

4° Corso di Alta Formazione alla Ricerca  
Olbia 11 – 15 settembre 2006

# **MATERIALI BITUMINOSI INNOVATIVI**

Prof. Maurizio Bocci  
Università Politecnica delle Marche



## **SOMMARIO**

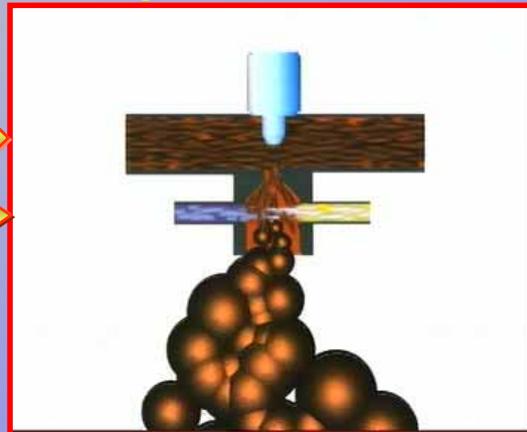
Bitume espanso (schiumato)  
Conglomerato bituminosi “*semi caldi*”  
Conglomerati bituminosi percolati  
Riciclaggio del conglomerato fresato

# Il bitume espanso

La schiuma incrementa la superficie specifica del bitume, che in una condizione di bassa viscosità, diventa più adatto ad essere mescolato con gli aggregati freddi e umidi.

BITUME (160-180°C)

ACQUA  $T_{amb}$

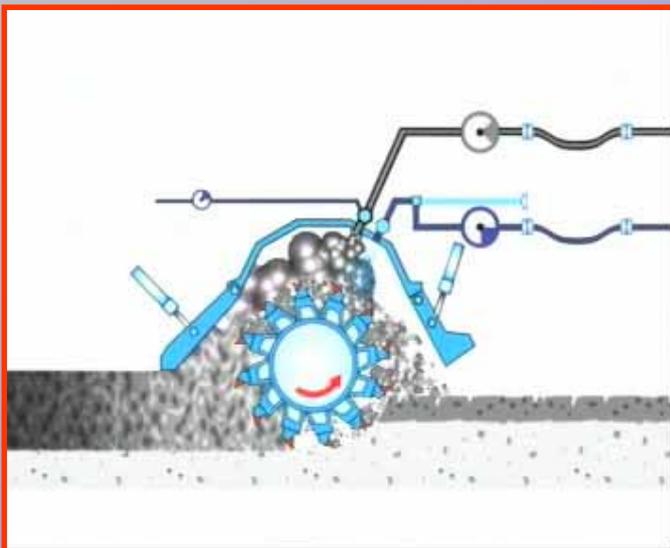


ARIA

**RISULTATO:** la schiuma incrementa la superficie specifica del bitume, che in una condizione di bassa viscosità, diventa più adatto ad essere mescolato con gli aggregati freddi e umidi.

## Produzione

rotore di fresatura - miscelazione



BITUME ESPANSO

ACQUA

Mediante apposita attrezzatura bitume espanso all'interno della ed in base alla velocità di espansione per fresatura al fine di ottenere una buona mescolatura con il freato a compattazione e per l'idratazione del cemento.



**stabilizzatrice**



**impianto mobile**



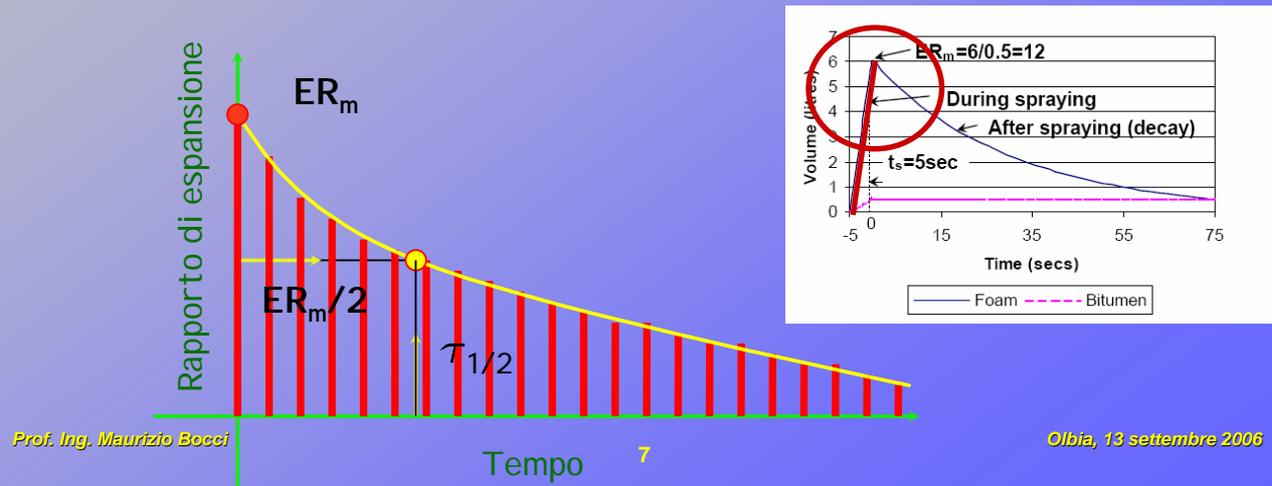
**macchina da laboratorio**

# Il processo di schiumatura

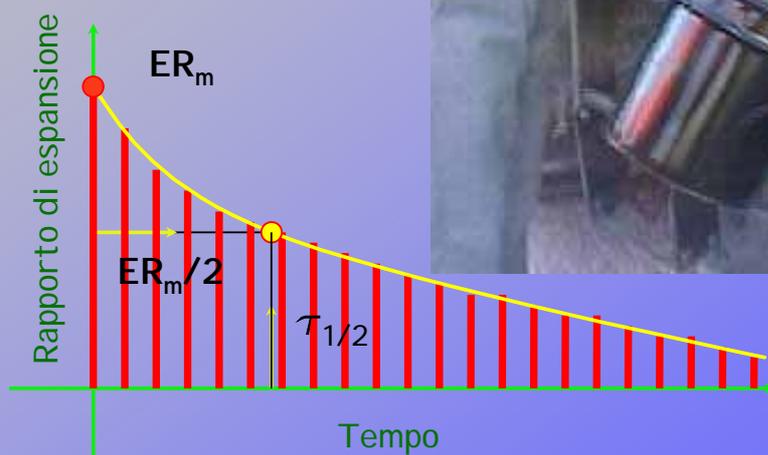
**Rapporto di espansione ( $ER_m$ ):** misura l'espansione rapporto tra il massimo volume raggiunto allo stato schiumoso e il volume finale del legante, esaurito il processo di schiumatura.

**Tempo di semitrasformazione ( $\tau_{1/2}$ ):** misura la stabilità cioè il tempo, espresso in secondi, intercorso tra  $V_{max}$  e  $V_{max}/2$ .

**Funzione di schiuma:** descrive il collasso della schiuma curva di decadimento nel tempo



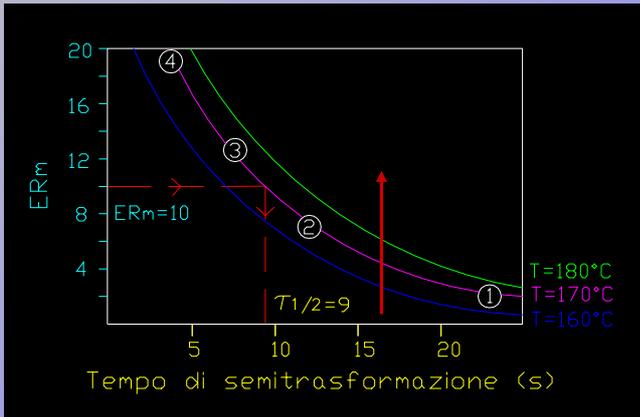
# Il processo di schiumatura



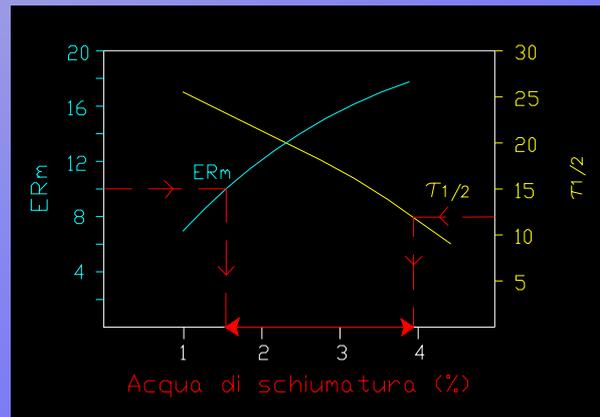
# Il processo di schiumatura

La schiuma “migliore” è quella che riesce ad ottimizzare sia l’espansione ( $ER_m$ ) che il tempo di semitrasformazione ( $\tau_{1/2}$ )

$$ER_m, \tau_{1/2} = f(\text{viscosità}, T_B, \% W)$$



Prof. Ing. Maurizio Bocci



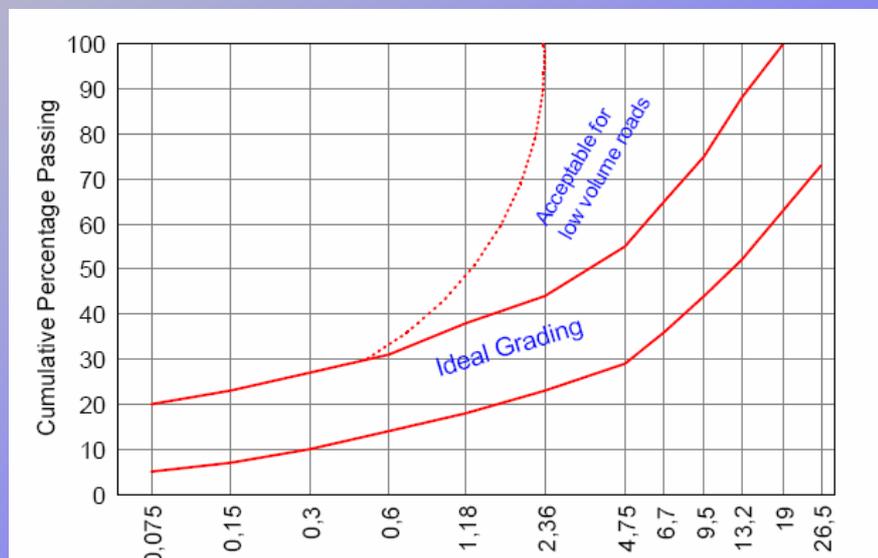
9

Olbia, 13 settembre 2006

# miscele con bitume espanso

## AGGREGATI

- ✓ grande varietà, vergini o riciclati, di buona o mediocre qualità ( $A_5 - A_7$ )
- ✓ freddi e umidi



Prof. Ing. Maurizio Bocci

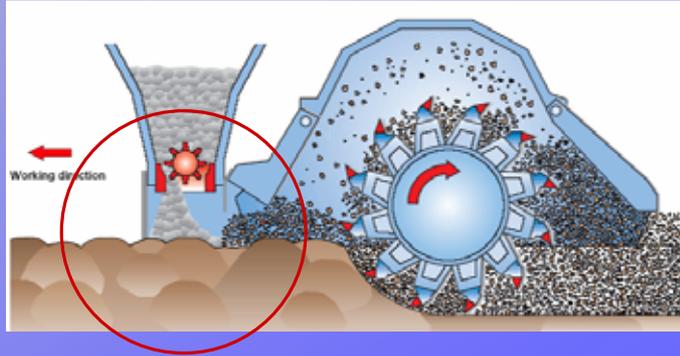
10

Olbia, 13 settembre 2006

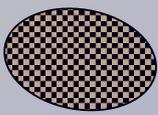
# miscele con bitume espanso

## LEGANTE IDRAULICO

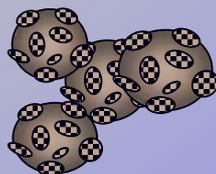
- ✓ cemento, calce o altri materiali fini favoriscono la dispersione del bitume
- ✓ quantità minori del 2% per evitare effetti negativi da fatica
- ✓ il cemento viene introdotto nella miscela:
  - sotto forma di slurry (acqua + cemento)
  - a secco



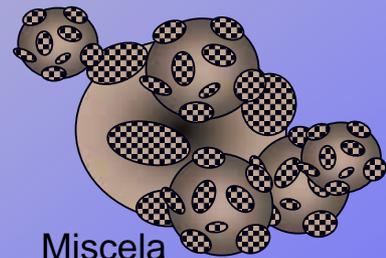
# miscele con bitume espanso



Mastice

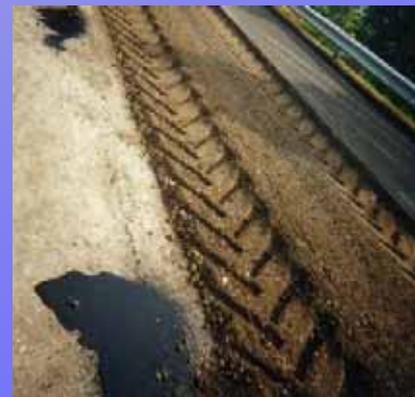


Malta



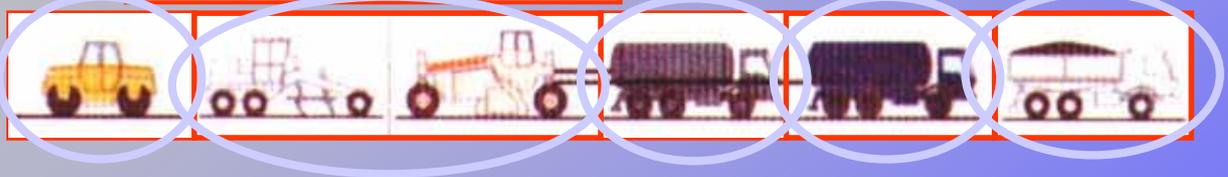
Miscela

le particelle più grosse dell'aggregato non vengono completamente rivestite



# posa in opera delle miscele con bitume espanso

Direzione Avanzamento

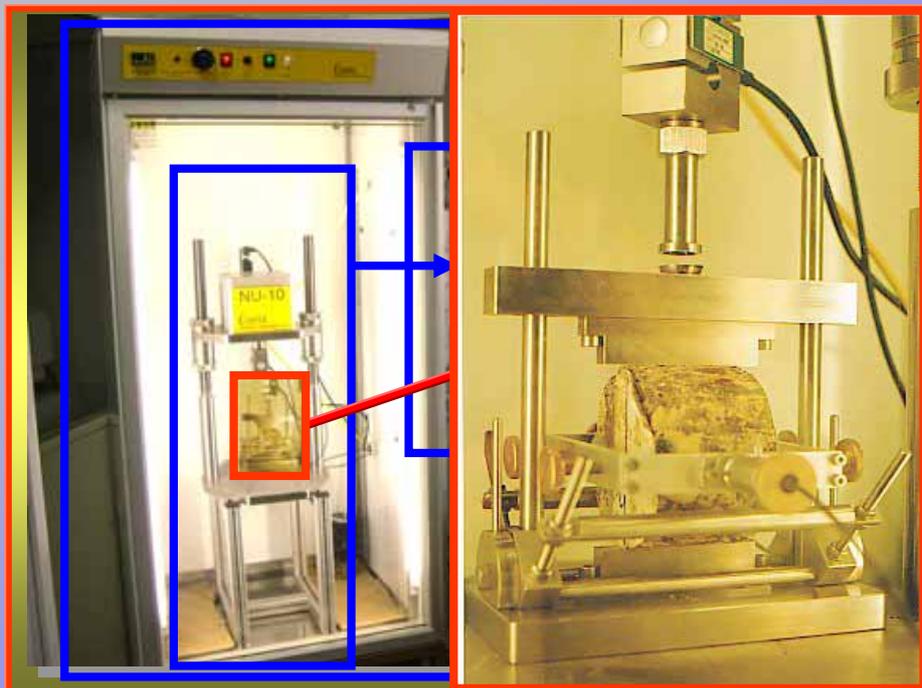


- ✓ Spandicalce
- ✓ Autocisterna contenente acqua
- ✓ Autocisterna contenente bitume caldo
- ✓ Fresatrice - Riciclatrice
- ✓ Rullo vibrante



Prof. Ing. Maurizio Bocci

# Studio in laboratorio con il NAT (Nottingham Asphalt Tester)

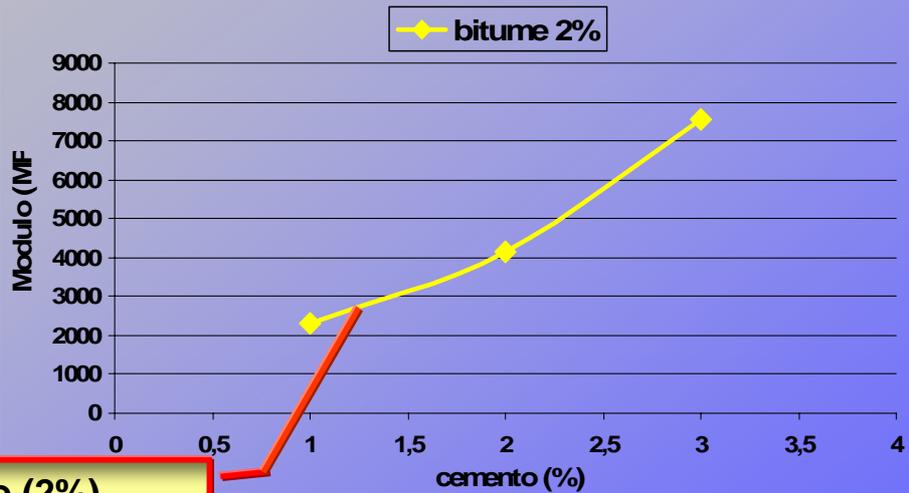


Prof. Ing. Maurizio Bocci

## Analisi dei risultati: il cemento



Con bitume scarso (2%)

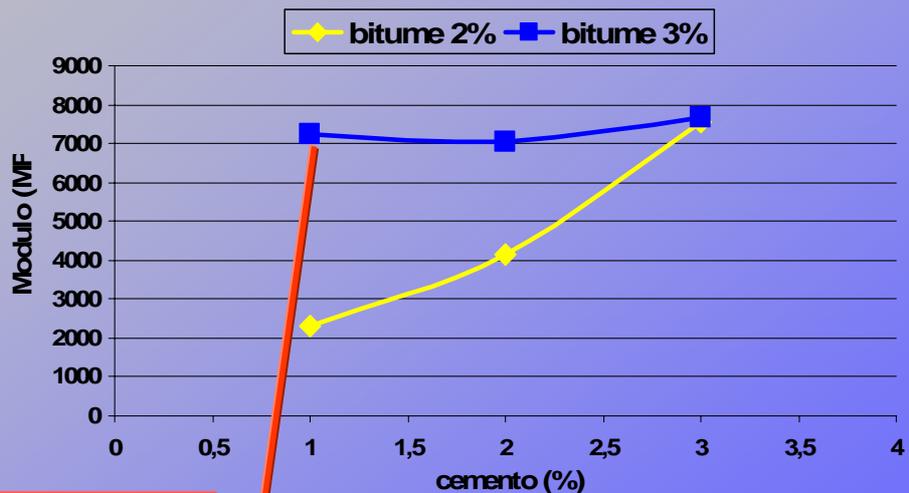


- Il bitume è insufficiente a ricoprire i granuli (macchie)  
⇒ Il cemento può far presa con gli aggregati
- Il cemento instaura legami rigidi

## Analisi dei risultati: il cemento



Con bitume in % ottimale (3%)



Il bitume ricopre i granuli in maniera ottimale

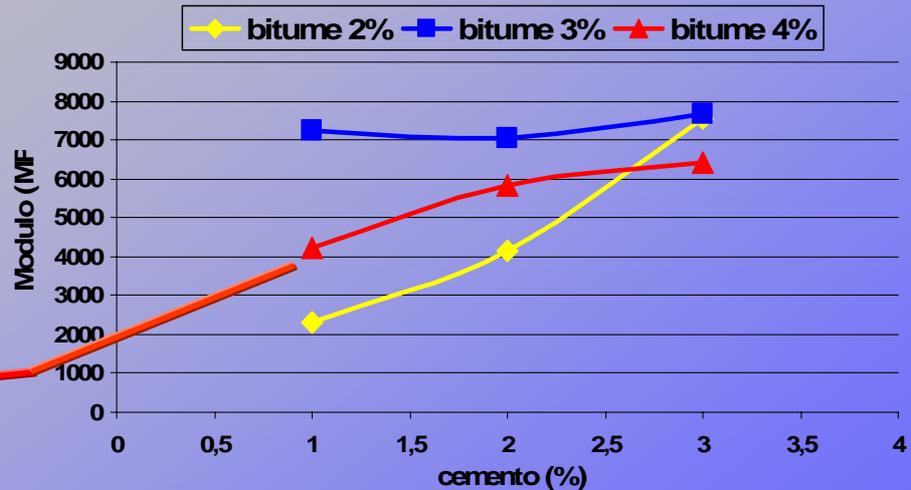
⇒ Il cemento può non agire

**La quantità di cemento non influenza il modulo**

## Analisi dei risultati: il cemento

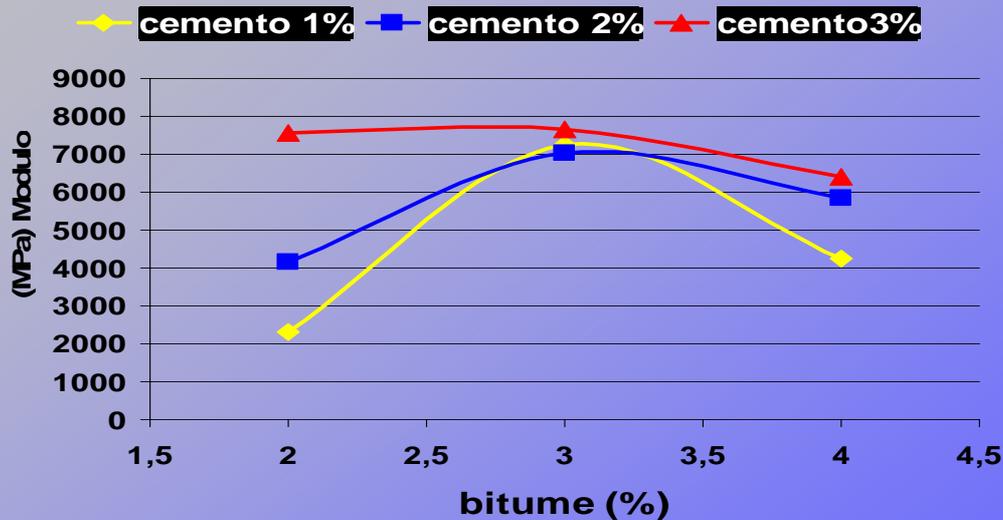


Con bitume in eccesso (4%)



- Ricoprimento con spessori consistenti di bitume
- La rigidità è influenzata dalla coesione del mastice (Moduli minori)
- Il cemento non instaura legami propri con gli aggregati
- Il cemento ha funzione di filler

## Analisi dei risultati: il bitume

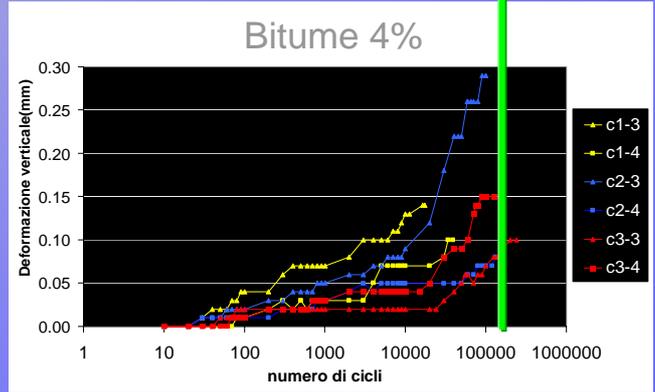
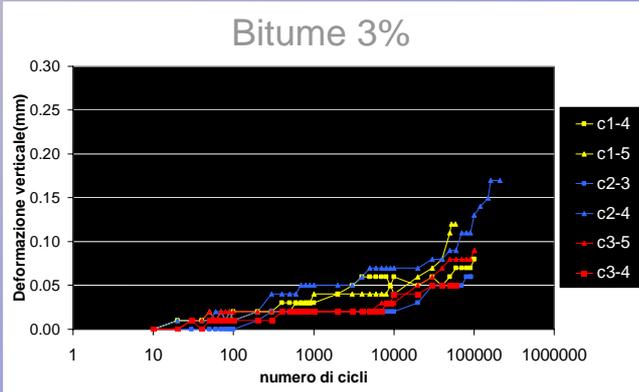
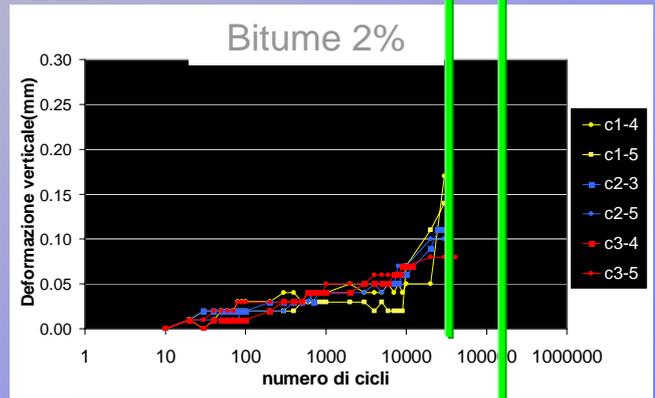


I legami instaurati dal cemento irrigidiscono la miscela

# Analisi dei risultati

## Influenza della quantità di bitume

- Il cemento instaura le cariche RIGIDI ma FRAGILI
- Il bitume meno rigidi ma DUTTILI



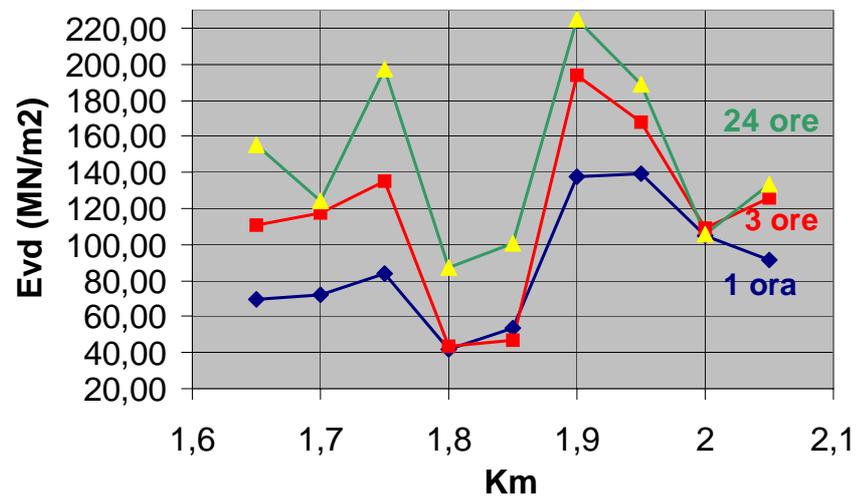
# Applicazione sperimentale



# Controlli con piastra dinamica leggera



**SP 76 - Piastra dinamica leggera  
prove eseguite dopo 1 - 3 - 24 ore**



# Cantiere SS 73 bis - ANAS Ancona



**Sezione 1**

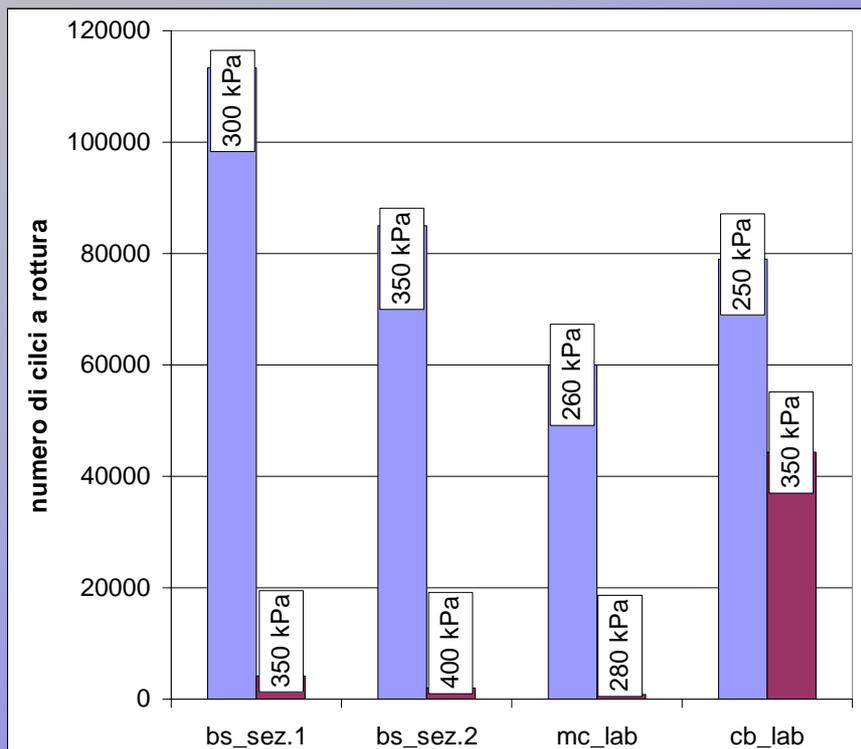


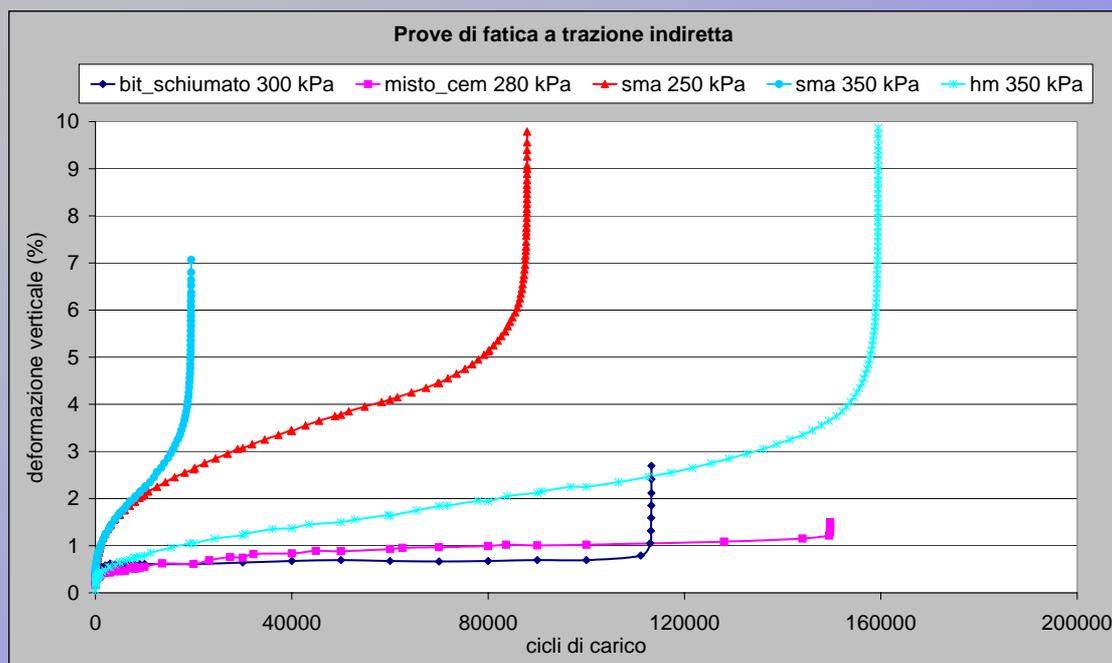
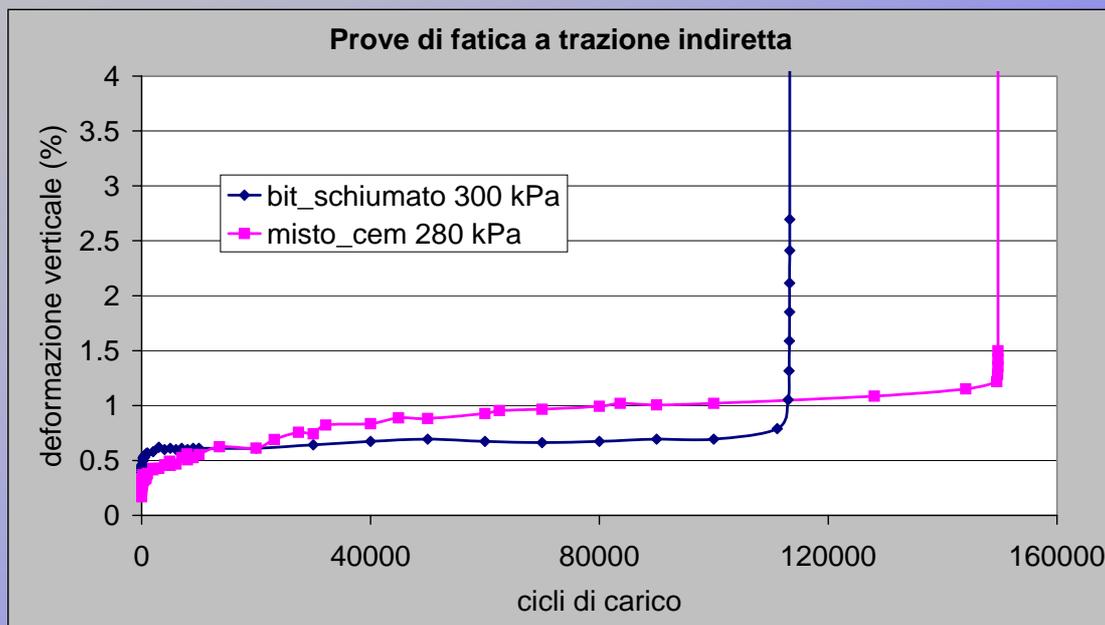
**Sezione 2**



## Frammenti di carote dopo la rottura

## Prove di fatica a trazione indiretta





## Conglomerati bituminosi “*semi-caldi*” (tiepidi)

Sono conglomerati caldi prodotti a temperature più basse di circa 30 °C

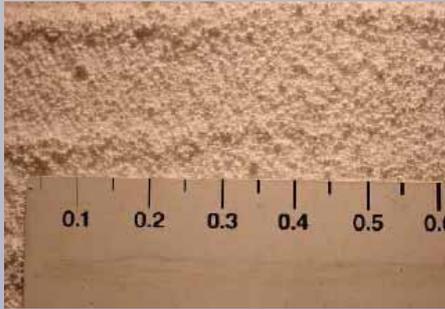
- Riduzione del consumo di energia (combustibile) del 30%
- Riduzione dei fumi e vapori emessi del 75%



## Le tecnologie “*semi-calde*”

- **WAM - FOAM** (Warm Asphalt Mix)  
Shell International Petroleum - Kolo Veidekke
- **SASOBIT** della Sasol Wax GmbH (Germania)  
utilizza cere paraffiniche
- **ASPHALTAN B** della Romonta GmbH (Germania)  
utilizza cera di Montan estratta dal carbone
- **ASPHA - MIN** di Hubbard Construction ed Eurovia  
utilizza zeolite sintetica

## zeolite sintetica



Silicato di alluminio idrocristallizzato termicamente

Reticolo cristallino aperto, attraversato da canaletti vuoti in cui si insediano molecole di acqua (acqua zeolitica)

La zeolite aggiunta in fase di miscelazione **rilascia acqua** che produce una leggera **schiuma** con espansione volumetrica del bitume

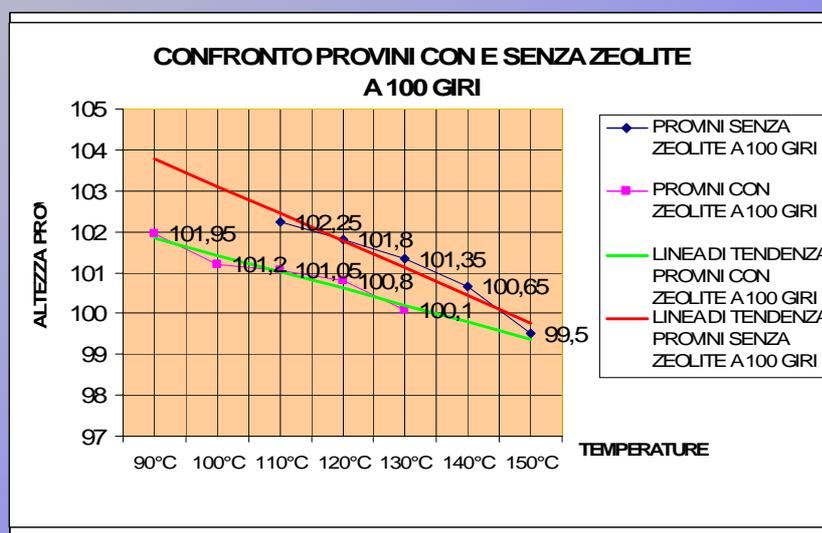
Quantità impiegata:  
0,3% sul peso della miscela

Incidenza sul costo:  
2,5 € per tonnellata di c.b.

## zeolite sintetica

### INDAGINE SPERIMENTALE IN CORSO

Conglomerato per tappeto di usura  
Bitume 50/70



# Conglomerati bituminosi percolati

Sono conglomerati drenanti intasati con malta cementizia



# Conglomerati bituminosi percolati



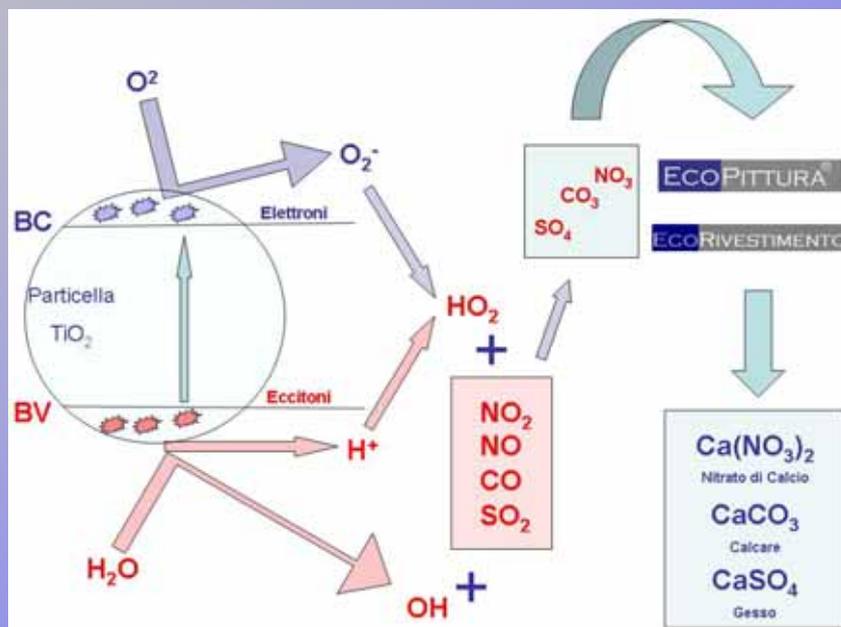
# Malte fotocatalitiche

**Fotocatalisi:** al contatto con l'aria che ci circonda grazie alla luce solare o artificiale consente l'ossidazione o la decomposizione delle sostanze inquinanti **organiche e inorganiche** in sali minerali innocui. (nitrati di sodio  $\text{NaNO}_3$  o carbonati di calcio  $\text{CaCO}_3$ )



# Malte fotocatalitiche

il **fotocatalizzatore** piu' usato per la sua (foto)stabilita' atossicita' e basso costo e' il  $\text{TiO}_2$  policristallino nella fase allotropica anatasio.



## Applicazioni precedenti (2004)



Prof. Ing. Maurizio Bocci

35

Olbia, 13 settembre 2006

## Conglomerati bituminosi percolati con malta fotocatalitica

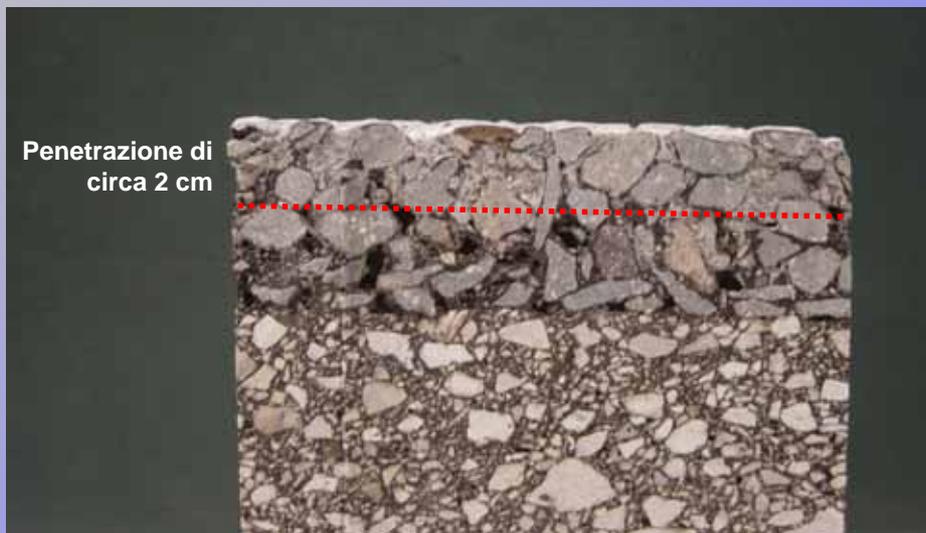


Prof. Ing. Maurizio Bocci

36

Olbia, 13 settembre 2006

## Conglomerati bituminosi percolati con malta fotocatalitica



## Conglomerati bituminosi percolati con malta fotocatalitica



dopo 1 giorno



dopo 1 mese

# Conglomerati bituminosi percolati con malta fotocatalitica



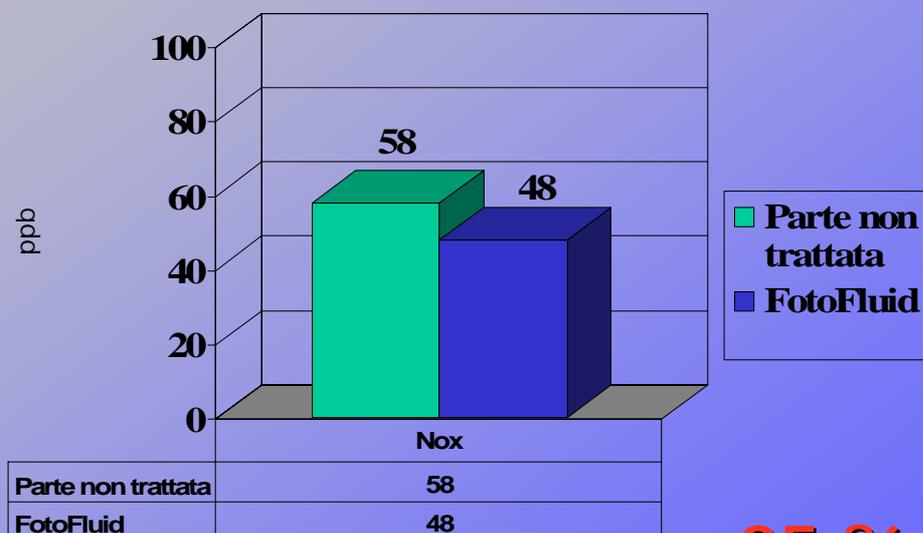
dopo 3 mesi



dopo 1 anno

## Primi risultati

Media di rilevamento ( 2 giorni)



**- 25 %**

## Prove luglio 2006



*Prof. Ing. Maurizio Bocci*

41

*Olbia, 13 settembre 2006*

# PAUSA



*Prof. Ing. Maurizio Bocci*

42

*Olbia, 13 settembre 2006*

# Il riciclaggio del conglomerato bituminoso fresato



## RICICLAGGIO

fresatura



Prof. Ing. Maurizio Bocci

43

Olbia, 13 settembre 2006

## Smaltimento e riciclaggio del fresato

Paese	Produzione annuale di conglomerati bituminosi [t * 10 <sup>6</sup> ]	Produzione annuale di fresato [t * 10 <sup>6</sup> ]	Percentuale di impiego di fresato [%]
Italia	39,8	14,0	15
Francia	40,5	7,0	35
Germania	63,0	16,0	80
Svizzera	5,1	1,8	30
Paesi Bassi	7,7	3,0	100
Regno Unito	26,5	8,0	90
U.S.A.	572,0	50,0	80
Giappone	69,4	22,0	80

Elaborazioni SITEB - Rassegna del bitume n. 44/03

Prof. Ing. Maurizio Bocci

44

Olbia, 13 settembre 2006

## Il riciclaggio del fresato

### Tecnica a caldo:

- aggregati riscaldati ( $T > 110^{\circ} \text{C}$ )
- riciclaggio fresato: 10-40%

### Tecnica a freddo:

- aggregati freddi e umidi
- con o senza cemento
- riciclaggio fresato: 80-100%

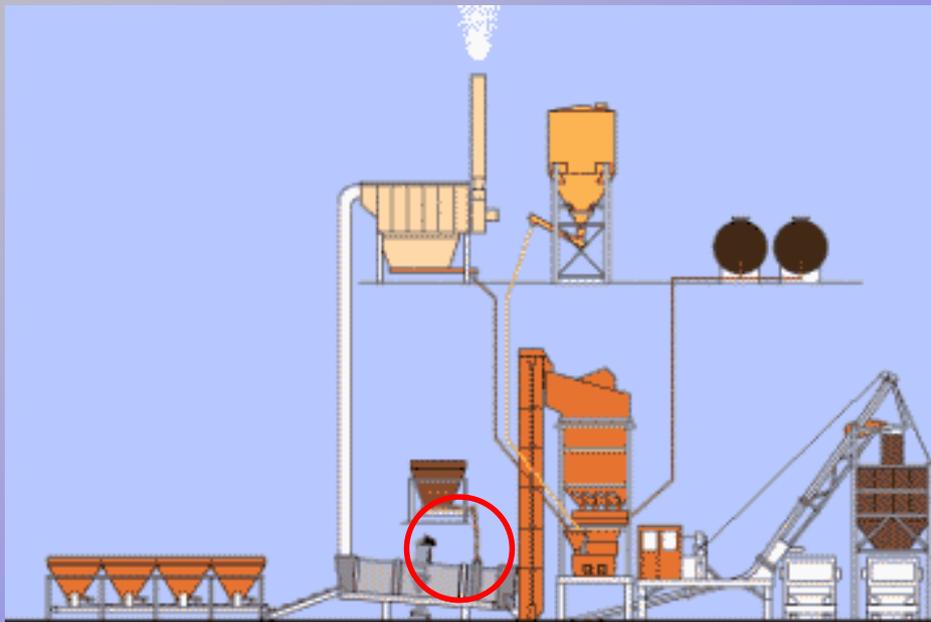


**EMULSIONE  
BITUMINOSA**



**BITUME  
SCHIUMATO**

## Impianto per il riciclo a caldo del fresato



## impianti dotati di sistema di preriscaldamento del fessato



*Prof. Ing. Maurizio Bocci*

47

*Olbia, 13 settembre 2006*

## Impianto con doppio tamburo



*Prof. Ing. Maurizio Bocci*

48

*Olbia, 13 settembre 2006*

# Il riciclaggio a freddo

## con emulsione bituminosa

**fresato** derivante dalla scarifica o fresatura della pavimentazione  
**emulsione bituminosa** con la funzione di legante  
**cemento** aggiunto con diverse finalità  
**acqua di aggiunta** per migliorare la lavorabilità della miscela  
**aggregato d'integrazione** per migliorare la curva granulometrica

## I vantaggi del riciclaggio a freddo

1. Riduzione delle emissioni in ambiente
2. Salvaguardia della salute dei lavoratori
3. Minore impatto ambientale
4. Riduzione dei costi

## Il riciclaggio in impianto

il fresato, trasportato all'impianto viene mescolato con il legante e qualche volta con nuovo materiale (integrazione) per poi essere nuovamente trasportato in sito dove viene steso.

## Il riciclaggio in sito

tutto il processo avviene sulla strada

*Due tipologie di treni:*

- treno ad unità multipla
- treno ad unità singola

## treno ad unità multipla



treno ad unità multipla



treno ad unità singola



treno ad unità singola





## Impianti fissi



## stesa e compattazione



## Intervento sulla SS76 – Stato della pavimentazione

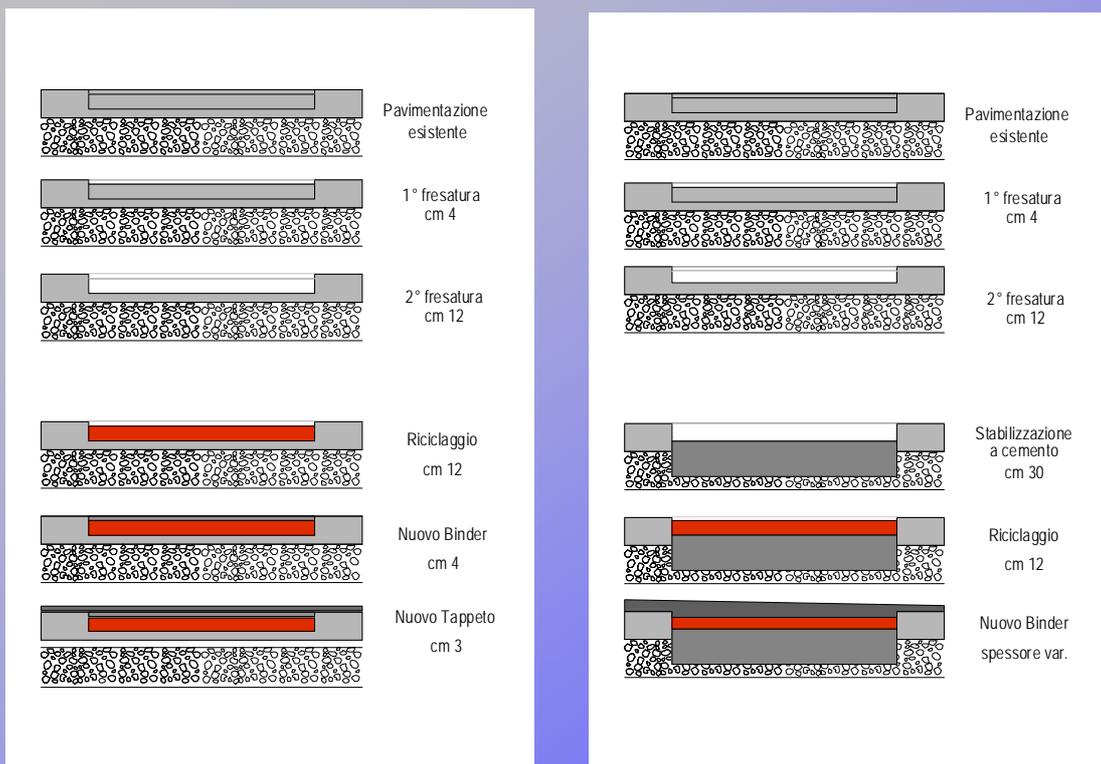


Prof. Ing. Maurizio Bocci

59

Olbia, 13 settembre 2006

## Intervento sulla SS76 - Fasi di lavorazione

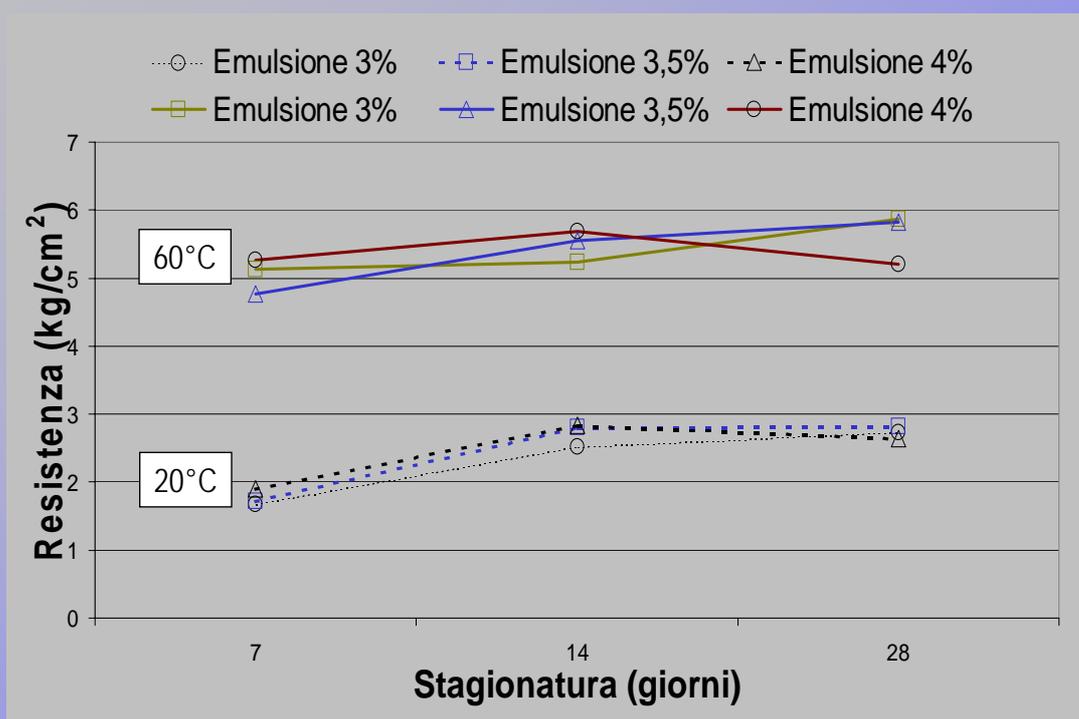


Prof. Ing. Maurizio Bocci

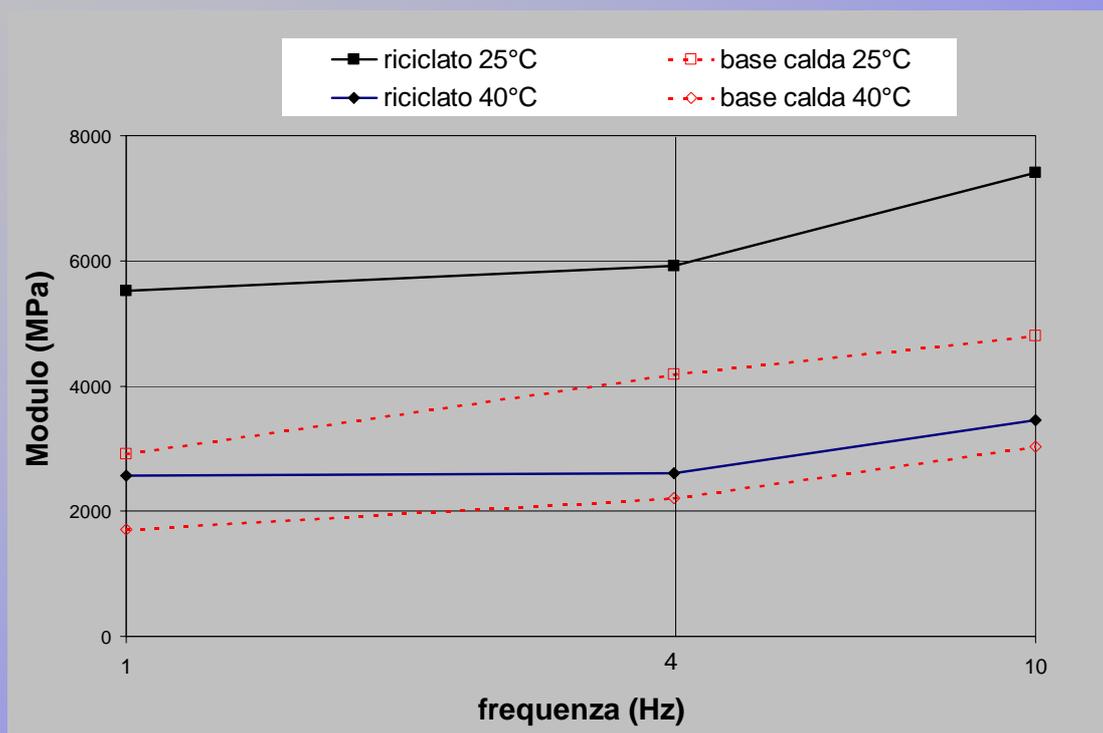
60

Olbia, 13 settembre 2006

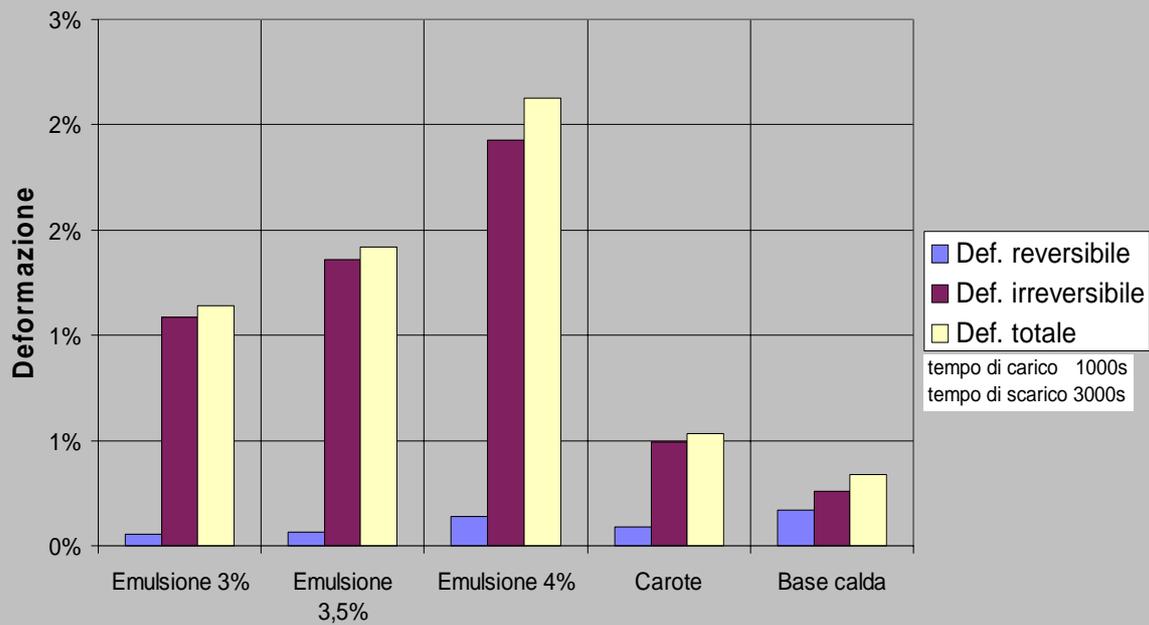
## Prova di trazione indiretta



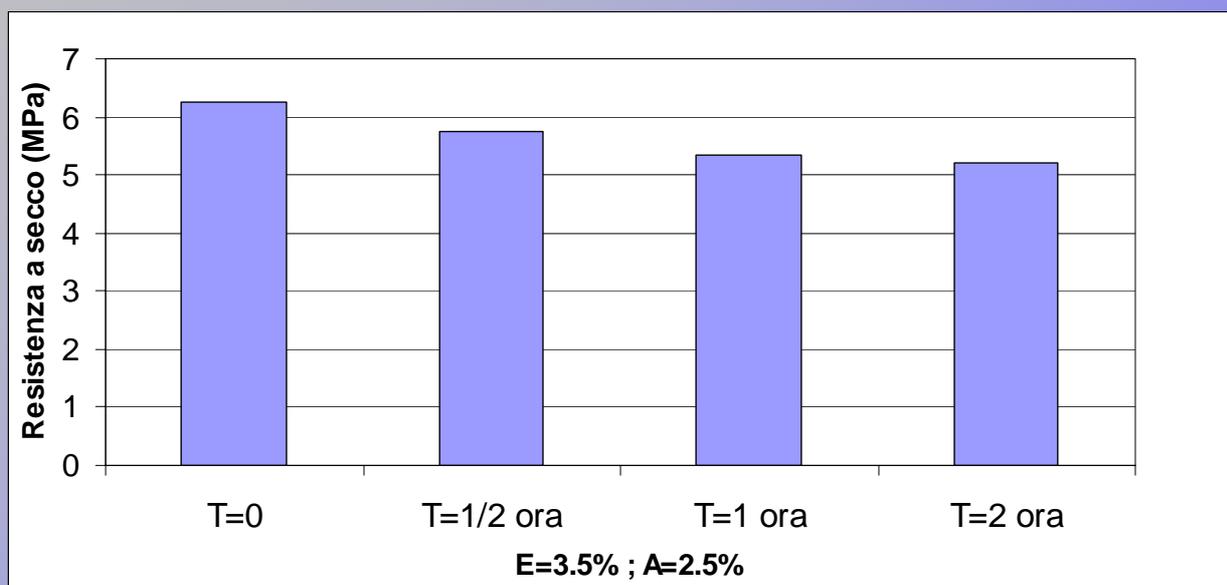
## Modulo dinamico su carote



## Creep statico



## Prova Duriez



*I Parametri che incidono sulla buona riuscita di un riciclaggio a freddo sono:*

- *IL LEGANTE AGGIUNTO (NUOVO)*

## *IL LEGANTE AGGIUNTO*

<b>EMULSIONE DI BITUME MODIFICATO</b>			
<i>Parametro</i>	<i>Normativa</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valori</i>
Contenuto di acqua	EN 1428	%	40 +/- 2%
Contenuto di legante bituminoso	EN 1431	%	60 +/- 2%
Omogeneità	EN 1429	%	< 0,2%
Sedimentazione a 7 gg.	EN 12847	%	< 10%
<i>Residuo bituminoso</i>			
Penetrazione a 25 °C	EN 1426	dmm	50-70
Punto di rammollimento	EN 1427	°C	> 60
Punto di rottura (Fraass)	EN 12593	°C	< -15
Ritorno elastico a 25 °C	EN 13398	%	> 50

*I Parametri che incidono sulla buona riuscita di un riciclaggio a freddo sono:*

- *IL LEGANTE AGGIUNTO (NUOVO)*

- *IL FRESATO (granulometria e bitume)*

- *LA TEMPERATURA*

- *LA QUANTITA' D'ACQUA*

- *I TEMPI DI LAVORAZIONE*

Questions - ?

