

**TITOLO 3**  
**PRESCRIZIONI ESECUTIVE**

## 1 SCAVI

Qualsiasi opera di manomissione del suolo pubblico dovrà essere eseguita conformemente alle disposizioni del Regolamento Comunale per la Manomissione del Suolo Pubblico vigente in quel momento.

Gli scavi tutti dovranno corrispondere alle precise larghezze e profondità necessarie, non ammettendosi per qualsiasi titolo uno scavo maggiore. La valutazione dello scavo viene effettuata utilizzando il metodo delle sezioni ragguagliate, si veda, in proposito, il successivo Titolo 4, *"Metodi di misurazione e valutazione"*.

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

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

I materiali scavati che, a giudizio della D.L., possono essere riutilizzati, dovranno essere depositati in cumuli distinti, se del caso, eseguendo gli scavi a strati successivi, in modo da poter asportare tutti i materiali di interesse, prima di approfondire lo scavo, e ciò senza diritto a compensi particolari.

Le materie provenienti dagli scavi, quando non siano utilizzabili o non ritenute adatte ad altro impiego nei lavori, dovranno essere portate alle pubbliche discariche, ovvero nei luoghi stabiliti dalla D.L. : qualora le materie provenienti dagli scavi dovessero essere utilizzate per rinterrì, esse dovranno essere depositate in luogo adatto per essere riprese a tempo opportuno. In ogni caso le materie depositate non dovranno riuscire di danno ai lavori, alle proprietà pubbliche o private ed al libero deflusso delle acque scorrenti alla superficie.

Gli scavi per opere di fognature, dovranno, di norma, essere eseguiti da valle verso monte per consentire lo smaltimento delle acque a deflusso naturale; quando questo non sia possibile, l'Appaltatore non avrà diritto ad alcun particolare compenso. Nel caso si dovesse provvedere all'aggottamento degli scavi, l'Impresa dovrà mettere a disposizione i mezzi d'opera occorrenti.

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

## 2 MATERIALI DI RISULTA

Le materie provenienti dagli scavi, quando non siano utilizzabili o non ritenute adatte ad altro impiego nei lavori, dovranno essere conferite in conformità a quanto prescritto dalle norme vigenti in materia di rifiuti, a cura dell'impresa appaltatrice presso impianti autorizzati. I materiali di risulta dovranno essere separati in base alle classificazioni dei rifiuti in vigore direttamente durante le attività di scavo, come previsto dal precedente § 1.

L'impresa appaltatrice, secondo la normativa vigente, rimane responsabile dello smaltimento dei rifiuti prodotti.

I materiali di risulta di norma saranno trasportati verso impianti di proprietà di A.E.M., per i quali non verrà riconosciuto alcun onere di smaltimento. In mancanza di disponibilità di tali impianti l'impresa provvederà a propria cura allo smaltimento in altri impianti autorizzati. I costi di smaltimento verranno rimborsati a fronte della presentazione delle relative fatture quietanzate.

### **3 DEMOLIZIONE DELLE PAVIMENTAZIONI**

#### **3.1 DEMOLIZIONE PAVIMENTAZIONE TOTALE O PARZIALE DI STRATI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO REALIZZATA CON FRESE**

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

Le attrezzature tutte dovranno essere perfettamente efficienti e funzionanti e di caratteristiche meccaniche, dimensioni e produzioni approvate preventivamente dall'A.E.M.; dovranno inoltre avere caratteristiche tali che il materiale risultante dall'azione di scarifica risulti idoneo a giudizio della D.L. per il reimpiego nella confezione di nuovi conglomerati. La superficie del cavo (nel caso di demolizioni parziali del pacchetto) dovrà risultare perfettamente regolare in tutti i punti, priva di residui di strati non completamente fresati che possono compromettere l'aderenza dei nuovi tappeti da porre in opera.

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

Il rilievo dei nuovi spessori dovrà essere effettuato in contraddittorio. Lo spessore della demolizione dovrà essere mantenuto costante in tutti i punti e sarà valutato mediando l'altezza delle due pareti laterali con quella della parte centrale del cavo.

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

La non idonea pulizia delle superfici potrà provocare una penalizzazione sul prezzo di elenco del 15%.

Se la demolizione dello strato legato a bitume interessa uno spessore inferiore ai 15 cm. potrà essere effettuata con un solo passaggio di fresa, mentre per spessori superiori a 15 cm. si dovranno effettuare due passaggi, di cui il primo pari ad 1/3 dello spessore totale avendo cura di formare un gradino tra il primo ed il secondo strato demolito di almeno 10 cm. di base per lato.

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

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

#### **3.2 DEMOLIZIONE DELL'INTERA SOVRASTRUTTURA REALIZZATA CON SISTEMI TRADIZIONALI**

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

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

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

### **4. RINTERRI**

#### **DESCRIZIONE**

Vengono considerate rinterri, quelle lavorazioni atte al ripristino del corpo stradale, dovuto ad esempio alla costruzione dei sottoservizi e dei loro manufatti (gas, acqua, energia elettrica e fognature). Il ripristino dovrà avvenire con le migliori tecniche e modalità esecutive, attraverso l'uso di materiale granulare selezionato.

## INERTI

Gli inerti utilizzati per i rinterri, possono provenire dalla demolizione della pavimentazione stessa o da cave di prestito, rispettando però quanto definito dalla Direttiva 89/106/CEE recepita con D.P.R. 246/2003 e applicata con Decreto Min. Attività Produttive del 7/4/2004 che definisce per gli aggregati per costruzioni stradali l'impiego della norma UNI EN 13242:2008.

*Aggregato in funzione unica:  $d > 0,063\text{mm}$  e  $D < 63\text{mm}$*

E' costituito generalmente da ghiaie naturali, ghiaie frantumate, pietrischetti, graniglie e sabbie naturali o di frantumazione, prive di elementi in fase di alterazione, polvere e materiali estranei. Qualunque sia la loro provenienza o natura petrografica, i materiali devono soddisfare i seguenti requisiti minimi (Tabella 4.1):

**Tabella 4.1**

Dimensione massima	63 mm	
Contenuto di fini	f12	UNI EN 13242 prospetto 8
Blu di metilene (MB)	$\leq 5$	UNI EN 933-9:2000
Equivalente in sabbia (SE)	25% - 65%	UNI EN 933-8:2000
Resistenza alla frammentazione	LA35	UNI EN 13242 prospetto 9

Qualora consentito dalle norme nazionali e regionali e comunque previa autorizzazione della D.L., può essere utilizzato per il rinterro, materiale proveniente dal trattamento dei rifiuti inerti.

## MODALITA' ESECUTIVE

Il rinterro deve essere eseguito nel migliore dei modi, tale da garantire il perfetto assestamento dei materiali, a salvaguardia di condotti e manufatti che non dovranno subire nel tempo spostamenti di alcun genere.

Le terre, trasportate mediante autocarri o simili, non devono essere scaricate direttamente a ridosso e/o all'interno degli scavi, ma depositate in loro vicinanza e successivamente poste in opera con i mezzi più adatti. La compattazione, generalmente difficoltosa per la ristrettezza degli spazi e per la delicatezza dei manufatti interessati, verrà agevolata dallo spessore dei singoli strati, mai superiori a 30 cm. Inoltre si deve evitare che i grossi rulli vibranti, operino entro una distanza inferiore a 1,5 m dai paramenti delle strutture murarie. A contatto di tali strutture, verranno adoperati mezzi di compattazione leggeri, come piastre vibranti e rulli azionati a mano; in tal caso è necessario operare su strati di spessore ridotto.

I vani circostanti le tubazioni, i condotti ed i manufatti in genere, devono essere riempiti diligentemente con ghiaia e sabbia a seconda delle prescrizioni della D.L.

Le operazioni di rinterro, devono essere eseguite immediatamente dopo la collocazione, all'interno dello scavo, delle condotte dei servizi, la D.L. in proposito, avrà cura di sollecitare i lavori relativi. Al momento del ripristino, è pure a carico e cura dell'Impresa, la messa o il riporto in quota dei chiusini situati sulle condutture interessate dallo scavo.

Qualora gli scavi siano stati eseguiti su terreno da coltivo, nella parte superiore dei rinterri e nelle successive ricariche, può essere prescritto l'utilizzo dei terreni vegetali previamente asportati, e ciò senza alcun particolare compenso.

Senza il consenso della D.L., non si deve procedere a nessun tipo di rinterro, in caso contrario l'Impresa potrebbe essere obbligata alla completa rimozione dello stesso, a sua totale cura e spesa.

## 5. OPERE STRADALI

### 5.1 RIPRISTINI DI PAVIMENTAZIONI STRADALI IN GENERE

Il taglio dello spessore del conglomerato bituminoso dovrà essere rettilineo, senza sbavature, utilizzando apposite taglierine o fresatrici.

Per i ripristini dovranno essere impiegati i comuni mezzi meccanici utili allo scopo e cioè costipatori meccanici, rulli compressori, ecc.; non sarà tollerato che i ripristini bituminosi interessanti estese superfici vengano costipati a mano, ma dovrà essere impiegato almeno un rullo compressore vibrante semovente.

Per le pavimentazioni bituminose dovrà essere ricostruita la sovrastruttura stradale composta di fondazione in mista naturale dello spessore minimo di cm. 40, completata con cm. 5 di mista naturale stabilizzata opportunamente rullata, di massicciata (in misto bitumato dello spessore minimo

di cm. 8) e di pavimentazione vera e propria; le pavimentazioni in acciottolato e le pavimentazioni in pietra in genere dovranno essere rifatte con le stesse modalità esecutive originarie, naturalmente dopo accurato costipamento del piano di sottofondo, sempre in materiale arido.

La mista bitumata, quando ne sia previsto l'impiego, dovrà essere confezionata a caldo, per tutto il periodo (primavera, estate, autunno, inverno), durante il quale il materiale viene prodotto; nel periodo invernale la mista bitumata potrà essere sostituita o con calcestruzzo Rck 15 S4 o con pietrischetto bitumato tipo invernale, solo su espressa autorizzazione della D.L.

Gli scavi che interessano longitudinalmente la sede di marciapiede dovranno essere eseguiti in modo da non compromettere la cordonatura.

Quando gli scavi interesseranno marciapiedi con tappeto bituminoso della larghezza minore o uguale a m. 1,50, salvo diverse disposizioni della D.L., l'Impresa provvederà ad asportare completamente il sottofondo in calcestruzzo (se esistente) ed il tappeto bituminoso per tutta la larghezza del marciapiede ed a ripristinare la pavimentazione.

Per scavi su marciapiedi di larghezza superiore a m. 1.50 l'Impresa si atterrà alle disposizioni della D.L.

La posa del tappeto bituminoso sui marciapiedi e della mista bitumata sulle sedi stradali, dovrà essere eseguita, salvo diversa disposizione dell'A.E.M., immediatamente dopo la costituzione del sottofondo o della massicciata.

La liquidazione dell'intero importo dei lavori avverrà solamente dopo la posa del tappeto (sui marciapiedi) o della mista bitumata (sulle strade) a meno dei casi in cui l'A.E.M. abbia ordinato di non effettuare il ripristino.

Sarà ritardata di qualche giorno fino ad un massimo di dieci giorni (salvo per le strade di grande traffico per le quali il suddetto termine viene ridotto a cinque giorni) soltanto la formazione dello strato d'usura, al fine di consentire l'assestamento degli strati inferiori, l'ultimo dei quali (in mista bitumata) dovrà essere tenuto leggermente più alto (cm. 1 - 2) della sua quota definitiva in previsione appunto di tale assestamento.

Se durante questo intervallo di tempo a causa di un accentuato assestamento (in generale da escludersi dati i materiali impiegati e le modalità di esecuzione) il dislivello si accentuasse fino a superare cm. 4 - 5, l'Impresa dovrà intervenire immediatamente per colmare tali abbassamenti con pietrischetti bitumati.

Lo strato d'usura dovrà essere prontamente rifatto ogni qualvolta, in seguito al sopravvenuto ammaloramento, si renderà necessario e ciò per il periodo di garanzia.

Entro il 15 Ottobre di ogni anno dovrà comunque essere posato il tappeto bituminoso su tutti gli scavi avvenuti nell'anno o in anni precedenti, salvo diversa disposizione dell'A.E.M.

L'impresa risponderà verso l'A.E.M. della accurata esecuzione dei rinterri e dei ripristini, e al tempo stesso la riterrà sollevata da qualsiasi addebito o responsabilità nei confronti del Comune o dell'Ente proprietario delle strade, come pure di qualunque danno o sinistro, anche determinato da forza maggiore che fosse per incorrere alle persone ed alle cose, e nel caso dovrà rispondere ad un tempo, verso le Autorità, verso i sinistrati e le famiglie di questi.

L'Appaltatore sarà quindi tenuto responsabile dei danni provocati dalla cattiva esecuzione dei lavori in genere, nonché di qualsiasi altro fatto pregiudizievole per l'A.E.M., comprese le eventuali sanzioni amministrative degli Enti proprietari delle strade in relazione ai lavori eseguiti o ai ripristini e rifacimenti non eseguiti, per i quali l'A.E.M. si riserva ogni azione di rivalsa.

Come previsto dal Regolamento Comunale per la Manomissione del Suolo Pubblico, tale responsabilità perdurerà per due anni dalla fine dei lavori e cioè per 24 mesi dalla data del completo e definitivo ripristino (nel caso di pavimentazioni bitumate dalla data di posa del tappeto d'usura) anche se fosse già stato eseguito il collaudo con esito positivo.

Qualora si verificassero abbassamenti nei rinterri recenti, prima del ripristino della pavimentazione, l'Appaltatore sarà tenuto ad eliminare immediatamente l'inconveniente, restando responsabile degli eventuali danni a persone e a cose. Così pure, qualora nelle superfici ripristinate si verificassero cedimenti, rotture, fessurazioni od altro causato o da cattiva esecuzione dei lavori e dalla deficienza dei materiali, l'Appaltatore sarà tenuto al rifacimento del ripristino della pavimentazione della strada o del marciapiede - senza aver diritto a compenso alcuno - restando parimenti responsabile degli eventuali danni a persone e a cose. Soltanto nei casi in cui venisse ordinato all'Appaltatore l'esecuzione immediata del ripristino bituminoso sulla mista bitumata e ciò per far fronte a particolari necessità ed esigenze, soltanto in tale caso, rendendosi necessario un secondo ripristino del manto sovrastante, questo verrà riconosciuto e contabilizzato.

I lavori non eseguiti secondo le prescrizioni sopra riportate non saranno liquidati.

Il giudizio di buona esecuzione e riuscita dei singoli lavori prima del collaudo sarà dato dall'A.E.M.

## 5.2 STABILIZZAZIONI A CALCE O CEMENTO

Lo scopo delle stabilizzazioni a calce o cemento di un terreno, è fondamentalmente quello di diminuire o eliminare la plasticità del terreno (rendendolo così insensibile all'acqua e alle variazioni d'umidità) e di aumentare le capacità di portanza, incrementando modulo di deformazione e resistenze meccaniche. La scelta del legante, calce o cemento, viene effettuata in funzione del tipo di terra da stabilizzare ed è generalmente così schematizzabile (Tabella 5.1 - UNI EN 10006:2002):

**Tabella 5.1**

Classificazione generale	Terre ghiaio-sabbiose Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 ≤ 35%							Terre limo-argillosa Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 > 35%					Torbe e terre organiche palustri
Gruppo	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7		A8
Sottogruppo	A1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A7-5	A7-6	
Analisi granulometrica Frazione passante allo staccio													
2     UNI 2332 %	≤ 50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,4   UNI 2332 %	≤ 30	≤ 50	≤ 50	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35
0,075 UNI 2332 %	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35
Caratteristiche della frazione passante allo staccio 0,4 UNI 2332													
<b>Limite liquido</b>	-	-	-	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	> 40	> 40
<b>Indice di plasticità</b>	≤ 6	N.P.	N.P.	≤ 10	≤ 10 max	> 10	> 10	≤ 10	≤ 10	> 10	(IP≤LL-30)	(IP>LL-30)	(IP>LL-30)
Indice di gruppo	0		0	0			≤ 4		≤ 8	≤ 12	≤ 16	≤ 20	
Tipi usuali dei materiali caratteristici costituenti il gruppo	Ghiaia o braccia, ghiaia o breccia sabbiosa, sabbia grossa, pomice, scorie vulcaniche, pozzolane		Sabbie fine	Ghiaia e sabbia limosa o argillosa				Limi poco compressibili	Limi fortemente compressibili	Argille poco compressibili	Argille fortemente compressibili mediamente plastiche	Argille fortemente compressibili fortemente plastiche	Torba di recente o remota fondazione, detriti organici di origine palustre
Qualità portanti quale terreno di sottofondo in assenza di gelo	Da eccellente a buono					Da mediocre a scadente							Da scartare come sottofondo
Azione del gelo sulle qualità portanti del terreno di sottofondo	Nulla o lieve		Media				Molto elevata		Media	Elevata	Media		
Ritiro o rigonfiamento	Nullo		Nullo o lieve				Lieve o medio		Elevato	Elevato	Molto elevato		
Permeabilità	Elevata		Media o scarsa							Scarsa o nulla			

■ Terre idonee ad un trattamento con calce    ■ Terre idonee ad un trattamento con cemento

### 5.2.A STABILIZZAZIONE A CALCE

#### DESCRIZIONE

Questo tipo di trattamento consiste nel miscelare in sito, con idonee attrezzature, il terreno, la calce (viva o idrata) e l'acqua in maniera omogenea e nelle corrette percentuali, al fine di consolidare e rendere insensibile all'acqua lo strato di pavimentazione interessato.

#### CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Prima di poter stabilire i dosaggi di legante ed acqua necessari al raggiungimento delle prestazioni richieste, deve essere eseguito uno studio accurato dei materiali che verranno utilizzati; in tale studio devono essere riportate le seguenti prove e osservazioni:

##### - CLASSIFICAZIONE DELLE TERRE:

Eseguita seguendo la normativa UNI EN 10006:2002, è necessaria per poter individuare il gruppo al quale appartiene il terreno e di conseguenza il legante da utilizzare per la stabilizzazione; le terre che necessitano di un trattamento a calce sono quelle appartenenti ai seguenti gruppi: A2-6, A2-7, A6, A7 e A5 con indice di plasticità > 6. Nello studio dovranno comparire anche analisi granulometrica e limiti di Atterberg.

##### - ANALISI CHIMICHE:

Devono essere individuati contenuto di sostanze organiche < 4% (UNI EN 1744-1:1999) e contenuto di solfati < 4% (UNI EN 1744-1:1999).

##### - C.I.C. (Consumo iniziale di calce)

Per individuare la percentuale di calce da utilizzare, necessaria all'abbattimento dell'indice di plasticità, deve essere eseguita la prova di determinazione del consumo iniziale di calce (C.I.C.), eseguita secondo la normativa ASTM C977-92. In ogni caso la percentuale di legante che si utilizzerà per il trattamento, deve essere  $\geq 1,5\%$ .

- **CALCE**

La calce da utilizzare per la lavorazione deve avere le seguenti caratteristiche (Tabella 5.1.1):

**Tabella 5.1.1**

REQUISITI	CALCE VIVA	CALCE IDRATA
CO <sub>2</sub>	$\leq 5\%$	$\leq 4\%$
(Cao + MgO) totali	$\geq 85\%$	$\geq 85\%$
Titolo in idrati	-	$\geq 85\%$
SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + SO <sub>3</sub>	$\leq 5\%$	$\leq 5\%$
Pezzatura	$\leq 2$ mm	-
Passante al setaccio:	200 $\mu$ m $\geq 90\%$	90 $\mu$ m $\geq 90\%$

- **ACQUA:**

L' acqua deve essere esente da impurità dannose, oli, acidi, alcali, materia organica, frazioni limo-argillose e qualsiasi altra sostanza nociva. In caso di dubbio sulla sua qualità, l'acqua andrà testata secondo la norma UNI EN 1008:2003. La quantità di acqua nella miscela sarà quella corrispondente all'umidità ottima di costipamento, determinata dalla prova Proctor AASHTO modificata (CNR BU n°69/78), con una variazione compresa entro  $\pm 2\%$  del peso della miscela.

**MISCELA**

Per comporre la miscela ottimale, occorre individuare le corrette percentuali di umidità e di calce operando nel seguente modo:

- **% Umidità:** La determinazione dell'umidità ottima di costipamento e relativa densità massima secca deve essere effettuata mediante studio Proctor (CNR BU n°69/78 - AASHTO T-180 modificata). Verrà effettuata una costipazione per ogni percentuale di calce utilizzata.
- **% Calce:** La quantità di calce ottimale deve essere scelta in funzione del valore CBR e delle prestazioni a compressione della miscela. Per individuare il valore CBR deve essere seguita la norma UNI 10009:1964; i provini verranno costipati con un'energia di compattazione tipo AASHTO T-180 all'umidità ottima Proctor. Una volta avvenuta la costipazione, i provini verranno fatti maturare 7 giorni in aria ad una temperatura di 20 °C  $\pm 1$  (pre-saturazione), oppure 7 giorni in aria succeduti da 4 giorni in acqua ad una temperatura di 20 °C  $\pm 1$  (post-saturazione). Per la preparazione dei provini da sottoporre a compressione si deve seguire il seguente procedimento: i provini devono essere confezionati entro stampi CBR (UNI 10009:1964), impiegati senza disco spaziatore (altezza 17,78 cm, diametro 15,24 cm per un volume di 3242 cm<sup>3</sup>). Per il confezionamento dei provini gli stampi verranno muniti di collare di prolunga, allo scopo di consentire il regolare costipamento dell'ultimo strato, con la consueta eccedenza di circa 1 cm rispetto all'altezza dello stampo CBR; tale eccedenza dovrà essere eliminata affinché l'altezza del provino risulti definitivamente di cm 17,78. Prima d'immettere la miscela negli stampi si effettuerà una vagliatura al setaccio ASTM 3/4" allontanando gli elementi trattenuti con la sola pasta di cemento ad essi aderente. La miscela verrà costipata all'umidità ottima Proctor, seguendo quanto indicato dalla norma AASHTO T-180 modificata (85 colpi per strato, diametro pestello 5,08 cm, peso pestello 4,54 kg e altezza di caduta di 45,7 cm). I provini dovranno essere estratti dallo stampo dopo 24 ore e portati successivamente a stagionatura per altre 6 in ambiente umido (umidità relativa  $\geq 90\%$  e temperatura di 20 °C  $\pm 1$ ). Operando ripetutamente nel modo suddetto potranno essere determinati i valori necessari al tracciamento dei diagrammi di studio; tali valori dovranno essere rispettati i limiti riportati in tabella (Tabella 5.1.2). Per la prova di rottura a compressione i valori saranno ottenuti dalla media aritmetica di 3 provini, se ciascuno non si scosta dalla media per più del 15 %, altrimenti dalla media di 2, dopo aver scartato quello anomalo. Il valore CBR verrà invece calcolato dalla media di due provini. Dovranno essere testate almeno tre miscele contenenti percentuali di calce differenti, partendo dal valore minimo, quello individuato dal CIC (l'aumentare della percentuale di calce da inserire nella miscela deve essere in ragione dello 0,5%).

Tabella 5.1.2

REQUISITI DELLA MISCELA			
CARATTERISTICHE	normativa	u.m.	valori
Indice di portanza CBR pre-saturazione	UNI 10009:1964	%	≥ 70
Indice di portanza CBR post-saturazione	UNI 10009:1964	%	≥ 50
Rigonfiamento			≤ 1,5
Resistenza a compressione	CNR BU n°29/72	N/mm <sup>2</sup>	R <sub>c</sub> ≥ 1,2

#### MODALITA' ESECUTIVE

L'operazione di stabilizzazione deve essere eseguita su strati di altezza non superiore a 40 cm, dovrà essere preceduta, se necessario, da quella di frantumazione della terra in sito, ottenuta mediante il passaggio della macchina stabilizzatrice, fino ad ottenere una frazione passante al crivello 5 UNI superiore al 63 %. Terminata l'eventuale fase di frantumazione si deve procedere con la stesa della calce, da effettuare con idonee macchine spandicalce e in assenza di vento; a questo punto, prima che la macchina stabilizzatrice inizi la miscelazione, è necessario apportare la corretta percentuale d'acqua al terreno.

Concluso l'intervento di miscelazione devono subito avere inizio le operazioni di costipazione, da effettuarsi per mezzo di rulli a piastre, a piede di montone o gommati.

La stabilizzazione non deve di norma avvenire con temperature ambientali inferiori a 8 °C e superiori a 35 °C (salvo differente indicazione della D.L.), e mai sotto la pioggia.

#### PROTEZIONE SUPERFICIALE

Subito dopo il completamento delle operazioni di costipazione e finitura dello strato, deve essere applicato un velo protettivo di emulsione bituminosa acida al 55%, in ragione di 1-2 kg/m<sup>2</sup> (relazionato al tempo ed all'intensità del traffico di cantiere cui potrà venire sottoposto) con successivo spargimento di sabbia.

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

Tabella 5.1.3

REQUISITI DELLO STABILIZZATO A CALCE				
CARATTERISTICHE	normativa	u.m.	valori	frequenza
Indice di portanza CBR pre-saturazione	UNI 10009:1964	%	≥ 65	giornaliera / D.L.
Indice di portanza CBR post-saturazione	UNI 10009:1964	%	≥ 45	giornaliera / D.L.
Rigonfiamento			≤ 1,5	
Densità in sito <sup>1</sup>	CNR BU n°22/72	%	≥ 92	ogni 250 m di stesa
Modulo di deformazione (Md) 0,15-0,25 N/mm <sup>2</sup>	CNR BU n°146/92	N/mm <sup>2</sup>	≥ 50	ogni 250 m di stesa

1) Il confronto tra le misure di densità in sito ed i valori ottenuti in laboratorio può essere effettuato direttamente quando la granulometria della miscela in opera è priva di elementi trattenuti al crivello UNI 25 mm. In caso contrario, se il trattenuto al crivello UNI 25 mm è inferiore al 20%, si può effettuare il controllo previa correzione del peso di volume del secco in sito, per tenere conto della presenza di elementi lapidei di dimensioni maggiori di 20 mm:

$$\gamma_{d,sito} = \frac{P_d - P'_d}{V - V'}$$

P<sub>d</sub>: Peso secco totale del materiale prelevato

V: Volume totale occupato in sito

P'<sub>d</sub>: Peso secco della frazione trattenuta al crivello UNI 25 mm

V': P'<sub>d</sub> / γ<sub>s</sub> : Volume della frazione trattenuta al crivello UNI 25 mm

γ<sub>s</sub>: Peso specifico della frazione trattenuta al crivello UNI 25 mm

## 5.2.B STABILIZZAZIONE A CEMENTO

#### DESCRIZIONE

Questo tipo di trattamento consiste nel miscelare in sito, con idonee attrezzature, il terreno, il cemento e l'acqua in maniera omogenea e nelle corrette percentuali, al fine di rendere il sottofondo più coesivo, più duro e per questo più portante.



## CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Prima di poter stabilire i dosaggi di legante ed acqua necessari al raggiungimento delle prestazioni richieste, deve essere eseguito uno studio accurato dei materiali che verranno utilizzati; in tale studio devono essere riportate le seguenti prove e osservazioni:

### - CLASSIFICAZIONE DELLE TERRE:

Eseguita seguendo la normativa UNI EN 10006:2002, è necessaria per poter individuare il gruppo al quale appartiene il terreno e di conseguenza il legante da utilizzare per la stabilizzazione; le terre che necessitano di un trattamento a cemento sono quelle appartenenti ai seguenti gruppi: A1, A3, A2-4, A2-5, A4 e A5 con indice di plasticità  $\leq 6$ . Nello studio dovranno comparire anche analisi granulometrica e limiti di Atterberg.

### - ANALISI CHIMICHE:

Devono essere individuati contenuto di sostanze organiche  $< 4\%$  (UNI EN 1744:1999) e contenuto di solfati  $< 4\%$  (UNI EN 1744:1999).

### - CEMENTO:

Il cemento è un legante idraulico, cioè un materiale inorganico finemente macinato che, mescolato con acqua, forma una pasta che rapprende e indurisce a seguito di processi e reazioni di idratazione e che, una volta indurita, mantiene la sua resistenza e la sua stabilità anche sott'acqua.

Saranno impiegati i seguenti tipi di cemento, elencati nella norma UNI EN 197-1:2006:

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

I cementi utilizzati dovranno rispondere ai requisiti previsti dalla L. 595/65. Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, i cementi utilizzati dovranno essere controllati e certificati come previsto dal DPR 13/9/93 n. 246 e dal D.M. 12/07/93 n. 314. Tale certificazione sarà rilasciata dall'Istituto Centrale per la Industrializzazione e la Tecnologia Edilizia (I.C.I.T.E.), o da altri organismi autorizzati ai sensi del D.M. 12/07/93 n. 314.

A titolo indicativo la percentuale di cemento in peso sarà compresa tra il 3% e il 5% sul peso della miscela.

### - ACQUA:

L'acqua deve essere esente da impurità dannose, oli, acidi, alcali, materia organica, frazioni limo-argillose e qualsiasi altra sostanza nociva. In caso di dubbio sulla sua qualità, l'acqua andrà testata secondo la norma UNI EN 1008:2003. La quantità di acqua nella miscela sarà quella corrispondente all'umidità ottima di costipamento, determinata dalla prova Proctor AASHTO modificata (CNR BU n°69/78), con una variazione compresa entro  $\pm 2\%$  del peso della miscela.

## MISCELA

Per comporre la miscela ottimale, occorre individuare le corrette percentuali di umidità e di cemento operando nel seguente modo:

- % *Umidità*: La determinazione dell'umidità ottima di costipamento e relativa densità massima secca deve essere effettuata mediante studio Proctor (CNR 69 - AASHTO T-180 modificata). Verrà effettuata una costipazione per ogni percentuale di cemento utilizzata.
- % *Cemento*: La quantità di cemento ottimale deve essere scelta in funzione del valore CBR e delle prestazioni a compressione della miscela. Per individuare il valore CBR deve essere seguita la norma UNI 10009:1964; i provini verranno costipati con un'energia di compattazione tipo AASHTO T-180 all'umidità ottima Proctor. Una volta avvenuta la costipazione, i provini verranno fatti maturare 7 giorni in aria ad una temperatura di  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$  (pre-saturazione), oppure 7 giorni in aria succeduti da 4 giorni in acqua ad una temperatura di  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$  (post-saturazione). Per la preparazione dei provini da sottoporre a compressione si seguirà il seguente procedimento: I provini verranno confezionati entro stampi CBR (UNI 10009:1964), impiegati senza disco spaziatore (altezza 17,78 cm, diametro 15,24 cm per un volume di 3242 cm<sup>3</sup>). Per il confezionamento dei provini gli stampi verranno muniti di collare di prolunga, allo scopo di consentire il regolare costipamento dell'ultimo strato, con la consueta eccedenza di circa 1 cm

rispetto all'altezza dello stampo CBR; tale eccedenza dovrà essere eliminata affinché l'altezza del provino risulti definitivamente di cm 17,78. Prima d'immettere la miscela negli stampi si effettuerà una vagliatura al setaccio ASTM 3/4" allontanando gli elementi trattenuti con la sola pasta di cemento ad essi aderente. La miscela verrà costipata all'umidità ottima Proctor, seguendo quanto indicato dalla norma AASHTO T-180 modificata (85 colpi per strato, diametro pestello 5,08 cm, peso pestello 4,54 kg e altezza di caduta di 45,7 cm). I provini dovranno essere estratti dallo stampo dopo 24 ore e portati successivamente a stagionatura per altri 6 in ambiente umido (umidità relativa  $\geq 90\%$  e temperatura di  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$ ).

Operando ripetutamente nel modo suddetto potranno essere determinati i valori necessari al tracciamento dei diagrammi di studio; tali valori dovranno rispettare i limiti riportati in tabella (Tabella 5.2.1).. Per la prova di rottura a compressione i valori saranno ottenuti dalla media aritmetica di 3 provini, se ciascuno non si scosta dalla media per più del 15 %; altrimenti dalla media di 2, dopo aver scartato quello anomalo. Il valore CBR verrà invece calcolato dalla media di due provini.

**Tabella 5.2.1**

<b>REQUISITI DELLA MISCELA</b>			
<b>CARATTERISTICHE</b>	<b>normativa</b>	<b>u.m.</b>	<b>valori</b>
Indice di portanza CBR pre-saturazione	UNI 10009:1964	%	$\geq 100$
Indice di portanza CBR post- saturazione Rigonfiamento	UNI 10009:1964	%	$\geq 100$ $\leq 0,5$
Resistenza a compressione	CNR BU n°29/72	N/mm <sup>2</sup>	$R_c \geq 2,0$

#### MODALITA' ESECUTIVE

L'operazione di stabilizzazione deve essere eseguita su strati di altezza non superiore a 30 cm; dovrà essere preceduta, se necessario, da quella di frantumazione della terra in sito, ottenuta mediante il passaggio della macchina stabilizzatrice, fino ad ottenere una frazione passante al crivello 5 UNI superiore al 63 %. Terminata l'eventuale fase di frantumazione si deve procedere con la stesa del cemento, da effettuare con idonee macchine spandimento e in assenza di vento; a questo punto, prima che la macchina stabilizzatrice inizi la miscelazione, è necessario apportare la corretta percentuale d'acqua al terreno.

Concluso l'intervento di miscelazione devono subito avere inizio le operazioni di costipazione, da effettuarsi per mezzo di rulli a piastre, a piede di montone o gommati.

La stabilizzazione non deve di norma avvenire con temperature ambientali inferiori a  $8\text{ }^{\circ}\text{C}$  e superiori a  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$  (salvo differente indicazione della D.L.), e mai sotto la pioggia.

#### PROTEZIONE SUPERFICIALE

Subito dopo il completamento delle operazioni di costipamento e finitura dello strato, deve essere applicato un velo protettivo di emulsione bituminosa acida al 55% in ragione di 1-2 kg/m<sup>2</sup> (relazionato al tempo ed all'intensità del traffico di cantiere cui potrà venire sottoposto) e successivo spargimento di sabbia.

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

**Tabella 5.2.2**

<b>REQUISITI DELLO STABILIZZATO A CEMENTO</b>				
<b>CARATTERISTICHE</b>	<b>normativa</b>	<b>u.m.</b>	<b>valori</b>	<b>frequenza</b>
Indice di portanza CBR pre-saturazione	UNI 10009:1964	%	$\geq 95$	giornaliera / D.L.
Indice di portanza CBR post-saturazione Rigonfiamento	UNI 10009:1964	%	$\geq 95$ $\leq 0,5$	giornaliera / D.L.
Densità in sito <sup>1</sup>	CNR BU n°22/72	%	$\geq 92$	ogni 250 m di stesa
Modulo di deformazione (Md) 0,15-0,25 N/mm <sup>2</sup>	CNR BU n°146/92	N/mm <sup>2</sup>	$\geq 80$	ogni 250 m di stesa

1) Il confronto tra le misure di densità in sito ed i valori ottenuti in laboratorio può essere effettuato direttamente quando la granulometria della miscela in opera è priva di elementi trattenuti al crivello UNI 25 mm. In caso contrario, se il trattenuto al crivello UNI 25 mm è inferiore al 20%, si può effettuare il controllo previa correzione del peso di volume del secco in sito, per tenere conto della presenza di elementi lapidei di dimensioni maggiori di 20 mm:

$$\gamma_{d,sito} = \frac{P_d - P'_d}{V - V'}$$

Pd: Peso secco totale del materiale prelevato  
V: Volume totale occupato in sito

P'd: Peso secco della frazione trattenuta al crivello UNI 25 mm  
V':  $P'd / \gamma_s$  : Volume della frazione trattenuta al crivello UNI 25 mm  
 $\gamma_s$ : Peso specifico della frazione trattenuta al crivello UNI 25 mm

## 6. STRATI DI FONDAZIONE

### 6.1 FONDAZIONE IN MISTO GRANULARE

#### DESCRIZIONE

Tale fondazione è costituita da una miscela di materiali granulari, misto granulare, stabilizzati per granulometria.

Lo spessore da assegnare alla fondazione sarà fissato dalla D.L. in relazione alla portata del sottofondo; la stesa deve avvenire in strati successivi, ciascuno dei quali non dovrà mai avere uno spessore finito superiore a cm 20 e inferiore a cm 10.

#### INERTI

Gli aggregati lapidei detti più semplicemente inerti, compongono il misto granulare che costituisce gli strati di fondazione.

Gli inerti devono essere non gelivi, duri e durevoli, non possono contenere particelle friabili, organiche, argillose, limose soggette a rigonfiamenti.

Devono rispettare quanto definito dalla Direttiva 89/106/CEE recepita con D.P.R. 246/2003 e applicata con Decreto Min. Attività Produttive del 7/4/2004 che definisce per gli aggregati per costruzioni stradali l'impiego della norma UNI EN 13242:2004.

*Aggregato grosso:  $d > 2\text{mm}$  e  $D < 40\text{mm}$*

E' costituito da ghiaie naturali, ghiaie frantumate, pietrischetti e graniglie privi di elementi in fase di alterazione, polvere e materiali estranei. Qualunque sia la loro provenienza o natura petrografica, i materiali devono soddisfare i seguenti requisiti minimi (Tabella 6.1.1):

**Tabella 6.1.1**

Dimensione massima	40 mm	
Requisiti di granulometria	$G_{85}$	UNI EN 13242 prospetto 2
Percentuale di superfici frantumate	$C_{NR/70}$	UNI EN 13242 prospetto 7
Resistenza alla frammentazione	$LA_{30}$	UNI EN 13242 prospetto 9

*Aggregato fine:  $D < 2\text{ mm}$  e  $d > 0,063$*

L'aggregato fine deve essere costituito prevalentemente da sabbia naturale o di frantumazione, ottenuta da materiali di cava o di fiume e devono soddisfare i seguenti requisiti (Tabella 6.1.2):

**Tabella 6.1.2**

Requisiti di granulometria	$G_F 85$	UNI EN 13242 prospetto 2
Prova dell'equivalente in sabbia	25 % - 65 %	UNI EN 933-8:2000

#### ACQUA

L'acqua deve essere esente da impurità dannose, oli, acidi, alcali, materia organica, frazioni limo-argillose e qualsiasi altra sostanza nociva. In caso di dubbio sulla sua qualità, l'acqua andrà testata secondo la norma UNI EN 1008:2003. La quantità di acqua nella miscela sarà quella corrispondente all'umidità ottima di costipamento, determinata dalla prova Proctor AASHTO modificata (CNR BU n°69/78), con una variazione compresa entro  $\pm 2\%$  del peso della miscela.

## MISCELA

La miscela di aggregati da adottarsi per la realizzazione del misto granulare deve avere una composizione granulometrica compresa nel seguente fuso e avere andamento continuo e uniforme, praticamente concorde a quello delle curve limite (Tabella 6.1.3):

<b>Tabella 6.1.3</b>	
<b>FUSO</b>	<b>MISTO GRANULARE</b>
Serie EN	% di passante
40	100 - 100
31,5	79 - 100
20	63 - 95
16	55 - 89
12,5	46 - 83
10	37 - 76
8	32 - 70
6,3	27 - 64
2	15 - 40
0,500	8 - 27
0,250	6 - 21
0,063	2 - 11

L'Impresa è tenuta a comunicare alla D.L., con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ciascun cantiere di produzione, la composizione dei misti granulari che intende adottare. Lo studio di laboratorio deve comprendere inoltre, la curva di costipazione, ottenuta con energia AASHTO modificata (CNR BU n°69/78).

Una volta accettato da parte della D.L. lo studio delle miscele, l'Impresa deve rigorosamente attenersi ad esso.

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

## MODALITA' ESECUTIVE

Il piano di posa dello strato deve avere le quote, la sagoma, i requisiti di portanza prescritti ed essere ripulito da materiale estraneo. Il materiale va steso in strati di spessore finito non superiore a 20 cm e non inferiore a 10 cm e deve presentarsi, dopo costipamento, uniformemente miscelato in modo da non presentare segregazione dei suoi componenti. L'eventuale aggiunta di acqua, per raggiungere l'umidità prescritta in funzione della densità, è da effettuarsi mediante dispositivi spruzzatori. La stesa va effettuata con finitrice o con grader appositamente equipaggiato.

Tutte le operazioni anzidette sono sospese quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo), siano tali da danneggiare la qualità dello strato stabilizzato.

Quando lo strato finito risulti compromesso a causa di un eccesso di umidità o per effetto di danni dovuti al gelo, esso deve essere rimosso e ricostituito a cura e spese dell'Impresa.

Il materiale pronto per il costipamento deve presentare in ogni punto la prescritta granulometria. Per il costipamento e la rifinitura verranno impiegati rulli vibranti, rulli gommati o combinati, tutti semoventi.

**Tabella 6.1.4**

<b>REQUISITI DEL MISTO GRANULARE</b>				
<b>CARATTERISTICHE</b>	<b>normativa</b>	<b>u.m.</b>	<b>valori</b>	<b>frequenza</b>
Indice di portanza CBR (dopo 4 gg di imbibizione)	UNI 10009:1964	%	≥ 50	
Indice di portanza CBR ± 2% umidità ottima	UNI 10009:1964	%	≥ 50	
Densità in sito <sup>1</sup>	CNR BU n°22/72	%	≥ 95	ogni 1000 m <sup>2</sup> di stesa
Modulo di deformazione (Md) 0,15-0,25 N/mm <sup>2</sup>	CNR BU n°146/92	N/mm <sup>2</sup>	≥ 80	ogni 1000 m <sup>2</sup> di stesa
Misura dell'irregolarità superficiale	UNI EN 13036-7	mm	≤ 10	ogni 20 m
Spessore medio	±5% di quello prescritto			

1) Il confronto tra le misure di densità in sito ed i valori ottenuti in laboratorio può essere effettuato direttamente quando la granulometria della miscela in opera è priva di elementi trattenuti al crivello UNI 25 mm. In caso contrario, se il trattenuto al crivello UNI 25 mm è inferiore al 20%, si può effettuare il controllo previa correzione del peso di volume del secco in sito, per tenere conto della presenza di elementi lapidei di dimensioni maggiori di 20 mm:

$$\gamma_{d,sito} = \frac{P_d - P'_d}{V - V'}$$

Pd: Peso secco totale del materiale prelevato  
 V: Volume totale occupato in sito  
 P'd: Peso secco della frazione trattenuta al crivello UNI 25 mm  
 V': P'd /  $\gamma_s$  : Volume della frazione trattenuta al crivello UNI 25 mm  
 $\gamma_s$ : Peso specifico della frazione trattenuta al crivello UNI 25 mm

## 6.2 FONDAZIONE IN MISTO CEMENTATO

### DESCRIZIONE

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

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

Lo spessore da assegnare alla fondazione è fissato dalla D.L. in relazione alla portata del sottofondo; la stesa deve avvenire in strati successivi, ciascuno dei quali non dovrà mai avere uno spessore finito superiore a cm 20 e inferiore a cm 10.

### INERTI

Gli inerti sono elementi lapidei dalla cui miscelazione, si ottiene il misto granulare che costituisce la base del misto cementato.

Essi risultano composti dall'insieme di aggregati grossi e aggregati fini.

Devono rispettare quanto definito dalla Direttiva 89/106/CEE recepita con D.P.R. 246/2003 e applicata con Decreto Min. Attività Produttive del 7/4/2004 che definisce per gli aggregati per costruzioni stradali l'impiego della norma UNI EN 13242:2004.

*Aggregato grosso:  $d > 2\text{ mm}$  e  $D < 31,5\text{ mm}$*

E' costituito da ghiaie naturali, ghiaie frantumate, pietrischetti e graniglie, privi di elementi in fase di alterazione, polvere e materiali estranei. Qualunque sia la loro provenienza o natura petrografica, i materiali devono soddisfare i seguenti requisiti minimi (Tabella 6.2.1):

**Tabella 6.2.1**

Dimensione massima	31,5 mm	
Requisiti di granulometria	$G_c$ 80/20	UNI EN 13242 prospetto 2
Percentuale di superfici frantumate	$C_{50/30}$	UNI EN 13242 prospetto 7
Resistenza alla frammentazione	$LA_{30}$	UNI EN 13242 prospetto 9

*Aggregato fine:  $D < 2\text{ mm}$  e  $d > 0,063$*

L'aggregato fine deve essere costituito prevalentemente da sabbia naturale o di frantumazione, ottenuta da materiali di cava o di fiume e devono soddisfare i seguenti requisiti (Tabella 6.2.2):

**Tabella 6.2.2**

Requisiti di granulometria	$G_F$ 85	UNI EN 13242 prospetto 2
Prova dell'equivalente in sabbia	30 % - 60%	UNI EN 933-8:2000
Limite liquido	$\leq 25$	UNI EN 10014:1964
Indice di plasticità	NP	UNI EN 10014:1964

### LEGANTE

Il cemento è un legante idraulico, cioè un materiale inorganico finemente macinato che, mescolato con acqua, forma una pasta che rapprende e indurisce a seguito di processi e reazioni di idratazione e che, una volta indurita, mantiene la sua resistenza e la sua stabilità anche sott'acqua.

Saranno impiegati i seguenti tipi di cemento, elencati nella norma UNI EN 197-1:2006:

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

I cementi utilizzati dovranno rispondere ai requisiti previsti dalla L. 595/65. Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, i cementi utilizzati dovranno essere controllati e certificati come previsto dal DPR 13/9/93 n. 246 e dal D.M. 12/07/93 n. 314. Tale certificazione sarà rilasciata dall'Istituto Centrale per la Industrializzazione e la Tecnologia Edilizia (I.C.I.T.E.), o da altri organismi autorizzati ai sensi del D.M. 12/07/93 n. 314.

A titolo indicativo la percentuale di cemento in peso sarà compresa tra il 2,5% e il 3,5% sul peso degli inerti asciutti e ammessa una variazione di  $\pm 0.5\%$ .

#### ACQUA

L'acqua deve essere esente da impurità dannose, oli, acidi, alcali, materia organica, frazioni limo-argillose e qualsiasi altra sostanza nociva. In caso di dubbio sulla sua qualità l'acqua andrà testata secondo la norma UNI EN 1008:2003. La quantità di acqua nella miscela sarà quella corrispondente all'umidità ottima di costipamento, determinata dalla prova Proctor AASHTO modificata (CNR BU n°69/78), con una variazione compresa entro  $\pm 1\%$  del peso della miscela.

#### MISCELA

La miscela di aggregati (misto granulare) da adottarsi per la realizzazione del misto cementato deve avere una composizione granulometrica compresa nel seguente fuso (Tabella 6.2.3):

<b>Tabella 6.2.3</b>	
<b>FUSO</b>	<b>MISTO CEMENTATO</b>
Serie EN	% di passante
31,5	100 - 100
20	72 - 90
16	63 - 81
12,5	54 - 71
10	46 - 62
8	40 - 55
6,3	35 - 49
2	18 - 30
0,500	9 - 19
0,250	7 - 15
0,063	4 - 10

Il contenuto di cemento ed il contenuto d'acqua della miscela, vanno espressi come percentuale in peso rispetto al peso totale secco degli aggregati costituenti il misto granulare di base.

Tali percentuali sono stabilite in base ad uno studio della miscela effettuato in laboratorio, secondo quanto previsto dalle norme AASHTO T-180 e CNR BU n°69/78:

- **% UMIDITA'** : La determinazione dell'umidità ottima di costipamento e relativa densità massima secca deve essere effettuata mediante studio Proctor (CNR BU n°69/78 - AASHTO T-180 modificata). Verrà effettuata una costipazione per ogni percentuale di cemento utilizzata.
- **% CEMENTO** : La quantità di cemento ottimale deve essere scelta in funzione delle prestazioni a compressione e trazione della miscela (Tabella 6.2.4). I provini verranno confezionati in laboratorio entro stampi CBR (UNI 10009:1964), impiegati senza disco spaziatore (altezza 17,78 cm, diametro 15,24 cm per un volume di 3242 cm<sup>3</sup>). Per il confezionamento dei provini gli stampi verranno muniti di collare di prolunga, allo scopo di consentire il regolare costipamento dell'ultimo strato, con la consueta eccedenza di circa 1 cm rispetto all'altezza dello stampo CBR; tale eccedenza dovrà essere eliminata affinché l'altezza del provino risulti definitivamente di cm 17,78. Prima d'immettere la miscela negli stampi si effettuerà una vagliatura al setaccio ASTM 3/4" allontanando gli elementi trattenuti con la sola pasta di cemento ad essi aderente. La miscela verrà costipata all'umidità ottima Proctor, seguendo quanto indicato dalla norma AASHTO T-180 modificata (85 colpi per strato, diametro pestello 5,08 cm, peso pestello 4,54 kg e altezza di caduta di 45,7 cm). I provini dovranno essere estratti dallo stampo dopo 24 ore e portati successivamente a stagionatura per altre 6 in ambiente umido (umidità relativa  $\geq 90\%$  e temperatura di 20 °C  $\pm 1$ ).

Operando ripetutamente nel modo suddetto potranno essere determinati i valori necessari al tracciamento dei diagrammi di studio; tali valori dovranno rispettare i limiti riportati in tabella e

saranno ottenuti dalla media aritmetica di 3 provini, se ciascuno non si scosta dalla media per più del 15 %, altrimenti dalla media di 2, dopo aver scartato quello anomalo:

**Tabella 6.2.4**

<b>REQUISITI DELLA MISCELA</b>			
<b>CARATTERISTICHE</b>	<b>normativa</b>	<b>u.m.</b>	<b>valori</b>
Resistenza a compressione a 7 gg	CNR BU n°29/72	N/mm <sup>2</sup>	$2,5 \leq R_c \leq 4,5$
Resistenza a trazione indiretta a 7 gg (Brasiliana)	CNR BU n°97/84	N/mm <sup>2</sup>	$R_t \geq 0,25$

L'Impresa è tenuta a comunicare alla D.L., con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ciascun cantiere di produzione, la composizione delle miscele che intende adottare. Ciascuna composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione dello studio di composizione effettuato, che non dovrà essere più vecchio di un anno. Inoltre l'Impresa deve indicare, per iscritto, le fonti di approvvigionamento, le aree ed i metodi di stoccaggio, il tipo di lavorazione che intende adottare e il tipo di attrezzatura da cantiere che verrà impiegata.

Una volta accettato da parte della D.L. lo studio delle miscele, l'Impresa dovrà attenersi rigorosamente ad esso.

#### CONFEZIONAMENTO DELLA MISCELA

Il misto cementato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato.

La zona destinata allo stoccaggio degli aggregati deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per evitare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possano compromettere la pulizia degli aggregati. I cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei pre-dosatori eseguita con la massima cura. Non è consentito il mescolamento di cementi diversi per tipo, classe di resistenza o provenienza. Il legante dovrà essere adeguatamente protetto dall'umidità atmosferica e dalle impurità.

#### MODALITA' ESECUTIVE

La miscela verrà stesa sul piano finito dello strato precedente dopo che sia stata accertata dalla D.L. la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti prescritti. Ogni depressione, avvallamento o ormaia presente sul piano di posa deve essere corretta prima della stesa. Prima della stesa è inoltre necessario verificare che il piano di posa sia sufficientemente umido e, se necessario, provvedere alla sua bagnatura evitando tuttavia la formazione di una superficie fangosa.

La stesa verrà eseguita impiegando macchine finitrici. Il tempo massimo tra l'introduzione dell'acqua nella miscela del misto cementato e l'inizio della compattazione non dovrà superare i 60 minuti.

Le operazioni di compattazione dello strato devono essere realizzate preferibilmente con apparecchiature e sequenze adatte a produrre il grado di addensamento e le prestazioni richieste. La stesa della miscela non deve di norma essere eseguita con temperature ambientali inferiori a 8 °C e superiori a 35 °C (salvo differente indicazione della Direzione dei Lavori), e mai sotto la pioggia.

Nel caso in cui le condizioni climatiche (temperatura, irraggiamento, ventilazione) comportino una elevata velocità di evaporazione, è necessario provvedere ad un' adeguata protezione delle miscele sia durante il trasporto che durante la stesa.

Il tempo intercorrente fra la stesa di due strisce affiancate, non deve superare di norma le due ore per garantire la continuità della struttura.

Il giunto di ripresa deve essere ottenuto terminando la stesa dello strato a ridosso di una tavola e togliendo la tavola al momento della ripresa della stesa. Se non si fa uso della tavola si deve, prima della ripresa della stesa, provvedere a tagliare l'ultima parte dello strato precedente, in modo che si ottenga una parete perfettamente verticale. Non devono essere eseguiti altri giunti all'infuori di quelli di ripresa.

#### PROTEZIONE SUPERFICIALE

Subito dopo il completamento delle opere di costipamento e finitura dello strato, deve essere applicato un velo protettivo di emulsione bituminosa acida al 55% in ragione di 1-2 kg/m<sup>2</sup> (relazionato al tempo ed all' intensità del traffico di cantiere cui potrà venire sottoposto) e successivo spargimento di sabbia.

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

Il transito di cantiere potrà essere ammesso sullo strato a partire dal terzo giorno dopo quello in cui è stata effettuata la stesa e limitatamente ai mezzi gommati. Aperture anticipate sono consentite solo se viene verificata la resistenza raggiunta dal misto.

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

**Tabella 6.2.5**

<b>REQUISITI DEL MISTO CEMENTATO</b>				
<b>CARATTERISTICHE</b>	<b>normativa</b>	<b>u.m.</b>	<b>valori</b>	<b>frequenza</b>
Resistenza a compressione a 7 gg	CNR BU n°29/72	N/mm <sup>2</sup>	± 20% R <sub>c</sub> di riferimento e in ogni caso ≥ 2,5	ogni 5000 m <sup>2</sup> di stesa
Resistenza a trazione indiretta a 7 gg (Brasiliana)	CNR BU n°97/84	N/mm <sup>2</sup>	± 20% R <sub>t</sub> di riferimento e in ogni caso ≥ 0,25	ogni 5000 m <sup>2</sup> di stesa
Composizione granulometrica	UNI EN 933-1:1999	Fuso granulometrico		ogni 5000 m <sup>2</sup> di stesa
Percentuale di cemento	UNI EN 6393:1988	%	± 0,5	ogni 5000 m <sup>2</sup> di stesa
Densità in sito <sup>1</sup>	CNR BU n°22/72	%	≥ 97	ogni 1000 m <sup>2</sup> di stesa
Misura dell'irregolarità superficiale	UNI EN 13036-7:2004	mm	≤ 10	ogni 20 m
Spessore medio	quello prescritto dal progetto			

1) Il confronto tra le misure di densità in sito ed i valori ottenuti in laboratorio può essere effettuato direttamente quando la granulometria della miscela in opera è priva di elementi trattenuti al crivello UNI 25 mm. In caso contrario, se il trattenuto al crivello UNI 25 mm è inferiore al 20%, si può effettuare il controllo previa correzione del peso di volume del secco in sito, per tenere conto della presenza di elementi lapidei di dimensioni maggiori di 20 mm:

$$\gamma_{d,sito} = \frac{P_d - P'_d}{V - V'}$$

P<sub>d</sub>: Peso secco totale del materiale prelevato

V: Volume totale occupato in sito

P'<sub>d</sub>: Peso secco della frazione trattenuta al crivello UNI 25 mm

V': P'<sub>d</sub> / γ<sub>s</sub> : Volume della frazione trattenuta al crivello UNI 25 mm

γ<sub>s</sub>: Peso specifico della frazione trattenuta al crivello UNI 25 mm

Nel caso in cui il misto cementato debba essere impiegato in zone in cui sussista il rischio di degrado per gelo-disgelo, è facoltà della D.L. richiedere che la miscela risponda ai requisiti della norma SN 640 59a.



## 6.3 FONDAZIONE IN MISTO CEMENTATO CONFEZIONATO IN SITO

### DESCRIZIONE

Il misto cementato è costituito da una miscela d' inerti costituenti la pre-esistente fondazione in misto granulare con l'aggiunta, se necessario, di aggregati d'integrazione. La miscelazione deve avvenire in sito attraverso l'utilizzo di idonee macchine stabilizzatrici, dopo l' aggiunta di cemento e acqua, per uno spessore complessivo di circa 20 cm; altri spessori potranno essere richiesti purché non inferiori a 20 cm e non superiori a 30 cm. Anche in questo caso la miscela dovrà assumere, dopo un adeguato tempo di stagionatura, una resistenza meccanica durevole ed apprezzabile mediante prove eseguibili su provini di forma assegnata, anche in presenza di acqua o gelo.

### INERTI

Gli inerti sono elementi lapidei dalla cui miscelazione si ottiene il misto granulare che poi costituirà la base del misto cementato.

Essi risultano composti dall'insieme di aggregati grossi e aggregati fini.

Devono rispettare quanto definito dalla Direttiva 89/106/CEE recepita con D.P.R. 246/2003 e applicata con Decreto Min. Attività Produttive del 7/4/2004 che definisce per gli aggregati per costruzioni stradali l'impiego della norma UNI EN 13242:2004.

*Aggregato grosso:  $d > 2\text{mm}$  e  $D < 40\text{mm}$*

E' costituito da ghiaie naturali, ghiaie frantumate, pietrischetti e graniglie privi di elementi in fase di alterazione, polvere e materiali estranei. Qualunque sia la loro provenienza o natura petrografica, i materiali devono soddisfare i seguenti requisiti minimi (Tabella 6.3.1):

**Tabella 6.3.1**

Dimensione massima	40 mm	
Requisiti di granulometria	$G_c 80/20$	UNI EN 13242 prospetto 2
Percentuale di superfici frantumate	$C_{50/30}$	UNI EN 13242 prospetto 7
Resistenza alla frammentazione	$LA_{30}$	UNI EN 13242 prospetto 9

*Aggregato fine:  $D < 2\text{ mm}$   $d > 0,063$*

L'aggregato fine deve essere costituito prevalentemente da sabbia naturale o di frantumazione, ottenuta da materiali di cava o di fiume e deve soddisfare i seguenti requisiti (Tabella 6.3.2):

**Tabella 6.3.2**

Requisiti di granulometria	$G_F 85$	UNI EN 13043 prospetto 2
Prova dell'equivalente in sabbia	30 % - 60%	UNI EN 933-8:2000
Limite liquido	$\leq 25$	UNI EN 10014:1964
Indice di plasticità	NP	UNI EN 10014:1964

### LEGANTE

Il cemento è un legante idraulico, cioè un materiale inorganico finemente macinato che, mescolato con acqua, forma una pasta che rapprende e indurisce a seguito di processi e reazioni di idratazione e che, una volta indurita, mantiene la sua resistenza e la sua stabilità anche sott'acqua.

Saranno impiegati i seguenti tipi di cemento, elencati nella norma UNI EN 197-1:2006:

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

I cementi utilizzati dovranno rispondere ai requisiti previsti dalla L. 595/65. Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, i cementi utilizzati dovranno essere controllati e certificati come previsto dal DPR 13/9/93 n. 246 e dal D.M. 12/07/93 n. 314. Tale certificazione sarà rilasciata dall'Istituto Centrale per la Industrializzazione e la Tecnologia Edilizia (I.C.I.T.E.), o da altri organismi autorizzati ai sensi del D.M. 12/07/93 n. 314.

A titolo indicativo la percentuale di cemento in peso sarà compresa tra il 2,5% e il 4,5% sul peso degli inerti asciutti con ammessa una variazione di  $\pm 0.5\%$ .

### ACQUA

L'acqua deve essere esente da impurità dannose, oli, acidi, alcali, materia organica, frazioni limo-argillose e qualsiasi altra sostanza nociva. In caso di dubbio sulla sua qualità, l'acqua andrà testata

secondo la norma UNI EN 1008:2003. La quantità di acqua nella miscela sarà quella corrispondente all'umidità ottima di costipamento, determinata dalla prova Proctor AASHTO modificata (CNR BU n°69/78), con una variazione compresa entro  $\pm 2\%$  del peso della miscela.

#### MISCELA

La miscela di aggregati (misto granulare) da adottarsi per la realizzazione del misto cementato deve avere una composizione granulometrica compresa nel seguente fuso e avente andamento continuo ed uniforme (Tabella 6.3.3):

**Tabella 6.3.3**

FUSO	MISTO GRANULARE
Serie EN	% di passante
40	100 - 100
31,5	75 - 100
20	60 - 90
16	53 - 84
12,5	46 - 76
10	40 - 70
8	34 - 65
6,3	30 - 60
2	15 - 40
0,500	8 - 24
0,250	5 - 18
0,063	3 - 10

Il contenuto di cemento ed il contenuto d'acqua della miscela, vanno espressi come percentuale in peso rispetto al peso totale secco degli aggregati costituenti il misto granulare di base.

Tali percentuali saranno stabilite in base ad uno studio della miscela effettuato in laboratorio, secondo quanto previsto dalle norme AASHTO T-180 e CNR BU n°69/78:

- **% UMIDITA'** : La determinazione dell'umidità ottima di costipamento e relativa densità massima secca verrà effettuata mediante studio Proctor (CNR BU n°69/78 - AASHTO T-180 modificata). Verrà effettuata una costipazione per ogni percentuale di cemento utilizzata.
- **% CEMENTO** : La quantità di cemento ottimale deve essere scelta in funzione delle prestazioni a compressione e trazione della miscela (Tabella 6.3.4).. I provini verranno confezionati in laboratorio entro stampi CBR (UNI 10009:1964) impiegati senza disco spaziatore (altezza 17,78 cm, diametro 15,24 cm per un volume di 3242 cm<sup>3</sup>). Per il confezionamento dei provini gli stampi verranno muniti di collare di prolunga allo scopo di consentire il regolare costipamento dell'ultimo strato con la consueta eccedenza di circa 1 cm rispetto all'altezza dello stampo CBR; tale eccedenza dovrà essere eliminata affinché l'altezza del provino risulti definitivamente di cm 17,78. Prima d'immettere la miscela negli stampi si effettuerà una vagliatura al setaccio ASTM 3/4" allontanando gli elementi trattenuti con la sola pasta di cemento ad essi aderente. La miscela verrà costipata all'umidità ottima Proctor, seguendo quanto indicato dalla norma AASHTO T-180 modificata (85 colpi per strato, diametro pestello 5,08 cm, peso pestello 4,54 kg e altezza di caduta di 45,7 cm). I provini dovranno essere estratti dallo stampo dopo 24 ore e portati successivamente a stagionatura per altre 6 in ambiente umido (umidità relativa  $\geq 90\%$  e temperatura di 20 °C  $\pm 1$ ).

Operando ripetutamente nel modo suddetto potranno essere determinati i valori necessari al tracciamento dei diagrammi di studio; tali valori dovranno rispettare i limiti riportati in tabella e saranno ottenuti dalla media aritmetica di 3 provini, se ciascuno non si scosta dalla media per più del 15 %, altrimenti dalla media di 2, dopo aver scartato quello anomalo:

**Tabella 6.3.4**

<b>REQUISITI DELLA MISCELA</b>			
<b>CARATTERISTICHE</b>	<b>normativa</b>	<b>u.m.</b>	<b>valori</b>
Resistenza a compressione a 7 gg	CNR BU n°29/72	N/mm <sup>2</sup>	$2,5 \leq R_c \leq 4,5$
Resistenza a trazione indiretta a 7 gg (Brasiliana)	CNR BU n°97/84	N/mm <sup>2</sup>	$R_t \geq 0,25$

L'Impresa è tenuta a comunicare alla D.L., con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ciascun cantiere di produzione, la composizione delle miscele che intende adottare. Ciascuna composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione dello studio di composizione effettuato, che non dovrà essere più vecchio di un anno. Inoltre l'Impresa deve

indicare, per iscritto, le fonti di approvvigionamento, le aree ed i metodi di stoccaggio, il tipo di lavorazione che intende adottare e il tipo di attrezzatura da cantiere che verrà impiegata.

Una volta accettato da parte della D.L. lo studio delle miscele, l'Impresa dovrà attenersi rigorosamente ad esso.

#### MODALITA' ESECUTIVE

La produzione del misto cementato, deve avvenire in sito per mezzo di idonee macchine in grado svolgere contemporaneamente fresatura, miscelazione e stesa. Previa miscelazione, si deve provvedere a stendere gli eventuali inerti d'integrazione e il cemento; l'acqua di costipazione verrà introdotta e dosata direttamente dalla macchina stabilizzatrice.

Le operazioni di compattazione, devono essere immediate e realizzate preferibilmente con apparecchiature e sequenze adatte a produrre il grado di addensamento richiesto. La finitura dello strato, deve avvenire attraverso motograder, succeduti da un' ulteriore rullatura.

La lavorazione non deve di norma essere eseguita con temperature ambiente inferiori a 8 °C e superiori a 35 °C (salvo differente indicazione della D.L.), e mai sotto la pioggia.

Il tempo intercorrente fra la stesa di due strisce affiancate, non deve superare di norma le due ore per garantire la continuità della struttura.

#### PROTEZIONE SUPERFICIALE

Subito dopo il completamento delle opere di costipamento e finitura dello strato, deve essere applicato un velo protettivo di emulsione bituminosa acida al 55% in ragione di 1-2 kg/m<sup>2</sup> (in relazione al tempo ed alla intensità del traffico di cantiere cui potrà venire sottoposto) con successivo spargimento di sabbia.

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

Il transito di cantiere potrà essere ammesso sullo strato a partire dal terzo giorno dopo quello in cui è stata effettuata la stesa e limitatamente ai mezzi gommati. Aperture anticipate sono consentite solo se viene verificata la resistenza raggiunta dal misto.

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

**Tabella 6.3.5**

<b>REQUISITI DEL MISTO CEMENTATO</b>				
<b>CARATTERISTICHE</b>	<b>normativa</b>	<b>u.m.</b>	<b>valori</b>	<b>frequenza</b>
Resistenza a compressione a 7 gg <sup>1</sup>	CNR BU n°29/72	N/mm <sup>2</sup>	± 20% R <sub>c</sub> di riferimento e in ogni caso ≥ 2,5	ogni 5000 m <sup>2</sup> di stesa
Resistenza a trazione indiretta a 7 gg (Brasiliana)	CNR BU n°97/84	N/mm <sup>2</sup>	± 20% R <sub>t</sub> di riferimento e in ogni caso ≥ 0,25	ogni 5000 m <sup>2</sup> di stesa
Composizione granulometrica	UNI EN 933-1:1999	Fuso granulometrico		ogni 5000 m <sup>2</sup> di stesa
Percentuale di cemento	UNI EN 6393:1988	%	± 0,5	ogni 5000 m <sup>2</sup> di stesa
Densità in sito <sup>2</sup>	CNR BU n°22/72	%	≥ 95	ogni 1000 m <sup>2</sup> di stesa
Modulo di deformazione (Md) 24 /48h 0,25-0,35 N/mm <sup>2</sup>	CNR BU n°146/92	N/mm <sup>2</sup>	≥ 150	ogni 1000 m <sup>2</sup> di stesa
Misura dell'irregolarità superficiale	UNI EN 13036-7:2004	mm	≤ 10	ogni 20 m
Spessore medio	quello prescritto dal progetto			

1) Per particolari casi è facoltà della Direzione dei Lavori accettare valori di resistenza a compressione fino a 7.5 N/mm<sup>2</sup>.

2) Il confronto tra le misure di densità in sito ed i valori ottenuti in laboratorio può essere effettuato direttamente quando la granulometria della miscela in opera è priva di elementi trattenuti al crivello UNI 25 mm. In caso contrario, se il trattenuto al crivello UNI 25 mm è inferiore al 20%, si può effettuare il controllo previa correzione del peso di volume del secco in sito, per tenere conto della presenza di elementi lapidei di dimensioni maggiori di 20 mm:

$$\gamma_{d,sito} = \frac{P_d - P'_d}{V - V'}$$

P<sub>d</sub>: Peso secco totale del materiale prelevato

V: Volume totale occupato in sito

P'<sub>d</sub>: Peso secco della frazione trattenuta al crivello UNI 25 mm

V': P'<sub>d</sub> / γ<sub>s</sub> : Volume della frazione trattenuta al crivello UNI 25 mm

γ<sub>s</sub>: Peso specifico della frazione trattenuta al crivello UNI 25 mm

Nel caso in cui il misto cementato debba essere impiegato in zone in cui sussista il rischio di degrado per gelo-disgelo, è facoltà della D.L. richiedere che la miscela risponda ai requisiti della norma SN 640 59a.

#### REQUISITI INACCETTABILI E PENALITA'

Verranno ritenute inaccettabili miscele con valori di resistenza a compressione inferiori a 2,0 N/mm<sup>2</sup> e valori inferiori a 0,15 N/mm<sup>2</sup> di resistenza a trazione indiretta.

Pertanto tali misti cementati dovranno essere rimossi e sostituiti con altri di caratteristiche accettabili, a cura e onere dell'Impresa.

Per valori di resistenza a compressione, compresi fra 2,0 e 2,5 N/mm<sup>2</sup> (limite inferiore) , 7,5 e 10,0 N/mm<sup>2</sup> (limite superiore) e per valori di resistenza a trazione indiretta, compresi fra 0,15 e 0,25 N/mm<sup>2</sup> il misto cementato verrà penalizzato nella seguente maniera:

- Resistenza a compressione, per ogni N/mm<sup>2</sup> di scostamento una riduzione del 2% sul prezzo unitario.
- Resistenza a trazione indiretta, per ogni N/mm<sup>2</sup> o frazione di N/mm<sup>2</sup> una riduzione del 2% sul prezzo unitario.

## 7. CONGLOMERATI BITUMINOSI (UNI EN 13108:2006)

I conglomerati bituminosi a caldo sono miscele, dosate a peso o a volume, costituite da aggregati lapidei di primo impiego (ghiaie, pietrischi, graniglie e sabbie), bitume semisolido, additivi ed eventuale conglomerato riciclato.

Prima di iniziare i lavori, le miscele da impiegarsi dovranno essere sottoposte alla D.L. per le analisi e l'accettazione: nessun materiale potrà essere utilizzato se non sarà stato preventivamente approvato.

### 7.1 CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATI DI BASE (UNI EN 13108-1)

#### DESCRIZIONE

Lo strato di base è composto da una miscela di aggregati costituita da inerti di diversa natura petrografica, quali pietrischi, graniglie, sabbie ed eventuali additivi, impastati a caldo con bitume previo essiccamento degli aggregati; la stesa verrà effettuata a caldo mediante idonee macchine vibrofinitrici.

#### INERTI

Gli aggregati lapidei detti più semplicemente inerti, formano lo scheletro degli strati costituenti la sovrastruttura stradale; essi devono essere non gelivi, duri e durevoli, privi di particelle friabili, organiche, argillose, limose soggette a rigonfiamenti.

Devono rispettare quanto definito dalla Direttiva 89/106/CEE recepita con D.P.R. 246/2003 e applicata con Decreto Min. Attività Produttive del 7/4/2004 che definisce per gli aggregati dei conglomerati bituminosi l'impiego della norma UNI EN 13043:2004.

*Aggregato grosso:  $d > 2\text{mm}$  e  $D < 40\text{mm}$*

E' costituito da ghiaie naturali, ghiaie frantumate, pietrischetti e graniglie privi di elementi in fase di alterazione, polvere e materiali estranei. Qualunque sia la sua provenienza o natura petrografica, deve soddisfare i seguenti requisiti minimi (Tabella 7.1.1):

**Tabella 7.1.1**

Dimensione massima	40 mm	
Requisiti di granulometria	$G_C 85/20$	UNI EN 13043 prospetto 2
Percentuale di superfici frantumate	$C_{50/30}$	UNI EN 13043 prospetto 9
Resistenza alla frammentazione	$LA_{25}$	UNI EN 13043 prospetto 11
Coefficiente di appiattimento	$Fl_{25}$	UNI EN 13043 prospetto 7
Coefficiente di forma	$Sl_{25}$	UNI EN 13043 prospetto 8
Determinazione dell'affinità tra aggregato e bitume <sup>1</sup>	$\leq 5$	UNI EN 12697-11:2006 (metodo B)

<sup>1</sup> Nel caso in cui il valore non dovesse soddisfare i requisiti minimi richiesti, sarà necessario l'utilizzo d' idonei attivanti di adesione, nelle modalità e quantità di seguito descritte.

*Aggregato fine:  $D < 2\text{mm}$  e  $d > 0,063\text{mm}$*

L'aggregato fine è costituito prevalentemente da sabbia naturale o di frantumazione, ottenuta da materiali di cava o di fiume e deve soddisfare i seguenti requisiti (Tabella 7.1.2)

**Tabella 7.1.2**

Requisiti di granulometria	$G_F 85$	UNI EN 13043 prospetto 2
Prova dell'equivalente in sabbia	$\geq 70 \%$	UNI EN 933-8:2000

#### Filler

Deve provenire dalla frantumazione di rocce calcaree, oppure essere costituito da cemento, calce idrata, calce idraulica e polvere di roccia asfaltica. In ogni caso qualunque sia la sua natura deve soddisfare i seguenti requisiti (Tabella 7.1.3):

**Tabella 7.1.3**

Passante al setaccio UNI 0,125	$> 85\%$	UNI EN 13043 prospetto 24
Passante al setaccio UNI 0,063	$> 70 \%$	UNI EN 13043 prospetto 24
Punto di rammollimento (Palla e Anello)	$\Delta_{R\&B} 8/25$	UNI EN 13043 prospetto 26

## IMPIEGO DI FRESATO BITUMINOSO

Per la realizzazione del conglomerato, è possibile l'utilizzo di materiale fresato proveniente dalla fresatura dei conglomerati bituminosi di qualsiasi strato, purché siano garantite e rispettate le seguenti condizioni:

- quantità di fresato non superiore al 30% della quantità totale degli aggregati di primo impiego;
- pezzatura massima 30 mm, selezionata tramite frantoio;
- quando la percentuale di fresato eccede il 20% della quantità totale degli aggregati, nella miscela si dovrà aggiungere legante bituminoso di idonea penetrazione al fine di ottenere un bitume finale (miscela costituita dal bitume nuovo e dal bitume proveniente dal fresato bituminoso), rispondente alle caratteristiche dei bitumi riportati nelle tabelle di cui sotto, secondo l'**Allegato A** della norma **UNI EN 13108-1**. In alternativa si potranno utilizzare additivi ACF (Attivanti Chimici Funzionali - Tabella 7.1.5) rigeneranti, dopo previa approvazione da parte della D.L.;
- il conglomerato bituminoso finale dovrà rispondere agli stessi requisiti prestazionali della miscela bituminosa confezionata senza fresato bituminoso;
- L'Impresa esecutrice dovrà necessariamente dichiarare l'utilizzo del fresato bituminoso alla D.L., presentando con congruo anticipo prima dell'inizio dei lavori, lo studio della miscela che intende utilizzare.

## LEGANTI BITUMINOSI

I leganti bituminosi semisolidi, sono quei bitumi per uso stradale costituiti da bitumi distillati tradizionali e bitumi modificati. La scelta del bitume da utilizzare, viene effettuata dalla D.L., in funzione del tipo di conglomerato, del volume e del tipo di traffico che percorre la strada, delle condizioni ambientali e stagionali.

### Bitumi distillati tradizionali per uso stradale UNI EN 12591:2001:

per il confezionamento del conglomerato bituminoso dovrà essere utilizzato un bitume distillato avente le caratteristiche riportate in Tabella (Tabella 7.1.4)

**Tabella 7.1.4**

CARATTERISTICHE	normativa	TIPO DI BITUME		
		u.m.	50/70	70/100
Penetrazione a 25° C	UNI EN 1426:2007	mm/10	50/70	70/100
Punto di ramollimento (R&B)	UNI EN 1427:2007	°C	46-54	43-51
Punto di infiammabilità (Cleveland)	UNI EN 22592:1994	°C	230	230
Solubilità	UNI EN 12592:2007	% (m/m)	99	99
<i>Resistenza all'invecchiamento dopo RTFOT</i>		UNI EN 12607-1:2007		
Variazione di massa	UNI EN 12607-1/3:2007	%	± 0,5	± 0,8
Penetrazione residua a 25° C	UNI EN 1426:2007	%	≥ 50	≥ 46
Punto di ramollimento (R&B)	UNI EN 1427:2007	°C	≥ 48	≥ 45

### Attivanti di adesione

Qualora non fossero soddisfatti i requisiti minimi di affinità tra bitume e aggregato (Tabella 7.1.1), per il confezionamento dei conglomerati bituminosi sarà necessario l'utilizzo di un attivante di adesione.

Il dosaggio potrà variare secondo la natura degli aggregati e del tipo d'impiego e sarà compreso tra lo 0,2% e 0,5% sul peso del bitume.

L'attivante deve garantire il mantenimento delle proprie caratteristiche chimiche-fisiche anche dopo stoccaggio prolungato ad elevate temperature.

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume deve essere realizzata con idonee attrezzature, tali da garantirne la perfetta dispersione e l'esatto dosaggio.

### Attivanti di rigenerazione

Nel caso di utilizzo di fresato bituminoso nelle percentuali massime sopra citate, si dovranno seguire le modalità precisate nella UNI EN 13108-1:2006. Diversamente, solo dopo che la D.L. avrà dato esito favorevole, per rigenerare le caratteristiche del bitume invecchiato proveniente dal fresato bituminoso, potranno essere impiegati degli additivi, attivanti chimici funzionali (ACF) che dovranno soddisfare le caratteristiche chimico-fisiche sotto riportate (Tabella 7.1.5):

**Tabella 7.1.5**

CARATTERISTICHE	Normativa	u.m.	valore
Densità a 25 °C	ASTM D – 1298		0,900 - 0,950
Punto di infiammabilità v.a.	ASTM D – 92	°C	200
Viscosità dinamica a 160 °C, $\gamma = 10s^{-1}$	SNV 671908/74	Pa s	0,03 - 0,05
Solubilità in tricloroetilene	ASTM D – 2042	% in peso	99,5
Numero di neutralizzazione	IP 213	Mg/KOH/g	1,5 - 2,5
Contenuto di acqua	ASTM D – 95	% in volume	1
Contenuto di azoto	ASTM D - 3228	% in peso	0,8 - 0,1

Il dosaggio di ACF varia in funzione della percentuale di conglomerato riciclato e delle caratteristiche del bitume in esso contenuto ed è da calcolarsi in funzione della percentuale teorica del bitume nuovo da aggiungere. Indicativamente possono essere utilizzate percentuali variabili tra lo 0,4 e 0,5 in peso sul bitume nuovo aggiunto, per ogni 10% di fresato impiegato.

L'immissione degli attivanti nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

La presenza di ACF sarà determinata svolgendo le prove di caratterizzazione sul bitume recuperato secondo la UNI EN 12697-1:2006 (Miscele bituminose - Metodi di prova per conglomerati bituminosi a caldo - Parte 1: Contenuto di legante solubile) e la UNI EN 12697-3:2005 (Miscele bituminose - Metodi di prova per conglomerati bituminosi a caldo - Parte 3: Recupero del bitume: evaporatore rotante) dal conglomerato bituminoso finale e dovrà soddisfare i parametri riportati nella seguente tabella (Tabella 7.1.6):

**Tabella 7.1.6**

CARATTERISTICHE	normativa	TIPO DI BITUME		
		u.m.	50/70	70/100
Penetrazione residua a 25 °C*	UNI EN 1426:2007	mm/10	≥ 25	≥ 35
Punto di rammollimento (R&B)*	UNI EN 1427:2007	°C	≥ 48	≥ 45

## MISCELA

La miscela per il confezionamento del conglomerato bituminoso per strato di base, deve avere una composizione granulometrica contenuta nei limiti riportati in Tabella 7.1.7. La percentuale di bitume deve essere riferita al peso totale della miscela e compresa nel range sottoindicato (Tabella 7.1.7):

**Tabella 7.1.7**

FUSO	BASE
Serie EN	% di passante
40	100 - 100
31,5	90 - 100
20	68 - 90
16	60 - 84
12,5	52 - 75
10	47 - 69
8	42 - 64
6,3	38 - 58
2	22 - 36
0,500	10 - 20
0,250	7 - 14
0,063	4 - 8
Quantità di bitume riferita al peso della miscela	3,4% - 4,3%

La quantità di bitume, in ogni caso, deve essere tale da conferire al conglomerato le proprietà fisiche-meccaniche sotto riportate (Tabella 7.1.8), rilevate attraverso la prova Marshall, norma UNI EN 12697-34:2007, eseguita su provini costipati secondo la norma UNI EN 12697-30:2007 con una energia di compattazione pari a 75 colpi per faccia (UNI EN 13108-20:2006 Tabella C.1.3):

**Tabella 7.1.8**

REQUISITI DEL CONGLOMERATO						
CARATTERISTICHE	normativa	u.m.	50/70	categoria	70/100	categoria
Stabilità Marshall	UNI EN 12697-34	KN	≥ 7,5	$S_{min\ 7,5}$	≥ 7,5	$S_{min\ 7,5}$
Rigidezza Marshall	UNI EN 12697-34	KN/mm	> 2,5	$Q_{min\ 2,5}$	> 2,5	$Q_{min\ 2,5}$
Determinazione delle caratteristiche dei vuoti	UNI EN 12697-8	%	4 - 8	$V_{min4} - V_{max8}$	4 - 8	$V_{min4} - V_{max8}$
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697-12	%	≥ 80	$ITSR_{80}$	≥ 80	$ITSR_{80}$
Caratteristiche del conglomerato dopo stesa e compattazione						
Massa volumica sulle carote rispetto alla densità Marshall	UNI EN 12697-9	%	≥ 97		≥ 97	
Determinazione delle caratteristiche dei vuoti	UNI EN 12697-8	%	4 - 10			

L'impresa è tenuta a presentare con congruo anticipo dall'inizio dei lavori lo STUDIO DELLA MISCELA che intende adottare per ogni tipo di conglomerato bituminoso.

#### CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Fare riferimento al Capitolo 7.4.

#### PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI POSA

Fare riferimento al Capitolo 7.5.

#### TRASPORTO E POSA IN OPERA DELLE MISCELE BITUMINOSE

Fare riferimento al Capitolo 7.6.



### 7.1.1 CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATI DI BASE con bitume modificato (UNI EN 13108-1)

#### DESCRIZIONE

Lo strato di base è composto da una miscela di aggregati costituita da inerti di diversa natura petrografica, quali pietrischi, graniglie, sabbie ed eventuali additivi, impastati a caldo con bitume modificato, previo essiccamento degli aggregati; la stesa verrà effettuata a caldo mediante idonee macchine vibrofinitrici. I bitumi modificati permettono la realizzazione di pavimentazioni stradali in grado di resistere nel tempo alle sempre maggiori sollecitazioni dinamiche e statiche indotte dal traffico pesante.

#### INERTI

Gli aggregati lapidei detti più semplicemente inerti, formano lo scheletro degli strati costituenti la sovrastruttura stradale; essi devono essere non gelivi, duri e durevoli, privi di particelle friabili, organiche, argillose, limose soggette a rigonfiamenti.

Devono rispettare quanto definito dalla Direttiva 89/106/CEE recepita con D.P.R. 246/2003 e applicata con Decreto Min. Attività Produttive del 7/4/2004 che definisce per gli aggregati per conglomerati bituminosi l'impiego della norma UNI EN 13043:2004.

#### *Aggregato grosso: $d > 2\text{mm}$ e $D < 40\text{mm}$*

E' costituito da ghiaie naturali, ghiaie frantumate, pietrischetti e graniglie prive di elementi in fase di alterazione, polvere e materiali estranei. Qualunque sia la sua provenienza o natura petrografica, deve soddisfare i seguenti requisiti minimi (Tabella 7.1.1.1):

**Tabella 7.1.1.1**

Dimensione massima	40 mm	
Requisiti di granulometria	$G_{85/20}$	UNI EN 13043 prospetto 2
Percentuale di superfici frantumate	$C_{50/30}$	UNI EN 13043 prospetto 9
Resistenza alla frammentazione	$LA_{25}$	UNI EN 13043 prospetto 11
Coefficiente di appiattimento	$F_{l25}$	UNI EN 13043 prospetto 7
Coefficiente di forma	$S_{l25}$	UNI EN 13043 prospetto 8
Determinazione dell' affinità tra aggregato e bitume <sup>1</sup>	$\leq 5$	UNI EN 12697-11:2006 (metodo B)

<sup>1</sup> Nel caso in cui il valore non dovesse soddisfare i requisiti minimi richiesti, sarà necessario l'utilizzo d' idonei attivanti di adesione, nelle modalità e quantità di seguito descritte.

#### *Aggregato fine: $D < 2\text{mm}$ e $d > 0,063\text{mm}$*

L'aggregato fine è costituito prevalentemente da sabbia naturale o di frantumazione, ottenuta da materiali di cava o di fiume e deve soddisfare i seguenti requisiti (Tabella 7.1.1.2):

**Tabella 7.1.1.2**

Requisiti di granulometria	$G_F 85$	UNI EN 13043 prospetto 2
Prova dell'equivalente in sabbia	$\geq 70 \%$	UNI EN 933-8:2000

#### *Filler*

Deve provenire dalla frantumazione di rocce calcaree, oppure essere costituito da cemento, calce idrata, calce idraulica e polvere di roccia asphaltica. In ogni caso qualunque sia la sua natura deve soddisfare i seguenti requisiti (Tabella 7.1.1.3):

**Tabella 7.1.1.3**

Passante al setaccio UNI 0,125	$> 85\%$	UNI EN 13043 prospetto 24
Passante al setaccio UNI 0,063	$> 70 \%$	UNI EN 13043 prospetto 24
Punto di rammollimento (Palla e Anello)	$\Delta_{R\&B} 8/25$	UNI EN 13043 prospetto 26

#### IMPIEGO DI FRESATO BITUMINOSO

Per la realizzazione del conglomerato, è possibile l'utilizzo di materiale fresato proveniente dalla fresatura dei conglomerati bituminosi di qualsiasi strato, purché siano garantite e rispettate le seguenti condizioni:

- quantità di fresato non superiore al 30% della quantità totale degli aggregati di primo impiego;
- pezzatura massima 30 mm, selezionata tramite frantoio;

- quando la percentuale di fresato eccede il 20% della quantità totale degli aggregati, nella miscela si dovrà aggiungere legante bituminoso d' idonea penetrazione al fine di ottenere un bitume finale (miscela costituita dal bitume nuovo e dal bitume proveniente dal fresato bituminoso), rispondente alle caratteristiche dei bitumi riportati nelle tabelle di cui sotto secondo l'**Allegato A** della norma **UNI EN 13108-1**. In alternativa si potranno utilizzare additivi ACF (Attivanti Chimici Funzionali - Tabella 7.1.1.5) rigeneranti, dopo previa approvazione da parte della D.L.;
- il conglomerato bituminoso finale dovrà rispondere agli stessi requisiti prestazionali della miscela bituminosa confezionata senza fresato bituminoso.
- L'Impresa esecutrice dovrà necessariamente dichiarare l'utilizzo del fresato bituminoso alla D.L., presentando con congruo anticipo prima dell'inizio dei lavori, lo studio della miscela che intende utilizzare.

## LEGANTI BITUMINOSI

I leganti bituminosi semisolidi, sono quei bitumi per uso stradale costituiti da bitumi distillati tradizionali e bitumi modificati. La scelta del bitume da utilizzare, viene effettuata dalla D.L., in funzione del tipo di conglomerato, del volume e del tipo di traffico che percorre la strada, delle condizioni ambientali e stagionali.

### Bitumi modificati per uso stradale UNI EN 14023:2006:

per il confezionamento del conglomerato bituminoso dovrà essere utilizzato un bitume modificato avente le caratteristiche riportate in Tabella (Tabella 7.1.1.4)

**Tabella 7.1.1.4**

CARATTERISTICHE	normativa	TIPO DI BITUME	
		u.m.	45/80
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426:2007	mm/10	45/80
Punto di rammollimento (R&B)	UNI EN 1427:2007	°C	≥ 65
Punto di infiammabilità (Cleveland)	UNI EN 22592:1994	°C	≥ 250
<i>Resistenza all'invecchiamento dopo RTFOT</i> UNI EN 12607-1:2007			
Variazione di massa	UNI EN 12607-1/3:2007	%	± 0,5
Penetrazione residua a 25 °C	UNI EN 1426:2007	%	≥ 60
Incremento punto di rammollimento	UNI EN 1427:2007	°C	≤ 10

#### Attivanti di adesione

Qualora non fossero soddisfatti i requisiti minimi di affinità tra bitume e aggregato (Tabella 7.1.1.1), per il confezionamento dei conglomerati bituminosi sarà necessario l'utilizzo di un attivante di adesione.

Il dosaggio potrà variare secondo la natura degli aggregati e del tipo d'impiego e sarà compreso tra lo 0,2% e 0,5% sul peso del bitume.

L'attivante deve garantire il mantenimento delle proprie caratteristiche chimiche-fisiche anche dopo stoccaggio prolungato ad elevate temperature.

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume deve essere realizzata con idonee attrezzature, tali da garantirne la perfetta dispersione e l'esatto dosaggio.

#### Attivanti di rigenerazione

Nel caso di utilizzo di fresato bituminoso nelle percentuali massime sopra citate, si dovranno seguire le modalità precisate nella UNI EN 13108-1:2006. Diversamente, solo dopo che la D.L. avrà dato esito favorevole, per rigenerare le caratteristiche del bitume invecchiato proveniente dal fresato bituminoso, potranno essere impiegati degli additivi, attivanti chimici funzionali (ACF) che dovranno soddisfare le caratteristiche chimico-fisiche sotto riportate (Tabella 7.1.1.5)

**Tabella 7.1.1.5**

CARATTERISTICHE	Normativa	u.m.	valore
Densità a 25 °C	ASTM D – 1298		0,900 - 0,950
Punto di infiammabilità v.a.	ASTM D – 92	°C	200
Viscosità dinamica a 160 °C, $\gamma = 10s^{-1}$	SNV 671908/74	Pa s	0,03 - 0,05
Solubilità in tricloroetilene	ASTM D – 2042	% in peso	99,5
Numero di neutralizzazione	IP 213	Mg/KOH/g	1,5 - 2,5
Contenuto di acqua	ASTM D – 95	% in volume	1
Contenuto di azoto	ASTM D - 3228	% in peso	0,8 - 0,1

Il dosaggio di ACF varia in funzione della percentuale di conglomerato riciclato e delle caratteristiche del bitume in esso contenuto ed è da calcolarsi in funzione della percentuale teorica del bitume nuovo da aggiungere. Indicativamente possono essere utilizzate percentuali variabili tra lo 0,4 e 0,5 in peso sul bitume nuovo aggiunto, per ogni 10% di fresato impiegato.

L'immissione degli attivanti nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

La presenza di ACF sarà determinata svolgendo le prove di caratterizzazione sul bitume recuperato secondo la UNI EN 12697-1:2006 (Miscele bituminose - Metodi di prova per conglomerati bituminosi a caldo - Parte 1: Contenuto di legante solubile) e la UNI EN 12697-3:2005 (Miscele bituminose - Metodi di prova per conglomerati bituminosi a caldo - Parte 3: Recupero del bitume: evaporatore rotante) dal conglomerato bituminoso finale e dovrà soddisfare i parametri riportati nella seguente tabella (Tabella 7.1.1.6):

Tabella 7.1.1.6			
CARATTERISTICHE	normativa	TIPO DI BITUME	
		u.m.	45/80
Penetrazione residua a 25° C*	UNI EN 1426:2007	mm/10	≥ 27
Punto di rammollimento (R&B)* - compreso	UNI EN 1427:2007	°C	65 - 75

## MISCELA

La miscela per il confezionamento del conglomerato bituminoso per strato di base, deve avere una composizione granulometrica contenuta nei limiti riportati in tabella (Tabella 7.1.1.7). La percentuale di bitume deve essere riferita al peso totale della miscela e compresa nel range sottoindicato (Tabella 7.1.1.7):

Tabella 7.1.1.7	
FUSO	BASE
Serie EN	% di passante
40	100 - 100
31,5	90 - 100
20	68 - 90
16	60 - 84
12,5	52 - 75
10	47 - 69
8	42 - 64
6,3	38 - 58
2	22 - 36
0,500	10 - 20
0,250	7 - 14
0,063	4 - 8
Quantità di bitume riferita al peso della miscela	<b>3,4% - 4,3%</b>

La quantità di bitume, in ogni caso, deve essere tale da conferire al conglomerato le proprietà fisiche-meccaniche sotto riportate (Tabella 7.1.1.8), rilevate attraverso la prova Marshall, norma UNI EN 12697-34:2007, eseguita su provini costipati secondo la norma UNI EN 12697-30:2007 con un'energia di compattazione pari a 75 colpi per faccia (UNI EN 13108-20:2006 Tabella C.1.3):

Tabella 7.1.1.8				
CARATTERISTICHE	normativa	u.m.	45/80	categoria
Stabilità Marshall	UNI EN 12697-34	KN	≥ 8,0	$S_{min} 8,0$
Rigidezza Marshall	UNI EN 12697-34	KN/mm	> 2,5	$Q_{min} 2,5$
Determinazione delle caratteristiche dei vuoti	UNI EN 12697-8	%	4 - 8	$V_{min4} - V_{max8}$
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697-12	%	≥ 90	$ITSR_{90}$
Massa volumica sulle carote rispetto alla densità Marshall	UNI EN 12697-9	%	≥ 97	
Determinazione delle caratteristiche dei vuoti	UNI EN 12697-8	%	4 - 10	

L'impresa è tenuta a presentare con congruo anticipo dall'inizio dei lavori lo STUDIO DELLA MISCELA che intende adottare per ogni tipo di conglomerato bituminoso.

#### CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Fare riferimento al Capitolo 7.4.

#### PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI POSA

Fare riferimento al Capitolo 7.5.

#### TRASPORTO E POSA IN OPERA DELLE MISCELE BITUMINOSE

Fare riferimento al Capitolo 7.6.

## 7.2 CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATI DI COLLEGAMENTO (BINDER) (UNI EN 13108-1)

### DESCRIZIONE

Lo strato di collegamento è composto da una miscela di aggregati costituita da inerti di diversa natura petrografica, quali pietrischetti, graniglie, sabbie ed eventuali additivi, impastati a caldo con bitume previo essiccamento degli aggregati; la stesa verrà effettuata a caldo mediante idonee macchine vibrofinitrici.

### INERTI

Gli aggregati lapidei detti più semplicemente inerti, formano lo scheletro degli strati costituenti la sovrastruttura stradale; essi devono essere non gelivi, duri e durevoli, privi di particelle friabili, organiche, argillose, limose soggette a rigonfiamenti.

Devono rispettare quanto definito dalla Direttiva 89/106/CEE recepita con D.P.R. 246/2003 e applicata con Decreto Min. Attività Produttive del 7/4/2004 che definisce per gli aggregati per conglomerati bituminosi l'impiego della norma UNI EN 13043:2004.

*Aggregato grosso:  $d > 2\text{mm}$  e  $D < 31,5\text{mm}$*

E' costituito da ghiaie frantumate, pietrischetti e graniglie privi di elementi in fase di alterazione, polvere e materiali estranei. Qualunque sia la sua provenienza o natura petrografica, deve soddisfare i seguenti requisiti minimi (Tabella 7.2.1):

**Tabella 7.2.1**

Dimensione massima	31,5 mm	
Requisiti di granulometria	$G_c 85/20$	UNI EN 13043 prospetto 2
Percentuale di superfici frantumate	$C_{50/10}$	UNI EN 13043 prospetto 9
Resistenza alla frammentazione	$LA_{25}$	UNI EN 13043 prospetto 11
Coefficiente di appiattimento	$Fl_{20}$	UNI EN 13043 prospetto 7
Coefficiente di forma	$Sl_{20}$	UNI EN 13043 prospetto 8
Determinazione dell'affinità tra aggregato e bitume <sup>1</sup>	$\leq 5$	UNI EN 12697-11:2006 (metodo B)

<sup>1</sup> Nel caso in cui il valore non dovesse soddisfare i requisiti minimi richiesti, sarà necessario l'utilizzo d' idonei attivanti di adesione, nelle modalità e quantità di seguito descritte.

*Aggregato fine:  $D < 2\text{mm}$  e  $d > 0,063\text{mm}$*

L'aggregato fine è costituito prevalentemente da sabbia naturale o di frantumazione ottenuta da materiali di cava o di fiume e deve soddisfare i seguenti requisiti (Tabella 7.2.2):

**Tabella 7.2.2**

Requisiti di granulometria	$G_F 85$	UNI EN 13043 prospetto 2
Prova dell'equivalente in sabbia	$\geq 70 \%$	UNI EN 933-8:2000

### Filler

Deve provenire dalla frantumazione di rocce calcaree, oppure essere costituito da cemento, calce idrata, calce idraulica e polvere di roccia asfaltica. In ogni caso qualunque sia la sua natura deve soddisfare i seguenti requisiti (Tabella 7.2.3):

**Tabella 7.2.3**

Passante al setaccio UNI 0,125	$> 85\%$	UNI EN 13043 prospetto 24
Passante al setaccio UNI 0,063	$> 70 \%$	UNI EN 13043 prospetto 24
Punto di rammollimento (Palla e Anello)	$\Delta_{R\&B} 8/25$	UNI EN 13043 prospetto 26

## IMPIEGO DI FRESATO BITUMINOSO

Per la realizzazione del conglomerato, è possibile l'utilizzo di materiale fresato proveniente dalla fresatura dei conglomerati bituminosi di qualsiasi strato purché siano garantite e rispettate le seguenti condizioni:

- quantità di fresato non superiore al 30% della quantità totale degli aggregati di primo impiego;
- pezzatura massima 20 mm, selezionata tramite frantoio;
- quando la percentuale di fresato eccede il 20% della quantità totale degli aggregati; nella miscela si dovrà aggiungere legante bituminoso di idonea penetrazione al fine di ottenere un

bitume finale (miscela costituita dal bitume nuovo e dal bitume proveniente dal fresato bituminoso) rispondente alle caratteristiche dei bitumi riportati nelle tabelle di cui sotto, secondo l'**Allegato A** della norma **UNI EN 13108-1**. In alternativa si potranno utilizzare additivi ACF (Attivanti Chimici Funzionali - Tabella 7.2.5) rigeneranti dopo previa approvazione da parte della D.L.;

- il conglomerato bituminoso finale dovrà rispondere agli stessi requisiti prestazionali della miscela bituminosa confezionata senza fresato bituminoso;
- L'Impresa esecutrice dovrà necessariamente dichiarare l'utilizzo del fresato bituminoso alla D.L., presentando con congruo anticipo prima dell'inizio dei lavori, lo studio della miscela che intende utilizzare.

## LEGANTI BITUMINOSI

I leganti bituminosi semisolidi, sono quei bitumi per uso stradale costituiti da bitumi distillati tradizionali e bitumi modificati. La scelta del bitume da utilizzare, viene effettuata dalla D.L., in funzione del tipo di conglomerato, del volume e del tipo di traffico che percorre la strada, delle condizioni ambientali e stagionali.

### Bitumi distillati tradizionali per uso stradale UNI EN 12591:2002:

per il confezionamento del conglomerato bituminoso dovrà essere utilizzato un bitume distillato avente le caratteristiche riportate in Tabella 7.2.4.

**Tabella 7.2.4**

CARATTERISTICHE	normativa	TIPO DI BITUME		
		u.m.	50/70	70/100
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426:2007	mm/10	50/70	70/100
Punto di rammolimento (R&B)	UNI EN 1427:2007	°C	46-54	43-51
Punto di infiammabilità (Cleveland)	UNI EN 22592:1994	°C	230	230
Solubilità	UNI EN 12592:2007	% (m/m)	99	99
<i>Resistenza all'invecchiamento dopo RTFOT</i>		UNI EN 12607-1:2007		
Variazione di massa	UNI EN 12607-1/3:2007	%	± 0,5	± 0,8
Penetrazione residua a 25 °C	UNI EN 1426:2007	%	≥ 50	≥ 46
Punto di rammolimento (R&B)	UNI EN 1427:2007	°C	≥ 48	≥ 45

#### Attivanti di adesione

Qualora non fossero soddisfatti i requisiti minimi di affinità tra bitume e aggregato (Tabella 7.2.1), per il confezionamento dei conglomerati bituminosi sarà necessario l'utilizzo di un attivante di adesione.

Il dosaggio potrà variare secondo la natura degli aggregati e del tipo d'impiego e sarà compreso tra lo 0,2% e 0,5% sul peso del bitume.

L'attivante deve garantire il mantenimento delle proprie caratteristiche chimiche-fisiche anche dopo stoccaggio prolungato ad elevate temperature.

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume deve essere realizzata con idonee attrezzature, tali da garantirne la perfetta dispersione e l'esatto dosaggio.

#### Attivanti di rigenerazione

Nel caso di utilizzo di fresato bituminoso nelle percentuali massime sopra citate, si dovranno seguire le modalità precisate nella UNI EN 13108-1:2006. Diversamente, solo dopo che la D.L. avrà dato esito favorevole, per rigenerare le caratteristiche del bitume invecchiato proveniente dal fresato bituminoso, potranno essere impiegati degli additivi, attivanti chimici funzionali (ACF) che dovranno soddisfare le caratteristiche chimico-fisiche sotto riportate (Tabella 7.2.5):

**Tabella 7.2.5**

CARATTERISTICHE	Normativa	u.m.	valore
Densità a 25 °C	ASTM D – 1298		0,900 - 0,950
Punto di infiammabilità v.a.	ASTM D – 92	°C	200
Viscosità dinamica a 160 °C, $\gamma = 10s^{-1}$	SNV 671908/74	Pa s	0,03 - 0,05
Solubilità in tricloroetilene	ASTM D – 2042	% in peso	99,5
Numero di neutralizzazione	IP 213	Mg/KOH/g	1,5 - 2,5
Contenuto di acqua	ASTM D – 95	% in volume	1
Contenuto di azoto	ASTM D - 3228	% in peso	0,8 - 0,1

Il dosaggio di ACF varia in funzione della percentuale di conglomerato riciclato e delle caratteristiche del bitume in esso contenuto ed è da calcolarsi in funzione della percentuale teorica del bitume nuovo da aggiungere. Indicativamente possono essere utilizzate percentuali variabili tra lo 0,4 e 0,5 in peso sul bitume nuovo aggiunto, per ogni 10% di fresato impiegato.

L'immissione degli attivanti nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

La presenza di ACF sarà determinata svolgendo le prove di caratterizzazione sul bitume recuperato secondo la UNI EN 12697-1:2006 (Miscele bituminose - Metodi di prova per conglomerati bituminosi a caldo - Parte 1: Contenuto di legante solubile) e la UNI EN 12697-3:2005 (Miscele bituminose - Metodi di prova per conglomerati bituminosi a caldo - Parte 3: Recupero del bitume: evaporatore rotante) dal conglomerato bituminoso finale e dovrà soddisfare i parametri riportati nella seguente Tabella 7.2.6:

**Tabella 7.2.6**

CARATTERISTICHE	normativa	TIPO DI BITUME		
		u.m.	50/70	70/100
Penetrazione residua a 25° C*	UNI EN 1426:2007	mm/10	≥ 25	≥ 35
Punto di rammolimento (R&B)*	UNI EN 1427:2007	°C	≥ 48	≥ 45

### MISCELA

La miscela per il confezionamento del conglomerato bituminoso per strato di collegamento, deve avere una composizione granulometrica contenuta nei limiti riportati in Tabella 7.2.7. La percentuale di bitume deve essere riferita al peso totale della miscela e compresa nel range sottoindicato (Tabella 7.2.7):

**Tabella 7.2.7**

FUSO	BINDER
Serie EN	% di passante
31,5	100 - 100
20	90 - 100
16	82 - 95
12,5	70 - 87
10	63 - 80
8	57 - 73
6,3	50 - 66
2	27 - 42
0,500	10 - 20
0,250	6 - 13
0,063	3 - 7
Quantità di bitume riferita al peso della miscela	<b>3,85% - 4,75%</b>

La quantità di bitume, in ogni caso, deve essere tale da conferire al conglomerato le proprietà fisiche-meccaniche sotto riportate (Tabella 7.2.8), rilevate attraverso la prova Marshall, norma UNI EN 12697-34:2007, eseguita su provini costipati secondo la norma UNI EN 12697-30:2007 con una energia di compattazione pari a 75 colpi per faccia (UNI EN 13108-20:2006 Tabella C.1.3):

**Tabella 7.2.8**

REQUISITI DEL CONGLOMERATO						
CARATTERISTICHE	normativa	u.m.	50/70	categoria	70/100	categoria
Stabilità Marshall	UNI EN 12697-34	KN	≥ 10	$S_{min\ 10}$	≥ 10	$S_{min\ 10}$
Rigidezza Marshall	UNI EN 12697-34	KN/mm	> 3	$Q_{min\ 3}$	> 3	$Q_{min\ 3}$
Determinazione delle caratteristiche dei vuoti	UNI EN 12697-8	%	4 - 8	$V_{min4} - V_{max8}$	4 - 8	$V_{min4} - V_{max8}$
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697-12	%	≥ 80	$ITSR_{80}$	≥ 80	$ITSR_{80}$
<i>Caratteristiche del conglomerato dopo stesa e compattazione</i>						
Massa volumica sulle carote rispetto alla densità Marshall	UNI EN 12697-9	%	≥ 97		≥ 97	
Determinazione delle caratteristiche dei vuoti	UNI EN 12697-8	%	4 - 9			

L'impresa è tenuta a presentare con congruo anticipo dall'inizio dei lavori lo STUDIO DELLA MISCELA che intende adottare per ogni tipo di conglomerato bituminoso.

#### CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Fare riferimento al Capitolo 7.4.

#### PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI POSA

Fare riferimento al Capitolo 7.5.

#### TRASPORTO E POSA IN OPERA DELLE MISCELE BITUMINOSE

Fare riferimento al Capitolo 7.6.



## 7.2.1 CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATI DI COLLEGAMENTO (BINDER) con bitume modificato (UNI EN 13108-1)

### DESCRIZIONE

Lo strato di base è composto da una miscela di aggregati costituita da inerti di diversa natura petrografica, quali pietrischi, graniglie, sabbie ed eventuali additivi, impastati a caldo con bitume modificato, previo essiccamento degli aggregati; la stesa verrà effettuata a caldo mediante idonee macchine vibrofinitrici. I bitumi modificati permettono la realizzazione di pavimentazioni stradali in grado di resistere nel tempo alle sempre maggiori sollecitazioni dinamiche e statiche indotte dal traffico pesante.

### INERTI

Gli aggregati lapidei detti più semplicemente inerti, formano lo scheletro degli strati costituenti la sovrastruttura stradale; essi devono essere non gelivi, duri e durevoli, privi di particelle friabili, organiche, argillose, limose soggette a rigonfiamenti.

Devono rispettare quanto definito dalla Direttiva 89/106/CEE recepita con D.P.R. 246/2003 e applicata con Decreto Min. Attività Produttive del 7/4/2004 che definisce per gli aggregati per conglomerati bituminosi l'impiego della norma UNI EN 13043:2004.

*Aggregato grosso:  $d > 2\text{mm}$  e  $D < 31,5\text{mm}$*

E' costituito da ghiaie frantumate, pietrischetti e graniglie privi di elementi in fase di alterazione, polvere e materiali estranei. Qualunque sia la sua provenienza o natura petrografica, deve soddisfare i seguenti requisiti minimi (Tabella 7.2.1.1):

**Tabella 7.2.1.1**

Dimensione massima	31,5 mm	
Requisiti di granulometria	$G_{85/20}$	UNI EN 13043 prospetto 2
Percentuale di superfici frantumate	$C_{50/10}$	UNI EN 13043 prospetto 9
Resistenza alla frammentazione	$LA_{25}$	UNI EN 13043 prospetto 11
Coefficiente di appiattimento	$F_{l20}$	UNI EN 13043 prospetto 7
Coefficiente di forma	$S_{l20}$	UNI EN 13043 prospetto 8
Determinazione dell' affinità tra aggregato e bitume <sup>1</sup>	$\leq 5$	UNI EN 12697-11:2006 (metodo B)

<sup>1</sup> Nel caso in cui il valore non dovesse soddisfare i requisiti minimi richiesti, sarà necessario l'utilizzo d' idonei attivanti di adesione, nelle modalità e quantità di seguito descritte.

*Aggregato fine:  $D < 2\text{mm}$  e  $d > 0,063\text{mm}$*

L'aggregato fine è costituito prevalentemente da sabbia naturale o di frantumazione ottenuta da materiali di cava o di fiume e deve soddisfare i seguenti requisiti (Tabella 7.2.1.2):

**Tabella 7.2.1.2**

Requisiti di granulometria	$G_F 85$	UNI EN 13043 prospetto 2
Prova dell'equivalente in sabbia	$\geq 70 \%$	UNI EN 933-8:2000

### Filler

Deve provenire dalla frantumazione di rocce calcaree, oppure essere costituito da cemento, calce idrata, calce idraulica e polvere di roccia asfaltica. In ogni caso, qualunque sia la sua natura, deve soddisfare i seguenti requisiti (Tabella 7.2.1.3):

**Tabella 7.2.1.3**

Passante al setaccio UNI 0,125	$> 85\%$	UNI EN 13043 prospetto 24
Passante al setaccio UNI 0,063	$> 70 \%$	UNI EN 13043 prospetto 24
Punto di rammollimento (Palla e Anello)	$\Delta_{R\&B} 8/25$	UNI EN 13043 prospetto 26

## IMPIEGO DI FRESATO BITUMINOSO

Per la realizzazione del conglomerato, è possibile l'utilizzo di materiale fresato proveniente dalla fresatura dei conglomerati bituminosi di qualsiasi strato purché siano garantite e rispettate le seguenti condizioni:

- quantità di fresato non superiore al 30% della quantità totale degli aggregati di primo impiego;
- pezzatura massima 20 mm, selezionata tramite frantoio;

- quando la percentuale di fresato eccede il 20% della quantità totale degli aggregati; nella miscela si dovrà aggiungere legante bituminoso di idonea penetrazione al fine di ottenere un bitume finale (miscela costituita dal bitume nuovo e dal bitume proveniente dal fresato bituminoso) rispondente alle caratteristiche dei bitumi riportati nelle tabelle di cui sotto secondo **l'Allegato A** della norma **UNI EN 13108-1**. In alternativa si potranno utilizzare additivi ACF (Attivanti Chimici Funzionali - Tabella 7.2.1.5) rigeneranti dopo previa approvazione da parte della D.L.;
- il conglomerato bituminoso finale dovrà rispondere agli stessi requisiti prestazionali della miscela bituminosa confezionata senza fresato bituminoso.
- L'Impresa esecutrice dovrà necessariamente dichiarare l'utilizzo del fresato bituminoso alla D.L., presentando con congruo anticipo prima dell'inizio dei lavori, lo studio della miscela che intende utilizzare.

## LEGANTI BITUMINOSI

I leganti bituminosi semisolidi, sono quei bitumi per uso stradale costituiti da bitumi distillati tradizionali e bitumi modificati. La scelta del bitume da utilizzare, viene effettuata dalla D.L., in funzione del tipo di conglomerato, del volume e del tipo di traffico che percorre la strada, delle condizioni ambientali e stagionali.

### Bitumi modificati per uso stradale UNI EN 14023:2006:

per il confezionamento del conglomerato bituminoso dovrà essere utilizzato un bitume modificato avente le caratteristiche riportate in Tabella (Tabella 7.2.1.4)

**Tabella 7.2.1.4**

CARATTERISTICHE	normativa	TIPO DI BITUME	
		u.m.	45/80
Penetrazione a 25° C	UNI EN 1426:2007	mm/10	45/80
Punto di rammolimento (R&B)	UNI EN 1427:2007	°C	≥ 65
Punto di infiammabilità (Cleveland)	UNI EN 22592:1994	°C	≥ 250
<i>Resistenza all'invecchiamento dopo RTFOT</i> UNI EN 12607-1:2007			
Variazione di massa	UNI EN 12607-1/3:2007	%	± 0,5
Penetrazione residua a 25° C	UNI EN 1426:2007	%	≥ 60
Incremento punto di rammolimento	UNI EN 1427:2007	°C	≤ 10

#### Attivanti di adesione

Qualora non fossero soddisfatti i requisiti minimi di affinità tra bitume e aggregato (Tabella 7.2.1.1), per il confezionamento dei conglomerati bituminosi sarà necessario l'utilizzo di un attivante di adesione.

Il dosaggio potrà variare secondo la natura degli aggregati e del tipo d'impiego e sarà compreso tra lo 0,2% e 0,5% sul peso del bitume.

L'attivante deve garantire il mantenimento delle proprie caratteristiche chimiche-fisiche anche dopo stoccaggio prolungato ad elevate temperature.

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume deve essere realizzata con idonee attrezzature, tali da garantirne la perfetta dispersione e l'esatto dosaggio.

#### Attivanti di rigenerazione

Nel caso di utilizzo di fresato bituminoso nelle percentuali massime sopra citate, si dovranno seguire le modalità precisate nella UNI EN 13108-1:2006. Diversamente, solo dopo che la D.L. avrà dato esito favorevole, per rigenerare le caratteristiche del bitume invecchiato proveniente dal fresato bituminoso, potranno essere impiegati degli additivi, attivanti chimici funzionali (ACF) che dovranno soddisfare le caratteristiche chimico-fisiche sotto riportate (Tabella 7.2.1.5):

**Tabella 7.2.1.5**

CARATTERISTICHE	Normativa	u.m.	valore
Densità a 25°C	ASTM D – 1298		0,900 - 0,950
Punto di infiammabilità v.a.	ASTM D – 92	°C	200
Viscosità dinamica a 160 °C, $\gamma = 10s^{-1}$	SNV 671908/74	Pa s	0,03 - 0,05
Solubilità in tricloroetilene	ASTM D – 2042	% in peso	99,5
Numero di neutralizzazione	IP 213	Mg/KOH/g	1,5 - 2,5
Contenuto di acqua	ASTM D – 95	% in volume	1
Contenuto di azoto	ASTM D - 3228	% in peso	0,8 - 0,1

Il dosaggio di ACF varia in funzione della percentuale di conglomerato riciclato e delle caratteristiche del bitume in esso contenuto ed è da calcolarsi in funzione della percentuale teorica del bitume nuovo da aggiungere. Indicativamente possono essere utilizzate percentuali variabili tra lo 0,4 e 0,5 in peso sul bitume nuovo aggiunto, per ogni 10% di fresato impiegato.

L'immissione degli attivanti nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

La presenza di ACF sarà determinata svolgendo le prove di caratterizzazione sul bitume recuperato secondo la UNI EN 12697-1:2006 (Miscele bituminose - Metodi di prova per conglomerati bituminosi a caldo - Parte 1: Contenuto di legante solubile) e la UNI EN 12697-3:2005 (Miscele bituminose - Metodi di prova per conglomerati bituminosi a caldo - Parte 3: Recupero del bitume: evaporatore rotante) dal conglomerato bituminoso finale e dovrà soddisfare i parametri riportati nella seguente Tabella 7.2.1.6:

Tabella 7.2.1.6			
CARATTERISTICHE	normativa	TIPO DI BITUME	
		u.m.	45/80
Penetrazione residua a 25° C*	UNI EN 1426:2007	mm/10	≥ 27
Punto di rammollimento (R&B)* - compreso	UNI EN 1427:2007	°C	65 - 75

## MISCELA

La miscela per il confezionamento del conglomerato bituminoso per strato di collegamento, deve avere una composizione granulometrica contenuta nei limiti riportati in Tabella 7.2.1.7. La percentuale di bitume deve essere riferita al peso totale della miscela e compresa nel range sottoindicato (Tabella 7.2.1.7):

Tabella 7.2.1.7	
FUSO	BINDER
Serie EN	% di passante
31,5	100 - 100
20	90 - 100
16	82 - 95
12,5	70 - 87
10	63 - 80
8	57 - 73
6,3	50 - 66
2	27 - 42
0,500	10 - 20
0,250	6 - 13
0,063	3 - 7
Quantità di bitume riferita al peso della miscela	<b>3,85% - 4,75%</b>

La quantità di bitume, in ogni caso, deve essere tale da conferire al conglomerato le proprietà fisiche-meccaniche sotto riportate (Tabella 7.2.1.8), rilevate attraverso la prova Marshall, norma UNI EN 12697-34:2007, eseguita su provini costipati secondo la norma UNI EN 12697-30:2007 con un'energia di compattazione pari a 75 colpi per faccia (UNI EN 13108-20:2006 Tabella C.1.3):

Tabella 7.2.1.8				
CARATTERISTICHE	normativa	u.m.	45/80	categoria
Stabilità Marshall	UNI EN 12697-34	KN	≥ 11	$S_{min 11}$
Rigidezza Marshall	UNI EN 12697-34	KN/mm	> 3	$Q_{min 3}$
Determinazione delle caratteristiche dei vuoti	UNI EN 12697-8	%	4 - 8	$V_{min4} - V_{max8}$
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697-12	%	≥ 90	$ITSR_{90}$
Massa volumica sulle carote rispetto alla densità Marshall	UNI EN 12697-9	%	≥ 97	
Determinazione delle caratteristiche dei vuoti	UNI EN 12697-8	%	4 - 9	

L'impresa è tenuta a presentare con congruo anticipo dall'inizio dei lavori lo STUDIO DELLA MISCELA che intende adottare per ogni tipo di conglomerato bituminoso.

#### CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Fare riferimento al Capitolo 7.4.

#### PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI POSA

Fare riferimento al Capitolo 7.5.

#### TRASPORTO E POSA IN OPERA DELLE MISCELE BITUMINOSE

Fare riferimento al Capitolo 7.6.

## 7.3 CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATI DI USURA (UNI EN 13108-1)

### DESCRIZIONE

Lo strato di usura è composto da una miscela di aggregati costituita da inerti di diversa natura petrografica, quali pietrischetti, graniglie, sabbie ed eventuali additivi, impastati a caldo con bitume previo essiccamento degli aggregati; la stesa verrà effettuata a caldo mediante idonee macchine vibrofinitrici.

### INERTI

Gli aggregati lapidei detti più semplicemente inerti formano lo scheletro degli strati costituenti la sovrastruttura stradale; essi devono essere non gelivi, duri e durevoli, privi di particelle friabili, organiche, argillose, limose soggette a rigonfiamenti.

Devono rispettare quanto definito dalla Direttiva 89/106/CEE recepita con D.P.R. 246/2003 e applicata con Decreto Min. Attività Produttive del 7/4/2004 che definisce per gli aggregati per conglomerati bituminosi l'impiego della norma UNI EN 13043:2004.

*Aggregato grosso:  $d > 2\text{mm}$  e  $D < 12,5\text{--}10\text{mm}$*

E' costituito da ghiaie frantumate, pietrischetti e graniglie privi di elementi in fase di alterazione, polvere e materiali estranei. Qualunque sia la sua provenienza o natura petrografica, deve soddisfare i seguenti requisiti minimi (Tabella 7.3.1):

Tabella 7.3.1			
	Usura 0/10	Usura 0/8	
Dimensione massima	12,5 mm	10 mm	
Requisiti di granulometria	$G_c 90/20$	$G_c 90/20$	UNI EN 13043 prospetto 2
Percentuale di superfici frantumate	$C_{100/0}$	$C_{100/0}$	UNI EN 13043 prospetto 9
Resistenza alla frammentazione	$LA_{20}$	$LA_{20}$	UNI EN 13043 prospetto 11
Coefficiente di appiattimento	$Fl_{20}$	$Fl_{20}$	UNI EN 13043 prospetto 7
Coefficiente di forma	$Sl_{15}$	$Sl_{15}$	UNI EN 13043 prospetto 8
Determinazione dell'affinità tra aggregato e bitume <sup>1</sup>	$\leq 5$	$\leq 5$	UNI EN 12697-11:2006 (metodo B)

<sup>1</sup> Nel caso in cui il valore non dovesse soddisfare i requisiti minimi richiesti, sarà necessario l'utilizzo d' idonei attivanti di adesione, nelle modalità e quantità di seguito descritte.

*Aggregato fine:  $D < 2\text{mm}$  e  $d > 0,063\text{mm}$*

L'aggregato fine è costituito prevalentemente da sabbia naturale o di frantumazione, ottenuta da materiali di cava o di fiume e deve soddisfare i seguenti requisiti (Tabella 7.3.2):

Tabella 7.3.2		
Requisiti di granulometria	$G_F 85$	UNI EN 13043 prospetto 2
Prova dell'equivalente in sabbia	$\geq 70 \%$	UNI EN 933-8:2000

### Filler

Deve provenire dalla frantumazione di rocce calcaree, oppure essere costituito da cemento, calce idrata, calce idraulica e polvere di roccia asphaltica. In ogni caso qualunque sia la sua natura deve soddisfare i seguenti requisiti (Tabella 7.3.3):

Tabella 7.3.3		
Passante al setaccio UNI 0,125	$> 85\%$	UNI EN 13043 prospetto 24
Passante al setaccio UNI 0,063	$> 70 \%$	UNI EN 13043 prospetto 24
Punto di rammollimento (Palla e Anello)	$\Delta_{R\&B} 8/25$	UNI EN 13043 prospetto 26

## IMPIEGO DI FRESATO BITUMINOSO

Per la realizzazione del conglomerato, è possibile l'utilizzo di materiale fresato proveniente dalla fresatura dei conglomerati bituminosi di qualsiasi strato purché siano garantite e rispettate le seguenti condizioni:

- quantità di fresato non superiore al 20% della quantità totale degli aggregati di primo impiego;
- pezzatura massima 10 mm, selezionata tramite frantoio;
- quando la percentuale di fresato eccede il 10% della quantità totale degli aggregati; nella miscela si dovrà aggiungere legante bituminoso di idonea penetrazione al fine di ottenere un

bitume finale (miscela costituita dal bitume nuovo e dal bitume proveniente dal fresato bituminoso) rispondente alle caratteristiche dei bitumi riportati nelle tabelle di cui sotto, secondo l'**Allegato A** della norma **UNI EN 13108-1**. In alternativa si potranno utilizzare additivi ACF (Attivanti Chimici Funzionali - Tabella 7.3.5) rigeneranti, dopo previa approvazione da parte della D.L.;

- il conglomerato bituminoso finale dovrà rispondere agli stessi requisiti prestazionali della miscela bituminosa confezionata senza fresato bituminoso.
- L'Impresa esecutrice dovrà necessariamente dichiarare l'utilizzo del fresato bituminoso alla D.L., presentando con congruo anticipo prima dell'inizio dei lavori, lo studio della miscela che intende utilizzare.

## LEGANTI BITUMINOSI

I leganti bituminosi semisolidi, sono quei bitumi per uso stradale costituiti da bitumi distillati tradizionali e bitumi modificati. La scelta del bitume da utilizzare, viene effettuata dalla D.L., in funzione del tipo di conglomerato, del volume e del tipo di traffico che percorre la strada, delle condizioni ambientali e stagionali.

### Bitumi distillati tradizionali per uso stradale UNI EN 12591:2002:

per il confezionamento del conglomerato bituminoso dovrà essere utilizzato un bitume distillato avente le caratteristiche riportate in Tabella 7.3.4:

**Tabella 7.3.4**

CARATTERISTICHE	normativa	TIPO DI BITUME		
		u.m.	50/70	70/100
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426:2007	mm/10	50/70	70/100
Punto di rammolimento (R&B)	UNI EN 1427:2007	°C	46-54	43-51
Punto di infiammabilità (Cleveland)	UNI EN 22592:1994	°C	230	230
Solubilità	UNI EN 12592:2007	% (m/m)	99	99
<i>Resistenza all'invecchiamento dopo RTFOT</i>		UNI EN 12607-1:2007		
Variazione di massa	UNI EN 12607-1/3:2007	%	± 0,5	± 0,8
Penetrazione residua a 25 °C	UNI EN 1426:2007	%	≥ 50	≥ 46
Punto di rammolimento (R&B)	UNI EN 1427:2007	°C	≥ 48	≥ 45

### Attivanti di adesione

Qualora non fossero soddisfatti i requisiti minimi di affinità tra bitume e aggregato (Tabella 7.3.1), per il confezionamento dei conglomerati bituminosi sarà necessario l'utilizzo di un attivante di adesione.

Il dosaggio potrà variare secondo la natura degli aggregati e del tipo d'impiego e sarà compreso tra lo 0,2% e 0,5% sul peso del bitume.

L'attivante deve garantire il mantenimento delle proprie caratteristiche chimiche-fisiche anche dopo stoccaggio prolungato ad elevate temperature.

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume deve essere realizzata con idonee attrezzature, tali da garantirne la perfetta dispersione e l'esatto dosaggio.

### Attivanti di rigenerazione

Nel caso di utilizzo di fresato bituminoso nelle percentuali massime sopra citate, si dovranno seguire le modalità precisate nella UNI EN 13108-1:2006. Diversamente, solo dopo che la D.L. avrà dato esito favorevole, per rigenerare le caratteristiche del bitume invecchiato proveniente dal fresato bituminoso, potranno essere impiegati degli additivi, attivanti chimici funzionali (ACF) che dovranno soddisfare le caratteristiche chimico-fisiche sotto riportate (Tabella 7.3.5):

**Tabella 7.3.5**

CARATTERISTICHE	Normativa	u.m.	valore
Densità a 25 °C	ASTM D – 1298		0,900 - 0,950
Punto di infiammabilità v.a.	ASTM D – 92	°C	200
Viscosità dinamica a 160 °C, $\gamma = 10s^{-1}$	SNV 671908/74	Pa s	0,03 - 0,05
Solubilità in tricloroetilene	ASTM D – 2042	% in peso	99,5
Numero di neutralizzazione	IP 213	Mg/KOH/g	1,5 - 2,5
Contenuto di acqua	ASTM D – 95	% in volume	1
Contenuto di azoto	ASTM D - 3228	% in peso	0,8 - 0,1

Il dosaggio di ACF varia in funzione della percentuale di conglomerato riciclato e delle caratteristiche del bitume in esso contenuto ed è da calcolarsi in funzione della percentuale teorica del bitume nuovo da aggiungere. Indicativamente possono essere utilizzate percentuali variabili tra lo 0,4 e 0,5 in peso sul bitume nuovo aggiunto, per ogni 10% di fresato impiegato.

L'immissione degli attivanti nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

La presenza di ACF sarà determinata svolgendo le prove di caratterizzazione sul bitume recuperato secondo la UNI EN 12697-1:2006 (Miscele bituminose - Metodi di prova per conglomerati bituminosi a caldo - Parte 1: Contenuto di legante solubile) e la UNI EN 12697-3:2005 (Miscele bituminose - Metodi di prova per conglomerati bituminosi a caldo - Parte 3: Recupero del bitume: evaporatore rotante) dal conglomerato bituminoso finale e dovrà soddisfare i parametri riportati nella seguente tabella (Tabella 7.3.6):

**Tabella 7.3.6**

CARATTERISTICHE	normativa	TIPO DI BITUME		
		u.m.	50/70	70/100
Penetrazione residua a 25° C*	UNI EN 1426:2007	mm/10	≥ 25	≥ 35
Punto di rammollimento (R&B)*	UNI EN 1427:2007	°C	≥ 48	≥ 45

## MISCELA

La miscela per il confezionamento del conglomerato bituminoso per strato d'usura, deve avere una composizione granulometrica contenuta nei limiti riportati in Tabella 7.3.7. La percentuale di bitume deve essere riferita al peso totale della miscela e compresa nel range sottoindicato (Tabella 7.3.7):

**Tabella 7.3.7**

FUSO	USURA 0/10	USURA 0/8
Serie EN	% di passante	% di passante
12,5	100 - 100	100 - 100
10	95 - 100	100 - 100
8	82 - 100	90 - 100
6,3	70 - 88	80 - 95
4	53 - 70	62 - 78
2	35 - 50	42 - 58
0,500	13 - 23	17 - 28
0,125	4 - 10	5 - 13
0,063	3 - 8	4 - 10
Quantità di bitume riferita al peso della miscela	4,85% - 6,0%	4,85% - 6,2%

La quantità di bitume, in ogni caso, deve essere tale da conferire al conglomerato le proprietà fisiche-meccaniche sotto riportate (Tabella 7.3.8), rilevate attraverso la prova Marshall, norma UNI EN 12697-34:2007, eseguita su provini costipati secondo la norma UNI EN 12697-30:2007 con un'energia di compattazione pari a 75 colpi per faccia (UNI EN 13108-20:2006 Tabella C.1.3):

**Tabella 7.3.8**

REQUISITI DEL CONGLOMERATO						
CARATTERISTICHE	normativa	u.m.	50/70	categoria	70/100	categoria
Stabilità Marshall	UNI EN 12697-34	KN	≥ 12,50	$S_{min\ 12,5}$	≥ 12,00	$S_{min\ 10}$
Rigidezza Marshall	UNI EN 12697-34	KN/mm	> 3	$Q_{min\ 3}$	> 3	$Q_{min\ 3}$
Determinazione delle caratteristiche dei vuoti	UNI EN 12697-8	%	3 - 6	$V_{min3} - V_{max6}$	3 - 6	$V_{min3} - V_{max6}$
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697-12	%	≥ 80	$ITSR_{80}$	≥ 80	$ITSR_{80}$
<i>Caratteristiche del conglomerato dopo stesa e compattazione</i>						
Massa volumica sulle carote rispetto alla densità Marshall	UNI EN 12697-9	%	≥ 97		≥ 97	
Determinazione delle caratteristiche dei vuoti	EN 12697-8	%	3 - 7			

L'impresa è tenuta a presentare con congruo anticipo dall'inizio dei lavori lo STUDIO DELLA MISCELA che intende adottare per ogni tipo di conglomerato bituminoso.

#### CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Fare riferimento al Capitolo 7.4.

#### PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI POSA

Fare riferimento al Capitolo 7.5.

#### TRASPORTO E POSA IN OPERA DELLE MISCELE BITUMINOSE

Fare riferimento al Capitolo 7.6.



### 7.3.1 CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATI DI USURA con bitume modificato (UNI EN 13108-1)

#### DESCRIZIONE

Lo strato di usura è composto da una miscela di aggregati costituita da inerti di diversa natura petrografica, quali pietrischi, graniglie, sabbie ed eventuali additivi, impastati a caldo con bitume modificato, previo essiccamento degli aggregati; la stesa verrà effettuata a caldo mediante idonee macchine vibrofinitrici. I bitumi modificati permettono la realizzazione di pavimentazioni stradali in grado di resistere nel tempo alle sempre maggiori sollecitazioni dinamiche e statiche indotte dal traffico pesante.

#### INERTI

Gli aggregati lapidei detti più semplicemente inerti formano lo scheletro degli strati costituenti la sovrastruttura stradale; essi devono essere non gelivi, duri e durevoli, privi di particelle friabili, organiche, argillose, limose soggette a rigonfiamenti.

Devono rispettare quanto definito dalla Direttiva 89/106/CEE recepita con D.P.R. 246/2003 e applicata con Decreto Min. Attività Produttive del 7/4/2004 che definisce per gli aggregati per conglomerati bituminosi l'impiego della norma UNI EN 13043:2004.

#### *Aggregato grosso: $d > 2\text{mm}$ e $D < 12,5\text{--}10\text{mm}$*

E' costituito da ghiaie frantumate, pietrischetti e graniglie privi di elementi in fase di alterazione, polvere e materiali estranei. Qualunque sia la sua provenienza o natura petrografica, deve soddisfare i seguenti requisiti minimi (Tabella 7.3.1.1):

**Tabella 7.3.1.1**

	Usura 0/10	Usura 0/8	
Dimensione massima	12,5 mm	10 mm	
Requisiti di granulometria	$G_c 90/20$	$G_c 90/20$	UNI EN 13043 prospetto 2
Percentuale di superfici frantumate	$C_{100/0}$	$C_{100/0}$	UNI EN 13043 prospetto 9
Resistenza alla frammentazione	$LA_{20}$	$LA_{20}$	UNI EN 13043 prospetto 11
Coefficiente di appiattimento	$F_{l20}$	$F_{l20}$	UNI EN 13043 prospetto 7
Coefficiente di forma	$S_{f15}$	$S_{f15}$	UNI EN 13043 prospetto 8
Determinazione dell'affinità tra aggregato e bitume <sup>1</sup>	$\leq 5$	$\leq 5$	UNI EN 12697-11:2006 (metodo B)

<sup>1</sup> Nel caso in cui il valore non dovesse soddisfare i requisiti minimi richiesti, sarà necessario l'utilizzo d' idonei attivanti di adesione, nelle modalità e quantità di seguito descritte.

#### *Aggregato fine: $D < 2\text{mm}$ e $d > 0,063\text{mm}$*

L'aggregato fine è costituito prevalentemente da sabbia naturale o di frantumazione, ottenuta da materiali di cava o di fiume e deve soddisfare i seguenti requisiti (Tabella 7.3.1.2):

**Tabella 7.3.1.2**

Requisiti di granulometria	$G_F 85$	UNI EN 13043 prospetto 2
Prova dell'equivalente in sabbia	$\geq 70 \%$	UNI EN 933-8:2000

#### *Filler*

Deve provenire dalla frantumazione di rocce calcaree, oppure essere costituito da cemento, calce idrata, calce idraulica e polvere di roccia asphaltica. In ogni caso qualunque sia la sua natura deve soddisfare i seguenti requisiti (Tabella 7.3.1.3):

**Tabella 7.3.1.3**

Passante al setaccio UNI 0,125	$> 85\%$	UNI EN 13043 prospetto 24
Passante al setaccio UNI 0,063	$> 70 \%$	UNI EN 13043 prospetto 24
Punto di rammollimento (Palla e Anello)	$\Delta_{R\&B} 8/25$	UNI EN 13043 prospetto 26

#### IMPIEGO DI FRESATO BITUMINOSO

Per la realizzazione del conglomerato, è possibile l'utilizzo di materiale fresato proveniente dalla fresatura dei conglomerati bituminosi di qualsiasi strato purché siano garantite e rispettate le seguenti condizioni:

- quantità di fresato non superiore al 20% della quantità totale degli aggregati di primo impiego;

- pezzatura massima 10 mm, selezionata tramite frantoio;
- quando la percentuale di fresato eccede il 10% della quantità totale degli aggregati; nella miscela si dovrà aggiungere legante bituminoso di idonea penetrazione al fine di ottenere un bitume finale (miscela costituita dal bitume nuovo e dal bitume proveniente dal fresato bituminoso) rispondente alle caratteristiche dei bitumi riportati nelle tabelle di cui sotto secondo **l'Allegato A** della norma **UNI EN 13108-1**. In alternativa si potranno utilizzare additivi ACF (Attivanti Chimici Funzionali - Tabella 7.3.1.5) rigeneranti dopo previa approvazione da parte della D.L.;
- il conglomerato bituminoso finale dovrà rispondere agli stessi requisiti prestazionali della miscela bituminosa confezionata senza fresato bituminoso.
- L'Impresa esecutrice dovrà necessariamente dichiarare l'utilizzo del fresato bituminoso alla D.L., presentando con congruo anticipo prima dell'inizio dei lavori, lo studio della miscela che intende utilizzare.

## LEGANTI BITUMINOSI

I leganti bituminosi semisolidi, sono quei bitumi per uso stradale costituiti da bitumi distillati tradizionali e bitumi modificati. La scelta del bitume da utilizzare, viene effettuata dalla D.L., in funzione del tipo di conglomerato, del volume e del tipo di traffico che percorre la strada, delle condizioni ambientali e stagionali.

### Bitumi modificati per uso stradale UNI EN 14023:2006:

per il confezionamento del conglomerato bituminoso dovrà essere utilizzato un bitume modificato avente le caratteristiche riportate in Tabella 7.3.1.4:

**Tabella 7.3.1.4**

CARATTERISTICHE	normativa	TIPO DI BITUME	
		u.m.	65/105
Penetrazione a 25° C	UNI EN 1426:2007	mm/10	65/105
Punto di rammolimento (R&B)	UNI EN 1427:2007	°C	≥ 70
Punto di infiammabilità (Cleveland)	UNI EN 22592:1994	°C	≥250
<i>Resistenza all'invecchiamento dopo RTFOT</i> UNI EN 12607-1:2007			
Variazione di massa	UNI EN 12607-1/3:2007	%	± 0,8
Penetrazione residua a 25° C	UNI EN 1426:2007	%	≥ 60
Incremento punto di rammolimento	UNI EN 1427:2007	°C	≤ 10

#### Attivanti di adesione

Qualora non fossero soddisfatti i requisiti minimi di affinità tra bitume e aggregato (Tabella 7.3.1.1), per il confezionamento dei conglomerati bituminosi sarà necessario l'utilizzo di un attivante di adesione.

Il dosaggio potrà variare secondo la natura degli aggregati e del tipo d'impiego e sarà compreso tra lo 0,2% e 0,5% sul peso del bitume.

L'attivante deve garantire il mantenimento delle proprie caratteristiche chimiche-fisiche anche dopo stoccaggio prolungato ad elevate temperature.

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume deve essere realizzata con idonee attrezzature, tali da garantirne la perfetta dispersione e l'esatto dosaggio.

#### Attivanti di rigenerazione

Nel caso di utilizzo di fresato bituminoso nelle percentuali massime sopra citate, si dovranno seguire le modalità precisate nella UNI EN 13108-1:2006. Diversamente, solo dopo che la D.L. avrà dato esito favorevole, per rigenerare le caratteristiche del bitume invecchiato proveniente dal fresato bituminoso, potranno essere impiegati degli additivi, attivanti chimici funzionali (ACF) che dovranno soddisfare le caratteristiche chimico-fisiche sotto riportate (Tabella 7.3.1.5):

**Tabella 7.3.1.5**

CARATTERISTICHE	Normativa	u.m.	valore
Densità a 25 °C	ASTM D – 1298		0,900 - 0,950
Punto di infiammabilità v.a.	ASTM D – 92	°C	200
Viscosità dinamica a 160 °C, $\gamma = 10s^{-1}$	SNV 671908/74	Pa s	0,03 - 0,05
Solubilità in tricloroetilene	ASTM D – 2042	% in peso	99,5
Numero di neutralizzazione	IP 213	Mg/KOH/g	1,5 - 2,5
Contenuto di acqua	ASTM D – 95	% in volume	1
Contenuto di azoto	ASTM D - 3228	% in peso	0,8 - 0,1

Il dosaggio di ACF varia in funzione della percentuale di conglomerato riciclato e delle caratteristiche del bitume in esso contenuto ed è da calcolarsi in funzione della percentuale teorica del bitume nuovo da aggiungere. Indicativamente possono essere utilizzate percentuali variabili tra lo 0,4 e 0,5 in peso sul bitume nuovo aggiunto, per ogni 10% di fresato impiegato.

L'immissione degli attivanti nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

La presenza di ACF sarà determinata svolgendo le prove di caratterizzazione sul bitume recuperato secondo la UNI EN 12697-1:2006 (Miscele bituminose - Metodi di prova per conglomerati bituminosi a caldo - Parte 1: Contenuto di legante solubile) e la UNI EN 12697-3:2005 (Miscele bituminose - Metodi di prova per conglomerati bituminosi a caldo - Parte 3: Recupero del bitume: evaporatore rotante) dal conglomerato bituminoso finale e dovrà soddisfare i parametri riportati nella seguente tabella (Tabella 7.3.1.6):

**Tabella 7.3.1.6**

CARATTERISTICHE	normativa	TIPO DI BITUME	
		u.m.	65/105
Penetrazione residua a 25 °C*	UNI EN 1426:2007	mm/10	≥ 39
Punto di rammollimento (R&B)* - compreso	UNI EN 1427:2007	°C	70 - 80

#### MISCELA

La miscela per il confezionamento del conglomerato bituminoso per strato d'usura, deve avere una composizione granulometrica contenuta nei limiti riportati in Tabella 7.3.1.7. La percentuale di bitume deve essere riferita al peso totale della miscela e compresa nel range sottoindicato (Tabella 7.3.1.7):

**Tabella 7.3.1.7**

FUSO	USURA 0/10	USURA 0/8
Serie EN	% di passante	% di passante
12,5	100 - 100	100 - 100
10	95 - 100	100 - 100
8	82 - 100	90 - 100
6,3	70 - 88	80 - 95
4	53 - 70	62 - 78
2	35 - 50	42 - 58
0,500	13 - 23	17 - 28
0,125	4 - 10	5 - 13
0,063	3 - 8	4 - 10
Quantità di bitume riferita al peso della miscela	<b>4,85% - 6,0%</b>	<b>4,85% - 6,2%</b>

La quantità di bitume, in ogni caso, deve essere tale da conferire al conglomerato le proprietà fisiche-meccaniche sotto riportate (Tabella 7.3.1.8), rilevate attraverso la prova Marshall, norma UNI EN 12697-34:2007, eseguita su provini costipati secondo la norma UNI EN 12697-30:2007 con un'energia di compattazione pari a 75 colpi per faccia (UNI EN 13108-20:2006 Tabella C.1.3):

**Tabella 7.3.1.8**

<b>REQUISITI DEL CONGLOMERATO</b>				
<b>CARATTERISTICHE</b>	<b>normativa</b>	<b>u.m.</b>	<b>65/105</b>	<b>categoria</b>
Stabilità Marshall	UNI EN 12697-34	KN	$\geq 13,0$	$S_{\min 12,5}$
Rigidezza Marshall	UNI EN 12697-34	KN/mm	$> 3$	$Q_{\min 3}$
Determinazione delle caratteristiche dei vuoti	UNI EN 12697-8	%	3 - 6	$V_{\min 3} - V_{\max 6}$
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697-12	%	$\geq 90$	$ITSR_{90}$
<i>Caratteristiche del conglomerato dopo stesa e compattazione</i>				
Massa volumica sulle carote rispetto alla densità Marshall	UNI EN 12697-9	%	$\geq 97$	
Determinazione delle caratteristiche dei vuoti	EN 12697-8	%	3 - 7	

L'impresa è tenuta a presentare con congruo anticipo dall'inizio dei lavori lo STUDIO DELLA MISCELA che intende adottare per ogni tipo di conglomerato bituminoso.

#### CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Fare riferimento al Capitolo 7.4.

#### PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI POSA

Fare riferimento al Capitolo 7.5.

#### TRASPORTO E POSA IN OPERA DELLE MISCELE BITUMINOSE

Fare riferimento al Capitolo 7.6.

## 7.4 CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Il conglomerato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione, oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

L'umidità del conglomerato riciclato prima del riscaldamento deve essere comunque inferiore al 4%, Nel caso di valori superiori l'impiego del riciclato deve essere sospeso.

Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto e della tipologia di miscela, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso.

La temperatura della miscela bituminosa all'uscita del mescolatore deve essere compresa tra 140 °C e 180 °C e quella del legante tra 150 °C e 170 °C, in rapporto al tipo di bitume impiegato. Temperature differenti potranno essere accettate nel caso venga utilizzato bitume modificato.

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

## 7.5 PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI POSA

Prima di poter effettuare la stesa di uno strato di conglomerato bituminoso, è necessaria l'applicazione, con dosaggi opportuni, di emulsioni bituminose aventi specifiche caratteristiche. A seconda che lo strato di supporto sia in misto granulare, oppure in conglomerato bituminoso, la lavorazione prenderà rispettivamente il nome di mano d' ancoraggio e mano d'attacco.

Per mano d'ancoraggio si intende un'emulsione bituminosa a media o lenta rottura e bassa viscosità, applicata sopra uno strato in misto granulare prima della realizzazione di uno strato in conglomerato bituminoso. Scopo di tale lavorazione, è quello di riempire i vuoti dello strato non legato irrigidendone la parte superficiale, fornendo al contempo una migliore adesione per l'ancoraggio del successivo strato in conglomerato bituminoso.

Per mano d'attacco si intende un' emulsione bituminosa a rottura media o rapida, applicata sopra uno strato di conglomerato bituminoso prima di realizzarne uno nuovo; lo scopo è di aumentare l'adesione tra i due strati sfavorendo i possibili scorrimenti.

L'emulsione dovrà rispondere ai seguenti requisiti di accettazione:

CARATTERISTICHE	normativa	u.m.	valori
Polarità	UN EN 1430	-	Cationica
Contenuto di bitume + flussante	UNI EN 1431	% peso	55 +/- 2
Contenuto d'acqua	UNI EN 1428	% peso	45 +/-2
Contenuto di flussante	UNI EN 1431	% peso	< 3
Viscosità Engler a 20 °C	UNI EN 12486	°E	5 – 10
Tendenza alla sedimentazione a 7gg	UNI EN 12487	% peso	< 10
<b>Residuo bituminoso</b>			
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1429	mm/10	70-220

La quantità di emulsione da utilizzare è così stabilita:

- mano di ancoraggio 1,0 kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo;

- mano di attacco 0,35 kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo.

## 7.6 TRASPORTO E POSA IN OPERA DELLE MISCELE BITUMINOSE

Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa deve avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci e comunque sempre dotati di telone di copertura per evitare i raffreddamenti superficiali eccessivi e formazione di crostoni.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa controllata immediatamente dietro la finitrice deve risultare in ogni momento non inferiore a 135° C.

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

La posa in opera dei conglomerati bituminosi verrà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

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

Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una striscia alla precedente.

Qualora ciò non sia possibile il bordo della striscia già realizzata deve essere spalmato con emulsione bituminosa cationica per assicurare la saldatura della striscia successiva.

Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

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

La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno 20 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

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

La compattazione dei conglomerati deve iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento deve essere realizzato con mezzi adeguati con ruote metalliche vibranti e/o gomma, di idoneo peso e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

Per lo strato di usura può essere utilizzato un rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 15t.

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

La superficie degli strati deve presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

La miscela bituminosa dello strato di base verrà stesa dopo che sia stata accertata dalla D.L. la rispondenza della fondazione ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

Prima della stesa del conglomerato bituminoso su strati di fondazione in misto cementato deve essere rimossa, per garantirne l'ancoraggio, la sabbia eventualmente non trattenuta dall'emulsione stesa precedentemente a protezione del misto cementato stesso. Nel caso di stesa in doppio strato essi devono essere sovrapposti nel più breve tempo possibile. Qualora la seconda stesa non sia realizzata entro le 24 ore successive tra i due strati deve essere interposta una mano di attacco di emulsione bituminosa in ragione di 0,3 Kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo.

La miscela bituminosa del binder e del tappeto di usura verrà stesa sul piano finito dello strato sottostante dopo che sia stata accertata dalla D.L. la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

## 7.7 CONGLOMERATO BITUMINOSO ANTISDRUCCIOLO CHIUSO (UNI EN 13108-5)

### DESCRIZIONE

L'usura antisdrucchiolo ha la funzione di migliorare le caratteristiche di aderenza in condizioni di asciutto o bagnato e di impermeabilizzare gli strati sottostanti.

E' un conglomerato bituminoso confezionato a caldo, chiuso e impermeabile, composto da una elevata percentuale di graniglia, che ne caratterizza la curva dandole il tipico andamento discontinuo; i vuoti sono riempiti da un mastice formato da bitume modificato, filler ed eventuali fibre organiche e additivi.

La stesa verrà effettuata a caldo mediante macchina vibrofinitrice, previa applicazione di mano d'attacco a base di emulsione bituminosa modificata.

### INERTI

Gli aggregati lapidei detti più semplicemente inerti formano lo scheletro degli strati costituenti la sovrastruttura stradale; essi devono essere non gelivi, duri e durevoli, privi di particelle friabili, organiche, argillose, limose soggette a rigonfiamenti.

Devono rispettare quanto definito dalla Direttiva 89/106/CEE recepita con D.P.R. 246/2003 e applicata con Decreto Min. Attività Produttive del 7/4/2004 che definisce per gli aggregati per conglomerati bituminosi l'impiego della norma UNI EN 13043:2004.

*Aggregato grosso:  $d > 2\text{mm}$  e  $D < 16-12,5\text{mm}$*

E' costituito da ghiaie frantumate, pietrischetti e graniglie, privi di elementi in fase di alterazione, polvere e materiali estranei. Qualunque sia la sua provenienza o natura petrografica, deve soddisfare i seguenti requisiti minimi (Tabella 7.7.1):

**Tabella 7.7.1**

CARATTERISTICHE	0/15	0/12	NORMATIVE
Dimensione massima	16 mm	12,5 mm	\
Requisiti di granulometria	$G_c 90/20$	$G_c 90/20$	UNI EN 13043 prospetto 2
Percentuale di superfici frantumate	$C_{100/0}$	$C_{100/0}$	UNI EN 13043 prospetto 9
Resistenza alla frammentazione	$LA_{18}$	$LA_{18}$	UNI EN 13043 prospetto 11
Coefficiente di appiattimento	$Fl_{20}$	$Fl_{20}$	UNI EN 13043 prospetto 7
Coefficiente di forma	$Sl_{15}$	$Sl_{15}$	UNI EN 13043 prospetto 8
Resistenza alla levigazione	$PSV_{44}$	$PSV_{44}$	UNI EN 13043 prospetto 13
Determinazione dell' affinità tra aggregato e bitume <sup>1</sup>	$\leq 5$	$\leq 5$	UNI EN 12697-11:2006 (metodo B)

<sup>1</sup> Nel caso in cui il valore non dovesse soddisfare i requisiti minimi richiesti, sarà necessario l'utilizzo d' idonei attivanti di adesione, nelle modalità e quantità di seguito descritte.

*Aggregato fine:  $D < 2\text{mm}$  e  $d > 0,063\text{mm}$*

L'aggregato fine è costituito prevalentemente da sabbia naturale o di frantumazione, ottenuta da materiali di cava o di fiume e deve soddisfare i seguenti requisiti (Tabella 7.7.2):

**Tabella 7.7.2**

Requisiti di granulometria	$G_F 85$	UNI EN 13043 prospetto 2
Prova dell'equivalente in sabbia	$\geq 70 \%$	UNI EN 933-8:2000

### Filler

Deve provenire dalla frantumazione di rocce calcaree, oppure essere costituito da cemento, calce idrata, calce idraulica e polvere di roccia asphaltica. In ogni caso qualunque sia la sua natura deve soddisfare i seguenti requisiti (Tabella 7.7.3):

**Tabella 7.7.3**

Passante al setaccio UNI 0,125	$> 85\%$	UNI EN 13043 prospetto 24
Passante al setaccio UNI 0,063	$> 70 \%$	UNI EN 13043 prospetto 24
Punto di rammollimento (Palla e Anello)	$\Delta_{R\&B} 8/25$	UNI EN 13043 prospetto 26

### ADDITIVI STABILIZZANTI

*Calce idrata*

Ha la funzione di stabilizzare fisicamente il legame tra bitume e aggregato, dovrà essere aggiunta come un normale filler in percentuali comprese tra 1% - 2% sul peso della miscela finale. La calce deve rispettare le caratteristiche riportate nella seguente Tabella 7.7.4:

**Tabella 7.7.4**

REQUISITI	CALCE IDRATA
CO <sub>2</sub>	≤ 4%
(Cao + MgO) totali	≥ 85%
Titolo in idrati	≥ 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%
Passante al setaccio:	90 μm ≥ 90%

#### *Fibre*

In alternativa alla Calce Idrata potranno essere utilizzate delle microfibre di differente natura: di tipo minerale (vetro) o miste (vetro + cellulosa), in percentuale compresa tra 0,3 % e 0,5 % sul peso della miscela finale. L'immissione delle fibre deve avvenire direttamente nella miscela di aggregati arida, prima dell'aggiunta del legante bituminoso.

### LEGANTI BITUMINOSI

I leganti bituminosi semisolidi, sono quei bitumi per uso stradale costituiti da bitumi distillati tradizionali e bitumi modificati. La scelta del bitume da utilizzare, viene effettuata dalla D.L., in funzione del tipo di conglomerato, del volume e del tipo di traffico che percorre la strada, dalle condizioni ambientali e stagionali.

#### **Bitumi modificati per uso stradale UNI EN 14023:2006:**

per il confezionamento del conglomerato bituminoso dovrà essere utilizzato un bitume modificato avente le caratteristiche riportate in Tabella 7.7.5:

**Tabella 7.7.5**

CARATTERISTICHE	normativa	TIPO DI BITUME	
		u.m.	45/80
Penetrazione a 25° C	UNI EN 1426:2007	mm/10	45/80
Punto di rammollimento (R&B)	UNI EN 1427:2007	°C	≥ 65
Punto di infiammabilità (Cleveland)	UNI EN 22592:1994	°C	≥ 250
<i>Resistenza all'invecchiamento dopo RTFOT</i>		UNI EN 12607-1:2007	
Variazione di massa	UNI EN 12607-1/3:2007	%	± 0,5
Penetrazione residua a 25° C	UNI EN 1426:2007	%	≥ 60
Incremento punto di rammollimento	UNI EN 1427:2007	°C	≤ 10

### MISCELA

La miscela per il confezionamento del conglomerato bituminoso per strato d'usura tipo antisdrucchiolo, deve avere una composizione granulometrica contenuta nei limiti riportati in Tabella 7.7.6. La percentuale di bitume deve essere riferita al peso totale della miscela e compresa nel range sottoindicato (Tabella 7.7.6):



Tabella 7.7.6

FUSO	0/15
Serie EN	% di passante
16	100 - 100
14	95 - 100
12,5	80 - 100
10	60 - 80
8	50 - 60
6,3	40 - 50
2	20 - 30
0,500	12 - 20
0,250	10 - 17
0,063	8 - 12
Quantità di bitume riferita al peso della miscela	5,8% - 7,2%

La quantità di bitume, in ogni caso, deve essere tale da conferire al conglomerato le proprietà fisiche-meccaniche sotto riportate (Tabella 7.7.7), rilevate attraverso la prova Marshall, norma UNI EN 12697-34:2007, eseguita su provini costipati secondo la norma UNI EN 12697-30:2007 con una energia di compattazione pari a 75 colpi per faccia (UNI EN 13108-20:2006 Tabella C.1.3):

Tabella 7.7.7

REQUISITI DEL CONGLOMERATO				
CARATTERISTICHE	normativa	u.m.	45/80	categoria
Stabilità Marshall	UNI EN 12697-34	KN	$\geq 12,50$	$S_{min\ 12,5}$
Rigidezza Marshall	UNI EN 12697-34	KN/mm	$> 2$	$Q_{min\ 2}$
Determinazione delle caratteristiche dei vuoti	UNI EN 12697-8	%	2 - 4	$V_{min2} - V_{max4}$
Drenaggio del legante	UNI EN 12697-18	%	$\leq 0,3$	$D_{0,3}$
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697-12	%	$\geq 90$	$ITSR_{90}$
Caratteristiche del conglomerato dopo stesa e compattazione				
Massa volumica sulle carote rispetto alla densità Marshall	UNI EN 12697-9	%	$\geq 97$	
Determinazione delle caratteristiche dei vuoti	UNI EN 12697-8	%	2 - 5	

L'impresa è tenuta a presentare con congruo anticipo dall'inizio dei lavori lo STUDIO DELLA MISCELA che intende adottare per ogni tipo di conglomerato bituminoso.

### 7.7.1 CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Il conglomerato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

L'umidità del conglomerato riciclato prima del riscaldamento deve essere comunque inferiore al 4%, Nel caso di valori superiori l'impiego del riciclato deve essere sospeso.

Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto e della tipologia di miscela, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso.  
 La temperatura della miscela bituminosa all'uscita del mescolatore deve essere compresa tra 150 °C e 190 °C e quella del legante tra 150 °C e 170 °C, in rapporto al tipo di bitume impiegato.  
 Temperature differenti potranno essere accettate nel caso venga utilizzato bitume modificato.  
 Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

### 7.7.2 PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI POSA

Prima di poter effettuare la stesa di uno strato di conglomerato bituminoso, è necessaria l'applicazione, con dosaggi opportuni, di emulsioni bituminose come mano di attacco.

Per mano d'attacco si intende un' emulsione bituminosa a rottura media o rapida, applicata sopra uno strato di conglomerato bituminoso prima di realizzarne uno nuovo; lo scopo è di aumentare l'adesione tra i due strati sfavorendo i possibili scorrimenti.

L'emulsione dovrà rispondere ai seguenti requisiti di accettazione:

CARATTERISTICHE	normativa	u.m.	valori
Polarità	UN EN 1430	-	Cationica
Contenuto di bitume + flussante	UNI EN 1431	% peso	55 +/- 2
Contenuto d'acqua	UNI EN 1428	% peso	45 +/-2
Contenuto di flussante	UNI EN 1431	% peso	< 3
Viscosità Engler a 20 °C	UNI EN 12486	°E	5 – 10
Tendenza alla sedimentazione a 7gg	UNI EN 12487	% peso	< 10
<b>Residuo bituminoso</b>			
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1429	mm/10	70-220

La quantità di emulsione da utilizzare è così stabilita:  
 - mano di attacco 0,35 kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo.

### 7.7.3 TRASPORTO E POSA IN OPERA DELLE MISCELE BITUMINOSE

Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa deve avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci e comunque sempre dotati di telone di copertura per evitare i raffreddamenti superficiali eccessivi e formazione di crostoni.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, deve risultare in ogni momento non inferiore a 145 °C.

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

La posa in opera dei conglomerati bituminosi verrà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

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

Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una striscia alla precedente.

Qualora ciò non sia possibile il bordo della striscia già realizzata deve essere spalmato con emulsione bituminosa cationica per assicurare la saldatura della striscia successiva.

Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

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

La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno 20 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

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

La compattazione dei conglomerati deve iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento deve essere realizzato con mezzi adeguati con ruote metalliche vibranti e/o gomma, di idoneo peso e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

Per lo strato di usura può essere utilizzato un rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 15t.

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

La superficie degli strati deve presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

La miscela bituminosa dello strato di base verrà stesa dopo che sia stata accertata dalla D.L. la rispondenza della fondazione ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

Prima della stesa del conglomerato bituminoso su strati di fondazione in misto cementato deve essere rimossa, per garantirne l'ancoraggio, la sabbia eventualmente non trattenuta dall'emulsione stesa precedentemente a protezione del misto cementato stesso. Nel caso di stesa in doppio strato essi devono essere sovrapposti nel più breve tempo possibile. Qualora la seconda stesa non sia realizzata entro le 24 ore successive tra i due strati deve essere interposta una mano di attacco di emulsione bituminosa in ragione di 0,3 Kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo.

La miscela bituminosa del binder e del tappeto di usura verrà stesa sul piano finito dello strato sottostante dopo che sia stata accertata dalla D.L. la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

## 7.8 CONGLOMERATO BITUMINOSO AD ELEVATO TENORE DI VUOTI (UNI EN 13108-7)

### DESCRIZIONE

Sono conglomerati bituminosi speciali, caratterizzati da un'elevata percentuale di vuoti intercomunicanti che assicurano un passaggio facilitato alle acque di pioggia ed un fono assorbimento per risonanza delle onde sonore generate sulla strada, selettivo delle frequenze a seconda delle dimensioni volumetriche delle cavità presenti. Il conglomerato è composto da una miscela di aggregati costituita da inerti naturali di primo impiego, artificiali, sintetici, impastati a caldo con bitume modificato previo essiccamento degli aggregati; la stesa verrà effettuata a caldo mediante idonee macchine vibrofinitrici.

### INERTI

Gli aggregati lapidei, detti più semplicemente inerti, formano lo scheletro degli strati costituenti la sovrastruttura stradale; essi devono essere non gelivi, duri e durevoli, privi di particelle friabili, organiche, argillose, limose soggette a rigonfiamenti.

Devono rispettare quanto definito dalla Direttiva 89/106/CEE recepita con D.P.R. 246/2003 e applicata con Decreto Min. Attività Produttive del 7/4/2004 che definisce per gli aggregati per conglomerati bituminosi l'impiego della norma UNI EN 13043:2004.

#### *Aggregato grosso: $d > 2\text{mm}$ e $D < 20\text{mm}$*

E' costituito da ghiaie frantumate, pietrischetti e graniglie privi di elementi in fase di alterazione, polvere e materiali estranei. Qualunque sia la sua provenienza o natura petrografica, deve soddisfare i seguenti requisiti minimi (Tabella 7.8.1):

Tabella 7.8.1

CARATTERISTICHE	20 mm	NORMATIVE
Requisiti di granulometria	$G_c 90/20$	UNI EN 13043 prospetto 2
Percentuale di superfici frantumate	$C_{100/0}$	UNI EN 13043 prospetto 9
Resistenza alla frammentazione	$LA_{18}$	UNI EN 13043 prospetto 11
Coefficiente di appiattimento	$Fl_{10}$	UNI EN 13043 prospetto 7
Coefficiente di forma	$Sl_{15}$	UNI EN 13043 prospetto 8
Resistenza alla levigazione	$PSV_{44}$	UNI EN 13043 prospetto 13
Assorbimento d'acqua	$WA_{24} 1$	UNI EN 13043 prospetto 17
affinità tra aggregato e bitume <sup>1</sup>	$\leq 3$	UNI EN 12697-11:2006 (metodo B)

<sup>1</sup> Nel caso in cui il valore non dovesse soddisfare i requisiti minimi richiesti, sarà necessario l'utilizzo d' idonei attivanti di adesione, nelle modalità e quantità di seguito descritte.

#### *Aggregato fine: $D < 2\text{mm}$ e $d > 0,063\text{mm}$*

L'aggregato fine è costituito prevalentemente da sabbia naturale o di frantumazione, ottenuta da materiali di cava o di fiume e deve soddisfare i seguenti requisiti (Tabella 7.8.2):

Tabella 7.8.2

Requisiti di granulometria	$G_f 85$	UNI EN 13043 prospetto 2
Prova dell'equivalente in sabbia	$\geq 70 \%$	UNI EN 933-8:2000

### Filler

Deve provenire dalla frantumazione di rocce calcaree, oppure essere costituito da cemento, calce idrata, calce idraulica e polvere di roccia asfaltica. In ogni caso qualunque sia la sua natura deve soddisfare i seguenti requisiti (Tabella 7.8.3):

Tabella 7.8.3

Passante al setaccio UNI 0,125	$> 85\%$	UNI EN 13043 prospetto 24
Passante al setaccio UNI 0,063	$> 70 \%$	UNI EN 13043 prospetto 24
Punto di rammollimento (Palla e Anello)	$\Delta_{R\&B} 8/25$	UNI EN 13043 prospetto 26

### ADDITIVI STABILIZZANTI (Calce Idrata)

Ha la funzione di stabilizzare fisicamente il legame tra bitume e aggregato, dovrà essere aggiunta come un normale filler in percentuali comprese tra 1% - 2% sul peso della miscela finale. La calce deve rispettare le caratteristiche di seguito riportate (Tabella 7.8.4):

Tabella 7.8.4

REQUISITI	CALCE IDRATA
CO <sub>2</sub>	≤ 4%
(Cao + MgO) totali	≥ 85%
Titolo in idrati	≥ 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%
Passante al setaccio:	90 µm ≥ 90%

#### Fibre

In alternativa alla Calce Idrata potranno essere utilizzate delle microfibre di differente natura: di tipo minerale (vetro) o miste (vetro + cellulosa), in percentuale compresa tra 0,3 % e 0,5 % sul peso della miscela finale. L'immissione delle fibre deve avvenire direttamente nella miscela di aggregati arida, prima dell'aggiunta del legante bituminoso.

#### LEGANTI BITUMINOSI

I leganti bituminosi semisolidi, sono quei bitumi per uso stradale costituiti da bitumi distillati tradizionali e bitumi modificati. La scelta del bitume da utilizzare, viene effettuata dalla D.L., in funzione del tipo di conglomerato, del volume e del tipo di traffico che percorre la strada, dalle condizioni ambientali e stagionali.

#### Bitumi modificati per uso stradale UNI EN 14023:

per il confezionamento del conglomerato bituminoso dovrà essere utilizzato un bitume modificato avente le caratteristiche riportate in Tabella 7.8.5:

Tabella 7.8.5

CARATTERISTICHE	normativa	TIPO DI BITUME	
		u.m.	65/105
Penetrazione a 25° C	UNI EN 1426:2007	mm/10	65/105
Punto di rammollimento (R&B)	UNI EN 1427:2007	°C	≥ 70
Punto di infiammabilità (Cleveland)	UNI EN 22592:1994	°C	≥ 250
<i>Resistenza all'invecchiamento dopo RTFOT</i> UNI EN 12607-1:2007			
Variazione di massa	UNI EN 12607-1/3:2007	%	± 0,8
Penetrazione residua a 25° C	UNI EN 1426:2007	%	≥ 60
Incremento punto di rammollimento	UNI EN 1427:2007	°C	≤ 10

#### Attivanti di adesione

Qualora non fossero soddisfatti i requisiti minimi di affinità tra bitume e aggregato (Tabella 7.8.1), per il confezionamento dei conglomerati bituminosi sarà necessario l'utilizzo di un attivante di adesione.

Il dosaggio potrà variare secondo la natura degli aggregati e del tipo d'impiego e sarà compreso tra lo 0,2% e 0,5% sul peso del bitume.

L'attivante deve garantire il mantenimento delle proprie caratteristiche chimiche-fisiche anche dopo stoccaggio prolungato ad elevate temperature.

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume deve essere realizzata con idonee attrezzature, tali da garantirne la perfetta dispersione e l'esatto dosaggio.

#### MISCELA

La miscela per il confezionamento del conglomerato bituminoso per strato d'usura tipo drenante, deve avere una composizione granulometrica contenuta nei limiti riportati in Tabella 7.8.6. La percentuale di bitume deve essere riferita al peso totale della miscela e compresa nel range di seguito riportato (Tabella 7.8.6).

Tabella 7.8.6

FUSO	DRENANTE
Serie EN	% di passante
16	100 - 100
14	76 - 100
12,5	60 - 100
10	25 - 75
8	23 - 57
6,3	21 - 37
2	15 - 25
0,500	10 - 18
0,250	8 - 15
0,063	4 - 10
Quantità di bitume riferita al peso della miscela	4,3% - 5,7%

La quantità di bitume, in ogni caso, deve essere tale da conferire al conglomerato le proprietà fisiche-meccaniche sotto riportate (Tabella 7.8.7), rilevate attraverso la prova Marshall, norma UNI EN 12697-34:2006, eseguita su provini costipati secondo la norma UNI EN 12697-30:2006 con una energia di compattazione pari a 75 colpi per faccia (UNI EN 13108-20:2006 Tabella C.1.3):

Tabella 7.8.7

REQUISITI DEL CONGLOMERATO				
CARATTERISTICHE	normativa	u.m.	65/105	categoria
Stabilità Marshall	UNI EN 12697-34	KN	$\geq 5,0$	$S_{min} 5,0$
Rigidezza Marshall	UNI EN 12697-34	KN/mm	$> 1,5$	$Q_{min} 1,5$
Determinazione delle caratteristiche dei vuoti	UNI EN 12697-8	%	14 - 18	$V_{min14} - V_{max18}$
Resistenza a trazione indiretta	UNI EN 12697-23	N/mm <sup>2</sup>	$\geq 0,6$	\
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697-12	%	$\geq 80$	$ITSR_{80}$
Perdita di particelle	UNI EN 12697-17	%	$\leq 15$	$PL_{15}$
Permeabilità del provino	UNI EN 12697-19	10 <sup>-3</sup> m/s	$> 2,5$	$K_v 2,5$
Caratteristiche del conglomerato dopo stesa e compattazione				
Massa volumica sulle carote rispetto alla densità Marshall	UNI EN 12697-9	%	$\geq 97$	

L'impresa è tenuta a presentare con congruo anticipo dall'inizio dei lavori lo STUDIO DELLA MISCELA che intende adottare per ogni tipo di conglomerato bituminoso.

### 7.8.1 CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Il conglomerato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

L'umidità del conglomerato riciclato prima del riscaldamento deve essere comunque inferiore al 4%. Nel caso di valori superiori l'impiego del riciclato deve essere sospeso.

Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto e della tipologia di miscela, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso.

La temperatura della miscela bituminosa all'uscita del mescolatore deve essere compresa tra 140°C e 175° C e quella del legante tra 150° C e 170° C, in rapporto al tipo di bitume impiegato. Temperature differenti potranno essere accettate nel caso venga utilizzato bitume modificato.

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

## 7.8.2 PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI POSA

Prima di poter effettuare la stesa di uno strato di conglomerato bituminoso ad alto tenore di vuoti, è necessaria l'applicazione, con dosaggi opportuni, di emulsioni bituminose, prodotte utilizzando bitumi modificati, come mano di attacco. Tale strato ha una duplice funzione. Ha l'importante funzione di impermeabilizzare perfettamente lo strato sottostante, impedendo all'acqua che attraversa lo strato drenante di infiltrarsi negli strati sottostanti. L'acqua a questo punto è obbligata a scorrere lateralmente.

L'emulsione dovrà rispondere ai seguenti requisiti di accettazione:

CARATTERISTICHE	normativa	u.m.	valori
Polarità	UN EN 1430	-	Cationica
Contenuto di bitume + flussante	UNI EN 1431	% peso	65 +/- 2
Contenuto d'acqua	UNI EN 1428	% peso	35 +/-2
Tendenza alla sedimentazione a 7gg	UNI EN 12487	% peso	< 10
<b>Residuo bituminoso</b>			
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1429	mm/10	65-105
Punto di ramollimento (R&B)	UNI EN 1427:2007	°C	≥ 70

La quantità di emulsione da utilizzare è così stabilita:

- mano di ancoraggio 1,0 kg/m<sup>2</sup> di bitume modificato residuo.

Terminata la stesa dell'emulsione si dovrà cospargere con molta attenzione la superficie trattata con del filler per impedire alle ruote dei mezzi di cantiere di asportare o danneggiare lo strato di impermeabilizzazione.

### Filler

Deve provenire dalla frantumazione di rocce calcaree, oppure essere costituito da cemento, calce idrata, calce idraulica e polvere di roccia asfaltica. In ogni caso qualunque sia la sua natura deve soddisfare i seguenti requisiti (Tabella 7.8.2.1):

**Tabella 7.8.2.1**

Passante al setaccio UNI 0,125	>85%	UNI EN 13043 prospetto 24
Passante al setaccio UNI 0,063	>70 %	UNI EN 13043 prospetto 24
Punto di ramollimento (Palla e Anello)	Δ <sub>R&amp;B</sub> 8/25	UNI EN 13043 prospetto 26

## 7.8.3 TRASPORTO E POSA IN OPERA DELLE MISCELE BITUMINOSE

Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa deve avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci e comunque sempre dotati di telone di copertura per evitare i raffreddamenti superficiali eccessivi e formazione di crostoni.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa controllata immediatamente dietro la finitrice deve risultare in ogni momento non inferiore a 135° C.

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

La posa in opera dei conglomerati bituminosi verrà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

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

Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente.

Qualora ciò non sia possibile il bordo della striscia già realizzata deve essere spalmato con emulsione bituminosa cationica per assicurare la saldatura della striscia successiva.

Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

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

La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno 20 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

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

La compattazione dei conglomerati deve iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento deve essere realizzato con mezzi adeguati con ruote metalliche vibranti e/o gomma, di idoneo peso e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

Per lo strato di usura può essere utilizzato un rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 15t.

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

La superficie degli strati deve presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni.

Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

La miscela bituminosa dello strato di base verrà stesa dopo che sia stata accertata dalla D.L. la rispondenza della fondazione ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

Prima della stesa del conglomerato bituminoso su strati di fondazione in misto cementato deve essere rimossa, per garantirne l'ancoraggio, la sabbia eventualmente non trattenuta dall'emulsione stesa precedentemente a protezione del misto cementato stesso. Nel caso di stesa in doppio strato essi devono essere sovrapposti nel più breve tempo possibile. Qualora la seconda stesa non sia realizzata entro le 24 ore successive tra i due strati deve essere interposta una mano di attacco di emulsione bituminosa in ragione di 0,3 Kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo.

La miscela bituminosa del binder e del tappeto di usura verrà stesa sul piano finito dello strato sottostante dopo che sia stata accertata dalla D.L. la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.



## 8 CONGLOMERATI BITUMINOSI TIEPIDI

I conglomerati bituminosi tiepidi sono miscele, dosate a peso o a volume, costituite da aggregati lapidei di primo impiego (ghiaie, pietrischi, graniglie e sabbie), bitume semisolido, additivi ed eventuale conglomerato riciclato.

Prima di iniziare i lavori, le miscele da impiegarsi dovranno essere sottoposte alla D.L. per le analisi e l'accettazione: nessun materiale potrà essere utilizzato se non sarà stato preventivamente approvato.

Tali conglomerati sono caratterizzati dal fatto che vengono confezionati e posti in opera a temperature inferiori a quelle tradizionali, anche di 40 °C.

### 8.1 CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATI DI BASE TIEPIDO

#### DESCRIZIONE

Lo strato di base è composto da una miscela di aggregati costituita da inerti di diversa natura petrografica, quali pietrischi, graniglie, sabbie ed eventuali additivi, impastati a caldo con bitume previo essiccamento degli aggregati; la stesa verrà effettuata a caldo mediante idonee macchine vibrofinitrici.

#### INERTI

Gli aggregati lapidei, detti più semplicemente inerti, formano lo scheletro degli strati costituenti la sovrastruttura stradale; essi devono essere non gelivi, duri e durevoli, privi di particelle friabili, organiche, argillose, limose soggette a rigonfiamenti.

Devono rispettare quanto definito dalla Direttiva 89/106/CEE recepita con D.P.R. 246/2003 e applicata con Decreto Min. Attività Produttive del 7/4/2004, che definisce per gli aggregati per conglomerati bituminosi l'impiego della norma UNI EN 13043:2004.

*Aggregato grosso:  $d > 2\text{mm}$  e  $D < 40\text{mm}$*

E' costituito da ghiaie naturali, ghiaie frantumate, pietrischetti e graniglie privi di elementi in fase di alterazione, polvere e materiali estranei. Qualunque sia la sua provenienza o natura petrografica, deve soddisfare i seguenti requisiti minimi (Tabella 8.1.1):

**Tabella 8.1.1**

Dimensione massima	40 mm	
Requisiti di granulometria	$G_c 85/20$	UNI EN 13043 prospetto 2
Percentuale di superfici frantumate	$C_{50/30}$	UNI EN 13043 prospetto 9
Resistenza alla frammentazione	$LA_{25}$	UNI EN 13043 prospetto 11
Coefficiente di appiattimento	$Fl_{25}$	UNI EN 13043 prospetto 7
Coefficiente di forma	$Sl_{25}$	UNI EN 13043 prospetto 8
affinità tra aggregato e bitume <sup>1</sup>	$\leq 5$	UNI EN 12697-11:2006 (metodo B)

<sup>1</sup> Nel caso in cui il valore non dovesse soddisfare i requisiti minimi richiesti, sarà necessario l'utilizzo d' idonei attivanti di adesione, nelle modalità e quantità di seguito descritte.

*Aggregato fine:  $D < 2\text{mm}$  e  $d > 0,063\text{mm}$*

L'aggregato fine è costituito prevalentemente da sabbia naturale o di frantumazione, ottenuta da materiali di cava o di fiume e deve soddisfare i seguenti requisiti (Tabella 8.1.2):

**Tabella 8.1.2**

Requisiti di granulometria	$G_F 85$	UNI EN 13043 prospetto 2
Prova dell'equivalente in sabbia	$\geq 70 \%$	UNI EN 933-8:2000

#### Filler

Deve provenire dalla frantumazione di rocce calcaree, oppure essere costituito da cemento, calce idrata, calce idraulica e polvere di roccia asfaltica. In ogni caso qualunque sia la sua natura deve soddisfare i seguenti requisiti (Tabella 8.1.3):

**Tabella 8.1.3**

Passante al setaccio UNI 0,125	$> 85\%$	UNI EN 13043 prospetto 24
Passante al setaccio UNI 0,063	$> 70 \%$	UNI EN 13043 prospetto 24
Punto di rammollimento (Palla e Anello)	$\Delta_{R\&B} 8/25$	UNI EN 13043 prospetto 26

## IMPIEGO DI FRESATO BITUMINOSO

Per la realizzazione del conglomerato, è possibile l'utilizzo di materiale fresato proveniente dalla fresatura dei conglomerati bituminosi di qualsiasi strato, purché siano garantite e rispettate le seguenti condizioni:

- quantità di fresato non superiore al 30% della quantità totale degli aggregati di primo impiego;
- pezzatura massima 30 mm, selezionata tramite frantoio;
- quando la percentuale di fresato eccede il 20% della quantità totale degli aggregati, nella miscela si dovrà aggiungere legante bituminoso di idonea penetrazione, al fine di ottenere un bitume finale (miscela costituita dal bitume nuovo e dal bitume proveniente dal fresato bituminoso) rispondente alle caratteristiche dei bitumi riportati nelle tabelle di cui sotto, secondo l'**Allegato A** della norma **UNI EN 13108-1**. In alternativa si potranno utilizzare additivi ACF (Attivanti Chimici Funzionali - Tabella 8.1.7) rigeneranti dopo previa approvazione da parte della D.L.;
- il conglomerato bituminoso finale dovrà rispondere agli stessi requisiti prestazionali della miscela bituminosa confezionata senza fresato bituminoso.
- L'Impresa esecutrice dovrà necessariamente dichiarare l'utilizzo del fresato bituminoso alla D.L., presentando con congruo anticipo prima dell'inizio dei lavori, lo studio della miscela che intende utilizzare.

## ADDITIVO

Per poter produrre conglomerati a temperature inferiori di circa 40°C rispetto alle temperature tradizionali, dovranno essere utilizzati speciali additivi tipo:

- Additivi inorganici (Zeoliti): tali additivi sono immessi direttamente nel mescolatore dell'impianto di produzione prima dell'aggiunta del bitume. Il dosaggio dell'additivo varia da 0,3% - 0,5% sul peso della miscela di aggregati.
- Additivi tensioattivi (dopes): tali additivi dovranno essere miscelati al bitume prima di essere aggiunti alla miscela di aggregati nel mescolatore dell'impianto di produzione. Il dosaggio dell'additivo varia da 0,4% - 1,0% sul peso del legante bituminoso.

## LEGANTI BITUMINOSI

I leganti bituminosi semisolidi, sono quei bitumi per uso stradale costituiti da bitumi distillati tradizionali e bitumi modificati. La scelta del bitume da utilizzare, viene effettuata dalla D.L., in funzione del tipo di conglomerato, del volume e del tipo di traffico che percorre la strada, delle condizioni ambientali e stagionali.

### Bitumi distillati tradizionali per uso stradale UNI EN 12591:2001:

per il confezionamento del conglomerato bituminoso dovrà essere utilizzato un bitume distillato avente le caratteristiche riportate in Tabella 8.1.4:

**Tabella 8.1.4**

CARATTERISTICHE	normativa	TIPO DI BITUME		
		u.m.	50/70	70/100
Penetrazione a 25° C	UNI EN 1426:2007	mm/10	50/70	70/100
Punto di rammolimento (R&B)	UNI EN 1427:2007	°C	46-54	43-51
Punto di infiammabilità (Cleveland)	UNI EN 22592:1994	°C	230	230
Solubilità	UNI EN 12592:2007	% (m/m)	99	99
Resistenza all'invecchiamento dopo RTFOT		UNI EN 12607-1:2007		
Variazione di massa	UNI EN 12607-1/3:2007	%	± 0,5	± 0,8
Penetrazione residua a 25° C	UNI EN 1426:2007	%	≥ 50	≥ 46
Punto di rammolimento (R&B)	UNI EN 1427:2007	°C	≥ 48	≥ 45

### Attivanti di adesione

Qualora non fossero soddisfatti i requisiti minimi di affinità tra bitume e aggregato (Tabella 8.1.1), per il confezionamento dei conglomerati bituminosi sarà necessario l'utilizzo di un attivante di adesione.

Il dosaggio potrà variare secondo la natura degli aggregati e del tipo d'impiego e sarà compreso tra lo 0,2% e 0,5% sul peso del bitume.

L'attivante deve garantire il mantenimento delle proprie caratteristiche chimiche-fisiche anche dopo stoccaggio prolungato ad elevate temperature.

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume deve essere realizzata con idonee attrezzature, tali da garantirne la perfetta dispersione e l'esatto dosaggio.

#### *Attivanti di rigenerazione*

Nel caso di utilizzo di fresato bituminoso nelle percentuali massime sopra citate, si dovranno seguire le modalità precisate nella UNI EN 13108-1:2006. Diversamente, solo dopo che la D.L. avrà dato esito favorevole, per rigenerare le caratteristiche del bitume invecchiato proveniente dal fresato bituminoso, potranno essere impiegati degli additivi, attivanti chimici funzionali (ACF) che dovranno soddisfare le caratteristiche chimico-fisiche sotto riportate (Tabella 8.1.7):

**Tabella 8.1.7**

CARATTERISTICHE	Normativa	u.m.	valore
Densità a 25 °C	ASTM D – 1298		0,900 - 0,950
Punto di infiammabilità v.a.	ASTM D – 92	°C	200
Viscosità dinamica a 160 °C, $\gamma = 10s^{-1}$	SNV 671908/74	Pa s	0,03 - 0,05
Solubilità in tricloroetilene	ASTM D – 2042	% in peso	99,5
Numero di neutralizzazione	IP 213	Mg/KOH/g	1,5 - 2,5
Contenuto di acqua	ASTM D – 95	% in volume	1
Contenuto di azoto	ASTM D - 3228	% in peso	0,8 - 0,1

Il dosaggio di ACF varia in funzione della percentuale di conglomerato riciclato e delle caratteristiche del bitume in esso contenuto ed è da calcolarsi in funzione della percentuale teorica del bitume nuovo da aggiungere. Indicativamente possono essere utilizzate percentuali variabili tra lo 0,4 e 0,5 in peso sul bitume nuovo aggiunto, per ogni 10% di fresato impiegato.

L'immissione degli attivanti nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

La presenza di ACF sarà determinata svolgendo le prove di caratterizzazione sul bitume recuperato secondo la UNI EN 12697-1:2006 (Miscele bituminose - Metodi di prova per conglomerati bituminosi a caldo - Parte 1: Contenuto di legante solubile) e la UNI EN 12697-3:2005 (Miscele bituminose - Metodi di prova per conglomerati bituminosi a caldo - Parte 3: Recupero del bitume: evaporatore rotante) dal conglomerato bituminoso finale e dovrà soddisfare i parametri riportati nella seguente Tabella 8.1.8:

**Tabella 8.1.8**

CARATTERISTICHE	normativa	TIPO DI BITUME		
		u.m.	50/70	70/100
Penetrazione residua a 25 °C*	UNI EN 1426:2007	mm/10	≥ 25	≥ 35
Punto di rammolimento (R&B)*	UNI EN 1427:2007	°C	≥ 48	≥ 45

#### MISCELA

La miscela per il confezionamento del conglomerato bituminoso per strato di base, deve avere una composizione granulometrica contenuta nei limiti riportati in Tabella 8.1.5. La percentuale di bitume deve essere riferita al peso totale della miscela e compresa nel range sottoindicato (Tabella 8.1.5):

**Tabella 8.1.5**

FUSO	BASE
Serie EN	% di passante
40	100 - 100
31,5	90 - 100
20	68 - 90
16	60 - 84
12,5	52 - 75
10	47 - 69
8	42 - 64
6,3	38 - 58
2	22 - 36
0,500	10 - 20
0,250	7 - 14
0,063	4 - 8
Quantità di bitume riferita al peso della miscela	<b>3,4% - 4,3%</b>

La quantità di bitume, in ogni caso, deve essere tale da conferire al conglomerato le proprietà fisiche-meccaniche sotto riportate (Tabella 8.1.6), rilevate attraverso la prova Marshall, norma UNI EN 12697-34:2007, eseguita su provini costipati secondo la norma UNI EN 12697-30:2007 con una energia di compattazione pari a 75 colpi per faccia (UNI EN 13108-20:2006 Tabella C.1.3):

**Tabella 8.1.6**

<b>REQUISITI DEL CONGLOMERATO</b>						
<b>CARATTERISTICHE</b>	<b>normativa</b>	<b>u.m.</b>	<b>50/70</b>	<b>categoria</b>	<b>70/100</b>	<b>categoria</b>
Stabilità Marshall	UNI EN 12697-34	KN	$\geq 7,5$	$S_{min\ 7,5}$	$\geq 7,5$	$S_{min\ 7,5}$
Rigidezza Marshall	UNI EN 12697-34	KN/mm	$> 2,5$	$Q_{min\ 2,5}$	$> 2,5$	$Q_{min\ 2,5}$
Determinazione delle caratteristiche dei vuoti	UNI EN 12697-8	%	4 - 8	$V_{min4} - V_{max8}$	4 - 8	$V_{min4} - V_{max8}$
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697-12	%	$\geq 80$	$ITSR_{80}$	$\geq 80$	$ITSR_{80}$
<i>Caratteristiche del conglomerato dopo stesa e compattazione</i>						
Massa volumica sulle carote rispetto alla densità Marshall	UNI EN 12697-9	%	$\geq 97$		$\geq 97$	
Determinazione delle caratteristiche dei vuoti	UNI EN 12697-8	%			4 - 10	

L'impresa è tenuta a presentare con congruo anticipo dall'inizio dei lavori lo STUDIO DELLA MISCELA che intende adottare per ogni tipo di conglomerato bituminoso.

#### CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Fare riferimento al Capitolo 8.4.

#### PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI POSA

Fare riferimento al Capitolo 8.5.

#### TRASPORTO E POSA IN OPERA DELLE MISCELE BITUMINOSE

Fare riferimento al Capitolo 8.6.

## 8.2 CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATI DI COLLEGAMENTO (BINDER) TIEPIDO

### DESCRIZIONE

Lo strato di collegamento è composto da una miscela di aggregati costituita da inerti di diversa natura petrografica, quali pietrischetti, graniglie, sabbie ed eventuali additivi, impastati a caldo con bitume previo essiccamento degli aggregati; la stesa verrà effettuata a caldo mediante idonee macchine vibrofinitrici.

### INERTI

Gli aggregati lapidei detti più semplicemente inerti, formano lo scheletro degli strati costituenti la sovrastruttura stradale; essi devono essere non gelivi, duri e durevoli, privi di particelle friabili, organiche, argillose, limose soggette a rigonfiamenti.

Devono rispettare quanto definito dalla Direttiva 89/106/CEE, recepita con D.P.R. 246/2003 e applicata con Decreto Min. Attività Produttive del 7/4/2004, che definisce per gli aggregati per conglomerati bituminosi l'impiego della norma UNI EN 13043:2004.

*Aggregato grosso:  $d > 2\text{mm}$  e  $D < 31,5\text{mm}$*

E' costituito da ghiaie frantumate, pietrischetti e graniglie privi di elementi in fase di alterazione, polvere e materiali estranei. Qualunque sia la sua provenienza o natura petrografica, deve soddisfare i seguenti requisiti minimi (Tabella 8.2.1):

**Tabella 8.2.1**

Dimensione massima	31,5 mm	
Requisiti di granulometria	$G_c 85/20$	UNI EN 13043 prospetto 2
Percentuale di superfici frantumate	$C_{50/10}$	UNI EN 13043 prospetto 9
Resistenza alla frammentazione	$LA_{25}$	UNI EN 13043 prospetto 11
Coefficiente di appiattimento	$Fl_{20}$	UNI EN 13043 prospetto 7
Coefficiente di forma	$Sl_{20}$	UNI EN 13043 prospetto 8
affinità tra aggregato e bitume <sup>1</sup>	$\leq 5$	UNI EN 12697-11:2006 (metodo B)

<sup>1</sup> Nel caso in cui il valore non dovesse soddisfare i requisiti minimi richiesti, sarà necessario l'utilizzo d' idonei attivanti di adesione, nelle modalità e quantità di seguito descritte.

*Aggregato fine:  $D < 2\text{mm}$  e  $d > 0,063\text{mm}$*

L'aggregato fine è costituito prevalentemente da sabbia naturale o di frantumazione ottenuta da materiali di cava o di fiume e deve soddisfare i seguenti requisiti (Tabella 8.2.2):

**Tabella 8.2.2**

Requisiti di granulometria	$G_f 85$	UNI EN 13043 prospetto 2
Prova dell'equivalente in sabbia	$\geq 70 \%$	UNI EN 933-8:2000

### Filler

Deve provenire dalla frantumazione di rocce calcaree, oppure essere costituito da cemento, calce idrata, calce idraulica e polvere di roccia asfaltica. In ogni caso qualunque sia la sua natura deve soddisfare i seguenti requisiti (Tabella 8.2.3):

**Tabella 8.2.3**

Passante al setaccio UNI 0,125	$>85\%$	UNI EN 13043 prospetto 24
Passante al setaccio UNI 0,063	$>70 \%$	UNI EN 13043 prospetto 24
Punto di rammollimento (Palla e Anello)	$\Delta_{R\&B} 8/25$	UNI EN 13043 prospetto 26

### IMPIEGO DI FRESATO BITUMINOSO

Per la realizzazione del conglomerato, è possibile l'utilizzo di materiale fresato proveniente dalla fresatura dei conglomerati bituminosi di qualsiasi strato purché siano garantite e rispettate le seguenti condizioni:

- quantità di fresato non superiore al 30% della quantità totale degli aggregati di primo impiego;
- pezzatura massima 20 mm, selezionata tramite frantoio;
- quando la percentuale di fresato eccede il 20% della quantità totale degli aggregati; nella miscela si dovrà aggiungere legante bituminoso di idonea penetrazione al fine di ottenere un bitume finale (miscela costituita dal bitume nuovo e dal bitume proveniente dal fresato bituminoso) rispondente alle caratteristiche dei bitumi riportati nelle tabelle di cui sotto, secondo

**l'Allegato A** della norma **UNI EN 13108-1**. In alternativa si potranno utilizzare additivi ACF (Attivanti Chimici Funzionali - Tabella 8.2.5) rigeneranti, dopo previa approvazione da parte della D.L.;

- il conglomerato bituminoso finale dovrà rispondere agli stessi requisiti prestazionali della miscela bituminosa confezionata senza fresato bituminoso;
- L'Impresa esecutrice dovrà necessariamente dichiarare l'utilizzo del fresato bituminoso alla D.L., presentando con congruo anticipo prima dell'inizio dei lavori, lo studio della miscela che intende utilizzare.

#### ADDITIVO

Per poter produrre conglomerati a temperature inferiori di circa 40°C rispetto alle temperature tradizionali, dovranno essere utilizzati speciali additivo tipo:

- Additivi inorganici (Zeoliti): tali additivi sono immessi direttamente nel mescolatore dell'impianto di produzione prima dell'aggiunta del bitume. Il dosaggio dell'additivo varia da 0,3% - 0,5% sul peso della miscela di aggregati.
- Additivi tensioattivi (dopes): tali additivi dovranno essere miscelati al bitume prima di essere aggiunti alla miscela di aggregati nel mescolatore dell'impianto di produzione. Il dosaggio dell'additivo varia da 0,4% - 1,0% sul peso del legante bituminoso.

#### LEGANTI BITUMINOSI

I leganti bituminosi semisolidi, sono quei bitumi per uso stradale costituiti da bitumi distillati tradizionali e bitumi modificati. La scelta del bitume da utilizzare, viene effettuata dalla Direzione dei Lavori, in funzione del tipo di conglomerato, del volume e del tipo di traffico che percorre la strada, dalle condizioni ambientali e stagionali.

#### **Bitumi distillati tradizionali per uso stradale UNI EN 12591:2002:**

per il confezionamento del conglomerato bituminoso dovrà essere utilizzato un bitume distillato avente le caratteristiche riportate in Tabella 8.2.4:

**Tabella 8.2.4**

CARATTERISTICHE	normativa	TIPO DI BITUME		
		u.m.	50/70	70/100
Penetrazione a 25° C	UNI EN 1426:2007	mm/10	50/70	70/100
Punto di ramollimento (R&B)	UNI EN 1427:2007	°C	46-54	43-51
Punto di infiammabilità (Cleveland)	UNI EN 22592:1994	°C	230	230
Solubilità	UNI EN 12592:2007	%(m/m)	99	99
<i>Resistenza all'invecchiamento dopo RTFOT</i>		UNI EN 12607-1:2007		
Variazione di massa	UNI EN 12607-1/3:2007	%	± 0,5	± 0,8
Penetrazione residua a 25° C	UNI EN 1426:2007	%	≥ 50	≥ 46
Punto di ramollimento (R&B)	UNI EN 1427:2007	°C	≥ 48	≥ 45

#### *Attivanti di adesione*

Qualora non fossero soddisfatti i requisiti minimi di affinità tra bitume e aggregato (Tabella 8.2.1), per il confezionamento dei conglomerati bituminosi sarà necessario l'utilizzo di un attivante di adesione.

Il dosaggio potrà variare secondo la natura degli aggregati e del tipo d'impiego e sarà compreso tra lo 0,2% e 0,5% sul peso del bitume.

L'attivante deve garantire il mantenimento delle proprie caratteristiche chimiche-fisiche anche dopo stoccaggio prolungato ad elevate temperature.

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume deve essere realizzata con idonee attrezzature, tali da garantirne la perfetta dispersione e l'esatto dosaggio.

#### *Attivanti di rigenerazione*

Nel caso di utilizzo di fresato bituminoso nelle percentuali massime sopra citate, si dovranno seguire le modalità precisate nella UNI EN 13108-1:2006. Diversamente, solo dopo che la D.L. avrà dato esito favorevole, per rigenerare le caratteristiche del bitume invecchiato proveniente dal fresato bituminoso, potranno essere impiegati degli additivi, attivanti chimici funzionali (ACF) che dovranno soddisfare le caratteristiche chimico-fisiche sotto riportate (Tabella 8.2.5):

**Tabella 8.2.5**

CARATTERISTICHE	Normativa	u.m.	valore
Densità a 25°C	ASTM D – 1298		0,900 - 0,950
Punto di infiammabilità v.a.	ASTM D – 92	°C	200
Viscosità dinamica a 160 °C, $\gamma = 10s^{-1}$	SNV 671908/74	Pa s	0,03 - 0,05
Solubilità in tricloroetilene	ASTM D – 2042	% in peso	99,5
Numero di neutralizzazione	IP 213	Mg/KOH/g	1,5 - 2,5
Contenuto di acqua	ASTM D – 95	% in volume	1
Contenuto di azoto	ASTM D - 3228	% in peso	0,8 - 0,1

Il dosaggio di ACF varia in funzione della percentuale di conglomerato riciclato e delle caratteristiche del bitume in esso contenuto ed è da calcolarsi in funzione della percentuale teorica del bitume nuovo da aggiungere. Indicativamente possono essere utilizzate percentuali variabili tra lo 0,4 e 0,5 in peso sul bitume nuovo aggiunto, per ogni 10% di fresato impiegato.

L'immissione degli attivanti nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

La presenza di ACF sarà determinata svolgendo le prove di caratterizzazione sul bitume recuperato, secondo la UNI EN 12697-1:2006 (Miscele bituminose - Metodi di prova per conglomerati bituminosi a caldo - Parte 1: Contenuto di legante solubile) e la UNI EN 12697-3:2005 (Miscele bituminose - Metodi di prova per conglomerati bituminosi a caldo - Parte 3: Recupero del bitume: evaporatore rotante), dal conglomerato bituminoso finale e dovranno soddisfare i parametri riportati nella seguente tabella (Tabella 8.2.6):

**Tabella 8.2.6**

CARATTERISTICHE	normativa	TIPO DI BITUME		
		u.m.	50/70	70/100
Penetrazione residua a 25° C*	UNI EN 1426:2007	mm/10	≥ 25	≥ 35
Punto di rammollimento (R&B)*	UNI EN 1427:2007	°C	≥ 48	≥ 45

#### MISCELA

La miscela per il confezionamento del conglomerato bituminoso per strato di collegamento, deve avere una composizione granulometrica contenuta nei limiti riportati in Tabella 8.2.7. La percentuale di bitume deve essere riferita al peso totale della miscela e compresa nel range sottoindicato (Tabella 8.2.7):

**Tabella 8.2.7**

FUSO	BINDER
Serie EN	% di passante
31,5	100 - 100
20	90 - 100
16	82 - 95
12,5	70 - 87
10	63 - 80
8	57 - 73
6,3	50 - 66
2	27 - 42
0,500	10 - 20
0,250	6 - 13
0,063	3 - 7
Quantità di bitume riferita al peso della miscela	<b>3,85% - 4,75%</b>

La quantità di bitume, in ogni caso, deve essere tale da conferire al conglomerato le proprietà fisiche-meccaniche sotto riportate (Tabella 8.2.8), rilevate attraverso la prova Marshall, norma UNI EN 12697-34:2007, eseguita su provini costipati secondo la norma UNI EN 12697-30:2007 con una energia di compattazione pari a 75 colpi per faccia (UNI EN 13108-20:2006 Tabella C.1.3):

**Tabella 8.2.8**

REQUISITI DEL CONGLOMERATO						
CARATTERISTICHE	normativa	u.m.	50/70	categoria	70/100	categoria
Stabilità Marshall	UNI EN 12697-34	KN	≥ 10	$S_{min\ 10}$	≥ 10	$S_{min\ 10}$
Rigidezza Marshall	UNI EN 12697-34	KN/mm	> 3	$Q_{min\ 3}$	> 3	$Q_{min\ 3}$
Determinazione delle caratteristiche dei vuoti	UNI EN 12697-8	%	4 - 8	$V_{min4} - V_{max8}$	4 - 8	$V_{min4} - V_{max8}$
Sensibilità all'acqua	UN EN 12697-12	%	≥ 80	$ITSR_{80}$	≥ 80	$ITSR_{80}$
Caratteristiche del conglomerato dopo stesa e compattazione						
Massa volumica sulle carote rispetto alla densità Marshall	UNI EN 12697-9	%	≥ 97		≥ 97	
Determinazione delle caratteristiche dei vuoti	UNI EN 12697-8	%	4 - 9			

L'impresa è tenuta a presentare con congruo anticipo dall'inizio dei lavori lo STUDIO DELLA MISCELA che intende adottare per ogni tipo di conglomerato bituminoso.

#### CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Fare riferimento al Capitolo 8.4.

#### PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI POSA

Fare riferimento al Capitolo 8.5.

#### TRASPORTO E POSA IN OPERA DELLE MISCELE BITUMINOSE

Fare riferimento al Capitolo 8.6.



### 8.3 CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATI DI USURA TIEPIDO

#### DESCRIZIONE

Lo strato di usura è composto da una miscela di aggregati costituita da inerti di diversa natura petrografica, quali pietrischetti, graniglie, sabbie ed eventuali additivi, impastati a caldo con bitume previo essiccamento degli aggregati; la stesa verrà effettuata a caldo mediante idonee macchine vibrofinitrici.

#### INERTI

Gli aggregati lapidei detti più semplicemente inerti formano lo scheletro degli strati costituenti la sovrastruttura stradale; essi devono essere non gelivi, duri e durevoli, privi di particelle friabili, organiche, argillose, limose soggette a rigonfiamenti.

Devono rispettare quanto definito dalla Direttiva 89/106/CEE, recepita con D.P.R. 246/2003 e applicata con Decreto Min. Attività Produttive del 7/4/2004, che definisce per gli aggregati per conglomerati bituminosi l'impiego della norma UNI EN 13043:2004.

*Aggregato grosso:  $d > 2\text{mm}$  e  $D < 12,5-10\text{mm}$*

E' costituito da ghiaie frantumate, pietrischetti e graniglie privi di elementi in fase di alterazione, polvere e materiali estranei. Qualunque sia la sua provenienza o natura petrografica, deve soddisfare i seguenti requisiti minimi (Tabella 8.3.1):

**Tabella 8.3.1**

	Usura 0/10	Usura 0/8	
Dimensione massima	12,5 mm	10 mm	
Requisiti di granulometria	$G_c 90/20$	$G_c 90/20$	UNI EN 13043 prospetto 2
Percentuale di superfici frantumate	$C_{100/0}$	$C_{100/0}$	UNI EN 13043 prospetto 9
Resistenza alla frammentazione	$LA_{20}$	$LA_{20}$	UNI EN 13043 prospetto 11
Coefficiente di appiattimento	$F_{l20}$	$F_{l20}$	UNI EN 13043 prospetto 7
Coefficiente di forma	$S_{l15}$	$S_{l15}$	UNI EN 13043 prospetto 8
Determinazione dell'affinità tra aggregato e bitume <sup>1</sup>	$\leq 5$	$\leq 5$	UNI EN 12697-11:2006 (metodo B)

<sup>1</sup> Nel caso in cui il valore non dovesse soddisfare i requisiti minimi richiesti, sarà necessario l'utilizzo d' idonei attivanti di adesione, nelle modalità e quantità di seguito descritte.

*Aggregato fine:  $D < 2\text{mm}$  e  $d > 0,063\text{mm}$*

L'aggregato fine è costituito prevalentemente da sabbia naturale o di frantumazione, ottenuta da materiali di cava o di fiume e deve soddisfare i seguenti requisiti (Tabella 8.3.2):

**Tabella 8.3.2**

Requisiti di granulometria	$G_F 85$	UNI EN 13043 prospetto 2
Prova dell'equivalente in sabbia	$\geq 70 \%$	UNI EN 933-8:2000

#### Filler

Deve provenire dalla frantumazione di rocce calcaree, oppure essere costituito da cemento, calce idrata, calce idraulica e polvere di roccia asphaltica. In ogni caso qualunque sia la sua natura deve soddisfare i seguenti requisiti (Tabella 8.3.3):

**Tabella 8.3.3**

Passante al setaccio UNI 0,125	$> 85\%$	UNI EN 13043 prospetto 24
Passante al setaccio UNI 0,063	$> 70 \%$	UNI EN 13043 prospetto 24
Punto di rammollimento (Palla e Anello)	$\Delta_{R\&B} 8/25$	UNI EN 13043 prospetto 26

#### IMPIEGO DI FRESATO BITUMINOSO

Per la realizzazione del conglomerato, è possibile l'utilizzo di materiale fresato proveniente dalla fresatura dei conglomerati bituminosi di qualsiasi strato purché siano garantite e rispettate le seguenti condizioni:

- quantità di fresato non superiore al 20% della quantità totale degli aggregati di primo impiego;
- pezzatura massima 10 mm, selezionata tramite frantoio;
- quando la percentuale di fresato eccede il 10% della quantità totale degli aggregati; nella miscela si dovrà aggiungere legante bituminoso di idonea penetrazione, al fine di ottenere un

bitume finale (miscela costituita dal bitume nuovo e dal bitume proveniente dal fresato bituminoso) rispondente alle caratteristiche dei bitumi riportati nelle tabelle di cui sotto, secondo l'**Allegato A** della norma **UNI EN 13108-1**. In alternativa si potranno utilizzare additivi ACF (Attivanti Chimici Funzionali - Tabella 8.3.5) rigeneranti, dopo previa approvazione da parte della D.L.;

- il conglomerato bituminoso finale dovrà rispondere agli stessi requisiti prestazionali della miscela bituminosa confezionata senza fresato bituminoso.
- L'Impresa esecutrice dovrà necessariamente dichiarare l'utilizzo del fresato bituminoso alla D.L., presentando con congruo anticipo prima dell'inizio dei lavori, lo studio della miscela che intende utilizzare.

#### ADDITIVO

Per poter produrre conglomerati a temperature inferiori di circa 40°C rispetto alle temperature tradizionali, dovranno essere utilizzati speciali additivo tipo:

- Additivi inorganici (Zeoliti): tali additivi sono immessi direttamente nel mescolatore dell'impianto di produzione prima dell'aggiunta del bitume. Il dosaggio dell'additivo varia da 0,3% - 0,5% sul peso della miscela di aggregati.
- Additivi tensioattivi (dopes): tali additivi dovranno essere miscelati al bitume prima di essere aggiunti alla miscela di aggregati nel mescolatore dell'impianto di produzione. Il dosaggio dell'additivo varia da 0,4% - 1,0% sul peso del legante bituminoso.

#### LEGANTI BITUMINOSI

I leganti bituminosi semisolidi, sono quei bitumi per uso stradale costituiti da bitumi distillati tradizionali e bitumi modificati. La scelta del bitume da utilizzare, viene effettuata dalla D.L., in funzione del tipo di conglomerato, del volume e del tipo di traffico che percorre la strada, delle condizioni ambientali e stagionali.

#### Bitumi distillati tradizionali per uso stradale UNI EN 12591:2002:

per il confezionamento del conglomerato bituminoso dovrà essere utilizzato un bitume distillato avente le caratteristiche riportate in Tabella 8.3.4:

**Tabella 8.3.4**

CARATTERISTICHE	normativa	TIPO DI BITUME		
		u.m.	50/70	70/100
Penetrazione a 25° C	UNI EN 1426:2007	mm/10	50/70	70/100
Punto di ramollimento (R&B)	UNI EN 1427:2007	°C	46-54	43-51
Punto di infiammabilità (Cleveland)	UNI EN 22592:1994	°C	230	230
Solubilità	UNI EN 12592:2007	% (m/m)	99	99
<i>Resistenza all'invecchiamento dopo RTFOT</i>		UNI EN 12607-1:2007		
Variazione di massa	UNI EN 12607-1/3:2007	%	± 0,5	± 0,8
Penetrazione residua a 25° C	UNI EN 1426:2007	%	≥ 50	≥ 46
Punto di ramollimento (R&B)	UNI EN 1427:2007	°C	≥ 48	≥ 45

#### Attivanti di adesione

Qualora non fossero soddisfatti i requisiti minimi di affinità tra bitume e aggregato (Tabella 8.3.1), per il confezionamento dei conglomerati bituminosi sarà necessario l'utilizzo di un attivante di adesione.

Il dosaggio potrà variare secondo la natura degli aggregati e del tipo d'impiego e sarà compreso tra lo 0,2% e 0,5% sul peso del bitume.

L'attivante deve garantire il mantenimento delle proprie caratteristiche chimiche-fisiche anche dopo stoccaggio prolungato ad elevate temperature.

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume deve essere realizzata con idonee attrezzature, tali da garantirne la perfetta dispersione e l'esatto dosaggio.

#### Attivanti di rigenerazione

Nel caso di utilizzo di fresato bituminoso nelle percentuali massime sopra citate, si dovranno seguire le modalità precisate nella UNI EN 13108-1:2006. Diversamente, solo dopo che la D.L. avrà dato esito favorevole, per rigenerare le caratteristiche del bitume invecchiato proveniente dal fresato bituminoso, potranno essere impiegati degli additivi, attivanti chimici funzionali (ACF) che dovranno soddisfare le caratteristiche chimico-fisiche sotto riportate (Tabella 8.3.5):

Tabella 8.3.5

CARATTERISTICHE	Normativa	u.m.	valore
Densità a 25 °C	ASTM D – 1298		0,900 - 0,950
Punto di infiammabilità v.a.	ASTM D – 92	°C	200
Viscosità dinamica a 160 °C, $\gamma = 10s^{-1}$	SNV 671908/74	Pa s	0,03 - 0,05
Solubilità in tricloroetilene	ASTM D – 2042	% in peso	99,5
Numero di neutralizzazione	IP 213	Mg/KOH/g	1,5 - 2,5
Contenuto di acqua	ASTM D – 95	% in volume	1
Contenuto di azoto	ASTM D - 3228	% in peso	0,8 - 0,1

Il dosaggio di ACF varia in funzione della percentuale di conglomerato riciclato e delle caratteristiche del bitume in esso contenuto ed è da calcolarsi in funzione della percentuale teorica del bitume nuovo da aggiungere. Indicativamente possono essere utilizzate percentuali variabili tra lo 0,4 e 0,5 in peso sul bitume nuovo aggiunto, per ogni 10% di fresato impiegato.

L'immissione degli attivanti nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

La presenza di ACF sarà determinata svolgendo le prove di caratterizzazione sul bitume recuperato, secondo la UNI EN 12697-1:2006 (Miscele bituminose - Metodi di prova per conglomerati bituminosi a caldo - Parte 1: Contenuto di legante solubile) e la UNI EN 12697-3:2005 (Miscele bituminose - Metodi di prova per conglomerati bituminosi a caldo - Parte 3: Recupero del bitume: evaporatore rotante), dal conglomerato bituminoso finale e dovranno soddisfare i parametri riportati nella seguente Tabella 8.3.6:

Tabella 8.3.6

CARATTERISTICHE	normativa	TIPO DI BITUME		
		u.m.	50/70	70/100
Penetrazione residua a 25 °C*	UNI EN 1426:2007	mm/10	≥ 25	≥ 35
Punto di ramollimento (R&B)*	UNI EN 1427:2007	°C	≥ 48	≥ 45

#### MISCELA

La miscela per il confezionamento del conglomerato bituminoso per strato d'usura, deve avere una composizione granulometrica contenuta nei limiti riportati in Tabella 8.3.7. La percentuale di bitume deve essere riferita al peso totale della miscela e compresa nel range sottoindicato (Tabella 8.3.7):

Tabella 8.3.7

FUSO	USURA 0/10	USURA 0/8
Serie EN	% di passante	% di passante
12,5	100 - 100	100 - 100
10	95 - 100	100 - 100
8	82 - 100	90 - 100
6,3	70 - 88	80 - 95
4	53 - 70	62 - 78
2	35 - 50	42 - 58
1	23 - 35	28 - 42
0,500	13 - 23	17 - 28
0,250	7 - 15	8 - 18
0,125	4 - 10	5 - 13
0,063	3 - 8	4 - 10
Quantità di bitume riferita al peso della miscela	4,85% - 6,0%	4,85% - 6,2%

La quantità di bitume, in ogni caso, deve essere tale da conferire al conglomerato le proprietà fisiche-meccaniche sotto riportate (Tabella 8.3.8), rilevate attraverso la prova Marshall, norma UNI EN 12697-34:2007, eseguita su provini costipati secondo la norma UNI EN 12697-30:2007 con una energia di compattazione pari a 75 colpi per faccia (UNI EN 13108-20:2006 Tabella C.1.3):

**Tabella 8.3.8**

<b>REQUISITI DEL CONGLOMERATO</b>						
<b>CARATTERISTICHE</b>	<b>normativa</b>	<b>u.m.</b>	<b>50/70</b>	<b>categoria</b>	<b>70/100</b>	<b>categoria</b>
Stabilità Marshall	UNI EN 12697-34	KN	$\geq 12,50$	$S_{\min 12,5}$	$\geq 12,00$	$S_{\min 10}$
Rigidezza Marshall	UNI EN 12697-34	KN/mm	$> 3$	$Q_{\min 3}$	$> 3$	$Q_{\min 3}$
Determinazione delle caratteristiche dei vuoti	UNI EN 12697-8	%	3 - 6	$V_{\min 3} - V_{\max 6}$	3 - 6	$V_{\min 3} - V_{\max 6}$
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697-12	%	$\geq 80$	$ITSR_{80}$	$\geq 80$	$ITSR_{80}$
<i>Caratteristiche del conglomerato dopo stesa e compattazione</i>						
Massa volumica sulle carote rispetto alla densità Marshall	UNI EN 12697-9	%	$\geq 97$		$\geq 97$	
Determinazione delle caratteristiche dei vuoti	EN 12697-8	%	3 - 7			

L'impresa è tenuta a presentare con congruo anticipo dall'inizio dei lavori lo STUDIO DELLA MISCELA che intende adottare per ogni tipo di conglomerato bituminoso.

#### CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Fare riferimento al Capitolo 8.4.

#### PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI POSA

Fare riferimento al Capitolo 8.5.

#### TRASPORTO E POSA IN OPERA DELLE MISCELE BITUMINOSE

Fare riferimento al Capitolo 8.6.

## 8.4 CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Il conglomerato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purchè il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

L'umidità del conglomerato riciclato prima del riscaldamento deve essere comunque inferiore al 4%. Nel caso di valori superiori l'impiego del riciclato deve essere sospeso.

Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto e della tipologia di miscela, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante.

La temperatura della miscela bituminosa all'uscita del mescolatore deve essere compresa tra 100 °C e 125° C e quella del legante tra 150° C e 170° C, in rapporto al tipo di bitume impiegato. Temperature differenti potranno essere accettate nel caso venga utilizzato bitume modificato.

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

## 8.5 PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI POSA

Prima di poter effettuare la stesa di uno strato di conglomerato bituminoso, è necessaria l'applicazione, con dosaggi opportuni, di emulsioni bituminose aventi specifiche caratteristiche. A seconda che lo strato di supporto sia in misto granulare, oppure in conglomerato bituminoso, la lavorazione prenderà rispettivamente il nome di mano d' ancoraggio e mano d'attacco.

Per mano d'ancoraggio si intende un' emulsione bituminosa a media o lenta rottura e bassa viscosità, applicata sopra uno strato in misto granulare prima della realizzazione di uno strato in conglomerato bituminoso. Scopo di tale lavorazione, è quello di riempire i vuoti dello strato non legato irrigidendone la parte superficiale, fornendo al contempo una migliore adesione per l'ancoraggio del successivo strato in conglomerato bituminoso.

Per mano d'attacco si intende un'emulsione bituminosa a rottura media o rapida, applicata sopra uno strato di conglomerato bituminoso prima di realizzarne uno nuovo; lo scopo è di aumentare l'adesione tra i due strati sfavorendo i possibili scorrimenti.

L'emulsione dovrà rispondere ai seguenti requisiti di accettazione:

CARATTERISTICHE	normativa	u.m.	valori
Polarità	UN EN 1430	-	Cationica
Contenuto di bitume + flussante	UNI EN 1431	% peso	55 +/- 2
Contenuto d'acqua	UNI EN 1428	% peso	45 +/-2
Contenuto di flussante	UNI EN 1431	% peso	< 3
Viscosità Engler a 20 °C	UNI EN 12486	°E	5 – 10
Tendenza alla sedimentazione a 7gg	UNI EN 12487	% peso	< 10
<b>Residuo bituminoso</b>			
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1429	mm/10	70-220

La quantità di emulsione da utilizzare è così stabilita:

- mano di ancoraggio 1,0 kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo;
- mano di attacco 0,35 kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo.

## 8.6 TRASPORTO E POSA IN OPERA DELLE MISCELE BITUMINOSE

Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa deve avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci e comunque sempre dotati di telone di copertura per evitare i raffreddamenti superficiali eccessivi e formazione di crostoni.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa controllata immediatamente dietro la finitrice deve risultare in ogni momento non superiore a 125° C e non inferiore ai 90° C.

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

La posa in opera dei conglomerati bituminosi verrà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

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

Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente.

Qualora ciò non sia possibile il bordo della striscia già realizzata deve essere spalmato con emulsione bituminosa cationica per assicurare la saldatura della striscia successiva.

Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

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

La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno 20 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

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

La compattazione dei conglomerati deve iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento deve essere realizzato con mezzi adeguati con ruote metalliche vibranti e/o gomma, di idoneo peso e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

Per lo strato di usura può essere utilizzato un rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 15t.

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

La superficie degli strati deve presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni.

Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

La miscela bituminosa dello strato di base verrà stesa dopo che sia stata accertata dalla D.L. la rispondenza della fondazione ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

Prima della stesa del conglomerato bituminoso su strati di fondazione in misto cementato deve essere rimossa, per garantirne l'ancoraggio, la sabbia eventualmente non trattenuta dall'emulsione stesa precedentemente a protezione del misto cementato stesso. Nel caso di stesa in doppio strato essi devono essere sovrapposti nel più breve tempo possibile. Qualora la seconda stesa non sia realizzata entro le 24 ore successive tra i due strati deve essere interposta una mano di attacco di emulsione bituminosa in ragione di 0,3 Kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo.

La miscela bituminosa del binder e del tappeto di usura verrà stesa sul piano finito dello strato sottostante dopo che sia stata accertata dalla D.L. la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

## 9 CONGLOMERATO BITUMINOSO SEMIAPERTO DA STENDERE A FREDDO

### DESCRIZIONE

L'asfalto a freddo deve essere utilizzato per la manutenzione straordinaria delle strade e in particolar modo in caso di emergenza, come ad esempio, quando nella pavimentazione stradale vengono a formarsi ridotti avvallamenti, buche causate dalla disgregazione e distacco degli inerti, e in tutti quei casi che sia necessaria una messa in sicurezza della strada viabile e non sia possibile l'impiego immediato di conglomerato bituminoso tradizionale a caldo.

### INERTI

Gli aggregati lapidei, detti più semplicemente inerti, formano lo scheletro degli strati costituenti la sovrastruttura stradale; essi devono essere non gelivi, duri e durevoli, privi di particelle friabili, organiche, argillose, limose soggette a rigonfiamenti.

Devono rispettare quanto definito dalla Direttiva 89/106/CEE, recepita con D.P.R. 246/2003 e applicata con Decreto Min. Attività Produttive del 7/4/2004, che definisce per gli aggregati per conglomerati bituminosi l'impiego della norma UNI EN 13043:2004.

#### *Aggregato grosso: $d > 2\text{mm}$ e $D < 12,5\text{--}10\text{mm}$*

E' costituito da ghiaie frantumate, pietrischetti e graniglie privi di elementi in fase di alterazione, polvere e materiali estranei. Qualunque sia la sua provenienza o natura petrografica, deve soddisfare i seguenti requisiti minimi (Tabella 9.1):

Tabella 9.1			
	Usura 0/10	Usura 0/6	
Dimensione massima	12,5 mm	10 mm	
Requisiti di granulometria	$G_c 90/20$	$G_c 90/20$	UNI EN 13043 prospetto 2
Percentuale di superfici frantumate	$C_{100/0}$	$C_{100/0}$	UNI EN 13043 prospetto 9
Resistenza alla frammentazione	$LA_{25}$	$LA_{25}$	UNI EN 13043 prospetto 11
Coefficiente di appiattimento	$Fl_{20}$	$Fl_{20}$	UNI EN 13043 prospetto 7
Coefficiente di forma	$Sl_{15}$	$Sl_{15}$	UNI EN 13043 prospetto 8
affinità tra aggregato e bitume <sup>1</sup>	$\leq 3$	$\leq 3$	UNI EN 12697-11:2006 (metodo B)

<sup>1</sup> Nel caso in cui il valore non dovesse soddisfare i requisiti minimi richiesti, sarà necessario l'utilizzo d' idonei attivanti di adesione, nelle modalità e quantità di seguito descritte.

#### *Aggregato fine: $D < 2\text{mm}$ e $d > 0,063\text{mm}$*

L'aggregato fine è costituito prevalentemente da sabbia naturale o di frantumazione, ottenuta da materiali di cava o di fiume e deve soddisfare i seguenti requisiti (Tabella 9.2):

Tabella 9.2		
Requisiti di granulometria	$G_F 85$	UNI EN 13043 prospetto 2
Prova dell'equivalente in sabbia	$\geq 70 \%$	UNI EN 933-8:2000

### Filler

Deve provenire dalla frantumazione di rocce calcaree, oppure essere costituito da cemento, calce idrata, calce idraulica e polvere di roccia asfaltica. In ogni caso qualunque sia la sua natura deve soddisfare i seguenti requisiti (Tabella 9.3):

Tabella 9.3		
Passante al setaccio UNI 0,125	$> 85\%$	UNI EN 13043 prospetto 24
Passante al setaccio UNI 0,063	$> 70 \%$	UNI EN 13043 prospetto 24
Punto di rammollimento (Palla e Anello)	$\Delta_{R\&B} 8/25$	UNI EN 13043 prospetto 26

### LEGANTI BITUMINOSI

I leganti bituminosi semisolidi, sono quei bitumi per uso stradale costituiti da bitumi distillati tradizionali e bitumi modificati. La scelta del bitume da utilizzare, viene effettuata dalla D.L., in funzione del tipo di conglomerato, del volume e del tipo di traffico che percorre la strada, delle condizioni ambientali e stagionali.

## Bitumi distillati tradizionali per uso stradale UNI EN 12591:2002:

per il confezionamento del conglomerato bituminoso dovrà essere utilizzato un bitume distillato avente le caratteristiche riportate in Tabella 9.4:

**Tabella 9.4**

CARATTERISTICHE	normativa	TIPO DI BITUME		
		u.m.	50/70	70/100
Penetrazione a 25° C	UNI EN 1426:2007	mm/10	50/70	70/100
Punto di ramollimento (R&B)	UNI EN 1427:2007	°C	46-54	43-51
Punto di infiammabilità (Cleveland)	UNI EN 22592:1994	°C	230	230
Solubilità	UNI EN 12592:2007	% (m/m)	99	99
<i>Resistenza all'invecchiamento dopo RTFOT</i>		UNI EN 12607-1:2007		
Variazione di massa	UNI EN 12607-1/3:2007	%	± 0,5	± 0,8
Penetrazione residua a 25° C	UNI EN 1426:2007	%	≥ 50	≥ 46
Punto di ramollimento (R&B)	UNI EN 1427:2007	°C	≥ 48	≥ 45

### Attivanti di adesione

Qualora non fossero soddisfatti i requisiti minimi di affinità tra bitume e aggregato (Tabella 9.1), per il confezionamento dei conglomerati bituminosi sarà necessario l'utilizzo di un attivante di adesione.

Il dosaggio potrà variare secondo la natura degli aggregati e del tipo d'impiego e sarà compreso tra lo 0,2% e 0,5% sul peso del bitume. L'attivante deve garantire il mantenimento delle proprie caratteristiche chimiche-fisiche anche dopo stoccaggio prolungato ad elevate temperature. L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume deve essere realizzata con idonee attrezzature, tali da garantirne la perfetta dispersione e l'esatto dosaggio.

### MISCELA

La miscela per il confezionamento del conglomerato bituminoso per strato d'usura, deve avere una composizione granulometrica contenuta nei limiti riportati in Tabella 9.5. La percentuale di bitume deve essere riferita al peso totale della miscela e compresa nel range sottoindicato (Tabella 9.5):

**Tabella 9.5**

FUSO	Conglomerato a freddo
Serie EN	% di passante
8	100 - 100
6,3	80 - 100
4	35 - 80
2	5 - 50
0,500	0 - 15
0,125	0 - 7
0,063	0 - 6
Quantità di bitume riferita al peso della miscela	3,8% -5,3%

## 9.1 PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI POSA

Prima di applicare il conglomerato bituminoso a freddo, è necessario che la buca o l'area da riparare, venga risagomata provvedendo anche all'asportazione delle parti di conglomerato che risultino incoerenti. La buca dovrà essere pulita asportando eventuali inerti disgregati, acqua o oggetti estranei.

Sarà necessaria l'applicazione, di una mano di attacco con dosaggi opportuni a seconda del tipo di intervento. Per mano d'attacco si intende un' emulsione bituminosa a rapida rottura, applicata sul fondo e sulle pareti laterali della buca.

L'emulsione dovrà rispondere ai requisiti di accettazione riportati nella seguente Tabella 9.1.1:



**Tabella 9.1.1**

<b>CARATTERISTICHE</b>	<b>normativa</b>	<b>u.m.</b>	<b>valori</b>
Polarità	UN EN 1430	-	Cationica
Contenuto di bitume + flussante	UNI EN 1431	% peso	55 +/- 2
Contenuto d'acqua	UNI EN 1428	% peso	45 +/-2
Contenuto di flussante	UNI EN 1431	% peso	< 3
Viscosità Engler a 20 °C	UNI EN 12486	°E	5 – 10
Tendenza alla sedimentazione a 7gg	UNI EN 12487	% peso	< 10
<b>Residuo bituminoso</b>			
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1429	mm/10	70-220

La quantità di emulsione da utilizzare è così stabilita:

- mano di attacco 0,35 kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo.

## 9.2 TRASPORTO E POSA IN OPERA DELLE MISCELE BITUMINOSE

Il trasporto del conglomerato a freddo dall'impianto di confezione o area di stoccaggio al cantiere di utilizzo deve avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci e comunque sempre dotati di telo di copertura.

La temperatura del conglomerato bituminoso a freddo dovrà essere quella ambiente.

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

La posa in opera dei conglomerati bituminosi a freddo verrà effettuata manualmente stendendo la quantità necessaria nella buca o sulla superficie da riparare.

Nella stesa dovrà essere posta la massima attenzione a posare la quantità corretta di conglomerato bituminoso a freddo. Materiale in eccesso dovrà essere prontamente asportato.

Si dovrà provvedere alla cilindatura del conglomerato steso, impiegando la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto.

L'impresa dovrà provvedere a cospargere superficialmente al conglomerato bituminoso a freddo steso del filler (cemento, calce idrata, carbonato di calcio, filler di recupero, ecc.) nella quantità sufficiente da asciugare superficialmente il conglomerato ed evitare che gli inerti bitumati si attacchino alle ruote degli automezzi stradali.

## 10 ASFALTO COLATO (UNI EN 13108-6)

### DESCRIZIONE

Miscela bituminosa caratterizzata dalla totale assenza di vuoti e dall'elevate percentuali di filler e bitume a costituire un mastice.

Di norma viene utilizzata per la realizzazione della finitura superficiale dei marciapiedi o analoghe aree pedonali.

### INERTI

Gli aggregati lapidei, detti più semplicemente inerti, formano lo scheletro degli strati costituenti la sovrastruttura stradale; essi devono essere non gelivi, duri e durevoli, privi di particelle friabili, organiche, argillose, limose soggette a rigonfiamenti.

Devono rispettare quanto definito dalla Direttiva 89/106/CEE, recepita con D.P.R. 246/2003 e applicata con D. M. Attività Produttive del 7/4/2004, che definisce per gli aggregati per conglomerati bituminosi l'impiego della norma UNI EN 13043:2004.

#### *Aggregato grosso: $d > 2\text{mm}$ e $D < 12,5\text{mm}$*

E' costituito da ghiaie frantumate, pietrischetti e graniglie privi di elementi in fase di alterazione, polvere e materiali estranei. Qualunque sia la sua provenienza o natura petrografica, deve soddisfare i seguenti requisiti minimi (Tabella 10.1):

**Tabella 10.1**

Dimensione massima	12,5 mm	
Requisiti di granulometria	$G_C 85/20$	UNI EN 13043 prospetto 2
Percentuale di superfici frantumate	$C_{50/10}$	UNI EN 13043 prospetto 9
Resistenza alla frammentazione	$LA_{25}$	UNI EN 13043 prospetto 11
Assorbimento d'acqua	$WA_{24} 1$	UNI EN 13043 prospetto 17

#### *Aggregato fine: $D < 2\text{mm}$ e $d > 0,063\text{mm}$*

L'aggregato fine è costituito prevalentemente da sabbia naturale o di frantumazione, ottenuta da materiali di cava o di fiume e deve soddisfare i seguenti requisiti (Tabella 10.2):

**Tabella 10.2**

Requisiti di granulometria	$G_F 85$	UNI EN 13043 prospetto 2
Prova dell'equivalente in sabbia	$\geq 70 \%$	UNI EN 933-8

### *Filler*

Deve provenire dalla frantumazione di rocce calcaree, polvere di roccia asphaltica. In ogni caso qualunque sia la sua natura deve soddisfare i seguenti requisiti (Tabella 10.3):

**Tabella 10.3**

Passante al setaccio UNI 0,125	$> 85\%$	EN 13043 prospetto 24
Passante al setaccio UNI 0,063	$> 70 \%$	EN 13043 prospetto 24
Punto di rammollimento (Palla e Anello)	$\Delta_{R\&B} 8/25$	EN 13043 prospetto 26

### LEGANTI BITUMINOSI

I leganti bituminosi semisolidi, sono quei bitumi per uso stradale costituiti da bitumi distillati tradizionali.

#### **Bitumi per applicazioni stradali UNI EN 12591 (Tabella 10.4):**

**Tabella 10.4**

CARATTERISTICHE	normativa	TIPO DI BITUME			
		u.m.	20 - 30	30 - 45	35 - 50
Penetrazione a 25° C	EN 1426	mm/10	20 - 30	30 - 45	35 - 50
Punto di ramollimento (R&B)	EN 1427	°C	55 - 63	52 - 60	50 - 58
Punto di infiammabilità (Cleveland)	EN 22592	°C	240	240	240
Solubilità	EN 12592	% (m/m)	99	99	99
<i>Resistenza all'invecchiamento dopo RTFOT</i>		UNI EN 12607-1			
Variazione di massa	EN 12607-1	%	± 0,5	± 0,5	± 0,5
Penetrazione residua a 25° C	EN 1426	%	≥ 55	≥ 53	≥ 53
Punto di ramollimento (R&B)	EN 1427	°C	≥ 57	≥ 54	≥ 52

### MISCELA

La miscela per il confezionamento del conglomerato bituminoso, deve avere una composizione granulometrica contenuta nei limiti riportati in tabella e una percentuale di bitume riferita al peso totale della miscela compresa nel range sotto indicato (Tabella 10.5):

**Tabella 10.5**

FUSO	D = 4 mm	D = 6,3 mm	D = 8 mm
Serie EN	% di passante	% di passante	% di passante
10,0	100	100	100
8,0	100	100	90 - 100
6,3	100	90 - 100	80 - 95
4,0	90 - 100	70 - 90	60 - 85
2,0	50 - 80	45 - 70	40 - 70
0,500	30 - 58	35 - 55	30 - 55
0,250	25 - 50	30 - 50	27 - 50
0,063	20 - 45	20 - 40	20 - 40
<i>Quantità di bitume riferita al peso della miscela</i>	<b>9,0% - 14,5%</b>	<b>8,5% - 13,5%</b>	<b>8,0% - 13,5%</b>

La quantità di bitume, in ogni caso, deve essere tale da conferire al conglomerato le proprietà fisiche-meccaniche sotto riportate (Tabella 10.6), rilevate attraverso la prova d'impronta con cubi o provini Marshall eseguita alla temperatura di 40 °C, secondo la norma UNI EN 12697-20:

**Tabella 10.6**

REQUISITI DEL CONGLOMERATO				
CARATTERISTICHE	normativa	u.m.	valore	categoria
Prova d'impronta con cubi o provini Marshall - minimo - 40 °C <sup>(1)</sup>	EN 12697 - 20	mm	2,0	$I_{\min}$ 2,0
Prova d'impronta con cubi o provini Marshall - massimo - 40 °C <sup>(1)</sup>	EN 12697 - 20	mm	10,0	$I_{\max}$ 10,0

<sup>(1)</sup> I provini devono essere preparati in accordo con le norme UN EN 12697-20 e UNI EN 13108-6

### CONFEZIONAMENTO E TRASPORTO DELLE MISCELE

La miscela di asfalto colato deve essere confezionato mediante idonei impianti fissi o mobili automatizzati in grado di garantire il corretto dosaggio di ogni componente, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La miscela di aggregati dovrà essere essiccata e riscaldata senza applicare surriscaldare localmente i singoli aggregati.

La preparazione della miscela bituminosa potrà essere eseguita presso un impianto di produzione fisso, costituito da alimentatori di aggregati, forno essiccatore ed un mescolatore meccanico, oppure direttamente alimentando i vari componenti in un impianto mobile costituito da una idonea caldaia munita di mescolatore meccanico di tipo approvato dalla D.L., in modo tale da poter garantire la produzione di una miscela bituminosa perfettamente omogenea.

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio.

La temperatura della miscela bituminosa all'atto del confezionamento dovrà essere compresa nei seguenti limiti (Tabella 10.7):

<b>Tabella 10.7</b>	
<b>Bitume [mm/10]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
20 - 30	210 - 250
30 - 45	200 - 240
35 - 45	200 - 240

Qualora la D.L. dovesse autorizzare l'utilizzo di leganti bituminosi modificati oppure ossidati le temperature di confezionamento potranno essere differenti.

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

Il trasporto dell'asfalto colato dovrà avvenire mediante impianto mobile costituito da una idonea caldaia munita di mescolatore meccanico di tipo approvato dalla D.L., in modo tale da poter garantire la produzione di una miscela bituminosa perfettamente omogenea.

#### PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI POSA

Prima di poter effettuare la stesa di uno strato di asfalto colato la superficie di appoggio dovrà essere completamente ricoperta con uno strato di sabbia perfettamente asciutta e rispondente alle caratteristiche riportate in Tabella 10.8:

<b>Tabella 10.8</b>		
Requisiti di granulometria - $D \leq 2 \text{ mm}$	$G_{\text{F}} 85$	UNI EN 13043 prospetto 2
Prova dell'equivalente in sabbia	$\geq 70 \%$	UNI EN 933-8:2000

#### POSA IN OPERA DELLE MISCELE

La miscela bituminosa dovrà essere applicata in un unico strato, manualmente a mezzo di apposite spatole in legno. La temperatura dell'asfalto colato al momento della stesa non dovrà essere inferiore ai 160°C.

Immediatamente dopo la stesa, l'intera superficie della pavimentazione bituminosa potrà essere cosparsa con pietrisco frantumato fine avente pezzatura compresa tra 1,0 mm – 3,0 mm, che dovrà essere perfettamente pulito ed asciutto. La natura petrografica e la tipologia del pietrisco sarà a discrezione della D.L.

## 11 CONGLOMERATO NATURALE CON UTILIZZO DI LEGANTI SINTETICI CHIARI

### DESCRIZIONE

Il conglomerato naturale viene impiegato in quelle aree come, piazze, aree pedonali, marciapiedi, giardini pubblici, ecc., dove è richiesto un basso impatto ambientale e nello stesso tempo un materiale con prestazioni paritetiche a quelle dei conglomerati bituminosi tradizionali.

E' un conglomerato confezionato a caldo, costituito da una miscela di aggregati e legante con composizione variabile a seconda dell'aspetto cromatico che si intende ottenere.

La stesa verrà effettuata a caldo mediante una tradizionale macchina vibrofinitrice, previa applicazione di mano d'attacco a base di emulsione ottenuta da un legante sintetico chiaro.

### INERTI

Gli aggregati lapidei detti più semplicemente inerti formano lo scheletro degli strati costituenti la sovrastruttura stradale; essi devono essere non gelivi, duri e durevoli, privi di particelle friabili, organiche, argillose, limose soggette a rigonfiamenti.

Devono rispettare quanto definito dalla Direttiva 89/106/CEE, recepita con D.P.R. 246/2003 e applicata con Decreto Min. Attività Produttive del 7/4/2004, che definisce per gli aggregati per conglomerati bituminosi l'impiego della norma UNI EN 13043:2004.

#### *Aggregato grosso: $d > 2\text{mm}$ e $D < 16\text{mm}$*

E' costituito da ghiaie naturali o frantumate, pietrischetti e graniglie, privi di elementi in fase di alterazione, polvere e materiali estranei. Qualunque sia la sua provenienza o natura petrografica, deve soddisfare i seguenti requisiti minimi (Tabella 11.1):

**Tabella 11.1**

Requisiti di granulometria	$G_c 90/20$	UNI EN 13043 prospetto 2
Percentuale di superfici frantumate	$C_{50/10}$	UNI EN 13043 prospetto 9
Resistenza alla frammentazione	$LA_{25}$	UNI EN 13043 prospetto 11
Coefficiente di appiattimento	$Fl_{20}$	UNI EN 13043 prospetto 7
Coefficiente di forma	$Sl_{15}$	UNI EN 13043 prospetto 8

#### *Aggregato fine: $D < 2\text{mm}$ e $d > 0,063\text{mm}$*

L'aggregato fine è costituito prevalentemente da sabbia proveniente dalla frantumazione dell'aggregato grosso e deve soddisfare i seguenti requisiti (Tabella 11.2):

**Tabella 11.2**

Requisiti di granulometria	$G_f 85$	UNI EN 13043 prospetto 2
Prova dell'equivalente in sabbia	$\geq 70\%$	UNI EN 933-8

### Filler

Deve provenire esclusivamente dalla frantumazione di rocce calcaree pure, essere di colore bianco e in ogni caso soddisfare i seguenti requisiti (Tabella 11.3):

**Tabella 8.3**

CARATTERISTICHE	valore	norma
Composizione chimica - $\text{CaCO}_3$	$\geq 99\%$	\
Punto di bianco con filtro verde	$\geq 93$	\
Durezza Mohs	$\geq 2,5$	\
Passante al setaccio UNI 0,125	$> 85\%$	UNI EN 13043 prospetto 24
Passante al setaccio UNI 0,063	$> 70\%$	UNI EN 13043 prospetto 24
Punto di rammollimento (R&B)	$\Delta_{R\&B} 8/25$	UNI EN 13043 prospetto 26

## LEGANTI SINTETICI CHIARI

I leganti sintetici chiari sono quei leganti aventi caratteristiche simili ai leganti bituminosi tradizionali. La scelta del legante sintetico chiaro da utilizzare, viene effettuata dalla D.L. in funzione del tipo di conglomerato, del tipo di traffico che percorre la strada, delle condizioni ambientali e stagionali (Tabella 11.4).

**Tabella 11.4**

CARATTERISTICHE	normativa	TIPO DI LEGANTE SINTETICO		
		u.m.	50/70	25/35
Penetrazione a 25° C	UNI EN 1426:2007	mm/10	50 - 70	25 - 35
Punto di rammollimento (R&B)	UNI EN 1427: 2007	°C	51 - 57	55 - 62
Punto di infiammabilità (Cleveland)	UNI EN 22592:1994	°C	≥ 230	≥ 230
<i>Resistenza all'invecchiamento dopo RTFOT</i>		UNI EN 12607-1:2007		
Variazione di massa	UNI EN 12607-1:2007	%	< 1,0	< 1,0

Potranno essere utilizzati anche leganti sintetici chiari costituiti da due differenti fasi, una solida e una liquida.

La fase solida andrà aggiunta direttamente nel mescolatore dell'impianto di produzione dopo lo scarico degli aggregati caldi e dovrà miscelarsi per non meno di 20 secondi, dopodiché sarà aggiunta la fase liquida e la miscelazione dovrà essere prolungata per almeno altri 30-40 secondi. Ad ogni modo il legante sintetico finale, costituito dalla miscela del componente solido più il componente liquido dovrà soddisfare i parametri riportati nella seguente Tabella 11.5:

**Tabella 11.5**

CARATTERISTICHE	normativa	TIPO DI LEGANTE SINTETICO	
		u.m.	55/75
Penetrazione a 25° C	UNI EN 1426:2007	mm/10	50 - 70
Punto di rammollimento (R&B)	UNI EN 1427: 2007	°C	55 - 65
Viscosità dinamica a 160 °C (Pa s)	EN 13702-2	Pa*s	0,20 – 0,60

#### MISCELA

La miscela di inerti da utilizzare per il confezionamento del conglomerato naturale dovrà essere stabilita mediante lo svolgimento di uno specifico studio di laboratorio, dopo aver individuato la natura petrografica dell'aggregato che si intende utilizzare.

La percentuale di legante sintetico chiaro sarà dedotta da suddetto studio.

Le caratteristiche prestazionali del conglomerato naturale dovranno essere dichiarate con congruo anticipo dall'inizio dei lavori dall'Impresa esecutrice e tali valori dovranno essere accettati dalla D.L.

I parametri che l'impresa esecutrice dovrà presentare alla D.L., sono quelli riportati nella seguente Tabella 11.6:

**Tabella 11.6**

REQUISITI DEL CONGLOMERATO			
CARATTERISTICHE	normativa	u.m.	
Stabilità Marshall	UNI EN 12697-34	KN	Come da Studio approvato dalla D.L.
Rigidità Marshall	UNI EN 12697-34	KN/mm	Come da Studio approvato dalla D.L.
Determinazione delle caratteristiche dei vuoti	UNI EN 12697-8	%	Come da Studio approvato dalla D.L.

## 12 RICICLAGGIO A FREDDO IN SITO DI PAVIMENTAZIONI ESISTENTI

Il processo di rigenerazione in sito, di una pavimentazione esistente, per la realizzazione di uno strato di sotto-base o di uno strato di base, deve avvenire per mezzo di idonee macchine riciclatrici, in grado di fresare e miscelare l'esistente pacchetto bituminoso e/o parte della fondazione sottostante. L'operazione di miscelazione, seguita subito dalla compattazione, deve consentire una perfetta omogeneizzazione della miscela, composta dalla pavimentazione esistente, bitume schiumato o emulsione bituminosa, acqua e cemento.

### 12.1 RICICLAGGIO A FREDDO IN SITO CON L'UTILIZZO DI BITUME SCHIUMATO O EMULSIONE BITUMINOSA

#### DESCRIZIONE

La rigenerazione in sito viene realizzata mediante idonee attrezzature mobili, in grado di miscelare la pavimentazione esistente con bitume schiumato o emulsione bituminosa a lenta rottura, cemento, acqua e se necessario inerti vergini. La compattazione deve avvenire subito dopo il passaggio della macchina riciclatrice e per mezzo di idonei mezzi da compattazione. Il processo di schiumatura, avviene all'interno di una particolare camera di espansione, in grado di portare a contatto il bitume (elevata temperatura  $\approx 180\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) e l'acqua (elevata pressione  $\approx 5\text{ bar}$ ).

#### INERTE D' INTEGRAZIONE

Qualora risultasse necessario, bisognerà integrare alla miscela presente in sito un inerte avente una distribuzione granulometrica in grado di correggere la composizione della miscela finale. Gli inerti di integrazione devono rispettare quanto definito dalla Direttiva 89/106/CEE, recepita con D.P.R. 246/2003 e applicata con Decreto Min. Attività Produttive del 7/4/2004, che definisce per gli aggregati per conglomerati bituminosi l'impiego della norma UNI EN 13043:2004.

*Aggregato grosso:  $d > 2\text{ mm}$  e  $D < 40\text{ mm}$*

E' costituito da ghiaie naturali, ghiaie frantumate, pietrischetti e graniglie privi di elementi in fase di alterazione, polvere e materiali estranei. Qualunque sia la sua provenienza o natura petrografica, deve soddisfare i seguenti requisiti minimi (Tabella 12.1.1):

Tabella 12.1.1		
Dimensione massima	40 mm	
Requisiti di granulometria	$G_c 85/20$	UNI EN 13043 prospetto 2
Percentuale di superfici frantumate	$C_{50/30}$	UNI EN 13043 prospetto 9
Resistenza alla frammentazione	$LA_{25}$	UNI EN 13043 prospetto 11
Coefficiente di appiattimento	$F_{I30}$	UNI EN 13043 prospetto 7
Coefficiente di forma	$S_{I30}$	UNI EN 13043 prospetto 8
Determinazione dell' affinità tra aggregato e bitume	$\leq 5$	UNI EN 12697-11:2006 (metodo B)

*Aggregato fine:  $D < 2\text{ mm}$  e  $d > 0,063\text{ mm}$*

L'aggregato fine è costituito prevalentemente da sabbia naturale o di frantumazione, ottenuta da materiali di cava o di fiume e deve soddisfare i seguenti requisiti (Tabella 12.1.2):

Tabella 12.1.2		
Requisiti di granulometria	$G_F 85$	UNI EN 13043 prospetto 2
Prova dell'equivalente in sabbia	$\geq 70\%$	UNI EN 933-8:2000

#### CEMENTO

Il cemento è un legante idraulico, cioè un materiale inorganico finemente macinato che, mescolato con acqua, forma una pasta che rapprende e indurisce a seguito di processi e reazioni di idratazione e che, una volta indurita, mantiene la sua resistenza e la sua stabilità anche sott'acqua.

Saranno impiegati i seguenti tipi di cemento, elencati nella norma UNI EN 197-1:2006:

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

I cementi utilizzati dovranno rispondere ai requisiti previsti dalla L. 595/65. Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, i cementi utilizzati dovranno essere controllati e certificati come previsto dal DPR 13/9/93 n. 246 e dal D.M. 12/07/93 n. 314. Tale certificazione sarà rilasciata dall'Istituto Centrale per la Industrializzazione e la Tecnologia Edilizia (I.C.I.T.E.), o da altri organismi autorizzati ai sensi del D.M. 12/07/93 n. 314.

#### ACQUA

L'acqua deve essere esente da impurità dannose, oli, acidi, alcali, materia organica, frazioni limo-argillose e qualsiasi altra sostanza nociva. In caso di dubbio sulla sua qualità, l'acqua andrà testata secondo la norma UNI EN 1008:2003.

#### BITUME

Il bitume da utilizzare per il riciclaggio, per la schiumatura, deve essere di tipo 70/100 e rispettare quanto riportato di seguito:

**Bitumi distillati tradizionali per uso stradale UNI EN 12591:2002 (Tabella 12.1.3):**

<b>Tabella 12.1.3</b>			
<b>CARATTERISTICHE</b>	<b>normativa</b>	<b>TIPO DI BITUME</b>	
		<b>u.m.</b>	<b>70/100</b>
Penetrazione a 25° C	UNI EN 1426:2007	mm/10	70/100
Punto di rammolimento (R&B)	UNI EN 1427:2007	°C	43-51
Punto di infiammabilità (Cleveland)	UNI EN 22592:1994	°C	230
Solubilità	UNI EN 12592:2007	% (m/m)	99
<i>Resistenza all'invecchiamento dopo RTFOT</i> UNI EN 12607-1:2007			
Variazione di massa	UNI EN 12607-1/3:2007	%	± 0,8
Penetrazione residua a 25° C	UNI EN 1426:2007	%	≥ 46
Punto di rammolimento (R&B)	UNI EN 1427:2007	°C	≥ 45

#### SCHIUMATURA

La buona riuscita della lavorazione, è dovuta in parte alla qualità della schiumatura che potrà essere controllata in qualsiasi momento, attraverso l'apposito ugello di test di cui è dotata la riciclatrice. Nel controllo devono essere controllati i seguenti parametri (Tabella 12.1.4):

- Rapporto di espansione: è il rapporto tra il volume di espansione massimo e il volume iniziale del bitume inerte;
- Tempo di dimezzamento: è il tempo in cui il bitume dimezza il suo volume massimo.

<b>Tabella 12.1.4</b>		
<b>CARATTERISTICHE</b>	<b>u.m.</b>	<b>PRESTAZIONI</b>
Rapporto di espansione	-	≥ 18
Tempo di dimezzamento	s	≥ 15

#### EMULSIONE BITUMINOSA A LENTA ROTTURA

Per effettuare il riciclaggio si deve utilizzare un' emulsione acida al 60%, con una lenta velocità di rottura; l'emulsione deve rispettare le seguenti caratteristiche (Tabella 12.1.5):

<b>Tabella 12.1.5</b>			
<b>CARATTERISTICHE</b>	<b>normativa</b>	<b>u.m.</b>	<b>valori</b>
Contenuto d'acqua	UNI EN 1428:2002	%	≤ 40
Contenuto di bitume	UNI EN 1431:2002	%	≥ 60
Trattenuto al setaccio 0,85 mm	CNR BU n°102/84	%	≤ 0,1
Viscosità Engler a 20 °C	UNI EN 12846:2004	°E	> 2
Grado di acidità	ASTM E 70	pH	> 2
Carica delle particelle	CNR BU n°99/84	-	positiva
<i>Caratteristiche del bitume estratto (residuo della distillazione)</i>			
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426:2007	mm/10	50 - 80
Punto di rammolimento (R&B)	UNI EN 1427:2007	°C	≥ 50



## MISCELA

La miscela degli aggregati presenti in sito, comprensiva dell'eventuale inerte di integrazione, prima del passaggio della macchina riciclatrice deve avere una composizione granulometrica compresa nel fuso riportato in Tabella 12.1.6. La D.L. potrà, a sua discrezione, accettare eventuali variazioni della composizione granulometrica costituente la miscela.

**Tabella 12.1.6**

<b>FUSO</b>	<b>Miscela</b>
Serie EN	% di passante
63	100 - 100
40	90 - 100
31,5	83 - 100
20	70 - 94
16	66 - 90
12,5	61 - 85
10	57 - 80
8	53 - 76
4	41 - 63
2	32 - 52
0,500	17 - 35
0,250	11 - 28
0,063	3 - 17

## STUDIO PRELIMINARE

Per lo svolgimento dello studio preliminare dovranno essere svolti prelievi di materiale inerte (fresato e/o miscela di aggregati) direttamente in sito per l'intero spessore da riciclare. L'operazione di campionamento dovrà essere svolta mediante escavatore meccanico oppure tramite fresa stradale. Saranno inoltre svolti saggi mediante carotatrice meccanica avente diametro di 150 mm. Sulle carote dovranno essere determinati i valori indicati nella Tabella 12.1.7:

**Tabella 12.1.7**

<b>CARATTERISTICHE</b>	<b>Normativa</b>	<b>u.m.</b>
Spessore dello strato di una pavimentazione in conglomerato bituminoso	UNI EN 12697-36:2006	mm
Contenuto di legante bituminoso	UNI EN 12697-1:2006	%
Determinazione della composizione granulometrica	UNI EN 12697-2:2003	%
Determinazione dell'umidità residua	CNR UNI 10008/63	%
Determinazione della massa volumica $G_{mb}$	UNI EN 12697-6:2003	Mg/mc
Recupero del bitume mediante Rotavapor	UNI EN 12697-3:2005	\
Penetrazione residua a 25° C -	UNI EN 1426:2007	dmm
Punto di rammollimento (R&B)	UNI EN 1427:2007	°C

Per una corretta valutazione delle caratteristiche del conglomerato bituminoso preesistente le determinazioni sopra riportate devono essere eseguite ogni 200 m della tratta interessata dai lavori ed eventualmente intensificate in caso di scarsa omogeneità degli spessori o dei materiali riscontrati.

Per individuare le corrette percentuali di cemento, acqua e bitume schiumato o emulsione bituminosa a lenta rottura, da applicare alla miscela, deve essere effettuato uno studio utilizzando come sistema di compattazione la pressa giratoria (UNI EN 12697-31:2007). Come miscela di inerti (fresato e/o miscela aggregati) per l'esecuzione di tutti i provini dovrà essere utilizzata esclusivamente quella prelevata in sito con aggiunta dell'eventuale aggregato di integrazione. Tutte le variabili dei componenti additivi da impiegare durante lo studio sono quelli presenti nelle Tabelle 12.1.8 e 12.1.9.

Tabella 12.1.8

COMPONENTI	u.m.	DOSAGGI								
Cemento	%	1,5			2,0			2,5		
Bitume schiumato	%	2,0			2,5			3,0		
Acqua	%	3,0	4,0	5,0	3,0	4,0	5,0	3,0	4,0	5,0

Tabella 12.1.9

COMPONENTI	u.m.	DOSAGGI								
Cemento	%	1,5			2,0			2,5		
Emulsione a lenta rottura	%	3,3			4,1			5,0		
Acqua	%	1,7	2,7	3,7	1,4	2,4	3,4	1,0	2,0	3,0

Le percentuali di cemento di legante bituminoso (bitume o emulsione bituminosa) e l'acqua potranno subire delle variazioni nei dosaggi di cui sopra in funzione della natura e della composizione della pavimentazione da riciclare comunque dopo che la D.L. avrà dato esito favorevole.

Tutti i provini dovranno essere confezionati mediante pressa giratoria secondo i parametri in Tabella 12.1.10:

Tabella 12.1.10

CARATTERISTICHE	u.m.	Valore
Angolo di rotazione	° (gradi)	1,25 ± 0,02
Velocità di rotazione	rpm	30
Pressione verticale	Kpa	600
Diametro interno stampo	mm	150
N° cicli di compattazione	N°	180
Peso del campione (comprensivo di cemento, legante bituminoso e acqua)	grammi	4.500

Devono essere confezionati 6 (sei) provini per ogni miscela, che verranno lasciati maturare per 72 ore ad una temperatura di 40 °C in stufa a ventilazione forzata; avvenuta la maturazione i provini verranno portati per 6 ore ad una temperatura di 25 °C per esser poi collaudati a trazione indiretta mediante pressa Brasiliana (CNR BU n°134/91).

La miscela che otterrà le prestazioni meccaniche richieste (Tabella 12.1.11) sarà quella utilizzata per il riciclaggio in sito.

Tabella 12.1.11

REQUISITI DELLA MISCELA				
CARATTERISTICHE	normativa	u.m.	R <sub>t</sub>	C.T.I.
Resistenza a trazione indiretta a 25 °C	CNR BU n°134/97	N/mm <sup>2</sup>	≥ 0,4	≥ 60

L'Impresa è tenuta a comunicare alla D.L., con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ciascun cantiere di produzione, la composizione delle miscele che intende adottare. Ciascuna composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione dello studio preliminare effettuato. Inoltre l'Impresa deve indicare, per iscritto, le fonti di approvvigionamento, le aree ed i metodi di stoccaggio, il tipo di lavorazione che intende adottare e il tipo di attrezzatura da cantiere che verrà impiegata.

Una volta accettato da parte della D.L. lo studio delle miscele, l'Impresa dovrà attenersi rigorosamente ad esso.

#### MODALITA' ESECUTIVE

L'operazione di riciclaggio, la miscelazione, deve avvenire con l'utilizzo di idonee attrezzature ossia macchine riciclatrici in grado di svolgere contemporaneamente le seguenti operazioni:

- fresare la pavimentazione esistente ad una profondità pari a quella di progetto;
- miscelare al meglio la pavimentazione esistente, il cemento (preventivamente steso mediante appositi spandi cemento), l'acqua di costipamento e il legante bituminoso (bitume schiumato o emulsione bituminosa a lenta rottura), introdotti dagli appositi ugelli di schiumatura;

- la riciclatrice deve lasciare al proprio passaggio una superficie continua e perfettamente sagomata, per agevolare al meglio le operazioni di compattazione.

La riciclatrice deve permettere all'operatore, di gestire dall' interno della cabina di comando, ed in qualsiasi momento, le percentuali di legante bituminoso e dell'acqua, velocità di avanzamento e profondità di lavorazione.

Le operazioni di compattazione dello strato, devono essere immediate e realizzate preferibilmente con apparecchiature e sequenze adatte a produrre il grado di addensamento richiesto. La finitura dello strato, deve avvenire eventualmente attraverso l'utilizzo di un motograder, succeduti da una ulteriore rullatura.

La rigenerazione non deve di norma essere eseguita con temperature ambientali inferiori a 8 °C e superiori a 35 °C (salvo differente indicazione della D.L.), e mai in presenza di condizioni meteorologiche avverse.

## PROTEZIONE SUPERFICIALE

Subito dopo il completamento delle opere di costipamento e finitura dello strato, deve essere applicato un velo protettivo di emulsione bituminosa acida al 55% in ragione di 1-2 kg/m<sup>2</sup> (relazionato al tempo ed all' intensità del traffico di cantiere cui potrà venire sottoposto). L'emulsione dovrà rispondere ai requisiti di accettazione riportati nella seguente Tabella 12.1.12:

**Tabella 12.1.12**

CARATTERISTICHE	normativa	u.m.	valori
Polarità	UN EN 1430	-	Cationica
Contenuto di bitume + flussante	UNI EN 1431	% peso	55 +/- 2
Contenuto d'acqua	UNI EN 1428	% peso	45 +/-2
Contenuto di flussante	UNI EN 1431	% peso	< 3
Viscosità Engler a 20 °C	UNI EN 12486	°E	5 – 10
Tendenza alla sedimentazione a 7gg	UNI EN 12487	% peso	< 10
<b>Residuo bituminoso</b>			
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1429	mm/10	70-220

## CONTROLLI

Il controllo della qualità dei conglomerati bituminosi riciclati a freddo e della loro posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ. Le prove di controllo sono riportate in Tabella 12.1.13. Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità. Dopo 30 giorni dalla stesa la D.L. preleverà delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori.

Lo spessore dello strato verrà determinato, per ogni tratto omogeneo di stesa, facendo la media delle misure (quattro per ogni carota) rilevate dalle carote estratte dalla pavimentazione, scartando i valori con spessore in eccesso, rispetto a quello di progetto, di oltre il 5%. Per spessori medi inferiori a quelli di progetto verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione del 1,5% del prezzo di elenco per ogni mm di materiale mancante. Carenze superiori al 20% dello spessore di progetto comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

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

Tabella 12.1.13

REQUISITI DELLA PAVIMENTAZIONE RICICLATA					
CARATTERISTICHE	normativa	u.m.	valori		frequenza
			R <sub>t</sub>	C.T.I.	
Resistenza a trazione indiretta a 25 °C - stagionatura provini come da studio preliminare	CNR BU n°134/97	N/mm <sup>2</sup>	≥ 0,4	≥ 60	giornaliera / D.L.
Percentuale di acqua	UNI EN 10008:1963	%	± 1		giornaliera / D.L.
Composizione granulometrica	UNI EN 933-1:1999	Fuso granulometrico			giornaliera / D.L.
Percentuale di cemento	UNI EN 6393:1988	%	± 0,5		giornaliera / D.L.
Requisiti della pavimentazione dopo la costipazione					
Modulo di deformazione (Md) 0,25-0,35 N/mm <sup>2</sup>	CNR BU n°146/92	N/mm <sup>2</sup>	≥ 100		ogni 250 m di stesa
Massa volumica sulle carote rispetto alla densità dei provini costipati con pressa giratoria	UNI EN 12697:2004	%	≥ 95		ogni 250 m di stesa
Determinazione dello spessore	UNI EN 12697-36:2006	quello prescritto dal progetto			ogni 250 m di stesa

## **13 RAPPEZZATURE**

Di norma nelle rappezature l'aggregato grosso dovrà essere della stessa natura di quello del manto preesistente.

I rappezzi dovranno essere eseguiti di regola con spargimenti di conglomerato limitato alle sole zone deteriorate o depresse.

Le zone da rivestire dovranno essere prima accuratamente pulite e liberate da tutti gli elementi ammalorati o smossi e da tutti i detriti. E' opportuno incidere la massicciata tutto all'intorno alla zona ripresa, per costituire una sicura imposta al conglomerato.

Prima della stesa del rappezzo, la superficie da rivestire sarà spalmata con emulsione bituminosa in ragione di circa 0,70 Kg. di emulsione per m<sup>2</sup> trattato. I rappezzi dovranno essere energicamente battuti con mezzi meccanici o con mazzaranghe e pestelli di ferro, così da ottenere un costipamento sufficiente ad evitare spostamenti o rimozioni di materiale da parte del traffico.

A costipamento ultimato, dovranno risultare a piani e a quote esattamente corrispondenti a quelli della pavimentazione circostante, così da non alterare i profili e le sagome della strada e da risultare inavvertiti al passaggio dei veicoli dopo un breve periodo di transito.

Per i rappezzi molto vasti e per la risagomatura di massicciata, come preparazione per la successiva stesa di tappeto definitivo, si useranno di norma i conglomerati precedentemente descritti.

## **14 MARCIAPIEDI**

I marciapiedi potranno essere con:

### **14.1 PAVIMENTAZIONE BITUMINOSA**

In asfalto colato; in conglomerato bituminoso colorato; in conglomerato bituminoso asfaltico (asfalto sintetico). I manti in conglomerato non potranno essere stesi senza una vera e propria fondazione.

La pendenza trasversale, per favorire il regolare smaltimento delle acque meteoriche anche in caso di deformazioni, potrà raggiungere il 4%.

Dovrà essere eseguita una fondazione in calcestruzzo di cemento dello spessore compreso minimo di cm. 10, con sottostante strato di misto stabilizzato di spessore cm. 8, cilindrato.

L'impasto dovrà essere dosato con 250 kg di cemento per ogni m<sup>3</sup> di ghiaietto misto a sabbia.

Dovranno essere posati i giunti di dilatazione, uno ogni tre metri di marciapiede eseguito, che dovranno essere ricoperti prima della stesa del tappeto, con pietrischetto bitumato oppure con bitume preventivamente riscaldato.

Nel getto di fondazione, sarà conglobata una armatura costituita da rete elettrosaldata  $\phi$  6 mm. maglia 10 cm.

La stesa del manto che dovrà avere uno spessore finale compreso non superiore a 2-3 cm., dovrà essere eseguito secondo le modalità prescritte per la stesa dei tappeti stradali; in particolare, considerata la limitata azione di costipamento esercitata dal traffico pedonale, si dovranno adottare prolungate rullature a mezzo di piccoli rulli di facile manovrabilità.

### **14.2 PAVIMENTAZIONE IN CALCESTRUZZO**

Dovrà essere eseguita con le stesse modalità del punto precedente una fondazione in calcestruzzo compreso di cm. 8, con sovrastante strato di malta di cemento sp. cm. 2, con spolvero di cemento puro e graniglia fine, finito a frattazzo rustico o bocciardato.

In alternativa la D.L. autorizzerà l'esecuzione del marciapiede in un unico strato di calcestruzzo con Rck 25, di sp. cm. 10, fatte salve le stesse modalità di finitura superficiale.

### **14.3 PAVIMENTAZIONE IN PIETRA NATURALE.**

In piastrelle di porfido, in piastrelle di quarzite o altre pietre naturali:

- le piastrelle di porfido a colori a scelta della D.L. dovranno avere spessore variabile da 4 a 6 cm. Le piastrelle saranno messe in opera su letto di malta con dosatura a 400 kg di

- cemento per ogni m<sup>3</sup> di sabbia. Dovrà inoltre essere eseguita la sigillatura e stuccatura di giunti con malta cementizia a ricco tenore di cemento;
- le piastrelle di quarzite dovranno essere refileate e squadrate a spigoli vivi; dovranno avere uno spessore variabile da 10 a 20 mm., dimensioni correnti in lunghezza e larghezza. La posa in opera dovrà essere eseguita come descritto al precedente paragrafo, prescrivendo in particolare, che la pulizia delle parti in vista del materiale (fatta con segatura di legno), deve essere eseguita appena ultimata la posa. Inoltre la sabbia per l'impasto dovrà essere molto fine e, se necessario, opportunamente lavata;
  - le pietre naturali (granitello, quarzite, trachite, giallo rosato, ecc.), a scelta della D.L., avranno forma pressoché poligonale e saranno poste in opera ad opus incertum con le modalità descritte nei precedenti paragrafi;
  - i giunti potranno essere posati e stilati;
  - in particolare, si prescrive che i materiali usati, siano ad elevato peso specifico e dello spessore variabile da 2 a 4 cm.
  - Le pavimentazioni in pietra naturale dovranno, inoltre, essere posate su sottofondo in calcestruzzo a dosatura di 250 kg di cemento per m<sup>3</sup> d'impasto dello spessore compreso di cm. 10, con sottostante strato di misto stabilizzato di spessore cm. 8 cilindrato. Nel getto dovrà essere conglobata idonea armatura costituita da rete elettrosaldata  $\phi$  6 mm., maglia 10 cm.
  - I lastricati di forte spessore non dovranno essere posati su sottofondo in cls. Dovranno essere posati su letto di sabbia con sottostante sottofondo in misto stabilizzato e ghiaia di opportuno spessore. Le lastre saranno sigillate a rifiuto con sabbia e acqua.

#### 14.4 PAVIMENTAZIONE IN MASSELLI AUTOBLOCCANTI.

In masselli di calcestruzzo ad alta resistenza di forma adeguata a diffondere le azioni orizzontali a più di un massello adiacente, indipendentemente dal modo di posa, di spessore 6÷8 cm., eventualmente dotati di superficie antiusura a base di quarzo per almeno 5 mm.

I masselli dovranno essere normati "PAVITALIA".

Dovranno essere posati su letto di sabbia dello spessore di 3-5 cm. con sottostante sottofondo in misto stabilizzato e ghiaia di opportuno spessore.

Dopo la posa si procederà alla sigillatura con sabbia fine vagliata fino all'intasamento.

#### 14.5 PAVIMENTAZIONI IN MATTONI DI COTTO.

In mattoni di cotto conformato a sestini del tipo "Mattonforte" della RDB o equivalenti, comunque preventivamente approvati dalla D.L.

La dimensione dei listelli è di cm. 25x6x6,5, il colore di norma è il classico rosato; altri colori saranno preventivamente approvati dalla D.L..

Le caratteristiche tecniche del prodotto dovranno essere tali da rispettare i limiti prestazionali determinati con la metodologia di prova UNI :

TIPO DI PROVA	NORMA DI RIFERIMENTO	LIMITE DI ACCETTAZIONE	VALORE RICHIESTO
Durezza superficiale	EN 188 UNI EN 101	Maggiore di 3	4
Resistenza all'abrasione	EN 188 UNI EN 102	Minore di 2365	Minore di 1650
Resistenza al gelo	EN 188 UNI EN 202	Non gelivo	Non gelivo

I listelli dovranno essere posati di coltello per lo spessore di cm. 6,5 e disposti con l'asse maggiore secondo il senso trasversale del marciapiede.

La pavimentazione dovrà essere posata su sottofondo di calcestruzzo a dosatura di 250 kg di cemento per m<sup>3</sup> d'impasto dello spessore compreso di cm. 10, con sottostante strato di misto

stabilizzato di cm. 8 cilindrato. Nel getto dovrà essere conglobata idonea armatura costituita da rete elettrosaldata Ø 6 mm, maglia 10 cm.

I listelli verranno posati su malta di collegamento (spessore minimo cm. 1) con dosaggio di cemento a 4 quintali per m<sup>3</sup> di impasto e sigillati con sabbia fine vagliata fino all'intasamento.

Nel caso che il marciapiede venga realizzato su strada in ciottoli, sia i mattoni che i ciottoli dovranno essere vibrati con le seguenti modalità:

- a) se vibrati insieme, mattoni e ciottoli, si dovrà stendere un tappetino di caucciù su entrambi;
- b) se vibrati in due periodi distinti, sui sestini andrà posato il tappetino di caucciù, quindi interposta una spondina di legno tra i ciottoli e i mattoni, di seguito vibrati i ciottoli.

#### **14.6 DEMOLIZIONI E RIMOZIONI.**

Le demolizioni di murature, calcestruzzi, marciapiedi, ecc., e le rimozioni di cordonature, lastre, masselli e simili, sia parziali che complete, dovranno essere eseguite con ordine e con le necessarie precauzioni, in modo da non danneggiare le eventuali parti da non demolire o non rimuovere, da prevenire qualsiasi infortunio agli addetti al lavoro e da evitare incomodi e disturbo.

Tutti i materiali riutilizzabili, a giudizio insindacabile della D.L., dovranno essere puliti, custoditi, trasportati ed accatastati nei luoghi di deposito, usando le dovute cautele per non danneggiarli e per evitarne la dispersione. Detti materiali restano tutti di proprietà dell'Appaltante, al quale, potrà ordinare all'appaltatore di impiegarli in tutto od in parte nei lavori appaltati. I materiali di scarto provenienti dalle demolizioni e rimozioni dovranno essere sempre trasportati alle pubbliche discariche.

Cremona li, 10/12/2008

IL DIRETTORE DEL SETTORE LL.PP.  
(Ing. Marco Pagliarini)