per i controlli ed accertamenti che la Direzione dei Lavori riterrà insindacabilmente indispensabili.

Per la confezione ed il getto del conglomerato cementizio varranno le norme stabilite negli articoli che seguono relativi all'esecuzione delle opere in cemento armato.

Per l'esecuzione del bulbo o espansione di base, dopo raggiunta con l'estremità inferiore del tubo la quota stabilita, senza ritirare o sollevare il tubo forma si verseranno piccole quantità di conglomerato e le si comprimeranno energicamente con maglio del peso non inferiore a quello del maglio impiegato per la battitura del tubo-forma sino ad ottenere, sotto l'azione di una volata di 10 colpi di maglio aventi una caduta libera di 1,50 m, un rifiuto non maggiore di 100 mm (il rifiuto dovrà essere indicato dalla Direzione dei Lavori in relazione alla natura del terreno). Si procederà poi all'esecuzione del fusto sollevando gradatamente il tubo con tutti gli accorgimenti necessari per non abbandonare il calcestruzzo ed evitare l'introduzione dell'acqua.

Al disotto delle strutture di collegamento delle testate dei pali dovrà eseguirsi un getto di calcestruzzo magro (200 kg per m³) dello spessore minimo di 1/5 del diametro di tubo forma.

L'interasse dei pali, salvo nei casi particolari da ordinarsi dalla Direzione dei Lavori (ad es. quando la palificazione debba servire anche al compito di paratia) non dovrà essere inferiore a 3 diametri. Per i pali battuti la portanza del palo verrà calcolata con la formula del Brix applicando un adeguato coefficiente di sicurezza da stabilire dalla Direzione dei Lavori dopo rilevate le caratteristiche geognostiche del terreno e basandosi sui risultati di una preventiva prova di carico eseguita su uno o più pali pilota.

In ogni caso, la portata di esercizio non dovrà mai provocare nel calcestruzzo alla testa del palo (la cui superficie sarà considerata corrispondente a quella del tubo forma) una sollecitazione superiore a 40 kg per cm², quando sia usato conglomerato con quintali 3,50 di cemento normale per m³ di impasto, e 50 kg per cm² quando, con lo stesso dosaggio, sia impiegato cemento ad alta resistenza.

Precisate all'atto esecutivo le condizioni geognostiche del terreno nel quale sono da eseguire le palificate, a palificata ultimata dovranno eseguirsi delle prove di carico sui singoli pali. Tali prove ordinate dalla Direzione dei Lavori, saranno eseguite a cura e spese dell'Appaltatore su almeno il 2% dei pali interessanti la medesima opera e dovranno dimostrare il buon comportamento del palo sotto un carico massimo pari a due volte la portata prefissata e mantenuto per 24 ore. Il recupero del cedimento durante il carico non dovrà essere inferiore ad 1/3 del cedimento totale misurato.

Nel caso di opere d'arte aventi un numero di pali inferiore a 50, la prova di carico dovrà essere effettuata su di un palo scelto dalla Direzione dei Lavori.

1.12.4 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, Cagnet, 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. 14 gennaio 2008.

1.12.5 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.

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.

1.13 MALTE E CONGLOMERATI

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 ³ 0,90 m ³
2°	Malta semidraulica di pozzolana: Calce comune in pasta Sabbia Pozzolana	0,45 m ³ 0,45 m ³ 0,45 m ³
3°	Malta idraulica: Calce idraulica Sabbia	0,30 m ³ 0,90 m ³
4°	Malta idraulica di pozzolana: Calce comune in pasta Pozzolana	0,45 m ³ 0,90 m ³
5°	Malta cementizia: Agglomerante cementizio a lenta presa Sabbia	0,60 m ³ 1,00 m ³
6°	Malta cementizia (per intonaci): Agglomerante cementizio a lenta presa Sabbia	0,40 m ³ 1,00 m ³
7°	Calcestruzzo idraulico (per fondazione): Malta idraulica Pietrisco o ghiaia	0,45 m ³ 0,90 m ³
8°	Smalto idraulico per cappe: Malta idraulica Pietrisco	0,45 m ³ 0,90 m ³
9°	Conglomerato cementizio (per fondazioni non armate): Cemento normale (a lenta presa) Sabbia Pietrisco o ghiaia	2,00 q 0,400 m ³ 0,800 m ³
10°	Conglomerato cementizio (per cunette, piazzuole, ecc.): Agglomerante cementizio a lenta presa Sabbia Pietrisco o ghiaia	2÷2,5 q 0,400 m ³ 0,800 m ³
11°	Conglomerato per calcestruzzi semplici ed armati: Cemento Sabbia Pietrisco e ghiaia	3,00 q 0,400 m ³ 0,800 m ³
12°	Conglomerato per sottofondo di pavimentazioni in cemento a doppio strato: Agglomerante cementizio a lenta presa Sabbia Pietrisco	2,00 q 0,400 m ³ 0,800 m ³
13°	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	3,50 q 0,400 m ³ 0,800 m ³

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 avviluppato 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. 14 gennaio 2008.

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 possano essere dotati di marcatura CE secondo la normativa tecnica vigente, dovranno essere muniti di tale marchio.

1.14 MURATURA DI PIETRAMA A SECCO

La muratura di pietrame a secco dovrà essere eseguita con pietre ridotte col martello alla forma più che si sia possibile regolare, restando assolutamente escluse quelle di forma rotonda. Le pietre saranno collocate in opera in modo che si colleghino perfettamente fra loro, scegliendo per i parametri quelle di maggiori dimensioni, non inferiori a 20 cm di lato, e le più adatte per il miglior combaciamento, per supplire così con l'accuratezza della costruzione alla mancanza di malta.

Si eviterà sempre la ricorrenza delle connessioni verticali. Nell'interno della muratura si farà uso delle scaglie, soltanto per appianare i corsi e riempire gli interstizi tra pietra e pietra.

La muratura di pietrame a secco, per i muri di sostegno di controripa o comunque isolati, sarà poi sempre coronata da uno strato di muratura con malta di altezza non minore di 30 cm.

Negli angoli con funzione di cantonali si useranno le pietre maggiori e meglio rispondenti allo scopo. Le rientranze delle pietre dovranno essere di norma circa una volta e mezzo l'altezza e mai comunque inferiori all'altezza.

A richiesta della Direzione dei Lavori si dovranno eseguire anche opportune feritoie regolari e regolarmente disposte anche in più ordini per lo scolo delle acque.

I riempimenti di pietrame a secco per fognature, bacchettoni di consolidamento e simili dovranno essere formati con pietre da collocarsi in opera sul terreno costipato sistemandole a mano una ad una.

1.15 MURATURA DI PIETRAMA 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.

1.16 PARAMENTI PER LE MURATURE DI PIETRAMME

Per le facce-vista delle murature di pietrame, secondo gli ordini della Direzione dei Lavori, potrà essere prescritta l'esecuzione delle seguenti speciali lavorazioni:

- a) *con pietra rasa e testa scoperta (ad opera incerta);*
- b) *a mosaico greggio;*
- c) *con pietra squadrata a corsi pressoché regolari;*
- d) *con pietra squadrata a corsi regolari.*

Nel paramento con pietra rasa e testa scoperta (ad opera incerta) il pietrame dovrà essere scelto diligentemente fra il migliore e la sua faccia-vista dovrà essere ridotta col martello a superficie approssimativamente piana; le pareti esterne dei muri dovranno risultare bene allineate e non presentare alla prova del regolo rientranze o sporgenze maggiori di 25 mm. Le facce di posa e combaciamento delle pietre dovranno essere spianate ed adattate col martello in modo che il contatto dei pezzi avvenga in tutti i giunti per una rientranza non minore di 10 cm.

La rientranza totale delle pietre di paramento non dovrà essere mai minore di 25 cm e nelle connessure esterne dovrà essere ridotto al minimo possibile l'uso delle scaglie.

Nel paramento a mosaico greggio, la faccia a vista dei singoli pezzi dovrà essere ridotta col martello e la grossa punta a superficie perfettamente piana ed a figura poligonale, ed i singoli pezzi dovranno combaciare fra loro regolarmente, restando vietato l'uso delle scaglie.

In tutto il resto si seguiranno le norme indicate per il paramento a pietra rasa.

Nel paramento a corsi pressoché regolari, il pietrame dovrà essere ridotto a conci piani e squadriati, sia col martello che con la grossa punta, con le facce di posa parallele fra loro e quelle di combaciamento normali a quelle di posa. I conci saranno posti in opera a corsi orizzontali, di altezza che può variare da corso a corso e che potrà non essere costante per l'intero filare. Nelle superfici esterne dei muri saranno tollerate alla prova del regolo rientranze o sporgenze non maggiori di 15 mm.

Nel paramento a corsi regolari i conci dovranno essere resi perfettamente piani e squadriati con la faccia-vista rettangolare, lavorata a grana ordinaria; essi dovranno avere la stessa altezza per tutta la lunghezza del medesimo corso, e qualora i vari corsi non avessero eguale altezza, questa dovrà essere disposta in ordine decrescente dai corsi inferiori ai corsi superiori, con differenza però fra due corsi successivi non maggiore di 5 cm. La Direzione dei Lavori potrà anche prescrivere l'altezza dei singoli corsi, ed ove nella stessa superficie di paramento venissero impiegati conci di pietra di taglio, per rivestimento di alcune parti, i filari del paramento a corsi regolari dovranno essere in perfetta corrispondenza con quelli della pietra da taglio.

Tanto nel paramento a corsi pressoché regolari, quanto in quello a corsi regolari, non sarà tollerato l'impiego di scaglie nella faccia esterna; il combaciamento dei corsi dovrà avvenire per almeno due terzi della loro rientranza delle facce di posa e non potrà essere mai minore di 15 cm nei giunti verticali.

La rientranza dei singoli pezzi non sarà mai minore della loro altezza, né inferiore a 30 cm; l'altezza minima dei corsi non dovrà essere mai minore di 20 cm.

In entrambi i paramenti a corsi, lo spostamento di due giunti verticali consecutivi non dovrà essere minore di 10 cm e le connessure avranno larghezza non maggiore di un centimetro.

Per le murature con malta, quando questa avrà fatto convenientemente presa, le connessure delle facce di paramento dovranno essere accuratamente stuccate.

In tutte le specie di paramenti la stuccatura dovrà essere fatta raschiando preventivamente le connessure fino a conveniente profondità per purgarle dalla malta, dalla polvere, e da qualunque altra materia estranea, lavandole a grande acqua e riempiendo quindi le connessure stesse con nuova malta della qualità prescritta, curando che questa penetri bene dentro, comprimendola e lisciandola con apposito ferro, in modo che il contorno dei conci sui fronti del paramento, a lavoro finito, si disegni nettamente e senza sbavature.

Il nucleo della muratura dovrà essere costruito sempre contemporaneamente ai rivestimenti esterni.

Riguardo al magistero ed alla lavorazione della faccia-vista in generale, ferme restando le prescrizioni suindicate, viene stabilito che, ove la Stazione Appaltante non abbia provveduto direttamente prima della gara di appalto, l'Appaltatore è obbligato a preparare, a proprie cure e spese, i campioni delle diverse lavorazioni per sottoporli all'approvazione della Direzione dei Lavori, alla quale spetta esclusivamente giudicare se esse corrispondano alle prescrizioni del presente articolo. Senza tale approvazione l'Appaltatore non può dar mano all'esecuzione dei paramenti delle murature di pietrame.

1.17 MURATURE IN PIETRE TENERE

Le murature in pietre tenere, quando ammesse dal contratto, debbono eseguirsi regolarmente in conci o strati orizzontali. I conci debbono essere lavorati e riquadrati diligentemente nelle facce che rimangono scoperte.

Impiegandosi pietre tagliabili con l'ascia, i conci debbono essere squadriati su tutte le facce e disposti ed uniti fra loro in modo che costituiscano tutta la grossezza del muro. I riempimenti nell'interno sono vietati nel modo più assoluto.

In tutti i casi, i filari debbono avere una perfetta ricorrenza ed i giunti verticali alternati da un corso all'altro; all'atto dell'esecuzione i conci debbono essere convenientemente inaffiati.

1.18 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 connessure 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 riempi tutte le connessure.

La larghezza delle connessure 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 lisciate 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.

1.19 MURATURE MISTE

La muratura mista di pietrame e mattoni dovrà progredire a strati orizzontali intercalando filari di mattoni ogni 0.5 m di altezza di muratura di pietrame.

I filari dovranno essere estesi a tutta la grossezza del muro e disposti secondo piani orizzontali.

1.20 PIETRA DA TAGLIO

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

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

Per pietra da taglio a grana grossa s'intenderà quella lavorata semplicemente con la grossa punta senza fare uso della martellina per lavorare le facce viste, né dello scalpello per ricavarne gli spigoli netti.

Verrà considerata come pietra da taglio a grana ordinaria quella le cui facce viste saranno lavorate con la martellina a denti larghi.

La pietra da taglio si intenderà infine lavorata a grana mezzo fina e a grana fina, secondo che le facce predette saranno lavorate con la martellina a denti mezzani o 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 le connessioni fra concio e concio non eccedano la larghezza di 5 millimetri per la pietra a grana ordinaria e di 3 millimetri per le altre.

Prima di cominciare i lavori, qualora la Stazione Appaltante non abbia già provveduto in proposito ed in precedenza dell'appalto, l'Appaltatore dovrà preparare a sue spese i campioni dei vari generi di lavorazione della pietra da taglio e sottoporli per l'approvazione alla Direzione dei Lavori, alla quale esclusivamente spetterà giudicare se essi corrispondano alle prescrizioni.

Qualunque sia il genere di lavorazione delle facce viste, i letti di posa e le facce di combaciamento dovranno essere ridotti a perfetto piano e lavorati a grana fina. Non saranno tollerate né smussature agli spigoli, né cavità nelle facce, né masticature o rattoppi. La pietra da taglio che presentasse tali difetti verrà rifiutata e l'Appaltatore sarà in obbligo di farne l'immediata surrogazione, anche se le scheggiature od ammanchi si verificassero, sia al momento della posa in opera, sia dopo e sino al collaudo.

Le forme e dimensioni di ciascun concio in pietra da taglio dovranno essere perfettamente conformi ai disegni dei particolari consegnati all'Appaltatore o alle istruzioni che all'atto dell'esecuzione fossero eventualmente date dalla Direzione dei Lavori. Inoltre ogni concio dovrà essere lavorato in modo da potersi collocare in opera, secondo gli originari letti di cava.

Per la posa in opera si potrà fare uso di zeppe volanti, da togliere però immediatamente quando la malta rifluisce nel contorno della pietra battuta a mazzuolo sino a prendere la posizione voluta.

La pietra da taglio dovrà essere messa in opera con malta idraulica o di cemento, secondo le prescrizioni del presente Capitolato Speciale d'Appalto e, ove occorra, i diversi conci dovranno essere collegati con grappe o arpioni di rame, saldamente suggellati entro apposite incassature praticate nei conci medesimi.

Le connessioni delle facce a vista dovranno essere profilate con cemento a lenta presa, diligentemente compresso e liscio mediante apposito ferro.

1.21 MURATURE DI GETTO O CALCESTRUZZI

Il calcestruzzo da impiegarsi nelle fondazioni delle opere d'arte o in elevazione, o per qualsiasi altro lavoro, sarà composto nelle proporzioni indicate nel presente capitolato e che potranno essere meglio precisate dalla Direzione dei Lavori.

Il calcestruzzo sarà messo in opera appena confezionato e disposto a strati orizzontali dell'altezza da 20 a 30 cm, su tutta l'estensione della parte di opera che si esegue ad un tempo, ben battuto e costipato, per modo che non resti alcun vano nello spazio che deve contenerlo nella sua massa.

Quando il calcestruzzo sia da collocare in opera entro cavi molto incassati o a pozzo, dovrà essere calato nello scavo mediante secchi a ribaltamento.

Solo in caso di cavi molto larghi, la Direzione dei Lavori potrà consentire che il calcestruzzo venga gettato liberamente, nel qual caso prima del conguagliamento e della battitura, per ogni strato di 30 cm di altezza dovrà essere ripreso dal fondo del cavo rimpastato per rendere uniforme la miscela dei componenti.

Quando il calcestruzzo sia gettato sott'acqua, si dovranno impiegare tramogge casse apribili, o quegli altri mezzi di immersione che la Direzione dei Lavori prescriverà, ed usare la diligenza necessaria ad impedire che, nel passare attraverso l'acqua, il calcestruzzo si dilavi e perda, sia pur minimamente, della sua energia.

Finito il getto e spianata con ogni diligenza la superficie superiore, il calcestruzzo dovrà essere lasciato assodare per tutto il tempo che la Direzione dei Lavori riterrà necessario per reggere la pressione che il calcestruzzo dovrà sopportare. Quando il calcestruzzo sarà impiegato in rivestimento di scarpate, si dovrà aver cura di coprirlo con uno strato di sabbia di almeno 10 cm e di bagnarlo con frequenza ed abbondanza per impedire il troppo rapido prosciugamento.

E' vietato assolutamente l'impiego di calcestruzzi che non si potessero mettere in opera immediatamente dopo la loro preparazione; quelli che per qualsiasi motivo non avessero impiego immediato dopo la loro preparazione debbono senz'altro essere gettati a rifiuto.

1.22 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. 14 gennaio 2008 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 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 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. 14 gennaio 2008 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.

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*".

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.

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).

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 m³ 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 m³ 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/mm² 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/m² 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/m² 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 CuSO₄, 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 ± 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.

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 3740-1-9-12; UNI EN ISO 4759-1; UNI EN ISO 898-1; UNI EN ISO 898-6; UNI EN ISO 898-2; UNI EN ISO 4042; UNI EN ISO 3269; UNI EN ISO 4759-1 e UNI 7323-1).

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.

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 ± 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.

1.28 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 sinusoide.

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/mm² e sarà protetto su entrambe le facce da zincatura eseguita secondo il processo Sendzmir 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.

1.29 GABBIONI E LORO RIEMPIMENTO

I gabbioni metallici per l'esecuzione di opere di consolidamento o sbancamento saranno di forma prismatica e costituita da maglie esagonali a doppia torsione della dimensione di 8 x 10 cm. Le dimensioni del filo, il peso e la capacità dei gabbioni verranno precisati di volta in volta dalla Direzione dei Lavori.

I fili metallici saranno protetti da zincatura forte, conforme alla norma UNI EN 10223-3, per quanto riguarda le caratteristiche della maglia, e alle Linee guida del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Per gabbioni lavoranti in ambiente marino, oppure in ambienti particolarmente inquinati il filo zincato, prima di essere tessuto, sarà rivestito per estrusione con una guaina continua in PVC di spessore 0.4 ÷ 0.6 mm.

Nel prezzo al kg sono compresi tutti gli oneri per la fornitura della rete del filo zincato di conveniente spessore per la rilegatura degli spigoli, la formazione dei tiranti e quanto altro occorresse per il montaggio ed il riempimento dei gabbioni.

Il riempimento dei gabbioni verrà effettuato con pietrame o ciottoli (di dimensioni tali che non possano passare in alcun senso attraverso le maglie della rete) collocati a mano e le fronti in vista saranno lavorate analogamente alle murature a secco con analogo onere di paramento.

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.

1.31 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 constatata 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.

CAPITOLO 2 MATERIALI NON LEGATI O A LEGANTE IDRAULICO

2.1 STRATO DI FONDAZIONE IN MISTO GRANULOMETRICAMENTE STABILIZZATO

2.1.1 Descrizione

La fondazione è realizzata con misto granulare corretto granulometricamente, ovvero con misto granulare (miscela di varie pezzature di aggregato, reperibile in natura e di provenienza diversa), corretto con l'aggiunta o la sottrazione di determinate frazioni granulometriche al fine di migliorarne le proprietà fisico-meccaniche. La correzione può avvenire mediante materiale naturale o proveniente da frantumazione.

La frazione grossa di tali miscele (inerte con dimensioni superiori a 2 mm) potrà essere costituita da ghiaie, frantumati, detriti di cava o altro materiale ritenuto idoneo dalla Direzione Lavori.

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

Sarà possibile utilizzare anche materiale in frazione unica, purchè rispondenti ai requisiti richiesti per la miscela di aggregati.

Lo spessore da assegnare alla fondazione sarà fissato dalla Direzione Lavori.

2.1.2 Caratteristiche dei materiali da impiegare

Il rispetto dei requisiti di accettazione da parte degli aggregati per strati di fondazione non legati dovrà rispondere a quanto previsto dalla marcatura ed etichettatura CE dei prodotti secondo quanto previsto all'appendice ZA della norma UNI EN 13242:2008 e verificato sulla base delle prescrizioni contenute nella suddetta norma.

In ogni caso i materiali dovranno essere conformi ai sistemi di attestazione previsti dalla normativa vigente

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

- 1) L'aggregato deve avere dimensioni tali da risultare completamente passante al setaccio da 63 mm; non deve essere costituito da granuli di forma appiattita, allungata o lenticolare.
- 2) Il rapporto tra il passante al setaccio 0,063 mm ed il passante al setaccio 0,50 mm deve essere inferiore a 2/3.
- 3) La *granulometria* deve essere compresa nel seguente fuso e deve avere andamento continuo ed uniforme praticamente concorde a quello delle curve limiti:

Setacci ISO 565 <i>(serie base + gruppo 2)</i>	Passante in peso
Setaccio 63	100
Setaccio 40	88 - 100
Setaccio 20	62 - 90
Setaccio 8	35 - 69
Setaccio 4	23 - 53
Setaccio 2	15 - 40
Setaccio 0,5	8 - 24
Setaccio 0,063	2 - 10

- 4) La perdita in peso alla prova Los Angeles, eseguita sulle singole pezzature, secondo la norma UNI EN 1097-2:1999 "Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione", non deve essere superiore al 30% (LA₃₀).
- 5) L'equivalente in sabbia, secondo la norma UNI EN 933-8:2000 "Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Valutazione dei fini - Prova dell'equivalente in sabbia", determinato sull'aggregato della miscela da utilizzare, deve essere compreso fra 30 e 65%. I limiti superiore e inferiore dell'equivalente in sabbia potranno essere variati dalla Direzione Lavori in funzione della provenienza e delle caratteristiche del materiale utilizzato. In particolare, per tutti i materiali aventi equivalente in sabbia compreso fra 25 e 40%, se ritenuti idonei, la Direzione Lavori richiederà, in ogni caso, la verifica dell'indice di portanza CBR di cui al successivo comma 6).
I suddetti controlli dovranno essere ripetuti sul materiale prelevato dopo costipamento in situ.
- 6) L'indice di portanza californiano CBR, secondo la normativa UNI EN 13286-47:2006 "Miscela non legate e legate con leganti idraulici: Metodo di prova per la determinazione dell'indice di portanza CBR, dell'indice di portanza immediata e del rigonfiamento", determinato dopo aver sottoposto il campione a quattro giorni di imbibizione in acqua, deve risultare non inferiore al 30%. L'indice C.B.R., inoltre, non dovrà scendere al di sotto del valore anzidetto per variazioni dell'umidità ottima di costipamento di $\pm 2\%$.
- 7) Qualora ritenuto necessario dalla Direzione Lavori, l'aggregato grosso (frazione di dimensioni maggiori di 2 mm), deve avere una sensibilità al gelo, determinata secondo la Norma UNI EN 1367-1:2007 "Prove per determinare le proprietà termiche e la degradabilità degli aggregati: Determinazione della resistenza al gelo e disgelo", non superiore al 20%.

8) L'aggregato fino (frazione di dimensioni minori di 2 mm) deve avere un Limite Liquido, ai sensi della Norma UNI CEN ISO/TS 17892-12:2005 "Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 12: Determinazione dei limiti di Atterberg", non superiore al 25%; il Limite Plastico deve essere non determinabile (e così l'Indice di Plasticità).

Il modulo di deformazione M_d dello strato deve essere quello inserito nel progetto della pavimentazione e viene determinato impiegando la metodologia indicata nella Norma Svizzera SNV 670 317a.

Se le miscele contengono oltre il 60% in peso di elementi frantumati a spigoli vivi, l'accettazione avverrà sulla base delle sole caratteristiche indicate ai precedenti commi 1 - 5, (eventualmente 7) e 8, salvo nel caso citato al comma 5) in cui la miscela abbia *equivalente in sabbia* compreso tra 25 e 30%.

2.1.3 Studio della miscela in laboratorio

Al fine di determinare la migliore formulazione dell'impasto per la realizzazione dello strato di fondazione, l'Appaltatore dovrà preliminarmente eseguire uno studio di fattibilità e di ottimizzazione, mediante il quale definire i componenti della miscela, le relative caratteristiche fisico-meccaniche e i dosaggi delle pezzature, necessari per la produzione di un misto stabilizzato in grado di meglio soddisfare ai requisiti di accettazione previsti dal presente Capitolato.

Gli esiti e le conclusioni dell'indagine preliminare (mix-design) dovranno essere opportunamente documentati con tutti i certificati relativi alle prove di laboratorio effettuate, sia sui materiali componenti che sullo stabilizzato da utilizzare in fase di stesa. Dovrà essere inoltre contestualmente trasmessa alla Direzione Lavori una relazione circostanziata che illustri, in modo chiaro ed inequivocabile:

- a) tipologia e caratteristiche dei materiali che saranno utilizzati per la realizzazione dello strato di fondazione;
- b) luogo, modalità e tempi del loro approvvigionamento;
- c) luogo, modalità e tempi del loro impiego, trattamento e messa in opera;
- d) provvedimenti da porre in atto per garantire il mantenimento nel tempo dei loro requisiti fisici e meccanici, previsti nello studio preliminare e richiesti dal Capitolato;
- e) provvedimenti previsti in caso di variazione delle condizioni di cui ai predetti punti a-b-c.

Lo studio di fattibilità e ottimizzazione sui singoli componenti del misto granulometricamente stabilizzato, nonché sul prodotto finale, dovrà concernere la scelta degli aggregati lapidei nelle varie pezzature; dovranno essere indicate la natura e la provenienza dell'inerte, nonché, per ciascuna frazione e per lo stabilizzato che si intende impiegare, la curva granulometrica (UNI EN 933-1:1999 "Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Determinazione della distribuzione granulometrica - Analisi granulometrica per stacciatura"), la massa volumica apparente dei granuli (UNI EN 1097-6:2002 "Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Determinazione della massa volumica dei granuli e dell'assorbimento d'acqua") e tutte le caratteristiche fisiche e meccaniche indicate dal Capitolato fra i requisiti di accettazione (art. 2.1.2).

2.1.4 Modalità esecutive

Il materiale verrà steso in strati di spessore finito non superiore a 20cm e non inferiore a 10 cm., e dovrà presentarsi, dopo costipato, uniformemente miscelato in modo da non presentare segregazione dei suoi componenti. L'eventuale aggiunta di acqua, per raggiungere l'umidità prescritta in funzione della densità è da effettuarsi mediante dispositivi spruzzatori.

A questo proposito si precisa che tutte le operazioni anzidette non devono essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stabilizzato. Verificandosi comunque eccesso di umidità, o danni dovuti al gelo, lo strato compromesso dovrà essere rimosso e ricostituito a cura e spese dell'Impresa.

Il piano di posa dovrà avere la sagoma ed i requisiti di compattezza prescritti.

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

Il costipamento sarà effettuato con l'attrezzatura più idonea al tipo di materiale impiegato e comunque dovrà essere oggetto di preventiva approvazione da parte della Direzione Lavori.

Il costipamento dello strato dovrà essere eseguito sino ad ottenere una densità in sito non inferiore al 95% della densità massima fornita dalla prova di costipamento, eseguita secondo la Norma UNI EN 13286-2:2010 "Miscele non legate e legate con leganti idraulici: Metodi di prova per la determinazione della massa volumica e del contenuto di acqua di riferimento di laboratorio - Costipamento Proctor" con il procedimento AASHTO modificato.

Se la misura in sito riguarda materiale contenente fino al 25% in peso di elementi di dimensioni maggiori di 25 mm, la densità ottenuta verrà corretta in base alla formula:

$$d_r = \frac{d_i * P_c * (100 - x)}{100 * P_c - x * d_i}$$

in cui:

d_r = densità della miscela priva degli elementi di dimensione superiore a 25 mm;

d_f = densità della miscela "tal quale" (comprensiva, cioè, dell'inerte con dimensioni superiori a 25 mm);

P_c = peso specifico degli elementi di dimensione maggiore di 25 mm;

x = percentuale in peso degli elementi di dimensione maggiore di 25 mm.

La suddetta formula di trasformazione potrà essere applicata anche nel caso di miscele contenenti una percentuale in peso di elementi di dimensione superiore a 25 mm, compresa tra il 25 e il 40%. In tal caso, nella stessa formula, al termine x dovrà essere sempre dato il valore 25 (indipendentemente dalla effettiva percentuale in peso del trattenuto al crivello UNI 25 mm).

2.1.5 Controllo dei requisiti di accettazione

Il rispetto dei requisiti di accettazione sarà accertato dalla Direzione Lavori in corso d'opera, prelevando in cantiere il materiale già miscelato, sia all'atto della stesa che dopo il costipamento.

Nel cantiere di stesa dovranno essere effettuati i seguenti controlli:

- a) verifica dell'idoneità delle attrezzature di stesa e rullatura;
- b) verifica della composizione e delle caratteristiche intrinseche della miscela di aggregati, secondo i requisiti di cui all'art. 2.1.2;
- c) verifica delle caratteristiche fisico-meccaniche del materiale costipato e, in particolare, di:
 - c.1) *peso specifico in situ*, secondo la Norma CNR B.U. n° 22 del 3 Febbraio 1972, in relazione alla densità massima determinata con procedura AASHTO Modificato e secondo le indicazioni di cui al precedente art. 2.1.4;
 - c.2) *modulo di deformazione M_d* determinato con prova di carico su piastra al primo ciclo di carico, nell'intervallo di pressione compreso tra 0,15 e 0,25 N/mm², secondo la Norma Svizzera SNV 670 317a; esso dovrà risultare non inferiore a 80 Mpa;
 - c.3) *regolarità* dello strato: la superficie finita non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm, controllato a mezzo di un regolo di m 4,50 di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali.
- d) verifica dello spessore dello strato finito: saranno previste tolleranze, in più o in meno, fino al 5% dello spessore totale, a condizione che il massimo scostamento si presenti solo saltuariamente.

2.2 STRATO DI FONDAZIONE (SOTTOBASE) IN MISTO CEMENTATO

2.2.1 Descrizione

Il misto cementato per fondazione (sottobase) sarà costituito da una miscela di inerti lapidei, impastata con cemento e acqua in impianto centralizzato con dosatori a peso o a volume. Lo spessore finito dell'unico strato in cui il materiale dovrà essere messo in opera in un unico strato non inferiore a cm 20 e non superiore a cm 30.

2.2.2 Caratteristiche dei materiali da impiegare

a) **Inerti.**

Il rispetto dei requisiti di accettazione da parte degli aggregati per strati di fondazione legati a legante idraulico dovrà rispondere a quanto previsto dalla marcatura ed etichettatura CE dei prodotti secondo quanto previsto all'appendice ZA della norma UNI EN 13242:2008 e verificato sulla base delle prescrizioni contenute nella suddetta norma.

In ogni caso i materiali dovranno essere conformi ai sistemi di attestazione previsti dalla normativa vigente

Saranno impiegati aggregati naturali e di frantumazione, anche costituiti da ghiaie e sabbie di cava e/o di fiume, a condizione che la percentuale di frantumato complessiva sia superiore al 40% in peso, sul peso totale degli inerti. La Direzione Lavori potrà permettere l'impiego di quantità di materiale frantumato inferiori al limite stabilito, previa verifica che la miscela finale presenti comunque le resistenze a compressione e a trazione, a 7 giorni, prescritte nel seguito (a tal fine, si potrà modificare la composizione della miscela variando la percentuale delle sabbie presenti e/o la quantità di passante al setaccio da 0,063 mm).

Sarà possibile utilizzare anche materiale in frazione unica, purchè rispondenti ai requisiti richiesti per la miscela di aggregati.

Gli inerti avranno i seguenti requisiti:

- 1) Il materiale deve avere dimensioni tali da risultare completamente passante al crivello UNI 40 (o setaccio equivalente); non deve essere costituito da granuli di forma appiattita, allungata o lenticolare.
- 2) *Granulometria* compresa nel seguente fuso ed avente andamento continuo ed uniforme:

Setacci ISO 565 (serie base + gruppo 2)	Passante in peso
Setaccio 25	100
Setaccio 20	80 - 100
Setaccio 16	66 - 87
Setaccio 8	41 - 61
Setaccio 4	24 - 39
Setaccio 2	18 - 30
Setaccio 0,5	9 - 19
Setaccio 0,063	5 - 10

- 3) Perdita in peso alla *prova Los Angeles*, eseguita sulle singole pezzature, secondo la norma UNI EN 1097-2:2010, non superiore al 30% (LA₃₀);
- 4) *Equivalente in sabbia*, secondo la norma UNI EN 933-8:2012, compreso fra 30 e 60 %.

- 5) Qualora ritenuto necessario dalla Direzione Lavori, l'aggregato grosso (frazione di dimensioni maggiori di 4 mm) dovrà avere:
- 5a) *sensibilità al gelo*, determinata secondo la Norma UNI EN 1367-1:2007, non superiore al 30%;
 - 5b) coefficiente di usura determinato con la *prova Micro-Deval*, secondo la Norma UNI EN 1097-1:2011 "*Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Determinazione della resistenza all'usura (micro-Deval)*", in presenza di acqua (MDU), non superiore al 25 %.
- 6) L'aggregato fino (frazione di dimensioni minori di 2 mm) deve avere un Limite Liquido, ai sensi della Norma UNI CEN ISO/TS 17892-12:2005 "*Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 12: Determinazione dei limiti di Atterberg*", non superiore al 25%; il Limite Plastico deve essere non determinabile (e così l'Indice di Plasticità).
- 7) Il contenuto di rocce tenere, alterate o scistose, rocce degradabili, solfatiche o reagenti con alcali del cemento, ai sensi della Norma UNI EN 932-3:2004, nell'aggregato fino deve essere inferiore all'1%. Così deve essere inferiore all'1%, nello stesso aggregato, il contenuto in ione SO_4^- e il contenuto di sostanze organiche (Norma UNI EN 1744-1:2010).

b) Legante.

I cementi 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 197-1:2011.

Saranno impiegati unicamente cementi della classe di resistenza 32.5.

c) Acqua.

Dovrà essere esente da impurità dannose, oli, acidi, alcali, materie organiche e da qualsiasi altra sostanza nociva. La quantità di acqua nella miscela sarà quella corrispondente all'umidità ottima di costipamento, con una possibile variazione percentuale (in aumento o in diminuzione) di 2 punti per consentire il raggiungimento delle resistenze appresso indicate.

2.2.3 Studio della miscela in laboratorio

Al fine di determinare la migliore formulazione dell'impasto per la realizzazione dello strato di fondazione (sottobase), l'Appaltatore dovrà preliminarmente eseguire uno studio di fattibilità e di ottimizzazione, mediante il quale definire i componenti della miscela, le relative caratteristiche fisico-meccaniche e i dosaggi delle pezzature, necessari per la produzione di un misto cementato in grado di meglio soddisfare ai requisiti di accettazione previsti dal presente Capitolato.

Gli esiti e le conclusioni dell'indagine preliminare (mix-design) dovranno essere opportunamente documentati con tutti i certificati relativi alle prove di laboratorio effettuate, sia sui materiali componenti che sul misto da utilizzare in fase di stesa.

Dovrà essere inoltre contestualmente trasmessa alla Direzione Lavori una relazione circostanziata che illustri, in modo chiaro ed inequivocabile:

tipologia e caratteristiche dei materiali che saranno utilizzati per la realizzazione dello strato di fondazione (sottobase), con particolare riguardo a inerte e legante;

luogo, modalità e tempi del loro approvvigionamento;

luogo, modalità e tempi del loro impiego, trattamento e messa in opera;

provvedimenti da porre in atto per garantire il mantenimento nel tempo dei loro requisiti fisici e meccanici, previsti nello studio preliminare e richiesti dal Capitolato;

provvedimenti previsti in caso di variazione delle condizioni di cui ai predetti punti 1 - 2 - 3.

Lo studio di fattibilità e ottimizzazione sui singoli componenti del misto cementato, nonché sul prodotto finale, dovrà concernere la scelta del cemento e degli aggregati lapidei nelle varie pezzature. Dovranno essere indicati: tipo, qualità e dosaggio del cemento; natura e provenienza dell'inerte; per ciascuna frazione e per la miscela di aggregati che si intende impiegare, la curva granulometrica (UNI EN 933-1:2012), la massa volumica apparente dei granuli (UNI EN 1097-6:2008) e tutte le caratteristiche fisiche e meccaniche indicate dal Capitolato fra i requisiti di accettazione (art. 2.2.2.a/b/c).

Potranno essere accettati, ad insindacabile giudizio della D.LL., anche studi di miscele che, in precedenti esperienze, abbiano fornito i risultati richiesti, purché ne vengano verificate le resistenze meccaniche, preventivamente al loro utilizzo.

La quantità di acqua e di legante con cui effettuare l'impasto sarà preliminarmente determinata in laboratorio, per via sperimentale, mediante provini cilindrici su cui determinare la densità del secco, il carico di rottura a compressione, la resistenza a trazione indiretta, secondo la norma UNI EN 12390-6:2010

La prova di resistenza a compressione sarà eseguita su provini confezionati in stampi cilindrici di acciaio per prova C.B.R. (ai sensi della Norma UNI EN 13286-47:2006), privi di disco spaziatore e dotati di collare di prolunga; negli stampi, il materiale sarà costipato in n° 5 strati, con n° 85 colpi per strato, con un'energia pari a quella prevista nella norma UNI EN 13286-2:2010 per il procedimento AASHTO Modificato. Onde consentire il regolare costipamento dell'ultimo strato si dovrà aver cura che la miscela, a costipamento ultimato, ecceda di 1 cm circa rispetto all'altezza del cilindro; l'eccedenza verrà eliminata, previa rimozione del collare di prolunga e rasatura dello stampo, in modo che l'altezza del provino risulti essere pari a quella dello stampo C.B.R. medesimo.

Il confezionamento dei campioni sarà eseguito dosando gli inerti secondo la curva granulometrica di progetto, dopo aver eliminato la frazione trattenuta al setaccio 22.4 mm, preparando più impasti con percentuali di cemento diverse e, per ogni percentuale di cemento, con percentuali di acqua diverse. Con ogni impasto si confezioneranno almeno 4 provini, sui quali verrà calcolata la densità secca.

I provini dovranno essere conservati negli stampi in ambiente umido per le prime 24 ore dal confezionamento; saranno quindi estratti e fatti stagionare per 6 giorni in ambiente umido (umidità relativa non inferiore al 90%) a temperatura di circa 20 °C. Per prove eseguite in cantiere la stagionatura sarà effettuata in sabbia umida.

I provini, dopo la stagionatura, saranno sottoposti a prova di rottura a compressione, condotta con l'applicazione di uno sforzo unitario costante e la rottura dovrà avvenire tra 30 e 60 s. La resistenza a compressione a 7 giorni, espressa come media su quattro provini, dovrà risultare compresa fra 3,50 e 6,50 N/mm²; qualora uno dei valori dovesse scostarsi dalla media di oltre il 20%, la media aritmetica sarà computata sui campioni rimanenti, a condizione che nessuno di questi manifesti un pari scostamento dalla media risultante. In quest'ultima circostanza, qualora fossero due i campioni con valori di resistenza a compressione che si scostano di oltre il 20% dalla media, la prova dovrà essere integralmente ripetuta.

La prova di resistenza a trazione indiretta (prova brasiliana) sarà eseguita su provini confezionati secondo le modalità previste per la prova di compressione.

Il carico dovrà essere applicato, collocando il provino con il proprio asse orizzontale e interponendo appositi listelli in compensato o cartone duro (di sezione minima di mm 15 x 4 e lunghezza maggiore dell'altezza del campione), mediante i piatti di una pressa che dovranno trasmettere un gradiente di tensione costante sino a rottura, in ragione di 0,02 MPa/s. La resistenza a trazione indiretta, determinata su almeno tre provini, dovrà risultare non inferiore a 0,30 MPa.

Dall'indagine sperimentale eseguita con la prova di compressione e la prova di trazione indiretta dovranno essere scelti: curva granulometrica; contenuto di legante; contenuto d'acqua da utilizzare nel confezionamento della miscela; densità e resistenze di progetto da utilizzare come riferimento nelle prove di controllo.

2.2.4 Preparazione e controllo dei requisiti di accettazione in fase di confezionamento della miscela

L'Appaltatore, dopo aver eseguito lo studio della miscela in laboratorio, dovrà proporre alla Direzione Lavori la composizione da adottare e ad essa, una volta accettata, dovrà scrupolosamente attenersi per tutta la durata dei lavori.

La miscela verrà confezionata in appositi impianti centralizzati con dosatori a peso o a volume. La dosatura dovrà essere effettuata sulla base di un minimo di tre distinti assortimenti ed il controllo della stessa dovrà essere eseguito almeno ogni 1500 m³ di miscela.

L'osservanza della granulometria dovrà essere assicurata con esami giornalieri, da eseguirsi presso la centrale di miscelazione, subito prima della miscelazione.

Per quanto concerne la curva granulometrica dell'inerte, rispetto al valore percentuale del passante ai singoli vagli della curva granulometrica adottata, sarà ammessa una tolleranza di 5 punti dal setaccio 25 mm al setaccio 4 mm e di 2 punti dal setaccio 2 mm al setaccio 0,063 mm, purché non vengano superati i limiti del fuso.

Per la quantità di cemento non sarà tollerato uno scostamento, dalla percentuale stabilita, superiore a 0,3 punti.

2.2.5 Modalità esecutive

Il materiale verrà steso in un unico strato di spessore finito pari a quello prescritto dal progetto.

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 di quota, sagoma e compattezza prescritti.

Il materiale pronto per la messa in opera e il costipamento dovrà presentare in ogni punto la prescritta granulometria, composizione e dosaggio dei componenti. Dovrà, inoltre, possedere le caratteristiche fisico-meccaniche di impiego di cui agli artt. 2.2.2 e 2.2.3, fatte salve le prescrizioni di cui all'art. 2.2.4. Una volta in opera, esso dovrà presentarsi, dopo costipamento, uniformemente miscelato, in modo da non rivelare segregazione dei suoi componenti.

La stesa verrà eseguita impiegando finitrici vibranti.

Il costipamento e la finitura dello strato saranno effettuati con l'attrezzatura più idonea al tipo di materiale impiegato e comunque essa dovrà essere oggetto di preventiva approvazione da parte della Direzione Lavori. In generale, il costipamento sarà realizzato con rulli lisci vibranti e rulli gommati (oppure rulli misti vibranti e gommati), comunque semoventi.

L'idoneità dell'attrezzatura e le modalità esecutive di posa e costipamento del misto cementato verranno, per ogni cantiere, determinate dalla Direzione Lavori su una stesa sperimentale, dove sarà utilizzata la miscela studiata per l'intervento specifico secondo la procedura di cui al precedente art. 2.2.3.

Tutte le operazioni anzidette non dovranno essere eseguite quando le condizioni ambientali risulteranno tali da poter danneggiare la qualità della strato.

La stesa della miscela non dovrà, di norma, essere eseguita con temperature dell'aria inferiori a 5 e superiori a 25 °C, né in presenza di pioggia. Potrà, tuttavia, essere consentita la stesa a temperature comprese fra i 25 e i 30 °C, a condizione che il misto cementato sia protetto da evaporazione durante il trasporto dall'impianto di miscelazione al luogo di impiego (ad esempio con teloni); nella stessa circostanza, sarà necessario provvedere ad un'abbondante bagnatura del piano di posa del misto cementato prima della sua applicazione, al fine di prevenire un'anomalo assorbimento dell'acqua di impasto da parte del sottofondo.

Le operazioni di costipamento del misto cementato e la successiva applicazione dello strato protettivo in emulsione bituminosa sulla superficie del medesimo, dovranno essere eseguite immediatamente dopo la stesa della miscela.

Le condizioni ideali di lavoro si hanno con temperature di 15 – 18 °C ed umidità relativa del 50 % circa. Temperature superiori saranno ancora accettabili con umidità relative anch'esse crescenti; comunque è opportuno, anche per temperature inferiori alla media, che l'umidità relativa all'ambiente non scenda al di sotto del 15 %, in quanto ciò potrebbe provocare ugualmente una eccessiva evaporazione del getto.

Il tempo intercorrente tra la stesa di due strisce affiancate non dovrà superare di norma 1-2 ore per garantire la continuità della struttura.

Particolari accorgimenti dovranno adottarsi nella formazione dei giunti longitudinali di ripresa, che andranno protetti con fogli di polistirolo espanso (o materiale similare) conservati umidi.

Il giunto di ripresa sarà ottenuto terminando la stesa dello strato a ridosso di una tavola, da togliere al momento della ripresa del getto; se non si fa uso della tavola, sarà necessario, prima della ripresa del getto, provvedere a tagliare l'ultima parte del getto precedente, in modo che si ottenga una parete verticale su tutto lo spessore dello strato.

Non saranno eseguiti altri giunti, all'infuori di quelli di ripresa.

Il tempo di maturazione protetta non dovrà essere inferiore alle 72 ore, durante le quali il misto cementato dovrà essere protetto dal gelo.

Il transito di cantiere potrà essere ammesso sullo strato finito a partire dal terzo giorno dopo quello in cui è stata effettuata la stesa, ma solo e limitatamente ai mezzi gommati.

Strati eventualmente compromessi da improprie condizioni meteorologiche o da altre cause dovranno essere rimossi e ricostruiti a cura e spese dell'Appaltatore.

2.2.6 Protezione superficiale

Subito dopo il completamento delle opere di costipamento e di rifinitura dovrà essere eseguito lo stendimento di un velo protettivo di emulsione bituminosa acida (cationica) al 55% in ragione di 1-1,5 kg/m², in relazione al tempo ed alla intensità del traffico di cantiere cui esso potrà venire sottoposto; successivamente si provvederà allo spargimento di sabbia.

2.2.7 Controllo dei requisiti ed accettazione delle lavorazioni

Il costipamento dello strato in misto cementato dovrà essere eseguito sino ad ottenere una densità in sito non inferiore al 97% della densità massima del progetto.

Il controllo di detta densità dovrà essere eseguito con cadenza giornaliera (almeno 1 prova per giornata lavorativa), prelevando il materiale durante la stesa, ovvero prima dell'indurimento.

La *densità* in sito si valuterà secondo le prescrizioni della Norma CNR B.U. n° 22 del 3 Febbraio 1972 (metodo del volumometro a sabbia o a membrana), avuto riguardo di correggere la misura in modo da eliminare il contributo degli elementi di dimensione superiore a 20 mm (ex crivello 25 mm).

Ciò potrà essere ottenuto mediante la metodologia analitica proposta all'art. 1.4, oppure attraverso una misura diretta, consistente nella separazione mediante vagliatura degli elementi di pezzatura maggiore di 25 mm e nella loro sistemazione nel cavo di prelievo prima di effettuare la misura col volumometro. La sistemazione di questi elementi nel cavo dovrà essere effettuata con cura, elemento per elemento, per evitare la formazione di cavità durante la successiva misurazione del volume.

Il controllo della densità potrà anche essere effettuato sullo strato finito (almeno con 15-20 giorni di stagionatura), su provini estratti tramite carotatrice; la densità secca verrà ricavata come rapporto tra il peso della carota, essiccata in stufa a 105-110 °C, ed il suo volume, ricavato per mezzo di pesata idrostatica previa paraffinatura del provino. In questo caso la densità dovrà risultare non inferiore al 100% della densità del progetto.

Nel corso delle prove di densità verrà anche determinata l'umidità della miscela che, per i rilievi effettuati alla stesa, non dovrà eccedere le tolleranze indicate all'art. 2.2.2.c.

Prove di *compressione* e di *trazione indiretta* saranno eseguite prelevando un numero minimo di 8 campioni (4 per la compressione, 4 per la trazione) per ogni 1500 m³ di materiale costipato e frazione eccedente. La preparazione dei provini per le singole determinazioni avverrà previa eliminazione, mediante vagliatura con setaccio, dell'inerte con dimensioni superiori a 20 mm.

La resistenza, a 7 giorni, a *compressione* e a *trazione indiretta*, determinata su provini confezionati prelevando la miscela durante la stesa e prima del costipamento definitivo e stagionati secondo le indicazioni del precedente articolo, potrà discostarsi dai valori di riferimento preventivamente determinati in laboratorio con una tolleranza del 20 %, in aumento come in diminuzione, ma mai potrà essere inferiore ai minimi prescritti per lo studio di laboratorio (rispettivamente 4 MPa per la *resistenza a compressione*, 0,25 N/mm² per la *resistenza a trazione* indiretta).

Il *modulo di deformazione* M_d determinato con prova di carico su piastra al primo ciclo di carico, nell'intervallo di pressione compreso tra 0,15 e 0,25 N/mm², secondo la Norma Svizzera SNV 670 317a, fra 3 e 12 ore (e comunque non oltre le 24 ore) dopo la compattazione del materiale, dovrà altresì risultare non inferiore a 150 MPa.

La superficie finita non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm, controllato a mezzo di un regolo di m. 4,50 di lunghezza, disposto secondo due direzioni ortogonali; tale scostamento non potrà essere che saltuario.

Qualora si dovesse rilevare un maggior scostamento dalla sagoma di progetto, non sarà consentito il ricarico superficiale e l'Impresa dovrà rimuovere e riapplicare, a sua totale cura e spesa, lo strato per il suo intero spessore.

CAPITOLO 3 STABILIZZAZIONI IN SITO

3.1 STABILIZZAZIONE DI TERRENI NATURALI A CEMENTO

3.1.1 Descrizione

La stabilizzazione a cemento con miscelazione in sito per la costruzione di strati di sottobase sarà eseguita utilizzando una miscela di inerti costituenti la preesistente fondazione in misto granulare o da materiale nuovo da miscelare in sito, mediante idonei miscelatori (pulvimixer), dopo aggiunta di cemento ed acqua, per uno spessore complessivo di 25 cm. Altri spessori potranno essere richiesti purché non inferiori a 20 cm e non superiori a 30 cm.

3.1.2 Caratteristiche dei materiali da impiegare

a) Inerti

Il rispetto dei requisiti di accettazione da parte degli aggregati per strati di fondazione legati a legante idraulico dovrà rispondere a quanto previsto dalla marcatura ed etichettatura CE dei prodotti secondo quanto previsto all'appendice ZA della norma UNI EN 13242:2008 e verificato sulla base delle prescrizioni contenute nella suddetta norma.

In ogni caso i materiali dovranno essere conformi ai sistemi di attestazione previsti dalla normativa vigente

Nel caso di impiego della preesistente fondazione in misto granulare, occorrerà verificare l'assenza di sostanze plastiche (limi, argille) e la rispondenza alle prescrizioni granulometriche indicate nel fuso seguente:

Setacci ISO 565 <i>(serie base + gruppo 2)</i>	Passante in peso
Setaccio 63	100
Setaccio 40	88 - 100
Setaccio 32	79 - 100
Setaccio 20	63 - 90
Setaccio 8	39 - 66
Setaccio 4	22 - 49
Setaccio 2	15 - 40
Setaccio 0,5	7 - 24
Setaccio 0, 063	2 - 10

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

L'indice di plasticità dovrà essere inferiore a 10 e comunque il prodotto finale dovrà avere le caratteristiche a compressione e a trazione a 7 giorni di seguito prescritte.

Nel caso di impiego di misto granulare nuovo la curva granulometrica dovrà essere sempre continua ed uniforme e rispettare i limiti del fuso di seguito riportato; gli inerti non dovranno avere forma allungata o lenticolare e la perdita in peso Los Angeles (UNI EN 1097-2:2010 "Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione") non superiore a 30% in peso.

Setacci ISO 565 <i>(serie base + gruppo 2)</i>	Passante in peso
Setaccio 63	100
Setaccio 40	87 - 100
Setaccio 32	79 - 100
Setaccio 20	75 - 95
Setaccio 8	43 - 60
Setaccio 4	30 - 43
Setaccio 2	18 - 30
Setaccio 0,5	9 - 20

Setaccio 0,25	7 - 15
Setaccio 0, 063	5 - 10

L'indice di plasticità (Norma UNI CEN ISO/TS 17892-12:2005) dovrà risultare uguale a zero.

b) Legante

I cementi 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 197-1:2011.

Saranno impiegati unicamente cementi della classe di resistenza 32.5.

A titolo indicativo la percentuale di cemento sarà compresa tra il 3% e il 5% sul peso degli inerti asciutti.

E' possibile sostituire parzialmente questa percentuale con cenere di carbone del tipo leggero (cenere volante) di recente produzione.

Orientativamente le ceneri leggere possono sostituire fino al 30% del peso indicato di cemento.

La quantità in peso di ceneri da aggiungere per ottenere pari caratteristiche meccaniche, scaturirà da apposite prove di laboratorio.

Indicativamente ogni punto percentuale di cemento potrà essere sostituito da 4-5 punti percentuali di ceneri.

c) Acqua

Dovrà essere pura ed esente da sostanze organiche.

La quantità di acqua dovrà essere quella corrispondente all'umidità ottima di costipamento determinata nello studio della miscela con variazione compresa tra $\pm 2\%$ del peso della miscela per consentire il raggiungimento delle resistenze appresso indicate.

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

Nel caso di lavori durante la stagione calda sarà opportuno procedere alla miscelazione con eccesso di acqua ed eventualmente riuniformare il misto miscelato, prima della rullatura.

3.1.3 Studio della miscela in laboratorio

Si richiamano espressamente le norme di cui al punto 2.2.3.

3.1.4 Modalità esecutive

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

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

Nel caso di fondazioni in macadam o scapoli di pietrame e di fondazioni in misto granulare o stabilizzato molto compromesse per la presenza di sostanze argillose od altro, si procederà, dietro preciso ordine della D.LL. alla loro demolizione ed asportazione.

La ricostruzione dello strato di fondazione sarà effettuata mediante la posa in opera di uno strato in misto granulare e/o uno strato di misto cementato confezionato in centrale secondo disposizioni della D.LL.

Nei casi di fondazione in misto granulare parzialmente compromessa (al di sotto del 50% della superficie dello scambio da risanare) si dovrà provvedere alla sostituzione dei materiali non idonei con materiali nuovi (di caratteristiche granulometriche uguali a quelle del materiale fresco d'apporto descritte al punto 3.1.2a), salvo diverso avviso della D.LL.

La rimozione della parte di strato da trattare dovrà essere realizzata mediante scarifica con idonea pala cingolata munita di "rippers" per uno spessore non inferiore a 25 cm (dovrà essere controllata la validità dalla D.LL.). Il cemento o la miscela cemento-cenere preventivamente omogeneizzata a secco in impianto caricando da due silos diversi lo stesso distributore da usare in sito, nelle quantità stabilite, verrà distribuita in modo uniforme su tutta la superficie rimossa mediante idonei spargitori. Se inizia a piovere durante questa operazione, si renderà necessario interrompere la distribuzione del cemento ed iniziare immediatamente la miscelazione del cemento con il misto granulare.

La miscelazione, preceduta da umidificazione il cui grado sarà definito in funzione della percentuale di umidità presente nel materiale da trattare e dalle condizioni ambientali, sarà realizzata con idonea attrezzatura approvata dalla D.L. in grado di rimuovere e mescolare uniformemente uno spessore minimo di 25 cm.

La miscelazione dovrà interessare tutta la superficie in modo uniforme comprese le fasce adiacenti alle pareti verticali dello scavo. La miscelazione non dovrà mai essere eseguita in condizioni ambientali e atmosferiche avverse quali: pioggia o temperatura ambiente non comprese tra 5°C e 35°C.

Le condizioni ambientali ottimali si verificano con temperature intorno a 18°C e con tasso di umidità di circa il 50%; con temperature superiori l'umidità dovrà risultare anch'essa crescente. Con temperature inferiori il tasso di umidità non dovrà essere inferiore al 15%.

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

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

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

L'addensamento dello strato che potrà essere preceduto, a discrezione della D.L., da una eventuale ulteriore umidificazione, dovrà essere realizzato come indicato al punto 2.2.5.

3.1.5 Norme di controllo delle lavorazioni

Si richiamano espressamente le norme di cui al punto 2.2.7.

3.1.6 Protezione superficiale

Si richiamano espressamente le norme di cui al punto 2.2.6.

3.2 TRATTAMENTO DELLE TERRE CON CALCE

3.2.1 Generalità

Si intende per stabilizzazione di una terra, una miscelazione intima di terra e calce ed eventualmente acqua tale da produrre un miglioramento significativo, in genere a medio e/o a lungo termine, delle proprietà fisico-meccaniche della miscela risultante che la rendano stabile alle azioni dell'acqua e del gelo.

3.2.2 Materiali

a) Terre

Sono idonei al trattamento a mezzo di calce i terreni limosi e/o argillosi dei gruppi A6 e A7, del gruppo A5 quando di origine vulcanica od organogena o ghiaie limo-argillose dei gruppi A2-6 e A2-7 altrimenti non utilizzabili, che dovranno avere le seguenti caratteristiche:

Granulometria	(rientrante nel fuso granulometrico riportato nella Norma CNR B.U. n.36)
Indice di plasticità	> 10
Sostanze organiche	< 2% (*) (***)
Solfati totali (solfati e solfuri)	< 0.25% (**)
Nitrati	< 0.1%
Contenuto d'acqua	$W_n \leq 1.3 W_{opt}$ (standard) (***)

Saranno ammesse granulometrie diverse da quelle interamente comprese nel fuso e un valore minore della plasticità a condizione che si dimostri l'idoneità della terra ad essere trattata, attraverso lo studio delle miscele di laboratorio e un campo prova preventivamente approvato dalla Direzione Lavori. In ogni caso l'indice di plasticità dovrà essere $I_p > 5$.

La terra da stabilizzare dovrà essere libera di vegetazione e di qualsiasi altro materiale estraneo.

Nota: (*) Questo valore può essere superato fino al valore del 4% nel caso di impiego del trattamento per il piano di posa del rilevato, purché sia dimostrato il raggiungimento dei requisiti di resistenza, deformabilità e durabilità richiesti.

Nota: ()** I terreni con contenuto di solfati totali >1% non sono idonei al trattamento a calce; le terre con un contenuto di solfati totali compreso tra 1% e 0.25% potrebbero, in casi eccezionali essere accettati, e comunque dopo uno specifico studio di laboratorio. Italferr sulla base dello studio effettuato deciderà l'idoneità o meno della terra.

Nota: (*)** Sono consentite prove colorimetriche, per la valutazione preliminare del contenuto di sostanze organiche, ai sensi della norma UNI 1744-1. Nel caso di esito positivo della suddetta prova, si procederà alla verifica in laboratorio chimico secondo la norma NF P 94-055. Al fine di ottenere una correlazione fra la scala dei colori della prova colorimetrica ed i risultati analitici della prova AFNOR, dovranno essere eseguiti dei confronti sui campioni del medesimo terreno da trattare; i risultati della taratura del metodo colorimetrico saranno sottoposti all'approvazione di Italferr.

Nota: (*)** L'umidità W_n è quella del terreno naturale da trattare; W_{opt} (standard) è da intendersi quella ottimale ottenuta dalla prova di compattazione Proctor Standard della miscela terra-calce.

b) Calce

• Tipi di calce

I tipi di calce da impiegare sono:

- calce aerea idrata in polvere sfusa;
- calce aerea viva macinata sfusa.

L'impiego della calce viva macinata, per il suo effetto essiccante, è sempre preferibile all'uso della calce idrata soprattutto nei casi nei quali i valori di umidità sono sensibilmente più elevati del valore ottimo per il costipamento.

La calce idrata e/o viva confezionata in sacchi non dovrà essere utilizzata.

Entrambi i tipi dovranno rispondere ai requisiti di accettazione indicati nel R.D. 2231 del 16 novembre 1939 ed inoltre dovranno avere le seguenti caratteristiche:

• Caratteristiche Chimiche

Requisito	Calce Viva	Calce Idrata
CO ₂	□ 5%	-
Titolo in ossidi liberi		
(CaO+MgO) (*)	□ 84%	-
Tenore in MgO	□ 10%	□ 8%
Titolo in idrati totali (CaOH ₂)	-	> 85%
SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃ +SO ₃	□ 5%	□ 5%
Umidità	-	□ 2%

Nota^(*) : La determinazione del titolo in ossidi liberi espresso come CaO dovrà essere effettuata secondo la formula $(1000 - I - 2.27 * CO_2 - X)$ dove:

I = percentuale di impurezze (SiO₂ + Al₂O₃ + Fe₂O₃ + SO₃);

X è la percentuale di acqua legata chimicamente

• **Caratteristiche granulometriche**

	Calce Viva	Calce Idrata
Passante al setaccio 2 mm	100%	100%
Passante al setaccio 0.2 mm	□ 90%	□ 90%
Passante al setaccio 0.075 mm	□ 50%	□ 90%

c) Acqua

L'acqua utilizzata non dovrà contenere apprezzabili quantità di sostanze organiche e/o inorganiche che possano inibire le reazioni chimiche del trattamento (es. acque salmastre, con contenuto di oli, solfati, cloruri, etc).

3.2.3 Studio preliminare

Scopo dello studio delle miscele è quello di raggiungere il miglioramento prefissato delle caratteristiche del terreno, con il minimo impiego di calce e tale da assicurare nel tempo i requisiti richiesti.

Per verificare la compatibilità del terreno al trattamento a calce dovranno essere prelevati dei campioni da sottoporre a prove di laboratorio. Sulla base dei risultati ottenuti su questi campioni dovranno essere definite delle fasce di terreno "omogeneo", inteso come terreno che dovrà essere trattato con il medesimo quantitativo di calce.

Nel caso in cui il terreno sia trattato in situ dovranno essere prelevati n. 1 campione ogni volta che il terreno abbia caratteristiche differenti e in ogni caso almeno 1 ogni 1000 mq secondo uno schema a maglie e comunque rappresentativo dell'area da trattare.

Qualora il terreno da trattare provenga da una cava di prestito, dovrà essere prelevato un campione per ogni quantitativo di terreno omogeneo e comunque almeno 1 ogni 2000 mc.

Il terreno da prelevare in cava dovrà essere identificato mediante scavi di pozzetti e/o sondaggi di profondità adeguata per individuare l'omogeneità del fronte di scavo.

Qualora il terreno da trattare provenga da scavi di linea potrà essere classificato mediante campionatura in cumulo o su strati di materiale steso prima della miscelazione con calce e con frequenza di un campione rappresentativo ogni 2000 mc.

Per i terreni provenienti dallo scavo di pali e diaframmi le modalità e le frequenze di campionamento verranno definite caso per caso in relazione alle caratteristiche specifiche dei terreni interessati; tali terreni potranno essere utilizzati solo previa approvazione della Direzione Lavori.

Prima di dare inizio alle lavorazioni, si dovrà effettuare uno studio di laboratorio per definire la formulazione della miscela attraverso:

- l'identificazione del terreno
- lo studio delle miscele sperimentali
- realizzazione del campo prova
- la scelta della miscela da utilizzare.

3.2.4 Identificazione del terreno

Per trattamenti di terre in sito si preleveranno campioni da pozzetti esplorativi ogni 2000 m² e comunque con distanze reciproche tra questi non superiori ai 200 m e profondità almeno pari a quella del suolo da trattare; quando si presume che le caratteristiche del suolo siano più variabili di quanto sopra contemplato si incrementerà opportunamente la frequenza di campionamento.

Si procederà alla classificazione geotecnica di laboratorio per la determinazione dei seguenti parametri:

- Composizione granulometrica mediante setacciatura a umido, con la determinazione del diametro massimo, della percentuale del passante a 2 mm, a 0.4 mm e a 0.075 mm.
- Indice di plasticità.

Sulla base delle prove suddette dovranno essere individuate le superfici e/o i volumi omogenei e rappresentativi dei terreni oggetto dello studio.

Per ogni campione rappresentativo di ciascuna superficie e/o volume omogeneo, dovranno essere determinati:

- Curva granulometrica cumulativa
- Indici di consistenza e di plasticità
- Contenuto d'acqua (W_n)
- Contenuto in solfati e solfuri
- Contenuto in sostanza organica
- Contenuto in nitrati
- Caratteristiche di costipamento mediante prova di costipamento Proctor Standard, con determinazione di umidità ottima (W_{opt}).
- Indice CBR
- Indice CBR immediato (IPI).

3.2.5 Studio delle miscele sperimentali

Le prove di laboratorio su un terreno proposto per il trattamento hanno lo scopo di stabilire:

- a) le regole che forniscono il dosaggio in calce del trattamento in funzione dell'IPI e del contenuto d'acqua previsto al momento della messa in opera. I risultati dovranno essere forniti sotto forma di diagrammi ed abachi come esemplificato nella fig. 1;
- b) la compatibilità del trattamento in relazione ai requisiti dell'opera prescritti nel par. 3.2.16.5.

Per quanto si riferisce al punto a), la procedura comprenderà la sperimentazione su più miscele necessarie alla formulazione di diagrammi come quelli di fig. 1, a partire da campioni della frazione granulometrica del materiale \square 20 mm, con riferimento ai corrispondenti valori dell'IPI.

Lo studio delle miscele dovrà essere così formulato. Si determinerà il **consumo iniziale di calce** (di seguito indicato con **CIC**) ovvero la quantità di calce necessaria per soddisfare le reazioni immediate terra-calce, in relazione alla capacità di scambio cationico dei materiali argillosi.

A partire da una percentuale minima di calce pari al determinato valore del CIC, dovranno essere preparate diverse miscele terra-acqua-calce aumentando dello 0,5% il contenuto di calce. In ogni caso la percentuale iniziale di calce utilizzata nello studio non dovrà essere $< 2\%$ (riferito al peso del secco del terreno) ed il numero minimo di miscele da esaminare non dovrà essere inferiore a tre.

Per le diverse miscele sperimentali dovranno essere effettuati:

- 1) Analisi granulometrica continua
- 2) Indice di plasticità e di consistenza
- 3) Indice CBR imbibito (a 7 e 28 giorni)
- 4) Indice IPI. Si ricercherà la minima percentuale di calce che consenta di ottenere un IPI > 10
- 5) Prova Proctor Standard
- 6) Prova di compressione semplice (a 1, 7 e 28 giorni)
- 7) Prova di rigonfiamento lineare e volumetrico delle miscele con IPI >10 . Si dovrà verificare, per ciascun provino, un aumento di volume rispetto al provino appena compattato inferiore al 1%
- 8) Prove di taglio diretto C D a 28 giorni di maturazione su campioni "tal quali" e dopo completa saturazione in acqua (per un tempo massimo di 7 giorni), costipati con energia AASHTO Standard e umidità pari a W_{opt} , e $W_{opt} \pm 2\%$.

3.2.6 Realizzazione del campo prova.

Ultimato lo studio delle miscele sperimentali dovrà essere predisposto un campo prova per verificare su scala reale i dati ottenuti in laboratorio, per verificare i dati di progetto nonché per mettere a punto le metodologie di esecuzione dei rilevati di linea (metodo di compattazione di ogni singolo strato, metodo di ammorsamento fra uno strato e il successivo, modalità di profilatura delle scarpate, protezione delle superfici finite). Per questo scopo, quando è previsto il trattamento a calce delle terre del piano di posa dei rilevati e per le sedi in trincea, per ogni zona omogenea di terreno trattato, dovrà essere realizzato un campo prova di larghezza 4 m e di lunghezza utile 30 m. Quando è previsto il trattamento a calce delle terre da impiegare per la realizzazione degli strati del corpo dei rilevati, per ogni zona omogenea di terreno trattato, dovrà essere realizzato un campo prova di dimensioni utili in sommità 4 m x 50 m (escluse le rampe di accesso degli automezzi nel caso dei rilevati).

Dovranno essere messi in opera diversi schemi di rullatura, scelti in funzione del terreno da compattare, per verificare ed eventualmente ottimizzare le operazioni di compattazione.

Dovranno essere sperimentate almeno 2 miscele tra quelle ritenute idonee dallo studio di laboratorio e che soddisfino la stabilità globale dell'opera. Il terreno da utilizzare per il campo prova dovrà rispondere ai requisiti di cui al punto 3.2.4 e i risultati, opportunamente certificati, dovranno essere riportati in un'apposita relazione. Per quanto riguarda il corpo del rilevato, esso dovrà essere costituito da almeno 3 strati di terreno trattato, aventi ciascuno uno spessore di 30 cm dopo la compattazione.

Inoltre per la realizzazione del campo prova, sia per il piano di posa sia per gli strati del corpo del rilevato dovranno essere effettuate le operazioni che seguono.

- Dovrà essere tarata la spanditrice di calce per il controllo del dosaggio.
- Prima della stesa della calce dovrà essere controllato il contenuto d'acqua e confrontato con quello utilizzato nello studio delle miscele.
- Dopo la miscelazione dovrà essere di nuovo controllato il valore del contenuto d'acqua.
- La miscela dovrà essere poi compattata secondo schemi di rullatura prefissati.
- Il prodotto finale dovrà essere controllato mediante la determinazione del modulo di deformazione, con piastra da 30 cm, ed il suo andamento nel tempo. Le misure dovranno essere effettuate per ogni strato almeno al tempo 0 (cioè subito dopo la compattazione), a 24h, a 3gg e a 7gg su almeno 5 punti appartenenti ad una porzione di rilevato omogenea, sia per la miscela che per le modalità di compattazione. Solo all'ultimo strato verranno effettuate le misure anche a 30gg dalla compattazione.

Dovranno inoltre essere misurati i valori del CBR sul terreno trattato per il campo prova, delle densità in situ e del contenuto d'acqua nelle porzioni di terreno vive in vicinanza dei punti di misura del modulo su piastra.

Si dovranno determinare, mediante prove di laboratorio su campioni indisturbati prelevati dal terreno trattato, le caratteristiche meccaniche in termini di coesione ed angolo di attrito interno in condizioni drenate e non (c' , \square' , c_u), sia nelle condizioni "tal quali" (28 giorni) che nelle condizioni, dopo 28 giorni di maturazione, indicate nel seguito:

- cicli di imbibizione ed essiccamento, ciascuno composto da completa imbibizione in acqua per almeno 4 giorni ed essiccamento per 24 h in forno a 105°C;
- completa saturazione in acqua per almeno 7 giorni.

I valori dei parametri di resistenza così determinati dovranno garantire la stabilità del corpo del rilevato (condizioni a breve e a lungo termine). Per ogni campione provato verranno determinati peso di volume, densità secca, umidità e grado di saturazione.

Dovrà essere determinato, sulla base delle prove di densità in situ di cui al par. 3.2.6, il valore medio di riferimento $\bar{\rho}_{d,med}$, da utilizzare secondo i criteri di cui al suddetto paragrafo. $\bar{\rho}_{d,med}$ rappresenta la media di tutte le prove di densità in situ condotte nel campo prova.

Dovrà essere controllato lo spessore dello strato finito.

Dovrà essere verificata l'idoneità delle metodologie esecutive previste (protezione degli strati, ammorsamento fra gli strati, fuori sagoma, riprofilatura).

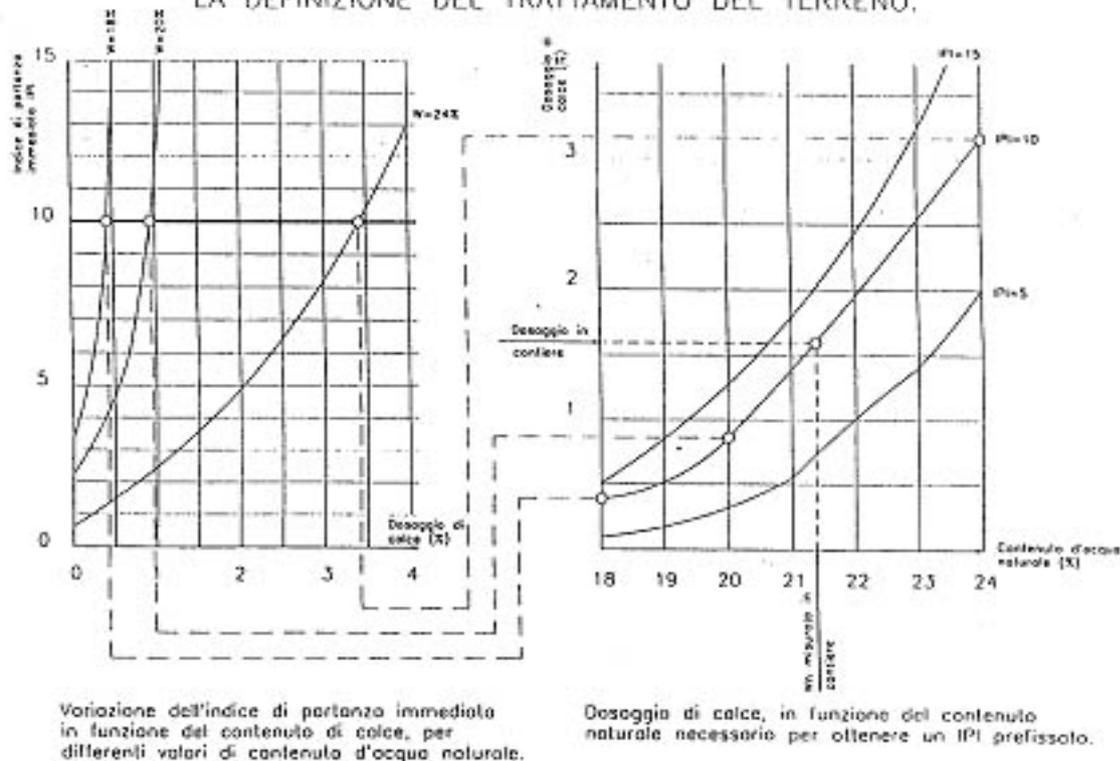
I risultati ottenuti dovranno confermare quelli dello studio. Nel caso nel quale i requisiti minimi, previsti al par. 3.2.5 nonché i valori di resistenza atti a garantire la stabilità del rilevato, non venissero raggiunti, dovranno essere modificati i metodi di compattazione e/o le miscele terra/calce fino ad ottenere i requisiti minimi richiesti; in caso contrario si dovrà scartare il prodotto sperimentato.

I campi prova dovranno costituire il riferimento per la costruzione dei rilevati pertanto negli elaborati finali dei campi prova dovranno essere chiaramente specificate le modalità realizzative da riprodurre in corso d'opera.

3.2.7 Scelta della miscela da utilizzare.

La miscela ottimale scaturirà dai risultati delle analisi effettuate in laboratorio e da quelli ottenuti nel campo prova e, in ogni caso, dovrà essere approvata dalla Direzione Lavori

Fig.1 ESEMPIO DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI DI UNO STUDIO PER LA DEFINIZIONE DEL TRATTAMENTO DEL TERRENO.



Variatione dell'indice di portanza immediato in funzione del contenuto di calce, per differenti valori di contenuto d'acqua naturale.

Dosaggio di calce, in funzione del contenuto naturale necessario per ottenere un IPI prefissato.

3.2.8 modalità di esecuzione e prescrizioni

La tecnica consiste nello spandimento della calce sulla superficie di terreno da miscelare mediante l'ausilio di mezzi meccanici.

Il trattamento a calce del terreno non dovrà essere effettuato in caso di pioggia, di temperature inferiori a 5°C, in presenza di vento forte e nel caso nel quale ci sia presenza di acqua o venute di acqua sul piano dove viene steso il terreno da trattare. Nel caso che il terreno sia saturo fino al p.c., prima di procedere al trattamento con calce del piano di posa del rilevato, si dovrà obbligatoriamente provvedere ad abbassare il livello d'acqua e a mantenerlo tale per un tempo, approvato da Italferr, sufficiente a non inficiare l'esito del trattamento.

3.2.9 Approvvigionamento e stoccaggio della calce

La calce dovrà essere consegnata con autobotti dotate di scarico pneumatico e stoccata in appositi sili dotati di filtro per la captazione della polvere all'atto del loro caricamento.

Per la calce sfusa lo stoccaggio dovrà avvenire almeno in 2 sili distinti, ciascuno di capacità corrispondente ad una giornata di lavoro. Il tempo di stoccaggio in cantiere non dovrà superare i 5 giorni.

3.2.10 Fasi esecutive

La stabilizzazione a calce del terreno prevede le seguenti fasi:

- a) lo scotico;
- b) la preparazione del terreno da trattare;

- c) lo spandimento della calce;
- d) la miscelazione
- e) la compattazione e finitura degli strati.

Resta inteso che qualora si utilizzino macchinari in grado di effettuare la preparazione del terreno (frantumazione) e la miscelazione del terreno con la calce contemporaneamente, le fasi b) e d) potranno essere unificate.

3.2.11 Scotico del terreno

La realizzazione del piano di posa dovrà essere preceduta dall'esecuzione dello scavo, di larghezza pari all'ingombro del rilevato o della sede in trincea, per l'asportazione del primo strato di terreno vegetale e comunque per uno spessore non inferiore a 50 cm.

3.2.12 Preparazione del terreno

a) terreno in situ

Consiste nella frantumazione e nello sminuzzamento delle zolle da utilizzare, fino alla riduzione di eventuali grumi di terreno limo-argillosi tali che il 100% passi attraverso un setaccio da 40 mm.

Qualora il terreno da trattare sia troppo secco, dovrà essere umidificato aggiungendo un'opportuna quantità di acqua. La quantità d'acqua utilizzata dovrà essere controllata da opportuni dispositivi e, perché raggiunga in modo omogeneo tutto lo strato di terreno da trattare, tale operazione dovrà essere effettuata prima di ultimare la frantumazione del terreno.

Al termine di tale operazione dovrà essere misurato, in più siti e a diverse profondità, il contenuto d'acqua W_n .

Lo strato di terreno da trattare, dopo la compattazione, non dovrà avere uno spessore superiore a 30 cm. Per spessori superiori a 30 cm il trattamento del terreno dovrà essere effettuato su più strati.

b) terreno in cava e/o da scavi

Qualora la terra venisse miscelata in un sito diverso da quello della lavorazione, si dovranno eseguire comunque tutte le operazioni previste nel precedente punto a) e dei successivi paragrafi 3.2.13 e 3.2.14. Le terre miscelate dovranno essere trasportate nel luogo dell'impiego dopo la miscelazione, in contenitori coperti per evitare eccessivi essiccamenti o per essere protetti da eventuali piogge. La quantità di terreno da trattare a calce non dovrà essere superiore a quella che potrà essere impiegata nella giornata stessa.

Per i terreni provenienti da pali e diaframmi si rimanda a quanto detto al punto 3.2.3.

3.2.13 Spandimento della calce

Il quantitativo di calce da utilizzare non dovrà essere inferiore a quello approvato dalla Direzione Lavori, a valle del campo prova.

La stesa della calce dovrà essere effettuata mediante uno spanditore a dosaggio volumetrico regolato in funzione della velocità di avanzamento e dotato di un dispositivo ponderale che regoli il dosatore volumetrico con una certa rapidità e precisione. E' preferibile l'utilizzo di spanditori a dosaggio volumetrico che producano un diagramma dello spandimento.

Essi dovranno essere dotati di attrezzature per evitare la dispersione della calce. Pertanto tutti i mezzi utilizzati per la stesa dovranno essere dotati di gonne flessibili a bande.

Lo spandimento della calce non dovrà interessare una superficie superiore a quella che potrà essere utilizzata nella stessa giornata lavorativa, ciò per evitare sia l'asportazione della calce dagli agenti atmosferici sia il fenomeno della parziale carbonatazione.

Non si spargerà la calce in giornate di forte vento, capace di sollevarne una parte, in relazione sia alla sicurezza del personale di cantiere sia alla precisione del dosaggio.

L'Appaltatore dovrà eseguire, in caso di spandimento di calce sfusa, all'inizio della giornata lavorativa, la taratura delle macchine spanditrici; questa verrà effettuata facendo transitare la macchina sopra una superficie sulla quale sono posati teli (o contenitori) di dimensioni note e pesando la quantità di calce che viene raccolta da ciascun telo (o contenitore) al fine di tarare l'apertura dei dosatori e la velocità di avanzamento della macchina rispetto al dosaggio prescritto per uno spandimento omogeneo in senso longitudinale e trasversale.

3.2.14 Miscelazione della calce con il terreno

La miscelazione calce-terreno dovrà essere realizzata con una o più passate di Pulvimixer, fino a quando tutte le zolle siano state ridotte a dimensioni tali per cui la componente limo-argillosa passi interamente al setaccio da 25 mm.

Il miscelatore utilizzato dovrà essere del tipo a rotore e potrà essere semovente o trainato e permettere di lavorare strati di profondità almeno di cm 50.

Le modalità di miscelazione dovranno determinare il numero minimo di passaggi effettuati ad una determinata velocità di avanzamento che permetta di raggiungere una distribuzione uniforme della calce.

La qualità della miscelazione dovrà essere controllata oltre che visivamente, verificando l'omogeneità del colore della miscela e l'assenza di strisce di calce non amalgamata nel terreno, anche mediante la misura dei diametri dei grumi di materiale fino e facendo ricorso ad opportuni indicatori (fenoftaleina).

Nel caso di miscelazione in siti diversi da quello di lavorazione, la quantità di terreno miscelato non dovrà essere superiore alla produzione giornaliera.

Le modalità operative indicate e le macchine impiegate comporteranno la creazione di giunti trasversali e longitudinali. I giunti longitudinali ottenuti dalla lavorazione di strisce contigue devono risultare sovrapposti per almeno 15 cm; inoltre nella stessa giornata lavorativa devono essere completati tratti di tracciato per tutta la loro larghezza prevista dal progetto.

Nei giunti di lavoro trasversali, perpendicolari all'asse del tracciato, la miscela già costipata va ripresa in tutte quelle zone nelle quali il contenuto di calce, lo spessore, o il grado di compattazione risultino inadeguati e/o disomogenei.

Le riprese dovranno essere eseguite all'inizio della successiva giornata lavorativa, nello strato indurito, in modo da presentare superficie verticale, per evitare la possibilità che si manifestino successive fessurazioni.

Nel caso di trattamento su più strati i giunti longitudinali e trasversali dovranno essere opportunamente sfalsati. È necessario garantire l'ammorsamento fra strati successivi; a tal fine, nel caso di miscelazione sul sito di lavorazione, lo strato superiore verrà miscelato con uno spessore tale da garantire un ammorsamento di qualche cm nello strato sottostante. Qualora, invece, la miscelazione sia eseguita in un sito diverso da quello della lavorazione, si provvederà a scarificare la superficie dello strato pre-esistente prima di stendere il terreno già miscelato.

3.2.15 Compattazione e finitura

Le operazioni di compattazione potranno essere iniziate solo quando il contenuto d'acqua della miscela sia compreso in un intervallo tra $W_{opt} \pm 2\%$.

Le caratteristiche geotecniche della miscela terra-calce orientano la scelta dei rulli e ne condizionano le modalità d'impiego. Gli schemi di rullatura utilizzati nella realizzazione dovranno essere quelli determinati sulla base dei risultati del campo prova.

La finitura superficiale degli strati dovrà avvenire con l'impiego di macchine livellatrici e non con l'apporto di nuovo materiale.

Lo strato di terreno, dopo la compattazione, non dovrà avere uno spessore superiore a 30 cm. Per spessori superiori a 30 cm il trattamento del terreno dovrà essere effettuato su più strati.

Una volta ultimate le operazioni di costipamento e finitura, qualora lo strato trattato non venga ricoperto con un ulteriore strato e la superficie, soprattutto nei periodi estivi, risulti esposta in maniera prolungata al sole, sarà opportuno stendere, a protezione dello strato appena ultimato, un velo protettivo di emulsione bituminosa a lenta rottura del tipo EL55 con un dosaggio minimo di 1.5 kg/mq. Tale strato di protezione dovrà essere rimosso prima di realizzare lo strato successivo. Per la protezione delle superfici finite potranno essere adottate soluzioni alternative, secondo quanto sperimentato nel campo prova. Quest'ultimo dovrà fornire chiare indicazioni anche relativamente alla protezione delle scarpate.

Per assicurare un'adeguata compattazione delle scarpate, dovranno essere messe a punto nel campo prova tutte le necessarie metodologie operative, prevedendo in ogni caso la costruzione fuori sagoma del rilevato di almeno 20 cm e successiva riprofilatura.

Fermo restando quanto sopra riportato per quanto concerne la protezione delle scarpate del rilevato si potrà procedere nei modi suddetti:

- 1) mantenimento del fuori sagoma suddetto e riprofilatura, con gradoni di ancoraggio, solo prima della stesa del vegetale;
- 2) rimozione del fuori sagoma subito dopo la compattazione dello strato (o degli strati) di rilevato e immediata protezione o con terreno vegetale ovvero con emulsione bituminosa.

Le soluzioni sopra dette possono essere adottate singolarmente o in combinazione tra di loro in relazione alle caratteristiche del rilevato in esecuzione.

3.2.16 Controlli in corso d'opera sui materiali

3.2.16.1 Calce

La calce dovrà provenire da fornitori qualificati e preventivamente approvati dalla Direzione Lavori.

Le caratteristiche della calce, riportate al par. 3.2.2b precedente, dovranno essere verificate secondo la seguente procedura:

- per ogni trasporto in cantiere sarà prodotto, entro 24 ore dalla consegna, un bollettino di prove ed analisi eseguite dal produttore giornalmente;
- per ogni assegnataria, verifica ogni 1000 ton. della granulometria, della reattività dell'acqua, del contenuto d'acqua, del contenuto in CO₂ combinata, del titolo in idrati totali per la calce idrata.

Nel caso in cui il prodotto non venga utilizzato entro 36 ore dalla consegna in cantiere, fermo restando le condizioni di stoccaggio stabilite in capitolato, dovranno essere eseguite le seguenti prove: granulometria, reattività dell'acqua, contenuto d'acqua, contenuto in CO₂ combinata, titolo in idrati totali per la calce idrata.

3.2.16.2 Terre e miscele

Sul terreno da trattare dovrà essere prelevato 1 campione ogni 1.000 mc; per ciascun campione prelevato si dovrà verificare che i valori ottenuti siano congruenti con quelli dello studio e che rispettino i limiti di cui al punto 3.2.2a.

Sulla miscela dovrà essere effettuata, in laboratorio, una prova CBR ogni 3.000 mq x (IPI).

I risultati delle prove dovranno essere riportati in una relazione tecnica, che attesti l'idoneità del terreno al trattamento; la medesima relazione dovrà contenere un prospetto riepilogativo delle prove condotte.

3.2.16.3 Umidità del terreno

Per ogni giorno di lavorazione e per ogni tratto omogeneo di terreno da utilizzare l'Appaltatore è tenuto a rilevare il contenuto d'acqua del terreno da trattare al momento della posa, prima della miscelazione con la calce, e al momento della compattazione, entrambi con una frequenza di 1 ogni 1.000 mq di terreno steso. L'Appaltatore è tenuto ad adottare gli eventuali accorgimenti affinché sia verificata la corrispondenza tra la miscela di progetto ed il contenuto d'acqua.

3.2.16.4 Fasi operative

Il controllo della taratura della spanditrice dovrà essere effettuato per ogni variazione di percentuale di calce da utilizzare e ad ogni inizio di lavorazione. Durante la lavorazione dovranno comunque essere effettuate le verifiche sulla qualità e omogeneità dello spandimento della calce almeno ogni 2.000 mq di terreno trattato secondo le modalità indicate in precedenza.

Nel caso di utilizzo di spanditrici che producano un diagramma dello spandimento, il controllo dovrà essere effettuato solo durante la fase di taratura della macchina.

Dopo la fase di miscelazione dovrà essere verificato che la componente limo-argillosa passi interamente al setaccio da 25 mm. Il controllo dovrà essere effettuato con una frequenza di 1/2.000 mq.

3.2.16.5 Controlli sul prodotto finale

Ogni 2.000 mq di terreno trattato e comunque per ogni tratto di miscela omogenea posata, dovranno essere eseguite le seguenti prove:

prova di carico su piastra con misura del modulo di deformazione Md che dovrà essere non inferiore a:

- 15 MPa** nell'intervallo di carico 0.05-0.15 MPa per le dune, colline artificiali, ritombamenti, sistemazioni ambientali, etc.;
- 20 MPa** nell'intervallo 0,05-0,15 Mpa per il piano di posa dei rilevati, e nell'intervallo 0.15-0.25 MPa per gli strati dei rilevati per una fascia di 1 m dal bordo superiore della scarpata;
- 40 MPa** nell'intervallo 0.15-0.25 MPa per il corpo dei rilevati e per i piani di posa in trincea;
- 80 MPa** nell'intervallo 0.25-0.35 MPa per strati di base della sovrastruttura.

Nel corso della sperimentazione del campo prova di cui al par. 3.2.3.3 dovranno essere definiti:

- caratteristiche dell'attrezzatura da utilizzare (tipi di rullo, peso);
- velocità di avanzamento e, nel caso di rulli dinamici, frequenza delle vibrazioni;
- numero delle passate;
- spessore massimo di ciascun strato.

Ogni qualvolta si utilizzi materiale diverso, rispetto a quello utilizzato per la sperimentazione, dovrà essere predisposto un nuovo campo prova.

Oltre a soddisfare i criteri di densità di cui al punto successivo, qualora i valori di K risultassero inferiori a 0,6 ovvero al valore di 0,9 K_{rif} ottenuto dal campo prova corrispondente, il valore di densità in situ di cui al p.to successivo dovrà risultare maggiore o uguale a $\square_{d,med}$ di cui al par. 7.3. Se questa relazione non sarà soddisfatta si effettueranno ulteriori due prove di densità in situ per ciascuna delle quali dovrà essere rispettato il valore minimo di cui al p.to successivo; la media delle tre prove di densità dovrà risultare superiore o uguale a $\square_{d,med}$. Se anche questa verifica non risulterà soddisfatta si procederà alla determinazione dei parametri di resistenza meccanica (c' , \square' , c_u) su campioni indisturbati prelevati in situ da sottoporre a prove sia in condizioni "tal quali" che di saturazione. I valori così determinati dovranno garantire la stabilità dei rilevati a breve e a lungo termine; se ciò non accadesse i lavori non verrebbero accettati.

- misura del # grado di costipamento ottenuto che dovrà essere determinato secondo Norma UNI EN 13286-2:2010 (AASHTO standard), e che dovrà risultare non inferiore a:
 - 95% per il piano di posa
 - 98% per i rilevati e per i piani di posa in trincea.
 - 90% per le dune, colline artificiali, ritombamenti, sistemazioni ambientali, etc.
- misura dello spessore dello strato.

CAPITOLO 4 CONGLOMERATI BITUMINOSI A CALDO

4.1 CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATO DI BASE

4.1.1 Descrizione

Lo strato di base in conglomerato bituminoso è costituito da un misto granulare, prevalentemente di frantumazione, composto da una miscela di aggregato grosso, fine e filler (secondo le definizioni riportate nella Norma UNI EN 13043:2004 "Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti ed altre aree soggette a traffico"), impastato a caldo con bitume semisolido per uso stradale (con definizione e requisiti di cui alla Norma Norme UNI EN 12591:2009 "Bitume e leganti bituminosi - Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali"), previo preriscaldamento degli aggregati, steso in opera mediante macchina vibrofinitrice e costipato con rulli gommati, vibranti gommati e metallici.

Il conglomerato bituminoso, una volta messo in opera, dovrà conferire una resistenza meccanica allo strato di pavimentazione di cui fa parte tale da garantire la capacità di sopportare senza deformazioni permanenti le sollecitazioni trasmesse dalle ruote dei veicoli e una sufficiente flessibilità nell'adattamento ad eventuali assestamenti del sottofondo, anche a medio-lungo termine.

Lo spessore dello strato di base è prescritto nei tipi di progetto, salvo diverse indicazioni dalla Direzione Lavori.

4.1.2 Caratteristiche dei materiali da impiegare

a) Materiali inerti

Il campionamento degli aggregati destinati alle prove di controllo dei requisiti di accettazione dovrà essere eseguito secondo la Norma UNI EN 932-1:1998, la riduzione dei campioni in laboratorio dovrà essere eseguita in accordo alla Norma UNI EN 932-2:2000.

Il rispetto dei requisiti di accettazione da parte degli inerti impiegati nel conglomerato bituminoso per strati di collegamento ed usura dovrà rispondere a quanto previsto dalla marcatura ed etichettatura CE dei prodotti secondo quanto previsto all'appendice ZA della norma UNI EN 13043:2004 e verificato sulla base delle prescrizioni contenute nella suddetta norma.

In ogni caso i materiali dovranno essere conformi ai sistemi di attestazione previsti dalla normativa vigente

L'**aggregato grosso** (frazione di dimensioni maggiori di 2 mm) dovrà essere costituito almeno per il 70% da materiale frantumato e dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

- 1) perdita in peso alla prova Los Angeles, secondo la Norma UNI EN 1097-2:2010, non superiore al 25% (LA₂₅);
- 2) se richiesto dalla Direzione Lavori, sensibilità al gelo, determinata secondo la Norma UNI EN 1367-1:2007, non superiore al 30%;
- 3) contenuto di rocce tenere, alterate o scistose, e di rocce degradabili, ai sensi della Norma UNI EN 933-2:1997, inferiore all'1%;

In ogni caso, l'aggregato grosso dovrà essere costituito da elementi sani, duri, durevoli, a superficie ruvida, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei o inquinanti. I grani di aggregato non dovranno mai avere forma appiattita, allungata o lenticolare.

Potrà essere usato conglomerato bituminoso proveniente dalla frantumazione o fresatura a freddo (fresato), previa sua riduzione a pezzature compatibili con la lavorazione in essere.

La percentuale in peso di materiale fresato riferite al totale della miscela di inerti non potrà superare il 25% e sarà dipendente dalle caratteristiche dell'impianto e dalla capacità dell'Impresa di gestire il processo.

La percentuale di conglomerato fresato da impiegare e le caratteristiche dell'impianto di produzione andranno obbligatoriamente dichiarati nello studio preliminare della miscela che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori prima dell'inizio dei lavori per definire i parametri di riferimento.

L'**aggregato fino** (frazione di dimensioni minori di 2 mm) dovrà essere costituito da sabbie di frantumazione e naturali (la percentuale di queste ultime sarà prescritta, di volta in volta, dalla Direzione Lavori in relazione ai valori di scorrimento della prova Marshall, ma comunque non dovrà essere mai superiore al 30% in peso della miscela delle sabbie) e dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

- 1) *Limite Liquido*, ai sensi della Norma UNI CEN ISO/TS 1789-12, non superiore al 25%; il *Limite Plastico* deve essere non determinabile (e così l'*Indice di Plasticità*);
- 2) contenuto di rocce tenere, alterate o scistose, e di rocce degradabili, ai sensi della UNI EN 933-2:1997, inferiore all'1%;
- 3) *equivalente in sabbia*, determinato secondo la Norma UNI EN 933-8:2012, non inferiore al 50 %.

Gli eventuali **additivi**, provenienti dalla macinazione di rocce calcaree o costituiti da cemento, calce idraulica, dovranno soddisfare ai seguenti requisiti:

- essere completamente passanti al setaccio 0,25 mm della serie UNI EN 13043:2004;
 - avere una percentuale di passante, in peso, al setaccio 0,125 mm della serie UNI EN 13043:2004 non inferiore a 90.
 - avere una percentuale di passante, in peso, al setaccio 0,063 mm della serie UNI EN 13043:2004 non inferiore a 85.
- L'analisi granulometrica sull'additivo dovrà essere eseguita secondo la Norma UNI EN 933-10:2009.

b) Legante

Esso dovrà avere i requisiti prescritti dalle Norme UNI EN 12591:2009 "Bitume e leganti bituminosi - Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali", per i bitumi semisolidi B 50-70 o 70-100.

CARATTERISTICHE BITUMI SEMISOLIDI PER USI STRADALI

DETERMINAZIONE	Unità di misura	classe		
		5	6	7
Penetrazione a 25°C	dmm	40-60	50-70	70-100
Punto di rammollimento (palla- anello)	° C	48-56	46-54	43-51
Punto di rottura Fraass,massimo	°C	- 7	- 8	-10
viscosità a 60° C	Pa.s	175	145	90
penetrazione residua dopo R.T.F.O.T., min.	%	50	50	46
Punto di rammollimento dopo R.T.F.O.T., min.	°C	49	48	45
Solubilità in solv. organici, minima	%	99	99	99

Per la valutazione delle caratteristiche di accettazione si farà riferimento alle seguenti Normative Europee:

UNI EN 1426:2007 "Determinazione della penetrazione con ago";

UNI EN 1427:2007 "Determinazione del punto di rammollimento - metodo biglia ed anello";

UNI EN 12593:2007 "Determinazione del punto di rottura secondo il metodo Fraass";

UNI EN 13302:2010 "Bitumi e leganti bituminosi - Determinazione della viscosità dinamica di un legante bituminoso utilizzando un viscosimetro rotante"

UNI EN 12607-1:2007 "Determinazione della resistenza all'indurimento per effetto del calore e dell'aria – Metodo RTFOT".

UNI EN 12592:2007 "Determinazione della solubilità";

Miscela

In accordo a quanto fissato dalla Direttiva 89/106/CEE ed applicabile ai conglomerati bituminosi, si dovrà garantire la produzione di tutte le miscele nel rispetto delle caratteristiche essenziali ed in conformità a quanto espresso nell'appendice ZA delle Norme UNI EN 13108-1:2006. In ogni caso il conglomerato dovrà essere conforme anche ai sistemi di attestazione previsti dalla normativa vigente.

La miscela degli aggregati da adottarsi dovrà avere una composizione granulometrica contenuta nel seguente fuso:

Setacci ISO 565 (serie base + gruppo 2)	Passante in peso
Setaccio 32	100
Setaccio 20	73 -100
Setaccio 16	60 - 94
Setaccio 12.5	49 - 87
Setaccio 8	38 - 73
Setaccio 4	27 - 56
Setaccio 2	17 - 40
Setaccio 1	12 - 31
Setaccio 0, 5	7 – 22
Setaccio 0, 25	5 –16
Setaccio 0, 063	3 - 8

Il tenore di bitume della classe 6 (pen. 50/70) dovrà essere compreso tra il 3,8% - 4.5% in peso, riferito al peso totale degli aggregati e la percentuale ottimale dovrà essere determinata attraverso studio della miscela con il metodo Marshall oppure in alternativa con il metodo volumetrico. Per gli strati di minor spessore finito dovranno essere adottate composizioni granulometriche prossime alla curva limite superiore.

A seconda del metodo di studio utilizzato il conglomerato dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

METODO MARSHALL (Norma UNI EN 12697-30:2007)	
Condizioni di prova	Valore richiesto
Costipamento	75 colpi per faccia
Parametri	
Stabilità (UNI EN 12697-34)	8 ÷ 12 kN
Rigidezza	2,5 ÷ 4 kN/mm
Vuoti residui (UNI EN 12697-8)	3 ÷ 6

METODO VOLUMETRICO (Norma UNI EN 12697-31:2007)	
Condizioni di prova	Valore richiesto
Angolo di rotazione	1.25° ± 0.02
Velocità di rotazione	30 rotazioni/min
Pressione verticale	600 Kpa
Diametro del provino	150 mm
Parametri	
Vuoti a 10 rotazioni	12 ÷ 15
Vuoti a 100 rotazioni	3 ÷ 6
Vuoti a 180 rotazioni	> 2

La densità a 100 rotazioni costituisce la densità giratoria di progetto D_G e dovrà essere utilizzata per il calcolo dell'addensamento della pavimentazione in opera.

Sulla miscela definita con la pressa giratoria con provini confezionati alla densità giratoria di progetto D_G dovrà essere determinato il modulo di rigidezza a 20° C (UNI EN 12697-26:2012, All. C) il quale andrà a costituire il riferimento per i controlli nel corso della messa in opera.

3.2.17 studio della miscela in laboratorio

Al fine di determinare la migliore formulazione dell'impasto per la realizzazione dello strato di base, l'Appaltatore dovrà presentare alla Direzione Lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni, uno studio di fattibilità e di ottimizzazione, mediante il quale definire i componenti della miscela, le relative caratteristiche fisico-meccaniche e i dosaggi necessari per la produzione di un conglomerato bituminoso in grado di meglio soddisfare ai requisiti di accettazione previsti dal presente Capitolato.

Gli esiti e le conclusioni dell'indagine preliminare (mix-design) dovranno essere opportunamente documentati con tutti i certificati relativi alle prove di laboratorio effettuate, sia sui materiali componenti che sul conglomerato da utilizzare in fase di stesa.

Lo studio di fattibilità e ottimizzazione sui singoli componenti del conglomerato bituminoso, nonché sul prodotto finale, dovrà concernere la scelta del legante e degli aggregati lapidei nelle varie pezzature. Dovranno essere indicati: tipo, qualità e dosaggio del bitume; natura e provenienza dell'inerte mediante la certificazione della marcatura CE; per ciascuna frazione e per la miscela di aggregati che si intende impiegare, la curva granulometrica (UNI EN 933-1:2012), la massa volumica apparente dei granuli (UNI EN 1097-6:2008) e tutte le caratteristiche fisiche e meccaniche indicate dal Capitolato fra i requisiti di accettazione (art. 4.1.2.a/b/c).

Il dosaggio di legante con cui confezionare il conglomerato sarà preliminarmente determinato in laboratorio, per via sperimentale, mediante metodo Marshall o in alternativa metodo volumetrico, da realizzare secondo le modalità descritte al precedente art. 4.1.2.c.

La Direzione Lavori si riserva, in ogni caso, di approvare i risultati prodotti dall'Impresa o di fare studiare diverse formulazioni dell'impasto.

L'approvazione non ridurrà comunque la responsabilità dell'Appaltatore relativa al raggiungimento dei requisiti finali dei conglomerati in opera.

Una volta accettato dalla Direzione Lavori lo studio della miscela proposta, l'Impresa dovrà attenersi rigorosamente, saranno tollerati scostamenti, rispetto allo studio di formulazione, pari a:

- ±5% sull'aggregato grosso;
- ±2% sull'aggregato fine;
- ±1.5% sulla quantità di filler;
- ±0.25% sulla quantità di bitume.

4.1.3 Formazione e confezione della miscela

Il conglomerato sarà confezionato mediante impianti fissi automatizzati di tipo discontinuo, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti ed efficienti 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.

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 possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre, i cumuli delle diverse classi di inerte dovranno essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori dovrà eseguirsi con la massima cura. Si farà uso di almeno 4 classi di aggregati con predosatori in numero corrispondente alle classi impiegate.

La produzione di ciascun impianto non dovrà essere spinta oltre la sua potenzialità per garantire il perfetto essiccamento dell'aggregato; una perfetta vagliatura dovrà assicurare una idonea riclassificazione delle singole classi di inerte; dovrà essere garantito l'uniforme riscaldamento della miscela.

Resta pertanto escluso l'uso di impianto a scarico diretto.

Il tempo di mescolazione effettivo sarà stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto e dell'effettiva temperatura raggiunta dai componenti la miscela, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante; comunque esso non dovrà mai scendere al di sotto dei 25-30 secondi.

La temperatura degli aggregati all'atto della mescolazione dovrà essere compresa tra 160 e 180 °C, quella del legante tra 150 e 180 °C, salvo diverse disposizioni della Direzione Lavori in rapporto al tipo di bitume impiegato.

Per la verifica delle suddette temperature, gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti dovranno essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.
L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non dovrà di norma superare lo 0,5%.

4.1.4 Posa in opera della miscela

La miscela bituminosa verrà stesa sul piano finito della fondazione dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultima ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza prescritti sempre dalla Direzione Lavori.

Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa dovrà 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.

Prima della stesa del conglomerato su strati di fondazione in misto cementato, per garantire l'ancoraggio, si dovrà provvedere alla rimozione della sabbia eventualmente non trattenuta dall'emulsione bituminosa stesa precedentemente a protezione del misto cementato stesso.

La posa in opera dei conglomerati bituminosi verrà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici dei tipi approvati dalla Direzione Lavori, in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di auto-livellamento. Le vibrofinitrici dovranno comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si dovrà porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali, e se richiesto dalla direzione lavori per quei tratti stradali ove sia possibile mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente con l'impiego di 2 finitrici. Qualora ciò non sia possibile, il bordo della striscia già realizzata dovrà essere spalmato con emulsione bituminosa per assicurare la saldatura della striscia successiva. Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si dovrà procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere dovranno essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati sarà programmata e realizzata in maniera che non cadano mai in corrispondenza delle 2 fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Procedendo alla stesa in più strati, questi dovranno essere sovrapposti nel più breve tempo possibile. Tra di essi dovrà essere interposta una mano di ancoraggio di emulsione bituminosa, spruzzata in ragione di almeno 500 g/m². Gli strati finiti dovranno avere uno spessore non inferiore a 8 cm, né superiore a 12 cm (in quest'ultimo caso si dovrà accertare l'idoneità dei mezzi di messa in opera e compattazione a raggiungere l'addensamento richiesto).

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, dovrà risultare in ogni momento non inferiore a 140°C.

La stesa dei conglomerati dovrà essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali potranno pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro; gli strati eventualmente compromessi (con densità inferiori a quelle richieste) dovranno essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a cura e spese dell'Impresa.

La compattazione dei conglomerati dovrà iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza soluzione di continuità. La compattazione sarà realizzata a mezzo dei rulli gommati o vibranti gommati con l'ausilio di rulli a ruote metalliche, tutti in numero adeguato ed aventi idoneo peso e caratteristiche tecnologiche avanzate, in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili. 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, a seguito di costipamento, dovrà presentarsi priva di irregolarità, ondulazioni e segregazione degli elementi di maggiori dimensioni.

4.1.5 Controllo dei requisiti di accettazione dei materiali

Alla formulazione definita a seguito di studio sperimentale e approvata dalla Direzione Lavori l'Impresa dovrà attenersi rigorosamente in fase di esecuzione dei lavori, comprovandone l'osservanza con esami giornalieri. Allo scopo, in corso d'opera ed in ogni fase delle lavorazioni nonché in fasi successive la Direzione Lavori effettuerà, a sua discrezione, tutte le verifiche, prove e controlli, atti ad accertare la rispondenza qualitativa e quantitativa dei lavori alle prescrizioni contrattuali, presso Laboratorio qualificato e di propria insindacabile fiducia.

4.1.6 Controllo dei requisiti ed accettazione delle lavorazioni

Al termine della compattazione lo strato di base dovrà avere una densità, uniforme in tutto lo spessore, non inferiore al 95% di quella Marshall o della densità giratoria di progetto DG dello stesso giorno, rilevata all'impianto o alla stesa, inoltre dovrà essere verificato il contenuto di vuoti residui in opera (secondo Norma UNI EN 12697-8:2003), che dovrà risultare compreso fra 4 e 7%. La valutazione del peso di volume sarà eseguita secondo la Norma UNI EN 12697-6:2008, su carote di 10 cm di diametro, prelevate in numero significativo per la caratterizzazione dei materiali messi in opera. Il valore risulterà dalla media di due prove.

Come prescritto all'art. 4.1.5, la superficie dello strato in conglomerato bituminoso (o di ogni singolo strato, qualora la base sia ottenuta per sovrapposizione di strati distinti, comunque secondo le modalità di cui al medesimo articolo), a seguito di costipamento, dovrà presentarsi priva di irregolarità, ondulazioni e segregazione degli elementi di diverse dimensioni.

La regolarità superficiale sarà verificata con un'asta rettilinea lunga 4 m che, posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascun strato, dovrà aderirvi uniformemente. Saranno tollerati scostamenti occasionali e contenuti nel limite di 10 mm. Il tutto nel rispetto degli spessori e delle sagome di progetto.

Non saranno consentiti scostamenti per lo spessore dello strato finito: saranno previste tolleranze, in più o in meno, fino al 2,5% dello spessore totale, a condizione che il massimo scostamento si presenti solo saltuariamente.

4.2 CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATI DI COLLEGAMENTO E DI USURA TRADIZIONALI

4.2.1 Descrizione

Il conglomerato utilizzato per la realizzazione degli strati superficiali (binder ed usura) è costituito da una miscela di aggregati, esclusivamente di frantumazione, e additivo (in accordo a quanto previsto nella Norma UNI EN 13043 "Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti e altre aree soggette a traffico"). Tale miscela verrà impastata a caldo con bitume semisolido per uso stradale (con definizione e requisiti di cui alla Norma UNI EN 12591 "Specifiche per i bitumi per usi stradali"), previo preriscaldamento degli aggregati, sarà stesa in opera mediante macchina vibrofinitrice e costipata con rulli gommati e metallici lisci.

4.2.2 caratteristiche dei materiali da impiegare

a) Materiali inerti.

Il campionamento degli aggregati destinati alle prove di controllo dei requisiti di accettazione dovrà essere eseguito secondo la Norma UNI EN 932-1:1998, la riduzione dei campioni in laboratorio dovrà essere eseguita in accordo alla Norma UNI EN 932-2:2000.

Il rispetto dei requisiti di accettazione da parte degli inerti impiegati nel conglomerato bituminoso per strati di collegamento ed usura dovrà rispondere a quanto previsto dalla marcatura ed etichettatura CE dei prodotti secondo quanto previsto all'appendice ZA della norma UNI EN 13043:2004 e verificato sulla base delle prescrizioni contenute nella suddetta norma.

In ogni caso i materiali dovranno essere conformi ai sistemi di attestazione previsti dalla normativa vigente

L'aggregato grosso (frazione di dimensioni maggiori di 2 mm) dovrà essere costituito da elementi sani, duri, durevoli, approssimativamente poliedrici, con spigoli vivi, a superficie ruvida, puliti ed esenti da polvere o da materiali estranei. Potrà, inoltre, essere costituito da elementi lapidei di provenienza o natura petrografica diversificata, purché le prove di caratterizzazione ed accettazione, eseguite sulle frazioni di aggregato che si intende impiegare, attestino il rispetto dei seguenti requisiti:

per strati di collegamento (binder):

il 100% del materiale deve provenire da frantumazione;

la perdita in peso alla prova Los Angeles, secondo la Norma UNI EN 1097-2:2010 "Metodi di prova per la determinazione della resistenza alla frammentazione", deve essere inferiore al 25% (LA25);

se richiesto dalla Direzione Lavori, la perdita di resistenza dopo gelo e disgelo, determinata secondo la Norma UNI EN 1367-1:2007, non dovrà essere superiore a 1 (F1);

contenuto di rocce tenere, alterate o scistose, e di rocce degradabili, ai sensi della Norma UNI EN 933-2:1997, inferiore all'1%;

l'indice di forma, secondo la Norma UNI EN 933-4:2008, deve essere inferiore a 20 (categoria SI20);

l'indice di appiattimento, secondo la UNI EN 933-3:2012, deve essere inferiore al 17 (categoria FI20);

Potrà essere usato conglomerato bituminoso proveniente dalla frantumazione o fresatura a freddo (fresato), previa sua riduzione a pezzature compatibili con la lavorazione in essere.

La percentuale in peso di materiale fresato riferite al totale della miscela di inerti non potrà superare il 15% e sarà dipendente dalle caratteristiche dell'impianto e dalla capacità dell'Impresa di gestire il processo.

La percentuale di conglomerato fresato da impiegare e le caratteristiche dell'impianto di produzione andranno obbligatoriamente dichiarati nello studio preliminare della miscela che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori prima dell'inizio dei lavori per definire i parametri di riferimento.

per strati di usura:

il 100% del materiale deve provenire da frantumazione;

la perdita in peso alla prova Los Angeles, UNI EN 1097-2:2010 "Metodi di prova per la determinazione della resistenza alla frammentazione", deve essere inferiore al 20% (LA20);

se richiesto dalla Direzione Lavori, la perdita di resistenza dopo gelo e disgelo, determinata secondo la Norma UNI EN 1367-1:2007, non dovrà essere superiore a 1 (F1);

contenuto di rocce tenere, alterate o scistose, e di rocce degradabili, ai sensi della Norma UNI EN 933-2:1997, inferiore all'1%;

l'indice di forma, secondo la Norma UNI EN 933-3:2012, deve essere inferiore a 15 (SI15);

l'indice di appiattimento, secondo la Norma UNI EN 933-3:2012, deve essere inferiore a 12% (FI15);

il coefficiente di levigabilità accelerata (CLA) delle graniglie, secondo la Norma UNI EN 1097-8:2009, deve essere non inferiore a 0,42 (PSV42);

La miscela finale degli aggregati, almeno per il 30% del totale, dovrà contenere nella frazione più grossa, inerti di natura basaltica, porfirica o, in generale, di natura vulcanico effusiva. Non è ammessa l'aggiunta di conglomerato fresato indipendentemente dalla qualità dei materiali rimossi.

L'aggregato fino (frazione di dimensioni minori di 2 mm) deve essere costituito esclusivamente da sabbie di frantumazione. Dovrà inoltre rispondere ai seguenti requisiti:

la prova Los Angeles, secondo Norma UNI EN 1097-2:2010, eseguita sul granulato da cui provengono le sabbie naturali utilizzate nella miscela, deve dare una perdita in peso non superiore al 25%(LA25).

l'equivalente in sabbia, determinato secondo la Norma UNI EN 933-8:2012, dovrà essere non inferiore al 60% per lo strato di collegamento ed all'80% per lo strato di usura;

Gli additivi (filler), provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree ovvero costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica, polveri di asfalto, dovranno soddisfare ai seguenti requisiti:

essere completamente passanti al setaccio 2 mm della serie UNI EN 13043:2004;

avere una percentuale di passante, in peso, al setaccio 0,125 mm della serie UNI EN 13043:2004 non inferiore a 90.

avere una percentuale di passante, in peso, al setaccio 0,063 mm della serie UNI EN 13043:2004 non inferiore a 85.

essere costituiti da materiale non plastico (Limite Plastico e Indice di Plasticità non determinabili).

Legante.

Esso dovrà avere i requisiti prescritti dalle Norme UNI EN 12591:2009 "Bitume e leganti bituminosi - Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali", per i bitumi semisolidi B 50-70 o 70-100. Per la valutazione delle caratteristiche di accettazione si farà riferimento alle normative UNI EN già previste per la verifica del legante utilizzato nello strato bituminoso di base.

Attivanti l'adesione.

Nella confezione dei conglomerati bituminosi per strati di collegamento e di usura potranno essere impiegate speciali sostanze chimiche attivanti l'adesione bitume-aggregato ("dopes" di adesività). Esse dovranno avere i requisiti già previsti in caso di impiego nei conglomerati bituminosi per strato di base (di cui all'art. 4.1.2.c).

Miscele.

In accordo a quanto fissato dalla Direttiva 89/106/CEE ed applicabile ai conglomerati bituminosi, si dovrà garantire la produzione di tutte le miscele nel rispetto delle caratteristiche essenziali ed in conformità a quanto espresso nell'appendice ZA delle Norme UNI EN 13108-1:2006. In ogni caso il conglomerato dovrà essere conforme anche ai sistemi di attestazione previsti dalla normativa vigente.

d.1) Strato di collegamento (binder)

La miscela degli aggregati da adottarsi per lo strato di collegamento (binder) dovrà avere una composizione granulometrica contenuta nel seguente fuso:

Setacci ISO 565 <i>(serie base + gruppo 2)</i>	Passante in peso
Setaccio 25	100
Setaccio 20	88 - 100
Setaccio 16	75 - 92
Setaccio 12.5	61 - 83
Setaccio 8	48 - 71
Setaccio 4	32 - 56
Setaccio 2	20 - 45
Setaccio 1	14 - 35
Setaccio 0, 5	9 - 27
Setaccio 0, 25	6 - 19
Setaccio 0, 063	4 - 8

Il tenore di bitume dovrà essere compreso tra il 4,4% ed il 5,1% in peso, sul peso degli aggregati.

Per strati di collegamento destinati all'apertura temporanea al traffico come strati di rotolamento si dovranno prevedere curve prossime al limite superiore del fuso allo scopo di ottenere la maggior chiusura del conglomerato in termini di addensamento.

Per rappezzi e risagome localizzate si utilizzeranno curve granulometriche rientranti nel seguente fuso di riferimento.

Setacci ISO 565 <i>(serie base + gruppo 2)</i>	Passante in peso
Setaccio 20	100
Setaccio 16	80 - 100
Setaccio 12.5	70 - 100
Setaccio 8	54 - 80
Setaccio 4	38 - 62
Setaccio 2	25 - 45
Setaccio 1	16 - 36
Setaccio 0, 5	9 - 27
Setaccio 0, 25	6 - 19
Setaccio 0, 063	4 - 8

Il tenore di bitume dovrà essere compreso tra il 4,5% ed il 5,5% in peso, sul peso degli aggregati, e dovrà comunque identificarsi, con le tolleranze previste, con quello risultante dallo studio di formulazione della miscela. A seconda del metodo di studio utilizzato il conglomerato dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

METODO MARSHALL (Norma UNI EN 12697-30:2007)	
Condizioni di prova	Valore richiesto
Costipamento	75 colpi per faccia
Parametri	
Stabilità (UNI EN 12697-34)	10 ÷ 16 kN
Rigidezza	3 ÷ 5 kN/mm
Vuoti residui (UNI EN 12697-8)	3 ÷ 6

METODO VOLUMETRICO (Norma UNI EN 12697-31:2007)	
Condizioni di prova	Valore richiesto
Angolo di rotazione	1.25° ± 0.02
Velocità di rotazione	30 rotazioni/min
Pressione verticale	600 Kpa
Diametro del provino	150 mm
Parametri	
Vuoti a 10 rotazioni	12 ÷ 15
Vuoti a 100 rotazioni	3 ÷ 6
Vuoti a 180 rotazioni	> 2

La densità a 100 rotazioni costituisce la densità giratoria di progetto D_G e dovrà essere utilizzata per il calcolo dell'addensamento della pavimentazione in opera.

Sulla miscela definita con la pressa giratoria con provini confezionati alla densità giratoria di progetto D_G dovrà essere determinato il modulo di rigidezza a 20° C (UNI EN 12697-26:2012, All. C) il quale andrà a costituire il riferimento per i controlli nel corso della messa in opera.

d.2) Strato di usura:

La miscela degli aggregati da adottarsi per lo strato di usura dovrà avere una composizione granulometrica contenuta nel seguente fuso:

Setacci ISO 565 (serie base + gruppo 2)	Passante in peso
Setaccio 12.5	100
Setaccio 8	74 - 100
Setaccio 4	43 - 68
Setaccio 2	25 - 45
Setaccio 1	19 - 33
Setaccio 0, 5	14 - 25
Setaccio 0, 25	10 - 19
Setaccio 0, 063	5 - 11

Il tenore di bitume dovrà essere compreso tra il 5,2% e il 5,8% in peso, sul peso degli aggregati, e dovrà comunque identificarsi con quello risultante dallo studio di formulazione della miscela.

A seconda del metodo di studio utilizzato il conglomerato dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

METODO MARSHALL (Norma UNI EN 12697-30:2007)	
Condizioni di prova	Valore richiesto
Costipamento	75 colpi per faccia
Parametri	
Stabilità (UNI EN 12697-34)	12 ÷ 16 kN
Rigidezza	3 ÷ 5 kN/mm
Vuoti residui (UNI EN 12697-8)	3 ÷ 6
Resistenza a trazione indiretta a 25° C (UNI EN 12697-23)	> 0,6·10 ⁻³ GPa

METODO VOLUMETRICO (Norma UNI EN 12697-31:2007)	
Condizioni di prova	Valore richiesto
Angolo di rotazione	1.25° ± 0.02
Velocità di rotazione	30 rotazioni/min
Pressione verticale	600 Kpa
Diametro del provino	150 mm
Parametri	
Vuoti a 10 rotazioni	12 ÷ 15
Vuoti a 130 rotazioni	3 ÷ 6
Vuoti a 220 rotazioni	> 2

La densità a 130 rotazioni costituisce la densità giratoria di progetto D_G e dovrà essere utilizzata per il calcolo dell'addensamento della pavimentazione in opera.

Sulla miscela definita con la pressa giratoria con provini confezionati alla densità giratoria di progetto D_G dovrà essere determinato il modulo di rigidezza a 20° C (UNI EN 12697-26:2012, All. C) il quale andrà a costituire il riferimento per i controlli nel corso della messa in opera.

4.2.3 Studio della miscela in laboratorio

Valgono le stesse prescrizioni indicate per lo strato di base.

4.2.4 Formazione e confezione della miscela

Valgono le stesse prescrizioni indicate per lo strato di base.

4.2.5 Posa in opera della miscela

Valgono le stesse prescrizioni indicate per lo strato di base, salvo le seguenti modifiche:

- le miscele saranno stese dopo un'accurata pulizia della superficie di appoggio mediante motoscopa (ed eventuale lavaggio) e la successiva distribuzione di un velo uniforme di ancoraggio di emulsione bituminosa acida al 55%, scelta in funzione delle condizioni atmosferiche ed in ragione di 500 gr/m². La stesa della miscela non potrà avvenire prima della completa rottura dell'emulsione bituminosa;
 - la stesa sarà sempre effettuata in singolo strato; pertanto, l'applicazione di una mano di ancoraggio in emulsione bituminosa dovrà essere prevista sia prima della stesa del binder, come anche prima della stesa dello strato di usura;
- La superficie dello strato di usura, a seguito di costipamento, dovrà presentarsi priva di irregolarità, ondulazioni e segregazione degli elementi di dimensioni diversificate.

4.2.6 Controllo dei requisiti di accettazione dei materiali

Valgono le stesse prescrizioni indicate per lo strato di base.

4.2.7 Controllo dei requisiti ed accettazione delle lavorazioni

Al termine della compattazione lo strato di collegamento, dovrà avere una densità, uniforme in tutto lo spessore, non inferiore al 97% di quella Marshall o della densità giratoria di progetto D_G dello stesso giorno, rilevata all'impianto o alla stesa, inoltre dovrà essere verificato il contenuto di vuoti residui in opera (secondo Norma UNI EN 12697-8:2003), che dovrà risultare compreso fra 4 e 7%. La valutazione del peso di volume sarà eseguita secondo la Norma UNI EN 12697-6:2008, su carote di 10 cm di diametro, prelevate in numero significativo per la caratterizzazione dei materiali messi in opera. Il valore risulterà dalla media di due prove. Particolare cura dovrà essere nel riempimento delle cavità rimaste negli strati superficiali dopo il prelievo delle carote.

Per lo strato di usura dovranno, inoltre, essere verificate le seguenti prescrizioni:

- 1) dovrà avere una densità, uniforme in tutto lo spessore, non inferiore al 97% di quella Marshall o della densità giratoria di progetto D_G dello stesso giorno, rilevata all'impianto o alla stesa
- 2) Il contenuto di vuoti residui, in opera (secondo Norma UNI EN 12697-8:2003), deve essere compreso fra 3 e 7%.
- 3) Il conglomerato bituminoso deve avere una tessitura superficiale tale da non risultare scivoloso. Le caratteristiche di antisdrucciolevolezza valutate mediante Coefficiente di Aderenza Trasversale (CAT) rilevato mediante apparecchio S.C.R.I.M. (Sideway force Coefficient Routine Investigation Machine), secondo Norma CNR B.U. n° 147 del 14 Dicembre 1992, sarà considerato: buono, per valori non inferiori a 0,55; soddisfacente, per valori compresi tra 0,40 e 0,55, in questo caso il conglomerato verrà penalizzato; insufficiente e quindi non accettabile per valori inferiori a 0,40.
- 4) La macro-tessitura superficiale dello strato, rilevata mediante strumento laser rispondente alla Norma ISO 13473 ed espresso come valore MPD (Mean Profile Depth), ovvero espressa in termini di altezza di sabbia (HS), ai sensi della Norma UNI EN 13036-1:2010, dovrà essere maggiore di 0,4 mm.
- 5) Il conglomerato bituminoso, in opera, deve avere una superficie regolare. L'International Roughness Index (IRI) misurato su tratti più lunghi della stessa strada dovrà risultare: IRI medio/km \square 1,2 mm/m (deviazione standard non superiore a 0,4 mm/m).

Le misure di CAT, MPD (HS) e IRI dovranno essere, di norma, effettuate non prima del 60° giorno di apertura della strada al traffico né dopo il 180° giorno. I rilievi potranno essere effettuati (fatta eccezione per l'IRI) su qualsiasi tratto stradale; nei tratti esclusi dalle misure, la Direzione Lavori potrà disporre la realizzazione di quei rilievi che riterrà necessari in relazione allo stato della pavimentazione e alle carenze funzionali individuabili visivamente.

Come richiesto dall'art. 4.2.4, la superficie degli strati di collegamento e di usura in conglomerato bituminoso, a seguito di costipamento, dovrà presentarsi priva di irregolarità, ondulazioni e segregazione degli elementi di diverse dimensioni.

La regolarità superficiale sarà anche verificata con un'asta rettilinea lunga 4 m. che, posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato, dovrà aderirvi uniformemente. Saranno tollerati scostamenti occasionali e contenuti nel limite di 4 mm. Il tutto nel rispetto degli spessori e delle sagome di progetto.

Non saranno consentiti scostamenti per lo spessore dello strato finito: saranno previste tolleranze, in più o in meno, fino al 10% dello spessore totale, a condizione che il massimo scostamento si presenti solo saltuariamente.

4.3 CONGLOMERATO BITUMINOSO CONFEZIONATO CON BITUME MODIFICATO "HARD" PER STRATI DI COLLEGAMENTO

4.3.1 Descrizione

Il conglomerato per strati di collegamento (binder) a legante modificato sarà utilizzato in tutte quelle situazioni per le quali è opportuno incrementare le caratteristiche meccaniche e di portanza del pacchetto bituminoso e sarà costituito da una miscela di aggregati frantumati secondo le definizioni della Norma UNI EN 13043:2004. Tale miscela verrà impastata a caldo con bitume *modificato* come descritto nell'articolo, previo preriscaldamento degli aggregati, sarà stesa in opera mediante macchina vibrofinitrice e costipata con rulli gommati e lisci.

4.3.2 Caratteristiche dei materiali da impiegare

a) Materiali inerti.

Valgono le stesse prescrizioni indicate per gli aggregati da utilizzare nello strato di collegamento confezionato con bitume normale semisolido (di cui all'art. 4.2.2a).

b) Legante modificato "hard".

Il legante da impiegare dovrà provenire dalla modifica di una base bituminosa attraverso l'aggiunta di un agente o compound modificante elastomerico di tipo stirene butadiene stirene (SBS).

Il bitume modificato dovrà essere omogeneo e stabile, anche allo stoccaggio a caldo in serbatoio ed alla temperatura di impiego. La stabilità alla massima temperatura di stoccaggio, mantenibile per periodi limitati e corrispondente a quella di impiego, dovrà essere verificata con la prova denominata "tuben test".

Il legante dovrà possedere le seguenti caratteristiche

DETERMINAZIONE	U.M.	valori	Norma di riferimento
Penetrazione a 25°C	dmm	50-70	UNI EN 1426:2007
Punto di rammollimento P - A	° C	70-85	UNI EN 1427:2007
Punto di rottura Fraass	°C	≤ - 16	UNI EN 12593:2007
Viscosità dinamica 160°C	Pa·s	0.4 - 0.8	UNI EN 13302 :2010
Ritorno elastico a 25°C	%	≥ 90	UNI EN 13398:2010
Stabilità allo stoccaggio : penetrazione	(dmm)	< 5	UNI EN 13399:2010
punto di rammollimento	°C	< 3	
Invecchiamento (RTFOT) (variazione di P&A in °C)	°C	≤ 10	UNI EN 12607-1:2007
Invecchiamento (RTFOT) (Penetrazione residua %)	%	≥ 60	

c) Miscela.

In accordo a quanto fissato dalla Direttiva 89/106/CEE ed applicabile ai conglomerati bituminosi, si dovrà garantire la produzione di tutte le miscele nel rispetto delle caratteristiche essenziali ed in conformità a quanto espresso nell'appendice ZA delle Norme UNI EN 13108-1:2006. In ogni caso il conglomerato dovrà essere conforme anche ai sistemi di attestazione previsti dalla normativa vigente.

La composizione granulometrica è la medesima prevista per lo strato di collegamento tradizionale.

Il tenore di bitume dovrà essere compreso fra 4,5 e 5,5 % in peso, sul peso degli aggregati. Tale dosaggio, potrà tuttavia variare in relazione alla curva granulometrica adottata ed alla natura degli aggregati lapidei e dell'additivo minerale. Dovrà comunque essere quello necessario e sufficiente per ottimizzare le caratteristiche del conglomerato, secondo i valori ottimi risultanti dallo studio della miscela in laboratorio.

A seconda del metodo di studio utilizzato il conglomerato dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

METODO MARSHALL (Norma UNI EN 12697-30:2007)	
Condizioni di prova	Valore richiesto
Costipamento	75 colpi per faccia
Parametri	
Stabilità (UNI EN 12697-34)	> 13 kN
Rigidità	3 ÷ 5 kN/mm
Vuoti residui (UNI EN 12697-8)	3 ÷ 6
Resistenza a trazione indiretta a 25° C (UNI EN 12697-23)	> 0,7 ·10 ⁻³ GPa

METODO VOLUMETRICO (Norma UNI EN 12697-31:2007)	
Condizioni di prova	Valore richiesto
Angolo di rotazione	1.25° ± 0.02
Velocità di rotazione	30 rotazioni/min
Pressione verticale	600 Kpa
Diametro del provino	150 mm

Parametri	
Vuoti a 10 rotazioni	12 ÷ 15
Vuoti a 120 rotazioni	3 ÷ 6
Vuoti a 200 rotazioni	> 2

La densità a 120 rotazioni costituisce la densità giratoria di progetto D_G e dovrà essere utilizzata per il calcolo dell'addensamento della pavimentazione in opera.

Sulla miscela definita con la pressa giratoria con provini confezionati alla densità giratoria di progetto D_G dovrà essere determinato il modulo di rigidezza a 20° C (UNI EN 12697-26:2012, All. C) il quale andrà a costituire il riferimento per i controlli nel corso della messa in opera.

4.3.3 Studio della miscela in laboratorio

Valgono le stesse prescrizioni indicate per i conglomerati bituminosi tradizionali per strati di collegamento.

4.3.4 Formazione e confezione della miscela

Valgono le stesse prescrizioni indicate per i conglomerati bituminosi tradizionali per strati di collegamento.

4.3.5 Posa in opera della miscela

Valgono le stesse prescrizioni indicate per lo strato confezionato con bitumi tradizionali, con le seguenti modifiche:

- lo strato di collegamento, a seguito di fresatura, dovrà essere steso sullo strato sottostante, previa energica pulizia del medesimo mediante autospazzatrice; dovrà inoltre essere applicata una mano di attacco in emulsione bituminosa modificata, in ragione di 0.800 kg/m².

4.3.6 Controllo dei requisiti di accettazione dei materiali

Valgono le stesse prescrizioni indicate per i conglomerati bituminosi tradizionali per strati di collegamento.

4.3.7 Controllo dei requisiti ed accettazione delle lavorazioni

Valgono le stesse prescrizioni indicate per i conglomerati bituminosi tradizionali per strati di collegamento.

4.4 CONGLOMERATO BITUMINOSO CONFEZIONATO CON BITUME MODIFICATO "HARD" PER STRATI DI USURA

4.4.1 Descrizione

Il conglomerato per strati di usura a legante modificato, sarà costituito da una miscela di aggregati frantumati secondo le definizioni della Norma UNI EN 13043:2004 . Tale miscela verrà impastata a caldo con bitume modificato come descritto nel successivo articolo, previo preriscaldamento degli aggregati, sarà stesa in opera mediante macchina vibrofinitrice e costipata con rulli gommati e lisci.

4.4.2 Caratteristiche dei materiali da impiegare

a) Materiali inerti.

Valgono le stesse prescrizioni indicate per gli aggregati da utilizzare nello strato di usura confezionato con bitume normale semisolido.

b) Legante modificato "hard".

Il legante dovrà possedere le seguenti caratteristiche

CARATTERISTICHE BITUMI MODIFICATI

Caratteristiche di prova	U.M.	valore	Norma di riferimento
Penetrazione a 25°C	dmm	50-70	UNI EN 1426:2007
Punto di ramollimento P - A	° C	80-95	UNI EN 1427:2007
Punto di rottura Fraass	°C	≤- 16	UNI EN 12593:2007
Viscosità dinamica 160°C	Pa·s	0.4 – 0.8	UNI EN 13302 :2010
Ritorno elastico a 25°C	%	≥ 90	UNI EN 13398:2010
Stabilità allo stoccaggio :			UNI EN 13399:2010
penetrazione	(dmm)	< 5	
punto di ramollimento	°C	< 3	
Invecchiamento (RTFOT) (variazione di P-A in °C)	°C	≤10	
Invecchiamento (RTFOT) (Penetrazione residua %)	%	≥60	UNI EN 12607-1 :2007

c) Miscela.

In accordo a quanto fissato dalla Direttiva 89/106/CEE ed applicabile ai conglomerati bituminosi, si dovrà garantire la produzione di tutte le miscele nel rispetto delle caratteristiche essenziali ed in conformità a quanto espresso nell'appendice ZA delle Norme UNI EN 13108-1:2006. In ogni caso il conglomerato dovrà essere conforme anche ai sistemi di attestazione previsti dalla normativa vigente.

La composizione granulometrica dell'aggregato lapideo è la medesima prevista per lo strato di usura tradizionale.

Il tenore di bitume dovrà essere compreso fra 5,2 e 5,8 % in peso, sul peso degli aggregati. Tale dosaggio, potrà tuttavia variare in relazione alla curva granulometrica adottata ed alla natura degli aggregati lapidei e dell'additivo minerale. Dovrà comunque essere quello necessario e sufficiente per ottimizzare le caratteristiche del conglomerato, secondo i valori ottimi risultanti dallo studio della miscela in laboratorio.

A seconda del metodo di studio utilizzato il conglomerato dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

METODO MARSHALL (Norma UNI EN 12697-30:2007)	
Condizioni di prova	Valore richiesto
Costipamento	75 colpi per faccia
Parametri	
Stabilità (UNI EN 12697-34)	> 14 kN
Rigidezza	3 ÷ 5 kN/mm
Vuoti residui (UNI EN 12697-8)	3 ÷ 6
Resistenza a trazione indiretta a 25° C (UNI EN 12697-23)	> 0,7 · 10 ⁻³ GPa
Deformazione alla prova di impronta (UNI EN 12697-20)	< 2 mm (dopo 1 h)

METODO VOLUMETRICO (Norma UNI EN 12697-31:2007)	
Condizioni di prova	Valore richiesto
Angolo di rotazione	1.25° ± 0.02
Velocità di rotazione	30 rotazioni/min
Pressione verticale	600 Kpa
Diametro del provino	150 mm

Parametri	
Vuoti a 10 rotazioni	12 ÷ 15
Vuoti a 150 rotazioni	3 ÷ 6
Vuoti a 240 rotazioni	> 2

La densità a 150 rotazioni costituisce la densità giratoria di progetto D_G e dovrà essere utilizzata per il calcolo dell'addensamento della pavimentazione in opera.

Sulla miscela definita con la pressa giratoria con provini confezionati alla densità giratoria di progetto D_G dovrà essere determinato il modulo di rigidezza a 20° C (UNI EN 12697-26:2012, All. C) il quale andrà a costituire il riferimento per i controlli nel corso della messa in opera

4.4.3 Studio della miscela in laboratorio

Valgono le stesse prescrizioni indicate per i conglomerati bituminosi tradizionali per strati di usura, ma per quantità superiori a mq. 8.000 (ottomila) o ton 600 (seicento)

4.4.4 Formazione e confezione della miscela

Valgono le stesse prescrizioni indicate per i conglomerati bituminosi tradizionali per strati di usura, con la seguente modifica:

- l'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non dovrà, di norma, superare lo 0,2 %.

4.4.5 Posa in opera della miscela

Valgono le stesse prescrizioni indicate per i conglomerati bituminosi tradizionali per strati di usura,, con le seguenti modifiche:

- lo strato di usura, qualora realizzato a seguito di fresatura della pavimentazione esistente, dovrà essere steso sullo strato preesistente sottostante, previa energica pulizia del medesimo mediante autospazzatrice; su tale strato dovrà inoltre essere applicata una mano di attacco in emulsione bituminosa modificata, in ragione di 0.800 kg/m²;

4.4.6 Controllo dei requisiti di accettazione dei materiali

Valgono le stesse prescrizioni indicate per il conglomerato bituminoso per strati di usura confezionati con bitume normale.

4.4.7 Controllo dei requisiti ed accettazione delle lavorazioni

Valgono le stesse prescrizioni indicate per i conglomerati bituminosi tradizionali per strati di usura, con le seguenti modifiche:

- la macrotessitura superficiale dello strato, espressa in termini di *altezza di sabbia* (HS), ai sensi della Norma UNI EN 13036-1:2010, ovvero rilevata mediante strumento laser rispondente alla Norma ISO 13473 ed espresso come valore MPD (Mean Profile Depth), dovrà essere maggiore di 0,6 mm.

4.5 CONGLOMERATO BITUMINOSO ADDITIVATO CON GRANULATO DI GOMMA

4.5.1 Descrizione

Il conglomerato per strati di usura additivato con granulati di gomma proveniente da macinazione di carcasse di pneumatico sarà utilizzato nei casi in cui sia necessario abbinare le caratteristiche di resistenza a fatica ed alle deformazioni permanenti con una riduzione del rumore di rotolamento generato dal traffico.

4.5.2 Caratteristiche dei materiali da impiegare

a) Materiali inerti.

Valgono le stesse prescrizioni indicate per gli aggregati da utilizzare nello strato di usura confezionato con bitume normale semisolido.

b) Additivi derivati da pneumatici

Gli additivi, derivati dal riciclaggio delle carcasse dei pneumatici dimessi, saranno prodotti per triturazione. La triturazione può avvenire in due modi: per via meccanica o per via criogenica.

Il granulato ottenuto denominato gomma granulata CRM (Crumb Rubber Modifier) o polverino di gomma PRM (Powdered Rubber Modifier) a seconda della pezzatura.

Una preliminare caratterizzazione della "qualità della gomma", pertanto, può essere associata al suo assortimento granulometrico, alla struttura e alla dimensione delle particelle nonché alla loro natura, al livello di contaminazione da fibre tessili e metalliche.

Conseguentemente il granulato dovrà rientrare nel seguente fuso:

Setacci ISO 565 (serie base + gruppo 2)	Passante in peso
	BASE
Setaccio 1	100
Setaccio 0, 5	62 – 84
Setaccio 0, 25	5 – 25
Setaccio 0, 063	0 - 5

Dovrà provenire da triturazione di gomma di pneumatico al 100% ed essere caratterizzato da assenza totale di contaminanti quali fibre tessili e metalliche.

c) Processi di produzione delle miscele

Le miscele bituminose con granulato di gomma potranno essere confezionato secondo due metodologie:

- **processo Wet** che consiste nell'aggiungere la gomma, generalmente sotto forma di polverino, al bitume ottenendo così un legante modificato;
- **processo Dry** che prevede l'uso sia del polverino che della gomma granulata in guisa di aggregato che integra l'inerte tradizionale, dando luogo a un conglomerato bituminoso additivato a caldo.

La quantità del granulato rappresenta una variabile determinante per le proprietà reologiche e meccaniche del prodotto finale in entrambi i processi e quindi andrà determinata in funzione dell'ottimizzazione del conglomerato nel corso dello studio preventivo del conglomerato bituminoso.

Il tenore di bitume dovrà essere compreso fra 5,5 e 6,5 % in peso, sul peso degli aggregati. Tale dosaggio, potrà tuttavia variare in relazione alla curva granulometrica adottata ed alla natura degli aggregati lapidei e dell'additivo. Dovrà comunque essere quello necessario e sufficiente per ottimizzare le caratteristiche del conglomerato, secondo i valori ottimi risultanti dallo studio della miscela in laboratorio.

Nel caso di produzione attraverso il processo Wet il legante dovrà presentare le seguenti caratteristiche, testate dopo stoccaggio per stabilizzarne le caratteristiche di almeno 45 minuti dalla produzione:

PROVA	U.M.	VALORE	NORMA
Penetrazione a 25 °C	dmm	15 ÷ 25	UNI EN 1426:2007
Punto di rammollimento P.A.	°C	≥ 54	UNI EN 1427:2007
Viscosità dinamica a 175 °C	Pa·s	1.5 ÷ 5.0	UNI EN 13 302:2010
□ valori dopo RTFOT (UNI EN 12607-1)			
penetrazione a 25° C	dmm	≥ 60	UNI EN 1426:2007
punto di rammollimento	ΔT (°C)	≤ 12	UNI EN 1427:2007

d) Miscela.

In accordo a quanto fissato dalla Direttiva 89/106/CEE ed applicabile ai conglomerati bituminosi, si dovrà garantire la produzione di tutte le miscele nel rispetto delle caratteristiche essenziali ed in conformità a quanto espresso nell'appendice ZA delle Norme UNI EN 13108-1:2006. In ogni caso il conglomerato dovrà essere conforme anche ai sistemi di attestazione previsti dalla normativa vigente.

La miscela degli aggregati da adottarsi dovrà avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso previsto per gli strati di usura confezionato con bitume normale semisolido e definito al punto 4.2.2.d.2:

La percentuale di legante, funzione della metodologia utilizzata, andrà definita dallo studio di formulazione della miscela. A seconda del metodo di studio utilizzato il conglomerato dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

METODO MARSHALL (Norma UNI EN 12697-30:2007)	
Condizioni di prova	Valore richiesto
Costipamento	75 colpi per faccia
Parametri	
Stabilità (UNI EN 12697-34)	≥ 11 kN
Rigidezza	1,5 ÷ 3,5 kN/mm
Vuoti residui (UNI EN 12697-8)	3 ÷ 5
Resistenza a trazione indiretta a 25° C (UNI EN 12697-23)	> 0,7 · 10 ⁻³ GPa

METODO VOLUMETRICO (Norma UNI EN 12697-31:2007)	
Condizioni di prova	Valore richiesto
Angolo di rotazione	1.25° ± 0.02
Velocità di rotazione	30 rotazioni/min
Pressione verticale	600 Kpa
Diametro del provino	150 mm
Parametri	
Vuoti a 10 rotazioni	12 ÷ 15
Vuoti a 130 rotazioni	3 ÷ 6
Vuoti a 220 rotazioni	> 2

La densità a 130 rotazioni costituisce la densità giratoria di progetto D_G e dovrà essere utilizzata per il calcolo dell'addensamento della pavimentazione in opera.

Sulla miscela definita con la pressa giratoria con provini confezionati alla densità giratoria di progetto D_G dovrà essere determinato il modulo di rigidezza a 20° C (UNI EN 12697-26:2012, All. C) il quale andrà a costituire il riferimento per i controlli nel corso della messa in opera.

4.5.3 Studio della miscela in laboratorio

Valgono le stesse prescrizioni indicate per lo strato di usura confezionati con bitume normale.

4.5.4 Formazione e confezione della miscela

Valgono le stesse prescrizioni indicate per lo strato di usura confezionati con bitume normale.

4.5.5 Posa in opera della miscela

Valgono le stesse prescrizioni indicate per lo strato di usura confezionati con bitume normale.

4.5.6 Controllo dei requisiti di accettazione dei materiali

Valgono le stesse prescrizioni indicate per il conglomerato bituminoso per strati di usura confezionati con bitume normale.

4.5.7 Controllo dei requisiti di accettazione delle lavorazioni

Valgono le stesse prescrizioni indicate per il conglomerato bituminoso per strati di usura confezionati con bitume normale.

Inoltre, a discrezione della D.LL., potranno essere effettuate indagini fonometriche atte a determinare la riduzione del rumore di rotolamento alle frequenze comprese tra 1000 e 5000 Hz, la quale dovrà risultare superiore a 2,5 dB(A).

4.6 CONGLOMERATI BITUMINOSI AD ALTO MODULO COMPLESSO

4.6.1 Descrizione

I conglomerati bituminosi ad alto modulo complesso sono costituiti da miscele di inerti calcarei provenienti esclusivamente da frantumazione di ghiaie, di sabbie di frantumazione e di additivo minerale, impastati a caldo con bitume modificato. La caratteristica principale di questi tipi di conglomerato è l'aumento della capacità portante della struttura stradale tramite la ripartizione e il decremento degli sforzi e delle deformazioni sugli strati inferiori

4.6.2 Caratteristiche dei materiali da impiegare

a) Materiali inerti

Il campionamento degli aggregati destinati alle prove di controllo dei requisiti di accettazione dovrà essere eseguito secondo la Norma UNI EN 932-1:1998, la riduzione dei campioni in laboratorio dovrà essere eseguita in accordo alla Norma UNI EN 932-2:2000.

Il rispetto dei requisiti di accettazione da parte degli inerti impiegati nel conglomerato bituminoso per strati di collegamento ed usura dovrà rispondere a quanto previsto dalla marcatura ed etichettatura CE dei prodotti secondo quanto previsto all'appendice ZA della norma UNI EN 13043:2004 e verificato sulla base delle prescrizioni contenute nella suddetta norma.

In ogni caso i materiali dovranno essere conformi ai sistemi di attestazione previsti dalla normativa vigente

L'**aggregato grosso** (frazione di dimensioni maggiori di 2 mm) dovrà essere costituito almeno per il 70% da materiale frantumato e dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

Strati di base e binder

- 1) perdita in peso alla prova Los Angeles, secondo la Norma UNI EN 1097-2:2010 , non superiore al 22% (LA₂₅);
- 2) se richiesto dalla Direzione Lavori, sensibilità al gelo, determinata secondo la Norma UNI EN 1367-1:2007, non superiore al 20%;
- 3) contenuto di rocce tenere, alterate o scistose, e di rocce degradabili, ai sensi della Norma UNI EN 933-2:1997, inferiore all'1%;

strato di usura SMA

- 1) il 100% del materiale deve provenire da frantumazione;
- 2) la perdita in peso alla prova Los Angeles, secondo la Norma UNI EN 1097-2:2010, deve essere inferiore al 18% (LA₂₀);
- 3) il coefficiente di levigabilità accelerata (CLA) delle graniglie, secondo la Norma UNI EN 1097-8:2009, deve essere non inferiore a 0,45 (PSV₅₀);
- 4) se richiesto dalla Direzione Lavori, la perdita di resistenza dopo gelo e disgelo, determinata secondo la Norma UNI EN 1367-1:2007, non dovrà essere superiore a 1 (F₁);
- 5) il contenuto di rocce tenere, alterate o scistose, e di rocce degradabili, ai sensi della Norma UNI EN 933-2:1997, deve essere nullo;
- 6) l'indice di forma, secondo la Norma UNI EN 933-3:2012, deve essere inferiore a 15 (SI₁₅);
- 7) l'indice di appiattimento, secondo la Norma UNI EN 933-3:2012, deve essere inferiore a 12% (FI₁₅);

In ogni caso, l'aggregato grosso dovrà essere costituiti da elementi sani, duri, durevoli, a superficie ruvida, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei o inquinanti. I grani di aggregato non dovranno mai avere forma appiattita, allungata o lenticolare.

L'aggregato fino (frazione di dimensioni minori di 2 mm) dovrà essere costituito esclusivamente da sabbie di frantumazione; in ogni caso la qualità delle rocce e degli elementi litoidi di fiume da cui è ricavata per frantumazione la sabbia, dovrà avere alla prova "Los Angeles" (Norma UNI EN 1097-2:2010) eseguita su granulato della stessa provenienza, la perdita in peso non superiore al 25%.

- 1) *L'equivalente in sabbia* determinato secondo la prova Norma UNI EN 933-8:2012 dovrà essere superiore od uguale ad 80 per tutti gli strati.

L'additivo minerale (filler) dovrà essere costituito da materiale polverulento, proveniente dalla macinazione di rocce calcaree o dolomitiche a struttura amorfa (non cristallina), oppure da un materiale sintetico di natura prevalentemente calcarea (cemento Portland normale o cemento crudo).

All'analisi granulometrica (UNI EN 933-10:2009) l'additivo minerale dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

- totale passante al setaccio 2 mm : 100% in peso
- totale passante al setaccio 0.125 mm : > 85% in peso
- totale passante al setaccio 0.063 mm : > 75% in peso

Nella miscela di inerti che costituisce il conglomerato bituminoso dovrà essere utilizzato esclusivamente materiale derivante da frantumazione. In nessun caso sarà tollerato l'utilizzo di materiale proveniente dalla fresatura e/o demolizione di conglomerati bituminosi.

b) Legante

Dovrà essere impiegato bitume con modifica complessa secondo le prescrizioni descritte dalla tabella:

PROVA	U.M.	VALORE	NORMA
Penetrazione a 25 °C	dmm	20 ÷ 40	UNI EN 1426:2007
Punto di rammollimento P.A.	°C	60 ÷ 80	UNI EN 1427:2007
Punto di rottura Fraass	°C	≤ -16	UNI EN 12593:2007
Viscosità dinamica a 100 °C (SPDL 07)	Pa·s	60 ÷ 110	UNI EN 13302:2010
Viscosità dinamica a 160 °C (SPDL 21)	Pa·s	0.5 ÷ 1.0	
Ritorno elastico a 25°C	%	> 90	UNI EN 13398:2010
□ scostamenti dopo prova "tuben test" (UNI EN 13399)			
penetrazione a 25° C	Δ (dmm)	< 5.0	UNI EN 1426:2007
punto di rammollimento	ΔT (°C)	< 3.0	UNI EN 1427:2007

c) miscela

In accordo a quanto fissato dalla Direttiva 89/106/CEE ed applicabile ai conglomerati bituminosi, si dovrà garantire la produzione di tutte le miscele nel rispetto delle caratteristiche essenziali ed in conformità a quanto espresso nell'appendice ZA delle Norme UNI EN 13108-1:2006 e UNI EN 13108-5:2006 a seconda dello strato al quale sono destinate. In ogni caso il conglomerato dovrà essere conforme anche ai sistemi di attestazione previsti dalla normativa vigente.

La miscela di aggregati lapidei dovrà presentare una composizione granulometrica compresa all'interno dei seguenti fusi di riferimento rappresentati in tabella:

Setacci ISO 565 (serie base + gruppo 2)	Passante in peso		
	BASE	BINDER	USURA SMA
Setaccio 32	100	-	
Setaccio 20	90 - 100	100	
Setaccio 16	80 - 100	83 - 100	
Setaccio 12.5	62 - 90	72 - 92	100
Setaccio 8	45 - 68	56 - 77	60 - 88
Setaccio 4	32 - 50	37 - 57	30 - 52
Setaccio 2	20 - 36	27 - 40	22 - 34
Setaccio 1	16 - 29	20 - 33	16 - 26
Setaccio 0, 5	13 - 22	14 - 26	11 - 21
Setaccio 0, 25	10 - 17	10 - 19	10 - 18
Setaccio 0, 063	6 - 12	6 - 12	8 - 14

Dalla composizione della miscela resta esclusa qualsiasi possibilità di uso di materiale proveniente da recupero di pavimentazioni esistenti.

Il tenore di bitume, sul peso totale degli inerti, dovrà essere compreso fra 4.8 % e 6.0 % per lo strato di base; tra 5.2% e 6.5% per lo strato di collegamento e tra il 5.5% e 7.0% per lo strato di usura. La percentuale ottimale dovrà essere determinata attraverso studio della miscela con il metodo Marshall oppure in alternativa con il metodo volumetrico. A seconda del metodo di studio utilizzato il conglomerato dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

METODO MARSHALL (Norma UNI EN 12697-30:2007)	
Condizioni di prova	Valore richiesto
Costipamento	75 colpi per faccia
Parametri	
Stabilità (UNI EN 12697-34)	≥ 18 kN
Rigidezza	≥ 3 kN/mm
Vuoti residui (UNI EN 12697-8)	1 ÷ 4
modulo di rigidezza a 20° C (IT CY)	> 7000 Mpa

METODO VOLUMETRICO (Norma UNI EN 12697-31:2007)	
Condizioni di prova	Valore richiesto
Angolo di rotazione	1.25° ± 0.02
Velocità di rotazione	30 rotazioni/min
Pressione verticale	600 Kpa
Diametro del provino	150 mm
Parametri	
Vuoti a 10 rotazioni	10 ÷ 12
Vuoti a 100 rotazioni	1 ÷ 4
Vuoti a 180 rotazioni	> 1
modulo di rigidezza a 20° C (IT CY)	> 7000 Mpa

La densità a 100 rotazioni costituisce la densità giratoria di progetto D_G e dovrà essere utilizzata per il calcolo dell'addensamento della pavimentazione in opera.

4.6.3 Studio della miscela in laboratorio

Al fine di determinare la migliore formulazione dell'impasto per la realizzazione degli strati ad alto modulo, l'Appaltatore dovrà presentare alla Direzione Lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni, uno studio di fattibilità e di ottimizzazione, mediante il quale definire i componenti della miscela, le relative caratteristiche fisico-meccaniche e i dosaggi necessari per la produzione di un conglomerato bituminoso in grado di meglio soddisfare ai requisiti di accettazione previsti dal presente Capitolato.

Gli esiti e le conclusioni dell'indagine preliminare (mix-design) dovranno essere opportunamente documentati con tutti i certificati relativi alle prove di laboratorio effettuate, sia sui materiali componenti che sul conglomerato da utilizzare in fase di stesa.

Lo studio di fattibilità e ottimizzazione sui singoli componenti del conglomerato bituminoso, nonché sul prodotto finale, dovrà concernere la scelta del legante e degli aggregati lapidei nelle varie pezzature. Dovranno essere indicati: tipo, qualità e dosaggio del bitume; natura e provenienza dell'inerte mediante la certificazione della marcatura CE; per ciascuna frazione e per la miscela di aggregati che si intende impiegare, la curva granulometrica (UNI EN 933-1:2012), la massa volumica apparente dei granuli (UNI EN 1097-6:2008) e tutte le caratteristiche fisiche e meccaniche indicate dal Capitolato fra i requisiti di accettazione (art. 4.1.2.a/b/c).

Il dosaggio di legante con cui confezionare il conglomerato sarà preliminarmente determinato in laboratorio, per via sperimentale, mediante metodo Marshall o in alternativa metodo volumetrico, da realizzare secondo le modalità descritte al precedente art. 4.5.2.c.

La Direzione Lavori si riserva, in ogni caso, di approvare i risultati prodotti dall'Impresa o di fare studiare diverse formulazioni dell'impasto.

L'approvazione non ridurrà comunque la responsabilità dell'Appaltatore relativa al raggiungimento dei requisiti finali dei conglomerati in opera.

Una volta accettato dalla Direzione Lavori lo studio della miscela proposta, l'Impresa dovrà attenersi rigorosamente, saranno tollerati scostamenti, rispetto allo studio di formulazione, pari a:

- $\pm 5\%$ sull'aggregato grosso;
- $\pm 2\%$ sull'aggregato fine;
- $\pm 1.5\%$ sulla quantità di filler;
- $\pm 0.25\%$ sulla quantità di bitume.

4.6.4 Formazione e confezione della miscela

Il conglomerato sarà confezionato mediante impianti fissi automatizzati di tipo discontinuo, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti ed efficienti 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.

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 possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre, i cumuli delle diverse classi di inerte dovranno essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori dovrà eseguirsi con la massima cura. Si farà uso di almeno 4 classi di aggregati con predosatori in numero corrispondente alle classi impiegate.

La produzione di ciascun impianto non dovrà essere spinta oltre la sua potenzialità per garantire il perfetto essiccamento dell'aggregato; una perfetta vagliatura dovrà assicurare una idonea riclassificazione delle singole classi di inerte; dovrà essere garantito l'uniforme riscaldamento della miscela.

Resta pertanto escluso l'uso di impianto a scarico diretto.

Il tempo di mescolazione effettivo sarà stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto e dell'effettiva temperatura raggiunta dai componenti la miscela, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante; comunque esso non dovrà mai scendere al di sotto dei 25-30 secondi.

La temperatura degli aggregati all'atto della mescolazione dovrà essere compresa tra 160 e 180 °C, quella del legante tra 150 e 180 °C, salvo diverse disposizioni della Direzione Lavori in rapporto al tipo di bitume impiegato.

Per la verifica delle suddette temperature, gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti dovranno essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non dovrà di norma superare lo 0,5%.

4.6.5 Posa in opera della miscela

Il piano di posa dovrà risultare perfettamente pulito e privo di ogni residuo di qualsiasi natura.

La posa in opera dei conglomerati bituminosi verrà effettuata a mezzo di macchine dei tipi approvati dalla D.L. in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento. La D.L. si riserva la facoltà di poter utilizzare ogni altra tecnologia ritenuta più opportuna.

Le vibrofinitrici dovranno comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si dovrà porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente con l'impiego di due finitrici.

Qualora ciò non sia possibile il bordo della striscia già realizzata dovrà essere spalmato con emulsione bituminosa acida al 55% in peso per assicurare la saldatura della striscia successiva. Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si dovrà procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere dovranno essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzerramento, mentre sui giunti di inizio lavorazione si dovrà provvedere all'asporto dello strato sottostante mediante fresatura.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati sarà programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno cm 20 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 dovrà avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci, sempre dotati di telone di copertura per evitare i raffreddamenti superficiali eccessivi e formazione di crostoni e comunque la percorrenza stradale dall'impianto di confezionamento al cantiere di stesa non dovrà essere superiore a 80 chilometri.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto del confezionamento non dovrà superare i 180° C e quella della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, dovrà risultare in ogni momento non inferiore a 160°C.

La stesa dei conglomerati dovrà essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

Gli strati eventualmente compromessi dovranno essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'Impresa.

La compattazione dei conglomerati dovrà iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni. L'addensamento di norma dovrà essere realizzato con rulli vibranti con ruote metalliche con peso di almeno 10 ton. 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. Per lo strato di base la miscela bituminosa verrà stesa sul piano finito della fondazione dopo che sia stata accertata dalla D.LL. la rispondenza di questa ultima ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza. Prima della stesa del conglomerato bituminoso su strati di fondazione in misto cementato per garantirne l'ancoraggio dovrà essere rimossa la sabbia eventualmente non trattenuta dall'emulsione bituminosa acida al 55% stesa precedentemente a protezione del misto cementato stesso. Procedendo la stesa in doppio strato i due strati dovranno essere sovrapposti nel più breve tempo possibile; tra di essi dovrà essere eventualmente interposta una mano d'attacco di emulsione bituminosa in ragione di 0,5 Kg/m².

4.6.6 Controllo dei requisiti di accettazione dei materiali

Alla formulazione definita a seguito di studio sperimentale e approvata dalla Direzione Lavori l'Impresa dovrà attenersi rigorosamente in fase di esecuzione dei lavori, comprovandone l'osservanza con esami giornalieri. Allo scopo, in corso d'opera ed in ogni fase delle lavorazioni nonché in fasi successive la Direzione Lavori effettuerà, a sua discrezione, tutte le verifiche, prove e controlli, atti ad accertare la rispondenza qualitativa e quantitativa dei lavori alle prescrizioni contrattuali, presso Laboratorio qualificato e di propria insindacabile fiducia.

4.6.7 Controllo dei requisiti ed accettazione delle lavorazioni

Al termine della compattazione lo strato di base dovrà avere una densità, uniforme in tutto lo spessore, non inferiore al 95% di quella Marshall o della densità giratoria di progetto D_G dello stesso giorno, rilevata all'impianto o alla stesa, inoltre dovrà essere verificato il contenuto di vuoti residui in opera (secondo Norma UNI EN 12697-8:2003), che dovrà risultare compreso fra 2 e 5%. La valutazione del peso di volume sarà eseguita secondo la Norma UNI EN 12697-6:2008, su carote di 10 cm di diametro, prelevate in numero significativo per la caratterizzazione dei materiali messi in opera. Il valore risulterà dalla media di due prove.

Come prescritto all'art. 4.1.5, la superficie dello strato in conglomerato bituminoso (o di ogni singolo strato, qualora la base sia ottenuta per sovrapposizione di strati distinti, comunque secondo le modalità di cui al medesimo articolo), a seguito di costipamento, dovrà presentarsi priva di irregolarità, ondulazioni e segregazione degli elementi di diverse dimensioni.

La regolarità superficiale sarà verificata con un'asta rettilinea lunga 4 m che, posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascun strato, dovrà aderirvi uniformemente. Saranno tollerati scostamenti occasionali e contenuti nel limite di 10 mm. Il tutto nel rispetto degli spessori e delle sagome di progetto.

Non saranno consentiti scostamenti per lo spessore dello strato finito: saranno previste tolleranze, in più o in meno, fino al 2,5% dello spessore totale, a condizione che il massimo scostamento si presenti solo saltuariamente.

Al termine della compattazione per lo strato di usura SMA, dovranno essere verificate le seguenti prescrizioni

- 1) dovrà avere una densità, uniforme in tutto lo spessore, non inferiore al 97% di quella Marshall o della densità giratoria di progetto DG dello stesso giorno, rilevata all'impianto o alla stesa
- 2) Il contenuto di vuoti residui, in opera (secondo Norma UNI EN 12697-8:2008), deve essere compreso fra 2 e 5%.
- 3) Il conglomerato bituminoso deve avere una tessitura superficiale tale da non risultare scivoloso. Le caratteristiche di antisdrucciolevolezza valutate mediante Coefficiente di Aderenza Trasversale (CAT) rilevato mediante apparecchio S.C.R.I.M. (Sideway force Coefficient Routine Investigation Machine), secondo Norma CNR B.U. n° 147 del 14 Dicembre 1992, sarà considerato: buono, per valori non inferiori a 0,60; soddisfacente, per valori compresi tra 0,40 e 0,60, in questo caso il conglomerato verrà penalizzato; insufficiente e quindi non accettabile per valori inferiori a 0,40.
- 4) La macro-tessitura superficiale dello strato, rilevata mediante strumento laser rispondente alla Norma ISO 13473 ed espresso come valore MPD (Mean Profile Depth), ovvero espressa in termini di altezza di sabbia (HS), ai sensi della Norma UNI EN 13036-1:2010, dovrà essere maggiore di 0,8 mm.
- 5) Il conglomerato bituminoso, in opera, deve avere una superficie regolare. L'International Roughness Index (IRI) misurato su tratti più lunghi della stessa strada dovrà risultare: IRI_{medio}/km \square 1,2 mm/m (deviazione standard non superiore a 0,4 mm/m).

Le misure di CAT, MPD (HS) e IRI dovranno essere, di norma, effettuate non prima del 60° giorno di apertura della strada al traffico né dopo il 180° giorno. I rilievi potranno essere effettuati (fatta eccezione per l'IRI) su qualsiasi tratto stradale; nei tratti esclusi dalle misure, la Direzione Lavori potrà disporre la realizzazione di quei rilievi che riterrà necessari in relazione allo stato della pavimentazione e alle carenze funzionali individuabili visivamente.

La valutazione del peso di volume sarà eseguita secondo la Norma UNI EN 12697-6:2008, su carote di 10 cm di diametro, prelevate in numero significativo per la caratterizzazione dei materiali messi in opera. Il valore risulterà dalla media di due prove. Particolare cura dovrà essere nel riempimento delle cavità rimaste negli strati superficiali dopo il prelievo delle carote.

4.7 CONGLOMERATI BITUMINOSI CHIUSI MACRORUGOSI TIPO "SPLITTMASTIX-ASPHALT" (SMA)

4.7.1 Descrizione

Il conglomerato bituminoso tipo SPLITTMASTIX ha la funzione di migliorare in maniera particolarmente sensibile tutte le caratteristiche di resistenza meccanica dello strato di usura accoppiandone i vantaggi funzionali che si ottengono da un corretto uso della macro-rugosità inducendo effetti benefici sulla sicurezza del traffico veicolare grazie all'aumento della rugosità superficiale delle pavimentazioni rispetto agli strati di usura tradizionali.

4.7.2 Caratteristiche dei materiali da impiegare

a) Materiali inerti

L'aggregato grosso (frazione di dimensioni maggiori di 2 mm) dovrà essere costituito da elementi granulari sani, duri di forma poliedrica, a spigoli vivi, provenienti esclusivamente da processo di frantumazione di rocce magmatico-effusive di tipo basaltico e porfirico così come previsto dalla norma UNI EN 13043 del gennaio 2004 per gli inerti da utilizzare negli strati superficiali di usura delle pavimentazioni stradali.

Il campionamento degli aggregati destinati alle prove di controllo dei requisiti di accettazione dovrà essere eseguito secondo la Norma UNI EN 932-1 del gennaio 1998.

Il rispetto dei requisiti di accettazione da parte degli inerti impiegati nel conglomerato bituminoso dovrà rispondere a quanto previsto dalla marcatura ed etichettatura CE dei prodotti secondo quanto previsto all'appendice ZA della norma UNI EN 13043:2004 e verificato sulla base delle prescrizioni contenute nella suddetta norma.

In ogni caso i materiali dovranno essere conformi ai sistemi di attestazione previsti dalla normativa vigente

Per ogni singola pezzatura costituente l'aggregato grosso dovranno essere soddisfatti i seguenti requisiti:

1. il 100% del materiale deve provenire da frantumazione;
2. la perdita in peso alla prova Los Angeles, secondo la Norma UNI EN 1097-2:2010, deve essere inferiore al 20% (LA₂₀);
3. il coefficiente di levigabilità accelerata (CLA) delle graniglie, secondo la Norma UNI EN 1097-8:2009, deve essere non inferiore a 0,45 (PSV₄₄);
4. se richiesto dalla Direzione Lavori, la perdita di resistenza dopo gelo e disgelo, determinata secondo la Norma UNI EN 1367-1:2007, non dovrà essere superiore a 1 (F₁);
5. il contenuto di rocce tenere, alterate o scistose, e di rocce degradabili, ai sensi della Norma UNI EN 933-2:1997, deve essere nullo;
6. l'indice di forma, secondo la Norma UNI EN 933-3:2012, deve essere inferiore a 15 (SI₁₅);
7. l'indice di appiattimento, secondo la Norma UNI EN 933-3:2012, deve essere inferiore a 12% (FI₁₅);

L'aggregato fino (frazione di dimensioni minori di 2 mm) deve essere costituito esclusivamente da sabbie di frantumazione, risultanti dalla produzione dell'aggregato grosso avente le caratteristiche sopra riportate. Dovrà inoltre rispondere al seguente requisito:

- 1) L'*equivalente in sabbia*, determinato secondo la Norma UNI EN 933-8:2012, dovrà essere non inferiore al 80%.

L'additivo minerale (filler) dovrà essere costituito da materiale polverulento, proveniente dalla macinazione di rocce calcaree o dolomitiche a struttura amorfa (non cristallina), oppure da un materiale sintetico di natura prevalentemente calcarea (cemento Portland normale o cemento crudo).

Nella miscela di inerti che costituisce il conglomerato bituminoso dovrà essere utilizzato esclusivamente materiale derivante da frantumazione.

b) legante

Il legante dovrà essere costituito da bitume semisolido per usi stradali, dovrà provenire dalla modifica di una base bituminosa attraverso l'aggiunta di un agente o compound modificante elastomerico di tipo stirene butadiene stirene (SBS). Il legante così ottenuto al termine del processo di maturazione dovrà presentarsi stabile nel tempo e con un ampio intervallo di elastoplasticità.

PROVA	U.M.	VALORE	NORMA
Penetrazione a 25 °C	dmm	45 ÷ 55	UNI EN 1426:2007
Punto di rammollimento P.A.	°C	75 ÷ 85	UNI EN 1427:2007
Punto di rottura Fraass	°C	≤ -16	UNI EN 12593:2007
Viscosità dinamica a 100 °C	Pa·s	> 70	UNI EN 13302 :2010
Viscosità dinamica a 160 °C	Pa·s	0.5 ÷ 0.8	
Ritorno elastico a 25°C	%	> 95	UNI EN 13398:2010
□ scostamenti dopo prova "tuben test" (UNI EN 13399)			
penetrazione a 25° C	Δ (dmm)	< 5.0	UNI EN 1426:2007
punto di rammollimento	ΔT (°C)	< 3.0	UNI EN 1427:2007

c) miscela

In accordo a quanto fissato dalla Direttiva 89/106/CEE ed applicabile ai conglomerati bituminosi, si dovrà garantire la produzione di tutte le miscele nel rispetto delle caratteristiche essenziali ed in conformità a quanto espresso nell'appendice ZA delle Norme UNI EN 13108-5:2006. In ogni caso il conglomerato dovrà essere conforme anche ai sistemi di attestazione previsti dalla normativa vigente.

La miscela di aggregati lapidei dovrà presentare una composizione granulometrica compresa all'interno dei seguenti fusi di riferimento rappresentati in tabella:

Setacci ISO 565 (serie base + gruppo 2)	Passante in peso	
	SMA 12	SMA 8
Setaccio 12.5	100	-
Setaccio 10	81 -100	100
Setaccio 8	60 – 88	90 - 100

Setaccio 6.3	-	70 – 90
Setaccio 4	30 – 52	35 – 60
Setaccio 2	22 – 34	23 – 35
Setaccio 1	16 – 26	18 – 29
Setaccio 0, 5	11 – 21	13 – 23
Setaccio 0, 25	10 – 18	10 – 18
Setaccio 0, 063	8 - 14	8 - 14

Lo SMA12 andrà utilizzato per spessori compresi tra 3 e 5 cm; lo SMA8 per strati di 2÷3 cm. Il legante descritto in precedenza, sarà aggiunto nella dose tra il 5.5% e il 7.0 % ed andrà ottimizzato per ogni singolo strato attraverso uno studio della miscela.

A seconda del metodo di studio utilizzato il conglomerato dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

METODO MARSHALL (Norma UNI EN 12697-30:2007)	
Condizioni di prova	Valore richiesto
Costipamento	75 colpi per faccia
Parametri	
Stabilità (UNI EN 12697-34)	≥ 13 kN
Rigidezza	2,5 ÷ 4 kN/mm
Vuoti residui (UNI EN 12697-8)	1 ÷ 4
Resistenza a trazione indiretta a 25° C (UNI EN 12697-23)	> 1,0 · 10 ⁻³ GPa
Deformazione alla prova di impronta (UNI EN 12697-20)	< 1 mm (dopo 1 h)

METODO VOLUMETRICO (Norma UNI EN 12697-31:2007)	
Condizioni di prova	Valore richiesto
Angolo di rotazione	1.25° ± 0.02
Velocità di rotazione	30 rotazioni/min
Pressione verticale	600 Kpa
Diametro del provino	150 mm
Parametri	
Vuoti a 10 rotazioni	10 ÷ 12
Vuoti a 150 rotazioni	1 ÷ 4
Vuoti a 240 rotazioni	> 1

La densità a 150 rotazioni costituisce la densità giratoria di progetto D_G e dovrà essere utilizzata per il calcolo dell'addensamento della pavimentazione in opera.

Sulla miscela definita con la pressa giratoria con provini confezionati alla densità giratoria di progetto D_G dovrà essere determinato il modulo di rigidezza a 20° C (UNI EN 12697-26:2012, All. C) il quale andrà a costituire il riferimento per i controlli nel corso della messa in opera.

4.7.3 Studio della miscela in laboratorio

Al fine di determinare la migliore formulazione dell'impasto per la realizzazione dello strato, l'Appaltatore dovrà presentare alla Direzione Lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni, uno studio di fattibilità e di ottimizzazione, mediante il quale definire i componenti della miscela, le relative caratteristiche fisico-meccaniche e i dosaggi necessari per la produzione di un conglomerato bituminoso in grado di meglio soddisfare ai requisiti di accettazione previsti dal presente Capitolato.

Gli esiti e le conclusioni dell'indagine preliminare (mix-design) dovranno essere opportunamente documentati con tutti i certificati relativi alle prove di laboratorio effettuate, sia sui materiali componenti che sul conglomerato da utilizzare in fase di stesa.

Lo studio di fattibilità e ottimizzazione sui singoli componenti del conglomerato bituminoso, nonché sul prodotto finale, dovrà concernere la scelta del legante e degli aggregati lapidei nelle varie pezzature. Dovranno essere indicati: tipo, qualità e dosaggio del bitume; natura e provenienza dell'inerte mediante la certificazione della marcatura CE; per ciascuna frazione e per la miscela di aggregati che si intende impiegare, la curva granulometrica (UNI EN 933-1:2012), la massa volumica apparente dei granuli (UNI EN 1097-6:2008) e tutte le caratteristiche fisiche e meccaniche indicate dal Capitolato fra i requisiti di accettazione (art. 4.5.2.a/b/c).

Il dosaggio di legante con cui confezionare il conglomerato sarà preliminarmente determinato in laboratorio, per via sperimentale, mediante metodo Marshall o in alternativa metodo volumetrico, da realizzare secondo le modalità descritte al precedente art. 4.5.2.c.

La Direzione Lavori si riserva, in ogni caso, di approvare i risultati prodotti dall'Impresa o di fare studiare diverse formulazioni dell'impasto.

L'approvazione non ridurrà comunque la responsabilità dell'Appaltatore relativa al raggiungimento dei requisiti finali dei conglomerati in opera.

Una volta accettato dalla Direzione Lavori lo studio della miscela proposta, l'Impresa dovrà attenersi rigorosamente, saranno tollerati scostamenti, rispetto allo studio di formulazione, pari a:

- ±5% sull'aggregato grosso;
- ±2% sull'aggregato fine;
- ±1.5% sulla quantità di filler;
- ±0.25% sulla quantità di bitume.

4.7.4 Formazione e confezione della miscela

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. La Direzione Lavori potrà approvare l'utilizzo d'impianti in continuo purché il dosaggio dei componenti della miscela possa essere costantemente controllato.

L'impresa appaltatrice dovrà avere un approvvigionamento costante e monitorato.

La temperatura di stoccaggio del legante bituminoso deve essere garantita (compresa tra i 150°C e i 170°C), come lo deve essere quella degli inerti lapidei al momento della miscelazione (175°C □ 185°C). L'umidità residua degli inerti lapidei dopo l'uscita dall'essiccatore non deve superare lo 0.25% in peso.

Si dovrà fare uso di almeno quattro classi granulometriche ed il tempo di miscelazione deve essere stabilito in base alle caratteristiche dell'impianto e del prodotto finale che si vuole raggiungere.

4.7.5 Posa in opera della miscela

Il conglomerato bituminoso confezionato sarà steso sul piano sottostante solo dopo che la Direzione Lavori avrà accertato con esito favorevole la sua rispondenza nei valori di quota, sagoma e compattezza specificati nel progetto. La posa in opera dei conglomerati bituminosi sarà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici dei tipi approvati dalla Direzione Lavori che devono risultare perfettamente funzionanti e dotate di automatismi di autolivellamento.

Nella posa in opera si deve dare la massima attenzione alla formazione dei giunti longitudinali, meglio se si opera con due macchine vibrofinitrici affiancate in modo da garantire l'adesione delle due strisciate ove possibile. Quando questo non è possibile è indispensabile utilizzare un'emulsione cationica al 55% spruzzandola direttamente sul bordo della strisciata per garantire e ottimizzare l'adesione della stesa successiva. Le due strisciate devono essere sfalsate di almeno 20 cm e il giunto longitudinale non deve mai cadere in corrispondenza delle fasce della corsia interessate normalmente dalle ruote dei veicoli.

Quando il bordo della strisciata è danneggiato o arrotondato, si deve ricorrere al taglio verticale con idonea attrezzatura. La stessa operazione dovrà essere eseguita per i giunti orizzontali. Il trasporto del conglomerato, dall'impianto fisso di confezionamento al cantiere di stesa, deve avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti, veloci e comunque sempre dotati di telone di copertura per evitare il raffreddamento e la formazione di una crosta superficiale del conglomerato bituminoso.

La temperatura del conglomerato all'uscita della macchina vibrofinitrice non deve essere inferiore a 160° C. I lavori di stesa del manto stradale dovranno essere sospesi quando le condizioni meteorologiche ne compromettano la buona esecuzione e di norma non al di fuori dell'intervallo di temperature 5°C ÷ 40°C. Gli strati che risultano compromessi devono essere rimossi e ricostruiti a spese dell'impresa. Il costipamento deve avvenire immediatamente dopo la stesa del conglomerato dalla macchina vibrofinitrice e deve essere portata a termine senza nessuna interruzione. Si avrà cura che il costipamento sia condotto con la tecnologia più adeguata. Il costipamento deve essere realizzata solo con rulli gommati di idoneo peso e caratteristiche tecnologiche. Potrà essere utilizzato un tandem di compattatori a rulli metallici del peso massimo di 14 ton. Per evitare che il conglomerato bituminoso possa aderire al rullo, gommato o metallico, dovrà essere utilizzato un prodotto antistatico, una soluzione speciale che deve essere spruzzata direttamente in fase d'opera sui rulli compattatori. La superficie degli strati al termine del costipamento deve presentarsi priva di qualsiasi irregolarità ed ondulazione. Per garantire la regolarità superficiale un'asta lunga 4m deve aderire, in ognuna delle sei direzioni azimutali contigue, alla superficie con uno scostamento altimetrico massimo tra i suoi due estremi di 5 mm.

Il volume del conglomerato dopo la costipazione non dovrà avere un volume inferiore del 97% del volume del provino Marshall, se nel metodo di valutazione saranno compresi anche i vuoti superficiali l'addensamento minimo sarà limitato al 90%.

4.7.6 Controllo dei requisiti di accettazione dei materiali

Valgono le stesse prescrizioni indicate per i conglomerati di tipo tradizionale.

4.7.7 Controllo dei requisiti ed accettazione delle lavorazioni

Al termine della compattazione per lo strato di usura SMA, dovranno essere verificate le seguenti prescrizioni

- 1) dovrà avere una densità, uniforme in tutto lo spessore, non inferiore al 97% di quella Marshall o della densità gioratoria di progetto DG dello stesso giorno, rilevata all'impianto o alla stesa
- 2) Il contenuto di vuoti residui, in opera (secondo Norma UNI EN 12697-8:2003), deve essere compreso fra 2 e 5%.
- 3) Il conglomerato bituminoso deve avere una tessitura superficiale tale da non risultare scivoloso. Le caratteristiche di antisdrucchiolevozza valutate mediante Coefficiente di Aderenza Trasversale (CAT) rilevato mediante apparecchio S.C.R.I.M. (Sideway force Coefficient Routine Investigation Machine), secondo Norma CNR B.U. n° 147 del 14 Dicembre 1992, sarà considerato: buono, per valori non inferiori a 0,60; soddisfacente, per valori compresi tra 0,40 e 0,60, in questo caso il conglomerato verrà penalizzato; insufficiente e quindi non accettabile per valori inferiori a 0,40.
- 4) La macro-tessitura superficiale dello strato, rilevata mediante strumento laser rispondente alla Norma ISO 13473 ed espresso come valore MPD (Mean Profile Depth), ovvero espressa in termini di altezza di sabbia (HS), ai sensi della Norma UNI EN 13036-1:2010, dovrà essere maggiore di 0,8 mm.

5) Il conglomerato bituminoso, in opera, deve avere una superficie regolare. L'International Roughness Index (IRI) misurato su tratti più lunghi della stessa strada dovrà risultare: $IRI_{medio}/km \leq 1,2$ mm/m (deviazione standard non superiore a 0.4 mm/m).

Le misure di CAT, MPD (HS) e IRI dovranno essere, di norma, effettuate non prima del 60° giorno di apertura della strada al traffico né dopo il 180° giorno. I rilievi potranno essere effettuati (fatta eccezione per l'IRI) su qualsiasi tratto stradale ; nei tratti esclusi dalle misure, la Direzione Lavori potrà disporre la realizzazione di quei rilievi che riterrà necessari in relazione allo stato della pavimentazione e alle carenze funzionali individuabili visivamente.

La valutazione del peso di volume sarà eseguita secondo la Norma UNI EN 12697-6:2008, su carote di 10 cm di diametro, prelevate in numero significativo per la caratterizzazione dei materiali messi in opera. Il valore risulterà dalla media di due prove. Particolare cura dovrà essere nel riempimento delle cavità rimaste negli strati superficiali dopo il prelievo delle carote.

In nessun caso sarà tollerato l'utilizzo di materiale proveniente dalla fresatura e/o demolizione di conglomerati bituminosi. L'uso di detti materiali anche in minima percentuale darà luogo alla rimozione completa ed in danno dell'Impresa delle lavorazioni fino a quel punto eseguite.

CAPITOLO 5 TRATTAMENTI DI RIPRISTINO DELL'ADERENZA

5.1 CONGLOMERATO PER STRATI DI USURA ANTISKID

5.1.1 Descrizione

Il conglomerato bituminoso antiskid, messo in opera in strati sottili da mm 30, viene utilizzato in tutte quelle situazioni in cui è necessario ottenere elevate caratteristiche di aderenza e macrorugosità accoppiate a grandi resistenze alle deformazioni plastiche.

5.1.2 Caratteristiche dei materiali da impiegare

a) **Materiali inerti**

L'aggregato grosso (frazione di dimensioni maggiori di 2 mm) dovrà essere costituito da elementi granulari sani, duri di forma poliedrica, a spigoli vivi, provenienti esclusivamente da processo di frantumazione, di rocce magmatico-effusive di tipo basaltico e porfirico così come previsto dalla norma UNI EN 13043 del gennaio 2004 per gli inerti da utilizzare negli strati superficiali di usura delle pavimentazioni stradali.

Il campionamento degli aggregati destinati alle prove di controllo dei requisiti di accettazione dovrà essere eseguito secondo la Norma UNI EN 932-1 del gennaio 1998.

Il rispetto dei requisiti di accettazione da parte degli inerti impiegati nel conglomerato bituminoso dovrà rispondere a quanto previsto dalla marcatura ed etichettatura CE dei prodotti secondo quanto previsto all'appendice ZA della norma UNI EN 13043:2004 e verificato sulla base delle prescrizioni contenute nella suddetta norma.

In ogni caso i materiali dovranno essere conformi ai sistemi di attestazione previsti dalla normativa vigente

Per ogni singola pezzatura costituente l'aggregato grosso dovranno essere soddisfatti i seguenti requisiti:

- 1) Per ogni singola pezzatura costituente l'aggregato grosso dovranno essere soddisfatti i seguenti requisiti:
- 2) il 100% del materiale deve provenire da frantumazione;
- 3) la perdita in peso alla prova Los Angeles, secondo la Norma UNI EN 1097-2:2010, deve essere inferiore al 15% (LA₁₅);
- 4) il coefficiente di levigabilità accelerata (CLA) delle graniglie, secondo la Norma UNI EN 1097-8:2009, deve essere non inferiore a 0,45 (PSV₅₀);
- 5) se richiesto dalla Direzione Lavori, la perdita di resistenza dopo gelo e disgelo, determinata secondo la Norma UNI EN 1367-1:2007, non dovrà essere superiore a 1 (F₁);
- 6) il contenuto di rocce tenere, alterate o scistose, e di rocce degradabili, ai sensi della Norma UNI EN 933-2:1997, deve essere nullo;
- 7) l'indice di appiattimento, secondo la Norma UNI EN 933-3:2012, deve essere inferiore a 12% (FI₁₅);

L'aggregato fino (frazione di dimensioni minori di 2 mm) deve essere costituito esclusivamente da sabbie di frantumazione, risultanti dalla produzione dell'aggregato grosso avente le caratteristiche sopra riportate. Dovrà inoltre rispondere al seguente requisito:

- 1) L'*equivalente in sabbia*, determinato secondo la Norma UNI EN 933-8:2012, dovrà essere non inferiore al 70%.

L'additivo minerale (filler) dovrà essere costituito da materiale polverulento, proveniente dalla macinazione di rocce calcaree o dolomitiche a struttura amorfa (non cristallina), oppure da un materiale sintetico di natura prevalentemente calcarea (cemento Portland normale o cemento crudo).

Nella miscela di inerti che costituisce il conglomerato bituminoso dovrà essere utilizzato esclusivamente materiale derivante da frantumazione.

b) **legante**

Il legante dovrà essere costituito da bitume semisolido per usi stradali, dovrà provenire dalla modifica di una base bituminosa attraverso l'aggiunta di un agente o compound modificante elastomerico di tipo stirene butadiene stirene (SBS). Il legante così ottenuto al termine del processo di maturazione dovrà presentarsi stabile nel tempo e con un ampio intervallo di elastoplasticità.

PROVA	U.M.	VALORE	NORMA
Penetrazione a 25 °C	dmm	55 ÷ 65	UNI EN 1426:2007
Punto di rammollimento P.A.	°C	80 ÷ 90	UNI EN 1427:2007
Punto di rottura Fraass	°C	≤ -19	UNI EN 12593:2007
Viscosità dinamica a 100 °C	Pa·s	75 ÷ 120	UNI EN 13302 :2010
Viscosità dinamica a 160 °C	Pa·s	0.6 ÷ 0.8	
Ritorno elastico a 25°C	%	> 95	UNI EN 13398:2007
□ scostamenti dopo prova "tuben test" (UNI EN 13399)			
penetrazione a 25° C	Δ (dmm)	< 5.0	UNI EN 1426:2007
punto di rammollimento	ΔT (°C)	< 3.0	UNI EN 1427:2007

c) **miscela**

In accordo a quanto fissato dalla Direttiva 89/106/CEE ed applicabile ai conglomerati bituminosi, si dovrà garantire la produzione di tutte le miscele nel rispetto delle caratteristiche essenziali ed in conformità a quanto espresso nell'appendice ZA delle Norme UNI EN 13108-2:2006. In ogni caso il conglomerato dovrà essere conforme anche ai sistemi di attestazione previsti dalla normativa vigente.

La miscela di aggregati lapidei dovrà presentare una composizione granulometrica compresa all'interno del seguente fuso di riferimento:

Setacci ISO 565 (serie base + gruppo 2)	Passante in peso
Setaccio 12.5	100
Setaccio 10	75 - 100
Setaccio 8	50 - 70
Setaccio 6,3	18 - 45
Setaccio 4	16 - 25
Setaccio 2	14 - 22
Setaccio 1	12 - 20
Setaccio 0, 5	11 - 18
Setaccio 0, 25	10 - 17
Setaccio 0, 063	8 - 14

Il legante descritto in precedenza, sarà aggiunto nella dose tra il 5.2% e il 5.8 % e dovrà comunque essere definito, all'interno delle tolleranze, attraverso lo studio di formulazione della miscela.

A seconda del metodo di studio utilizzato il conglomerato dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

METODO MARSHALL (Norma UNI EN 12697-30:2007)	
Condizioni di prova	Valore richiesto
Costipamento	75 colpi per faccia
Parametri	
Stabilità (UNI EN 12697-34)	≥ 13 kN
Rigidezza	2,5 ÷ 4 kN
Vuoti residui (UNI EN 12697-8)	8 ÷ 12
Resistenza a trazione indiretta a 25° C (UNI EN 12697-23)	> 0,8 · 10 ⁻³ GPa
Deformazione alla prova di impronta (UNI EN 12697-20)	< 50 mm

METODO VOLUMETRICO (Norma UNI EN 12697-31:2007)	
Condizioni di prova	Valore richiesto
Angolo di rotazione	1.25° ± 0.02
Velocità di rotazione	30 rotazioni/min
Pressione verticale	600 Kpa
Diametro del provino	150 mm
Parametri	
Vuoti a 10 rotazioni	10 ÷ 14
Vuoti a 120 rotazioni	8 ÷ 12
Vuoti a 210 rotazioni	> 3

La densità a 120 rotazioni costituisce la densità giratoria di progetto D_G e dovrà essere utilizzata per il calcolo dell'addensamento della pavimentazione in opera.

Sulla miscela definita con la pressa giratoria con provini confezionati alla densità giratoria di progetto D_G dovrà essere determinato il modulo di rigidezza a 20° C (UNI EN 12697-26:2012, All. C) il quale andrà a costituire il riferimento per i controlli nel corso della messa in opera.

5.1.3 studio della miscela in laboratorio

Al fine di determinare la migliore formulazione dell'impasto per la realizzazione dello strato, l'Appaltatore dovrà presentare alla Direzione Lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni, uno studio di fattibilità e di ottimizzazione, mediante il quale definire i componenti della miscela, le relative caratteristiche fisico-meccaniche e i dosaggi necessari per la produzione di un conglomerato bituminoso in grado di meglio soddisfare ai requisiti di accettazione previsti dal presente Capitolato.

Gli esiti e le conclusioni dell'indagine preliminare (mix-design) dovranno essere opportunamente documentati con tutti i certificati relativi alle prove di laboratorio effettuate, sia sui materiali componenti che sul conglomerato da utilizzare in fase di stesa.

Lo studio di fattibilità e ottimizzazione sui singoli componenti del conglomerato bituminoso, nonché sul prodotto finale, dovrà concernere la scelta del legante e degli aggregati lapidei nelle varie pezzature. Dovranno essere indicati: tipo, qualità e dosaggio del bitume; natura e provenienza dell'inerte mediante la certificazione della marcatura CE; per

ciascuna frazione e per la miscela di aggregati che si intende impiegare, la curva granulometrica (UNI EN 933-1:2012), la massa volumica apparente dei granuli (UNI EN 1097-6:2008) e tutte le caratteristiche fisiche e meccaniche indicate dal Capitolato fra i requisiti di accettazione (art. 5.1.2.a/b/c).

Il dosaggio di legante con cui confezionare il conglomerato sarà preliminarmente determinato in laboratorio, per via sperimentale, mediante metodo Marshall o in alternativa metodo volumetrico, da realizzare secondo le modalità descritte al precedente art. 4.1.2.c.

La Direzione Lavori si riserva, in ogni caso, di approvare i risultati prodotti dall'Impresa o di fare studiare diverse formulazioni dell'impasto.

L'approvazione non ridurrà comunque la responsabilità dell'Appaltatore relativa al raggiungimento dei requisiti finali dei conglomerati in opera.

Una volta accettato dalla Direzione Lavori lo studio della miscela proposta, l'Impresa dovrà attenersi rigorosamente, saranno tollerati scostamenti, rispetto allo studio di formulazione, pari a:

- $\pm 5\%$ sull'aggregato grosso;
- $\pm 2\%$ sull'aggregato fine;
- $\pm 1.5\%$ sulla quantità di filler;
- $\pm 0.25\%$ sulla quantità di bitume.

5.1.4 formazione e confezione della miscela

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. La Direzione Lavori potrà approvare l'utilizzo d'impianti in continuo purché il dosaggio dei componenti della miscela possa essere costantemente controllato.

L'impresa appaltatrice dovrà avere un approvvigionamento costante e monitorato.

La temperatura di stoccaggio del legante bituminoso deve essere garantita (compresa tra i 150°C e i 170°C), come lo deve essere quella degli inerti lapidei al momento della miscelazione ($175^{\circ}\text{C} \square 185^{\circ}\text{C}$). L'umidità residua degli inerti lapidei dopo l'uscita dall'essiccatore non deve superare lo 0.25% in peso.

Si dovrà fare uso di almeno due classi granulometriche ed il tempo di miscelazione deve essere stabilito in base alle caratteristiche dell'impianto e del prodotto finale che si vuole raggiungere.

5.1.5 posa in opera della miscela

Il conglomerato bituminoso confezionato sarà steso sul piano sottostante solo dopo che la Direzione Lavori avrà accertato con esito favorevole la sua rispondenza nei valori di quota, sagoma e compattezza specificati nel progetto. La posa in opera dei conglomerati bituminosi sarà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici dei tipi approvati dalla Direzione Lavori che devono risultare perfettamente funzionanti e dotate di automatismi di autolivellamento.

Nella posa in opera si deve dare la massima attenzione alla formazione dei giunti longitudinali, meglio se si opera con due macchine vibrofinitrici affiancate in modo da garantire l'adesione delle due strisciate ove possibile. Quando questo non è possibile è indispensabile utilizzare un'emulsione modificata spruzzandola direttamente sul bordo della strisciata per garantire e ottimizzare l'adesione della stesa successiva. Le due strisciate devono essere sfalsate di almeno 20 cm e il giunto longitudinale non deve mai cadere in corrispondenza delle fasce della corsia interessate normalmente dalle ruote dei veicoli.

Quando il bordo della strisciata è danneggiato o arrotondato, si deve ricorrere al taglio verticale con idonea attrezzatura. La stessa operazione dovrà essere eseguita per i giunti orizzontali. Il trasporto del conglomerato, dall'impianto fisso di confezionamento al cantiere di stesa, deve avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti, veloci e comunque sempre dotati di telone di copertura per evitare il raffreddamento e la formazione di una crosta superficiale del conglomerato bituminoso.

La temperatura del conglomerato all'uscita della macchina vibrofinitrice non deve essere inferiore a 160°C . I lavori di stesa del manto stradale dovranno essere sospesi quando le condizioni meteorologiche ne compromettano la buona esecuzione e di norma non al di fuori dell'intervallo di temperature $5^{\circ}\text{C} \pm 40^{\circ}\text{C}$. Gli strati che risultano compromessi devono essere rimossi e ricostruiti a spese dell'impresa. Il costipamento deve avvenire immediatamente dopo la stesa del conglomerato dalla macchina vibrofinitrice e deve essere portata a termine senza nessuna interruzione. Si avrà cura che il costipamento sia condotto con la tecnologia più adeguata. Il costipamento deve essere realizzata solo con rulli gommati di idoneo peso e caratteristiche tecnologiche. Potrà essere utilizzato un tandem di compattatori a rulli metallici del peso massimo di 14 ton. Per evitare che il conglomerato bituminoso possa aderire al rullo, gommato o metallico, dovrà essere utilizzato un prodotto antistatico, una soluzione speciale che deve essere spruzzata direttamente in fase d'opera sui rulli compattatori. La superficie degli strati al termine del costipamento deve presentarsi priva di qualsiasi irregolarità ed ondulazione. Per garantire la regolarità superficiale un'asta lunga 4m deve aderire, in ognuna delle sei direzioni azimutali contigue, alla superficie con uno scostamento altimetrico massimo tra i suoi due estremi di 5 mm.

Il volume del conglomerato dopo la costipazione non dovrà avere un volume inferiore del 97% del volume del provino Marshall, se nel metodo di valutazione saranno compresi anche i vuoti superficiali l'addensamento minimo sarà limitato al 90% .

5.1.6 Controllo dei requisiti di accettazione dei materiali

Valgono le stesse prescrizioni indicate per i conglomerati di tipo tradizionale.

5.1.7 Controllo dei requisiti ed accettazione delle lavorazioni

Al termine della compattazione per lo strato di usura antiskid, dovranno essere verificate le seguenti prescrizioni

- 1) dovrà avere una densità, uniforme in tutto lo spessore, non inferiore al 97% di quella Marshall o della densità gitoria di progetto DG dello stesso giorno, rilevata all'impianto o alla stesa

- 2) Il contenuto di vuoti residui, in opera (secondo Norma UNI EN 12697-8:2003), deve essere compreso fra 5 e 12%.
- 3) Il conglomerato bituminoso deve avere una tessitura superficiale tale da non risultare scivoloso. Le caratteristiche di antisdrucciolevolezza valutate mediante Coefficiente di Aderenza Trasversale (CAT) rilevato mediante apparecchio S.C.R.I.M. (Sideway force Coefficient Routine Investigation Machine), secondo Norma CNR B.U. n° 147 del 14 Dicembre 1992, sarà considerato: buono, per valori non inferiori a 0,65; soddisfacente, per valori compresi tra 0,40 e 0,65, in questo caso il conglomerato verrà penalizzato; insufficiente e quindi non accettabile per valori inferiori a 0,40.
- 4) La macro-tessitura superficiale dello strato, rilevata mediante strumento laser rispondente alla Norma ISO 13473 ed espresso come valore MPD (Mean Profile Depth), ovvero espressa in termini di altezza di sabbia (HS), ai sensi della Norma UNI EN 13036-1:2010, dovrà essere maggiore di 1,0 mm.
- 5) Il conglomerato bituminoso, in opera, deve avere una superficie regolare. L'International Roughness Index (IRI) misurato su tratti più lunghi della stessa strada dovrà risultare: IRI medio/km \leq 1,2 mm/m (deviazione standard non superiore a 0,4 mm/m).

Le misure di CAT, MPD (HS) e IRI dovranno essere, di norma, effettuate non prima del 60° giorno di apertura della strada al traffico né dopo il 180° giorno. I rilievi potranno essere effettuati (fatta eccezione per l'IRI) su qualsiasi tratto stradale; nei tratti esclusi dalle misure, la Direzione Lavori potrà disporre la realizzazione di quei rilievi che riterrà necessari in relazione allo stato della pavimentazione e alle carenze funzionali individuabili visivamente.

La valutazione del peso di volume sarà eseguita secondo la Norma UNI EN 12697-6:2008, su carote di 10 cm di diametro, prelevate in numero significativo per la caratterizzazione dei materiali messi in opera. Il valore risulterà dalla media di due prove. Particolare cura dovrà essere nel riempimento delle cavità rimaste negli strati superficiali dopo il prelievo delle carote.

In nessun caso sarà tollerato l'utilizzo di materiale proveniente dalla fresatura e/o demolizione di conglomerati bituminosi. L'uso di detti materiali anche in minima percentuale darà luogo alla rimozione completa ed in danno dell'Impresa delle lavorazioni fino a quel punto eseguite.

5.2 MICROTAPPETO A FREDDO TIPO "SLURRY SEAL"

5.2.1 Descrizione

Il microtappeto a freddo tipo "slurry seal" consiste nell'applicazione di un sottile strato di malta bituminosa, costituita da un impasto di emulsione bituminosa modificata, inerti fini ben graduati, acqua, filler ed additivi che mescolati in proporzioni adeguate permettono di ottenere una miscela fluida, omogenea e cremosa che, una volta eliminata l'acqua, si trasforma in un microagglomerato a freddo, usato per trattamenti superficiali di irruvidimento ed impermeabilizzazione di pavimentazioni stradali.

La malta è formata da una miscela di inerti particolarmente selezionati, impastati a freddo con una speciale emulsione bituminosa elastomerizzata.

La miscelazione e la stesa sono effettuate con apposita macchina semovente ed il trattamento, che normalmente non richiede rullatura, consente l'apertura della strada al traffico quasi immediatamente.

5.2.2 Materiali inerti

Gli inerti, costituiti da una miscela di graniglia, sabbia e filler, con granulometria ben graduata e continua, devono soddisfare particolari requisiti di pulizia, poliedricità, resistenza meccanica all'abrasione ed al levigamento.

Per l'aggregato grosso dovranno essere impiegati esclusivamente inerti frantumati di cava, con perdita di peso minore del 15% alla prova Los Angeles (LA₁₅), eseguita sulle singole pezzature (UNI EN 1097-2:2010); inoltre il coefficiente di levigabilità accelerata (C.L.A.) determinato su tali pezzature, dovrà essere uguale o maggiore di 0,48 (PSV₅₀).

L'aggregato fine sarà composto da sabbia di frantumazione, ed eventualmente, da sabbia naturale di fiume: la percentuale delle sabbie provenienti da frantumazione non dovrà comunque essere inferiore all'85% della miscela delle sabbie.

In ogni caso la qualità delle rocce e degli elementi litoidi di fiume da cui è ricavata per frantumazione la sabbia dovrà avere, alla prova Los Angeles (UNI EN 1097-2:2010) eseguita sul granulato della stessa provenienza, la perdita in peso non superiore al 25% (LA₂₅).

L'equivalente in sabbia determinato dalla sabbia o sulla miscela delle due, dovrà essere maggiore o uguale al 80% UNI EN 933-8:2012.

5.2.3 Additivi

Gli additivi (filler) provenienti dalle sabbie descritte precedentemente, potranno essere integrati con filler di apporto (normalmente cemento Portland 325).

5.2.4 Acqua

L'acqua utilizzata nella preparazione dei microtappeti dovrà essere dolce, limpida, non inquinata da materie organiche o comunque dannose e rispondere ai requisiti stabiliti dalle disposizioni emanate dall'articolo 21 della legge 1086 del 05.11.1971 (D.M.01.04.1983 e successivi aggiornamenti).

Essa andrà dosata diligentemente (né troppa né troppo poca) allo scopo di svolgere il ruolo di lubrificante fra gli inerti e facilitare la corretta distribuzione dell'emulsione.

5.2.5 Legante

Il legante bituminoso sarà costituito da emulsione bituminosa diretta a base di bitume puro 70/100 con un contenuto di legante residuo del 60%, elastica a rottura controllata, modificata con lattice di gomma sintetica in fase continua.

Caratteristiche del legante residuo dalla distillazione:

PROVA	U.M.	VALORE	NORMA
Penetrazione a 25° C	dmm	50 - 70	UNI EN 1426:2007
Punto di rammollimento	°C	55 - 65	UNI EN 1427:2007
Punto di rottura Fraas, min	°C	- 15	UNI EN 12593:2007
Viscosità dinamica a 80° C	Pa·s	80 - 130	UNI EN 13302 :2010

5.2.6 Miscela

Le miscele dovranno avere una composizione granulometrica nei fusi di seguito elencati in funzione dello spessore finale richiesto:

Setacci ISO 565 (serie base + gruppo 2)	Passante in peso		
	9 mm	6 mm	4 mm
Setaccio 12.5	100	-	-
Setaccio 10	-	100	-
Setaccio 8	79 - 100	91 - 100	100
Setaccio 6.3	70 - 90	80 - 93	90 - 100
Setaccio 4	54 - 77	61 - 82	80 - 97
Setaccio 2	36 - 55	40 - 64	59 - 84
Setaccio 1	26 - 43	29 - 49	42 - 64
Setaccio 0, 5	17 - 32	18 - 33	27 - 44
Setaccio 0, 25	11 - 23	11 - 22	16 - 28
Setaccio 0, 063	4 - 8	5 - 15	5 - 15

Miscele con spessori finali diversi dovranno essere concordate di volta in volta con la D.L.

5.2.7 composizione della miscela e dosaggi

La malta bituminosa dovrà avere i seguenti requisiti:

Spessore minimo	U.M.	9 mm	6 mm	4 mm
Dosaggio della malta	Kg/mq	13-20	8-15	7 - 12
Pezzature max inerti	mm	10-13	7-8	5 - 6
Contenuto di legante residuo, % in peso su inerti	%	5,5-7,5	6,5-8,5	7,50 - 10,50

5.2.8 Confezionamento e posa in opera

Il confezionamento dell'impasto sarà realizzato con un'apposita macchina impastatrice semovente, autocaricante anteriormente, a quattro ruote motrici, idonea alla confezione e stesa a freddo di conglomerati bituminosi fluidi nonché alla spruzzatura e caldo di bitumi ed emulsioni elastomerizzati e resine solubili in veicolo acquoso.

Tale impianto dovrà essere completo di apparati di regolazione, controllo e dosaggio automatici, e costituito essenzialmente delle seguenti parti:

- tramoggia della miscela degli aggregati;
- nastro trasportatore;
- serbatoio dell'emulsione bituminosa, dell'acqua e degli additivi;

- spruzzatore dell'acqua e dell'emulsione;
- mescolatore;
- banco stenditore a carter;
- spruzzatore dell'acqua di preumidificazione.

Le operazioni di produzione stesa devono avvenire in modo continuo connesso alla velocità di avanzamento della motrice nelle seguenti fasi:

- Ingresso della miscela di aggregati e del filler nel mescolatore
- Aggiunta dell'acqua di impasto e dell'additivo
- Miscelazione ed omogeneizzazione della miscela di inerti e del suo grado di umidità
- Aggiunta dell'emulsione bituminosa
- Miscelazione ed omogeneizzazione dell'impasto
- Colamento dell'impasto nello stenditore a carter
- Distribuzione dell'impasto nello stenditore, stesa a livellamento.

Immediatamente prima di iniziare la stesa del microtappeto a freddo, si dovrà procedere alla eventuale pulizia della superficie stradale oggetto di trattamento, manualmente o con mezzi meccanici; tutti gli eventuali detriti e/o polveri dovranno essere allontanati.

La pavimentazione costituente la base di stesa dello slurry-seal non deve presentare degradazioni tali da compromettere l'efficacia dell'intervento quali ormaie, avvallamenti, fessurazioni estese. Diversamente, prima della messa in opera dello slurry-seal, si dovrà operare ad una rasatura della superficie mediante una malta bituminosa molto fine di pezzatura massima 4 mm. Nel caso di fenomeni di degrado peggiori (sfondamenti, buche profonde, ecc.) si dovrà intervenire con metodi di manutenzione tradizionali quali risagome, ricariche e rappezzi con conglomerato a caldo.

In alcuni casi, a giudizio della D.L. si dovrà procedere ad un'omogenea umidificazione della superficie stradale, prima dell'inizio delle operazioni di stesa.

La produzione e la messa in opera della malta bituminosa per lo slurry-seal non devono essere effettuate:

- a) quando sussiste il pericolo che il prodotto finale possa gelare prima della completa maturazione;
- b) quando la temperatura dell'aria è inferiore a 10° C con tendenza a diminuire (ma può essere eseguito quando la temperatura dell'aria è superiore a 7° C con ad aumentare);
- c) durante e dopo una precipitazione atmosferica fintantoché ci siano ristagni di acqua piovana sulla superficie di posa.

La stesa dovrà essere uniforme e la velocità di avanzamento regolata secondo le quantità e gli spessori indicati dalla D.L. ed eseguita parallelamente all'asse stradale.

Non dovranno avvenire fenomeni di segregazione della miscela durante le fasi di stesa e prima dell'inizio della rottura dell'emulsione.

In particolari situazioni di zone sottoposte a forti sollecitazioni trasversali (curve, rotatorie, innesti) sarà opportuno che lo strato di malta bituminosa venga leggermente rullato prima dell'indurimento a mezzo di rulli metallici o gommati.

L'apertura al traffico dovrà essere sempre possibile al massimo entro le due ore successive alla messa in opera. Nel caso di transito anticipato e previa autorizzazione della D.L.L., si potrà accelerare l'indurimento della malta mediante dispersione di cemento in polvere.

Al termine delle operazioni di stesa, il microtappeto dovrà presentare un aspetto regolare ed uniforme esente da imperfezioni (sbavature o strappi), una notevole scabrosità superficiale, una regolare distribuzione degli elementi litoidi componenti la miscela ed assolutamente nessun fenomeno di rifluimento del legante.

5.2.9 Caratteristiche superficiali della pavimentazione

La pavimentazione al termine dei lavori dovrà presentare un coefficiente di aderenza trasversale (C.A.T.), misurato con l'apparecchiatura SCRIM, dovrà risultare nell'arco di un anno dalla stesa non inferiore a 70, al di sotto di questo valore lo strato sarà penalizzato fino al valore di 50, oltre a questo valore si dovrà provvedere alla ricostruzione integrale; inoltre la tessitura geometrica intesa come macrorugosità superficiale, misurata con il sistema dell'altezza in sabbia "HS" (UNI EN 13036-1:2010) o mediante apparecchiatura laser, secondo quanto previsto dalla Norma ISO 13473-1:1997, dovrà essere superiore a 0,8 mm nello stesso arco di tempo.

CAPITOLO 6 RICICLAGGI IN SITO

6.1 RICICLAGGIO A FREDDO CON BITUME SCHIUMATO

6.1.1 Descrizione

La rigenerazione in sito a freddo viene realizzata mediante idonee attrezzature mobili (con miscelatore a volume variabile) che consentano di miscelare in sito la fondazione esistente integrata con materiale bituminoso fresato, con aggiunta di bitume schiumato, cemento, acqua e se necessario inerti freschi, omogeneizzare stendere e compattare la miscela per uno spessore di 20 cm da intendersi come spessore finale della fondazione.

La "schiuma di bitume" è prodotta dalla reazione meccanica che avviene nel bitume mediante la polverizzazione delle sue molecole con acqua in pressione. Il processo si realizza all'interno di una particolare camera di espansione mediante il contatto del bitume a circa 180°C con acqua ad alta pressione.

6.1.2 Materiali costituenti e loro qualificazione

a) **Materiali inerti**

Gli inerti che costituiranno la miscela riciclata derivano dalla fresatura della preesistente pavimentazione in conglomerato bituminoso e, nel caso, del misto granulare della fondazione sottostante. La curva granulometrica risultante deve rientrare nei limiti specificati nella sottostante tabella:

Setacci ISO 565 (serie base + gruppo 2)	Passante in peso
Setaccio 63	100
Setaccio 40	88 - 100
Setaccio 25	75 - 100
Setaccio 16	66 - 88
Setaccio 8	53 - 74
Setaccio 4	42 - 63
Setaccio 2	32 - 52
Setaccio 0, 5	18 - 35
Setaccio 0, 25	12 - 28
Setaccio 0, 063	4 - 18

Nel caso in cui la curva risultante non rientri nel fuso prescritto è necessaria l'aggiunta di inerti di integrazione in dimensioni e quantità tali da riportare la miscela all'interno dei limiti.

Essi possono appartenere tanto all'insieme degli aggregati grossi (trattenuti al setaccio 2 mm) quanto a quello degli aggregati fini (passanti al setaccio 2 mm) e devono possedere i requisiti indicati nella sottostante tabella:

AGGREGATO GROSSO			
<i>Parametro</i>	<i>Normativa di riferimento</i>	<i>unità di misura</i>	<i>classificazione UNI EN 13043</i>
coefficiente di frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	≤ 25%	LA ₂₅
percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	≥ 60%	C _{60/0}
dimensione massima	UNI EN 933-1	30 mm	-
passante allo 0.063 mm	UNI EN 933-1	< 1%	f ₁
resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	< 1%	F ₁
AGGREGATO FINO			
equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	≥ 50	-
indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	N.P.	-
limite liquido	UNI CEN ISO/TS 17892-12	≤ 25	-

Il possesso dei precedenti requisiti sarà verificato dalla Direzione Lavori in base ai valori riportati sugli attestati di conformità CE degli aggregati, relativi all'anno in corso. Gli attestati dovranno essere consegnati alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Il sistema di attestazione della conformità è quello specificato all'art. 7, comma 1, lettera B, procedura 3, del DPR n. 246/93 (Sistema 4: autodichiarazione del produttore).

Resta salva la facoltà del Direttore Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore.

Per i requisiti non dichiarati nell'attestato di conformità CE la Direzione Lavori richiederà la qualifica del materiale da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 280/2001. Per i requisiti contenuti nella UNI EN 13043 la

qualifica prevedrà sia le prove iniziali di tipo (ITT) che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato dalla stessa UNI EN 13043.

b) Bitume

Il legante deve essere costituito da bitume semisolido per applicazioni stradali ottenuto dai processi di raffinazione del petrolio greggio appartenente alla classe di penetrazione 70/100, definita dalla UNI EN 12591. Le specifiche per il bitume ed i relativi metodi di prova sono indicati nella seguente tabella:

DETERMINAZIONE	U.M.	valori	Norma di riferimento
Penetrazione a 25°C	dmm	70-100	UNI EN 1426:2007
Punto di rammollimento P - A	° C	43-51	UNI EN 1427:2007
Punto di rottura Fraass	°C	≤- 10	UNI EN 12593:2007
Viscosità dinamica 160°C	Pa·s	0.1 - 0.2	UNI EN 13302 :2010
Solubilità	%	≥ 99	UNI EN 12592:2007

La qualità del bitume schiumato, è definita soprattutto dai seguenti parametri:

Rapporto di espansione rappresentato dal rapporto tra il volume massimo raggiunto dal bitume schiumato ed il volume del bitume prima della schiumatura (≥ 15);

Tempo di dimezzamento dato dal periodo di tempo in cui il bitume schiumato dimezza il proprio volume(≥ 15);

Questi due parametri saranno sempre verificabili durante la lavorazione a mezzo dell'apposito ugello di test di cui deve essere dotata la riciclatrice.

c) Cemento

E' da considerarsi un additivo catalizzatore di processo, importante per regolare i tempi di maturazione della miscela ed eliminare –tramite il suo processo di idratazione- l'acqua di compattazione; costituisce inoltre un integratore della frazione fine.

I cementi 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 197-1:2011.

Saranno impiegati unicamente cementi della classe di resistenza 32.5N, dei seguenti tipi:

- CEM I – cemento Portland
- CEM III – cemento d'altoforno;
- CEM IV – cemento pozzolanico.

d) Acqua

Deve essere impiegata acqua pura ed esente da sostanze organiche.

6.1.3 Studio della miscela

La miscela finale sarà costituita dal materiale preesistente fresato, eventuali aggregati d'integrazione, bitume schiumato, cemento ed acqua.

La curva di progetto e le giuste quantità degli altri componenti verranno determinati in base ad uno studio di ottimizzazione, a carico dell'Impresa Appaltatrice, eseguito da un laboratorio specificatamente attrezzato.

In particolare il laboratorio deve provvedere a:

Caratterizzare il fresato mediante la determinazione della curva granulometrica (UNI EN 933-1:2012) e dell'umidità (UNI CEN ISO/TS 17892-1:2005);

Stabilire la curva granulometrica ottimale in base alle prescrizioni di cui al punto 6.1.2a) prevedendo eventualmente l'aggiunta alla miscela di aggregati d'integrazione;

Determinare le percentuali ottimali di acqua aggiunta, bitume e cemento.

Per l'ottimizzazione della miscela (mix design) devono essere confezionati provini con differenti quantità (percentuali riferite al peso degli inerti) di bitume, cemento ed acqua, come indicato nella tabella seguente costipati con pressa giratoria (UNI EN 12697-31:2007) nelle seguenti condizioni di prova:

Angolo di rotazione	1.25° ± 0.02
Velocità di rotazione	30 rotazioni/min
Pressione verticale	600 Kpa
Diametro del provino	150 mm
Peso del campione (<i>comprensivo legante, acqua e cemento</i>)	4500 g
Numero di giri	180

Cemento	1.5			2.0			2.5		
Bitume schiumato %	2	2	2	3	3	3	4	4	4
umidità %	4	5	6	4	5	6	4	5	6
numero di provini	6	6	6	6	6	6	6	6	6

Ferme restando le percentuali di cemento le altre percentuali possono variare in funzione della natura e della granulometria da riciclare.

I provini così confezionati devono subire una maturazione a 40 °C per 24h, 48h e 72h e successivamente testati mediante prova di resistenza a trazione indiretta, dopo condizionamento per 4 ore in forno a 25 °C.

I provini sottoposti a maturazione devono fornire:

dopo 24 ore a 25° C : Resistenza a trazione diametrale R_t (N/mm²): > 0,20

dopo 72 ore a 40° C: Resistenza a trazione diametrale R_t (N/mm²): > 0,40

I provini sottoposti a maturazione di 72 ore e dopo immersione in acqua per 1 ora devono fornire:

Perdita di resistenza a trazione indiretta : < 30%

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

Una volta accettata dalla Direzione Lavori la composizione granulometrica di progetto, non saranno ammesse variazioni delle singole percentuali dei trattenuti di +/-10% per gli inerti riciclati, di +/-5% per gli aggregati di integrazione. Per la percentuale di bitume (determinata per differenza tra la quantità di legante complessivo e la quantità di bitume contenuta nel fresato) non deve essere tollerato uno scostamento da quella di progetto di +/-0,30%.

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

6.1.4 Confezionamento e posa in opera delle miscele

Il riciclaggio a freddo con bitume schiumato dovrà essere realizzato mediante rigenerazione in sito della pavimentazione esistente in granulari e conglomerato bituminoso (interventi di manutenzione) ovvero mediante stabilizzazione in sito di materiale prefresato steso in idoneo spessore costante (interventi di nuova costruzione o di ricostruzione con consolidamento profondo), tramite unità semovente articolata computerizzata di riciclaggio che con avanzamento uniforme esegua contemporaneamente:

la fresatura della pavimentazione esistente ovvero la miscelazione del materiale prefresato steso a terra fino ad una larghezza max di 4.20 m e per lo spessore previsto in progetto;

l'omogeneizzazione del materiale con aggiunta dei nuovi leganti (bitume schiumato e cemento) e dell'acqua necessaria al costipamento;

la stesa in unico strato e l'uniforme precompattazione della miscela riciclata, da effettuarsi con banco vibrante secondo sagoma e quote prestabilite.

L'aggiunta di idoneo bitume sotto forma di schiuma deve essere regolata e controllata da computer che ne assicuri il corretto dosaggio (di norma il 2.5-3.5%) in funzione della velocità di avanzamento della riciclatrice e delle sue eventuali variazioni.

Contemporaneamente al bitume deve essere aggiunto il cemento Portland 32.5 R (di norma il 1.5-2.5%), sotto forma di slurry (boiaccia) prodotto da apposito mescolatore continuo computerizzato o in alternativa in forma di polvere posata direttamente sulla pavimentazione con macchina "spandicalce" che ne permetta il corretto dosaggio.

La compattazione iniziale –a tergo del banco di stesa- sarà effettuata con rullo liscio monotamburo vibrante a diverse ampiezze con energia minima di 400 kN dotato di sistema di controllo computerizzato della compattazione; seguirà poi un rullo liscio tandem da 14 ton vibrante a diverse ampiezze ovvero un rullo gommato o combinato (gomma/ferro) per la finitura superficiale dello strato riciclato.

Le lavorazioni di riciclaggio a freddo dovranno essere sospese con temperatura dell'inerte inferiore ai 10°C e comunque quando le condizioni meteorologiche generali possano pregiudicare il raggiungimento delle prestazioni minime richieste su miscela e strato finito.

La lavorazione consente già al termine delle operazioni di compattazione una immediata apertura dello strato al traffico di cantiere e –in caso di emergenza e per breve periodo anche al traffico normale; autorizzazione al transito ed eventuali limitazioni dovranno comunque essere disposte dalla Direzione Lavori.

6.1.5 Controlli in corso d'opera

Durante la realizzazione del riciclaggio è previsto il prelievo di campioni di miscela dalla finitrice per la determinazione delle seguenti caratteristiche:

- curva granulometrica;
- percentuale di cemento;
- percentuale di bitume;
- la percentuale d'acqua (acqua di costipamento);
- resistenza a trazione indiretta dopo 1 giorno di maturazione a 25° C su provini confezionati tramite pressa giratoria;
- resistenza a trazione indiretta dopo 3 giorni di maturazione a 40° C su provini confezionati tramite pressa giratoria;
- la densità secca su provini confezionati tramite pressa giratoria;
- modulo di deformazione mediante prova di carico a doppio ciclo con piastra circolare.

Tali controlli hanno cadenza giornaliera o comunque secondo indicazioni della D.L. e vengono eseguiti mediante l'impiego di un laboratorio mobile che garantisce l'immediatezza dei risultati.

Con riferimento alla percentuale del bitume aggiunto saranno ammesse variazioni del $\pm 0.5\%$ rispetto al dosaggio di progetto (derivato dallo studio su campo prove). Sulla percentuale di acqua saranno tollerate variazioni di $\pm 1\%$. Con riferimento alla granulometria degli aggregati della miscela riciclata, saranno ammesse variazioni rispetto alla curva di progetto fino ad un massimo del $\pm 10\%$ per l'aggregato grosso e fino ad un massimo del $\pm 7\%$ per l'aggregato fino, purché comunque rientranti nel fuso delle granulometrie ammissibili.

Il mancato rispetto delle tolleranze sopra citate comporterà l'applicazione delle penali per l'Impresa solo qualora le resistenze meccaniche misurate sui provini confezionati con dette miscele (trazione indiretta a 1 giorno e a 3 giorni) risultino inferiori ai limiti di accettazione.

6.1.6 Controlli sullo strato finito

Sullo strato di riciclato verranno eseguiti, ogni 250 m di stesa e a maturazione avvenuta, carotaggi meccanici per un controllo diretto delle condizioni di addensamento e degli spessori. Dovranno ottenersi valori di densità non inferiori al 97% dei valori ottenuti sui corrispondenti provini confezionati mediante compattazione giratoria.

Sarà discrezione della D.L. prevedere la stesa di uno strato di collegamento confezionato con bitume modificato di risagoma e di tappeto d'usura di adeguati spessori in funzione delle prestazioni finali previste.

6.2 RICICLAGGIO A CALDO DI CONGLOMERATI BITUMINOSI

6.2.1 Descrizione

Scopo della rigenerazione in sito a caldo dei conglomerati bituminosi è quella di ripristinare le caratteristiche funzionali degradate delle pavimentazioni stradali ed in particolare i valori di aderenza e/o permeabilità nel caso di conglomerati drenanti.

La rigenerazione in sito delle pavimentazioni viene realizzata mediante attrezzature costituite da macchine idonee alla rimozione a caldo, omogeneizzazione della miscela in opera con opportune integrazioni di inerti e bitume, stesa e compattazione della miscela.

a) **materiali inerti**

L'inerte di aggiunta dovrà provenire esclusivamente dalla frantumazione di rocce effusive o di caratteristiche equivalenti, idoneo all'uso nel confezionamento di conglomerati bituminosi di usura e comunque tale da rispettare le seguenti prescrizioni:

- coefficiente di levigatezza accelerata (C.L.A.) > 0,45 (Norme B.U. C.N.R. 140/92)
- indice di forma superiore a 0,25 (UNI EN 933-4:2008)
- indice di appiattimento inferiore al 10% su ogni pezzatura (UNI EN 933-3:2012)

L'inerte, nelle pezzature definite dallo studio preliminare, dovrà essere prebitumato a caldo in impianto con una percentuale in peso di bitume modificato variabile tra lo 0.6% e l'1,5%. Tale inerte potrà altresì essere opportunamente additivato, all'atto della prebitumatura, con filler in funzione degli obiettivi definiti dallo studio preliminare per la pavimentazione rigenerata.

b) **legante**

Il legante è costituito da quello presente nel materiale da riciclare integrato con aggiunta di bitume a modifica elastomerica complessa additivato con prodotti attivanti chimici funzionali.

Il bitume modificato dovrà essere omogeneo e stabile, anche allo stoccaggio a caldo in serbatoio ed alla temperatura di impiego. La stabilità alla massima temperatura di stoccaggio, mantenibile per periodi limitati e corrispondente a quella di impiego, dovrà essere verificata con la prova denominata "tuben test".

Il legante di aggiunta dovrà inoltre possedere le caratteristiche di cui alla tabella seguente:

DETERMINAZIONE	U.M.	valori	Norma di riferimento
Penetrazione a 25° C	dmm	60-90	UNI EN 1426:2007
Punto di rammollimento P - A	° C	65-95	UNI EN 1427:2007
Punto di rottura Fraass	°C	≤- 12	UNI EN 12593:2007
Viscosità dinamica 100° C	Pa·s	< 20	UNI EN 13302 :2010
Viscosità dinamica 160° C	Pa·s	< 0.50	UNI EN 13302 :2010
Solubilità	%	≥ 99	UNI EN 12592:2007
<i>stabilità allo stoccaggio (UNI EN 13399:2004)</i>			
Penetrazione a 25° C	Δ(dmm)	≤ 5.0	UNI EN 1426:2007
Punto di rammollimento P - A	Δ(° C)	≤ 3.0	UNI EN 1427:2007

Lo studio preliminare potrà meglio definire tali caratteristiche, in funzione degli specifici obiettivi di progetto e del tipo di pavimentazione da rigenerare.

6.2.2 Studio della miscela in laboratorio

Qualsiasi intervento di rigenerazione dovrà essere preceduto da uno studio preliminare, che partendo dall'analisi della pavimentazione esistente effettuato attraverso un congruo numero di saggi e/o campioni che tenga conto della variabilità delle condizioni locali, definisca gli obiettivi del progetto, in termini di caratteristiche prestazionali finali e composizione.

Lo studio preliminare sarà condotto in modo da determinare i quantitativi d'aggiunta degli inerti e del legante. Inoltre sulla base del metodo Marshall o del metodo volumetrico si dovrà dar conto delle caratteristiche fisico-meccaniche raggiungibili dalla pavimentazioni in rapporto ai miglioramenti prestazionali prefissati.

Il progetto di intervento, definito dallo studio preliminare, sarà sottoposto alla approvazione della D.L. del Committente ed una volta approvato sarà vincolante per l'Impresa esecutrice.

6.2.3 Caratteristiche della miscela

La miscela finale, salvo diversa prescrizione della D.L., dovrà essere contenuta nel fuso di riferimento dell'analogha pavimentazione prevista in capitolato.

I provini per la verifica di idoneità e di controllo della miscela confezionati mediante compattatore ad impatto (Norma UNI EN 12697-30:2007) o pressa giratoria (Norma UNI EN 12697-31:2007), a seconda di quanto utilizzato nello studio

preliminare, sottoposti alle verifiche meccaniche previste dovranno fornire valori non inferiori a quanto specificato per analoghe pavimentazioni nuove e, comunque, dovranno rispettare almeno i seguenti parametri:

Per le verifiche delle prestazioni meccaniche condotte con metodologia Marshall (Norma UNI EN 12697-34:2007), dovranno fornire i seguenti valori:

conglomerati chiusi

Stabilità Marshall	> 11 kN
Resistenza a trazione indiretta a 25° C	> 0.6 ·10 ⁻³ GPa

conglomerati drenanti

Stabilità Marshall	> 4 kN
Resistenza a trazione indiretta a 25° C	> 0.3 ·10 ⁻³ GPa

Per le verifiche di idoneità condotte con metodologia volumetrica su provini ottenuti con 100 rotazioni, dovranno fornire i seguenti valori:

conglomerati chiusi

Resistenza a trazione indiretta a 25° C	> 0.6 ·10 ⁻³ GPa
---	-----------------------------

conglomerati drenanti

Resistenza a trazione indiretta a 25° C	> 0.6 ·10 ⁻³ GPa
---	-----------------------------

La percentuale dei vuoti di qualsiasi miscela dovrà rispettare quanto previsto nello studio preliminare. In particolare per quanto attiene i conglomerati drenanti essa dovrà essere tale da permettere il raggiungimento della drenabilità ricercata (vuoti intercomunicanti).

6.2.4 Il processo di rigenerazione

Il processo di rigenerazione è costituito da:

- aggiunta del materiale di integrazione nelle quantità previste dallo studio di progetto sulla superficie della pavimentazione
- preriscaldamento dello strato da rigenerare senza modificare significativamente le caratteristiche reologiche del bitume presente;
- disaggregazione e rimozione del conglomerato bituminoso plasticizzato, senza alterarne la granulometria esistente;
- omogeneizzazione della miscela a caldo previa aggiunta di legante modificato nelle quantità previste dallo studio di progetto
- stesa e compattazione

L'inerte dovrà essere steso, nella quantità prevista dallo studio, precedentemente alla operazione di riscaldamento e rimozione della vecchia pavimentazione, in modo uniforme tramite spandigraniglia o finitrice idonea all'uso.

Il riscaldamento del manto stradale deve essere realizzato mediante macchine semoventi il cui numero sarà adeguato alla temperatura di rimozione ed alla velocità di avanzamento richieste. La rimozione dello strato non deve alterare la granulometria degli inerti della miscela in opera e non deve mai interessare lo strato di inerti ancorati al film di legante della mano di attacco o della membrana impermeabilizzante sottostante. L'aggiunta di legante modificato deve essere effettuata mediante attrezzature in grado di garantire il rispetto del dosaggio di progetto. La miscelazione dei componenti deve essere tale da garantire la necessaria omogeneità e l'ottenimento dei requisiti prestazionali finali prefissati.

6.2.5 Messa in opera della miscela

La miscela ottenuta verrà stesa mediante idonea barra finitrice integrata nella macchina di rigenerazione e munita di opportuni sistemi di vibrazione e riscaldamento. L'addensamento dello strato rigenerato verrà realizzato con idonei rulli metallici vibranti di massa non superiore a 10 ton. La temperatura di compattazione del manto rigenerato misurata subito dietro la piastra non deve essere inferiore a 110°C in tutto il suo spessore.

A lavoro ultimato il manto rigenerato dovrà risultare perfettamente ancorato allo strato sottostante. La superficie finita dovrà risultare perfettamente sagomata, priva di sgranature o irregolarità ed esente da difetti dovuti a fenomeni di segregazione degli elementi litoidi più grossi e di concentrazione anomala di legante.

6.2.6 Controllo dei requisiti di accettazione

I controlli si differenziano in funzione del tipo di conglomerato da riciclare.

conglomerati chiusi

Poiché il ripristino funzionale in questi casi è legato ai valori di aderenza e macrorugosità, tali parametri dovranno risultare a fine intervento analoghi a quelli delle pavimentazioni previste in capitolato. Saranno accettati valori inferiori qualora l'aumento del valore di CAT rispetto alla situazione esistente prima della rigenerazione sia almeno pari al 80% di quanto previsto nel presente capitolato per pavimentazioni analoghe.

Le misure di aderenza e macrorugosità verranno eseguite conformemente al capitolato di riferimento.

conglomerati drenanti

Per i tappeti drenanti il ripristino funzionale è legato al rinnovo della capacità drenante associato comunque a valori di CAT sufficienti.

Pertanto si provvederà a misurare la capacità drenante media, eseguita in sito e misurata con permeametro a colonna d'acqua, la quale dovrà risultare conforme agli obiettivi indicati dal progetto preliminare, approvato dalla D.L., in funzione del tipo di pavimentazione che viene rigenerata e dei miglioramenti ottenibili. Sulle singole rilevazioni, saranno accettati

valori inferiori rispetto al capitolato per pavimentazioni drenanti qualora l'aumento della permeabilità sia almeno pari al 100% rispetto al valore minimo esistente prima della rigenerazione.
Per quanto riguarda aderenza e macrorugosità, vale quanto detto con riferimento ai conglomerati chiusi.

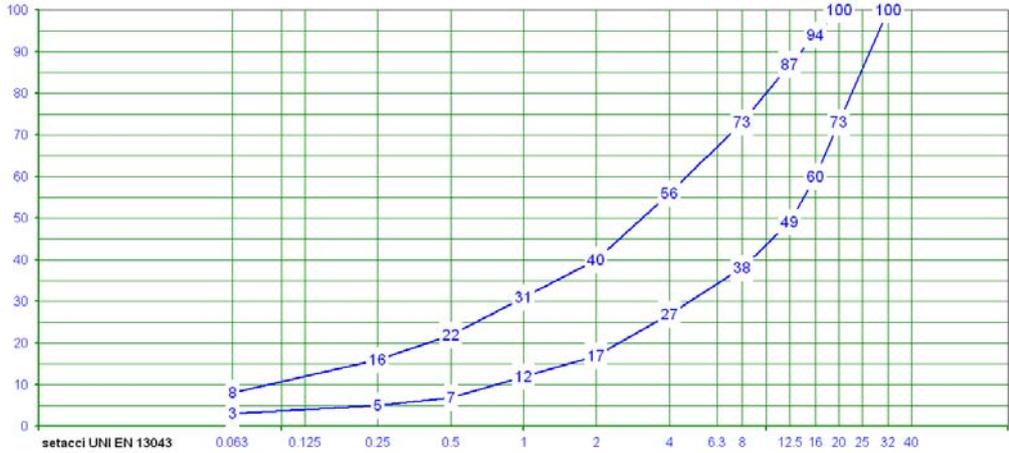
MISTO GRANULOMETRICAMENTE STABILIZZATO

AGGREGATI																	
<ul style="list-style-type: none"> • GROSSO (> 2 mm) coefficiente di frammentazione (Los Angeles) sensibilità al gelo • FINO (< 2 mm) limite liquido limite plastico indice plastico equivalente in sabbia 	<p>≤ 30% (LA₃₀) ≤ 20</p> <p>≤ 25 n.d. n.d. 40=65</p>																
MISCELA																	
indice CBR Modulo di deformazione M _d sotto carico di piastra Ø300 mm	<p>≥ 30% ≥ 80 Mpa</p>																
	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;">63</td> <td style="width: 50%;">100</td> </tr> <tr> <td>40</td> <td>88-100</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>62-90</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>35-69</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>23-53</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>15-40</td> </tr> <tr> <td>0.50</td> <td>8-24</td> </tr> <tr> <td>0.063</td> <td>2-10</td> </tr> </table>	63	100	40	88-100	20	62-90	8	35-69	4	23-53	2	15-40	0.50	8-24	0.063	2-10
63	100																
40	88-100																
20	62-90																
8	35-69																
4	23-53																
2	15-40																
0.50	8-24																
0.063	2-10																

MISTO CEMENTATO PER STRATO DI FONDAZIONE

AGGREGATI																	
<ul style="list-style-type: none"> GROSSO (> 2 mm) % di frantumato coefficiente di frammentazione (Los Angeles) sensibilità al gelo FINO (< 2 mm) limite liquido limite plastico indice plastico equivalente in sabbia 	<p>≥ 40% ≤ 30% (LA₃₀) ≤ 30</p> <p>≤ 25 n.d. n.d. 30+60</p>																
LEGANTE																	
<p>— CEM I – cemento Portland — CEM III – cemento d’altoforno; — CEM IV – cemento pozzolanico.</p>	<p>32.5 N 32.5 N 32.5 N</p>																
MISCELA																	
<p>Resistenza a compressione a 7 gg. resistenza a trazione indiretta Modulo di deformazione M_d sotto carico di piastra Ø300 mm (tra 3 e 12 ore)</p>	<p>4÷7 MPa ≥0.25 MPa ≥ 150 Mpa</p>																
	<table> <tr> <td>25</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>80-100</td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>66-87</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>41-61</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>24-39</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>18-30</td> </tr> <tr> <td>0.50</td> <td>9-19</td> </tr> <tr> <td>0.063</td> <td>5-10</td> </tr> </table>	25	100	20	80-100	16	66-87	8	41-61	4	24-39	2	18-30	0.50	9-19	0.063	5-10
25	100																
20	80-100																
16	66-87																
8	41-61																
4	24-39																
2	18-30																
0.50	9-19																
0.063	5-10																

CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATO DI BASE

<p>AGGREGATI</p> <ul style="list-style-type: none"> GROSSO (> 2 mm) % di frantumato coefficiente di frammentazione (Los Angeles) FINO (< 2 mm) % di frantumato limite liquido limite plastico equivalente in sabbia ADDITIVI (filler) passante al setaccio 0,25 mm UNI EN 13043 (via umida) passante al setaccio 0,125 mm UNI EN 13043 (via umida) passante al setaccio 0,063 mm UNI EN 13043 (via umida) 	<p>≥ 70% ≤ 25% (LA₂₅)</p> <p>≥ 70% ≤ 25 n.d. ≥ 50</p> <p>100 p.p. ≥ 90 p.p. ≥ 85 p.p.</p>																					
<p>LEGANTE</p> <p>Penetrazione a 25°C Punto di rammollimento (palla- anello) Punto di rottura Fraass, massimo viscosità a 60° C penetrazione residua dopo R.T.F.O.T., min. Punto di rammollimento dopo R.T.F.O.T., min. Solubilità in solv. organici, minima</p>	<p>50-70 dmm 46-54° C - 8° C 145 Pa.s 50 dmm 48° C 99%</p>																					
<p>CONGLOMERATO BITUMINOSO</p> <p>Stabilità Marshall Rigidezza Marshall Percentuale dei vuoti su provini Marshall (75 colpi per faccia) Percentuale dei vuoti su provini confezionati con pressa giratoria (D_G) Percentuale di addensamento Modulo di rigidezza a 20° C (IT CY)</p>	<p>8 ÷ 12 kN 2,5 ÷ 4 kN/mm 3 ÷ 6% 3 ÷ 6% 95% <i>da definire dallo studio formulazione</i></p>																					
 <table border="1" data-bbox="1198 1122 1490 1635"> <tr> <td>32</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>73-100</td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>60-94</td> </tr> <tr> <td>12.5</td> <td>49-87</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>38-73</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>27-56</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>17-40</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>12-31</td> </tr> <tr> <td>0.50</td> <td>7-22</td> </tr> <tr> <td>0.25</td> <td>5-16</td> </tr> <tr> <td>0.063</td> <td>3-8</td> </tr> </table> <p>% bitume : 3.8÷4.5</p>	32	100	20	73-100	16	60-94	12.5	49-87	8	38-73	4	27-56	2	17-40	1	12-31	0.50	7-22	0.25	5-16	0.063	3-8
32	100																					
20	73-100																					
16	60-94																					
12.5	49-87																					
8	38-73																					
4	27-56																					
2	17-40																					
1	12-31																					
0.50	7-22																					
0.25	5-16																					
0.063	3-8																					

CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATO DI COLLEGAMENTO

AGGREGATI <ul style="list-style-type: none"> • <u>GROSSO</u> (> 2 mm) % di frantumato coefficiente di frammentazione (Los Angeles) indice di appiattimento indice di forma • <u>FINO</u> (< 2 mm) % di frantumato equivalente in sabbia • <u>ADDITIVI</u> (filler) passante al setaccio 0,25 mm UNI EN 13043 (via umida) passante al setaccio 0,125 mm UNI EN 13043 (via umida) passante al setaccio 0,063 mm UNI EN 13043 (via umida) 	100% ≤ 25% (LA ₂₅) < 17% (Fl ₂₀) < 20% (Sl ₂₀) ≥ 100% ≥ 60 100 p.p. ≥ 90 p.p. ≥ 85 p.p.																						
LEGANTE Penetrazione a 25°C Punto di rammollimento (palla- anello) Punto di rottura Fraass, massimo viscosità a 60° C penetrazione residua dopo R.T.F.O.T., min. Punto di rammollimento dopo R.T.F.O.T., min. Solubilità in solv. organici, minima	50-70 dmm 46-54° C - 8° C 145 Pa.s 50 dmm 48° C 99%																						
CONGLOMERATO BITUMINOSO Stabilità Marshall Rigidezza Marshall Percentuale dei vuoti su provini Marshall (75 colpi per faccia) Percentuale dei vuoti su provini confezionati con pressa giratoria (D _G) Percentuale di addensamento Modulo di rigidezza a 20° C (IT CY)	10 ÷ 16 kN 3 ÷ 5 kN/mm 3 ÷ 6% 3 ÷ 6% 97% <i>da definire dallo studio formulazione</i>																						
<table style="width: 100%; margin-top: 10px;"> <tr> <td style="width: 50%;">25</td> <td style="width: 50%;">100</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>88-100</td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>75-92</td> </tr> <tr> <td>12.5</td> <td>61-83</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>48-71</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>32-56</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>20-45</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>14-36</td> </tr> <tr> <td>0.50</td> <td>9-27</td> </tr> <tr> <td>0.25</td> <td>6-19</td> </tr> <tr> <td>0.063</td> <td>4-8</td> </tr> </table> <p style="margin-top: 10px;">% bitume : 4.5+5.0</p>	25	100	20	88-100	16	75-92	12.5	61-83	8	48-71	4	32-56	2	20-45	1	14-36	0.50	9-27	0.25	6-19	0.063	4-8	25 100 20 88-100 16 75-92 12.5 61-83 8 48-71 4 32-56 2 20-45 1 14-36 0.50 9-27 0.25 6-19 0.063 4-8
25	100																						
20	88-100																						
16	75-92																						
12.5	61-83																						
8	48-71																						
4	32-56																						
2	20-45																						
1	14-36																						
0.50	9-27																						
0.25	6-19																						
0.063	4-8																						

CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATO DI COLLEGAMENTO PER RISAGOME

<p>AGGREGATI</p> <ul style="list-style-type: none"> • GROSSO (> 2 mm) % di frantumato coefficiente di frammentazione (Los Angeles) indice di appiattimento indice di forma • FINO (< 2 mm) % di frantumato equivalente in sabbia • ADDITIVI (filler) passante al setaccio 0,25 mm UNI EN 13043 (via umida) passante al setaccio 0,125 mm UNI EN 13043 (via umida) passante al setaccio 0,063 mm UNI EN 13043 (via umida) 	<p>100% ≤ 25% (LA₂₅) < 17% (Fl₂₀) < 20% (Sl₂₀)</p> <p>≥ 100% ≥ 60</p> <p>100 p.p. ≥ 90 p.p. ≥ 85 p.p.</p>																																																																				
<p>LEGANTE</p> <p>Penetrazione a 25°C Punto di rammollimento (palla- anello) Punto di rottura Fraass, massimo viscosità a 60° C penetrazione residua dopo R.T.F.O.T., min. Punto di rammollimento dopo R.T.F.O.T., min. Solubilità in solv. organici, minima</p>	<p>50-70 dmm 46-54° C - 8° C 145 Pas 50 dmm 48° C 99%</p>																																																																				
<p>CONGLOMERATO BITUMINOSO</p> <p>Stabilità Marshall Rigidezza Marshall Percentuale dei vuoti su provini Marshall (75 colpi per faccia) Percentuale dei vuoti su provini confezionati con pressa giratoria (D_G) Percentuale di addensamento Modulo di rigidezza a 20° C (IT CY)</p>	<p>10 ÷ 16 kN 3 ÷ 5 kN/mm 3 ÷ 6% 3 ÷ 6% 97% <i>da definire dallo studio formulazione</i></p>																																																																				
<table border="1" style="margin-top: 10px; width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>setacci UNI EN 13043</th> <th>0.063</th> <th>0.125</th> <th>0.25</th> <th>0.5</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>4</th> <th>6.3</th> <th>8</th> <th>12.5</th> <th>16</th> <th>20</th> <th>25</th> <th>32</th> <th>40</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Coarse Aggregate (%)</td> <td>8</td> <td>19</td> <td>27</td> <td>36</td> <td>45</td> <td>62</td> <td>80</td> <td>80</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>Fine Aggregate (%)</td> <td>4</td> <td>6</td> <td>9</td> <td>16</td> <td>25</td> <td>38</td> <td>54</td> <td>70</td> <td>80</td> <td>80</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> </tr> </tbody> </table>	setacci UNI EN 13043	0.063	0.125	0.25	0.5	1	2	4	6.3	8	12.5	16	20	25	32	40	Coarse Aggregate (%)	8	19	27	36	45	62	80	80	100	100	100	100	100	100	100	Fine Aggregate (%)	4	6	9	16	25	38	54	70	80	80	100	100	100	100	100	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">20</td> <td style="width: 50%;">100</td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>80-100</td> </tr> <tr> <td>12.5</td> <td>70-100</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>54-80</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>38-62</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>25-45</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>16-36</td> </tr> <tr> <td>0.50</td> <td>9-27</td> </tr> <tr> <td>0.25</td> <td>6-19</td> </tr> <tr> <td>0.063</td> <td>4-8</td> </tr> </table> <p style="margin-top: 20px;">% bitume : 4.5+5.5</p>	20	100	16	80-100	12.5	70-100	8	54-80	4	38-62	2	25-45	1	16-36	0.50	9-27	0.25	6-19	0.063	4-8
setacci UNI EN 13043	0.063	0.125	0.25	0.5	1	2	4	6.3	8	12.5	16	20	25	32	40																																																						
Coarse Aggregate (%)	8	19	27	36	45	62	80	80	100	100	100	100	100	100	100																																																						
Fine Aggregate (%)	4	6	9	16	25	38	54	70	80	80	100	100	100	100	100																																																						
20	100																																																																				
16	80-100																																																																				
12.5	70-100																																																																				
8	54-80																																																																				
4	38-62																																																																				
2	25-45																																																																				
1	16-36																																																																				
0.50	9-27																																																																				
0.25	6-19																																																																				
0.063	4-8																																																																				

CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATO DI USURA

<p>AGGREGATI</p> <ul style="list-style-type: none"> • GROSSO (> 2 mm) % di frantumato coefficiente di frammentazione (Los Angeles) coefficiente di levigabilità accelerata (CLA) indice di appiattimento indice di forma • FINO (< 2 mm) % di frantumato equivalente in sabbia • ADDITIVI (filler) passante al setaccio 0,25 mm UNI EN 13043 (via umida) passante al setaccio 0,125 mm UNI EN 13043 (via umida) passante al setaccio 0,063 mm UNI EN 13043 (via umida) 	<p>100% ≤ 20% (LA₂₀) ≥ 0.42 (PSV₄₂) < 12% (FI₁₅) < 15% (SI₁₅)</p> <p>≥ 100% ≥ 80</p> <p>100 p.p. ≥ 90 p.p. ≥ 85 p.p.</p>																																																													
<p>LEGANTE</p> <p>Penetrazione a 25°C Punto di rammollimento (palla- anello) Punto di rottura Fraass, massimo viscosità a 60° C penetrazione residua dopo R.T.F.O.T., min. Punto di rammollimento dopo R.T.F.O.T., min. Solubilità in solv. organici, minima</p>	<p>50-70 dmm 46-54° C - 8° C 145 Pas 50 dmm 48° C 99%</p>																																																													
<p>CONGLOMERATO BITUMINOSO</p> <p>Stabilità Marshall Rigidezza Marshall Percentuale dei vuoti su provini Marshall (75 colpi per faccia) Percentuale dei vuoti su provini confezionati con pressa giratoria (D_G) Percentuale di addensamento Modulo di rigidezza a 20° C (IT CY)</p> <p>C.A.T. (Coefficiente Aderenza Trasversale) x 100 M.P.D. (Mean Profile Depth) I.R.I. (International Roughness Index)</p>	<p>12 ÷ 16 kN 3 ÷ 5 kN/mm 3 ÷ 6% 3 ÷ 6% 97% <i>da definire dallo studio formulazione</i> ≥ 55 ≥ 0.40 mm ≤ 1.2 mm/m</p>																																																													
<table border="1" style="margin-top: 10px; width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>setacci UNI EN 13043</th> <th>Coarse Aggregate (%)</th> <th>Fine Aggregate (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.063</td><td>11</td><td>5</td></tr> <tr><td>0.125</td><td>19</td><td>10</td></tr> <tr><td>0.25</td><td>25</td><td>14</td></tr> <tr><td>0.5</td><td>33</td><td>19</td></tr> <tr><td>1</td><td>45</td><td>25</td></tr> <tr><td>2</td><td>68</td><td>43</td></tr> <tr><td>4</td><td>100</td><td>74</td></tr> <tr><td>6.3</td><td>100</td><td>100</td></tr> <tr><td>8</td><td>100</td><td>100</td></tr> <tr><td>12.5</td><td>100</td><td>100</td></tr> <tr><td>16</td><td>100</td><td>100</td></tr> <tr><td>20</td><td>100</td><td>100</td></tr> <tr><td>32</td><td>100</td><td>100</td></tr> <tr><td>40</td><td>100</td><td>100</td></tr> </tbody> </table>	setacci UNI EN 13043	Coarse Aggregate (%)	Fine Aggregate (%)	0.063	11	5	0.125	19	10	0.25	25	14	0.5	33	19	1	45	25	2	68	43	4	100	74	6.3	100	100	8	100	100	12.5	100	100	16	100	100	20	100	100	32	100	100	40	100	100	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">12.5</td> <td style="width: 50%;">100</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>74-100</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>43-68</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>25-45</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>19-33</td> </tr> <tr> <td>0.50</td> <td>14-25</td> </tr> <tr> <td>0.25</td> <td>10-19</td> </tr> <tr> <td>0.063</td> <td>5-11</td> </tr> </table> <p style="margin-top: 10px;">% bitume : 5.2÷5.8</p>	12.5	100	8	74-100	4	43-68	2	25-45	1	19-33	0.50	14-25	0.25	10-19	0.063	5-11
setacci UNI EN 13043	Coarse Aggregate (%)	Fine Aggregate (%)																																																												
0.063	11	5																																																												
0.125	19	10																																																												
0.25	25	14																																																												
0.5	33	19																																																												
1	45	25																																																												
2	68	43																																																												
4	100	74																																																												
6.3	100	100																																																												
8	100	100																																																												
12.5	100	100																																																												
16	100	100																																																												
20	100	100																																																												
32	100	100																																																												
40	100	100																																																												
12.5	100																																																													
8	74-100																																																													
4	43-68																																																													
2	25-45																																																													
1	19-33																																																													
0.50	14-25																																																													
0.25	10-19																																																													
0.063	5-11																																																													

CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATO DI COLLEGAMENTO CON BITUME "HARD"

<p>AGGREGATI</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>GROSSO</u> (> 2 mm) % di frantumato coefficiente di frammentazione (Los Angeles) indice di appiattimento indice di forma • <u>FINO</u> (< 2 mm) % di frantumato equivalente in sabbia • <u>ADDITIVI</u> (filler) passante al setaccio 0,25 mm UNI EN 13043 (via umida) passante al setaccio 0,125 mm UNI EN 13043 (via umida) passante al setaccio 0,063 mm UNI EN 13043 (via umida) 	<p>100% ≤ 25% (LA₂₅) < 17% (Fl₂₀) < 20% (Sl₂₀)</p> <p>≥ 100% ≥ 60</p> <p>100 p.p. ≥ 90 p.p. ≥ 85 p.p.</p>																																				
<p>LEGANTE</p> <p>Penetrazione a 25°C Punto di rammollimento (palla- anello) Punto di rottura Fraass, massimo viscosità a 160° C ritorno elastico a 25° C stabilità allo stoccaggio: penetrazione stabilità allo stoccaggio: Δ rammollimento punto di rammollimento dopo R.T.F.O.T., Δ penetrazione residua dopo R.T.F.O.T., min.</p>	<p>50-70 dmm 70-85° C ≤ - 16° C 0.4÷0.8 Pas ≥ 90 < 5 dmm < 3° C ≤ 10° C ≥ 60 dmm</p>																																				
<p>CONGLOMERATO BITUMINOSO</p> <p>Stabilità Marshall Rigidezza Marshall Percentuale dei vuoti su provini Marshall (75 colpi per faccia) Percentuale dei vuoti su provini confezionati con pressa giratoria (D_G) Percentuale di addensamento Modulo di rigidezza a 20° C (IT CY)</p>	<p>> 13 kN 3 ÷ 5 kN/mm 3 ÷ 6% 3 ÷ 6% 97% <i>da definire dallo studio formulazione</i></p>																																				
<table border="1" style="margin-top: 10px; width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>setacci UNI EN 13043</th> <th>Valore Minimo (%)</th> <th>Valore Massimo (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>25</td><td>100</td><td>100</td></tr> <tr><td>20</td><td>88-100</td><td>92</td></tr> <tr><td>16</td><td>75-92</td><td>88</td></tr> <tr><td>12.5</td><td>61-83</td><td>75</td></tr> <tr><td>8</td><td>48-71</td><td>61</td></tr> <tr><td>4</td><td>32-56</td><td>48</td></tr> <tr><td>2</td><td>20-45</td><td>32</td></tr> <tr><td>1</td><td>14-36</td><td>20</td></tr> <tr><td>0.5</td><td>9-27</td><td>14</td></tr> <tr><td>0.25</td><td>6-19</td><td>9</td></tr> <tr><td>0.063</td><td>4-8</td><td>6</td></tr> </tbody> </table>	setacci UNI EN 13043	Valore Minimo (%)	Valore Massimo (%)	25	100	100	20	88-100	92	16	75-92	88	12.5	61-83	75	8	48-71	61	4	32-56	48	2	20-45	32	1	14-36	20	0.5	9-27	14	0.25	6-19	9	0.063	4-8	6	<p>% bitume : 4.5÷5.5</p>
setacci UNI EN 13043	Valore Minimo (%)	Valore Massimo (%)																																			
25	100	100																																			
20	88-100	92																																			
16	75-92	88																																			
12.5	61-83	75																																			
8	48-71	61																																			
4	32-56	48																																			
2	20-45	32																																			
1	14-36	20																																			
0.5	9-27	14																																			
0.25	6-19	9																																			
0.063	4-8	6																																			

CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATO DI USURA CON BITUME "HARD"

<p>AGGREGATI</p> <ul style="list-style-type: none"> • GROSSO (> 2 mm) % di frantumato coefficiente di frammentazione (Los Angeles) coefficiente di levigabilità accelerata (CLA) indice di appiattimento indice di forma • FINO (< 2 mm) % di frantumato equivalente in sabbia • ADDITIVI (filler) passante al setaccio 0,25 mm UNI EN 13043 (via umida) passante al setaccio 0,125 mm UNI EN 13043 (via umida) passante al setaccio 0,063 mm UNI EN 13043 (via umida) 	<p>100% ≤ 20% (LA₂₀) ≥ 0.45 (PSV₄₄) < 12% (FI₁₅) < 15% (SI₁₅)</p> <p>≥ 100% ≥ 80</p> <p>100 p.p. ≥ 90 p.p. ≥ 85 p.p.</p>																																																																
<p>LEGANTE</p> <p>Penetrazione a 25°C Punto di rammollimento (palla- anello) Punto di rottura Fraass, massimo viscosità a 160° C ritorno elastico a 25° C stabilità allo stoccaggio: penetrazione stabilità allo stoccaggio: Δ rammollimento punto di rammollimento dopo R.T.F.O.T., Δ penetrazione residua dopo R.T.F.O.T., min.</p>	<p>50-70 dmm 70-85° C ≤ - 16° C 0.4÷0.8 Pa·s ≥ 90 < 5 dmm < 3° C ≤ 10° C ≥ 60 dmm</p>																																																																
<p>CONGLOMERATO BITUMINOSO</p> <p>Stabilità Marshall Rigidezza Marshall Percentuale dei vuoti su provini Marshall (75 colpi per faccia) Percentuale dei vuoti su provini confezionati con pressa giratoria (D_G) Percentuale di addensamento Resistenza a trazione indiretta Deformazione a prova d'impronta Modulo di rigidezza a 20° C (IT CY)</p> <p>C.A.T. (Coefficiente Aderenza Trasversale) x 100 M.P.D. (Mean Profile Depth) I.R.I. (International Roughness Index)</p>	<p>> 14 kN 3 ÷ 5 kN/mm 3 ÷ 6% 3 ÷ 6% 97% > 0.7 · 10⁻³ GPa < 2 mm <i>da definire dallo studio formulazione</i> ≥ 55 ≥ 0.40 mm ≤ 1.2 mm/m</p>																																																																
<table border="1" style="margin-top: 10px; width: 100%; border-collapse: collapse;"> <caption>Data points from the sieve analysis graph</caption> <thead> <tr> <th>Setaccio (mm)</th> <th>Percentuale (GROSSO)</th> <th>Percentuale (FINO)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.063</td><td>11</td><td>5</td></tr> <tr><td>0.125</td><td>19</td><td>10</td></tr> <tr><td>0.25</td><td>25</td><td>14</td></tr> <tr><td>0.5</td><td>33</td><td>19</td></tr> <tr><td>1</td><td>45</td><td>25</td></tr> <tr><td>2</td><td>68</td><td>43</td></tr> <tr><td>4</td><td>100</td><td>74</td></tr> <tr><td>6.3</td><td>100</td><td>100</td></tr> <tr><td>8</td><td>100</td><td>100</td></tr> <tr><td>12.5</td><td>100</td><td>100</td></tr> <tr><td>16</td><td>100</td><td>100</td></tr> <tr><td>20</td><td>100</td><td>100</td></tr> <tr><td>25</td><td>100</td><td>100</td></tr> <tr><td>32</td><td>100</td><td>100</td></tr> <tr><td>40</td><td>100</td><td>100</td></tr> </tbody> </table>	Setaccio (mm)	Percentuale (GROSSO)	Percentuale (FINO)	0.063	11	5	0.125	19	10	0.25	25	14	0.5	33	19	1	45	25	2	68	43	4	100	74	6.3	100	100	8	100	100	12.5	100	100	16	100	100	20	100	100	25	100	100	32	100	100	40	100	100	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 50%;">12.5</td><td style="width: 50%;">100</td></tr> <tr><td>8</td><td>74-100</td></tr> <tr><td>4</td><td>43-68</td></tr> <tr><td>2</td><td>25-45</td></tr> <tr><td>1</td><td>19-33</td></tr> <tr><td>0.50</td><td>14-25</td></tr> <tr><td>0.25</td><td>10-19</td></tr> <tr><td>0.063</td><td>5-11</td></tr> </table> <p style="margin-top: 20px;">% bitume : 5.2÷5.8</p>	12.5	100	8	74-100	4	43-68	2	25-45	1	19-33	0.50	14-25	0.25	10-19	0.063	5-11
Setaccio (mm)	Percentuale (GROSSO)	Percentuale (FINO)																																																															
0.063	11	5																																																															
0.125	19	10																																																															
0.25	25	14																																																															
0.5	33	19																																																															
1	45	25																																																															
2	68	43																																																															
4	100	74																																																															
6.3	100	100																																																															
8	100	100																																																															
12.5	100	100																																																															
16	100	100																																																															
20	100	100																																																															
25	100	100																																																															
32	100	100																																																															
40	100	100																																																															
12.5	100																																																																
8	74-100																																																																
4	43-68																																																																
2	25-45																																																																
1	19-33																																																																
0.50	14-25																																																																
0.25	10-19																																																																
0.063	5-11																																																																

CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATO DI BASE ALTO MODULO

AGGREGATI																																																																							
<ul style="list-style-type: none"> • GROSSO (> 2 mm) % di frantumato coefficiente di frammentazione (Los Angeles) • FINO (< 2 mm) % di frantumato coefficiente di frammentazione (Los Angeles) equivalente in sabbia • ADDITIVI (filler) passante al setaccio 0,25 mm UNI EN 13043 (via umida) passante al setaccio 0,125 mm UNI EN 13043 (via umida) passante al setaccio 0,063 mm UNI EN 13043 (via umida) 	<p>≥ 70% ≤ 22 % (LA₂₅)</p> <p>≥ 70% ≤ 25 ≥ 80</p> <p>100 p.p. ≥ 90 p.p. ≥ 85 p.p.</p>																																																																						
LEGANTE																																																																							
Penetrazione a 25°C Punto di rammollimento (palla- anello) Punto di rottura Fraass, massimo viscosità dinamica a 100° C viscosità dinamica a 160° C ritorno elastico a 25° C variazione su penetrazione dopo "tuben test" variazione su punto di rammollimento dopo "tuben test"	20-40 dmm 60-80° C ≤ - 16° C 50 ÷ 100 Pa·s 0.5 ÷ 1.0 Pa·s > 90 < 5 dmm < 3° C																																																																						
CONGLOMERATO BITUMINOSO																																																																							
Stabilità Marshall Rigidezza Marshall Percentuale dei vuoti su provini Marshall (75 colpi per faccia) Percentuale dei vuoti su provini confezionati con pressa giratoria (D _C) Percentuale di addensamento Modulo di rigidezza a 20° C (IT CY)	≥ 18 kN ≥ 3 kN/mm 1 ÷ 4% 1 ÷ 4% 95% > 7000 MPa																																																																						
<table border="1" style="margin-top: 10px; width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>setacci UNI EN 13043</th> <th>0.063</th> <th>0.125</th> <th>0.25</th> <th>0.5</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>4</th> <th>6.3</th> <th>8</th> <th>12.5</th> <th>16</th> <th>20</th> <th>25</th> <th>32</th> <th>40</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Coarse Fraction (%)</td> <td>12</td> <td>17</td> <td>22</td> <td>29</td> <td>36</td> <td>50</td> <td>68</td> <td>90</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>Fine Fraction (%)</td> <td>6</td> <td>10</td> <td>13</td> <td>16</td> <td>20</td> <td>32</td> <td>45</td> <td>62</td> <td>80</td> <td>90</td> <td>90</td> <td>90</td> <td>90</td> <td>90</td> <td>90</td> </tr> </tbody> </table>	setacci UNI EN 13043	0.063	0.125	0.25	0.5	1	2	4	6.3	8	12.5	16	20	25	32	40	Coarse Fraction (%)	12	17	22	29	36	50	68	90	100	100	100	100	100	100	100	Fine Fraction (%)	6	10	13	16	20	32	45	62	80	90	90	90	90	90	90	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">32</td> <td style="width: 50%;">100</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>90-100</td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>80-100</td> </tr> <tr> <td>12.5</td> <td>62-90</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>45-68</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>32-50</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>20-36</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>16-29</td> </tr> <tr> <td>0.50</td> <td>13-22</td> </tr> <tr> <td>0.25</td> <td>10-17</td> </tr> <tr> <td>0.063</td> <td>6-12</td> </tr> </table> <p style="margin-top: 10px;">% bitume :4.8÷6.0</p>	32	100	20	90-100	16	80-100	12.5	62-90	8	45-68	4	32-50	2	20-36	1	16-29	0.50	13-22	0.25	10-17	0.063	6-12
setacci UNI EN 13043	0.063	0.125	0.25	0.5	1	2	4	6.3	8	12.5	16	20	25	32	40																																																								
Coarse Fraction (%)	12	17	22	29	36	50	68	90	100	100	100	100	100	100	100																																																								
Fine Fraction (%)	6	10	13	16	20	32	45	62	80	90	90	90	90	90	90																																																								
32	100																																																																						
20	90-100																																																																						
16	80-100																																																																						
12.5	62-90																																																																						
8	45-68																																																																						
4	32-50																																																																						
2	20-36																																																																						
1	16-29																																																																						
0.50	13-22																																																																						
0.25	10-17																																																																						
0.063	6-12																																																																						

CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATO DI COLLEGAMENTO ALTO MODULO

<p>AGGREGATI</p> <ul style="list-style-type: none"> • GROSSO (> 2 mm) % di frantumato coefficiente di frammentazione (Los Angeles) • FINO (< 2 mm) % di frantumato coefficiente di frammentazione (Los Angeles) equivalente in sabbia • ADDITIVI (filler) passante al setaccio 0,25 mm UNI EN 13043 (via umida) passante al setaccio 0,125 mm UNI EN 13043 (via umida) passante al setaccio 0,063 mm UNI EN 13043 (via umida) 	<p>≥ 70% ≤ 22 % (LA₂₅)</p> <p>≥ 70% ≤ 25 ≥ 80</p> <p>100 p.p. ≥ 90 p.p. ≥ 85 p.p.</p>																																																																	
<p>LEGANTE</p> <p>Penetrazione a 25°C Punto di rammollimento (palla- anello) Punto di rottura Fraass, massimo viscosità dinamica a 100° C viscosità dinamica a 160° C ritorno elastico a 25° C variazione su penetrazione dopo "tuben test" variazione su punto di rammollimento dopo "tuben test"</p>	<p>20-40 dmm 60-80° C ≤ - 16° C 50 ÷ 100 Pa·s 0.5 ÷ 1.0 Pa·s > 90 < 5 dmm < 3° C</p>																																																																	
<p>CONGLOMERATO BITUMINOSO</p> <p>Stabilità Marshall Rigidezza Marshall Percentuale dei vuoti su provini Marshall (75 colpi per faccia) Percentuale dei vuoti su provini confezionati con pressa giratoria (D_C) Percentuale di addensamento Modulo di rigidezza a 20° C (IT CY)</p>	<p>≥ 18 kN ≥ 3 kN/mm 1 ÷ 4% 1 ÷ 4% 95% > 7000 MPa</p>																																																																	
<table border="1" style="margin-top: 10px; width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>setacci UNI EN 13043</th> <th>0.063</th> <th>0.125</th> <th>0.25</th> <th>0.5</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>4</th> <th>6.3</th> <th>8</th> <th>12.5</th> <th>16</th> <th>20</th> <th>32</th> <th>40</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Coarse (%)</td> <td>12</td> <td>19</td> <td>26</td> <td>33</td> <td>40</td> <td>57</td> <td>77</td> <td>92</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>Fine (%)</td> <td>6</td> <td>10</td> <td>14</td> <td>20</td> <td>27</td> <td>37</td> <td>56</td> <td>72</td> <td>83</td> <td>92</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> </tr> </tbody> </table>	setacci UNI EN 13043	0.063	0.125	0.25	0.5	1	2	4	6.3	8	12.5	16	20	32	40	Coarse (%)	12	19	26	33	40	57	77	92	100	100	100	100	100	100	Fine (%)	6	10	14	20	27	37	56	72	83	92	100	100	100	100	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">20</td> <td style="width: 50%;">100</td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>83-100</td> </tr> <tr> <td>12.5</td> <td>72-92</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>56-77</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>37-57</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>27-40</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>20-33</td> </tr> <tr> <td>0.50</td> <td>14-26</td> </tr> <tr> <td>0.25</td> <td>10-19</td> </tr> <tr> <td>0.063</td> <td>6-12</td> </tr> </table> <p style="margin-top: 10px;">% bitume : 5.2÷6.5</p>	20	100	16	83-100	12.5	72-92	8	56-77	4	37-57	2	27-40	1	20-33	0.50	14-26	0.25	10-19	0.063	6-12
setacci UNI EN 13043	0.063	0.125	0.25	0.5	1	2	4	6.3	8	12.5	16	20	32	40																																																				
Coarse (%)	12	19	26	33	40	57	77	92	100	100	100	100	100	100																																																				
Fine (%)	6	10	14	20	27	37	56	72	83	92	100	100	100	100																																																				
20	100																																																																	
16	83-100																																																																	
12.5	72-92																																																																	
8	56-77																																																																	
4	37-57																																																																	
2	27-40																																																																	
1	20-33																																																																	
0.50	14-26																																																																	
0.25	10-19																																																																	
0.063	6-12																																																																	

CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATO DI USURA SMA ALTO MODULO

<p>AGGREGATI</p> <ul style="list-style-type: none"> • GROSSO (> 2 mm) % di frantumato coefficiente di frammentazione (Los Angeles) coefficiente di levigabilità accelerata (CLA) indice di appiattimento indice di forma • FINO (< 2 mm) % di frantumato equivalente in sabbia • ADDITIVI (filler) passante al setaccio 0,25 mm UNI EN 13043 (via umida) passante al setaccio 0,125 mm UNI EN 13043 (via umida) passante al setaccio 0,063 mm UNI EN 13043 (via umida) 	<p>100% ≤ 18% (LA₂₀) ≥ 0.45 (PSV₅₀) < 12% (FI₁₅) < 15% (SI₁₅)</p> <p>≥ 100% ≥ 80</p> <p>100 p.p. ≥ 90 p.p. ≥ 85 p.p.</p>																																																																		
<p>LEGANTE</p> <p>Penetrazione a 25°C Punto di rammollimento (palla- anello) Punto di rottura Fraass, massimo viscosità dinamica a 100° C viscosità dinamica a 160° C ritorno elastico a 25° C variazione su penetrazione dopo "tuben test" variazione su punto di rammollimento dopo "tuben test"</p>	<p>20-40 dmm 60-80° C ≤ - 16° C 50 ÷ 100 Pa·s 0.5 ÷ 1.0 Pa·s > 90 < 5 dmm < 3° C</p>																																																																		
<p>CONGLOMERATO BITUMINOSO</p> <p>Stabilità Marshall Rigidezza Marshall Percentuale dei vuoti su provini Marshall (75 colpi per faccia) Percentuale dei vuoti su provini confezionati con pressa giratoria (D_G) Percentuale di addensamento Modulo di rigidezza a 20° C (IT CY)</p> <p>C.A.T. (Coefficiente Aderenza Trasversale) x 100 M.P.D. (Mean Profile Depth) I.R.I. (International Roughness Index)</p>	<p>≥ 18 kN ≥ 3 kN/mm 1 ÷ 4% 1 ÷ 4% 97% > 7000 MPa</p> <p>≥ 60 ≥ 0.80 mm ≤ 1.2 mm/m</p>																																																																		
<table border="1" style="margin-top: 10px; width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>setacci UNI EN 13043</th> <th>0.063</th> <th>0.125</th> <th>0.25</th> <th>0.5</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>4</th> <th>6.3</th> <th>8</th> <th>12.5</th> <th>16</th> <th>20</th> <th>25</th> <th>32</th> <th>40</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Coarse Fraction (%)</td> <td>8</td> <td>10</td> <td>11</td> <td>16</td> <td>22</td> <td>30</td> <td>52</td> <td>60</td> <td>81</td> <td>100</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fine Fraction (%)</td> <td>14</td> <td>18</td> <td>21</td> <td>26</td> <td>34</td> </tr> </tbody> </table>	setacci UNI EN 13043	0.063	0.125	0.25	0.5	1	2	4	6.3	8	12.5	16	20	25	32	40	Coarse Fraction (%)	8	10	11	16	22	30	52	60	81	100						Fine Fraction (%)	14	18	21	26	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">12,5</td> <td style="width: 50%;">100</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>81-100</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>60-88</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>30-52</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>22-34</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>16-26</td> </tr> <tr> <td>0.50</td> <td>11-21</td> </tr> <tr> <td>0.25</td> <td>10-18</td> </tr> <tr> <td>0.063</td> <td>8-14</td> </tr> </table> <p style="margin-top: 10px;">% bitume : 5.5÷7.0</p>	12,5	100	10	81-100	8	60-88	4	30-52	2	22-34	1	16-26	0.50	11-21	0.25	10-18	0.063	8-14
setacci UNI EN 13043	0.063	0.125	0.25	0.5	1	2	4	6.3	8	12.5	16	20	25	32	40																																																				
Coarse Fraction (%)	8	10	11	16	22	30	52	60	81	100																																																									
Fine Fraction (%)	14	18	21	26	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34																																																				
12,5	100																																																																		
10	81-100																																																																		
8	60-88																																																																		
4	30-52																																																																		
2	22-34																																																																		
1	16-26																																																																		
0.50	11-21																																																																		
0.25	10-18																																																																		
0.063	8-14																																																																		

CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATO DI USURA SMA 12

<p>AGGREGATI</p> <ul style="list-style-type: none"> • GROSSO (> 2 mm) % di frantumato coefficiente di frammentazione (Los Angeles) coefficiente di levigabilità accelerata (CLA) indice di appiattimento indice di forma • FINO (< 2 mm) % di frantumato equivalente in sabbia • ADDITIVI (filler) passante al setaccio 0,25 mm UNI EN 13043 (via umida) passante al setaccio 0,125 mm UNI EN 13043 (via umida) passante al setaccio 0,063 mm UNI EN 13043 (via umida) 	<p>100% ≤ 20% (LA₂₀) ≥ 0.45 (PSV₄₄) < 12% (FI₁₅) < 15% (SI₁₅)</p> <p>≥ 100% ≥ 80</p> <p>100 p.p. ≥ 90 p.p. ≥ 85 p.p.</p>																		
<p>LEGANTE</p> <p>Penetrazione a 25°C Punto di rammollimento (palla- anello) Punto di rottura Fraass, massimo viscosità a 100° C viscosità a 160° C ritorno elastico a 25° C stabilità allo stoccaggio: penetrazione stabilità allo stoccaggio: Δ rammollimento</p>	<p>45-55 dmm 75-85° C ≤ - 16° C > 70 Pa.s 0.5÷0.8 Pa.s > 95% < 5 dmm < 3° C</p>																		
<p>CONGLOMERATO BITUMINOSO</p> <p>Stabilità Marshall Rigidezza Marshall Percentuale dei vuoti su provini Marshall (75 colpi per faccia) Percentuale dei vuoti su provini confezionati con pressa giratoria (D_G) Percentuale di addensamento Modulo di rigidezza a 20° C (IT CY)</p> <p>C.A.T. (Coefficiente Aderenza Trasversale) M.P.D. (Mean Profile Depth) I.R.I. (International Roughness Index)</p>	<p>≥ 13 kN 2,5 ÷ 4 kN/mm 1 ÷ 4% 1 ÷ 4% 97% <i>da definire dallo studio formulazione</i> ≥ 60 ≥ 0.80 mm ≤ 1.2 mm/m</p>																		
<p style="font-size: small; margin-top: 5px;">setacci UNI EN 13043 0.063 0.125 0.25 0.5 1 2 4 6.3 8 12.5 16 20 25 32 40</p>	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;">12,5</td> <td style="width: 50%;">100</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>81-100</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>60-88</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>30-62</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>22-34</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>16-26</td> </tr> <tr> <td>0.50</td> <td>11-21</td> </tr> <tr> <td>0.25</td> <td>10-18</td> </tr> <tr> <td>0.063</td> <td>8-14</td> </tr> </table> <p style="margin-top: 10px;">% bitume : 5.5÷7.0</p>	12,5	100	10	81-100	8	60-88	4	30-62	2	22-34	1	16-26	0.50	11-21	0.25	10-18	0.063	8-14
12,5	100																		
10	81-100																		
8	60-88																		
4	30-62																		
2	22-34																		
1	16-26																		
0.50	11-21																		
0.25	10-18																		
0.063	8-14																		

CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATO DI USURA SMA 8

<p>AGGREGATI</p> <ul style="list-style-type: none"> • GROSSO (> 2 mm) % di frantumato coefficiente di frammentazione (Los Angeles) coefficiente di levigabilità accelerata (CLA) indice di appiattimento indice di forma • FINO (< 2 mm) % di frantumato equivalente in sabbia • ADDITIVI (filler) passante al setaccio 0,25 mm UNI EN 13043 (via umida) passante al setaccio 0,125 mm UNI EN 13043 (via umida) passante al setaccio 0,063 mm UNI EN 13043 (via umida) 	<p>100% ≤ 20% (LA₂₀) ≥ 0.45 (PSV₄₄) < 12% (FI₁₅) < 15% (SI₁₅)</p> <p>≥ 100% ≥ 80</p> <p>100 p.p. ≥ 90 p.p. ≥ 85 p.p.</p>																		
<p>LEGANTE</p> <p>Penetrazione a 25°C Punto di rammollimento (palla- anello) Punto di rottura Fraass, massimo viscosità a 100° C viscosità a 160° C ritorno elastico a 25° C stabilità allo stoccaggio: penetrazione stabilità allo stoccaggio: Δ rammollimento</p>	<p>45-55 dmm 75-85° C ≤ - 16° C > 70 Pa.s 0.5÷0.8 Pa.s > 95% < 5 dmm < 3° C</p>																		
<p>CONGLOMERATO BITUMINOSO</p> <p>Stabilità Marshall Rigidezza Marshall Percentuale dei vuoti su provini Marshall (75 colpi per faccia) Percentuale dei vuoti su provini confezionati con pressa giratoria (D_G) Percentuale di addensamento Modulo di rigidezza a 20° C (IT CY)</p> <p>C.A.T. (Coefficiente Aderenza Trasversale) M.P.D. (Mean Profile Depth) I.R.I. (International Roughness Index)</p>	<p>≥ 13 kN 2,5 ÷ 4 kN/mm 1 ÷ 4% 1 ÷ 4% 97% <i>da definire dallo studio formulazione</i> ≥ 60 ≥ 0.80 mm ≤ 1.2 mm/m</p>																		
<p style="font-size: small;">setacci UNI EN 13043</p>	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;">10</td> <td style="width: 50%;">100</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>90-100</td> </tr> <tr> <td>6.3</td> <td>70-90</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>35-60</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>23-35</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>18-29</td> </tr> <tr> <td>0.50</td> <td>13-23</td> </tr> <tr> <td>0.25</td> <td>10-18</td> </tr> <tr> <td>0.063</td> <td>8-14</td> </tr> </table> <p style="margin-top: 10px;">% bitume : 5.5÷7.0</p>	10	100	8	90-100	6.3	70-90	4	35-60	2	23-35	1	18-29	0.50	13-23	0.25	10-18	0.063	8-14
10	100																		
8	90-100																		
6.3	70-90																		
4	35-60																		
2	23-35																		
1	18-29																		
0.50	13-23																		
0.25	10-18																		
0.063	8-14																		

CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATO DI USURA ANTISKID

<p>AGGREGATI</p> <ul style="list-style-type: none"> • GROSSO (> 2 mm) % di frantumato coefficiente di frammentazione (Los Angeles) coefficiente di levigabilità accelerata (CLA) indice di appiattimento indice di forma • FINO (< 2 mm) % di frantumato equivalente in sabbia • ADDITIVI (filler) passante al setaccio 0,25 mm UNI EN 13043 (via umida) passante al setaccio 0,125 mm UNI EN 13043 (via umida) passante al setaccio 0,063 mm UNI EN 13043 (via umida) 	<p>100% ≤ 15% (LA₁₅) ≥ 0.45 (PSV₅₀) < 12% (FI₁₅) < 15% (SI₁₅)</p> <p>≥ 100% ≥ 80</p> <p>100 p.p. ≥ 90 p.p. ≥ 85 p.p.</p>																																																		
<p>LEGANTE</p> <p>Penetrazione a 25°C Punto di rammollimento (palla- anello) Punto di rottura Fraass, massimo viscosità a 100° C viscosità a 160° C ritorno elastico a 25° C stabilità allo stoccaggio: penetrazione stabilità allo stoccaggio: Δ rammollimento</p>	<p>55-65 dmm 80-90° C ≤ - 19° C 75÷120 Pa.s 0.6÷0.8 Pa.s > 95% < 5 dmm < 3° C</p>																																																		
<p>CONGLOMERATO BITUMINOSO</p> <p>Stabilità Marshall Rigidezza Marshall Percentuale dei vuoti su provini Marshall (75 colpi per faccia) Percentuale dei vuoti su provini confezionati con pressa giratoria (D_G) Percentuale di addensamento Modulo di rigidezza a 20° C (IT CY)</p> <p>C.A.T. (Coefficiente Aderenza Trasversale) x100 M.P.D. (Mean Profile Depth) I.R.I. (International Roughness Index)</p>	<p>≥ 13 kN 2,5 ÷ 4 kN/mm 8 ÷ 12% 8 ÷ 12% 97% <i>da definire dallo studio formulazione</i> ≥ 65 ≥ 1.0 mm ≤ 1.2 mm/m</p>																																																		
<table border="1" style="margin-top: 10px; width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>setacci UNI EN 13043</th> <th>Percentuale (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.063</td><td>8</td></tr> <tr><td>0.125</td><td>10</td></tr> <tr><td>0.25</td><td>11</td></tr> <tr><td>0.5</td><td>12</td></tr> <tr><td>1</td><td>14</td></tr> <tr><td>2</td><td>16</td></tr> <tr><td>4</td><td>18</td></tr> <tr><td>6.3</td><td>25</td></tr> <tr><td>8</td><td>45</td></tr> <tr><td>12.5</td><td>70</td></tr> <tr><td>16</td><td>75</td></tr> <tr><td>20</td><td>100</td></tr> <tr><td>32</td><td>100</td></tr> <tr><td>40</td><td>100</td></tr> </tbody> </table>	setacci UNI EN 13043	Percentuale (%)	0.063	8	0.125	10	0.25	11	0.5	12	1	14	2	16	4	18	6.3	25	8	45	12.5	70	16	75	20	100	32	100	40	100	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 50%;">12.5</td><td style="width: 50%;">100</td></tr> <tr><td>10</td><td>75-100</td></tr> <tr><td>8</td><td>50-70</td></tr> <tr><td>6.3</td><td>18-45</td></tr> <tr><td>4</td><td>16-25</td></tr> <tr><td>2</td><td>14-22</td></tr> <tr><td>1</td><td>12-20</td></tr> <tr><td>0.50</td><td>11-18</td></tr> <tr><td>0.25</td><td>10-17</td></tr> <tr><td>0.063</td><td>8-14</td></tr> </table> <p style="margin-top: 10px;">% bitume : 5.2÷5.8</p>	12.5	100	10	75-100	8	50-70	6.3	18-45	4	16-25	2	14-22	1	12-20	0.50	11-18	0.25	10-17	0.063	8-14
setacci UNI EN 13043	Percentuale (%)																																																		
0.063	8																																																		
0.125	10																																																		
0.25	11																																																		
0.5	12																																																		
1	14																																																		
2	16																																																		
4	18																																																		
6.3	25																																																		
8	45																																																		
12.5	70																																																		
16	75																																																		
20	100																																																		
32	100																																																		
40	100																																																		
12.5	100																																																		
10	75-100																																																		
8	50-70																																																		
6.3	18-45																																																		
4	16-25																																																		
2	14-22																																																		
1	12-20																																																		
0.50	11-18																																																		
0.25	10-17																																																		
0.063	8-14																																																		

SLURRY SEAL 9 mm

AGGREGATI																																																																			
<ul style="list-style-type: none"> GROSSO (> 2 mm) % di frantumato coefficiente di frammentazione (Los Angeles) coefficiente di levigabilità accelerata (CLA) indice di appiattimento indice di forma FINO (< 2 mm) % di frantumato equivalente in sabbia ADDITIVI (cemento Portland) 	100% $\leq 15\%$ (LA ₁₅) ≥ 0.48 (PSV ₅₀) $< 12\%$ (FI ₁₅) $< 15\%$ (SI ₁₅) $\geq 85\%$ ≥ 80																																																																		
EMULSIONE BITUMINOSA MODIFICATA																																																																			
<ul style="list-style-type: none"> LEGANTE RESIDUO contenuto Penetrazione a 25°C Punto di rammollimento (palla- anello) Punto di rottura Fraass, massimo viscosità a 80° C	60% 50-70 dmm 55-65° C $\leq - 15^\circ$ C 80÷130 Pa·s																																																																		
MALTA BITUMINOSA																																																																			
C.A.T. (Coefficiente Aderenza Trasversale) x100 M.P.D. (Mean Profile Depth) I.R.I. (International Roughness Index)	≥ 65 ≥ 1.0 mm ≤ 1.2 mm/m																																																																		
<p>setacci UNI EN 13043</p> <table border="1"> <caption>Data points from the sieve analysis graph</caption> <thead> <tr> <th>Sieve Size (mm)</th> <th>Cumulative % (Upper Curve)</th> <th>Cumulative % (Lower Curve)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.063</td><td>8</td><td>4</td></tr> <tr><td>0.125</td><td>23</td><td>11</td></tr> <tr><td>0.25</td><td>32</td><td>17</td></tr> <tr><td>0.5</td><td>43</td><td>26</td></tr> <tr><td>1</td><td>55</td><td>36</td></tr> <tr><td>2</td><td>77</td><td>54</td></tr> <tr><td>4</td><td>90</td><td>79</td></tr> <tr><td>6.3</td><td>100</td><td>100</td></tr> <tr><td>8</td><td>100</td><td>100</td></tr> <tr><td>12.5</td><td>100</td><td>100</td></tr> <tr><td>16</td><td>100</td><td>100</td></tr> <tr><td>20</td><td>100</td><td>100</td></tr> <tr><td>25</td><td>100</td><td>100</td></tr> <tr><td>32</td><td>100</td><td>100</td></tr> <tr><td>40</td><td>100</td><td>100</td></tr> </tbody> </table>	Sieve Size (mm)	Cumulative % (Upper Curve)	Cumulative % (Lower Curve)	0.063	8	4	0.125	23	11	0.25	32	17	0.5	43	26	1	55	36	2	77	54	4	90	79	6.3	100	100	8	100	100	12.5	100	100	16	100	100	20	100	100	25	100	100	32	100	100	40	100	100	<table border="0"> <tr><td>12.5</td><td>100</td></tr> <tr><td>8</td><td>79-100</td></tr> <tr><td>6.3</td><td>70-90</td></tr> <tr><td>4</td><td>54-77</td></tr> <tr><td>2</td><td>36-55</td></tr> <tr><td>1</td><td>12-20</td></tr> <tr><td>0.50</td><td>11-18</td></tr> <tr><td>0.25</td><td>10-17</td></tr> <tr><td>0.063</td><td>8-14</td></tr> </table> dosaggio : 13 kg/m ² % legante : 5.5÷7.5	12.5	100	8	79-100	6.3	70-90	4	54-77	2	36-55	1	12-20	0.50	11-18	0.25	10-17	0.063	8-14
Sieve Size (mm)	Cumulative % (Upper Curve)	Cumulative % (Lower Curve)																																																																	
0.063	8	4																																																																	
0.125	23	11																																																																	
0.25	32	17																																																																	
0.5	43	26																																																																	
1	55	36																																																																	
2	77	54																																																																	
4	90	79																																																																	
6.3	100	100																																																																	
8	100	100																																																																	
12.5	100	100																																																																	
16	100	100																																																																	
20	100	100																																																																	
25	100	100																																																																	
32	100	100																																																																	
40	100	100																																																																	
12.5	100																																																																		
8	79-100																																																																		
6.3	70-90																																																																		
4	54-77																																																																		
2	36-55																																																																		
1	12-20																																																																		
0.50	11-18																																																																		
0.25	10-17																																																																		
0.063	8-14																																																																		

SLURRY SEAL 6 mm

AGGREGATI																			
<ul style="list-style-type: none"> GROSSO (> 2 mm) % di frantumato coefficiente di frammentazione (Los Angeles) coefficiente di levigabilità accelerata (CLA) indice di appiattimento indice di forma FINO (< 2 mm) % di frantumato equivalente in sabbia ADDITIVI (cemento Portland) 	100% $\leq 15\%$ (LA ₁₅) ≥ 0.48 (PSV ₅₀) $< 12\%$ (FI ₁₅) $< 15\%$ (SI ₁₅) $\geq 85\%$ ≥ 80																		
EMULSIONE BITUMINOSA MODIFICATA																			
<ul style="list-style-type: none"> LEGANTE RESIDUO contenuto Penetrazione a 25°C Punto di rammollimento (palla- anello) Punto di rottura Fraass, massimo viscosità a 80° C	60% 50-70 dmm 55-65° C $\leq - 15^\circ \text{C}$ 80÷130 Pa·s																		
MALTA BITUMINOSA																			
C.A.T. (Coefficiente Aderenza Trasversale) x100 M.P.D. (Mean Profile Depth) I.R.I. (International Roughness Index)	≥ 65 $\geq 1.0 \text{ mm}$ $\leq 1.2 \text{ mm/m}$																		
	<table border="0"> <tr> <td>10</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>91-100</td> </tr> <tr> <td>6.3</td> <td>80-93</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>61-82</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>40-64</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>29-49</td> </tr> <tr> <td>0.50</td> <td>18-33</td> </tr> <tr> <td>0.25</td> <td>11-22</td> </tr> <tr> <td>0.063</td> <td>5-15</td> </tr> </table> <p>dosaggio : 8÷15 kg/m² % legante : 6.5÷8.5</p>	10	100	8	91-100	6.3	80-93	4	61-82	2	40-64	1	29-49	0.50	18-33	0.25	11-22	0.063	5-15
10	100																		
8	91-100																		
6.3	80-93																		
4	61-82																		
2	40-64																		
1	29-49																		
0.50	18-33																		
0.25	11-22																		
0.063	5-15																		

SLURRY SEAL 4 mm

AGGREGATI																	
<ul style="list-style-type: none"> GROSSO (> 2 mm) % di frantumato coefficiente di frammentazione (Los Angeles) coefficiente di levigabilità accelerata (CLA) indice di appiattimento indice di forma FINO (< 2 mm) % di frantumato equivalente in sabbia ADDITIVI (cemento Portland) 	100% ≤ 15% (LA ₁₅) ≥ 0.48 (PSV ₅₀) < 12% (FI ₁₅) < 15% (SI ₁₅) ≥ 85% ≥ 80																
EMULSIONE BITUMINOSA MODIFICATA																	
<ul style="list-style-type: none"> LEGANTE RESIDUO contenuto Penetrazione a 25°C Punto di rammollimento (palla- anello) Punto di rottura Fraass, massimo viscosità a 80° C	60% 50-70 dmm 55-65° C ≤ - 15° C 80÷130 Pa·s																
MALTA BITUMINOSA																	
C.A.T. (Coefficiente Aderenza Trasversale) x100 M.P.D. (Mean Profile Depth) I.R.I. (International Roughness Index)	≥ 65 ≥ 1.0 mm ≤ 1.2 mm/m																
<p>setacci UNI EN 13043</p>	<table border="0"> <tr> <td>8</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>6.3</td> <td>90-100</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>80-97</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>59-84</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>42-64</td> </tr> <tr> <td>0.50</td> <td>27-44</td> </tr> <tr> <td>0.25</td> <td>16-28</td> </tr> <tr> <td>0.063</td> <td>5-15</td> </tr> </table> dosaggio : 7÷12 kg/m ² % legante : 7.5÷10.5	8	100	6.3	90-100	4	80-97	2	59-84	1	42-64	0.50	27-44	0.25	16-28	0.063	5-15
8	100																
6.3	90-100																
4	80-97																
2	59-84																
1	42-64																
0.50	27-44																
0.25	16-28																
0.063	5-15																

CAPITOLO 7 BARRIERE STRADALI ED OPERE ACCESSORIE

7.1 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.

7.2 BARRIERE IN CALCESTRUZZO TIPO NEWJERSEY

La barriera di sicurezza multimpiego in calcestruzzo, denominata anche "barriera tipo NewJersey", trova largo uso in opere di delimitazione stradale e nella stragrande maggioranza dei casi si prescrive in forma prefabbricata a motivo della migliore finitura del prodotto e della presenza di certificazioni tecniche rilasciate in allegato dallo stabilimento di produzione.

Tale barriera antiurto, in qualsiasi configurazione sia progettualmente richiesta (es. spartitraffico, protezione laterale, ecc.) sarà conforme alle classi di contenimento con crash-test positivo ai sensi del D.M. 2367/2004 ed alla norma UNI EN 1317.

Il suo profilo sarà volto a minimizzare il danno ai veicoli in caso di contatto accidentale, mantenendo nel contempo la capacità di prevenzione di salti alla corsia opposta con conseguenti scontri frontali. Il risultato sarà ottenuto permettendo alle gomme del veicolo di salire sul piede a base inclinata, la cui pendenza obbligherà la ruota e quindi il veicolo ad allontanarsi dalla barriera.

Con le dovute predisposizioni il sistema risulta essere anche un valido supporto per recinzioni e cancelli, una protezione per scarpate o pendii, curve stradali o altre casistiche progettualmente indicate.

Per evitare l'alterazione della struttura costituita da calcestruzzo, con conseguenti fessurazioni e corrosione dei ferri di armatura, sarà necessaria una miscela di composizione con caratteristiche fisiche notevoli in quanto a durabilità. Tutti gli elementi dovranno essere idonei per l'utilizzo anche in ambienti montani sottoposti a cicli di gelo-disgelo (dove di solito avviene l'utilizzo di sali disgelanti per le strade) e/o in ambienti marini sottoposti a contatto diretto con l'acqua di mare o ad aerosol marino.

Il calcestruzzo costituente il manufatto, dovrà essere classificabile come "ad alta prestazione e resistenza", con profilo esterno liscio e privo di alcuna imperfezione (es. fessure, vuoti, ecc.).

A prescindere dal sito e dalla natura di impiego del manufatto prefabbricato, dovranno essere impiegati:

calcestruzzo armato vibrato

- cemento 42,5 R o superiore
- armatura in acciaio Fe B450C
- elementi con resistenza a compressione almeno da 600 Kg/cm² (UNI EN 12390-3)
- elementi con classe di esposizione (UNI EN 206): **XF4** (resistente all'attacco di cicli di gelo-disgelo in condizioni di elevata saturazione con agente antigelo oppure acqua di mare) e/o **XS3** (resistente alla corrosione da cloruri presenti nell'acqua marina)
- elementi con resistenza a flessione unitaria (UNI EN 196-1) da 60 N/cm²
- elementi prefabbricati in cls adatti all'utilizzo per recinzione con capacità portante (UNI EN 12839)
- cls resistente ai cicli di gelo-disgelo (UNI 7087) 0,7 daN/m²
- capacità di assorbimento d'acqua: < 6%
- prova di adesione vernice-supporto (UNI 8298-1) (Forza media = 1,0 ton).

La finitura finale della barriera dovrà essere:

- colorata con vernice a base di quarzo e resine acriliche lavabile ed idrorepellente ovvero
- colorata con specifica verniciatura assorbi smog e autopulente costituita da un rivestimento protettivo trasparente, antinquinamento e antibatterico al biossido di titanio ovvero
- realizzata in ghiaio lavato e spaccato, nel caso di ambientazioni di pregio o in contesti di arredo urbano.

Accessori forniti in opera con il manufatto

- Gruppi piastra di collegamento in acciaio da montare alla base delle barriere o fissare solidamente al terreno con forme di piastre ad "L".
- Fori verticali passanti ove sarà possibile inserire pali tondi, pali piatti o a T di diverse dimensioni per la realizzazione di una recinzione o l'installazione di segnaletica verticale.
- Piastre in acciaio inserite nel getto e collegate all'armatura alle quali si fisseranno, con viti inox, i montanti di eventuali cancelli autoportanti.

Tutti gli elementi accessori alla barriera saranno forniti e montati in opera per assicurarne la prestazione richiesta, in particolare comprensivi di:

- piastre con relativi tiranti, dadi, rondelle (il tutto in acciaio zincato a caldo),
- manicotti di giunzione per barre filettate,
- eventuali compensatori di quota,
- ogni altra prestazione, fornitura ed onere incluso atto ad assicurare la classifica di normativa richiesta.

7.3 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 rompe 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 T2 T3	6.2 21.5 36.6	TB21 TB22 TB41 e TB21
Contenimento normale N1 N2	43.3 81.9	TB31 TB32 e TB11
Contenimento più elevato H1 H2 H3	126.6 287.5 462.1	TB42 e TB11 TB51 e TB11 TB61 e TB11
Contenimento molto elevato H4a H4b	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
TB11	100	20	900	autovettura
TB21	80	8	1300	autovettura
TB22	80	15	1300	autovettura
TB31	80	20	1500	autovettura
TB32	110	20	1500	autovettura
TB41	70	8	10000	autocarro
TB42	70	15	10000	autocarro
TB51	70	20	13000	autobus
TB61	80	20	16000	autocarro
TB71	65	20	30000	autocarro
TB81	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	
A	*ASI <= 1,0	*THIV <= 33 km/h
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.

Specifiche tecniche richieste per barriera di sicurezza in acciaio ondulato

Si vedano i particolari costruttivi del progetto

I valori effettivi e normalizzati di deflessione dinamica, larghezza operativa e intrusione del veicolo sono ricavabili dal rapporto di prova del prodotto.

7.4 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.

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 schiacteranno 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.

7.5 DELIMITAZIONI IN PLASTICA TIPO NEWJERSEY

La barriera stradale tipo NewJersey in polietilene (PE) trova largo impiego in opere di delimitazione stradale temporanea, delimitazione di spazi, parcheggi, piste e simili come pure nella cantieristica urbana.

Attraverso il sistema di fissaggio delle barriere si dovrà consentire la realizzazione di configurazioni lineari, curvilinee e altre forme indicate dal progetto o dalla Direzione Lavori.

Solitamente di colorazione rossa o bianca o secondo prescrizione progettuale, di colore prescritto dal D.LL e dal Committente, le barriere dovranno essere cave per poterle zavorrare e riempire di acqua o sabbia e garantirne la stabilità sul piano stradale.

Le barriere saranno costruite con stampaggio rotazionale senza giunzioni né saldature, in modo da assicurare maggiore durata e resistenza agli agenti atmosferici rispetto alle barriere realizzate con tecniche ad iniezione o accoppiamento.

Tutti i modelli dovranno essere predisposti per il collegamento degli elementi fra loro e con le seguenti caratteristiche:

- Materiale: polietilene ad alta densità;
- Resistenza agli agenti atmosferici e inalterabilità dei colori nel tempo (trattamento anti UV);
- Intervallo temperatura di esercizio: da - 30°C a + 60°C.

Gli elementi della barriera potranno essere forniti, a richiesta, completi di delineatori rifrangenti, di barra di collegamento e predisposizione per l'inserimento di pali per segnaletica verticale.

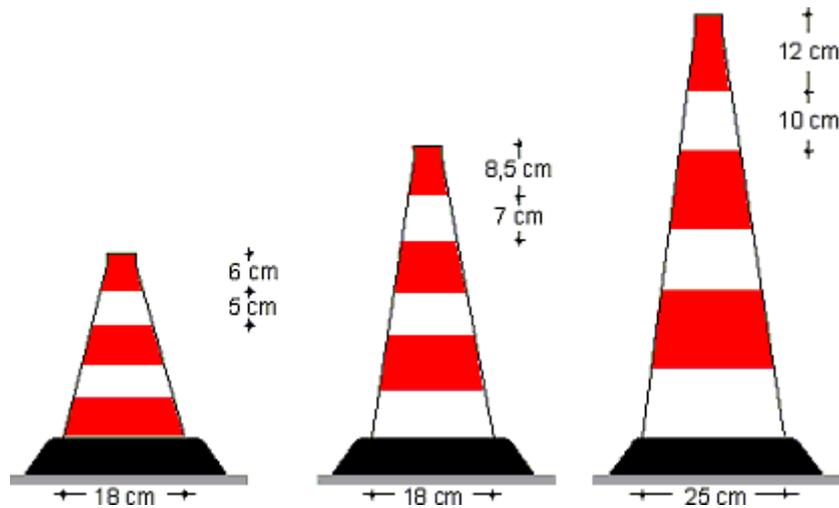
La barriera stradale sarà dotata di due tappi filettati posti rispettivamente nella parte superiore (carico) e nella parte inferiore al fine di scaricare la zavorra (acqua o sabbia).

7.6 CONI E DELINEATORI FLESSIBILI

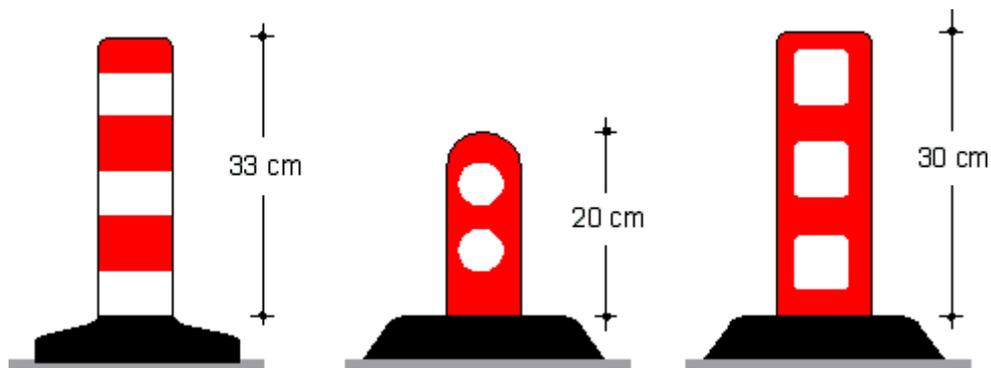
Il cono può essere usato per delimitare ed evidenziare zone di lavoro o operazioni di manutenzione stradale di durata non superiore ai due giorni, per il tracciamento di segnaletica orizzontale, incanalamenti temporanei, separazione provvisoria di opposti sensi di marcia e delimitazione di ostacoli provvisori.

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.



7.7 RALLENTATORI DI VELOCITÀ

Sulla strada, per tutta la larghezza della carreggiata, ovvero per una o più corsie nel senso di marcia interessato, si adatteranno 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 11154 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 antisdrucchiole.

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.