

Il Conglomerato Bituminoso per Opere Ferroviarie

Il Sub-Ballast

Relatori:

Ing. Gianmarco Bosco

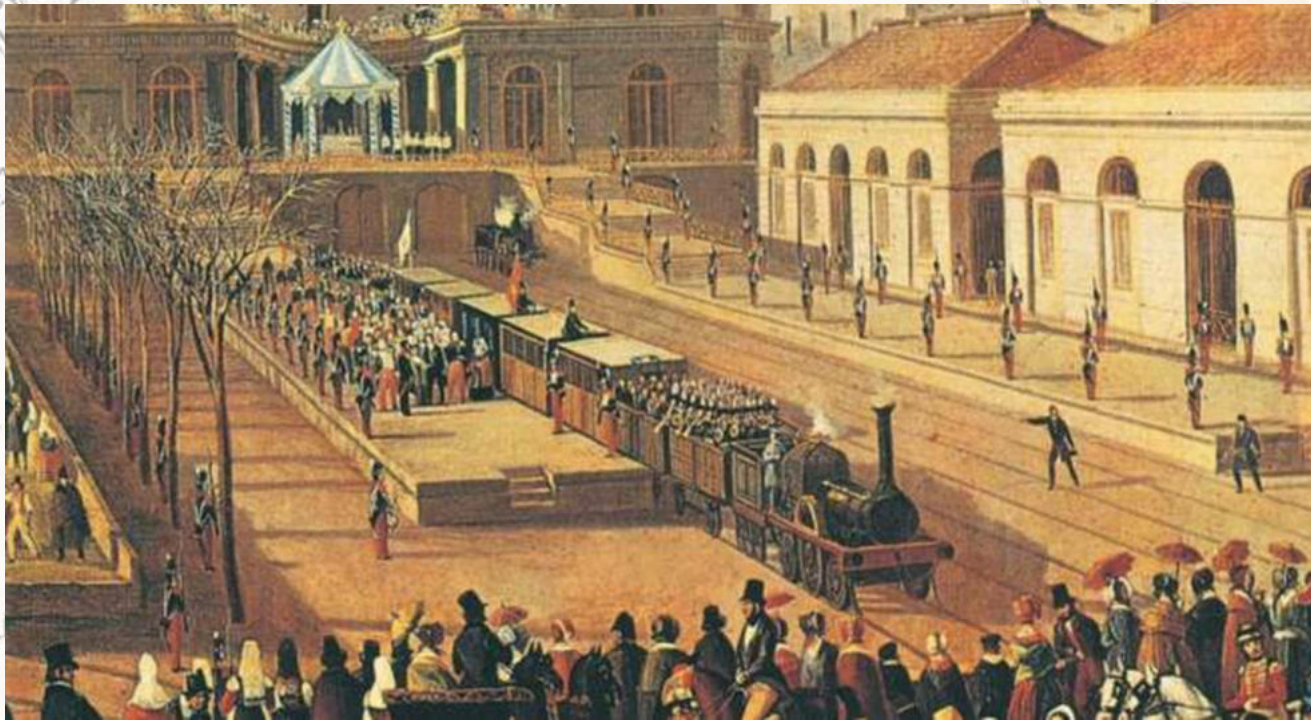
Arch. Giorgio Estrafallaces



Introduzione

«Allora Dio disse a Noè:
...fatti un'arca di legno di cipresso;
dividerai l'arca in scompartimenti e la spalmerai di **bitume** dentro e fuori...»

Genesi 6, 13-14



INDICE

01	Il Sub-Ballast Ferroviario	4
02	Caratterizzazione dei Materiali	9
03	Controllo dei Requisiti di Accettazione	20
04	Controlli Finali	24
05	Conclusioni	33



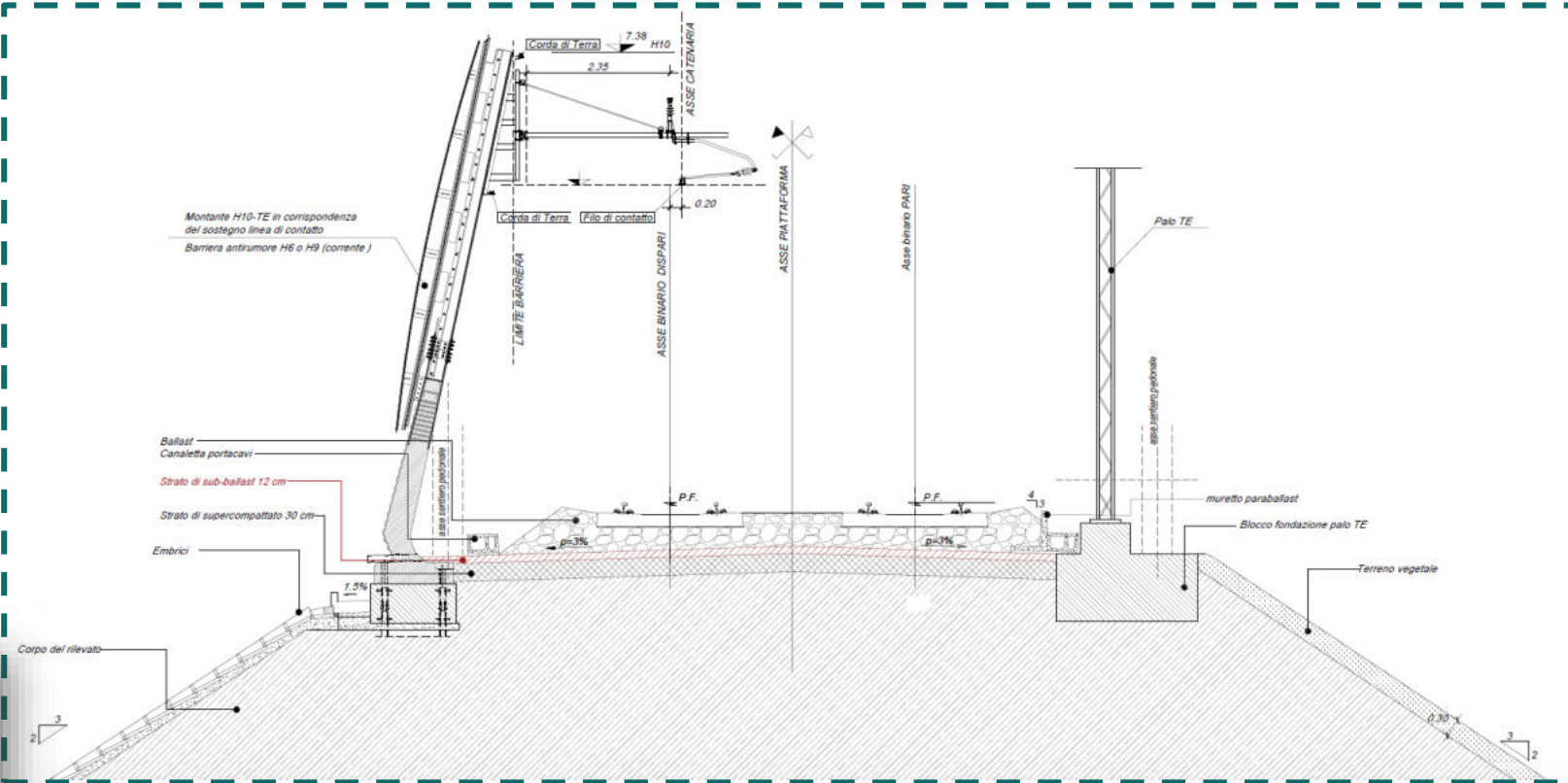
01. Il Sub-Ballast Ferroviario



Il Sub-Ballast Ferroviario

Definizione

- ❑ *Il sub-ballast è uno strato eseguito in conglomerato bituminoso impastato a caldo in adatto impianto di miscelazione, steso in opera in strato finito di **12 cm** con macchina vibrofinitrice e costipato con idonei rulli metallici e/o gommati*
- ❑ *Lo strato di sub-ballast è **interposto tra ballast ed il supercompattato***
- ❑ *Il sub-ballast può essere realizzato anche in misto cementato in caso di interventi particolari con spessore di **20 cm***



Il Sub-Ballast Ferroviario

Trasporto

Distanza

La percorrenza stradale dall'impianto di confezionamento al cantiere di stesa **non dovrà essere superiore a 70 Km**



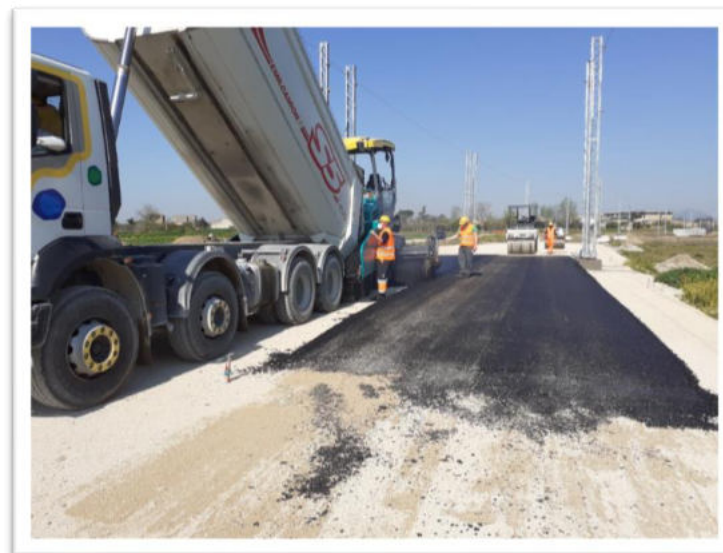
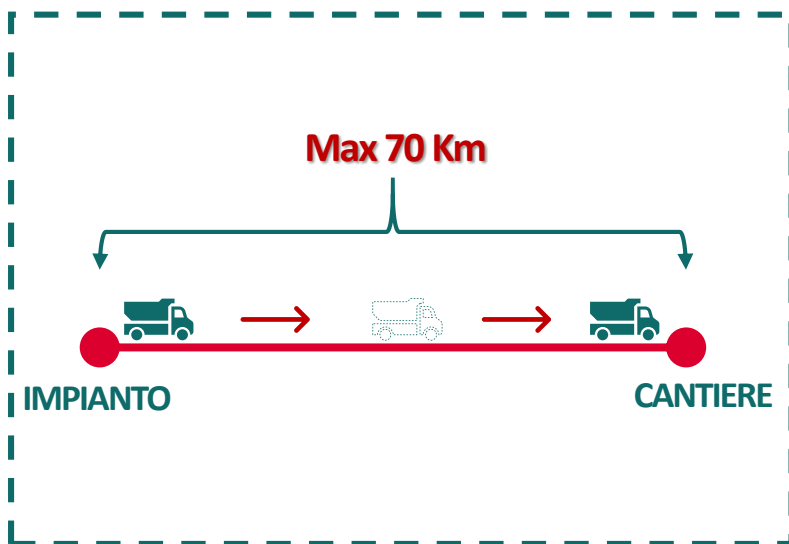
Mezzi di Trasporto

I mezzi di trasporto sono muniti di **cassone metallico** a perfetta tenuta di adeguata portata, puliti, efficienti e dotati di coperture per evitare raffreddamenti e crostoni



Pulizia

I cassoni possono essere **umettati con olio o gasolio** per evitare l'adesione dell'impasto al fondo ed alle pareti



Il Sub-Ballast Ferroviario

Posa in Opera

Garantire Adesione

Prima della stesa del conglomerato sullo strato di supercompattato, per garantire l'adesione, rimuovere sabbia e/o parti fini eventualmente presenti

Verifica Requisiti

La miscela bituminosa verrà stesa sul piano finito previa verifica dei requisiti richiesti di quota, sagoma, densità e portanza

Macchine Vibrofinitrici

La posa in opera dei conglomerati bituminosi verrà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici munite di piastre vibranti riscaldate, in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di auto-livellamento atti ad assicurare la superficie finale dello strato steso e compatto perfettamente sagomata e conforme ai profili ed alle pendenze in progetto

Direzione Lavori

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di poter far variare la tecnologia ritenuta non opportuna

Giunti Longitudinali

Nella stesa massima cura alla formazione di giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante affiancamento di una strisciata alla precedente con l'impiego di 2 o più finitrici. Il bordo della striscia già realizzata dovrà essere spalmato con emulsione bituminosa acida, al 55% in massa, per assicurare la saldatura della striscia successiva

Danneggiamento Bordi

Se il bordo risulta danneggiato o arrotondato si dovrà procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura



Il Sub-Ballast Ferroviario

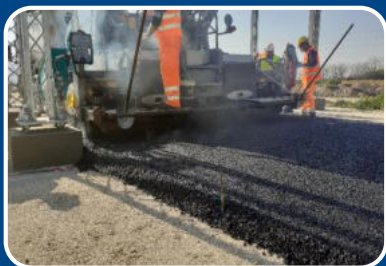
Stesa e Compattazione – Regole Costruttive



Temperatura



- ✓ La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della **stesa**, controllata immediatamente dietro la finitrice, almeno **pari a 140°C**
- ✓ La **rullatura** deve iniziare alla più alta temperatura possibile dell'impasto steso, comunque, **non inferiore a 130 °C**
- ✓ Nel caso di conglomerati bituminosi confezionati con **bitume modificato** la temperatura di stesa non dovrà essere **inferiore a 160 °C**



Stesa



- ✓ Sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro, in particolare la temperatura dell'aria scende sotto 5°C, quando il piano di posa si presenta sporco e/o bagnato
- ✓ La velocità di avanzamento della finitrice deve essere regolata in base all'effettiva capacità di approvvigionamento del conglomerato bituminoso
- ✓ Gli strati eventualmente compromessi, con densità inferiori a quelle richieste, dovranno essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a cura e spese dell' Appaltatore



Compattazione



- ✓ La compattazione dei conglomerati dovrà iniziare subito dopo la stesa (vibrofinitrice) con rulli che consentano un adeguato ed uniforme costipamento dell'impasto nonché la corretta finitura e sagomatura della superficie dello strato
- ✓ Devono pertanto essere impiegati almeno un rullo gommato e uno metallico, semoventi e a rapida inversione di marcia o sistemi misti
- ✓ La rullatura devono essere eseguite in modo che l'avanzamento giornaliero sia completo sull'intera larghezza della piattaforma
- ✓ I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere dovranno essere realizzati sempre dopo taglio e asportazione della parte terminale di azzeramento, mentre sui giunti d'inizio lavorazione si dovrà provvedere all'asporto dello strato sottostante mediante fresatura
- ✓ La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati sarà programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno 20 cm
- ✓ Strato di 12 cm in un'unica stesa ma su metà piattaforma, il giunto longitudinale deve coincidere con l'asse piattaforma

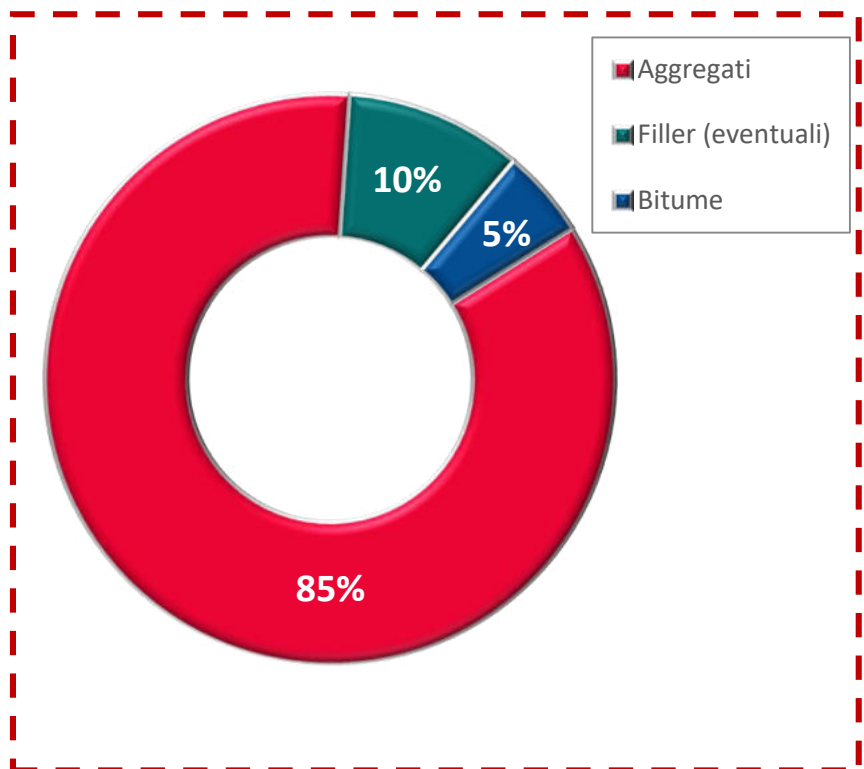
02. Caratterizzazione dei Materiali



Caratterizzazione dei Materiali

Caratteristiche dei Materiali Costituenti

- Il conglomerato bituminoso del sub-ballast è costituito da una miscela di **aggregati** (ghiaie, pietrischi, graniglie, sabbie ed additivi) impastata a caldo con **bitume** semisolido in impianti di tipo fisso automatizzato
- I conglomerati bituminosi dovranno essere dotati obbligatoriamente di **marcatura CE**

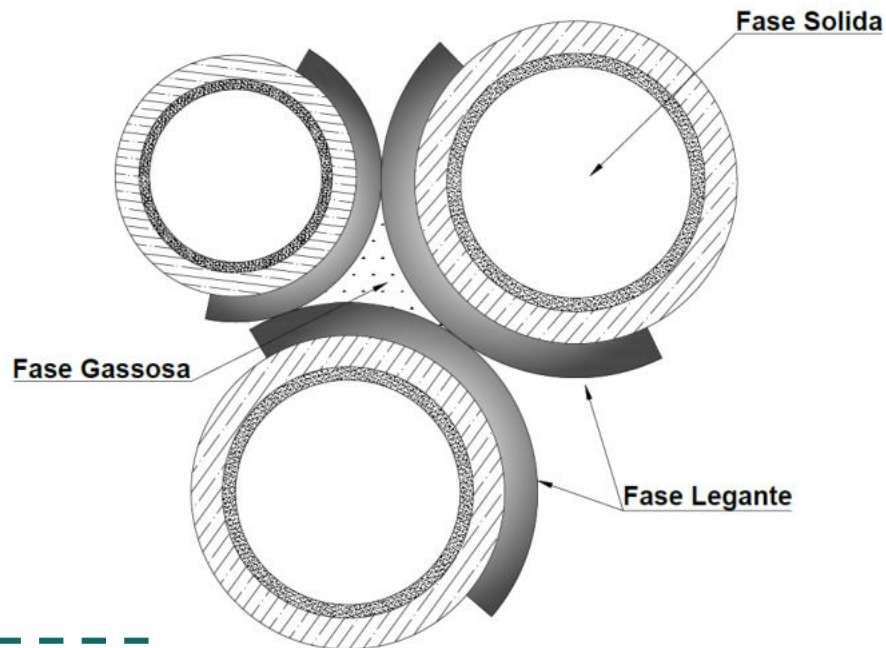


CE		
n.organismo notificato		
SOCIETA' 08 n. certificato		
EN 13108-1		
Conglomerato Bituminoso per strade, piste aeroportuali e altre aree trafficate		
CB	12,5 USURA BM 50/70	
Impianto di xxxxxxx		
Requisiti generali + Requisiti empirici		
Contenuto di vuoti		
- massimo	V _{max}	NPD
- minimo	V _{min}	NPD
Massimo di vuoti riempiti da bitume	VFB _{max}	NPD
Massimo di vuoti riempiti da bitume	VFB _{min}	NPD
Vuoti nell'aggregato rotondo	VMA _{min}	NPD
Contenuto di vuoti dopo 10 risterzioni	V100 _{min}	11
Sensibilità all'acqua	ITSR	NPD
Resistenza all'abrasione da pneumatici scoppi (ciclabili)	ABR _A	NPD
Razione al fuoco	Euroclass	NPD
Temperatura della miscela	da	140°C a 180°C
Granulometria:		
(passante al setaccio)		
	16	100%
	12,5	99%
	8	80%
	4	49%
	2	31%
	0,5	15%
	0,25	12%
	0,063	8,0%
	B _{min}	4,8%
Contenuto di legante		
Valori Marshall		
minima stabilità	S _{min}	NPD
massima stabilità	P _{max}	NPD
scorrimento	F	NPD
minima rigidità	Q _{min}	NPD
Resistenza alla deformazione permanente		
Dispositivo grande: profondità del solco	P	NPD
Dispositivo piccolo: pendenza del solco	WTS _{0,25}	NPD
Dispositivo piccolo: profondità del solco	PRD _{0,25}	NPD
Condizioni di prova determinate secondo la UNI EN 13108-20		



Caratterizzazione dei Materiali

Il Conglomerato Bituminoso – Le Fasi



Fase Solidi

01

Gli aggregati lapidei costituiscono lo scheletro litico portante del conglomerato

Fase Legante

02

Il mastice bituminoso (bitumen + filler) forniscono la coesione alla miscela dei granuli


Fase Gassosa

03

La porosità consente, entro certi limiti, la dilatazione termica del bitume

Caratterizzazione dei Materiali

Aggregati

Norma	Descrizione
UNI EN 13043 	<i>Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti e altre aree soggette a traffico</i>
UNI EN 13055	<i>Aggregati leggeri</i>
UNI EN 932-1	<i>Metodi di Campionamento</i>


WARNING

UNI EN 13043:2004



Ai fini dell'impiego è obbligatoria l'attestazione di conformità (CE)
 da parte del produttore

Caratterizzazione dei Materiali

Caratteristiche degli Aggregati

 Prova	Aggregato Grosso			Aggregato Fine		Filler	
	Tipologia	Norma	Limite	Norma	Limite	Norma	Limite
Los Angeles	✓	UNI EN 1097-2	< 30%	✗			
Indice di Appiattimento	✓	UNI EN 933-3	≤ 15	✗			
Coefficiente di Imbibizione	✓	UNI EN 13755	< 1%	✗			
Equivalente in Sabbia	✗			✓	UNI EN 933-8	> 70	
Analisi Granulometrica						✓ UNI EN 12697-2 UNI EN 933-1	Passante al setaccio UNI 0,60 (ASTM 30) 100% Passante al setaccio UNI 0,15 (ASTM 100) ≥ 90% Passante al setaccio UNI 0,063 (ASTM 200) ≥ 70%



Aggregato grosso: costituito da elementi sani, duri, a superficie ruvida, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei

Aggregato fine: costituito da sabbie naturali e/o di frantumazione che si integrino opportunamente dal punto di vista granulometrico

Additivi: asciutti e privi di agglomerazioni provenienti dalla macinazione di rocce



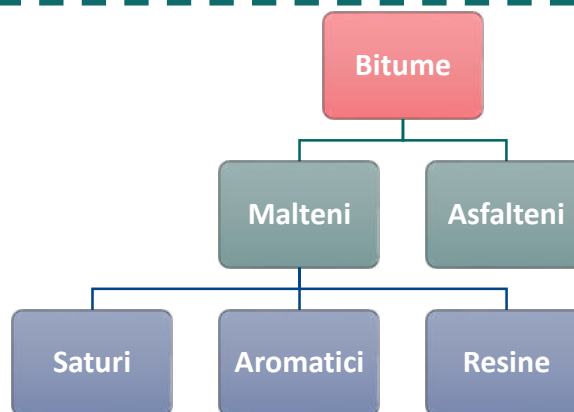
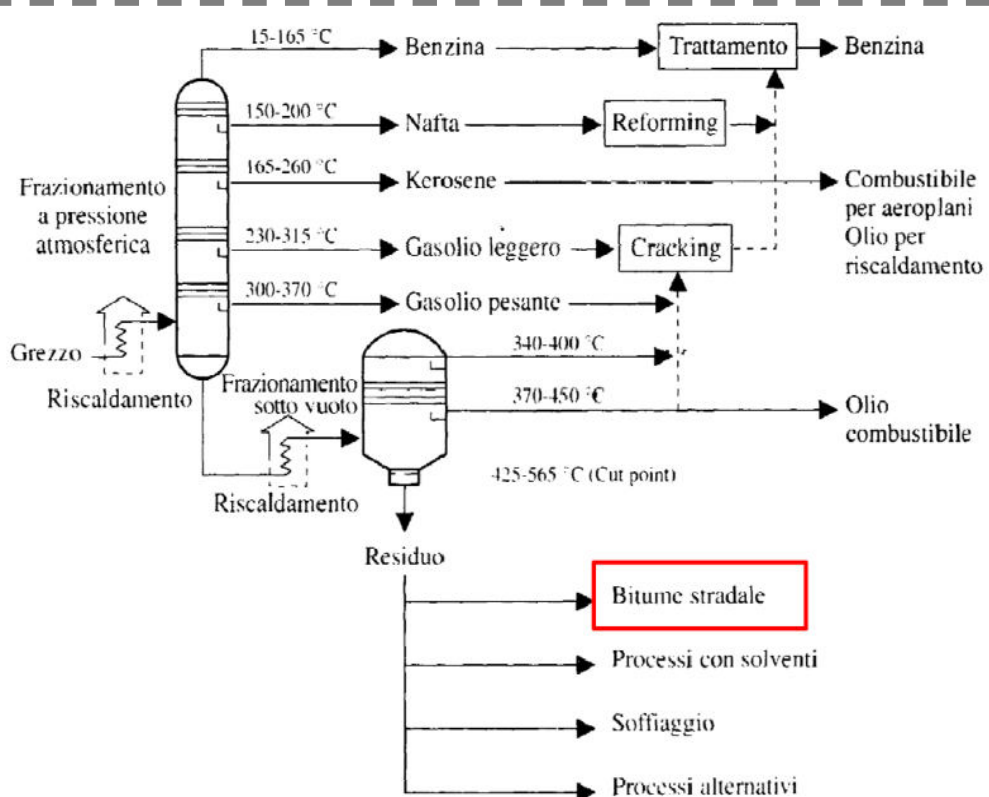
Le prove di verifica delle caratteristiche sopraindicate dovranno essere effettuate alla qualificazione e ogni 500 m³ di conglomerato bituminoso fornito

Caratterizzazione dei Materiali

Il Legante Bituminoso

⚠ Miscela di idrocarburi paraffinici ed aromatici ad alto peso molecolare solubili nel solfuro di carbonio CS₂

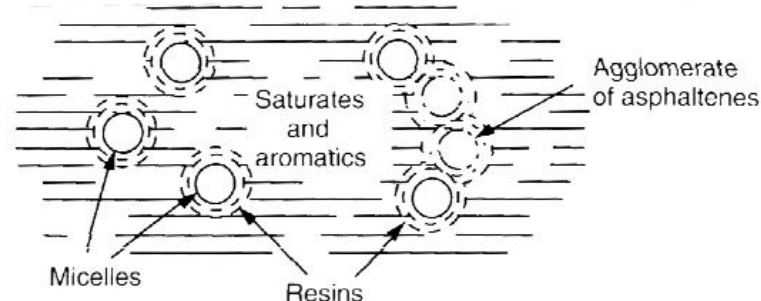
🏭 Il bitume si può trovare in natura (laghi neri delle Bermude e in Venezuela), oggi è ottenuto principalmente dalla distillazione frazionata del greggio di petrolio



Perché impiegare il Bitume ?

- Adesione
- Coesione
- Impermeabilizzazione
- Termo-dipendenza
- Tempo-dipendenza

Il modello colloidale di Nellensteyn (1924)



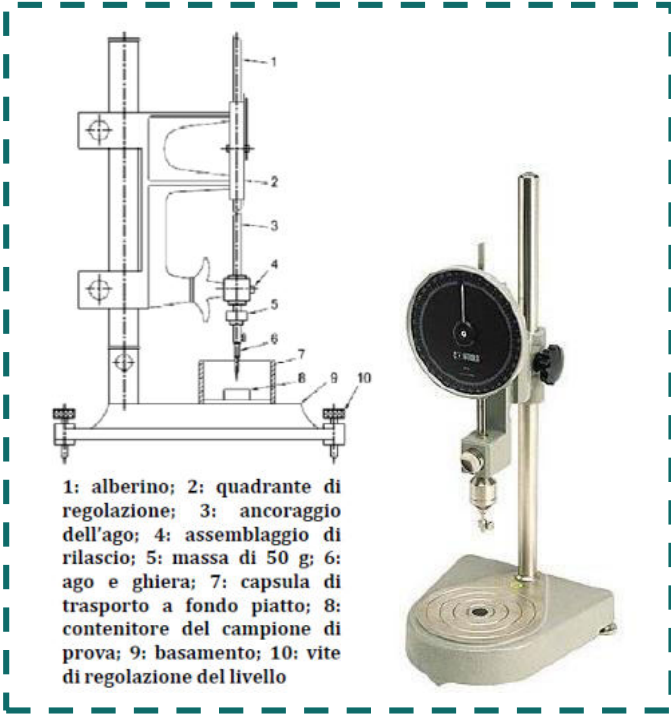
Caratterizzazione dei Materiali

Caratteristiche del Bitume

Il legante bituminoso dovrà essere del tipo 50/70

Legante Bituminoso [UNI EN 12591-12597]

n°	Tipologia di Prova	U.M.	Limite/Teorico	Riferimento Normativo
PRIMA PARTE				
1	Penetrazione a 25 °C	dmm	50 - 70	UNI EN 1426
2	Punto di Rammollimento	°C	46 - 54	UNI EN 1427
3	Punto di rottura Fraass min	°C	≤ -8	UNI EN 12593
4	Punto di Infiammabilità	°C	230	UNI EN 22592 (b)
SECONDA PARTE – Valori dopo RTFOT (Rolling Thin Film Over Test) – Resistenza Invecchiamento UNI EN 12607-1				
5	Variazione di Massa	%	≤ 0,5	UNI EN 12607-1
6	Incremento del Punto di Rammollimento	°C	≤ 11	UNI EN 1427
7	Penetrazione Residua	%	≥ 50	UNI EN 1426

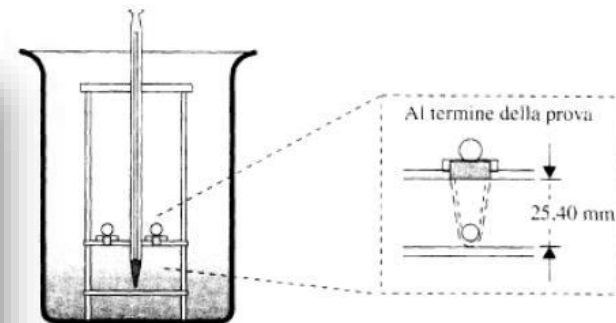
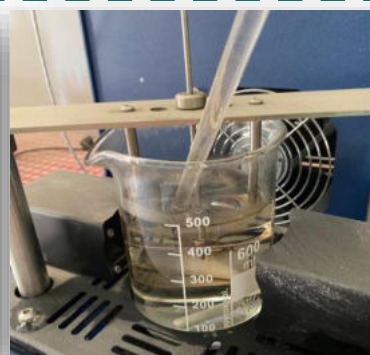


Short Term Aging

Processo di alterazione fisico-chimico dei bitumi dovuto alle alte temperature

Aging Time: 75±1 min.

Temperature: 163±1 °C



Caratterizzazione dei Materiali

Il Conglomerato Bituminoso per Sub-Ballast - Requisiti



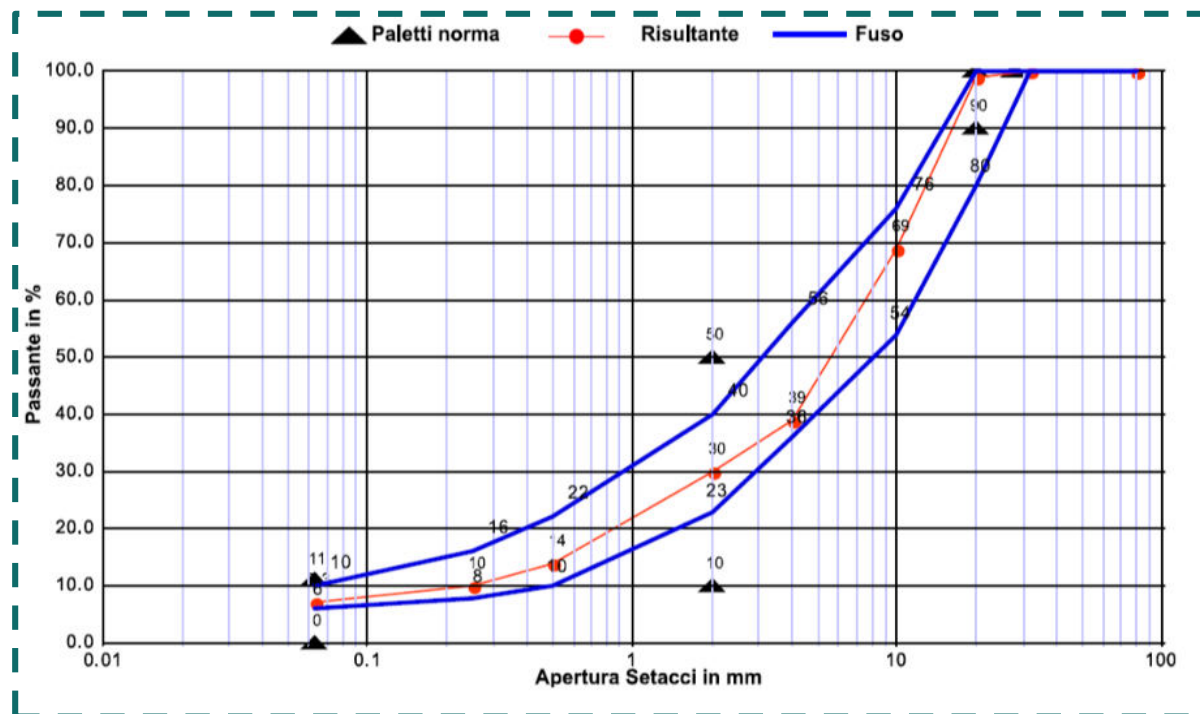
I conglomerati bituminosi devono avere la marcatura CE



Le miscele dovranno avere una composizione granulometrica determinata in conformità con la UNI EN 13108-1 e UNI EN 12697-2

Composizione Granulometrica:

Miscela Setaccio UNI	Passante % Totale in massa
Setaccio 31,5	100
Setaccio 20	80 – 100
Setaccio 10	54 – 76
Setaccio 4	36 – 56
Setaccio 2	23 – 40
Setaccio 0,5	10 – 22
Setaccio 0,25	8 – 16
Setaccio 0,063	6 – 10



□ Tenore di bitume riferito alla massa totale degli aggregati: compreso tra **4,1% e 4,8%**

□ Rapporto in peso filler-bitume: compreso tra **1,5 e 2**

Caratterizzazione dei Materiali

Il Conglomerato Bituminoso per Sub-Ballast - Requisiti



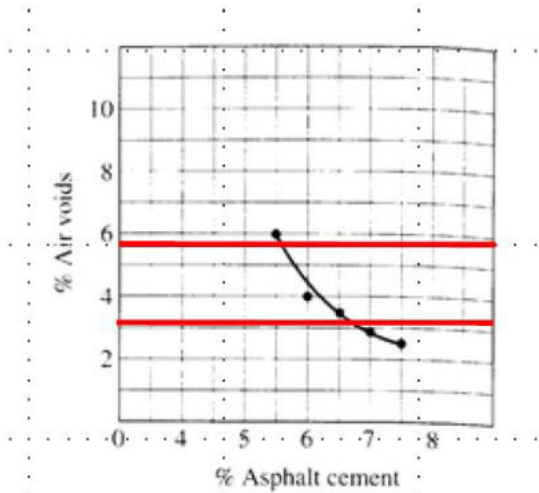
I conglomerati bituminosi devono avere la marcatura CE



Metodo Marshall:

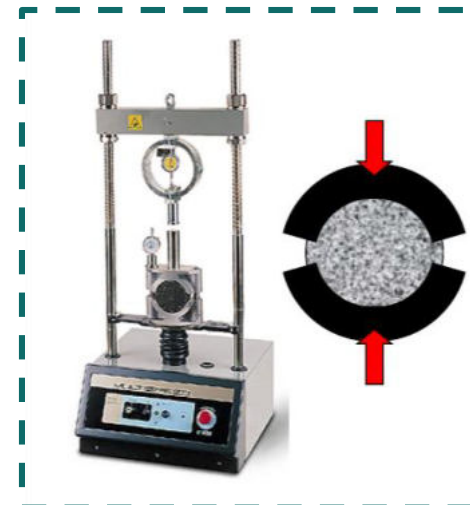
- ❖ Stabilità → ≥ 10 kN
- ❖ Flusso → compreso 2 mm e 4 mm
- ❖ Rigidità → $> 2,5$ kN/mm

Vuoti Residui: compreso tra il 3% e il 6%



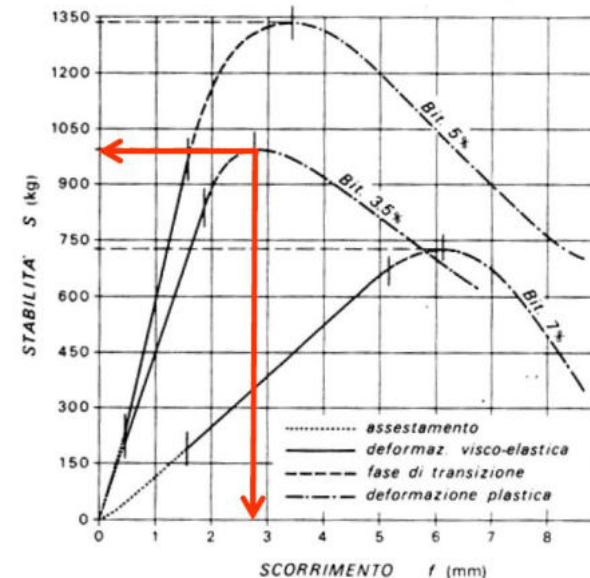
🌡 Temperatura: 60 °C

🔨 75 colpi di maglio per faccia



Perdita di stabilità Marshall: non superiore al 25%

🌡 Temperatura: 60 °C
 💧 Provini 24 h in H₂O



Caratterizzazione dei Materiali

Il Conglomerato Bituminoso per Sub-Ballast - Requisiti



I conglomerati bituminosi dovranno avere la marcatura CE



❑ Prova Trazione Indiretta (Brasiliana): superiore a 8 daN/cm²



⇒ **Verifica comportamento ad Azioni Dinamiche**

❖ **Modulo Dinamico** a 20 °C e 30 °C (frequenza 10 Hertz)

❖ **Resistenza allo Scorrimento Dinamico** (frequenza 10 Hertz, 2 bar di ampiezza della pressione verticale sinusoidale, a 30 °C e con pressione laterale di 1,5 bar)

Caratterizzazione dei Materiali

Il Conglomerato Bituminoso - Requisiti

Conglomerato Bituminoso [UNI EN 12697 e UNI EN 13108]				
n°	Tipologia di Prova	U.M.	Limite/Teorico	Riferimento Normativo
1	Contenuto di Bitume (rif. Aggregati)	%	4,1 - 4,8	UNI EN 12697-1 UNI EN 12697-39
2	Rapporto in peso Filler - Bitume	-	1,5 - 2	
3	Stabilità Marshall	kN	≥ 10	UNI EN 12697-34
4	Scorrimento/Flusso Marshall	mm	2 - 4	UNI EN 12697-34
5	Rigidezza Marshall	kN/mm	> 2,5	UNI EN 12697-34
6	Massa Volumica	Mg/m ³	-	UNI EN 12697-34 UNI EN 12697-9
7	Percentuale Vuoti Residui	%	3 - 6	UNI EN 12697-8
8	Perdita di Stabilità Marshall	%	≤ 25	UNI EN 12697-34
9	Resistenza a Trazione Indiretta (Prova Brasiliana)	daN/cm ²	> 8	UNI EN 12697-23
10	Modulo Dinamico a 20 °C e 30 °C	Mpa	-	UNI EN 12697-26
11	Resistenza allo Scorrimento Dinamico	%	-	UNI EN 12697-25
12	Analisi Granulometrica	Setaccio	% Passante	UNI EN 12697-2
		31,5	100	
		20	80 - 100	
		10	54 - 76	
		4	36 - 56	
		2	23 - 40	
		0,5	10 - 22	
		0,25	8 - 16	
0,063	6 - 10			



03. Controllo dei Requisiti di Accettazione



Controllo dei Requisiti di Accettazione

Impianti di Produzione



- ❑ Gli Impianti sono fissi, automatizzati e perfettamente funzionanti
- ❑ La produzione **non dovrà** essere spinta oltre le potenzialità
- ❑ Gli impianti devono garantire uniformità di produzione
- ❑ Il dosaggio dei costituenti della miscela deve essere eseguito a massa e costantemente controllata
- ❑ Gli impianti devono assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione nonché il perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo
- ❑ La zona destinata allo stoccaggio degli aggregati deve essere sistemata per eliminare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che compromettono la pulizia degli aggregati
- ❑ I cumuli delle diverse classi dovranno essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura
- ❑ Il tempo di miscelazione effettivo sarà stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto e dell'effettiva temperatura raggiunta dai costituenti la miscela, in misura tale da permettere un completo e uniforme rivestimento degli aggregati con il legante; **comunque esso non dovrà mai scendere al di sotto dei 30 secondi**
- ❑ Gli impianti sono muniti di termometri collegati all'uscita del cilindro essiccatore ed alle tramogge a caldo
- ❑ Le cisterne del bitume devono essere fornite di sistema di riscaldamento, di termostato e di termometro
- ❑ I sistemi di dosaggio, i termometri ed i termostati devono essere verificati periodicamente onde assicurarne sempre la precisione



Componente	Temperatura [°C]
Bitume	170 ± 10 °C
Aggregati	165 ± 10 °C
Filler	Ambiente
Additivo	Ambiente

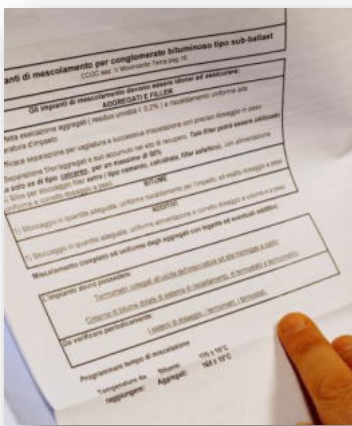


L'umidità residua degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non dovrà di norma superare 0,2 %



Controllo dei Requisiti di Accettazione

Impianti di Produzione - Controlli



01

Aggregati

- ❖ Perfetta essiccazione degli aggregati
- ❖ Riscaldamento uniforme alle temperature di impasto

02

Dosaggio Classi Granulometriche

- ❖ Separazione (mediante vagliatura) delle classi granulometriche
- ❖ Miscelazione per assicurare un preciso dosaggio in peso

03

Stoccaggio

- ❖ Stoccaggio del filler extra in apposito silos, uniforme alimentazione e corretto dosaggio
- ❖ Stoccaggio del bitume in quantità adeguata alla capacità di produzione dell'impianto, riscaldamento uniforme alla temperature di impasto e corretto dosaggio
- ❖ Stoccaggio di eventuali additivi, uniforme alimentazione e corretto dosaggio

04

Miscelamento

- ❖ Miscelamento completo ed uniforme degli aggregati con il legante o con gli eventuali additivi

La polvere deve essere separata dagli aggregati in apposito sito di recupero e potrà essere reimpiegata come filler, previa approvazione della Direzione Lavori, solo se di natura calcarea ed in percentuale tale da coprire non più della metà del fabbisogno totale del filler

Controllo dei Requisiti di Accettazione

L' Iter di Accettazione

Ulteriori controlli:

- ❖ Taratura delle bilance e dei termometri dell'impianto (mensile)
- ❖ Caratteristiche del bitume (settimanale)

! In cantiere dovrà essere tenuto apposito **registro numerato e vidimato dalla Direzione Lavori** sul quale l' Appaltatore dovrà giornalmente registrare tutte le prove e i controlli effettuati

Prove e Controlli (frequenza giornaliera):

- ❖ Verifica granulometrica dei singoli aggregati approvvigionati in cantiere
- ❖ Verifica granulometrica degli aggregati stessi all'uscita dei vagli di riclassificazione
- ❖ Verifica della composizione del conglomerato
- ❖ Verifica delle caratteristiche Marshall del conglomerato:
 - massa volumica (UNI EN 12697-9)
 - percentuale di vuoti (UNI EN 12697-8)
 - stabilità e rigidità Marshall (UNI EN 12697-34)
 - umidità residua degli aggregati all'uscita dall'essiccatore

❖ Ulteriori controlli richiesti dalla Direzione Lavori

L' Appaltatore è tenuto a presentare **con almeno 30 giorni di anticipo** rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ogni cantiere di confezione **lo studio delle miscele** che intende adottare, secondo il metodo Marshall

La Direzione Lavori si riserva di approvare le miscele o di fare eseguire nuove sperimentazioni

In ogni cantiere di lavoro dovrà essere installato, a cura e spese dell'Appaltatore, **un laboratorio idoneamente attrezzato per le prove e i controlli in corso di produzione e finali**, condotto da personale appositamente addestrato



L' Appaltatore deve **eseguire tutte le prove richieste sui campioni di aggregato e di legante** per la relativa accettazione

Ogni composizione proposta dovrà essere corredata da una completa documentazione delle determinazioni effettuate in laboratorio, attraverso le quali l' Appaltatore avrà ricavato la **composizione ottimale**

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

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

Tolleranze

- Aggregato Grosso** → contenuto inferiore a $\pm 5\%$ sulla percentuale della curva granulometrica dello studio preliminare
- Sabbia** → contenuto inferiore a $\pm 3\%$ sulla percentuale della curva granulometrica dello studio preliminare
- Additivo** → contenuto inferiore a $\pm 1,5\%$ sulla percentuale della curva granulometrica dello studio preliminare
- Bitume** → scostamento dalla percentuale stabilita inferiore allo $\pm 0,3\%$

04. Controlli Finali



Controlli Finali

Campo Prova

Istruzione Operativa

L'Appaltatore prima dell'inizio dell'attività di stesa (almeno 15 giorni) deve presentare alla Direzione Lavori, per approvazione, **una relazione o un' Istruzione operativa** nella quale venga descritto il sistema di compattazione, elencando il numero dei rulli, le loro caratteristiche tecniche, la velocità durante la compattazione ed i tempi o le temperature d'inizio compattazione

Campo Prova

Il sistema di stesa e compattazione e le caratteristiche in opera del conglomerato bituminoso dovranno essere qualificate, sulla base della istruzione operativa, realizzando **uno strato di prova** dello stesso spessore e **larghezza e di lunghezza non inferiore a 25 (venticinque) m**

Compattazione

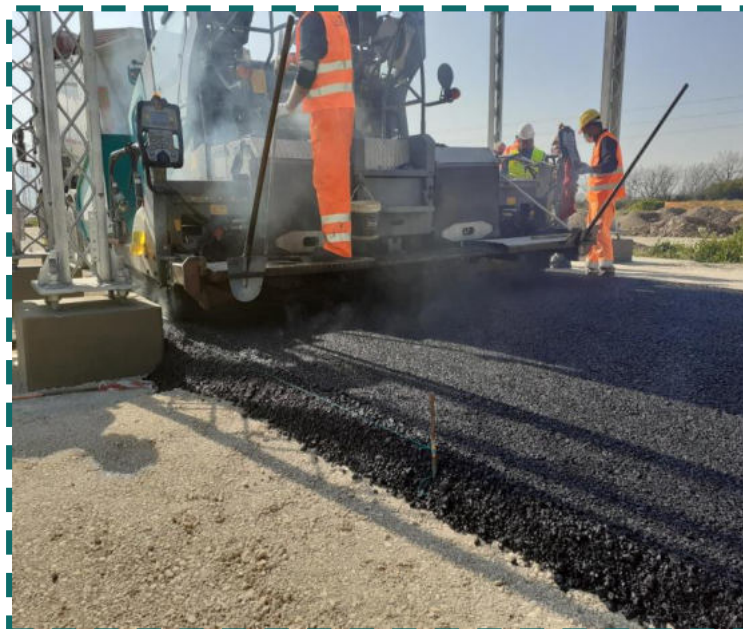
La **compattazione** è condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso

		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO					
ISTRUZIONE OPERATIVA – ESECUZIONE POSA IN OPERA SUB-BALLAST		COMMESSA IFK	LOTTO 01 C ZZ	CODIFICA M	DOCUMENTO IF 00 0 4 001	REV. A	FOGLIO 1 6 9

ISTRUZIONE OPERATIVA POSA IN OPERA SUB-BALLAST

(Esecuzione Campo Prova RI22-Deviata Provvisoria, Qualifica Sub-Ballast)

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OGGETTO DEL DOCUMENTO	PROGR.	REV.
I F K 0 1			C Z Z	M I	I F 0 0 0 4	0 0 1	A

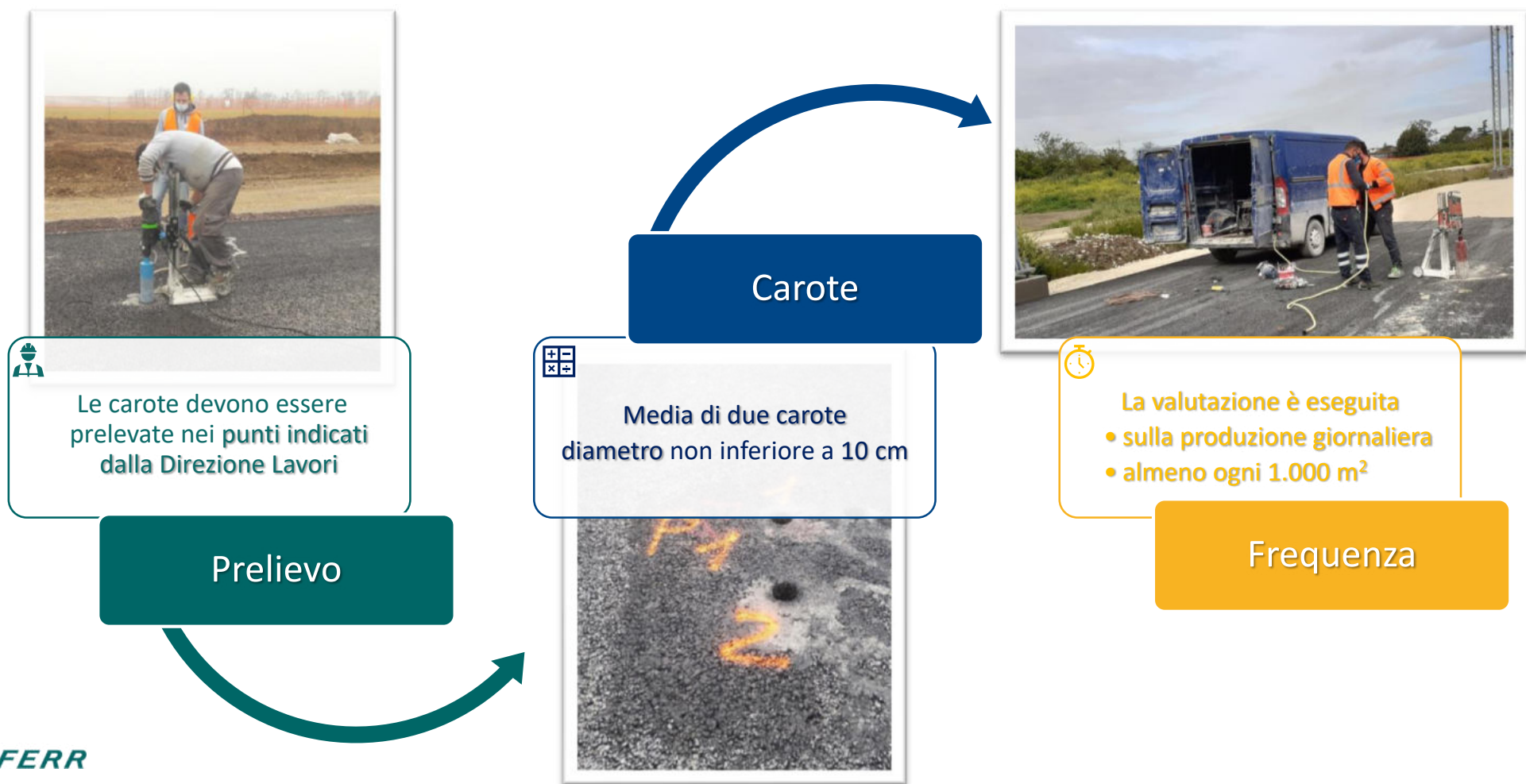


Controlli Finali

Al termine della compattazione dovranno essere eseguiti i seguenti **controlli finali**:

1. Densità:

La densità di tasselli o carote indisturbati non deve essere inferiore al 98% della densità dei provini Marshall



Controlli Finali

Al termine della compattazione dovranno essere eseguiti i seguenti **controlli finali**:

2. Caratteristiche del Conglomerato Bituminoso:

Sulle stesse **due carote** utilizzate per la densità dovranno essere determinati:



Tolleranze rispetto alla qualifica:
+/- 0,2% valore qualifica

Contenuto di Bitume



Tolleranze rispetto alla qualifica:

Aggregato grosso: +/- 5%;
Aggregato fino (sabbia): +/- 3%;
Filler (additivo): +/- 0,3%.

Granulometria Aggregati



Non minore di 0,6 Mpa

Trazione Indiretta



Compresa fra il 3% ed il 6%.

Percentuale dei Vuoti Residui

Controlli Finali

Al termine della compattazione dovranno essere eseguiti i seguenti **controlli finali**:

3. Spessore dello Strato:

Le carote saranno utilizzate anche per la determinazione dello **spessore finale** dello strato

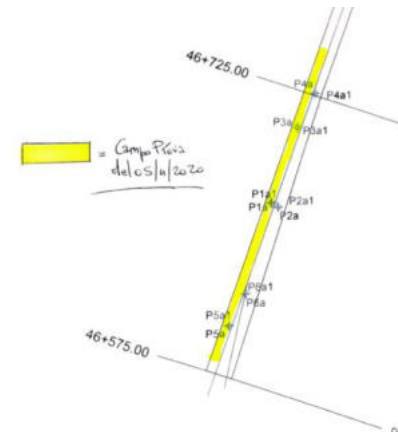


Tolleranza Massima
0,5 cm in meno rispetto allo spessore di Progetto

✗ Nel caso in cui lo spessore risultasse inferiore al limite
Prelievo di almeno ulteriori 4 carote in punti scelti dalla DL nell'ambito dei 1.000 m² da controllare

In prossimità dei punti in cui è stato riscontrato il ridotto spessore saranno eseguite **prove di carico su piastra aggiuntive**

- ✓ **Lo Spessore dello Strato sarà considerato accettabile**
- ☐ non si saranno ottenuti complessivamente più di due valori fuori tolleranza
- ☐ non si saranno ottenuti casi di sottospessori maggiori di 1 cm
- ☐ tutte le prove di carico su piastra avranno dato risultato positivo



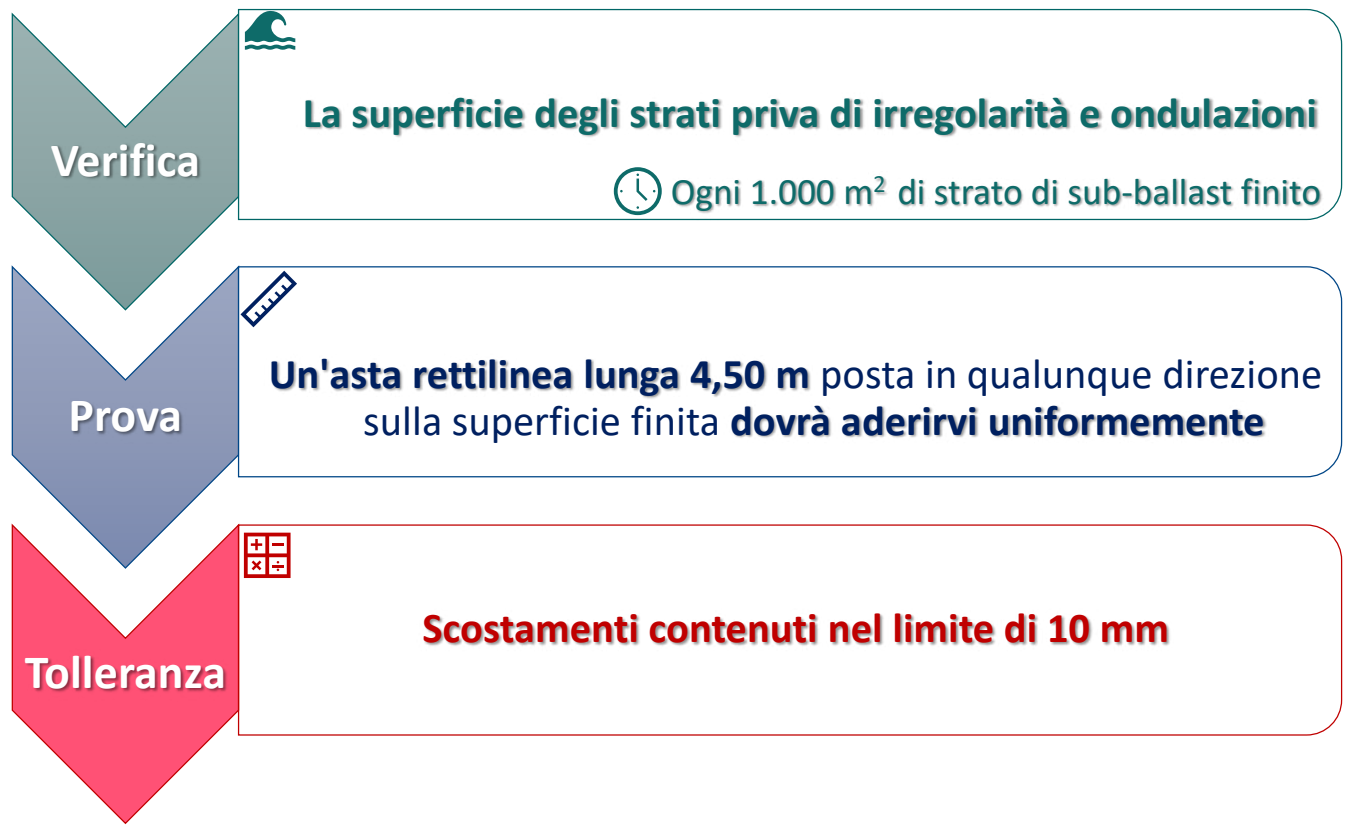
Misure:	1) P. 1/1	2) P. 1/2	3) P. 2/1	4) P. 2/2	5) P. 3/1	6) P. 3/2
1	120	120	118	124	118	120
2	121	120	119	122	116	115
3	122	120	118	126	120	116
4	120	119	120	125	118	118
Valore medio (mm):	120,8	119,8	118,8	124,3	118,0	117,3

Misure:	7) P. 4/1	8) P. 4/2	9) P. 5/1	10) P. 5/2	11) P. 6/1	12) P. 6/2
1	118	126	120	124	120	120
2	120	125	122	124	120	120
3	120	122	121	125	118	120
4	119	124	118	122	120	121
Valore medio (mm):	119,3	124,3	120,3	123,8	119,5	120,3

Controlli Finali

Al termine della compattazione dovranno essere eseguiti i seguenti **controlli finali**:

4. Regolarità della Superficie:



Controlli Finali

Al termine della compattazione dovranno essere eseguiti i seguenti **controlli finali**:

5. Modulo di Deformazione

Prova di Carico su Piastra CNR BU 146/92

Lo strato finito dovrà avere un Modulo di Deformazione misurato con prova di carico su piastra (con modalità di cui al Bollettino Ufficiale CNR n° 146 dell'14/12/1992) non inferiore a 200 N/mm²

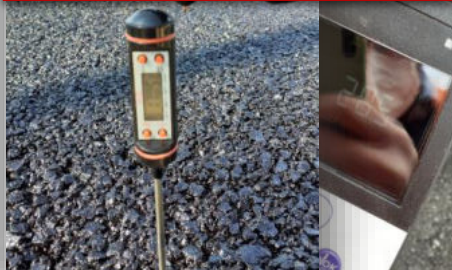
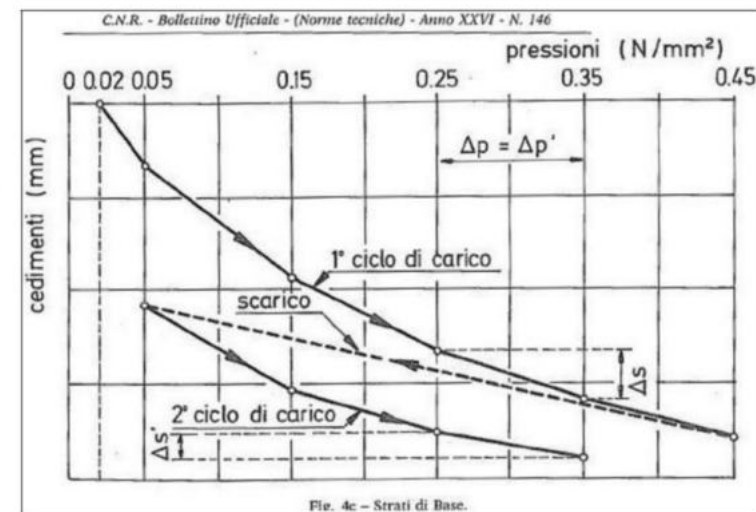
$$M_d = \frac{\Delta p}{\Delta \delta} D$$

Modalità Prova



La determinazione deve essere eseguita attraverso due prove effettuate presso i punti dai quali sono state prelevate le prime due carote ed eventualmente attraverso le prove aggiuntive eseguite nei punti con ridotto spessore

Temperatura

- La temperatura dello strato compresa tra 20°C e 30°C
- Con temperatura dello strato compresa tra 10°C e 19,9°C, il modulo risultante dovrà essere non inferiore a 220 N/mm²
- La prova non può essere eseguita con temperatura dello strato è inferiore a 10°C



Controlli Finali

 Al termine della compattazione dovranno essere eseguiti i seguenti **controlli finali**: 

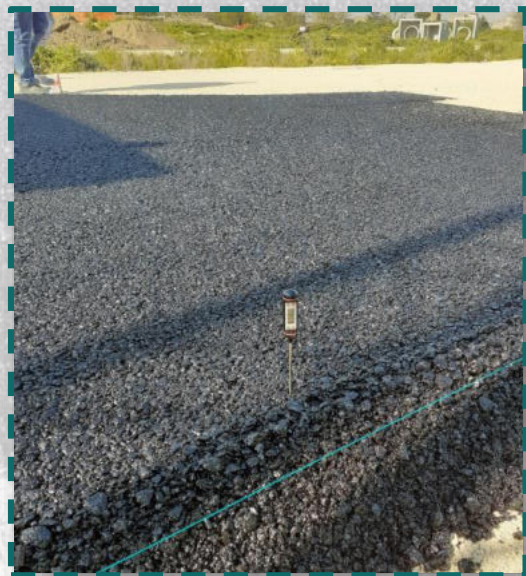
6. Quota:

Quota Finale

Quota finale dell'asse e dei cigli del rilevato misurata sopra il sub-ballast deve rispettare quella di progetto con tolleranza **+1cm e -2cm**

Misura 

La misura deve essere presa a cedimenti esauriti



Controlli Finali

Tabella Riepilogativa

Controlli Finali				
n°	Tipologia di Prova	U.M.	Limite/Teorico	Riferimento Normativo
1	Densità	%	> 98 Densità Marshall	UNI EN 12697-9
2	Contenuto di Bitume	%	± 2 Qualifica	UNI EN 12697-1 UNI EN 12697-39
3	Granulometria Aggregato Grosso	%	± 5 Qualifica	
4	Granulometria Aggregato Fino	%	± 3 Qualifica	
5	Granulometria Filler (Additivo)	%	± 0,3 Qualifica	
6	Resistenza a Trazione Indiretta (Prova Brasiliana)	N/mm ²	> 0,6	UNI EN 12697-23
7	Percentuale Vuoti Residui	%	3 - 6	UNI EN 12697-8
8	Spessore dello Strato	cm	- 5 Progetto	Capitolato Sez. 13 Par. 13.9.6
9	Modulo di Deformazione	N/mm ²	> 200 (20°C ≤ T ≤ 30°C)	CNR BU 146/92
10	Regolarità della Superficie	mm	± 10 Progetto	Capitolato Sez. 13 Par. 13.9.6
11	Quota	cm	+1 cm Progetto -2 cm Progetto	Capitolato Sez. 13 Par. 13.9.6

! ATTENZIONE !

Nel caso in cui anche **uno solo dei requisiti non sia rispettato**, si procederà, a totale cura e spese dell'Appaltatore, all'**individuazione** della zona non accettabile, alla sua **demolizione ed al suo rifacimento**

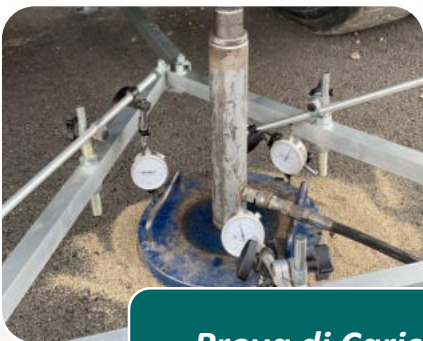
05. Conclusioni



Conclusioni

Advice

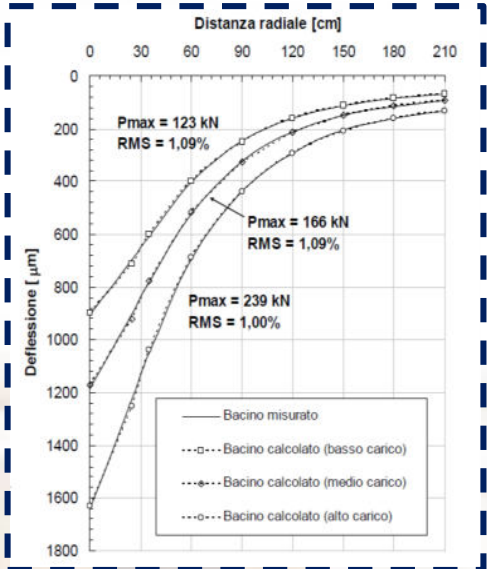
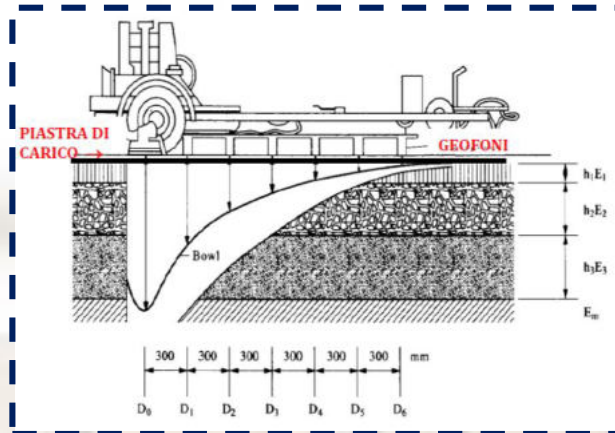
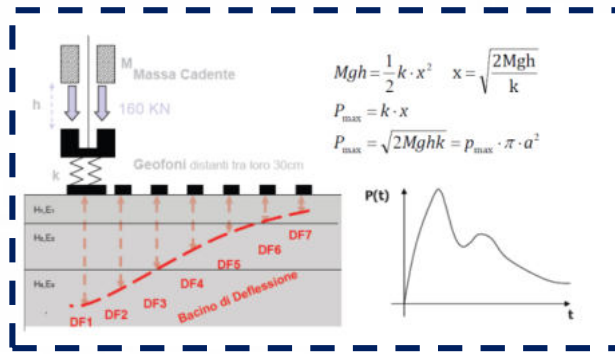
1.



Prova di Carico su Piastra
CNR B.U. 146/92



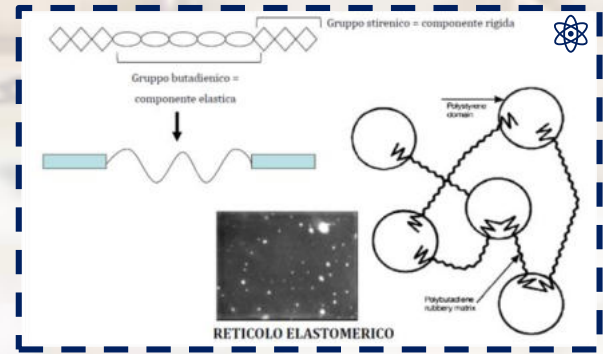
Deflettometro a massa battente FWD
(Falling Weight Deflectometer)



2.

Bitume

Bitume Modificato
(Elastomero)



Benefits

- ✓ Aumento della rigidità e del grado di elasticità alle alte temperature
- ✓ Diminuzione della rigidità e del grado di elasticità alle basse temperature
 - ❑ Maggiore durata a fatica
 - ❑ Maggiore resistenza alle deformazioni permanenti
 - ❑ Maggiore resistenza alla rottura di origine termica
- ✓ Miglior grado di adesione bitume aggregato
- ✓ Miglioramento della resistenza all'invecchiamento
- ✓ Maggiore durabilità

Disadvantages

- X Aumento della viscosità alle temperature di miscelazione
 - ❑ Minore lavorabilità

Grazie

g.bosco@italferr.it

g.estrallaces@italferr.it

