



# REGIONE DEL VENETO

AREA TUTELA E SVILUPPO DEL TERRITORIO - DIREZIONE INFRASTRUTTURE TRASPORTI E LOGISTICA

UO INFRASTRUTTURE STRADE E CONCESSIONI

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO  
Ing. Marco d'Elia

SISTEMA FERROVIARIO METROPOLITANO REGIONALE

**S. F. M. R.**

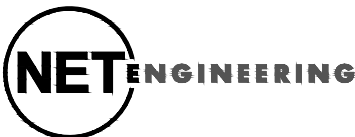

(Atto del 06/12/2016)

LINEE VENEZIA-QUARTO D'ALTINO e MESTRE-TREVISO

ELIMINAZIONE DEI P.L. AL km 1+337 e km 1+445

**VENEZIA - Via Gazzera Alta**

PROGETTO ESECUTIVO

INTERVENTO 1.09bis				N° ELABORATO	
ELABORATI TECNICO ECONOMICI				18.09.00.00	
Capitolato speciale d'appalto - Norme tecniche Sovrastruttura stradale				SCALA -	
				NOME FILE 0409E04-18090000-DCT008_E00	
E00	Emissione	10/2019	D. Clauser	D. Clauser	M. Fioratti
Revisione	Descrizione	Data	Redatto	Verificato	Approvato
COMMESSA	DOCUMENTO	REV.	TAVOLA		
0409E04	D CT 008	E00	1 di 1		
Il Direttore Tecnico Ing. Stefano Susani		Il Progettista e Responsabile dell'integrazione fra le prestazioni specialistiche Ing. Michele Fioratti			
 Via Squero, 12 - 35043 Monselice (PD)					



## INDICE

<b>1</b>	<b>QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI.....</b>	<b>2</b>
1.1	CONDIZIONI GENERALI D'ACCETTAZIONE - PROVE DI CONTROLLO .....	2
1.2	CARATTERISTICHE DEI VARI MATERIALI .....	3
<b>2</b>	<b>NORME PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI.....</b>	<b>6</b>
2.1	FONDAZIONI STRADALI, SOTTOFONDI, PAVIMENTAZIONI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO.....	6
2.1.1	Strato di fondazione in misto granulometricamente stabilizzato .....	6
2.1.2	Strato di fondazione (sottobase) in misto cementato .....	14
2.1.3	Stabilizzazione in sito.....	24
2.1.4	Conglomerati bituminosi a caldo.....	48
2.2	MISURAZIONE DEI LAVORI .....	82
2.2.1	Strato di fondazione .....	83
2.2.2	Strato di base.....	83
2.2.3	Strato di collegamento .....	84
2.2.4	Strato di usura.....	84
2.3	PENALITÀ E LIMITI DI ACCETTAZIONE .....	85
2.3.1	Aderenza.....	86
2.3.2	Regolarità.....	87
2.3.3	Spessore degli strati .....	87
2.3.4	Dosaggio di Bitume.....	87
2.3.5	Aggregati.....	88
2.3.6	Conglomerato bituminoso.....	89
2.4	PAVIMENTAZIONE IN MASSELI DI CLS.....	91

# **1 QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI**

## **1.1 CONDIZIONI GENERALI D'ACCETTAZIONE - PROVE DI CONTROLLO**

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

Si precisa che le indicazioni normative riportate nelle presenti norme si intendono sempre riferite alla versione più recente delle stesse, comprensiva di eventuali atti di modificazione, integrazione e/o sostituzione.

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

In ogni caso i materiali, prima della posa in opera, dovranno essere riconosciuti idonei ed accettati dalla Direzione Lavori; l'accettazione dei materiali non è comunque definitiva se non dopo che siano stati posti in opera e l'opera sia stata collaudata.

Nel caso in cui la Direzione Lavori abbia rifiutato una qualsiasi provvista come non atta all'impiego, l'Appaltatore dovrà sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche volute; i materiali rifiutati dovranno essere allontanati immediatamente dal cantiere a cura e spese dello stesso Appaltatore.

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

L'Appaltatore sarà obbligato a prestarsi in ogni tempo alle prove dei materiali impiegati o da impiegare, anche se non incluse nelle presenti Norme, purché facenti riferimento ad una normativa in uso, sottostando a tutte le spese necessarie

per il prelievo, la formazione e l'invio dei campioni ai Laboratori indicati dalla Direzione Lavori. Fatte salve diverse prescrizioni contenute negli articoli specifici delle Norme, il costo diretto delle prove di laboratorio verrà invece sostenuto in parti uguali tra Stazione Appaltante e Appaltatore.

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

Le diverse prove ed esami sui campioni verranno effettuate presso i Laboratori Ufficiali individuati negli elenchi elaborati in conformità alla vigente normativa ed indicati univocamente dalla Stazione Appaltante.

## 1.2 CARATTERISTICHE DEI VARI MATERIALI

I materiali da impiegare nei lavori dovranno avere i requisiti fissati qui di seguito e negli articoli successivi; dovranno pertanto essere forniti di una idonea certificazione d'origine, che attesti la conformità delle proprie caratteristiche alle specifiche richieste nelle presenti Norme.

Nel caso di mancanza di tale certificazione, il materiale non verrà ritenuto idoneo all'impiego ed verrà immediatamente allontanato dal cantiere, a totale cura e spese dell'Appaltatore.

In caso di difformità con quanto fissato nel presente articolo, varrà quanto prescritto dalla Norma specifica.

**A) Acqua:** dovrà essere dolce, limpida, non inquinata da materie organiche o comunque dannose all'uso a cui l'acqua medesima è destinata e rispondere ai requisiti stabiliti dalle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge 1086/1971 e alla UNI-EN 1008;

**B) Leganti idraulici - Calci aeree - Pozzolane:** dovranno corrispondere alle prescrizioni:

- della Legge 595/1965;
- delle "Norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei leganti idraulici" D.M. 14/01/1966, modificato con D.M. 03/06/1968, D.M. 31/08/1972, D.M. 13/09/1993;
- delle "Norme per l'accettazione delle calce aeree" R.D. 2231/1939;
- delle "Norme per l'accettazione delle pozzolane e dei materiali a comportamento pozzolanico", R.D. 2230/1939;
- UNI EN 197-1.

I materiali dovranno trovarsi, al momento dell'uso, in perfetto stato di conservazione.

Il loro impiego nella preparazione di malte e conglomerati cementizi dovrà avvenire con l'osservanza delle migliori regole dell'arte.

**C) Ghiaie - Ghiaietti - Pietrischi - Pietrischetti - Sabbie per opere murarie:** dovranno essere provvisti di marcatura CE e conformi alle norme UNI-EN 8520-2.

Le dimensioni massime degli aggregati costituenti la miscela dovranno essere inerti assortiti, con diametro massimo di 30 mm (D30), compatibili con quanto prescritto nel D.M. 09/01/1996 e in ogni caso le maggiori fra quelle previste come compatibili per la struttura a cui il conglomerato cementizio è destinato.

Per le caratteristiche di forma valgono le prescrizioni fissate dall'art. 2 delle Norme citate nel seguente comma D).

Si tratta di materiali da impiegarsi nella formazione dei conglomerati cementizi, escluse le pavimentazioni.

**D) Pietrischi - Pietrischetti - Graniglie - Sabbie - Additivi per pavimentazioni:** dovranno soddisfare i requisiti stabiliti nelle corrispondenti



"Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali" del C.N.R. (Fascicolo num. 4, Ed. 1953 ed eventuali successive modificazioni ed integrazioni) ed essere rispondenti alle specifiche riportate nelle rispettive norme di esecuzione lavori.

**E) Ghiaie - Ghiaietti per pavimentazioni:** dovranno corrispondere, come pezzatura e caratteristiche, ai requisiti stabiliti nella "Tabella UNI 2710 - Ed. giugno 1945" ed eventuali successive modificazioni ed integrazioni.

Dovranno essere costituiti da elementi sani e tenaci, privi di elementi alterati, essere puliti e praticamente esenti da materie eterogenee, non presentare perdita di peso, per decantazione in acqua, superiore al 2%.

## 2 NORME PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI

L'Appaltatore dovrà eseguire le opere in ottemperanza alle Leggi, ai regolamenti vigenti ed alle prescrizioni degli Enti competenti in materia di Lavori Pubblici.

Ove non sia presente una disciplina normativa, verranno adottate norme e raccomandazioni tecniche di Enti di unificazione nazionali riconosciuti (UNI, CEI, CNR, etc.). Resta facoltà dell'Appaltatore proporre soluzioni tecniche, sistemi costruttivi e materiali rispondenti a normative analoghe di Enti di pari grado appartenenti a paesi membri UE.

Pertanto, fermo restando ogni altra responsabilità dell'Appaltatore a termini di legge, esso rimane l'unico e completo responsabile della esecuzione delle opere.

Le presenti Norme Tecniche determinano in modo prioritario le modalità esecutive, i materiali e le lavorazioni; in altre parole, nel caso di discrepanze e difformità tra Norma Tecnica e descrizione delle lavorazioni contenuta nell'Elenco Prezzi, dovrà essere seguito, obbligatoriamente, quanto previsto nelle Norme Tecniche.

### 2.1 FONDAZIONI STRADALI, SOTTOFONDI, PAVIMENTAZIONI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO

#### 2.1.1 *Strato di fondazione in misto granulometricamente stabilizzato*

##### 2.1.1.1 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, purché rispondente ai requisiti richiesti per la miscela di aggregati.

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

#### **2.1.1.2 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 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:



<b>Setacci UNI (serie base + gruppo 2)</b>	<b>Passante in peso</b>
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 “Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione”, non deve essere superiore al 30% in peso (LA<sub>30</sub>).

5) L'equivalente in sabbia misurato sulla frazione passante al setaccio UNI 4 mm, secondo la norma UNI EN 933-8 “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 40 e 80%. (La prova va eseguita con dispositivo meccanico di scuotimento.) Il limite superiore ed 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 7).

6) I suddetti controlli dovranno essere ripetuti sul materiale prelevato dopo costipamento in situ.

7) L'indice di portanza californiano CBR, secondo la normativa UNI EN 13286-47 “Miscele 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 (eseguito sul materiale passante al crivello UNI 25mm), deve risultare non inferiore al 50%. L'indice C.B.R., inoltre, non dovrà scendere al di sotto del valore anzidetto per variazioni dell'umidità ottima di costipamento di  $\pm 2\%$ .

8) 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 “Prove per determinare le proprietà termiche e la degradabilità degli aggregati: Determinazione della resistenza al gelo e disgelo”, non superiore al 20%.

9) L'aggregato fino (frazione di dimensioni minori di 4 mm) deve avere un Limite Liquido, ai sensi della Norma UNI CEN ISO/TS 17892-12 “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 35%.

I controlli di cui sopra dovranno anche essere eseguiti per il materiale prelevato dopo costipamento.

### **2.1.1.3 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 soddisfare al meglio i 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 trasmessa contestualmente una relazione circostanziata che illustri, in modo chiaro ed inequivocabile, alla Direzione Lavori:

- 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 “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 “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.

#### **2.1.1.4 MODALITÀ ESECUTIVE**

Il materiale verrà steso in strati di spessore finito non superiore a 20 cm 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 dello strato dovrà avere le quote, la sagoma, i requisiti di compattezza ed essere ripulito da materiale estraneo non idoneo..

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

Per il costipamento e la rifinitura verranno impiegati rulli vibranti o vibranti gommati, tutti semoventi.

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

Il costipamento dello strato dovrà essere eseguito sino a ottenere una densità in sito non inferiore al 98% della densità massima fornita dalla prova di costipamento, eseguita secondo la Norma UNI EN 13286-2 “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).

Il modulo di deformazione, misurato mediante prova di carico su piastra, misurato al primo ciclo di carico nell’intervallo di 0,15 MPa – 0,25 MPa, non dovrà essere inferiore a 50MPa e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0,45 (CNR-BU n.146/92).

La superficie finita non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm, controllata a mezzo di un regolo di 4,5 m di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali. Lo spessore dovrà essere quello prescritto, con una tolleranza

in più o in meno del 5%, purché questa differenza si presenti solo saltuariamente.

#### **2.1.1.5 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 del misto stabilizzato, secondo i requisiti di cui all'art. 2.1.1.2;
- 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. 2.1.1.4;
  - 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/mm<sup>2</sup>, 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.

## **2.1.2 Strato di fondazione (sottobase) in misto cementato**

### **2.1.2.1 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.

### **2.1.2.2 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE**

#### **2.1.2.2.1 AGGREGATI**

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 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 aggregati.

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, purché rispondenti ai requisiti richiesti per la miscela di aggregati.

Gli aggregati 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:

<b>Setacci UNI (serie base + gruppo 2)</b>	<b>Passante in peso</b>
Setaccio 63	100
Setaccio 40	80-100
Setaccio 20	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, non superiore al 30% (LA<sub>30</sub>):

4) Equivalente in sabbia, secondo la norma UNI EN 933-8, compreso fra 30 e 60 %.

5) Qualora ritenuto necessario dalla Direzione Lavori, l'aggregato grosso (frazione di dimensioni maggiori di 2 mm) dovrà avere:

5a) sensibilità al gelo, determinata secondo la Norma UNI EN 1367-1, non superiore al 30%;

5b) coefficiente di usura determinato con la prova Micro-Deval, secondo la Norma UNI EN 1097-1 "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 4 mm) deve avere un Limite



Liquido, ai sensi della Norma UNI CEN ISO/TS 17892-12 “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, nell’aggregato fino deve essere inferiore all’1%. Così deve essere inferiore all’1%, nello stesso aggregato, il contenuto in ione SO<sub>4</sub>- e il contenuto di sostanze organiche (Norma UNI EN 1744-1).

#### **2.1.2.2.2 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.

Saranno impiegati unicamente cementi della classe di resistenza 32.5.

#### **2.1.2.2.3 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.

#### **2.1.2.3 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:

- 1) tipologia e caratteristiche dei materiali che saranno utilizzati per la realizzazione dello strato di fondazione (sottobase), con particolare riguardo a inerte e legante;
- 2) luogo, modalità e tempi del loro approvvigionamento;
- 3) luogo, modalità e tempi del loro impiego, trattamento e messa in opera;
- 4) 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;
- 5) 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), la massa volumica apparente dei granuli (UNI EN 1097-6) e tutte le caratteristiche fisiche e meccaniche indicate dal Capitolato fra i requisiti di accettazione (art. 2.1.2.2.1/2/3).

Potranno essere accettati, ad insindacabile giudizio della D.L., 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.

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), 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 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 aggregati 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/mm<sup>2</sup>; 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.

#### **2.1.2.4 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 m<sup>3</sup> 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  $\pm 5$  punti dal setaccio 25 mm al setaccio 4 mm e di  $\pm 2$  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  $\pm 0,3$  punti.

#### **2.1.2.5 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. 2.1.2.2/3, fatte salve le prescrizioni di cui all'art. 2.1.2.4. 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. 2.1.2.3.

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.

#### **2.1.2.6 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 1-2 kg/m<sup>2</sup>, in relazione al tempo ed alla intensità del traffico di cantiere cui esso potrà venire sottoposto; successivamente si provvederà allo spargimento di sabbia.

#### **2.1.2.7 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. 2.2.2.2.3.

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 m<sup>3</sup> 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/ mm<sup>2</sup> per la resistenza a trazione indiretta).

Il modulo di deformazione Md determinato con prova di carico su piastra al primo ciclo di carico, nell'intervallo di pressione compreso tra 0,15 e 0,25 N/ mm<sup>2</sup>, 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.

### **2.1.3 Stabilizzazione in sito**

Per verificare la compatibilità del terreno esistente in sito al trattamento con leganti dovranno essere prelevati dei campioni da sottoporre a prove di laboratorio, con oneri a carico dell'Appaltatore.

#### **2.1.3.1 STABILIZZAZIONE DI TERRENI NATURALI A CEMENTO**

##### **2.1.3.1.1 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.

**2.1.3.1.2 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE****2.1.3.1.2.1 Aggregati**

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 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:

<b>Setacci UNI (serie base + gruppo 2)</b>	<b>Passante in peso</b>
Setaccio 63	100
Setaccio 40	88-100
Setaccio 20	79-100
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.L. potrà permetterne la correzione mediante aggiunta di aggregati 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 aggregati non dovranno avere forma allungata o lenticolare e la perdita in peso Los Angeles (UNI EN 1097-2 “Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione”) non superiore a 30% in peso.

<b>Setacci UNI (serie base + gruppo 2)</b>	<b>Passante in peso</b>
Setaccio 63	100
Setaccio 40	87-100
Setaccio 20	79-100
Setaccio 8	75-95
Setaccio 4	43-60
Setaccio 2	30-43
Setaccio 0,5	18-30
Setaccio 0,25	7-15
Setaccio 0,063	5-10

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

#### *2.1.3.1.2.2 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.

Saranno impiegati unicamente cementi della classe di resistenza 32.5.

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

#### *2.1.3.1.2.3 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 riumidificare il misto miscelato, prima della rullatura.

#### **2.1.3.1.3 STUDIO DELLA MISCELA IN LABORATORIO**

Si richiamano espressamente le norme di cui al punto 2.1.2.3.

#### **2.1.3.1.4 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.L. 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.L.

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 2.1.3.1.2.1), salvo diverso avviso della D.L.

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.L.). 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 2.1.2.5.

#### **2.1.3.1.5    *NORME DI CONTROLLO DELLE LAVORAZIONI***

Si richiamano espressamente le norme di cui al punto 2.1.2.7.

#### **2.1.3.1.6    *PROTEZIONE SUPERFICIALE***

Si richiamano espressamente le norme di cui al punto 2.1.2.6.

## 2.1.3.2 TRATTAMENTO DELLE TERRE CON CALCE

### 2.1.3.2.1 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.

### 2.1.3.2.2 MATERIALI

#### 2.1.3.2.2.1 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.

#### 2.1.3.2.2.2 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 preferibile 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:

2.1.3.2.2.1.1 Requisito	Calce Viva	Calce Idrata
CO <sub>2</sub>	≤ 5%	-
<b>Titolo in ossidi liberi</b>		
(CaO+MgO) <sup>(*)</sup>	≥ 84%	-
Tenore in MgO	≤ 10%	≤ 8%
Titolo in idrati totali (CaOH <sub>2</sub> )	-	> 85%
SiO <sub>2</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +SO <sub>3</sub>	≤ 5%	≤ 5%
Umidità	-	≤ 2%

**Nota<sup>(\*)</sup>** : La determinazione del titolo in ossidi liberi espresso come CaO dovrà essere effettuata secondo la formula (100-I-2.27

\*CO<sub>2</sub> -X) dove:

I = percentuale di impurezze (SiO<sub>2</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + SO<sub>3</sub>);

X è la percentuale di acqua legata chimicamente

Le caratteristiche granulometriche saranno le seguenti:

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



#### 2.1.3.2.2.3 *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).

#### 2.1.3.2.3 *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.

#### *2.1.3.2.3.1 Identificazione del terreno*

Per trattamenti di terre in sito si preleveranno campioni da pozzetti esplorativi ogni 2000 m<sup>2</sup> 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).

#### *2.1.3.2.3.2 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. 2.1.3.2.5.

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  $\leq 20$  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:

- Analisi granulometrica continua
- Indice di plasticità e di consistenza
- Indice CBR imbibito (a 7 e 28 giorni)
- Indice IPI. Si ricercherà la minima percentuale di calce che consenta di ottenere un IPI  $> 10$
- Prova Proctor Standard
- Prova di compressione semplice (a 1, 7 e 28 giorni)
- 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%
- 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  $W_{opt} \pm 2\%$ .

#### 2.1.3.2.3.3 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 2.1.3.2.3.1 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 ( $c'$ ,  $\phi'$ ,  $c_u$ ), sia nelle condizioni "tal quali" (28 giorni ) che nelle condizioni, dopo 28 giorni di maturazione, indicate nel seguito:
  - 5 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.

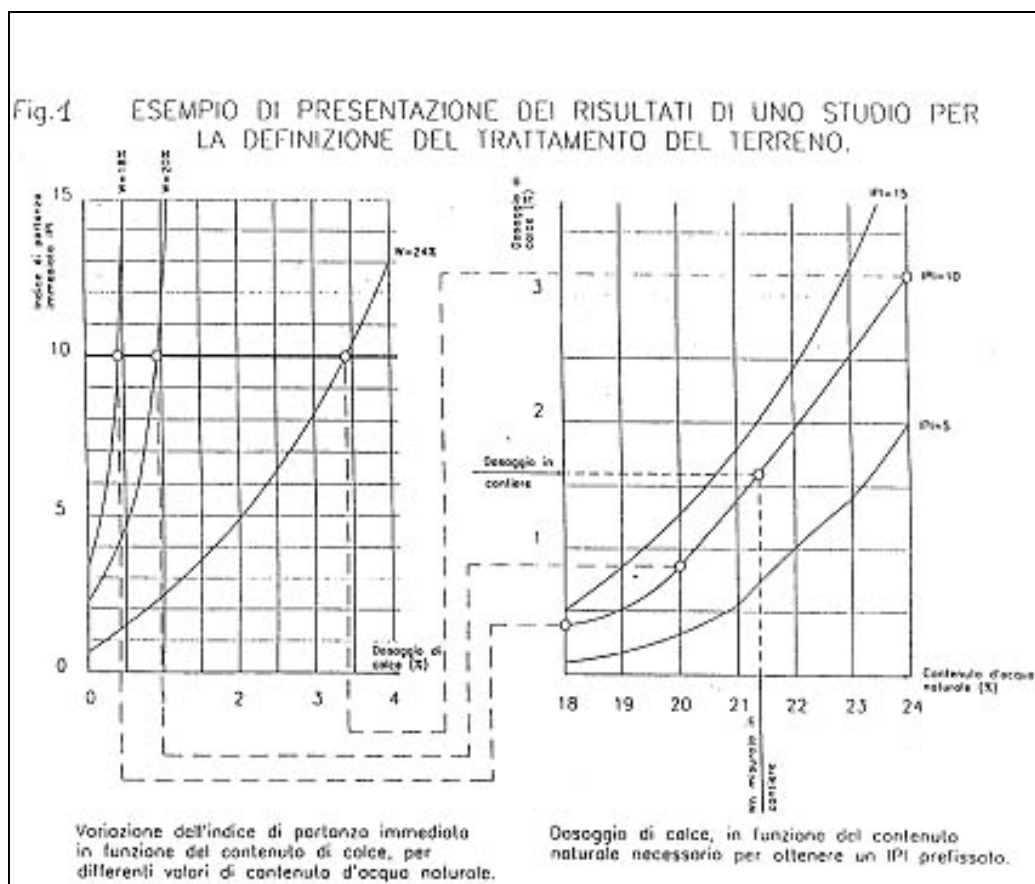
- Dovrà essere determinato, sulla base delle prove di densità in situ di cui al par. 2.1.3.2.5.5, il valore medio di riferimento  $\gamma_{d,med}$ , da utilizzare secondo i criteri di cui al suddetto paragrafo.  $\gamma_{d,med}$  rappresenta la media di tutte le prove di densità in situ condotte nel 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. 2.1.3.2.5.5, 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.

#### 2.1.3.2.3.4 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



#### 2.1.3.2.4 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.

##### 2.1.3.2.4.1 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.

#### *2.1.3.2.4.2 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.

#### *2.1.3.2.4.3 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 20 cm.

#### *2.1.3.2.4.4 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 2.1.3.2.4.5 e 2.1.3.2.4.6. 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 2.1.3.2.3.

*2.1.3.2.4.5 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.

#### *2.1.3.2.4.6 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.

#### *2.1.3.2.4.7 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.

#### **2.1.3.2.5    *CONTROLLI IN CORSO D'OPERA SUI MATERIALI***

##### **2.1.3.2.5.1    *Calce***

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

Le caratteristiche della calce, riportate al par. 2.1.3.2.2.2 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> combinata, titolo in idrati totali per la calce idrata.

##### **2.1.3.2.5.2    *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 2.1.3.2.2.1.

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.

#### *2.1.3.2.5.3 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.

#### *2.1.3.2.5.4 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.

#### *2.1.3.2.5.5 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 i 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. 2.1.3.2.3.3 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 Krif ottenuto dal campo prova corrispondente, il valore di densità in situ di cui al punto successivo dovrà risultare maggiore o uguale a  $\gamma_{d,med}$ . 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  $\gamma_{d,med}$ . Se anche questa verifica non risulterà soddisfatta si procederà alla determinazione dei parametri di resistenza meccanica ( $c'$ ,  $\phi'$ ,  $c_u$ ) 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 (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.

#### **2.1.4 Conglomerati bituminosi a caldo**

I conglomerati bituminosi utilizzati dovranno soddisfare i requisiti stabiliti dalle Norme armonizzate della serie UNI EN 13108. Il materiale fornito dovrà essere corredato della Marcatura CE per i conglomerati bituminosi prodotti a caldo secondo il sistema di attestazione previsto dalla normativa vigente.

L'impresa ha l'obbligo di eseguire prove di validazione preliminari sull'idoneità dei materiali (aggregati lapidei, leganti bituminosi ed eventualmente conglomerato bituminoso di recupero) che intende utilizzare nel confezionamento delle miscele; i risultati di tali prove dovranno essere presentati all'interno dello studio di formulazione (mix design) del conglomerato. L'assenza di tali prove non potrà mai essere invocata dall'Appaltatore a richiesta di proroga alla data di consegna dei lavori.

L'impresa dovrà provvedere alla validazione delle composizioni ottimali in uscita, presso l'impianto, al fine di dimostrare che tali miscele siano realizzabili non solo in laboratorio ma anche all'impianto di produzione. A tale scopo l'Impresa dovrà presentare alla Direzione Lavori gli studi di formulazione delle composizioni ottimali, corredati dei risultati delle prove di validazione. Dette prove dovranno essere eseguite, per ogni tipo di miscela bituminosa prevista dal progetto, nello stesso anno solare in cui viene eseguita la messa in opera e prontamente aggiornate qualora dovessero verificarsi cambiamenti dei materiali costituenti o nel processo produttivo.

Ogni onere per l'esecuzione delle prove di validazione e dello studio di formulazione delle miscele (mix design) è interamente a carico dell'Appaltatore.

I requisiti, determinati mediante le prove iniziali di qualifica secondo le modalità previste dalla norma UNI EN 13108-20, dovranno essere conformi alle caratteristiche descritte nelle presenti prescrizioni tecniche al successivo paragrafo 2.1.4.1.3 "Studio di formulazione delle miscele (mix design)".

La Direzione Lavori si riserva di approvare i risultati ottenuti ed ha facoltà di richiedere all'Impresa ulteriori analisi sulle miscele e sui materiali presso un proprio laboratorio incaricato. Nel caso di discordanza tra i risultati delle prove, la D.L., se ritenuto, predisporrà l'esecuzione di ulteriori prove di laboratorio, con onere a carico dell'Appaltatore.

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

L'Impresa dovrà presidiare rigorosamente il proprio processo produttivo mediante l'esecuzione dei Controlli di Produzione in Fabbrica (FPC) secondo le modalità previste dalla norma UNI EN 13108-21. I controlli in produzione comprendono sia l'accertamento periodico dei requisiti definiti per i materiali costituenti e per i prodotti sia le verifiche sul processo di produzione dei conglomerati bituminosi.

Lo studio di formulazione delle miscele dovrà essere presentato dall'impresa

appaltatrice alla Direzione Lavori, entro giorni 7 (sette) dalla data di comunicazione di aggiudicazione definitiva, e dovrà essere di data non anteriore a sei mesi. Questo studio avrà validità per l'Ente Appaltante per i sei mesi successivi alla data di presentazione.

#### **2.1.4.1 CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATO DI BASE**

##### **2.1.4.1.1 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 12591:2002 “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.

##### **2.1.4.1.2 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE**

I materiali ed i prodotti per uso strutturale utilizzati dovranno essere identificati, qualificati ed accettati in conformità alle Norme tecniche per le costruzioni (D.M. 14.01.2008 e s.m.i.).

L'identificazione e la qualifica dei materiali dovranno essere effettuate in

conformità al Regolamento (UE) n.305/2011 del Parlamento europeo e del Consiglio del 9 marzo 2011 che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione, di seguito Regolamento prodotti da costruzione CPR 305/11.

Qualora il materiale da utilizzare sia compreso nei prodotti coperti dal predetto Regolamento, ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla Marcatura CE attestante la conformità all'Appendice ZA delle singole Norme armonizzate, secondo il sistema di attestazione previsto dalla normativa vigente. L'Impresa dovrà fornire alla DL la Dichiarazione di Prestazione (DoP) relativa ai singoli materiali impiegati, siano essi prodotti che materiali costituenti.

Tali marchiature e/o dichiarazioni dovranno essere allegate allo studio di formulazione delle miscele (mix design).

L'assenza di tali marchiature e/o dichiarazioni non potrà mai essere invocata dall'Appaltatore a richiesta di proroga alla data di consegna dei lavori.

I materiali da impiegare nei lavori dovranno corrispondere ai requisiti generali di seguito indicati.

#### *2.1.4.1.2.1 Aggregati*

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

I requisiti di accettazione degli aggregati naturali impiegati, qualora non specificato diversamente, dovranno essere conformi alle seguenti prescrizioni:

- UNI EN 932-3 “Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata”;
- Regolamento prodotti da costruzione CPR 305/11;

- Allegato ZA della Norma armonizzata UNI EN 13043 “Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti ed altre aree soggette a traffico”.

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 , non superiore al 25% ( $LA_{25}$ );
- 2) affinità tra aggregato e bitume determinata secondo la Norma UNI EN 12697-11 parte A (metodo della bottiglia rotante) superiore al 95%
- 3) se richiesto dalla Direzione Lavori, la perdita di resistenza dopo gelo e disgelo, determinata secondo la Norma UNI EN 1367-1, non dovrà essere superiore a 1 (F1);
- 4) contenuto di rocce tenere, alterate o scistose, e di rocce degradabili, ai sensi della Norma UNI EN 933-2, inferiore all’1%;

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 da sabbie di frantumazione e naturali (la percentuale di queste ultime 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, inferiore all'1%;

3) equivalente in sabbia, determinato secondo la Norma UNI EN 933-8, 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 2 mm della serie UNI EN 13043;
- avere una percentuale di passante, in peso, al setaccio 0,125 mm della serie UNI EN 13043 non inferiore a 85.
- avere una percentuale di passante, in peso, al setaccio 0,063 mm della serie UNI EN 13043 non inferiore a 70.

L'analisi granulometrica sull'additivo dovrà essere eseguita secondo la Norma UNI EN 933-10.

#### *2.1.4.1.2.2 Conglomerato bituminoso di recupero (fresato)*

Potrà essere usato conglomerato bituminoso di recupero (fresato), previa sua riduzione a pezzature compatibili con la lavorazione in essere, nella misura e nelle modalità previste dalle Norme della serie 13108.

La percentuale in peso di materiale fresato riferita al totale della miscela di aggregati non potrà superare il 25% e sarà dipendente dalle caratteristiche dell'impianto e dalla capacità dell'Impresa di gestire il processo. In tal caso le caratteristiche del conglomerato bituminoso di recupero dovranno essere determinate in conformità alla Norma UNI EN 13108-8. In particolare il cumulo deve essere privo di materie estranee ed il materiale, prima dell'impiego, deve essere opportunamente vagliato per evitare l'inserimento di elementi delle

dimensioni superiori a quelle massime della miscela finale. Devono essere accertate il tipo, la quantità e le proprietà del legante e degli aggregati costituenti.

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.

I rifiuti prodotti dall'attività dell'appaltatore, in qualità di produttore e detentore, devono essere da quest'ultimo allocati, trattati e conferiti ai sensi delle vigenti disposizioni normative in materia di tutela ambientale. Ogni onere di carattere amministrativo ed economico è a carico dell'appaltatore.

#### 2.1.4.1.2.3 Leganti

I bitumi per uso stradale dovranno essere provvisti di marcatura CE attestante la conformità all'Appendice ZA della Norma UNI EN 12591 "Bitume e leganti bituminosi - Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali" con riferimento alle informazioni complementari per i bitumi semisolidi B 50-70 o 70-100, riportate nel documento UNI/TR 11361 "Bitume e leganti bituminosi – Bitumi per applicazioni stradali di maggior utilizzo in Italia".

#### CARATTERISTICHE BITUMI SEMISOLIDI PER USI STRADALI

DETERMINAZIONE	Unità di misura	Valori	
Penetrazione a 25°C	0.1 dmm	50-70	70-100
Punto di rammollimento (palla-anello)	° C	46-54	43-51
Punto di rottura Fraass	°C	≤ - 8	≤ - 10
penetrazione residua dopo R.T.F.O.T.	%	≥ 50	≥ 46
Punto di rammollimento dopo R.T.F.O.T.	°C	≤ 11	≤ 11
Solubilità in solv. organici	%	≥ 99,0	≥ 99,0

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

- UNI EN 58 "Campionamento di leganti bituminosi";

- UNI EN 12594 “Preparazione dei campioni di prova”;
- UNI EN 1426 “Determinazione della penetrazione con ago”;
- UNI EN 1427 “Determinazione del punto di rammollimento - metodo biglia ed anello”;
- UNI EN 12593 “Determinazione del punto di rottura secondo il metodo Fraass”;
- UNI EN 12607-1 “Determinazione della resistenza all’indurimento per effetto del calore e dell’aria – Metodo RTFOT”;
- UNI EN 12592 “Determinazione della solubilità”.

#### 2.1.4.1.2.4 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. 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:

<b>Setacci ISO 565 (serie base + gruppo 2)</b>	<b>Passante in peso</b>
Setaccio 63	100
Setaccio 40	73-100
Setaccio 20	60-94
Setaccio 16	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 contenuto di bitume (gradazione 50/70) dovrà essere compreso tra il 3,6% - 4,5% in peso sulla miscela e la percentuale ottimale dovrà essere determinata attraverso uno studio di formulazione sviluppato secondo il metodo volumetrico. Per gli strati di minor spessore finito dovranno essere adottate composizioni granulometriche prossime alla curva limite superiore.

#### **2.1.4.1.3 STUDIO DI FORMULAZIONE DELLE MISCELE (MIX DESIGN)**

All'interno dello studio di formulazione dovranno essere presentati oltre ai dati sui costituenti precedentemente definiti, i dosaggi necessari per la produzione di un conglomerato bituminoso in grado di meglio soddisfare ai requisiti di accettazione previsti dalla presente Normativa Tecnica.

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.

Dovranno essere indicati:

- natura e provenienza degli aggregati mediante la certificazione della marcatura CE;
- per ciascuna frazione e per la miscela di aggregati che si intende impiegare:
  - a. la curva granulometrica (UNI EN 933-1),
  - b. la massa volumica apparente dei granuli (UNI EN 1097-6)
  - c. tutte le caratteristiche fisiche e meccaniche indicate dalle presenti prescrizioni ai paragrafi 2.1.4.1.2.1/2/3 ;

- tipo e qualità del bitume, documentato mediante certificato di marcatura CE;
- dosaggio ottimale nella miscela documentato attraverso il percorso di valutazione eseguito in laboratorio con metodo volumetrico;
- temperatura di costipamento della miscela;
- numero di giri N10, Np, Nmax derivati dalla costruzione della curva di addensamento;
- certificazione delle prestazioni meccaniche raggiungibili dal conglomerato.

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

Una volta accettato dalla Direzione Lavori lo studio della miscela proposta, l'Impresa dovrà attenersi rigorosamente, saranno tollerati scostamenti, rispetto allo studio di formulazione, a condizione che tali scostamenti non superino i valori minimi e massimi previsti dalle schede tecniche allegate al presente per singolo prodotto:

- $\pm 5\%$  sull'aggregato grosso;
- $\pm 2\%$  sull'aggregato fine;
- $\pm 1.5\%$  sulla quantità di filler;
- $\pm 0.3\%$  sulla quantità di bitume.

L'approvazione non ridurrà comunque la responsabilità dell'Appaltatore relativa al raggiungimento dei requisiti finali dei conglomerati in opera. A tal proposito si segnala la necessità di comporre la miscela ottimale in modo che essa possa rispondere sia alle richieste relative alla percentuale di vuoti quanto al grado di addensamento in opera.

Il conglomerato dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

METODO VOLUMETRICO (Norma UNI EN 12697-31) <sup>(1)</sup>	
Parametri	Valore richiesto
Vuoti a $N_{10}$ = 10 rotazioni	10 ÷ 15%
Vuoti a $N_p$ (da definire nello studio della miscela)	3 ÷ 5%
Vuoti $N_{max}$ (da definire nello studio della miscela)	> 2%
Resistenza a trazione indiretta a 25° C <sup>(2)</sup> (UNI EN 12697-23)	> 0,75 10 <sup>-3</sup> GPa
Sensibilità all'acqua <sup>(2)</sup> (UNI EN 12697-12)	≥ 75%

(1) La pressa giratoria dovrà avere la configurazione prevista nell'Allegato B della Norma UNI EN 12697-31

(2) misura eseguita su provini confezionati con un numero di rotazioni pari a  $N_p$

I valori di riferimento per il controllo delle densità saranno quelli corrispondenti alla densità ottimale di progetto  $D_G$  di provini addensati pressa giratoria; il numero di giri corrispondenti dovranno essere definiti assieme al numero massimo di giri nello studio presentato dall'Impresa.

#### 2.1.4.1.4 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%.

#### 2.1.4.1.5 *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/m<sup>2</sup>. 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.

#### **2.1.4.1.6 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.

#### **2.1.4.1.7 CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE DELLE LAVORAZIONI**

Al termine della compattazione lo strato di base dovrà avere una densità, uniforme in tutto lo spessore, non inferiore al 95% della densità giratoria di progetto  $D_p$ , rilevata su campioni prelevati all'impianto o alla stesa. La valutazione del peso di volume sarà eseguita secondo la Norma UNI EN 12697-6, 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. 2.1.4.1.5, 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.

#### **2.1.4.2 CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATI DI COLLEGAMENTO E DI USURA TRADIZIONALI**

##### **2.1.4.2.1 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.

##### **2.1.4.2.2 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE**

I materiali ed i prodotti per uso strutturale utilizzati dovranno essere identificati, qualificati ed accettati in conformità alle Norme tecniche per le costruzioni (D.M. 14.01.2008 e s.m.i.).

L'identificazione e la qualifica dei materiali dovranno essere effettuate in conformità al Regolamento (UE) n.305/2011 del Parlamento europeo e del Consiglio del 9 marzo 2011 che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione, di seguito Regolamento prodotti da costruzione CPR 305/11.

Qualora il materiale da utilizzare sia compreso nei prodotti coperti dal predetto Regolamento, ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla Marcatura CE attestante la conformità all'Appendice ZA delle singole Norme armonizzate, secondo il sistema di attestazione previsto dalla normativa vigente. L'Impresa dovrà fornire alla DL la Dichiarazione di Prestazione (DoP) relativa ai singoli materiali impiegati, siano essi prodotti che materiali costituenti.

I materiali da impiegare nei lavori dovranno corrispondere ai requisiti generali di



seguito indicati.

#### 2.1.4.2.2.1 *Aggregati*

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

I requisiti di accettazione degli aggregati naturali impiegati, qualora non specificato diversamente, dovranno essere conformi alle seguenti prescrizioni:

- UNI EN 932-3 “Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata”;
- Regolamento prodotti da costruzione CPR 305/11;
- Allegato ZA della Norma armonizzata UNI EN 13043 “Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti ed altre aree soggette a traffico”.

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):**

- 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

“Metodi di prova per la determinazione della resistenza alla frammentazione”,  
deve essere inferiore al 25% ( $LA_{25}$ );

3) affinità tra aggregato e bitume determinata secondo la Norma UNI EN 12697-11 parte A (metodo della bottiglia rotante) superiore al 95%

4) se richiesto dalla Direzione Lavori, la perdita di resistenza dopo gelo e disgelo, determinata secondo la Norma UNI EN 1367-1, non dovrà essere superiore a 1 ( $F_1$ );

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

6) l'indice di forma, secondo la Norma UNI EN 933-4, deve essere inferiore a 20 (categoria  $SI_{20}$ );

7) l'indice di appiattimento, secondo la UNI EN 933-3, deve essere inferiore al 17 (categoria  $FI_{20}$ );

8) Potrà essere usato conglomerato bituminoso di recupero (fresato) , previa sua riduzione a pezzature compatibili con la lavorazione in essere, nella misura e nelle modalità previste dalle Norme della serie 13108.

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

10) 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:**

1) il 100% del materiale deve provenire da frantumazione;

2) la perdita in peso alla prova Los Angeles, UNI EN 1097-2 “Metodi di prova per

la determinazione della resistenza alla frammentazione”, deve essere inferiore al 18% (LA<sub>20</sub>); nel caso di esecuzioni in ambiente montano (provincia di Belluno) il valore potrà essere inferiore al 20% (LA<sub>20</sub>);

3) affinità tra aggregato e bitume determinata secondo la Norma UNI EN 12697-11 parte A (metodo della bottiglia rotante) superiore al 95%;

4) se richiesto dalla Direzione Lavori, la perdita di resistenza dopo gelo e disgelo, determinata secondo la Norma UNI EN 1367-1, non dovrà essere superiore a 1% (F<sub>1</sub>);

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

6) l'indice di forma, secondo la Norma UNI EN 933-3, deve essere inferiore a 15 (SI<sub>15</sub>);

7) l'indice di appiattimento, secondo la Norma UNI EN 933-3, deve essere inferiore o uguale a 15% (FI<sub>15</sub>);

8) il coefficiente di levigatezza (PSV) delle graniglie, secondo la Norma UNI EN 1097-8, deve essere non inferiore a 0,44 (PSV<sub>50</sub>);

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; saranno ritenuti idonei anche inerti sintetici provenienti dalla frantumazione di scorie di forno elettrico purché accompagnati da opportuna documentazione comprovante la rispondenza dei requisiti necessari al loro riutilizzo in linea con la vigente legislazione.

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 naturali e di frantumazione. Dovrà inoltre rispondere ai seguenti requisiti:

- 1) la prova Los Angeles, secondo Norma UNI EN 1097-2, eseguita sul granulato da cui provengono le sabbie naturali utilizzate nella miscela, deve dare una perdita in peso non superiore al 25%.
- 2) l'equivalente in sabbia, determinato secondo la Norma UNI EN 933-8, dovrà essere non inferiore all'70% per lo strato di usura;

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

- essere completamente passanti al setaccio 2 mm della serie UNI EN 1933-10;
- avere una percentuale di passante, in peso, al setaccio 0,125 mm della serie UNI EN 1933-10 non inferiore a 85.
- avere una percentuale di passante, in peso, al setaccio 0,063 mm della serie UNI EN 1933-10 non inferiore a 70.
- Palla e anello (filler/bitume=1.5) (UNI EN 13179-1):  $\Delta R \& B > 5\%$
- essere costituiti da materiale non plastico (Limite Plastico e Indice di Plasticità non determinabili).

#### 2.1.4.2.2.2 Legante

Esso dovrà avere i requisiti prescritti dalle Norme UNI EN 12591:2002 “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.

#### 2.1.4.2.2.3 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. In ogni caso il conglomerato dovrà essere conforme anche ai sistemi di attestazione previsti dalla normativa vigente.

**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:

<b>Setacci UNI (serie base + gruppo 2)</b>	<b>Passante in peso</b>
Setaccio 25	100
Setaccio 20	88-100
Setaccio 16	75-62
Setaccio 12.5	61-83
Setaccio 8	48-71
Setaccio 4	32-56
Setaccio 2	20-45
Setaccio 1	14-36
Setaccio 0,5	9-27
Setaccio 0,25	6-19
Setaccio 0,063	4-8

Il tenore di bitume dovrà essere compreso tra il 4,1% ed il 5,5% in peso, sul peso del conglomerato (UNI EN 12697-1 e 39).

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.

Il conglomerato dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

METODO VOLUMETRICO (Norma UNI EN 12697-31) <sup>(1)</sup>	
Parametri	Valore richiesto
Vuoti a $N_{10} = 10$ rotazioni	$10 \div 15\%$
Vuoti a $N_p$ (da definire nello studio della miscela)	$3 \div 5\%$
Vuoti $N_{max}$ (da definire nello studio della miscela)	$> 2\%$
Resistenza a trazione indiretta a $25^\circ C$ <sup>(2)</sup> (UNI EN 12697-23)	$> 0,75 \cdot 10^{-3} \text{ GPa}$
Sensibilità all'acqua <sup>(2)</sup> (UNI EN 12697-12)	$\geq 75\%$

(1) La pressa giratoria dovrà avere la configurazione prevista nell'Allegato B della Norma UNI EN 12697-31

(2) misura eseguita su provini confezionati con un numero di rotazioni pari a  $N_p$

I valori di riferimento per il controllo delle densità saranno quelli corrispondenti alla densità ottimale di progetto  $D_G$  di provini addensati pressa giratoria; il numero di giri corrispondenti dovranno essere definiti assieme al numero massimo di giri nello studio presentato dall'Impresa.

### **Strato di usura:**

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

<b>Setacci UNI (serie base + gruppo 2)</b>	<b>Passante in peso</b>
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 4,5% e il 6,1% in peso, sul peso del conglomerato e dovrà comunque identificarsi con quello risultante dallo studio di formulazione della miscela, soprattutto nel caso di utilizzo nella miscela degli aggregati di granella di scoria da forno elettrico

I valori di riferimento per il controllo delle densità saranno quelli corrispondenti alla densità ottimale di progetto  $D_G$  di provini addensati pressa giratoria; il numero di giri corrispondenti dovranno essere definiti assieme al numero massimo di giri nello studio presentato dall'Impresa.

METODO VOLUMETRICO (Norma UNI EN 12697-31) <sup>(1)</sup>	
Parametri	Valore richiesto
Vuoti a $N_{10} = 10$ rotazioni	$10 \div 15\%$
Vuoti a $N_p$ (da definire nello studio della miscela)	$3 \div 5\%$
Vuoti $N_{max}$ (da definire nello studio della miscela)	$> 2\%$
Resistenza a trazione indiretta a $25^\circ C$ <sup>(2)</sup> (UNI EN 12697-23)	$> 0,75 \cdot 10^{-3} GPa$
Sensibilità all'acqua <sup>(2)</sup> (UNI EN 12697-12)	$\geq 75\%$

(1) La pressa giratoria dovrà avere la configurazione prevista nell'Allegato B della Norma UNI EN 12697-31

(2) misura eseguita su provini confezionati con un numero di rotazioni pari a  $N_p$

#### 2.1.4.2.3 STUDIO DELLA MISCELA IN LABORATORIO

Valgono le stesse prescrizioni indicate per lo strato di base.

**2.1.4.2.4 FORMAZIONE E CONFEZIONE DELLA MISCELA**

Valgono le stesse prescrizioni indicate per lo strato di base.

**2.1.4.2.5 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/m<sup>2</sup>. La stesa della miscela non potrà avvenire prima della completa rottura dell'emulsione bituminosa, al termine della quale l'Impresa avrà cura di trattare la superficie di posa con filler per impedire agli automezzi di cantiere di trascinare il legante nel percorso di ritorno;
- 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.

**2.1.4.2.6 CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE DEI MATERIALI**

Valgono le stesse prescrizioni indicate per lo strato di base.

**2.1.4.2.7 CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE DELLE LAVORAZIONI**

Al termine della compattazione lo strato di collegamento, dovrà avere una densità, uniforme in tutto lo spessore, non inferiore al 97% della densità giratoria di progetto D<sub>P</sub> dello stesso giorno, rilevata all'impianto o alla stesa. La valutazione del peso di volume sarà eseguita secondo la Norma UNI EN 12697-6, 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% della densità giratoria di progetto  $D_p$  dello stesso giorno, rilevata all'impianto o alla stesa.
- 2) 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 UNI CEN/TS 15901-6, 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.
- 3) La macrotessitura 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, dovrà essere maggiore di 0,4 mm.
- 4) 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:  $IRI_{medio/km} \leq 1,2 \text{ mm/m}$  (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. 2.1.4.2.5, la superficie degli strati di collegamento e di usura in conglomerato bituminoso, a seguito di costipamento, dovrà presentarsi priva d'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.

#### **2.1.4.3 CONGLOMERATI BITUMINOSI CHIUSI MACRORUGOSI TIPO "SPLITTMASTIX- ASPHALT" (SMA)**

##### **2.1.4.3.1 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 macrorugosità inducendo effetti benefici sulla sicurezza del traffico veicolare grazie all'aumento della rugosità superficiale delle pavimentazioni.

##### **2.1.4.3.2 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE**

###### **2.1.4.3.2.1 Materiali aggregati**

**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 magmatiche-effusive di tipo basaltico e porfirico o di natura sintetica quali scorie di forno elettrico 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 aggregati 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 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, deve essere inferiore al 18% ( $LA_{20}$ );
- 3) il coefficiente di levigabilità accelerata (CLA) delle graniglie, secondo la Norma UNI EN 1097-8, deve essere non inferiore a 0,45 ( $PSV_{50}$ );
- 4) se richiesto dalla Direzione Lavori, la perdita di resistenza dopo gelo e disgelo, determinata secondo la Norma UNI EN 1367-1, non dovrà essere superiore a 1 ( $F_1$ );
- 5) il contenuto di rocce tenere, alterate o scistose, e di rocce degradabili, ai sensi della Norma UNI EN 933-2, deve essere nullo;
- 6) l'indice di forma, secondo la Norma UNI EN 933-3, deve essere inferiore a 15 ( $SI_{15}$ );
- 7) l'indice di appiattimento, secondo la Norma UNI EN 933-3, deve essere inferiore a 12% ( $FI_{15}$ );

**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, 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 aggregati che costituisce il conglomerato bituminoso dovrà essere utilizzato esclusivamente materiale derivante da frantumazione.

#### 2.1.4.3.2.2 Leganti

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	<b>45 ÷ 55</b>	UNI EN 1426
Punto di rammollimento P.A.	°C	<b>75 ÷ 85</b>	UNI EN 1427
Punto di rottura Fraass	°C	<b>≤ -16</b>	UNI EN 12593
Viscosità dinamica a 100 °C	Pa·s	<b>&gt; 80</b>	UNI EN 13702-2
Viscosità dinamica a 160 °C	Pa·s	<b>&gt; 0.5</b>	
Ritorno elastico a 25°C	%	<b>&gt; 95</b>	UNI EN 13398
■ scostamenti dopo prova “tuben test” (UNI EN 13399)			
penetrazione a 25° C	Δ (dmm)	<b>&lt; 5.0</b>	UNI EN 1426
punto di rammollimento	Δ <sub>T</sub> (°C)	<b>&lt; 3.0</b>	UNI EN 1427

#### 2.1.4.3.2.3 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. 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:

La miscela di aggregati lapidei dovrà presentare una composizione granulometrica compresa all'interno dei due fusi di riferimento indicati nelle seguenti tabelle:

Setacci ISO 565 (serie base + gruppo 2)	Passante in peso	
	SMA12	SMA8
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.

Il conglomerato dovrà rispondere ai requisiti rappresentati nella tabella che segue dove i valori di riferimento per il controllo delle densità saranno quelli corrispondenti alla densità ottimale di progetto  $D_G$  la quale viene determinata per

un numero di giri da definire, assieme al numero massimo di giri, nello studio presentato dall'Impresa.

METODO VOLUMETRICO (Norma UNI EN 12697-31) <sup>(1)</sup>	
Parametri	Valore richiesto
Vuoti a $N_{10} = 10$ rotazioni	$10 \div 12\%$
Vuoti a $N_p$ (da definire nello studio della miscela)	$1 \div 4\%$
Vuoti $N_{max}$ (da definire nello studio della miscela)	$> 1\%$
Resistenza a trazione indiretta a $25^\circ C$ <sup>(2)</sup> (UNI EN 12697-23)	$> 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ GPa}$
Sensibilità all'acqua <sup>(2)</sup> (UNI EN 12697-12)	$\geq 80\%$
Modulo di rigidezza a $20^\circ C$ (IT CY) <sup>(2)</sup> (UNI EN 12697-26)	<i>Campioni confezionati senza ulteriore riscaldamento</i>
	$\geq 4000 \text{ MPa} - \leq 5200 \text{ MPa}$
	<i>Campioni riscaldati in forno dopo prelievo</i>
	$\geq 4500 \text{ MPa} - \leq 6000 \text{ MPa}$

(1) La pressa giratoria dovrà avere la configurazione prevista nell'Allegato B della Norma UNI EN 12697-31

(2) misura eseguita su provini confezionati con un numero di rotazioni pari a  $N_p$

#### 2.1.4.3.3 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), la massa volumica apparente dei granuli (UNI EN 1097-6) e tutte le caratteristiche fisiche e meccaniche indicate dal Capitolato fra i requisiti di accettazione (art. 2.1.4.3.2.1/2/3).

Il dosaggio di legante con cui confezionare il conglomerato sarà preliminarmente determinato in laboratorio, per via sperimentale, mediante metodo volumetrico, da realizzare secondo le modalità descritte al precedente art. 2.1.4.3.2.3.

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. A tal proposito si segnala la necessità di comporre la miscela ottimale in modo che essa possa rispondere in opera alle richieste relative al grado di addensamento.

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.

#### **2.1.4.3.4 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  $150^{\circ}\text{C}$  e i  $170^{\circ}\text{C}$ ), come lo deve essere quella degli inerti lapidei al momento della miscelazione ( $175^{\circ}\text{C} \div 185^{\circ}\text{C}$ ). 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 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.

#### **2.1.4.3.5 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. La finitrice dovrà procedere ad una velocità tale da garantire una compattazione iniziale tale da permettere all'azione dei rulli compattatori di raggiungere l'addensamento richiesto dello strato; indicativamente la finitrice non dovrà procedere ad una velocità superiore a  $4\text{-}5\text{ m/min}$  e comunque tale da non compromettere la finitura



superficiale dello strato con formazione di striature e/o vespai.

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 utilizzando rulli compattatori a cilindri metallici del peso massimo di 14 ton. Per evitare che il conglomerato bituminoso possa aderire al rullo 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.

#### **2.1.4.3.6 CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE DEI MATERIALI**

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

#### **2.1.4.3.7 CONTROLLO DEI REQUISITI DI 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% della densità giratoria di progetto  $D_G$  dello stesso giorno, rilevata all'impianto o alla stesa
- 2) Il conglomerato bituminoso deve avere una tessitura superficiale tale da non risultare scivoloso. Le caratteristiche di antisdrucchiolevolezza valutate mediante Coefficiente di Aderenza Trasversale (CAT) rilevato mediante apparecchio S.C.R.I.M. (Sideway force Coefficient Routine Investigation Machine), secondo Norma UNI CEN/TS 15901-6, 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.
- 3) La macrotessitura 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, dovrà essere maggiore di 0,8 mm.
- 4) 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:  $IRI_{medio}/km \leq 1,2 \text{ mm/m}$  (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, 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.

## **2.2 MISURAZIONE DEI LAVORI**

Le quantità dei lavori e delle provviste saranno determinate con metodi geometrici, a numero peso, in relazione a quanto previsto nell'elenco prezzi.

I lavori saranno liquidati in base alle misure fissate dal progetto anche se dalle misure di controllo, rilevate dagli incaricati, dovessero risultare spessori, lunghezza e cubature effettivamente superiori.

Soltanto nel caso che la Direzione dei Lavori abbia ordinato per iscritto tali maggiori dimensioni se ne terrà conto nella contabilizzazione. In nessun caso saranno tollerate dimensioni inferiori a quelle ordinate, e l'impresa potrà essere chiamata a rifacimenti a tutto suo carico.

Le misure saranno prese in contraddittorio, mano a mano che si procederà all'esecuzione dei lavori e riportate dalla Direzione dei lavori e dell'Impresa.

Resta sempre salva, in ogni caso, la possibilità di verificare di rettifica in occasione delle operazioni di collaudo.

### **2.2.1 Strato di fondazione**

Lo strato di fondazione in misto granulare stabilizzato con o senza legante naturale, sarà valutato a volume in opera e costipamento ultimato.

Sia il tout-venant bituminoso per lo strato di base che per i conglomerati per la formazione dello strato di collegamento (binder) saranno misurati in opera dopo costipamento secondo l'unità di misura indicata nei rispettivi prezzi di elenco.

### **2.2.2 Strato di base**

Lo strato di base avrà lo spessore compreso pari a quello ordinato e verrà misurato in opera. Per il controllo dello spessore dello strato di base saranno praticati su disposizione della Direzione Lavori saggi da valutarsi in contraddittorio.

I saggi che presenteranno uno spessore superiore a quanto prescritto verranno assunti per lo spessore ordinato. Quelli che risulteranno di spessore inferiore allo spessore prescritto saranno assunti per il loro effettivo spessore.

Gli spessori così assunti verranno mediati tra loro e se la media sarà inferiore allo spessore ordinato, sarà effettuata una detrazione corrispondente ai rapporti di spessore su tutto il tratto di strada cui fanno riferimento i saggi.

Al fine di consentire poi un più completo controllo del materiale impiegato, e salvo diversa determinazione della D.L., l'Impresa dovrà fornire le bollette di pesatura del conglomerato prima di iniziarne lo scarico in finitrice; rimane stabilito che il peso specifico del materiale sarà assunto pari a:

- a) kg 1700 per ogni mc sui mezzi di trasporto.
- b) kg 2100 per ogni mc in opera dopo compattazione.

Rimane inteso che il materiale privo di bolletta di pesatura dovrà essere, previa spianatura, misurato sui mezzi di trasporto sul luogo di impiego prima dello scarico.

### **2.2.3 Strato di collegamento**

Lo strato di collegamento avrà uno spessore compreso pari alle dimensioni di progetto e verrà misurato in opera.

Per la determinazione dello spessore verranno eseguiti, su disposizione della Direzione Lavori, saggi da valutarsi in contraddittorio.

I saggi che presenteranno uno spessore superiore a quanto prescritto verranno assunti per lo spessore ordinato. Quelli che risulteranno di spessore inferiore a quello prescritto varranno per il loro effettivo spessore.

Le misure così assunte verranno mediate tra loro e se la media sarà inferiore a quella di progetto sarà effettuata una detrazione corrispondente ai rapporti di spessore sull'intero tratto di strada cui fanno riferimento i saggi.

### **2.2.4 Strato di usura**

Il conglomerato bituminoso chiuso dovrà consentire la formazione di tappeti che, a compattazione debitamente effettuata, risultino di uno spessore pari a mm 30 (trenta), a seconda delle disposizioni del contratto e della Direzione dei Lavori e verrà misurato in opera secondo la superficie netta effettivamente ricoperta, esattamente delimitata ai bordi.

Per le determinazioni dello spessore del manto di usura saranno praticati su disposizione della Direzione Lavori saggi da valutarsi in contraddittorio.

Ai soli fini della media come specificato nel successivo capoverso, i saggi che presenteranno uno spessore superiore a quanto prescritto verranno assunti per il loro effettivo spessore fino ad un massimo di mm 33, e quelli con valore inferiore a quanto prescritto verranno assunti fino ad un minimo di mm 27.

Gli spessori così assunti verranno mediati tra loro e se la media sarà inferiore ai mm 30 sarà effettuata una detrazione corrispondente ai rapporti di spessore su tutto il tappeto cui fanno riferimento i saggi.



In nessun caso saranno tollerati spessori, anche del singolo saggio, inferiori a mm. 27 e l'impresa sarà chiamata a rifacimenti a suo completo carico.

Ai fini contrattuali rimane stabilito che il peso specifico del materiale per strato di collegamento e strato d'usura, sarà assunto pari:

- a) kg 1750 per ogni mc sui mezzi di trasporto spianato sul luogo dell'impiego;
- b) kg 2200 per ogni mc in opera dopo compattazione eseguita a traffico aperto.

Ciò salvo una eventuale più esatta determinazione da eseguirsi in contraddittorio e per quantità rilevanti, non inferiore al 10% del materiale complessivamente fornito.

Rimane inteso che il materiale privo di bolletta di pesatura ovvero non spianato e controllato dalla D.L. ovvero comunque mancante, verrà detratto nella quantità corrispondente.

## **2.3 PENALITÀ E LIMITI DI ACCETTAZIONE**

Eventuali deficienze riscontrate nelle caratteristiche dei materiali impiegati, potranno essere considerate, a giudizio della Direzione Lavori, accettabili sotto penale entro determinati limiti, ovvero non accettabili.

I materiali non accettabili sulla base dei controlli in corso d'opera, anche se definitivamente posti in opera, dovranno essere completamente rimossi e sostituiti con altri di caratteristiche accettabili, a totale onere dell'Impresa.

L'accettazione penalizzata potrà comunque essere applicata esclusivamente nei casi e nei limiti sotto specificati.

Tutte le detrazioni definite di seguito sono cumulabili.

Nel caso in cui l'ammontare complessivo delle detrazioni eguagli o superi il 50% del relativo prezzo di elenco, è facoltà dell'Amministrazione appaltante ordinare la rimozione o il rifacimento delle opere realizzate, a totale cura e spese

dell'Impresa e fatta salva l'eventuale richiesta di risarcimento per danni.

### **2.3.1 Aderenza**

Qualora il valore medio, come precedentemente definito, su tratte omogenee di lunghezza superiore ai 200 m di CAT e/o a 50 m per HS sia inferiore ai valori richiesti per ciascun tipo di pavimentazione, fino al raggiungimento di alcuni valori inaccettabili appresso specificati, lo strato di rotolamento (quello a diretto contatto con il pneumatico) verrà penalizzato del 20% del suo prezzo.

I valori inaccettabili per gli strati di usura sono per il CAT minori di 40 e per il MPD minori di 0,25; per i trattamenti per il ripristino dell'aderenza (antiskid e slurry seal) la soglia di inaccettabilità viene stabilita in 50 per il CAT e 0,40 per il MPD.

Qualora il valore di CAT e/o di MPD sia inferiore a tali valori si dovrà procedere, con oneri a totale carico dell'esecutore, alla rimozione completa dello strato con fresa ed alla messa in opera di un nuovo strato e/o all'effettuazione di altri trattamenti di irrudimento per portare il valore o i valori deficitari al di sopra della soglia di inaccettabilità. Nel caso in cui non si raggiungano i valori prescritti ma i valori rilevati siano, comunque, al di sopra della soglia di inaccettabilità verrà applicata una detrazione pari al 20%.

Per quanto riguarda le caratteristiche di resistenza alla scivolosità degli strati direttamente soggetti al traffico, verranno presi in considerazione sia i valori BPN misurati sugli strati appena finiti, che la riduzione di tali valori rilevata a 2 mesi dall'apertura al traffico: i limiti di accettabilità per tali valori saranno rispettivamente di 5 punti in meno per quelli relativi agli strati appena finiti e di 3 punti in più per quelli relativi alla riduzione dei valori stessi rilevata dopo 2 mesi di assoggettamento al traffico.

In caso di accertata carente resistenza allo scivolamento, la D.L. potrà ordinare tutte quelle lavorazioni atte a rendere accettabile, al fine della rugosità superficiale, la pavimentazione stessa; gli oneri derivanti saranno a completo e

totale carico dell'Impresa.

### **2.3.2 Regolarità**

Qualora i valori medi dell'I.R.I., come precedentemente definiti, su tratte omogenee di lunghezza superiore ai 200 m, non soddisfino le condizioni richieste, lo strato di rotolamento (quello a diretto contatto con il pneumatico) verrà penalizzato del 20% del suo prezzo.

Nel caso in cui il valore dell'I.R.I. fosse superiore a 4,5 mm per m. e/o l'irregolarità relativa a tutto lo spettro risulti superiore od uguale a 10 mm oppure quella relativa alle onde corte risultasse di ampiezza maggiore od uguale a 4 mm e per le onde medie maggiore od uguale a 9 mm, si dovrà procedere gratuitamente alla demolizione e ricostruzione dello strato superficiale interessato.

Il nuovo strato sarà soggetto alle stesse condizioni di controllo ed alle stesse generalità precedentemente descritte.

### **2.3.3 Spessore degli strati**

Per la determinazione delle penali si procederà alla verifica dello spessore della pavimentazione il quale dovrà rispondere allo spessore di progetto. Esso verrà determinato su carote prelevate a questo fine. Su tali carote, prelevate casualmente dalla Committente ed eventualmente in contraddittorio con l'Impresa, sulla superficie di pavimentazione giornalmente stesa, dovranno essere effettuate misure eseguite con le modalità qui di seguito descritte.

Sulle carote vengono effettuate 6 misure in corrispondenza degli estremi dei diametri presi ogni 60°. Dalla media M di tali misure si ricaverà il valore dello spessore della pavimentazione.

### **2.3.4 Dosaggio di Bitume**

La quantità di bitume contenuta nell'impasto, risultante quale media di un insieme



di determinazioni effettuate su una singola corsia o tratta, non dovrà scostarsi più di 0,25 in più o in meno rispetto alla % ottima prevista dall'Impresa e approvata dalla Direzione Lavori; qualora lo scostamento sia maggiore e sino al 10%, verrà applicata a titolo di penale la stessa riduzione al prezzo unitario della miscela di conglomerato bituminoso.

L'applicazione di questa clausola non esclude quelle previste in altri articoli.

Se il dosaggio medio del bitume si scosta oltre il 10% in più o in meno rispetto alla percentuale ottima, l'Impresa dovrà procedere al rifacimento del lavoro a propria cura e spesa.

### **2.3.5 *Aggregati***

Alla curva granulometrica delle singole percentuali; non saranno ammesse variazioni del contenuto di aggregato grosso di +/- 5 %; e non saranno ammesse variazioni del contenuto di sabbia (per sabbia si intende il passante al setaccio UNI 2 mm) di +/-2 %; per il passante al setaccio UNI 0,075 mm di +/- 1,5% superati tali limiti l'Impresa dovrà procedere al rifacimento del lavoro a propria cura e spesa.

E' comunque esclusiva discrezione della Direzione Lavori, se le variazioni dovranno rientrare nei limiti dei fusi di progetto, l'accettazione del materiale con applicazione a titolo di penale di una riduzione del 2 % al prezzo unitario,

della miscela di conglomerato bituminoso previsto nel prezziario, per ogni classe di aggregati errati (filler, aggregato fino e aggregato grosso).

Per le caratteristiche di resistenza meccanica degli aggregati grossi potrà essere accettata una variazione fino al 10% in più del valore di accettazione del coefficiente Los Angeles.

Per valori eccedenti il campo di accettazione, la relativa penalizzazione consisterà nella detrazione, per impiego di materiali di categoria inferiore, che verrà determinata con la seguente relazione:

$$D_1 = (P.E.) * 10 * (L.A. \% - B\%)$$

dove:

- D1 = detrazione in euro;
- P.E. = prezzo di elenco;
- L.A.% = coefficiente Los Angeles determinato in laboratorio e i cui limiti di accettazione minimi sono indicati nella tabella seguente:

Strato di Base	44 %
Strato di collegamento	27,5 %
Strato di Usura	21,5 %

I materiali che, sulla base dei controlli in corso d'opera, superano i limiti indicati nella tabella precedente, anche se definitivamente posti in opera, dovranno essere completamente rimossi e sostituiti con altri di caratteristiche accettabili, a totale onere dell'Impresa.

- B% = coefficiente che assume i seguenti valori:

Strato di Base	40
Strato di collegamento	25
Strato di Usura	20

### 2.3.6 Conglomerato bituminoso

Per quanto riguarda le caratteristiche di resistenza meccanica dei conglomerati, verrà presa in considerazione la resistenza a trazione indiretta ricavata dalle prove di controllo effettuate; per tali valori, potrà essere accettata una variazione in meno fino al 10% dei rispettivi valori di accettazione.

Per valori eccedenti il campo di accettazione, la relativa penalizzazione consisterà nella detrazione, per minore durata della pavimentazione, che verrà determinata con la seguente relazione:

$$D_2 = (P.E.) * (C - ITS)$$

dove:

- D2 = detrazione in euro;
- P.E. = prezzo di elenco;
- C = coefficiente che assume i seguenti valori:

Strato di Base	0.75
Strato di collegamento	1
Strato di Usura	1.30

- ITS = valore di resistenza a trazione indiretta determinata in laboratorio.

I materiali che sulla base dei controlli in corso d'opera superino i limiti indicati nella tabella seguente, anche se definitivamente posti in opera, dovranno essere completamente rimossi e sostituiti con altri di caratteristiche accettabili, a totale onere dell'Impresa.

Strato di Base	0.50
Strato di collegamento	0.70
Strato di Usura	0.85

Per le caratteristiche di compattezza degli strati finiti, potrà essere tollerata una eccedenza del volume percentuale dei vuoti residui, misurati su provini confezionati in laboratorio con materiale prelevato alla stesa, fino al 10% dei rispettivi valori massimi di accettazione.

E' comunque esclusiva discrezione della Direzione Lavori l'accettazione, con applicazione a titolo di penale di una riduzione del 10% al prezzo unitario della miscela di conglomerato bituminoso previsto nel prezziario, del materiale con vuoti residui superiori a quanto previsto.

Per valori eccedenti il campo di accettazione, la relativa penalizzazione consisterà nella detrazione, per minore quantità di materiale posto in opera, determinata dalla seguente relazione:

$$D_3 = (P.E.) * 5 * (V\% - D\%)$$

dove:

- D3 = detrazione in euro;
- P.E. = prezzo di elenco;
- 5 = coefficiente correttivo;
- V% = volume dei vuoti determinato in laboratorio; esso, a seconda dello strato considerato, assume i seguenti valori massimi di riferimento:

Strato di Base	10%
Strato di collegamento	11%
Strato di Usura	11%

- D% = volume dei vuoti determinato in laboratorio; esso, a seconda dello strato considerato, assume i seguenti valori massimi di riferimento:

Strato di Base	10%
Strato di collegamento	9%
Strato di Usura	8%

I materiali che sulla base dei controlli in corso d'opera superino i limiti indicati nella tabella precedente, anche se definitivamente posti in opera, dovranno essere completamente rimossi e sostituiti con altri di caratteristiche accettabili, a totale onere dell'Impresa.

## 2.4 PAVIMENTAZIONE IN MASSELLI DI CLS

La pavimentazione in masselli autobloccanti per pavimentazione d'esterni è realizzata in calcestruzzo vibrato vibrocompresso multistrato, dello spessore di cm 6 o cm 8 secondo le indicazioni progettuali, di qualsiasi dimensione e nella gamma di colori e tipologia a scelta della Direzione Lavori, per tonalità prossime a quelle delle pietre naturali quali il porfido e la trachite grigia.

I masselli dovranno possedere un profilo laterale ad andamento irregolare e distanziali continui non passanti di tipo maggiorato, raccordati alla superficie a vista con angolo di 20 ° al fine di consentire una maggiorazione dell'apertura del giunto nella sola parte superficiale dello spessore del massello. Le superficie di usura dovranno risultare a rilievo asimmetrico, variabili tra singolo elemento e

modellate su una finitura di pietra naturale a spacco. Lo strato di usura del massello, per almeno il 12 % dello spessore totale, dovrà essere realizzato con miscela di quarzi e basalti selezionati a granulometria massima di 3 mm.

Il massello dovrà essere prodotto da ditte con certificazione del sistema qualità Aziendale ISO 9002 e dichiarazione di garanzia per le caratteristiche di resistenza al gelo in presenza di sali per almeno 30 anni.

La superficie di calpestio, anche eventualmente attraverso procedimento meccanico di pallinatura, dovrà presentare una finitura rugosa di piacevole effetto estetico e con caratteristiche ottimali di resistenza all'abrasione e di sicurezza di utilizzazione, in quanto specificatamente antiscivolo, secondo quanto richiesto dalla Normativa vigente sui prodotti da Costruzione e gli standard in uso da parte di RFI per interventi di stazione (UNI 9065, R.D. 2234/39). Sono da escludere trattamenti di bocciardatura per l'ottenimento delle caratteristiche superficiali dei masselli.

I masselli di cls saranno assestati mediante vibrocompattazione con piastra su un letto di posa in sabbia granitica lavata, a spigoli vivi, passante al vaglio da mm 5; il letto di posa avrà spessore pari a 4 – 5 cm. La pavimentazione dovrà inoltre essere sigillata a secco con sabbia lavata, di fiume, data anche a più mani. La sabbia per la formazione del letto di posa e quella per il riempimento dei giunti dovranno in ogni caso corrispondere ai requisiti stabiliti nelle “Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per le costruzioni stradali” del CNR Fasc. 4 – 1953. La sabbia da impiegare per il riempimento dei giunti dovrà inoltre passare per almeno l'80% al setaccio 2 della serie U.N.I.

Al di sotto del letto di posa dovrà essere realizzato uno strato di massetto di cls, armato con rete elettrosaldata di diametro pari a 8 mm e formata da maglie quadrate di lato 20 cm

Al di sotto del massetto di cls dovrà essere realizzato uno strato di misto granulometrico stabilizzato, secondo gli spessori indicati nelle tavole di progetto,



caratterizzato da un indice di portanza CBR (rif UNI EN 13286-47:2006, ASTM D1883-94 ), dopo 4 giorni di imbibizione in acqua (eseguito sul materiale passante al crivello 25), non minore di 50.