



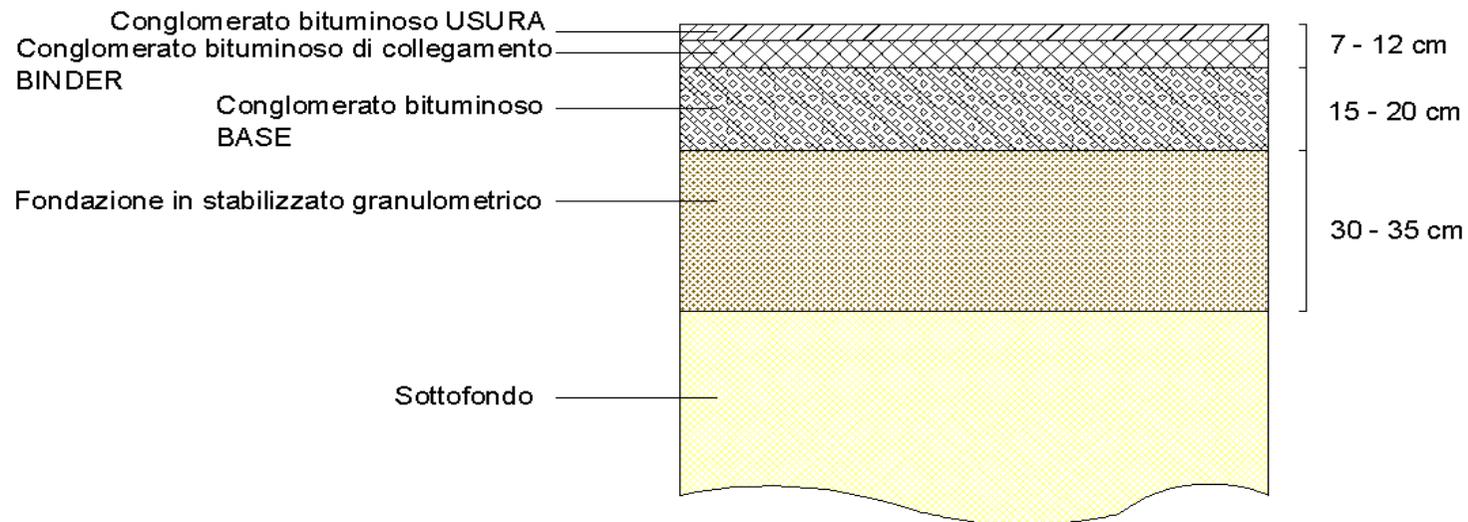
COSTRUZIONE DI STRADE

Sovrastrutture stradali



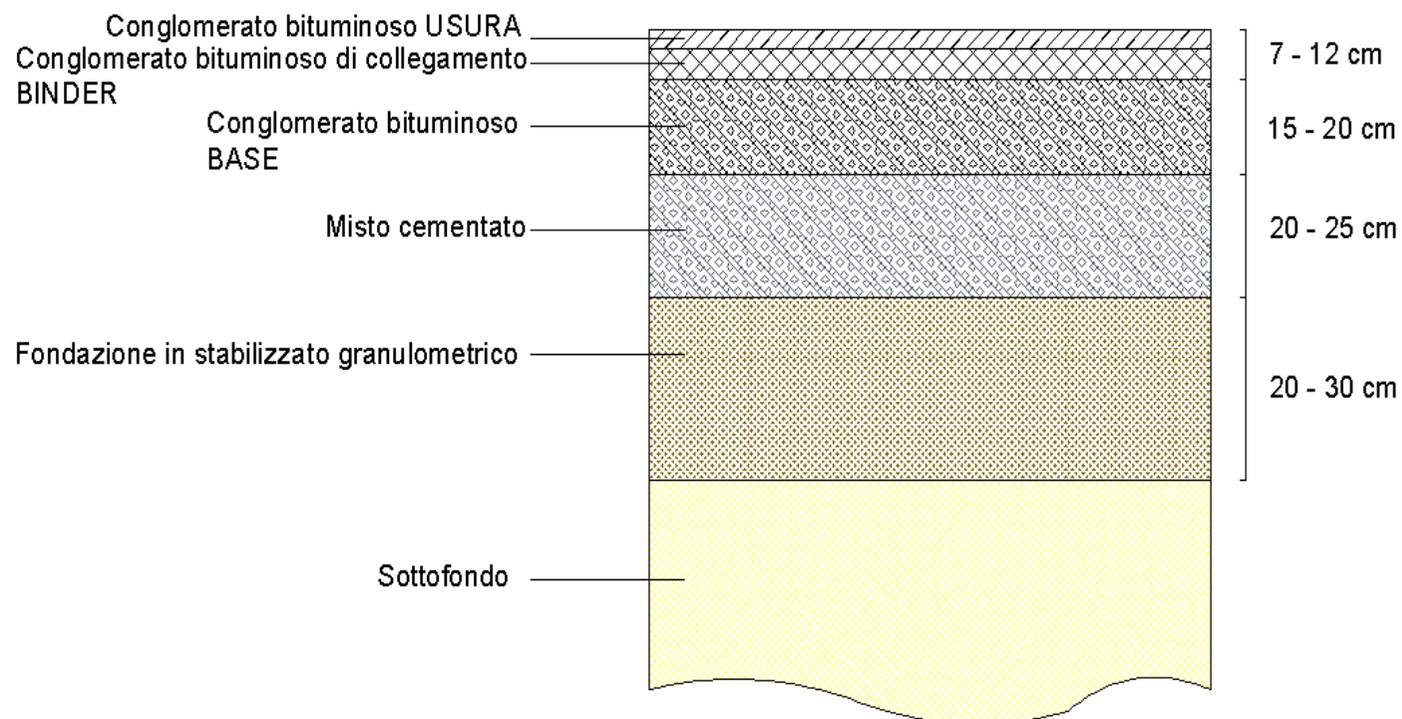
INTRODUZIONE

PAVIMENTAZIONI FLESSIBILI



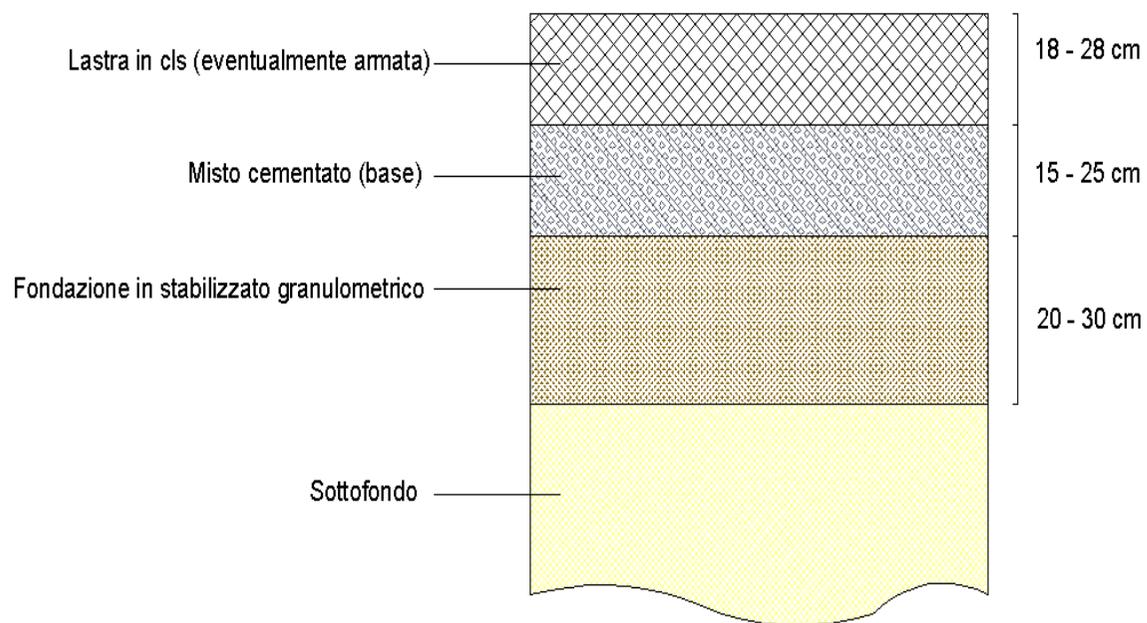
INTRODUZIONE

PAVIMENTAZIONI SEMIRIGIDE



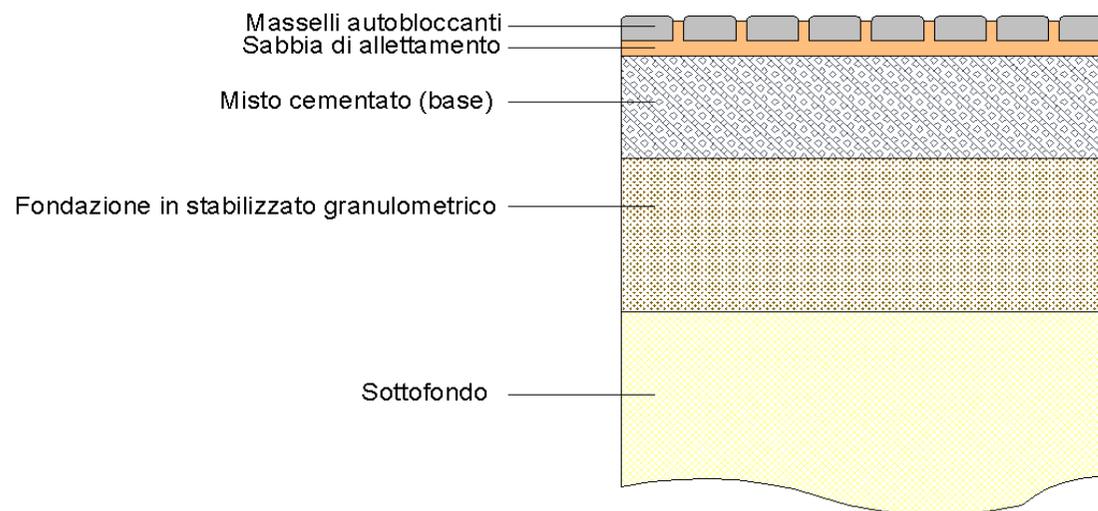
INTRODUZIONE

PAVIMENTAZIONI RIGIDE



INTRODUZIONE

PAVIMENTAZIONI AD ELEMENTI



INTRODUZIONE

STRATI SUPERFICIALI:

- Elevata resistenza meccanica alle azioni generate dal traffico;
- Buona aderenza (sicurezza della circolazione);
- Buona resistenza specifica;
- Impermeabilità;
- Scarsa manutenzione.

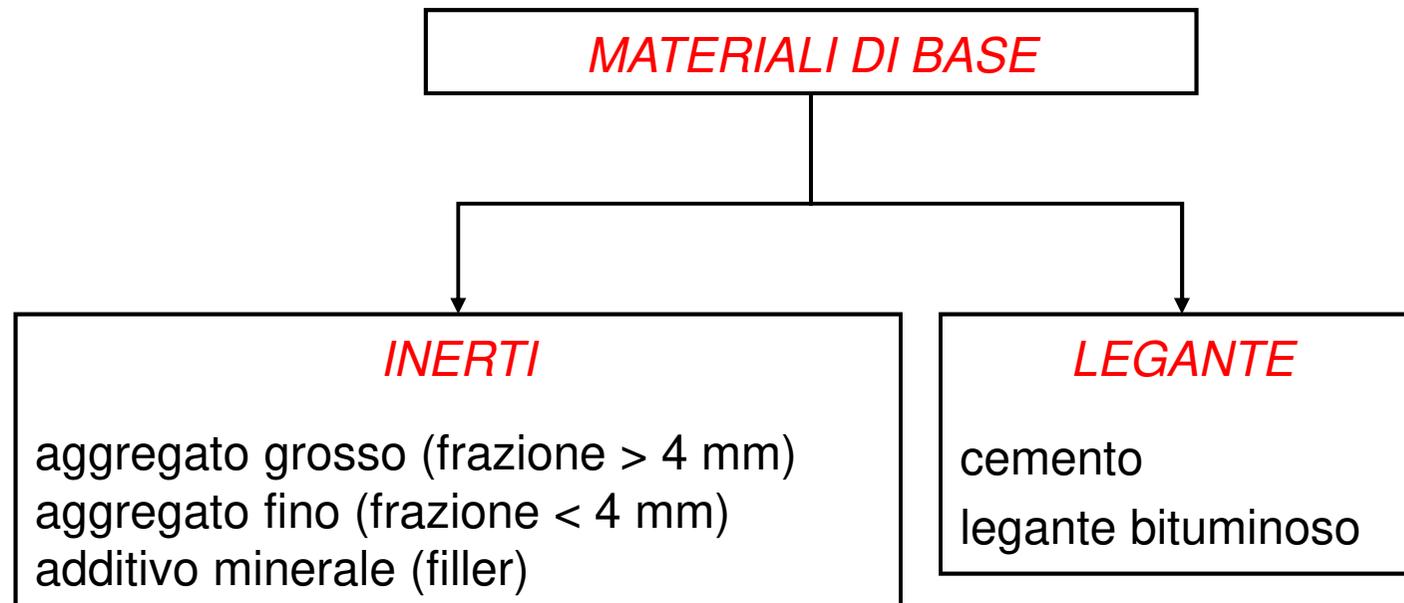
STRATI DI BASE:

- Resistenza ai fenomeni di fatica;
- Resistenza all'ormaiamento.

STRATI DI FONDAZIONE:

- Ripartizione dei carichi;
- Funzione di filtro per evitare la risalita di materiali fini ed acqua.

MATERIALI DI BASE



MATERIALI DI BASE

INERTI: aggregato grosso (frazione > 4 mm)

Costituito da pietrischi, pietrischetti e graniglie (duri, tenaci, con forma poliedrica a spigoli vivi, ben assortiti, resistenti all'usura).

CARATTERISTICHE PRINCIPALI:

- Quantità frantumato
- Perdita in peso Los Angeles
- Indice di appiattimento



MATERIALI DI BASE

INERTI: aggregato fino (frazione < 4 mm)

Costituito da sabbie ricavate esclusivamente per frantumazione da rocce e da elementi litoidi di fiume.

CARATTERISTICHE PRINCIPALI:

- Perdita in peso Los Angeles
- Equivalente in sabbia



MATERIALI DI BASE

INERTI: additivo minerale (filler)

Proveniente dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituito da cemento, calce idrata, calce idraulica.

CARATTERISTICHE PRINCIPALI:

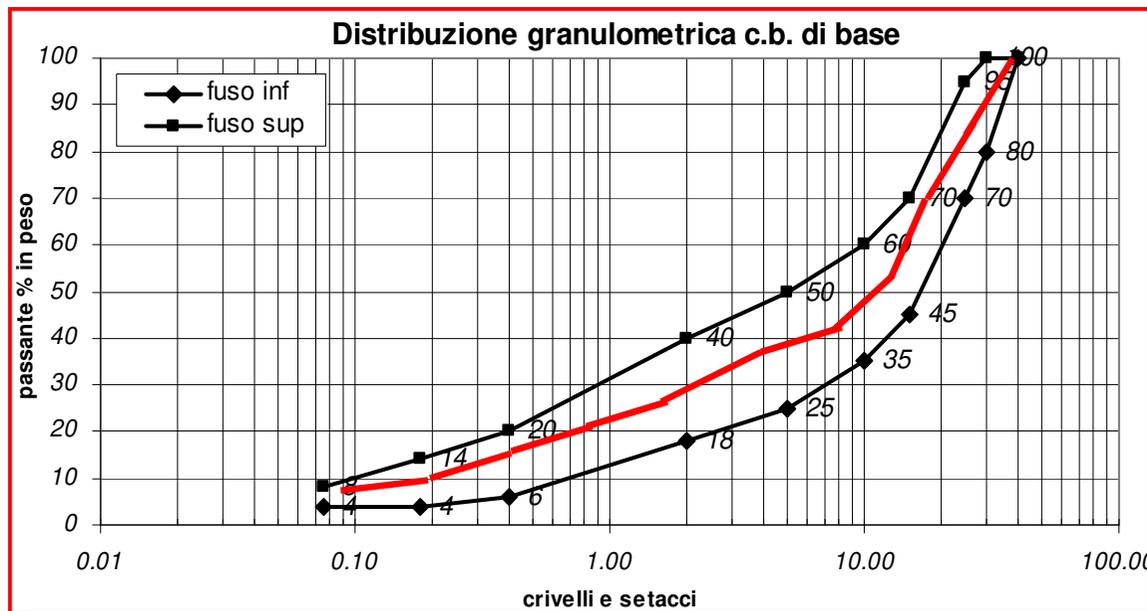
- Analisi granulometrica (passante al setaccio 0.4 mm, 0.2 mm, 0.075 mm)



MATERIALI DI BASE

INERTI: miscela

La miscela di aggregati lapidei ed additivo minerale (filler) da adottare è composta in modo da rientrare nei limiti granulometrici del fuso, in relazione alla dimensione massima degli aggregati utilizzati.

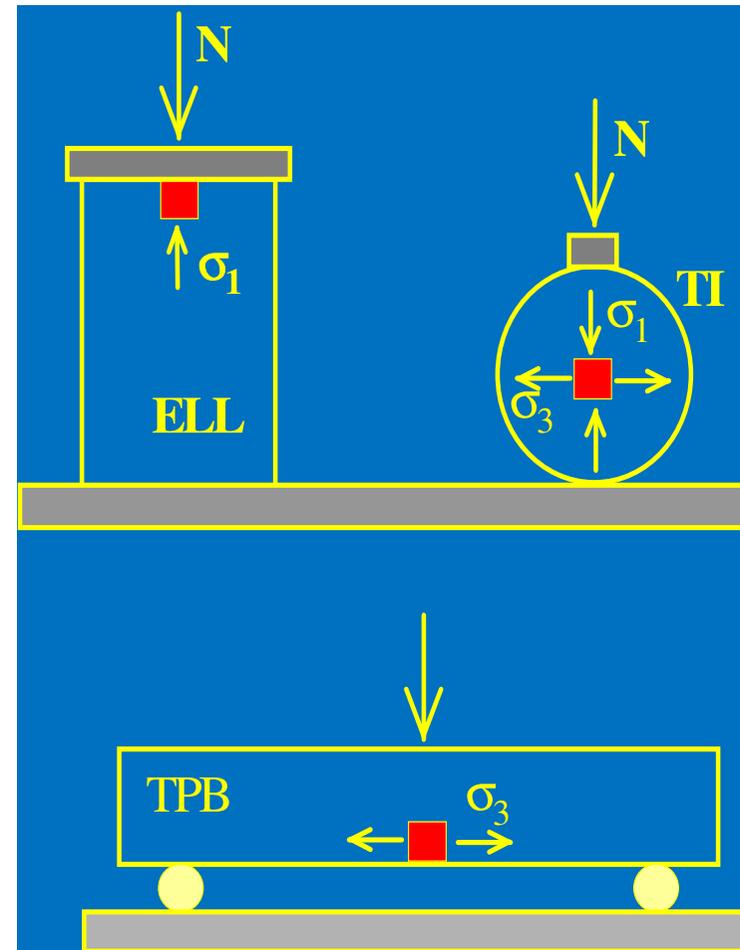


MATERIALI DI BASE

LEGANTE: cemento

CARATTERISTICHE PRINCIPALI:

- Prova di rottura a compressione a Espansione Laterale Libera (ELL)
- Prova a Trazione Indiretta (TI)
- Prova a Flessione (Three Points Bending –TPB)

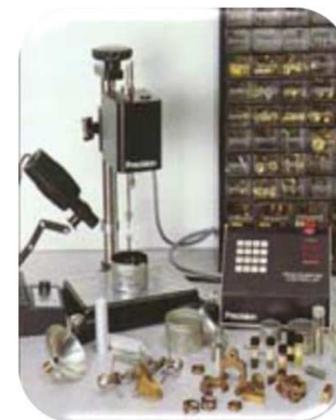


MATERIALI DI BASE

LEGANTE: bitume

CARATTERISTICHE PRINCIPALI:

- Penetrazione
- Punto di rammollimento
- Punto di rottura max (Fraass)



MATERIALI DI BASE

LEGANTE: bitume modificato



**Aumento del traffico pesante:
+ 42%
in 10 anni**



**RICERCA DI MATERIALI CHE DANNO GARANZIA DI
DURABILITA'**



**BITUMI MODIFICATI
GEOSINTETICI**



MATERIALI DI BASE

LEGANTE: bitume modificato

DIFFERENZA FRA MODIFICA E ADDITIVAZIONE

ADDITIVAZIONE

Le proprietà comportamentali del materiale da additivare non vengono cambiate (es. Bitume colorato o Bitume Tiepido)

MODIFICA

Le proprietà comportamentali del materiale da modificare vengono profondamente cambiate (es. l'immissione di un polimero in un bitume provoca un cambiamento della temperatura di palla-anello, della penetrazione, ecc.)

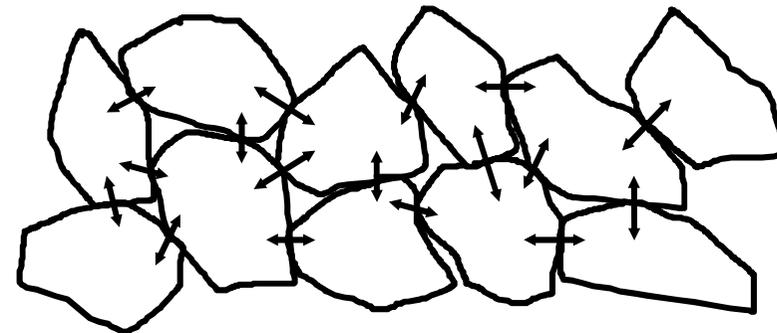
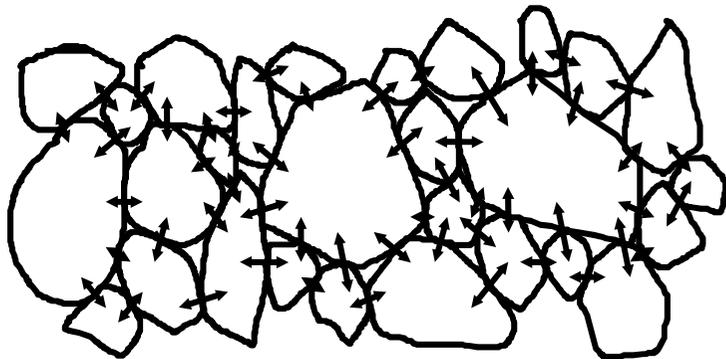
MATERIALI DI BASE

LEGANTE: bitume modificato

LIMITI ATTUALI DEI BITUMI NON MODIFICATI

- **Bassa resistenza alle deformazioni ad alte temperature (Ormaiamento)**
- **Grande variazione delle prestazioni al cambiare delle temperature**
- **Perdita della flessibilità per invecchiamento (fragilità del conglomerato)**
- **Bassa resistenza meccanica per le prestazioni richieste (es. manti drenanti)**

Modello strutturale di un conglomerato bituminoso **CHIUSO**



Modello strutturale di un conglomerato bituminoso **APERTO**

MATERIALI DI BASE

LEGANTE: bitume modificato

MIGLIORAMENTI ATTESI

- Innalzamento della temperatura di esercizio (incremento della viscosità)
- Maggiore tenacità / flessibilità a freddo
- Incremento resistenza all'invecchiamento
- Maggiore potere legante (conglomerati tradizionali e/o speciali)

EFFETTI DELL'AGGIUNTA DEL POLIMERO SUI PARAMETRI TRADIZIONALI

Palla e Anello

Penetrazione

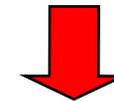
Viscosità



Aumento della temperatura

Diminuzione penetrazione

Aumento della viscosità



MATERIALI DI BASE

LEGANTE: bitume modificato

CARATTERISTICHE DI UN BITUME MODIFICATO

Punto di rammollimento	°C	55 - 65
Penetrazione a 25 °C	1/10 mm	50 - 60
Punto di rottura Fraass	°C	≤ - 18
Densità a 25 °C	kN/m³	10,2
Viscosità dinamica a 135 °C	Pa · s	2,7

MATERIALI DI BASE

ADDITIVAZIONE CON FIBRE funzioni:

BLOCCAGGIO DEL LEGANTE

FORMAZIONE DI UNA MICROARMATURA

DIMINUZIONE DELLA SENSIBILITA' TERMICA



FIBRA DI VETRO



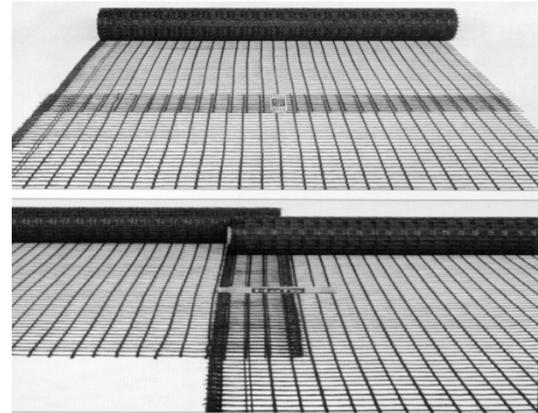
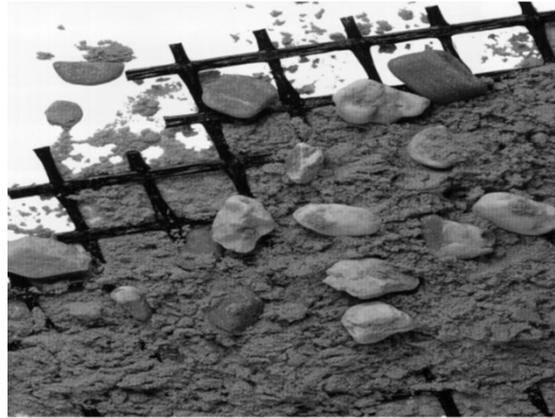
FIBRA DI CELLULOSA



LANA DI ROCCIA

MATERIALI DI BASE

GEOSINTETICI

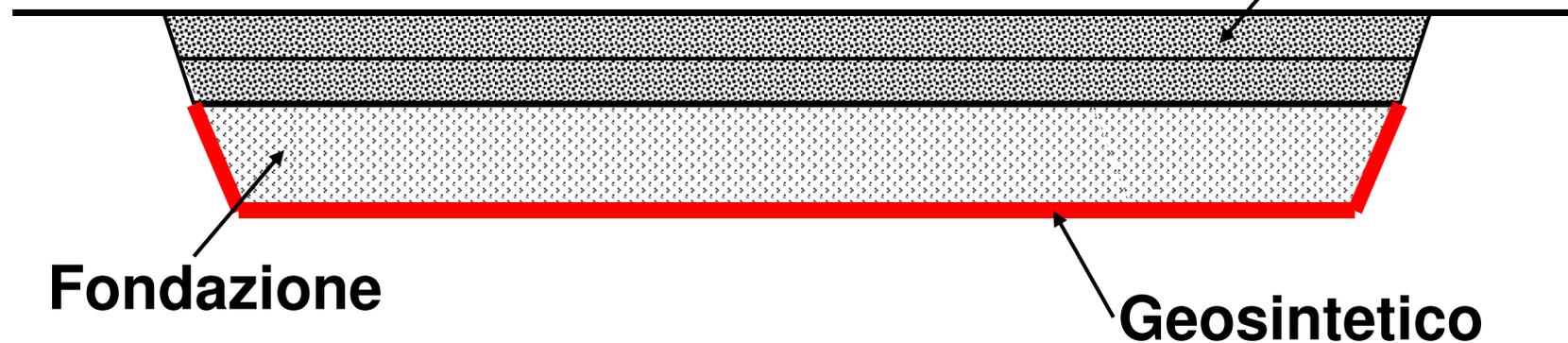


Geogriglie in PET

- **verifiche sperimentali in sito ed in laboratorio**
- **fiducia ragionata**
- **collaborazione fra centri di ricerca ed industria**

MATERIALI DI BASE

Geosintetico nel cassonetto C. B.

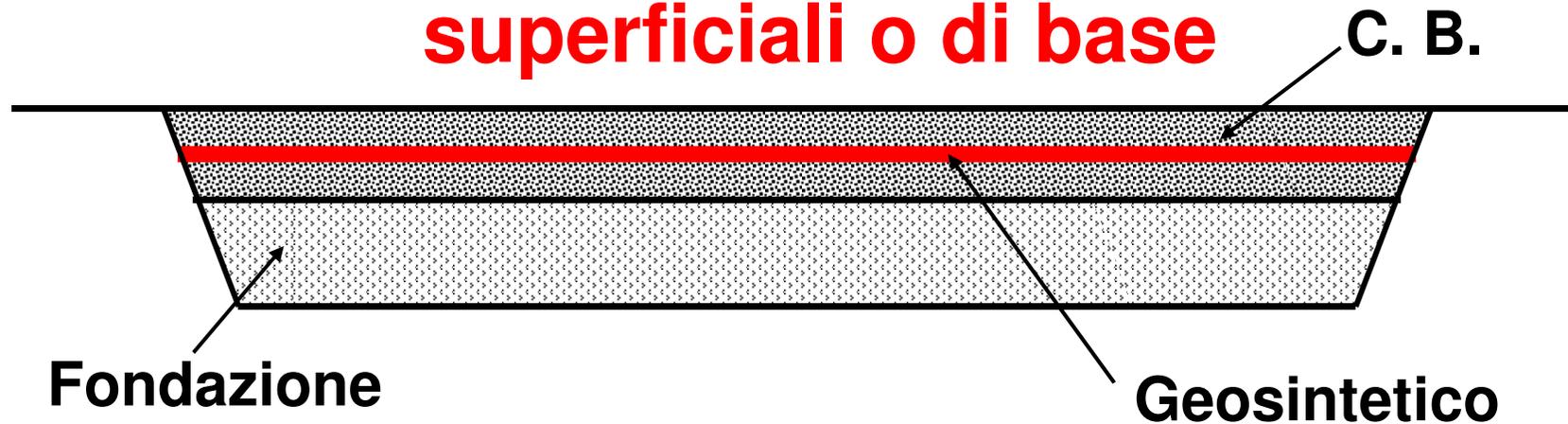


Funzioni: **ANTICONTAMINANTE DRENANTE**

In generale si garantiscono nel tempo le caratteristiche meccaniche dei materiali e gli spessori e quindi la vita utile della pavimentazione

MATERIALI DI BASE

Geosintetico inserito negli strati superficiali o di base



- Funzione: **STRUTTURALE**
- Nelle pavimentazioni c'è necessità di nuove soluzioni
- Caratteristiche di deformabilità del geosintetico
- Fase applicativa

STRATI TRADIZIONALI

STRATI SUPERFICIALI:

- Misto cementato (pavimentazioni semi-rigide);
- Conglomerato bituminoso (pavimentazioni flessibili e semi-rigide).

STRATI DI COLLEGAMENTO (BINDER):

- Conglomerato bituminoso.

STRATI DI BASE:

- Conglomerato bituminoso.

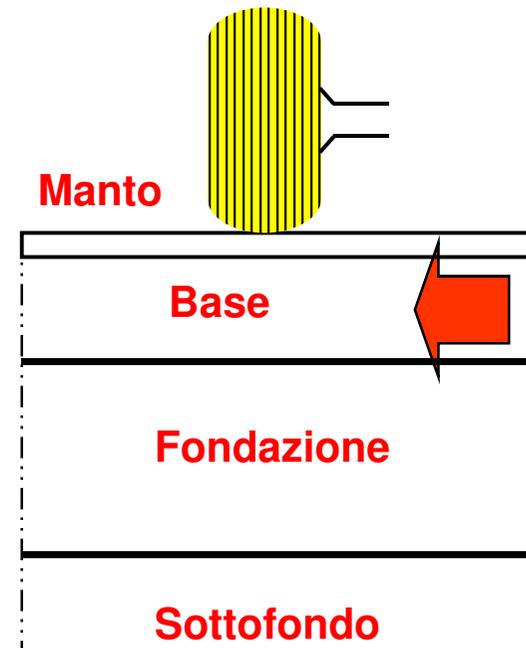
STRATI DI FONDAZIONE:

- Stabilizzato granulometrico.

STRATI TRADIZIONALI

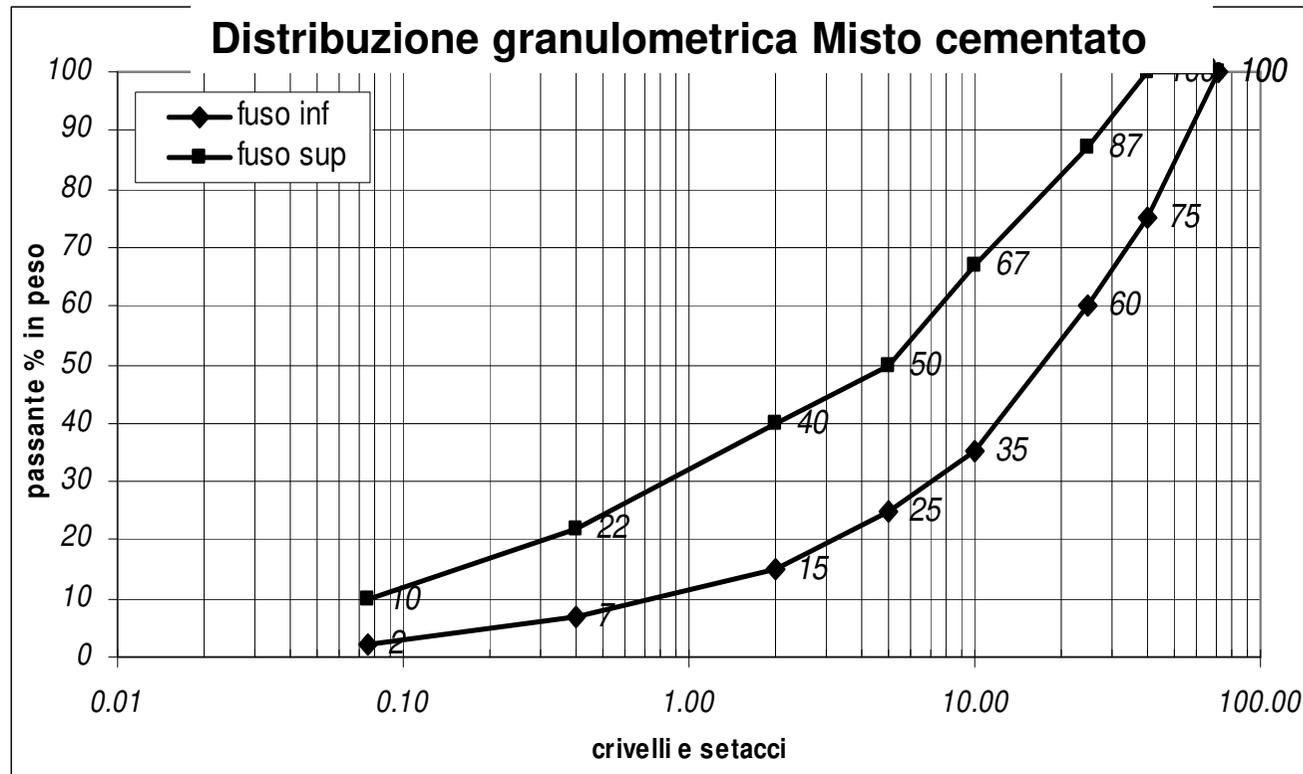
Misto Cementato

- Si irrigidisce la sovrastruttura, diminuiscono le deformazioni, aumenta la resistenza a fatica
- Spesso il misto cementato non è in alternativa al conglomerato bituminoso di base, ma è associato e sottostante
- Si è incerti se considerare il misto cementato uno strato di base o di fondazione



STRATI TRADIZIONALI

Misto Cementato: inerti



→ Fuso continuo

STRATI TRADIZIONALI

Misto Cementato: inerti

- Materiale frantumato compreso fra il 30 e il 60%
- Dimensione massima 40 mm
- Los Angeles < 30% **Buona resistenza**
- Equivalente in sabbia compreso fra 30 e 60 **Bassa plasticità**
- Indice plastico = 0 **No argilla**

Misto Cementato: legante

- Cemento Portland : 2.5 - 3.5% in peso sugli inerti

STRATI TRADIZIONALI

Misto Cementato: caratteristiche della miscela e progettazione

Si confezionano provini in stampi CBR, compattando secondo la procedura AASHO mod.

Si matura in ambiente umido per 7 giorni, deve risultare: $25 < \sigma_c < 45 \text{ kg/cm}^2$ (resistenza a compressione) e $\sigma_t > 2.5 \text{ kg/cm}^2$ (resistenza a trazione indiretta)

La resistenza a compressione è limitata inferiormente per avere resistenze meccaniche accettabili e superiormente per non irrigidire troppo la sovrastruttura determinando situazioni di concentrazioni di tensioni e conseguenti rotture

STRATI TRADIZIONALI

Misto Cementato: preparazione e posa

Preparazione in impianti fissi con betoniere ad alto rendimento ad asse verticale

Trasporto con autobetoniere o semplicemente con autocarri

Stesa con vibrofinitrice oppure con motograder

Dopo la stesa si protegge con emulsione bituminosa al 55%: circa 1 - 2 kg/m²



STRATI TRADIZIONALI

Misto Cementato: controlli alla stesa

Densità $> 97\%$ della densità di progetto quale risulta dalle prove meccaniche effettuate in fase di progettazione

Si prelevano campioni che devono dare le resistenze ottenute in fase di progettazione con un campo di variabilità del 20%

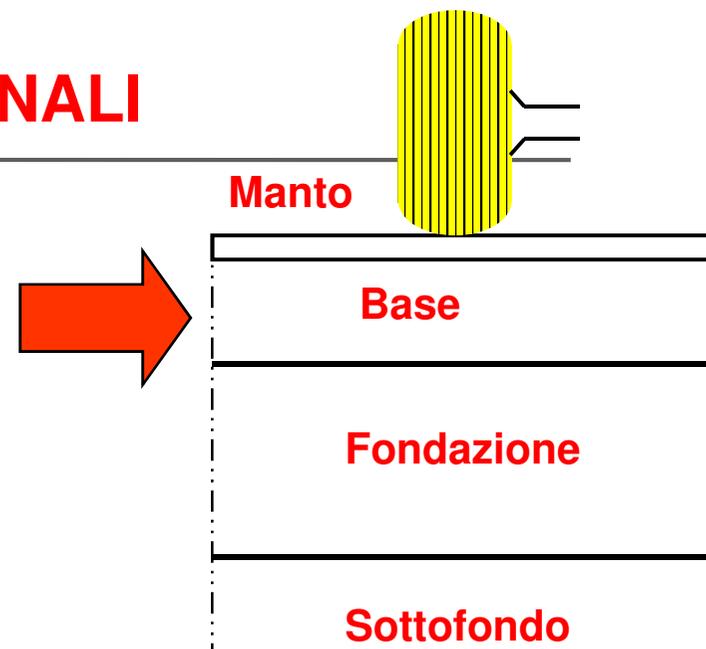
Sul materiale stagionato il modulo di deformazione misurato con la prova di carico con piastra deve essere compreso tra 600 e 900 MPa



STRATI TRADIZIONALI

Conglomerato bituminoso per strati di base

- Resistenza ai fenomeni di fatica
- Resistenza all'ormaiamento



STRATI TRADIZIONALI

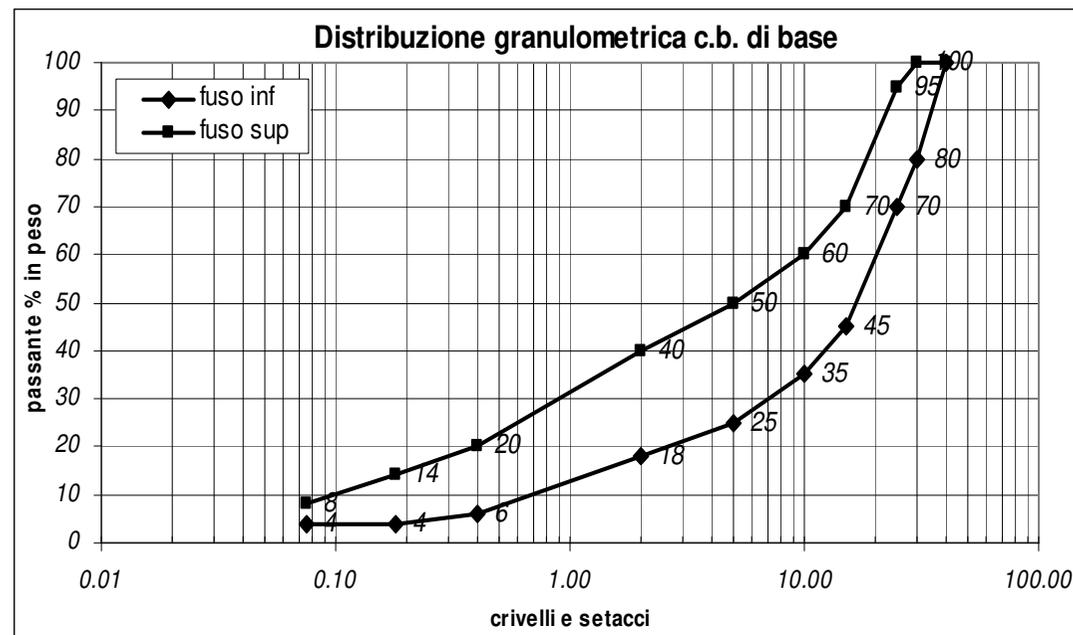
Conglomerato bituminoso di base

INERTI

Aggregato fino: Equivalente in sabbia > 50%

Dimensione massima 40 mm

Los Angeles < 25%



STRATI TRADIZIONALI

Conglomerato bituminoso di base

LEGANTE

Bitume 60 - 70 dmm

% bitume: 4 - 5%

PROVA MARSHALL

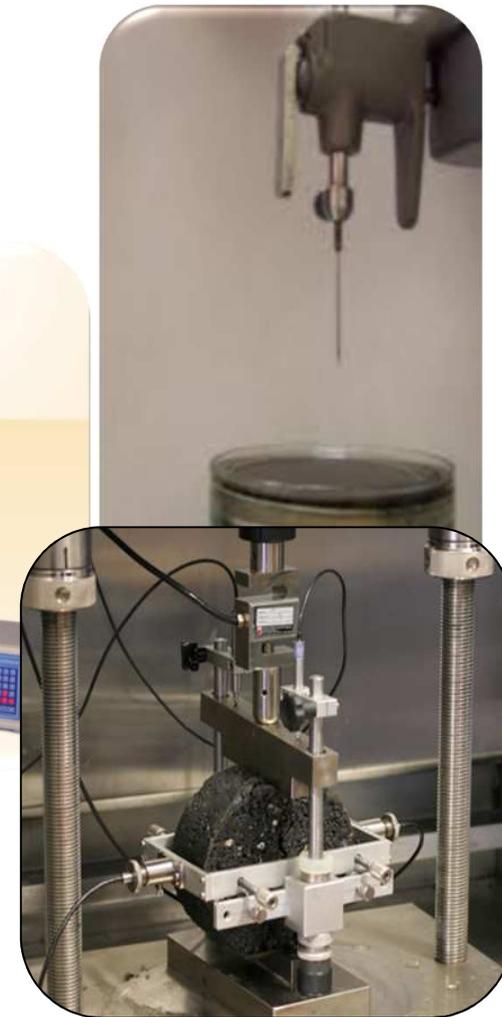
Stabilità > 700 kg

Rigidezza > 250 kg/mm

Vuoti 4 - 7%

PROVA ITSM a 20°C

Rigidezza > 6000 MPa



STRATI TRADIZIONALI

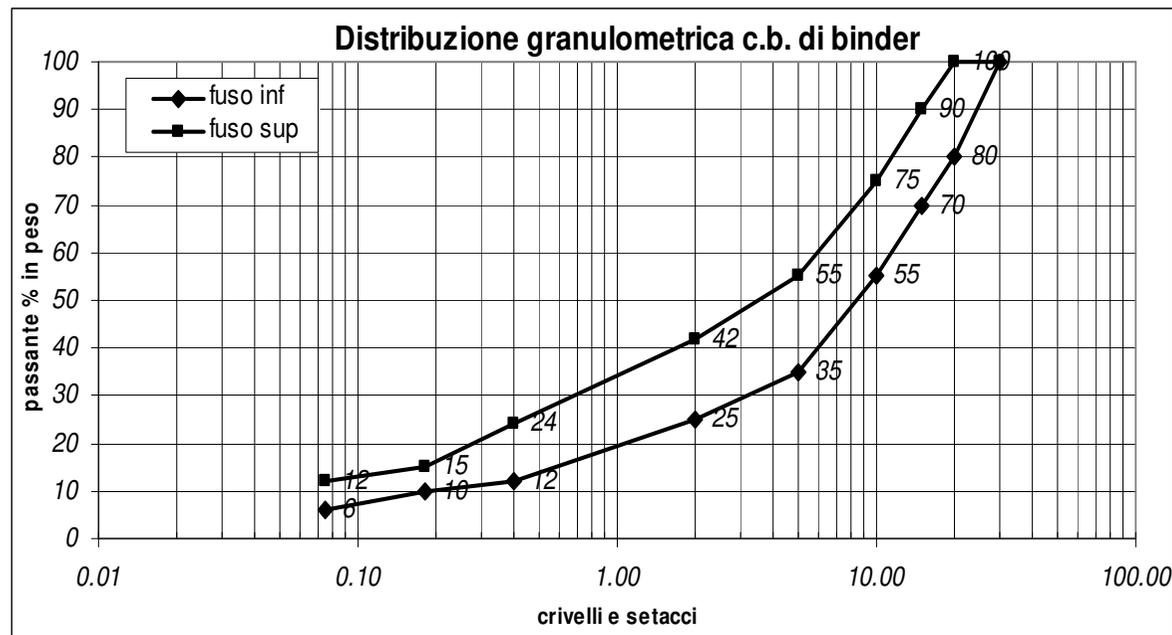
Conglomerato bituminoso per strati di binder

INERTI

Aggregato fino: Equivalente in sabbia > 55%

Dimensione massima 25 mm

Los Angeles < 25%



STRATI TRADIZIONALI

Conglomerato bituminoso di base

LEGANTE

Bitume 60 - 70 dmm

% bitume: 4 – 5.5%

PROVA MARSHALL

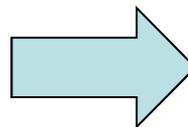
Stabilità > 900 kg

Rigidezza > 300 kg/mm

Vuoti 3 - 7%

PROVA ITSM a 20°C

Rigidezza > 6000 MPa



STRATI TRADIZIONALI

Conglomerato bituminoso per strati di usura

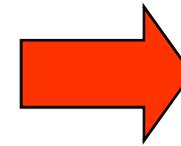
Elevata resistenza meccanica alle azioni di compressione, flessionali e tangenziali

Buona aderenza

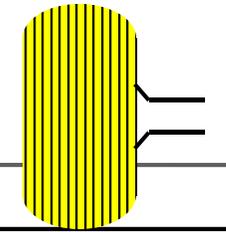
Bassa resistenza specifica

Impermeabilità

Scarsa manutenzione



Manto



Base

Fondazione

Sottofondo

STRATI TRADIZIONALI

Conglomerato bituminoso di usura

INERTI

Aggregato fino: Equivalente in sabbia > 55%

Dimensione massima 15 mm

Los Angeles < 20%

Serie crivelli e setacci UNI		Base	Binder	Usura		
				A	B	C
Crivello	40	100	-	-	-	-
Crivello	30	80 - 100	-	-	-	-
Crivello	25	70 - 95	100	100	-	-
Crivello	15	45 - 70	65 - 85	90 - 100	100	-
Crivello	10	35 - 60	55 - 75	70 - 90	70 - 90	100
Crivello	5	25 - 50	35 - 55	40 - 55	40 - 60	45 - 65
Setaccio	2	20 - 35	25 - 38	25 - 38	25 - 38	28 - 45
Setaccio	0,4	6 - 20	10 - 20	11 - 20	11 - 20	13 - 25
Setaccio	0.18	4 - 14	5 - 15	8 - 15	8 - 15	8 - 15
Setaccio	0.075	4 - 8	4 - 8	6 - 10	6 - 10	6 - 10
% di bitume		4,0 - 5,0	4,5 - 5,5	4,8 - 5,8	5,0 - 6,0	5,2 - 6,2

STRATI TRADIZIONALI

Conglomerato bituminoso di usura

LEGANTE

Bitume 60 - 70 dmm

% bitume: 4.5 - 6%

PROVA MARSHALL

Stabilità > 1000 kg

Rigidezza > 300 kg/mm

Vuoti 3 - 6%

PROVA ITSM a 20°C

Rigidezza > 3000 MPa



STRATI TRADIZIONALI

Conglomerati bituminosi per strati di usura, binder, base: preparazione e posa

Confezione in impianti fissi dove la temperatura degli aggregati raggiunge i 150 - 170 °C e quella del legante i 150 - 180 °C

Posa previa mano di ancoraggio con emulsione al 50 - 65% in ragione di 0.5 - 1 kg/m₂

Stesa con macchina vibrofinitrice. Conglomerato dopo la stesa > 130 °C

Compattazione con rulli vibranti o gommati vibranti per lo strato di base

Al termine della compattazione la densità deve superare il 97% della densità Marshall

