

L'uso di geocompositi per il risanamento strutturale ecosostenibile di lunga durata delle pavimentazioni

PROF. ING. FRANCESCO CANESTRARI

UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE – f.canestrari@univpm.it

PHD ING. ARIANNA STIMILLI

UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE – a.stimilli@univpm.it

Sommario Presentazione

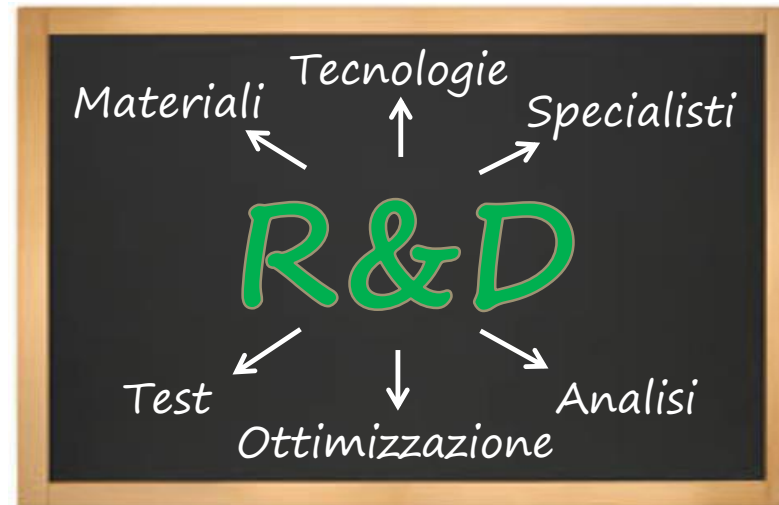
- **Parte 1: caratterizzazione meccanica avanzata**
 - Attività sperimentali
 - Sintesi risultati e sviluppi recenti

- **Parte 2: dimensionamento razionale di pavimentazioni rinforzate**
 - Criteri di verifica
 - Parametri di calcolo
 - Soluzioni progettuali
 - Ecosostenibilità

Parte 1

Caratterizzazione meccanica avanzata

Attività sperimentali



Fase 1

Studio di laboratorio

Valutazione prestazionale e sviluppo di geomembrane bituminose rinforzate con fibra di vetro per applicazioni stradali

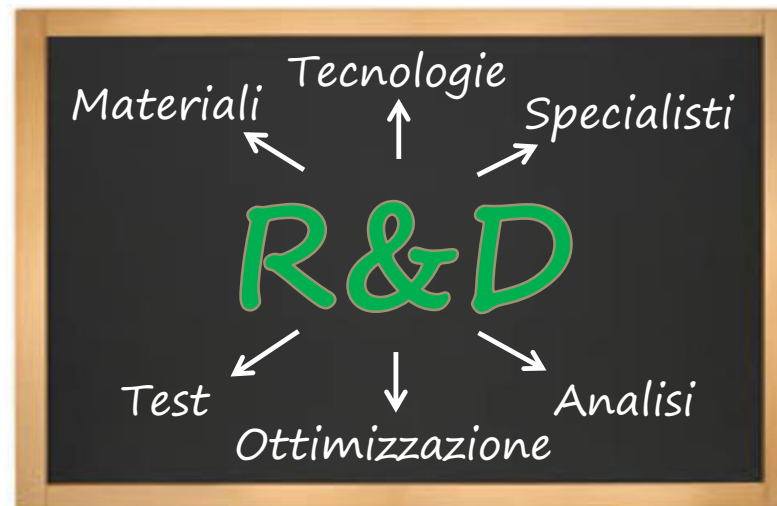
2011-2013



VARIABILI ANALIZZATE:

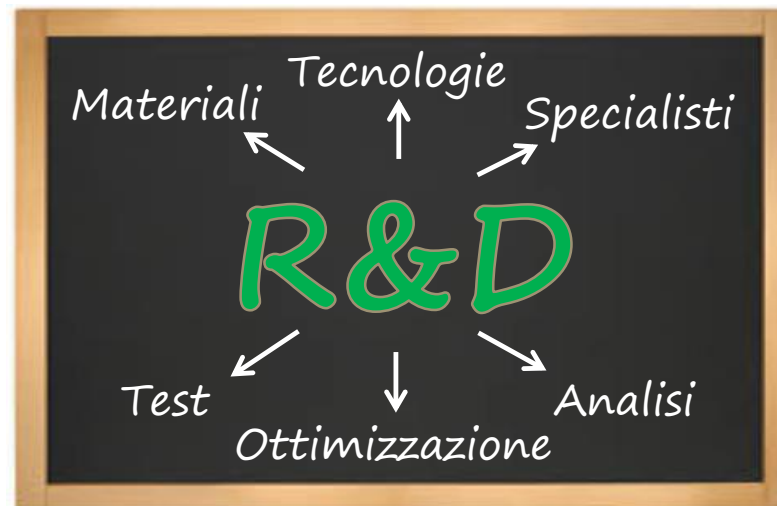
- trattamento superficiale e mescola per il compound;
- tipologia di rinforzo (materiali e apertura maglie);
- posizione del rinforzo;
- tipologia di conglomerato (modificato e non);
- condizioni all'interfaccia.

Attività sperimentali



MONITORAGGIO DELLO
STATO DI DEGRADO
PROGRESSIVO SUBITO
DALLA PAVIMENTAZIONE

Attività sperimentali: sviluppi recenti



Fase 1 *Studio di laboratorio*

Valutazione prestazionale e sviluppo di geomembrane bituminose rinforzate con fibra di vetro per applicazioni stradali

2011-2013



Fase 2 *Tronchi pilota*

Installazioni aeroportuali e su strade urbane ed extra-urbane con elevati tenori di traffico (e.g. RA11, Verona, Falconara)

2013-2015



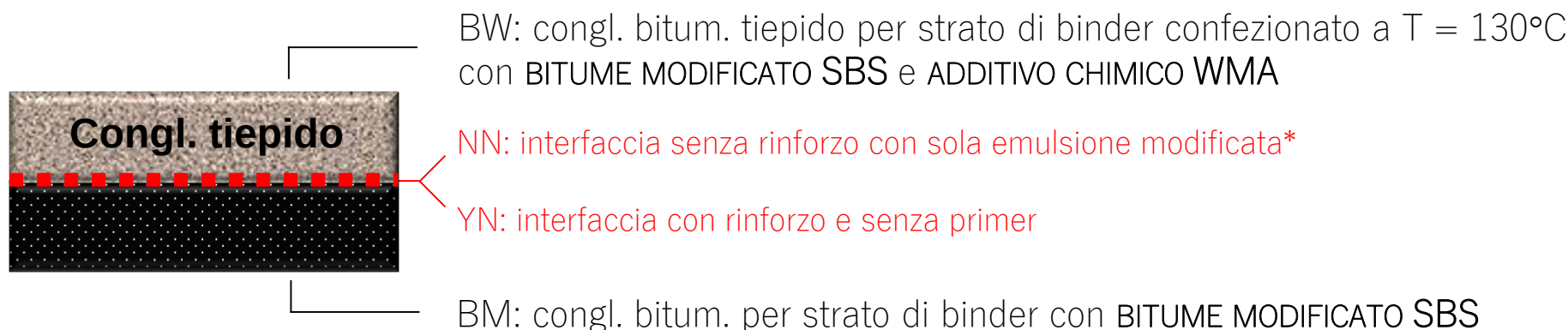
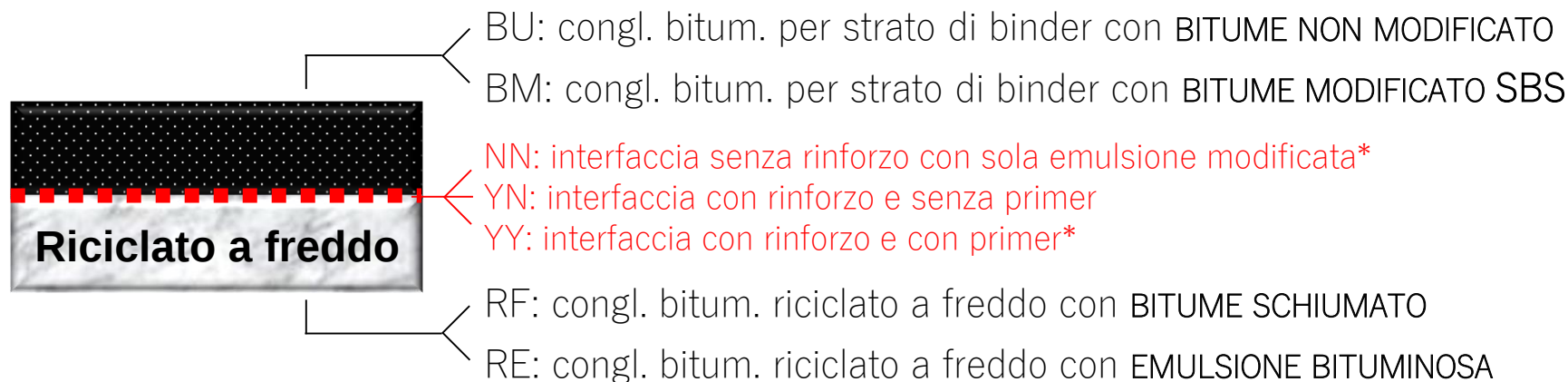
Fase 3 *Materiali innovativi*

Studio delle prestazioni del geocomposito in presenza di materiali bituminosi innovativi (i.e. riciclati a freddo; WMA)

2016 - work in progress

Materiali - Fase 3

I materiali impiegati sono conformi alle miscele bituminose tipicamente previste nelle Norme Tecniche di Capitolato.

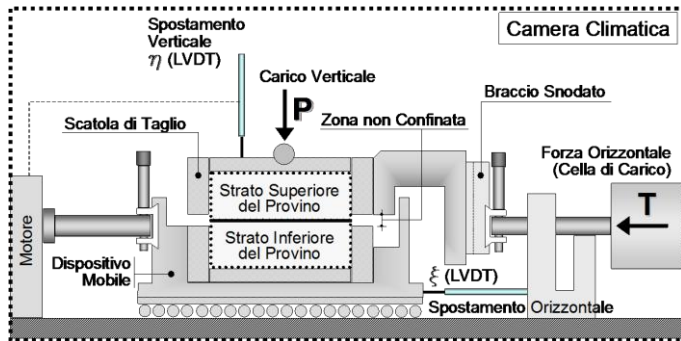


* Dosaggio emulsione modificata e primer: 0.15 kg/m^2 bitume residuo

Caratterizzazione meccanica avanzata

Taglio Interfaccia (UNI/TS 11214)

$T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$; $v = 2.5\text{ mm/min}$; $\sigma = 0.2\text{ MPa}$



Roller Compactor
(UNI EN 12697-33)

Flessione a rottura (3PB)

$T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$; $v = 50.8\text{ mm/min}$



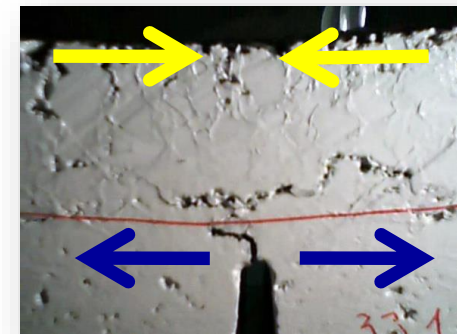
Carichi ciclici flessionali (4PB)

$T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$; $f = 1\text{ Hz}$



Fessurazione di Riflessione

$T = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$; $P = 660\text{ N}$; 21 cicli/min



Obiettivo

Caratterizzazione prestazionale di laboratorio

a taglio, flessione e fessurazione di sistemi bistrato rinforzati

+

Monitoraggio di tronchi sperimentali in esercizio



**parametri significativi ai fini del
dimensionamento delle pavimentazioni rinforzate**
con geocompositi INDEX

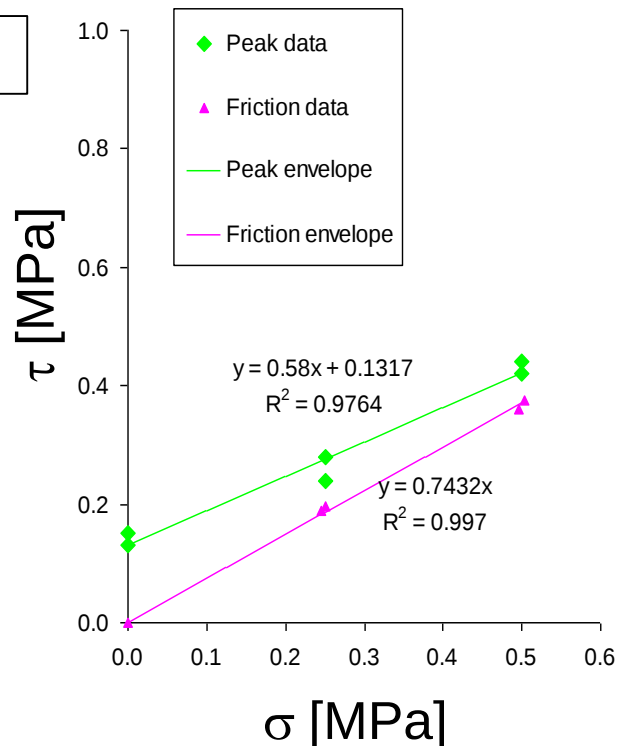
Caratterizzazione avanzata a taglio

Prestazioni a Taglio di Interfacce Rinforzate

Inviluppo di picco e di attrito

Parametri di resistenza

$T_{\text{ref}} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$



✓ Taglio puro $\rightarrow c_0$

✓ Angolo di attrito di picco Φ_p

✓ Angolo di attrito residuo Φ_{res}

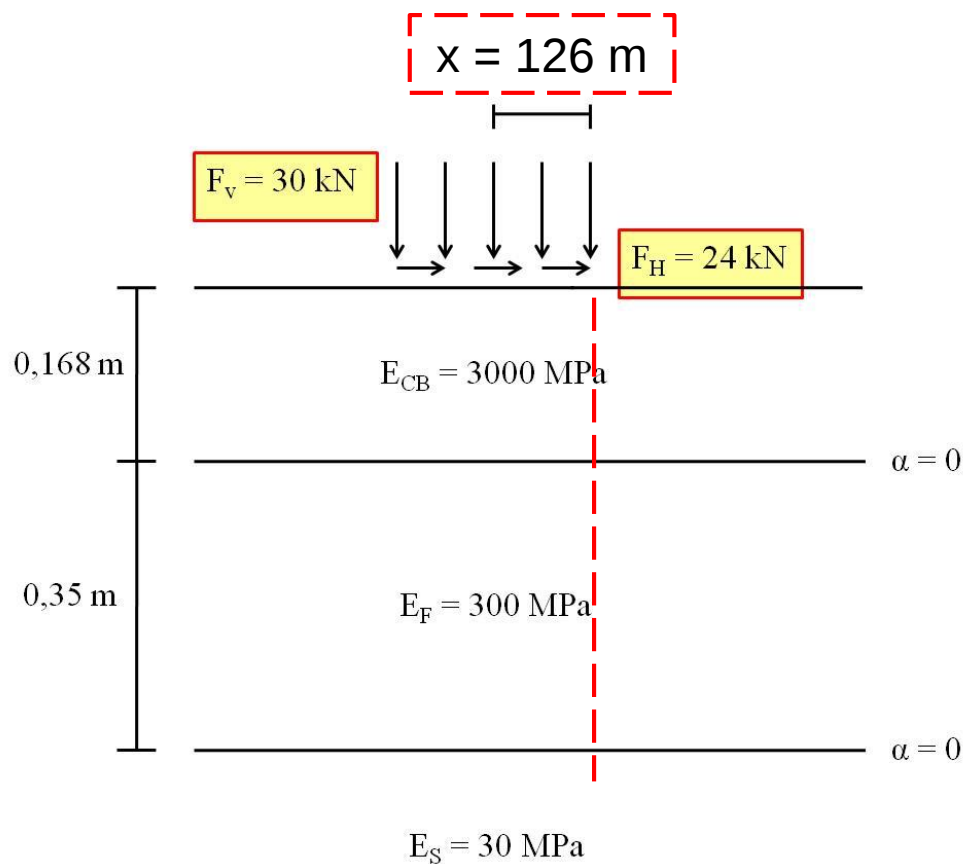
Leggi di resistenza

$$\tau_p = c_0 + \sigma \tan \phi_p$$

$$\tau_{\text{res}} = \sigma \tan \phi_{\text{res}}$$

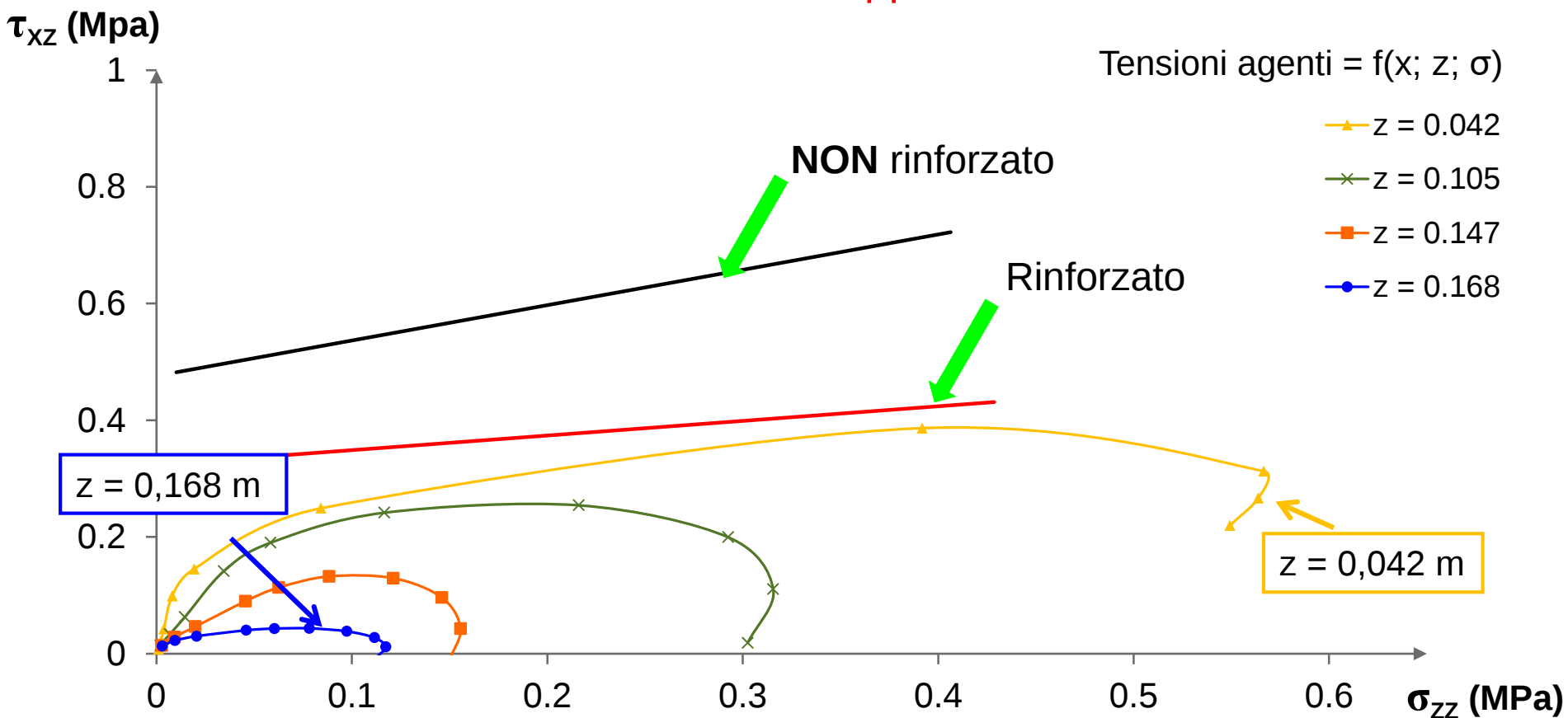
Caratterizzazione avanzata a taglio

Stato tensionale e involuppi di resistenza



Caratterizzazione avanzata a taglio

Stato tensionale e involuppi di resistenza



1. **Discontinuità** tra gli strati (resistenza a taglio funzione di T)

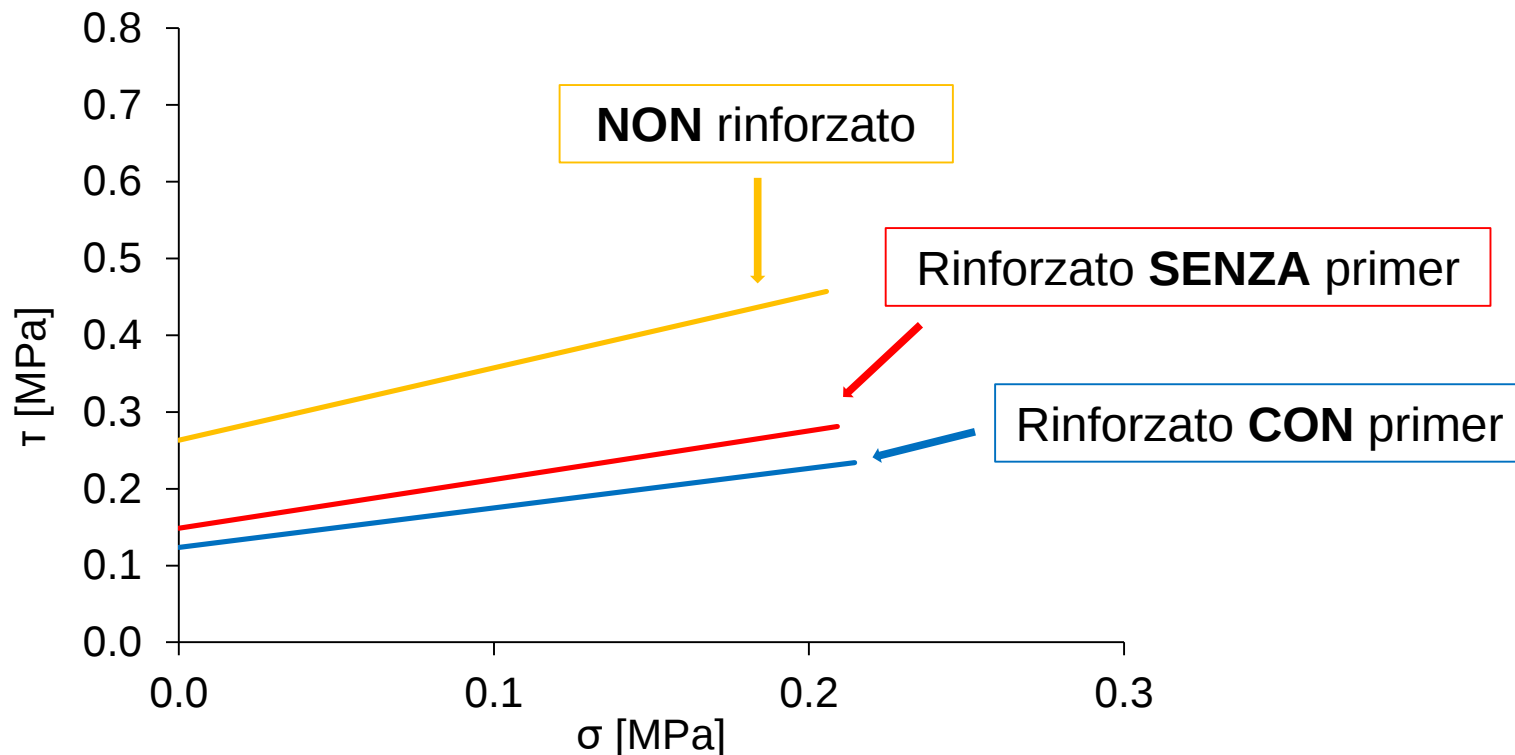
2. Evitare **installazioni superficiali** del geocomposito

3. Valutare il comportamento a taglio **in presenza di SFORZO NORMALE**

slide 12

Caratterizzazione avanzata a taglio

Conglomerato a caldo modificato (HMA) + riciclato a freddo (CR)



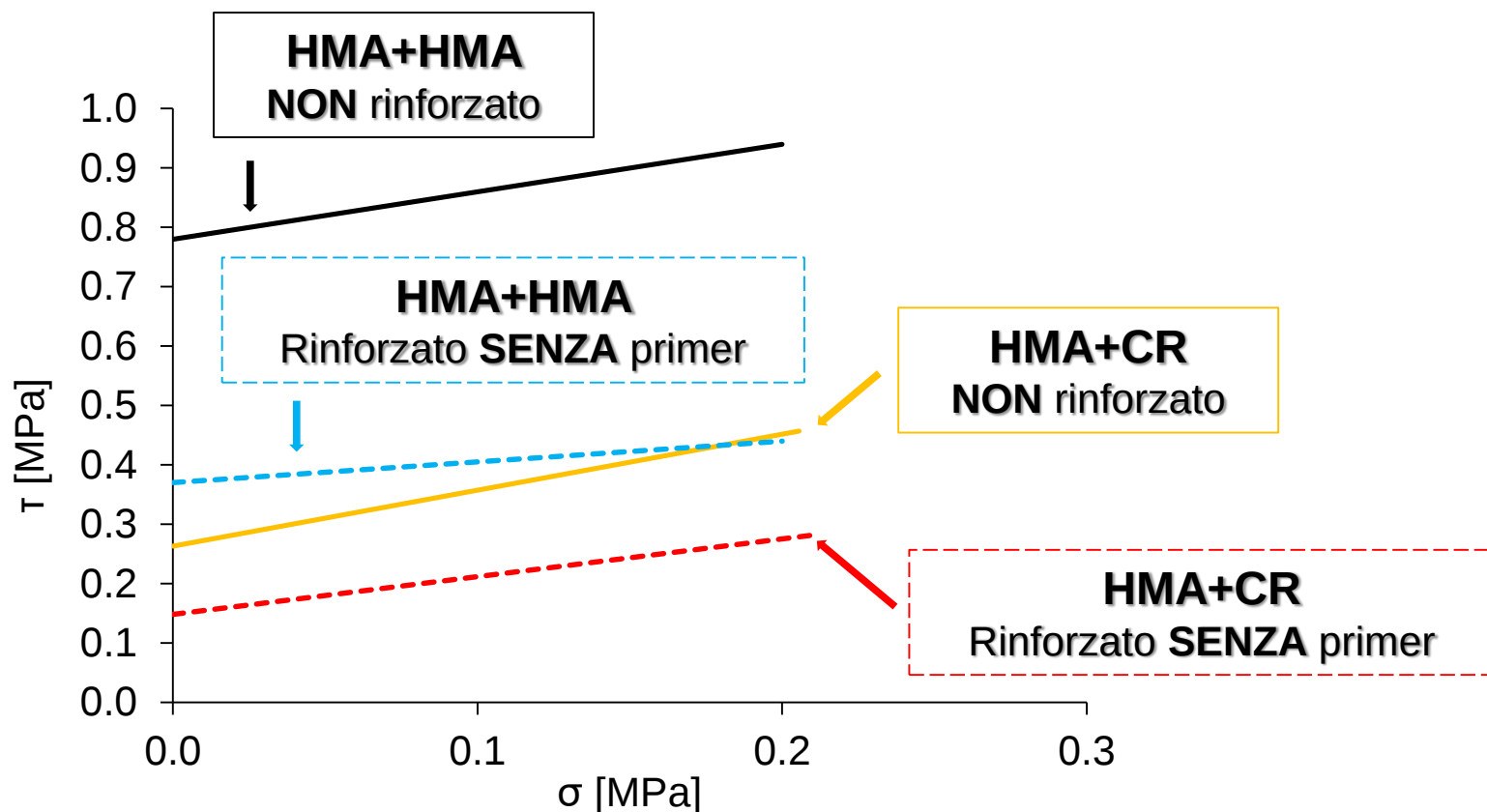
N.B.: discontinuità tra gli strati

Caratterizzazione avanzata a taglio

Congl. a caldo + Congl. a caldo

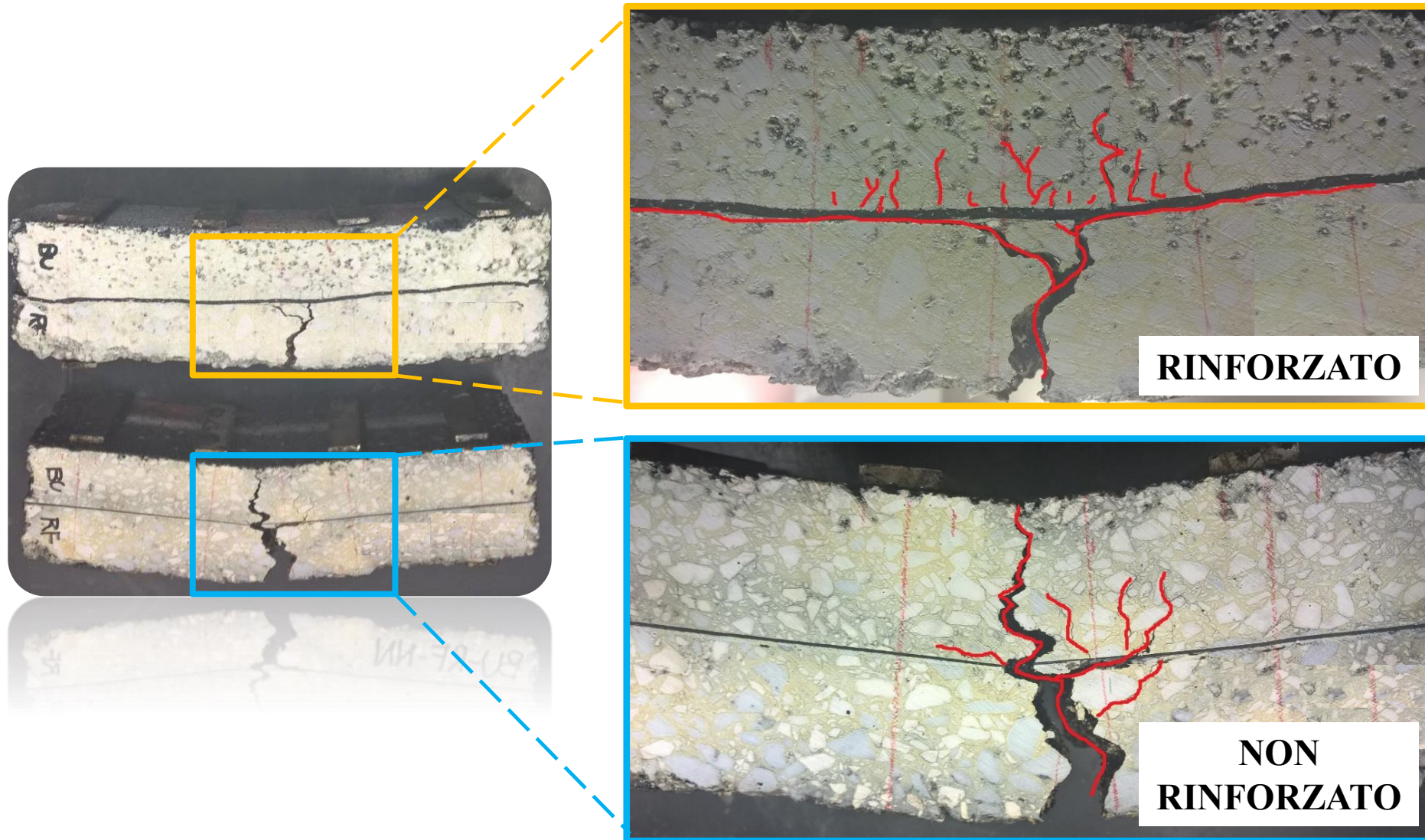
Vs

Congl. a caldo + ric. a freddo



**N.B.: STRATI IN CR COLLOCATI A MAGGIORE PROFONDITÀ (< TENSIONI)
Evitare installazioni superficiali specie in presenza di CR**

Caratterizzazione avanzata a flessione e ai carichi ciclici

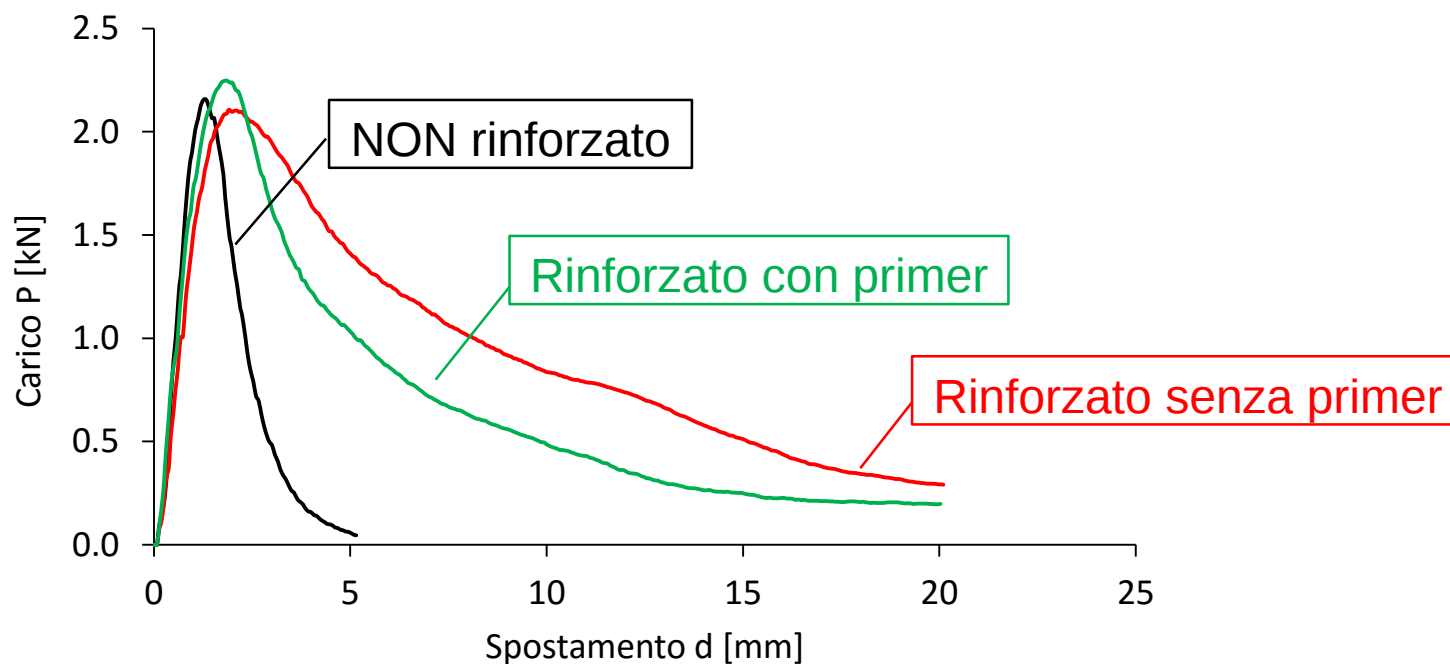


Caratterizzazione avanzata a flessione

Prestazioni a Flessione 3PB

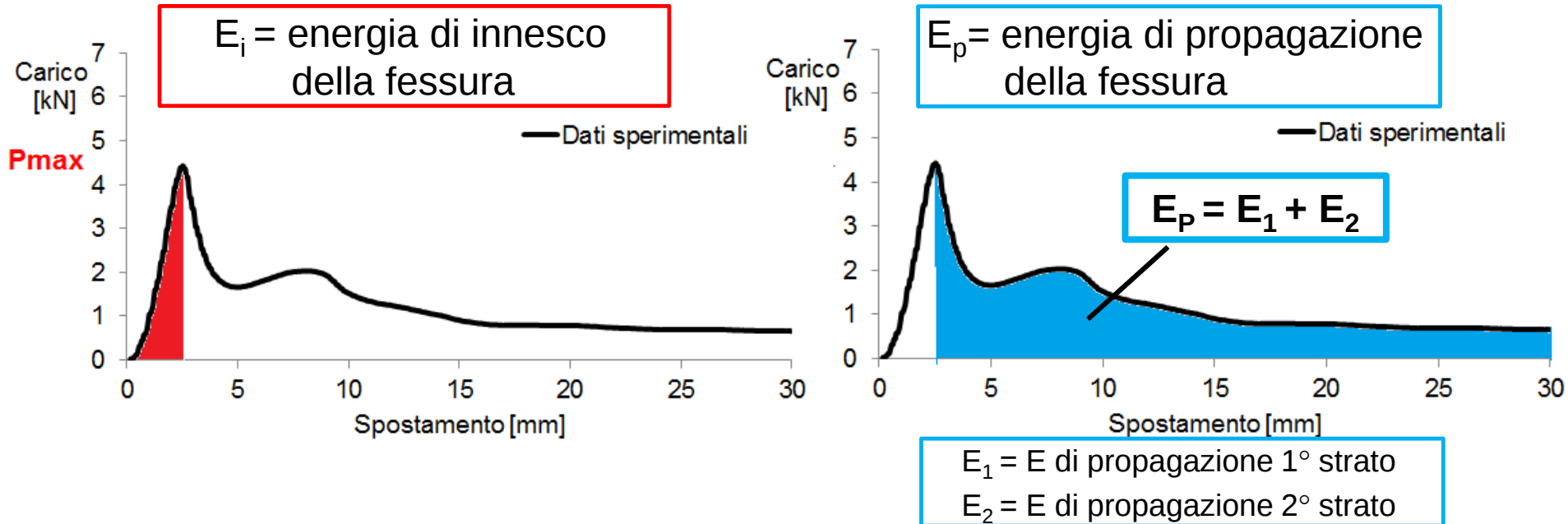
PROVA STATICA – PROVINI PRISMATICI: $30.5 \times 8.5 \times 8$ cm – $T = 20$ °C – $V = 50.8$ mm/min

CONGLOMERATO MODIFICATO + RICICLATO A FREDDO (schiumato)



Caratterizzazione avanzata a flessione

Prestazioni a Flessione 3PB



k = “coefficiente di prestazione” del rinforzo

$$k_s = \frac{(E_2)^{Rinforzato}}{(E_2)^{Non Rinforzato}}$$



$$N_t = N_i + k_s \cdot \Delta N_p$$

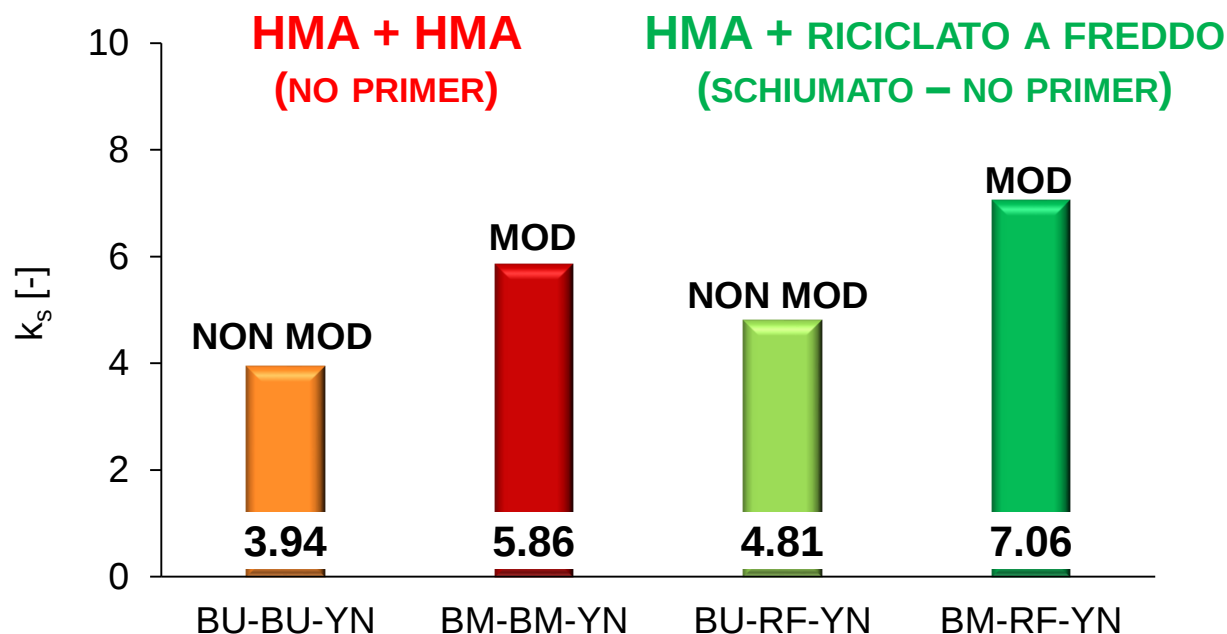
Caratterizzazione avanzata a flessione

Prestazioni a Flessione 3PB

**Rinforzo
+
riciclato a freddo**



RISULTATI ANALOGHI A
INTERPOSIZIONE IN CONGLOMERATO A CALDO
(sia tradizionale che modificato)

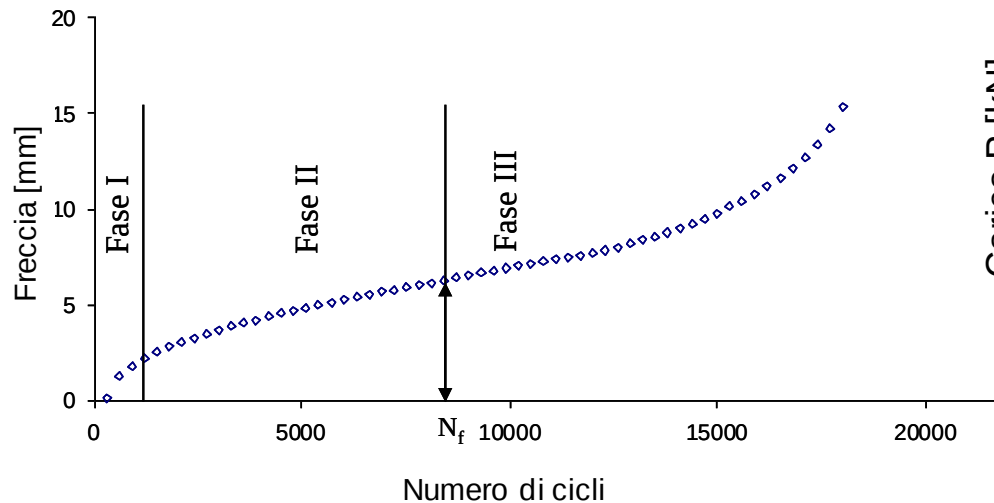


BENEFICI POTENZIALMENTE MAGGIORI PER **FRAGILITÀ** INTRINSECA RICICLATO A FREDDO

Caratterizzazione avanzata ai carichi ciclici

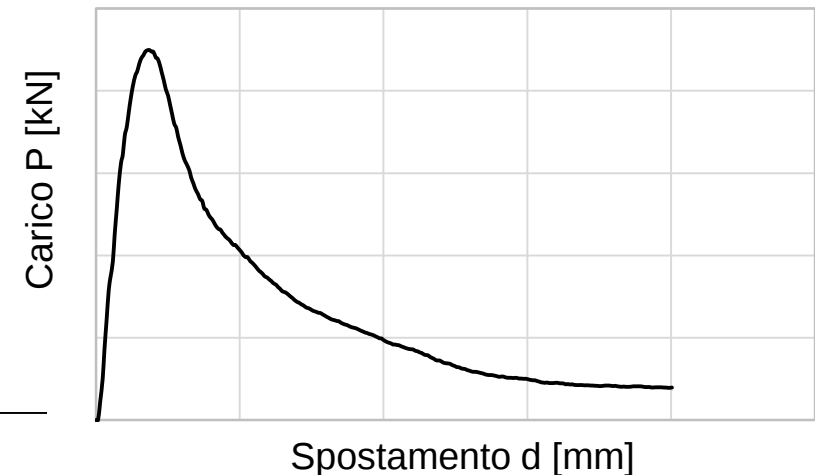
Prestazioni a flessione 3PB Vs carichi ciclici 4PB

PROVE DINAMICHE 4PB



applicazione ciclica di $\sigma < \text{resistenza max}$

PROVE STATICHE 3PB

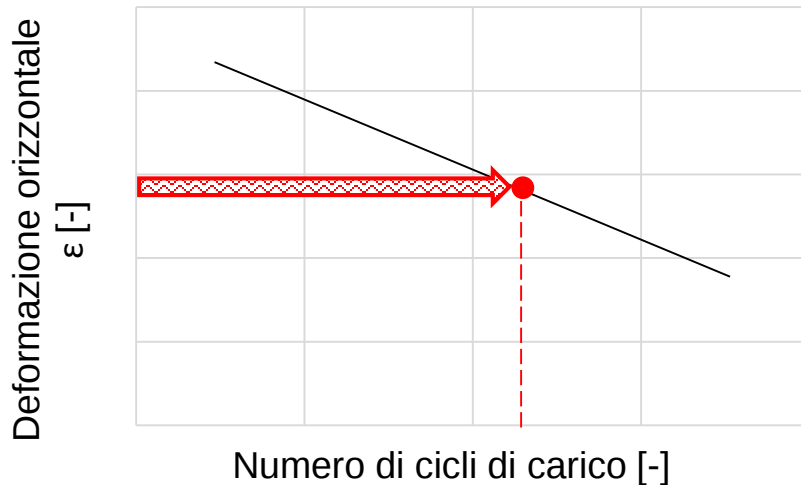


carico impulsivo a rottura

Caratterizzazione avanzata ai carichi ciclici

Prestazioni a flessione 3PB Vs carichi ciclici 4PB

PROVE DINAMICHE 4PB

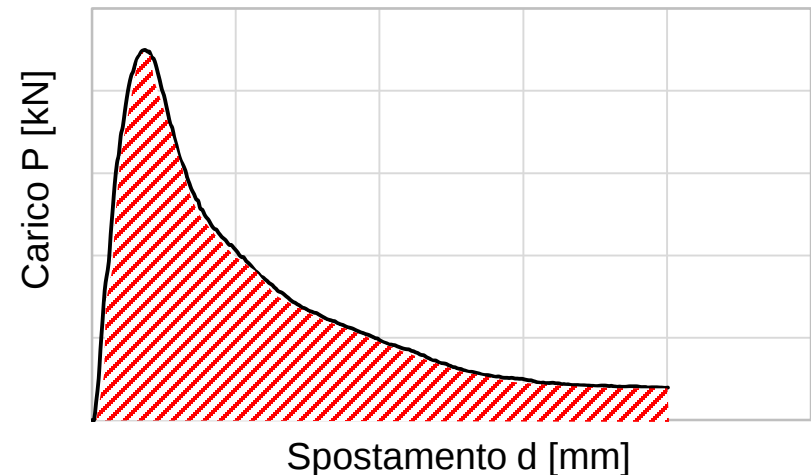


applicazione ciclica di $\sigma < \text{resistenza max}$



Σ energia accumulata ad ogni ciclo

PROVE STATICHE 3PB



carico impulsivo a rottura



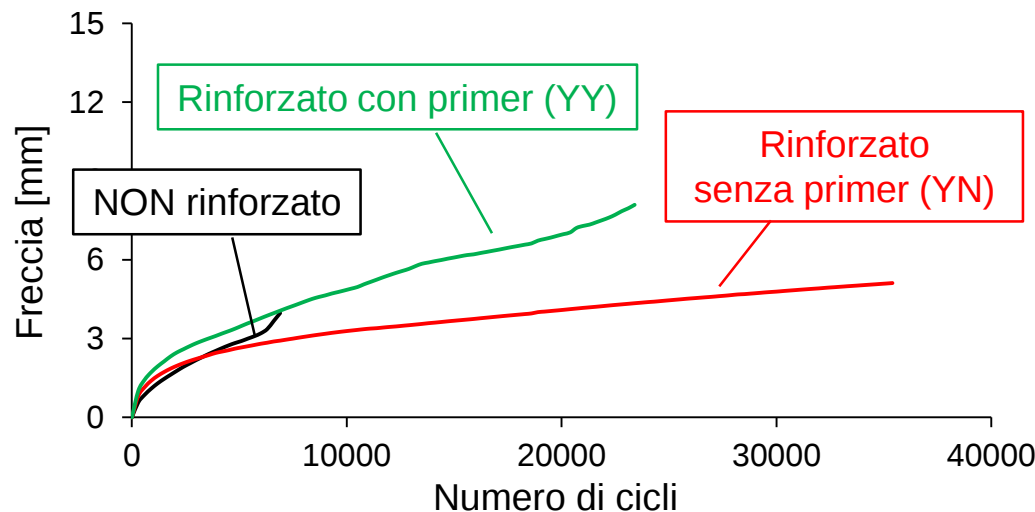
energia specifica di rottura

Capacità resistente del sistema nei confronti della fessurazione

Caratterizzazione avanzata ai carichi ciclici

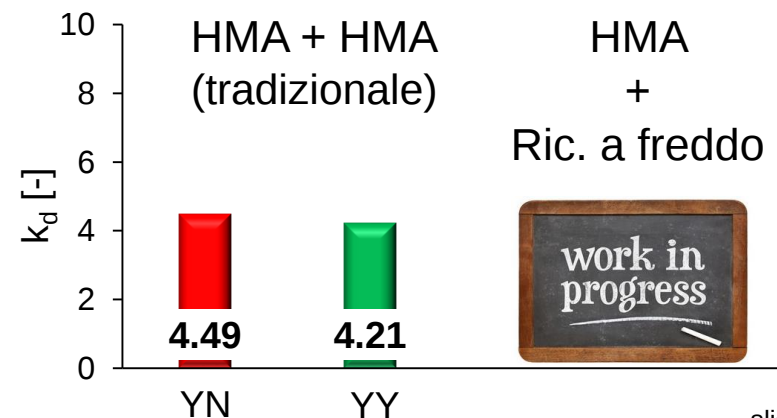
Prestazioni ai carichi ciclici 4PB

PROVA DINAMICA – PROVINI PRISMATICI: $30.5 \times 8.5 \times 8$ cm – $T = 20^\circ\text{C}$ – $f = 1$ Hz



$k =$ “coefficiente di prestazione” del rinforzo

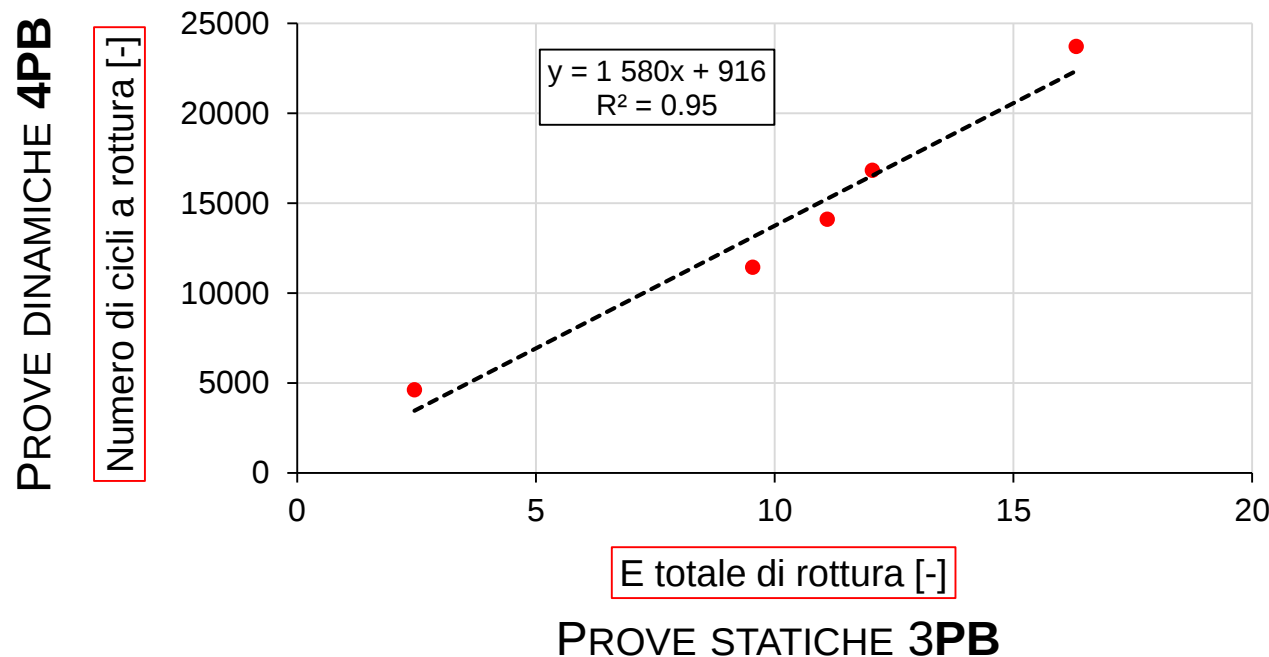
$$k_d = \frac{N_f^{\text{Rinforzato}}}{N_f^{\text{Non rinforzato}}}$$



Caratterizzazione avanzata ai carichi ciclici

Prestazioni a flessione 3PB Vs carichi ciclici 4PB

CONGLOMERATO + RICICLATO A FREDDO (SCHIUMATO)



Parte 2

Dimensionamento razionale di pavimentazioni rinforzate

Manutenzione in campo stradale



Manutenzione in campo stradale

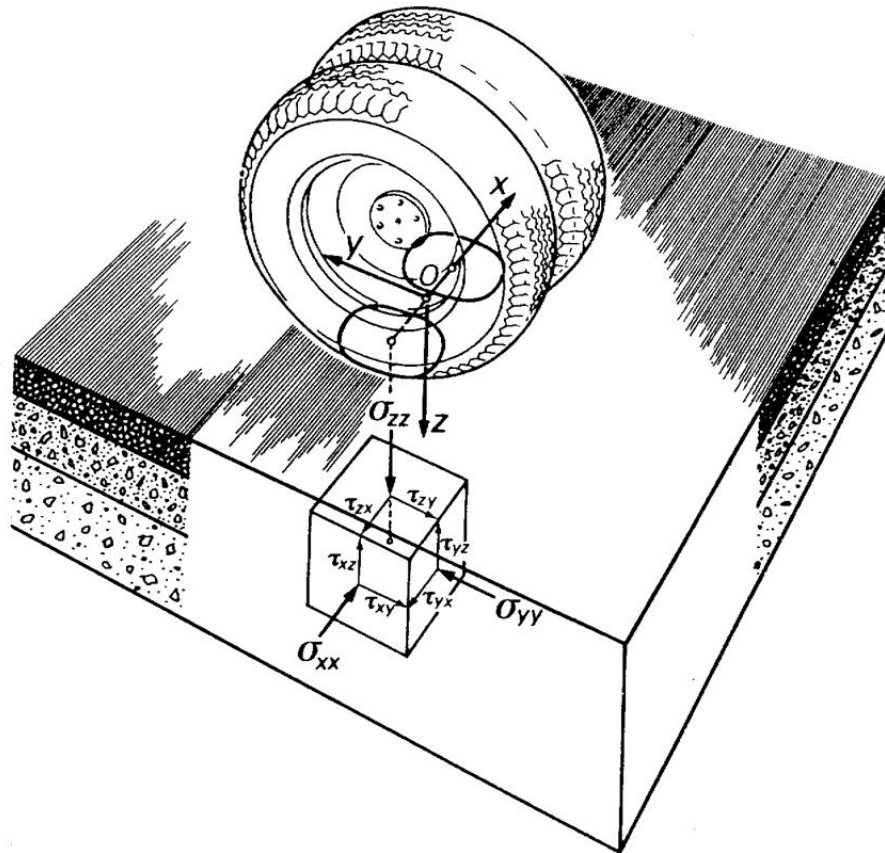


Soluzioni?? → **FATTIBILITÀ TECNICA + SOSTENIBILITÀ ECONOMICA**



Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

Metodo del multistrato elastico



- ❑ Definizione dei carichi:
 - numero;
 - entità;
 -
- ❑ Definizione della struttura:
 - materiali;
 - spessori;
 - proprietà elastiche (E , ν);
 - ...

Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

Metodo del multistrato elastico



Calcolo dello stato tenso-deformativo in specifiche posizioni

Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

Criteri di rottura dei materiali

CONGLOMERATO BITUMINOSO



verifica a FATICA (ϵ_t)

RICICLATO A FREDDO



Fase 1: FATICA (ϵ_t)

Fase 2: ORMAIAMENTO ($\sigma_z \epsilon_z$)

MISTO GRANULARE



verifica a ORMAIAMENTO ($\sigma_z \epsilon_z$)

SOTTOFONDO

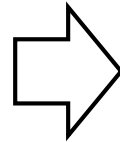


verifica a ORMAIAMENTO ($\sigma_z \epsilon_z$)

Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

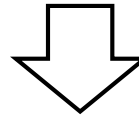
Parametri di calcolo: MATERIALI LEGATI

TERMO-DIPENDENZA

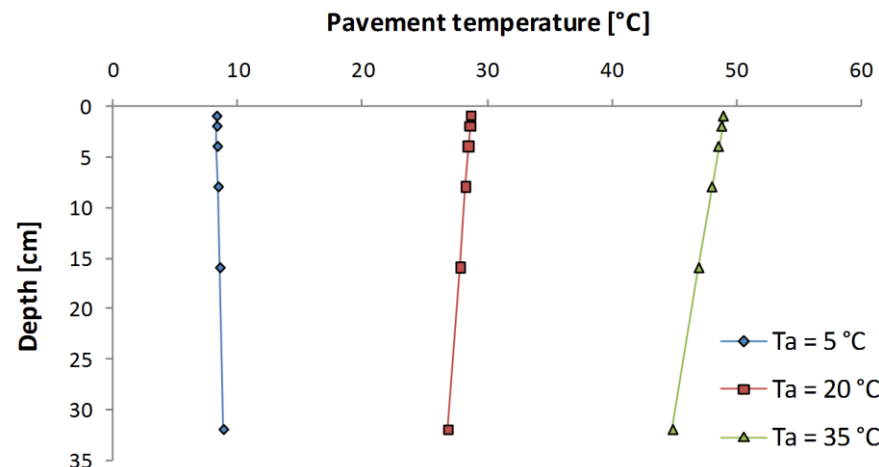


$$|E|(\text{modulo elastico}) = f(T)$$

Temperatura media stagionale dell'aria [°C] (dati ARPA – Veneto, Stazione San Pietro in Cariano – 2015)			
INVERNO	PRIMAVERA	ESTATE	AUTUNNO
0.4	8.5	18.5	8.8



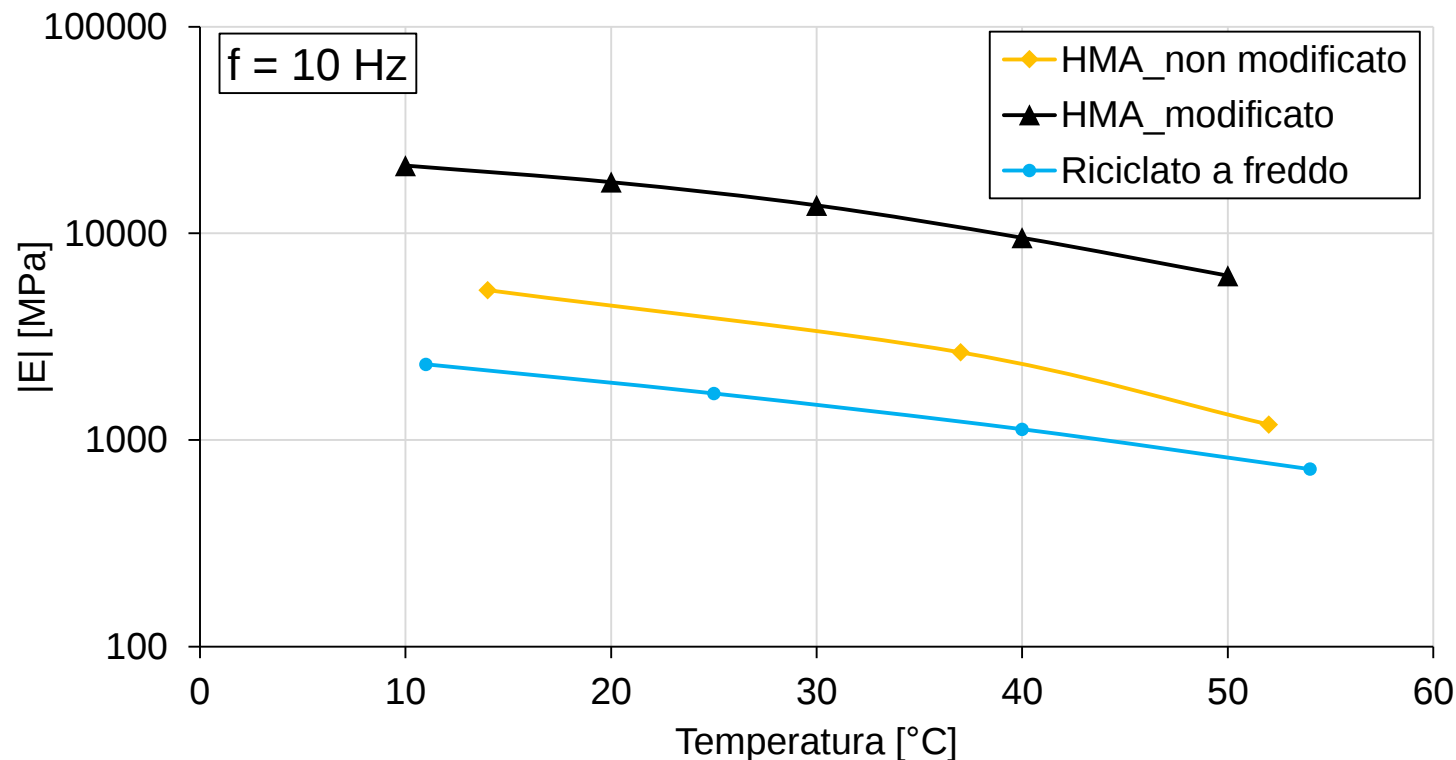
T della pavimentazione calcolata a **1/3 dello spessore degli strati legati**



Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

Parametri di calcolo: MATERIALI LEGATI

Modulo di rigidezza: ISOCRONE a **f = 10 Hz** (dati di laboratorio)



Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

Parametri di calcolo: MATERIALI NON LEGATI

Condizione media delle caratteristiche portanti

SOTTOFONDO

$$(E_d)_s = 10 \cdot CBR$$

$$(E_d)_s = 15 \cdot K$$

$$(E_d)_s = 0,2 \cdot M_d$$

FONDAZIONE

$$E_d = 10 \cdot CBR$$

$$E_d = 0.206h^{0.45} E_{ds}$$

$$E_d = k_1 \theta^{k_2}$$

E_d	modulo elastico dinamico (MPa)
CBR	indice CBR di progetto (addensamento e umidità effettive)
K	costante di reazione di Westergaard (kg/cm ³)
M_d	modulo di deformazione (kg/cm ²)
h	spessore dello strato (mm)
E_{ds}	modulo elastico del sottofondo (MPa)
k_1, k_2	costanti del materiale
θ	somma delle sollecitazioni principali (prova in cella triassiale)

Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

Parametri di calcolo

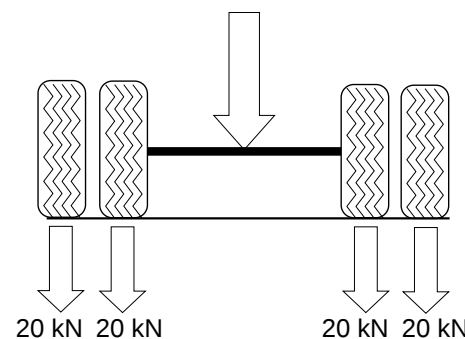
Materiali

STRATO	E [MPa]				v [-]
	INVERNO T = 0.4°C	PRIMAVERA T = 8.5°C	ESTATE T = 18.5°C	AUTUNNO T = 8.8°C	
CONGLOMERATO DRENANTE MODIFICATO	6405	5358	3755	5307	0.35
CONGLOMERATO BITUMINOSO MODIFICATO	12806	10531	6678	10415	0.35
CONGLOMERATO BITUMINOSO TRADIZIONALE	11552	6941	2966	6779	0.35
RICICLATO A FREDDO (<u>FASE 1</u>)	2678	2226	1710	2208	0.30
RICICLATO A FREDDO (<u>FASE 2</u>)		500			0.30
FONDAZIONE IN MISTOGRANULARE		300			0.35
SOTTOFONDO		150			0.40

*T = media stagionale dell'aria (dati ARPA – Veneto, Stazione San Pietro in Cariano – 2015)

Carichi

- asse singolo da 80 kN a ruote gemellate
- $p_{\text{gonfiaggio}} = 700 \text{ kPa}$



Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

Verifica dei materiali bituminosi

$$N_t = N_i + \Delta N_p$$

- N_t numero di cicli riferito all'asse standard che causa la fessurazione a fatica
- N_i numero di cicli riferito all'asse standard che causa l'innescio della fessurazione
- ΔN_p numero di cicli riferito all'asse standard che determina la risalita in superficie delle fessure innescatesi, interessando il 10 % della pavimentazione

Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

Verifica dei materiali bituminosi

Legge di fatica di Verstraeten (**innesco della fessurazione**):

$$\log_{10} N_i = 6 + 4.7619 \cdot \left[\log_{10} \left(\lambda \cdot \frac{V_b}{V_b + V_v} \right) - \log_{10} \varepsilon_t \right]$$

Legge di **propagazione delle fessure**:

$$\Delta N_p = \left(E^{\alpha'} \cdot \sigma^{\beta'} \cdot 10^{\gamma'} \right) \cdot \left(1.373 \cdot e^{-1.089 \cdot n} \cdot h^{(-0.152 + 0.476 \cdot n)} \right)$$

spessore dello strato

f = (tipo di legante)

Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

Verifica dei materiali bituminosi

Ref.: J. Jacobs (1995), «Crack growth in asphaltic mixes», PhD dissertation (Advisor: A.A.A. Molenaar), TU Delft (The Netherlands)

$$n = \frac{2}{(a_4 + 2 \cdot a_5 \cdot \log(t)) \cdot CF}$$

$$\ln(CF) = b_0 + b_1 \cdot S_{max} + b_2 \cdot S_{bit} + b_3 \cdot S_{mas} \cdot \ln S_{bit}$$

a_i, b_i = coefficienti di regressione (funzione del tipo di bitume)

t = tempo di carico = 0.1/frequenza

S_{mas} = modulo di rigidezza del **conglomerato** (a una determinata T e frequenza di carico)

S_{bit} = modulo di rigidezza del **bitume**; $f = (T, t, T_{R\&B}, PI)$ - van der Poel, 1954

$n = 5$

conglomerati NON modificati

$n = 4.5$

conglomerati modificati

Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

Verifica dei materiali bituminosi rinforzati

$$N_t = N_i + k \cdot \Delta N_p$$

k = “coefficiente di prestazione” del rinforzo
(determinabile sperimentalmente in laboratorio)

$k = 3.5$

conglomerati NON modificati



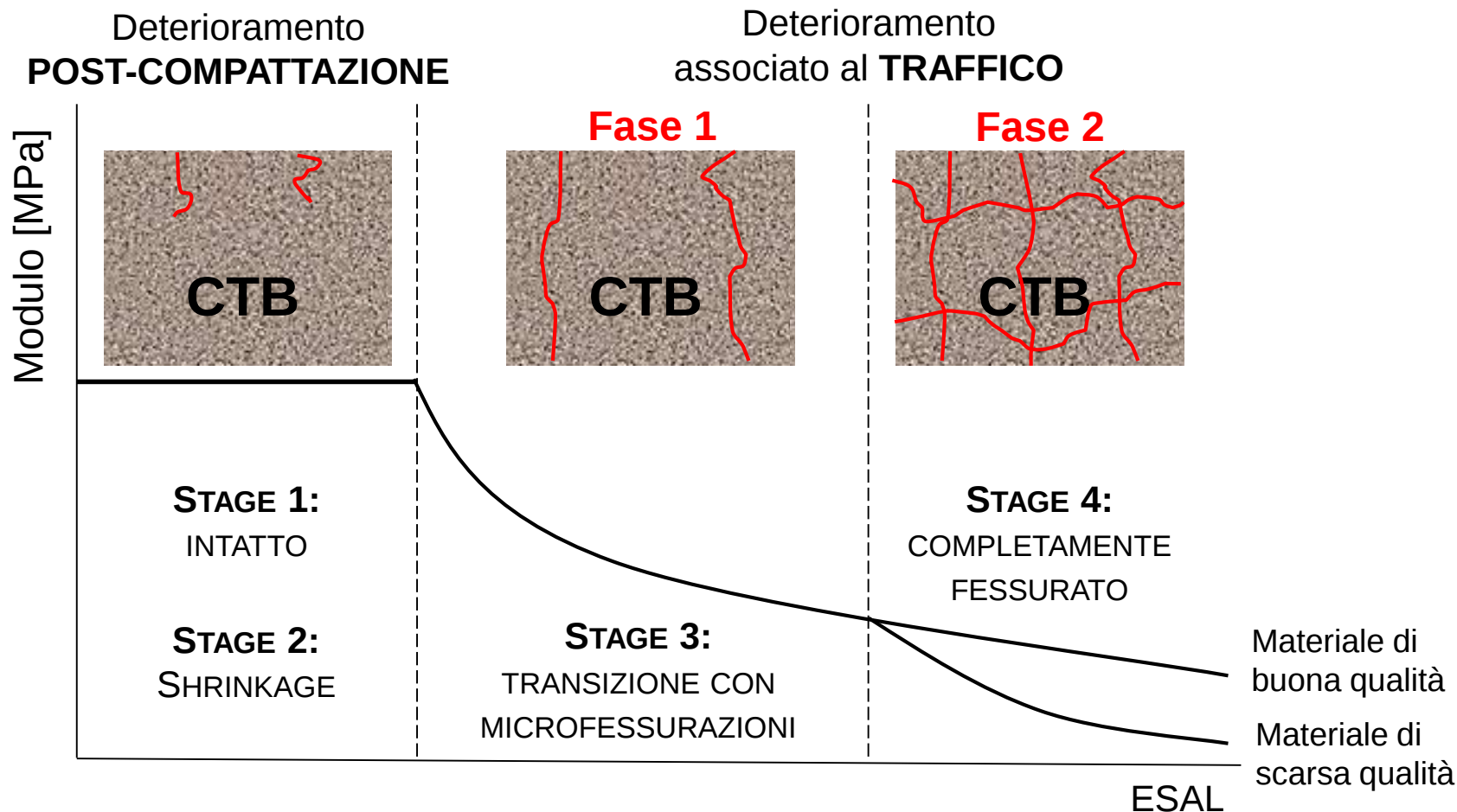
$k = 5.5$

conglomerati modificati



Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

Criterio di rottura materiali riciclati a freddo



Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

Criterio di rottura materiali riciclati a freddo

Fatica – Fase 1

$$N_z = 10^{7.92 - 1.28 \left(\frac{\varepsilon_t}{\varepsilon_b} \right)}$$

N_z cicli di carico a rottura

ε_t deformazione orizzontale alla base dello strato riciclato a freddo

ε_b deformazione a rottura (f = tipologia di materiale)

Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

Criterio di rottura materiali riciclati a freddo

Ormaiamento – Fase 2

$$\text{Log}_{10} N_z = \left(\frac{54.005}{t} + 4.5 \right) \cdot (SR + 0.0664)^{-0.2313}$$

N_z cicli di carico a rottura (eccessiva deformazione plastica)

t spessore dello strato riciclato a freddo (mm)

SR critical stress ratio (f = angolo di attrito ϕ e delle tensioni min e max in sommità dello strato riciclato a freddo)

$$SR = \frac{\sigma_1^d - \sigma_3}{\sigma_3 \left[\tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) - 1 \right] + 2.c. \tan \left[45^\circ + \frac{\phi}{2} \right]}$$

Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

Criterio di rottura materiali non legati
FONDAZIONE

$$\log_{10} N_z = 2.61 \cdot F + 3.71$$

N_z cicli di carico a rottura (eccessiva deformazione plastica)

F coefficiente di sicurezza (f = valori di σ nelle tre direzioni determinati alla profondità intermedia dello strato di fondazione; c_{term} , tabulato in funzione del tipo di materiale granulare).

$$F = \min \left[\left(\frac{c_{term}}{1000 \cdot (|\sigma_{zz}| + \sigma_{xx,yy \max})} \right)_{y=0}, \left(\frac{c_{term}}{1000 \cdot (|\sigma_{zz}| + \sigma_{xx,yy \max})} \right)_{y=-0,1575} \right]$$

Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

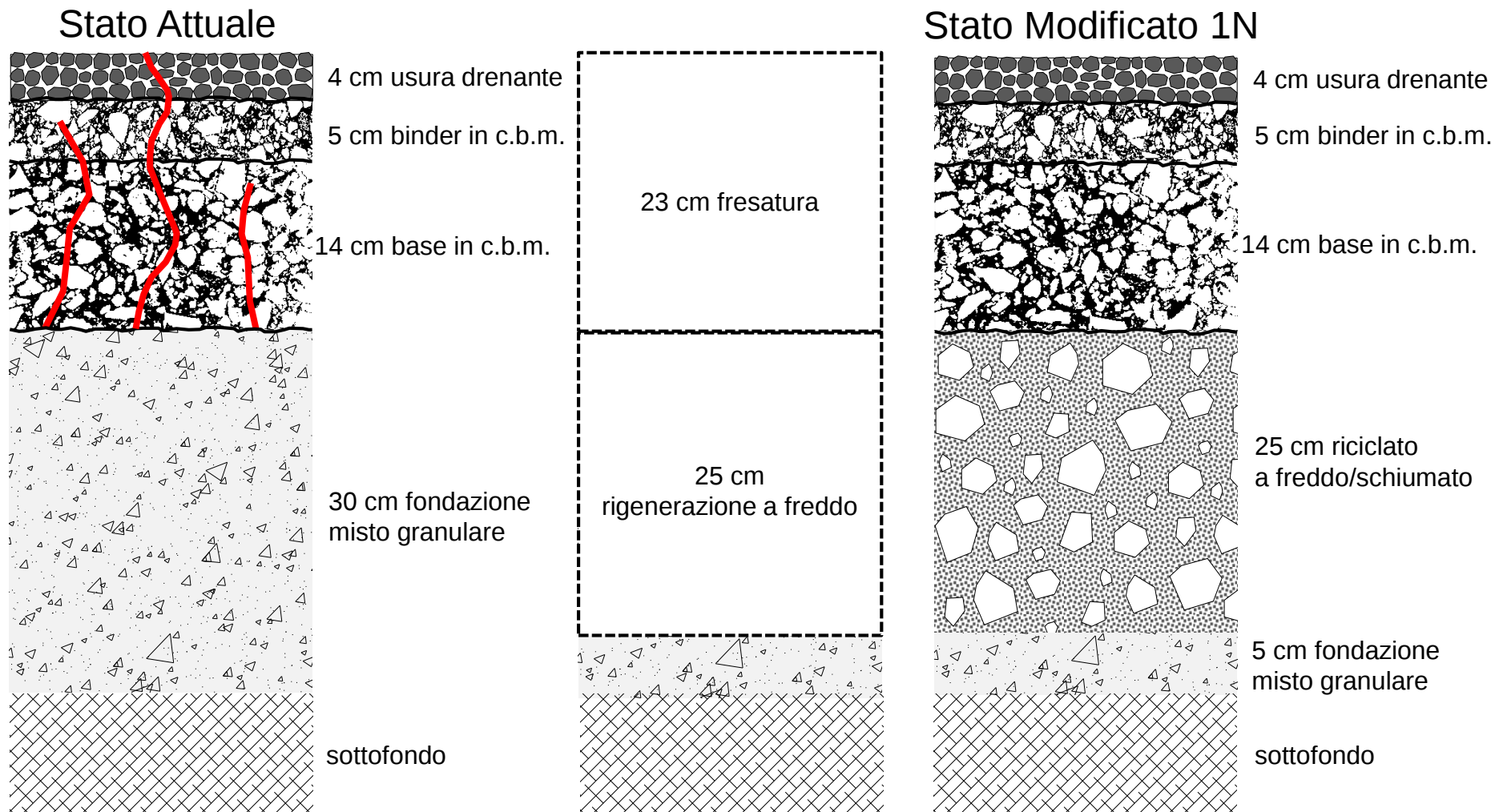
Criterio di rottura materiali non legati
SOTTOFONDO

$$N_z = 1.0498 \cdot 10^{-7} \cdot \varepsilon_t^{-4}$$

N_z cicli di carico a rottura (eccessiva deformazione plastica)

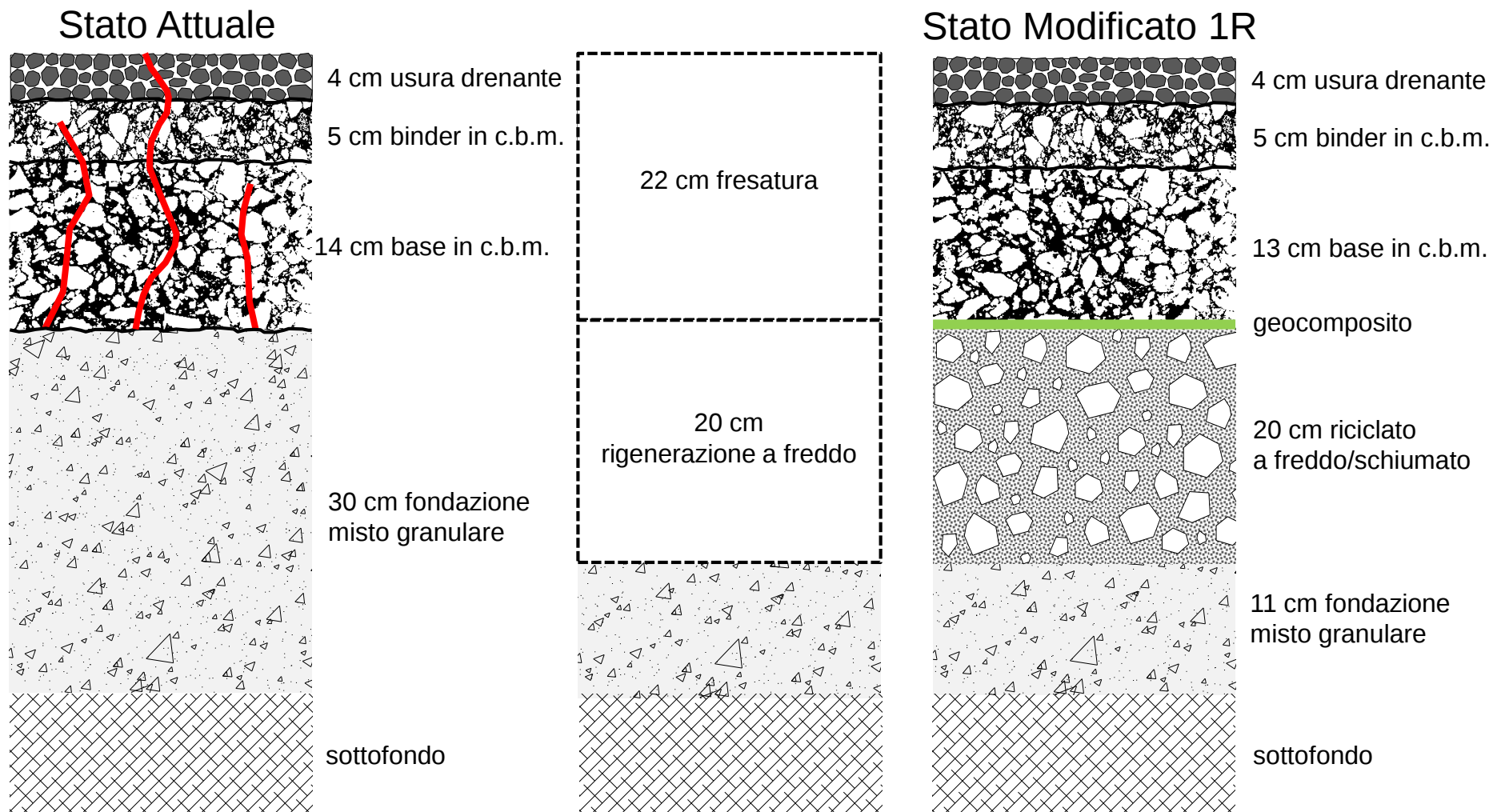
ε_t deformazione verticale in sommità dello strato di sottofondo

Soluzione 1 - Risanamento profondo ANAS: tipologia RP-A1



Durata Soluzione 1N = 120 milioni di assi standard da 8,2 t

Soluzione 1 - Risanamento profondo ANAS: alternativa alla tipologia RP-A1



Durata Soluzione 1R = 160 milioni di assi standard da 8,2 t

Confronto Soluzioni 1N-1R

Riepilogo

1R → 160 milioni ESAL da 8,2 t = 30 milioni ESAL da 12 t

6 cm in meno di fresatura

1 cm in meno (su 23) di conglomerato bituminoso modificato

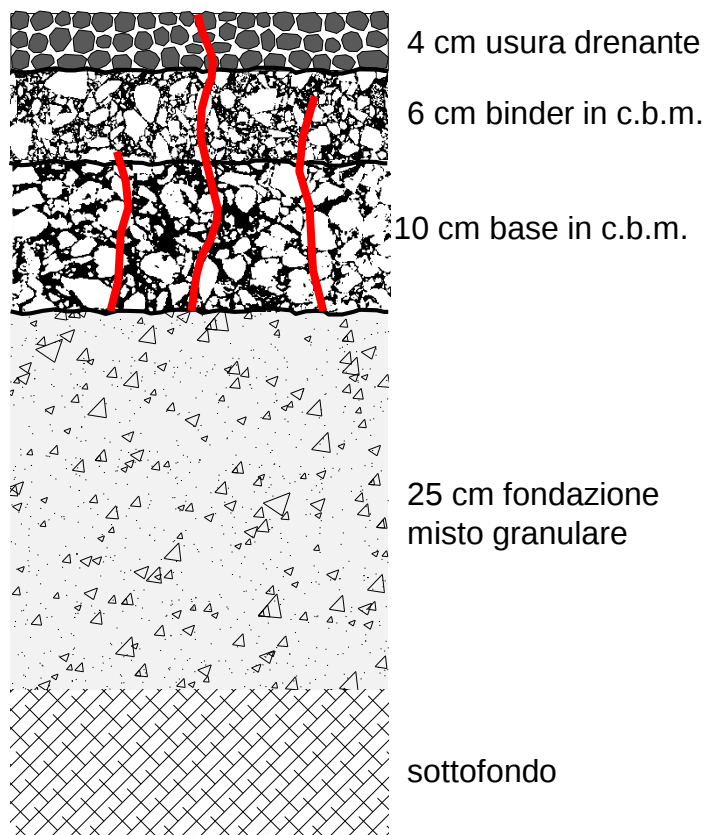
5 cm in meno (su 25) di riciclato a freddo schiumato

Incremento del 33% della Vita Utile

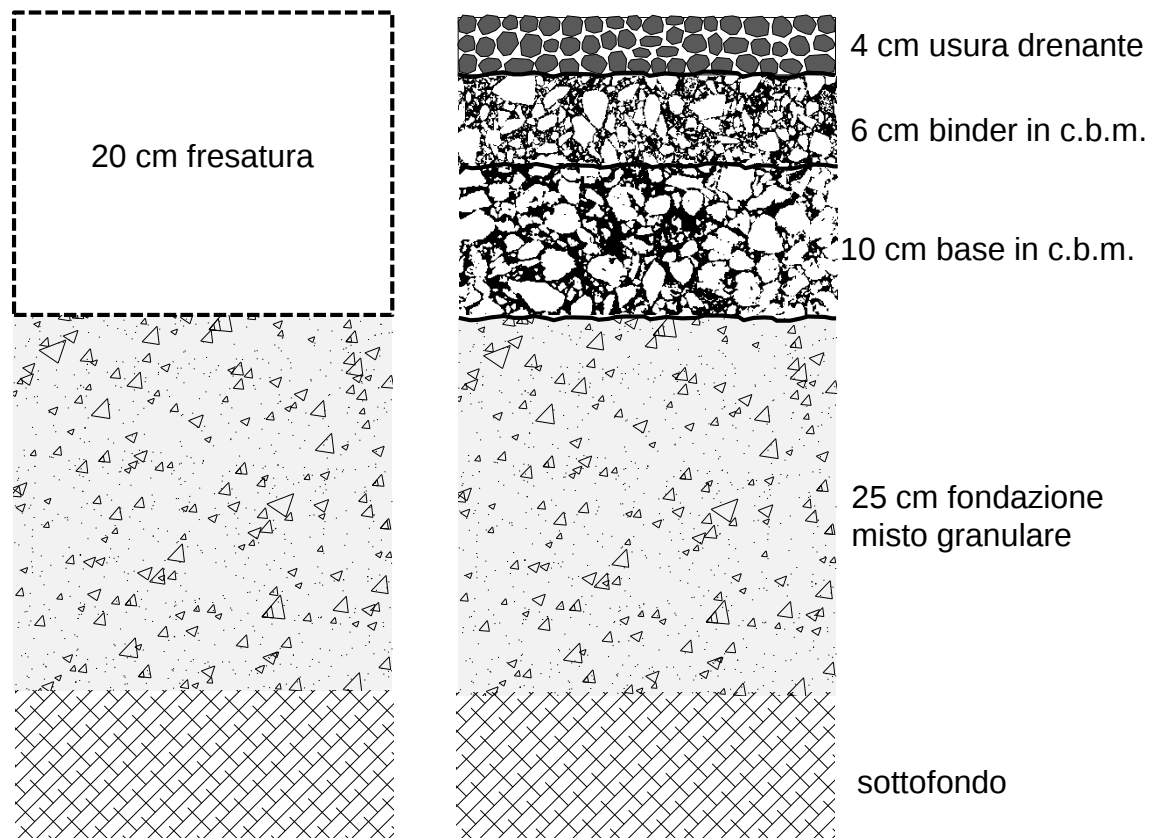
+ beneficio derivante dall'effetto impermeabilizzante antipumping
+ benefici ambientali

Soluzione 2 – Tipologia “Serenissima” A31 diramazione da A4

Stato Attuale



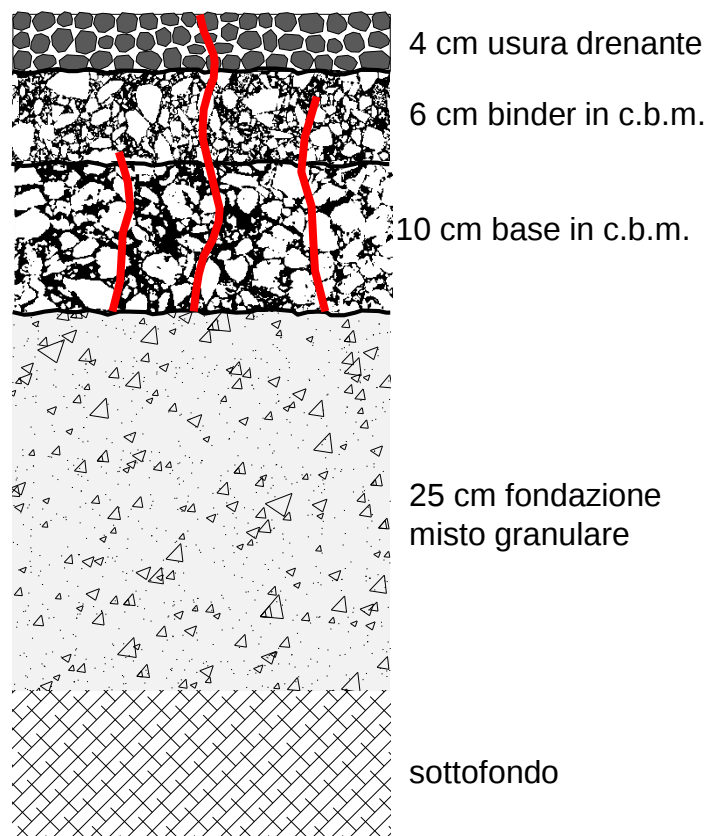
Stato Modificato 2N



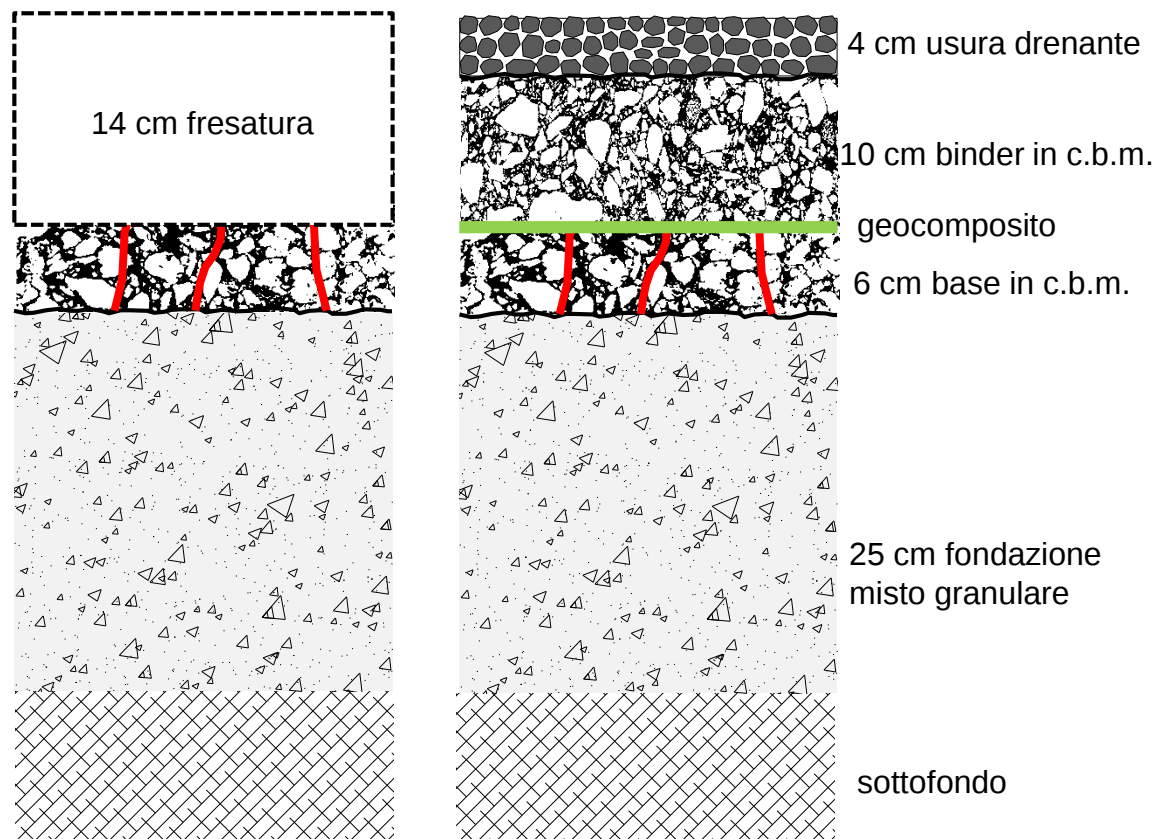
Durata Soluzione 2N = 11 milioni di assi standard da 8,2 t

Soluzione 2 – Alternativa alla Tipologia “Serenissima” A31 diramazione da A4

Stato Attuale



Stato Modificato 2R



Durata Soluzione 2R = 12 milioni di assi standard da 8,2 t

Confronto Soluzioni 2N-2R

Riepilogo

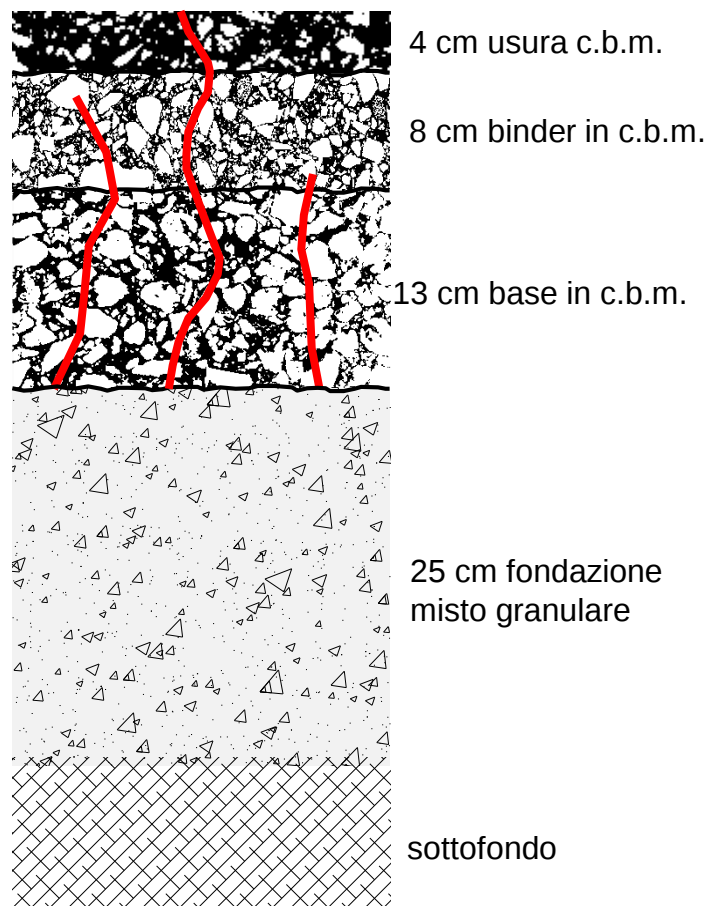
2R → 12 milioni ESAL da 8,2 t = 2,3 milioni ESAL da 12 t

6 cm in meno (su 20) di fresatura e
conglomerato bituminoso modificato

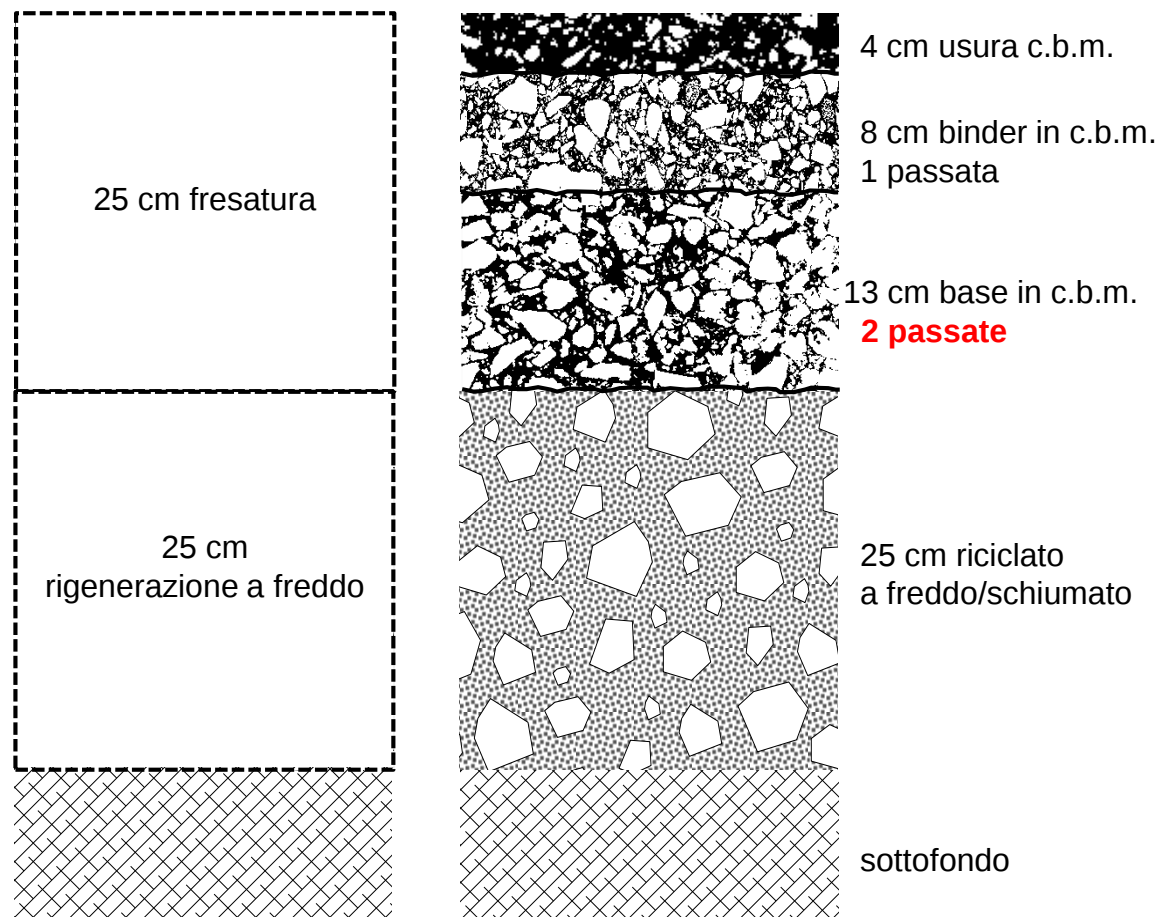
Incremento del 9% della Vita Utile
+ beneficio derivante dall'effetto impermeabilizzante antipumping
+ benefici ambientali

Soluzione 3 – Tipologia “Transpolesana (SS 434)”

Stato Attuale



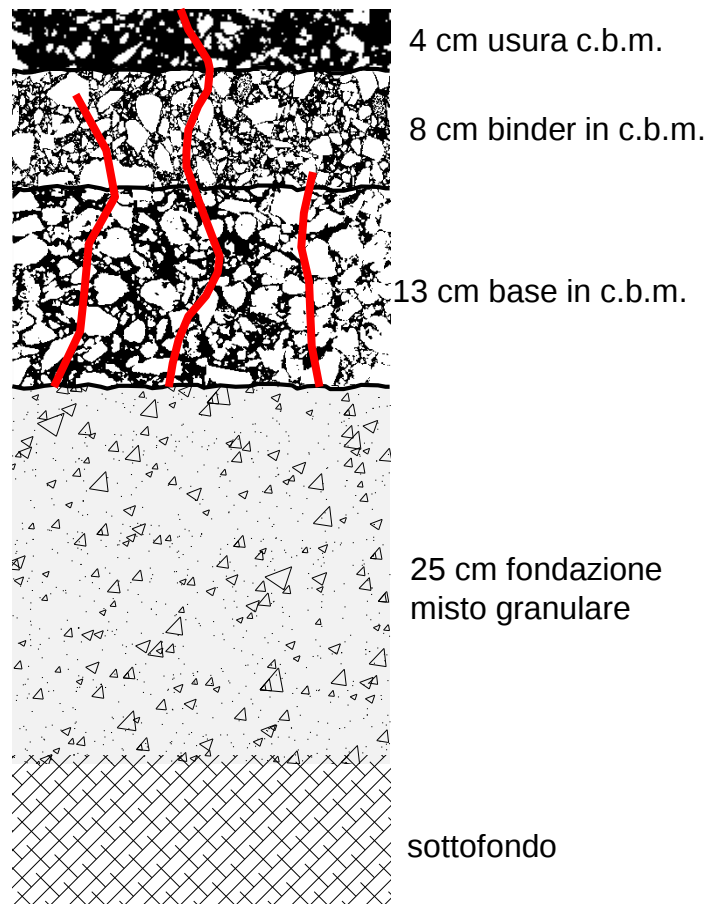
Stato Modificato 3N



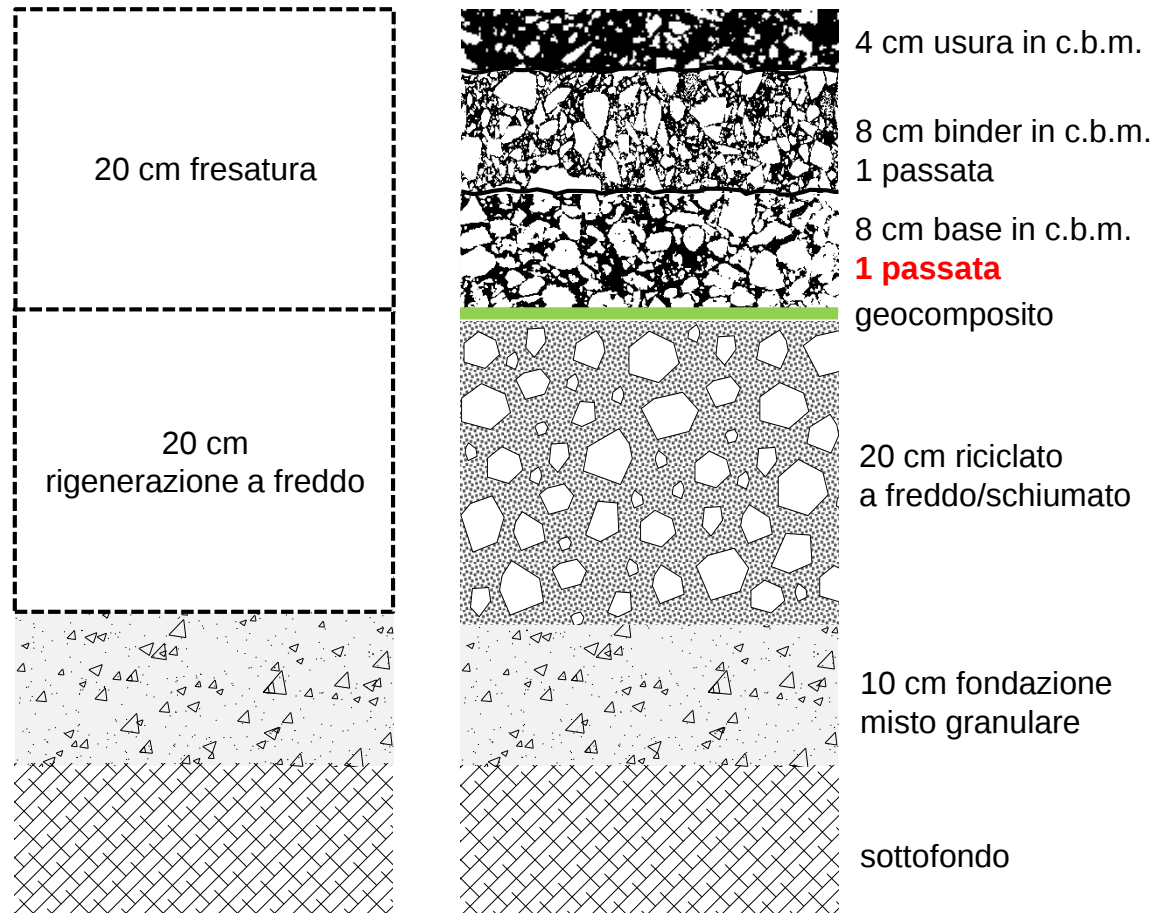
Durata Soluzione 3N = 140 milioni di assi standard da 8,2 t

Soluzione 3 – Alternativa alla Tipologia “Transpolesana (SS 434)”

Stato Attuale



Stato Modificato 3R



Durata Soluzione 3R = 140 milioni di assi standard da 8,2 t

Confronto Soluzioni 3N-3R

Riepilogo

3R → 140 milioni ESAL da 8,2 t = 27 milioni ESAL da 12 t

5 cm in meno (su 25) di fresatura e
conglomerato bituminoso modificato

5 cm in meno (su 25) di riciclato a freddo schiumato

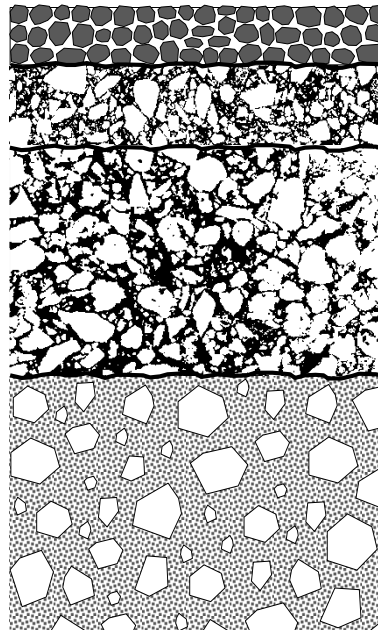
Maggior **rapidità di intervento** (ridotto n. di passate per compattare)

A parità di Vita Utile

+ beneficio derivante dall'effetto impermeabilizzante antipumping
+ benefici ambientali

Soluzione 4 – Tipologia ANAS Pavimentazione Grande Traffico NC-1

Stato Modificato 4N



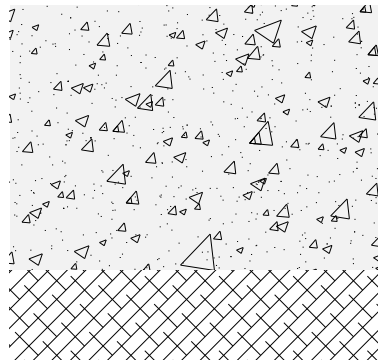
4 cm usura drenante

5 cm binder in c.b.m.
1 passata

15 cm base in c.b.m.
2 passate

20 cm riciclato
a freddo/schiumato

Durata Soluzione 4N = 130 milioni di assi standard da 8,2 t

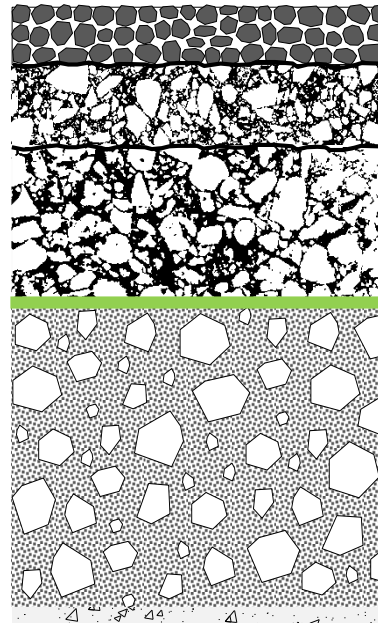


20 cm fondazione
misto granulare

sottofondo

Soluzione 4 – Alternativa **Tipologia ANAS Pavimentazione Grande Traffico NC-1**

Stato Modificato 4R

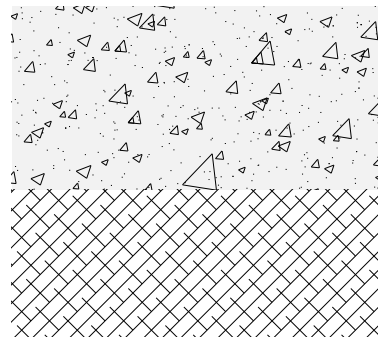


4 cm usura drenante
5 cm binder in c.b.m.
1 passata

10 cm base in c.b.m.
1 passata

20 cm riciclato
a freddo/schiumato

Durata Soluzione 4R = 130 milioni di assi standard da 8,2 t



20 cm fondazione
misto granulare

sottofondo

Confronto Soluzioni 4N-4R

Riepilogo

4R → 130 milioni ESAL da 8,2 t = 24.5 milioni ESAL da 12 t

5 cm in meno (su 24) di fresatura e
conglomerato bituminoso modificato

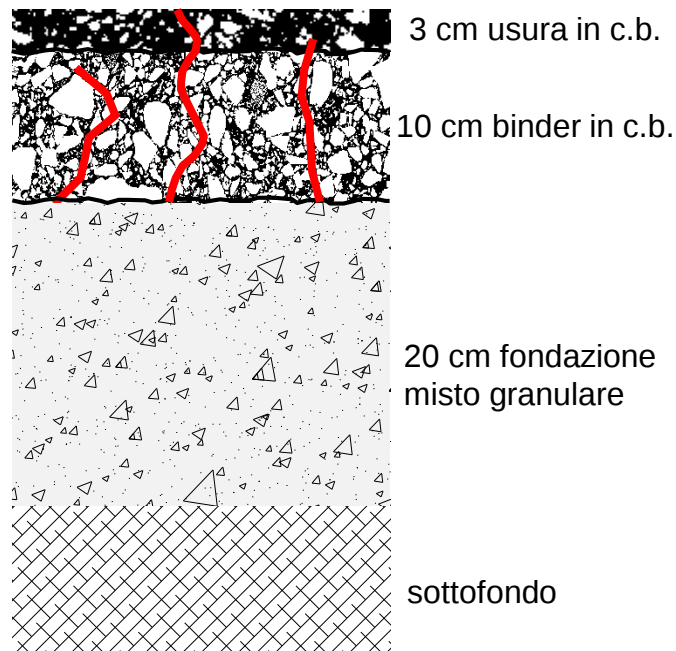
Maggior **rapidità di intervento** (ridotto n. di passate per compattare)

A parità di Vita Utile

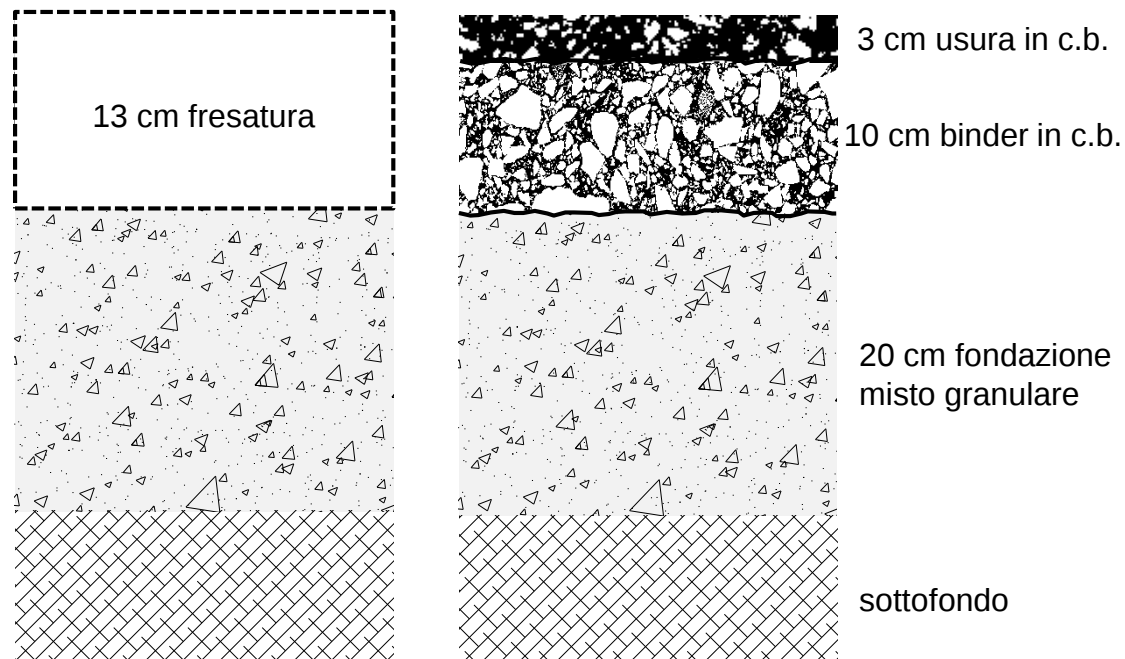
+ beneficio derivante dall'effetto impermeabilizzante antipumping
+ benefici ambientali

Soluzione 5 - Risanamento superficiale ANAS: tipologia RS1-A

Stato Attuale



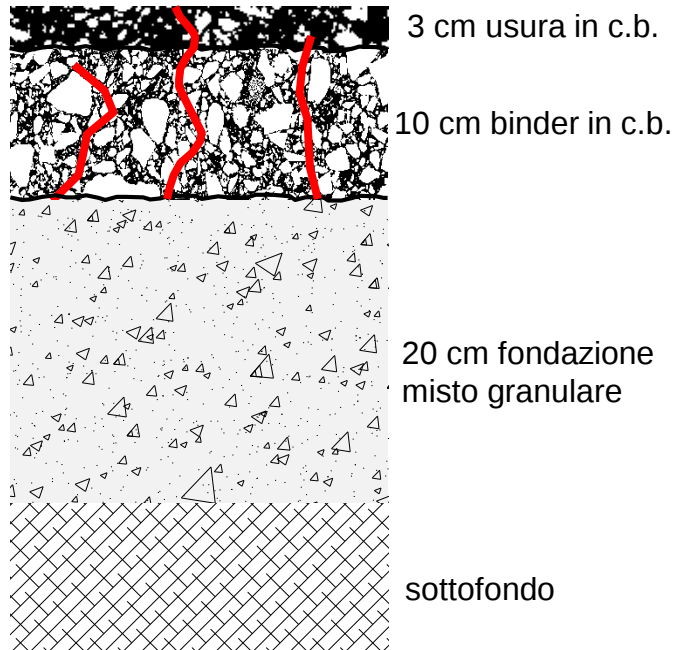
Stato Modificato 5N



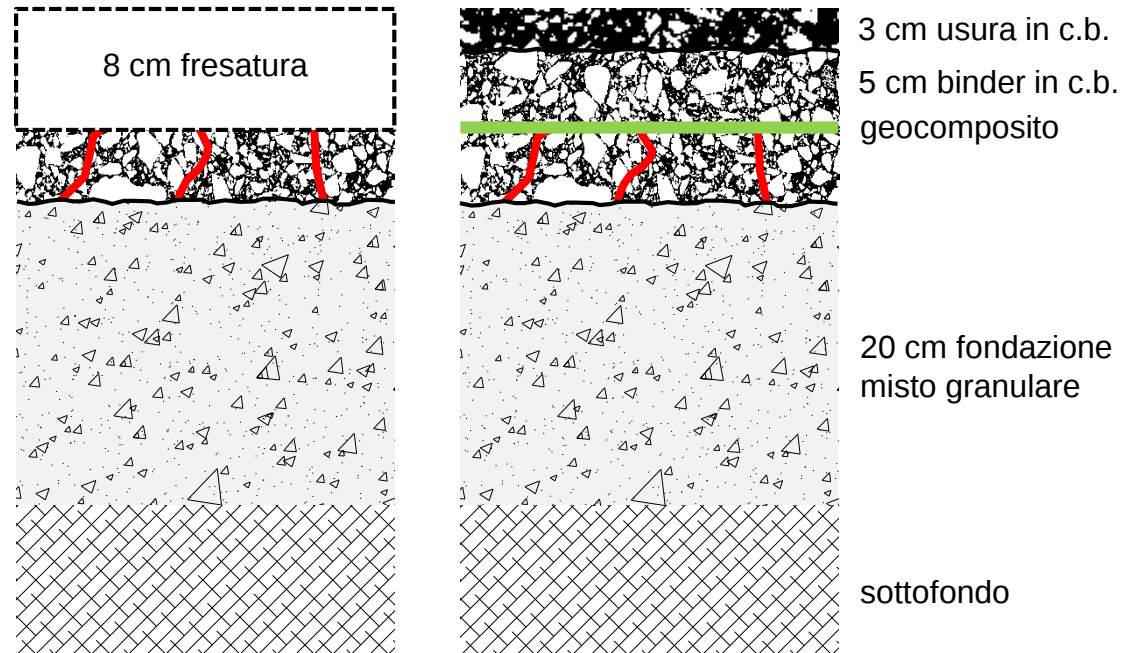
Durata Soluzione 5N = 3,3 milioni di assi standard da 8,2 t

Soluzione 5 - Risanamento superficiale ANAS: alternativa alla tipologia RS1-A

Stato Attuale



Stato Modificato 5R



Durata Soluzione 5R = 5,3 milioni di assi standard da 8,2 t

Confronto Soluzioni 5N-5R

Riepilogo

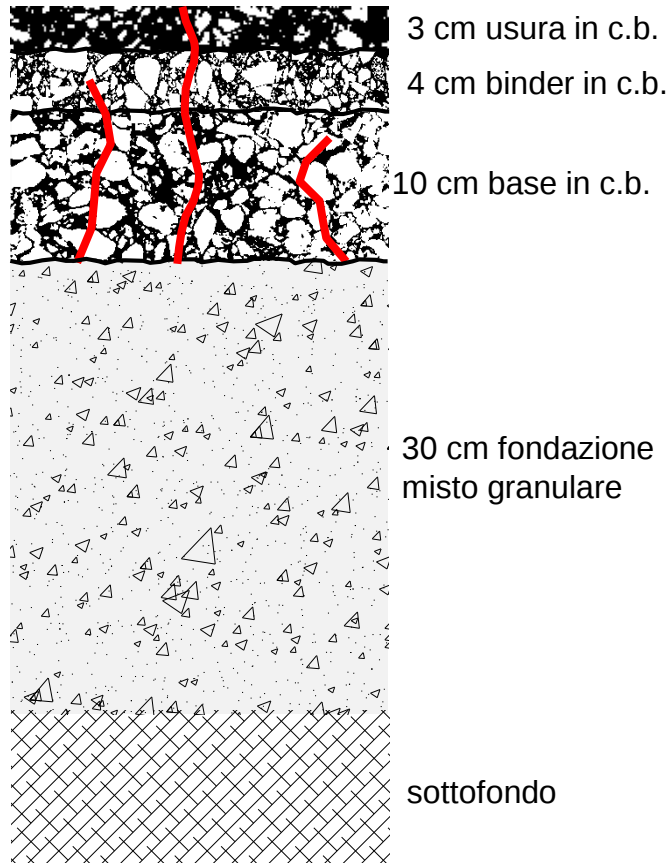
5R → 5,3 milioni ESAL da 8,2 t = 1,0 milioni ESAL da 12 t

5 cm in meno (su 13) di fresatura e
conglomerato bituminoso tradizionale

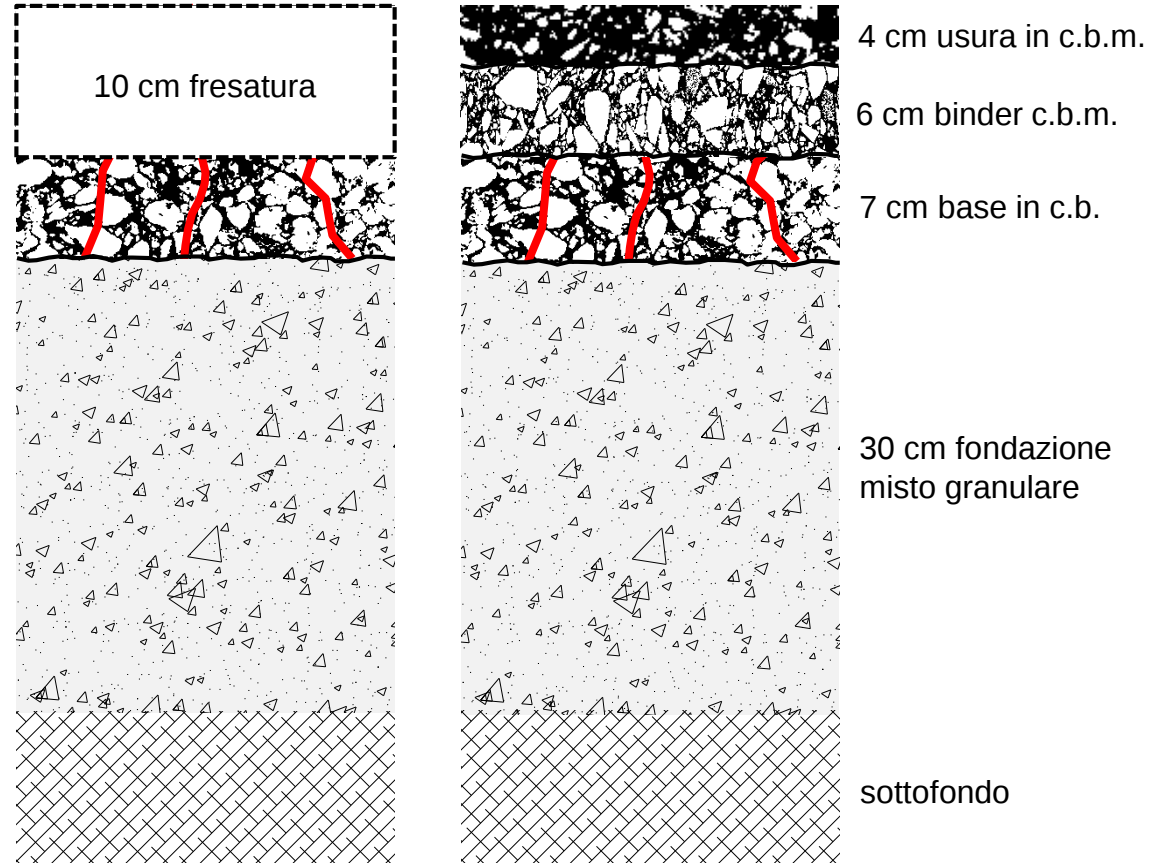
Incremento del 60% della Vita Utile
+ beneficio derivante dall'effetto impermeabilizzante antipumping
+ benefici ambientali

Soluzione 6 – Tipologia di progetto ANAS tipo RA 11

Stato Attuale



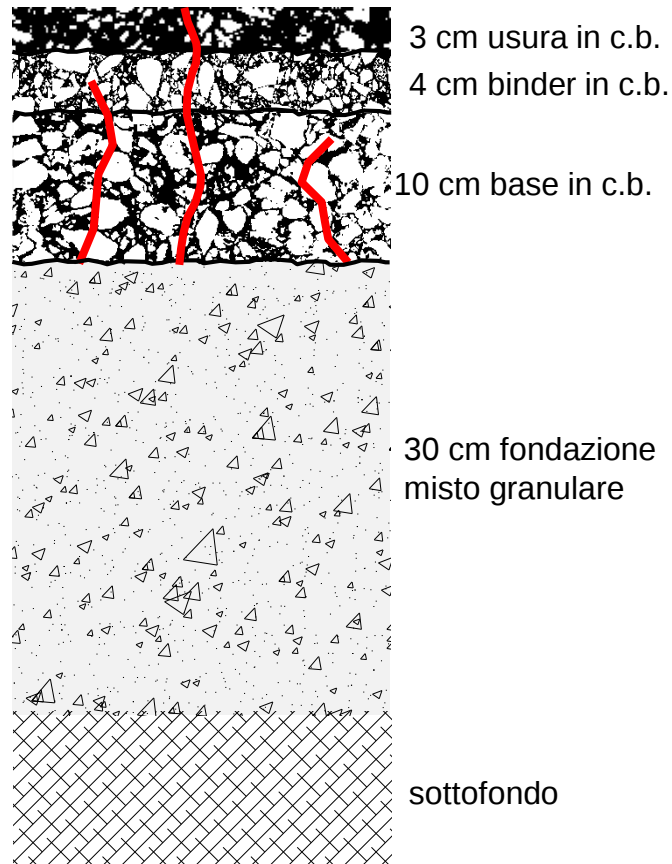
Stato Modificato 6N



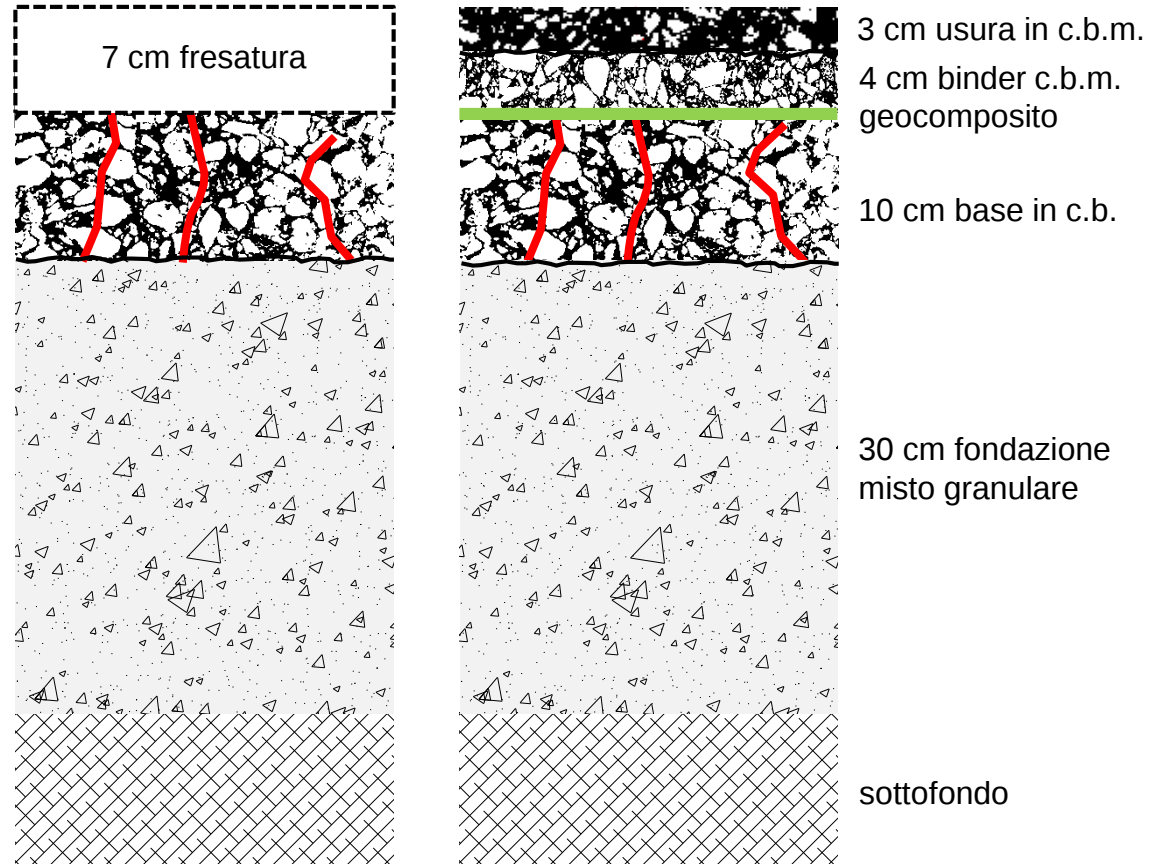
Durata Soluzione 6N = 1,4 milioni di assi standard da 8,2 t

Soluzione 6 – Alternativa alla Tipologia di progetto ANAS tipo RA 11

Stato Attuale



Stato Modificato 6R



Durata Soluzione 6R = 3,3 milioni di assi standard da 8,2 t

Confronto Soluzioni 6N-6R

Riepilogo

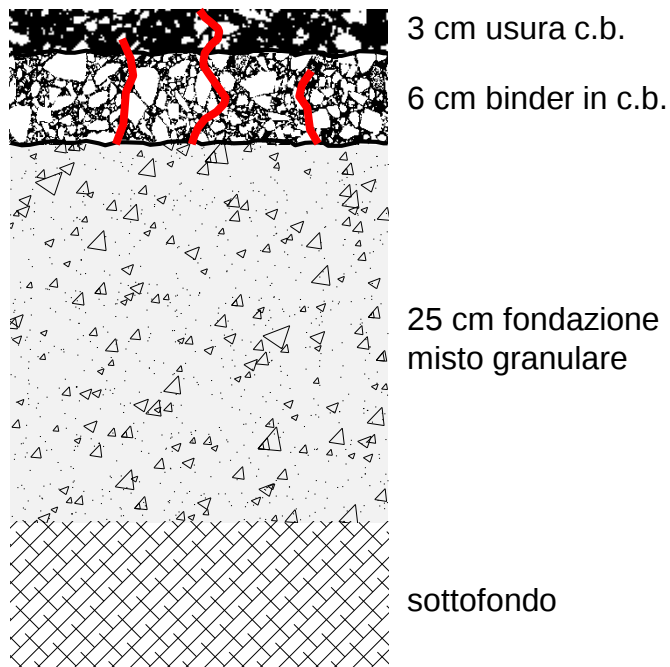
6R → 3,3 milioni ESAL da 8,2 t = 0,6 milioni ESAL da 12 t

3 cm in meno (su 10) di fresatura e
conglomerato bituminoso modificato

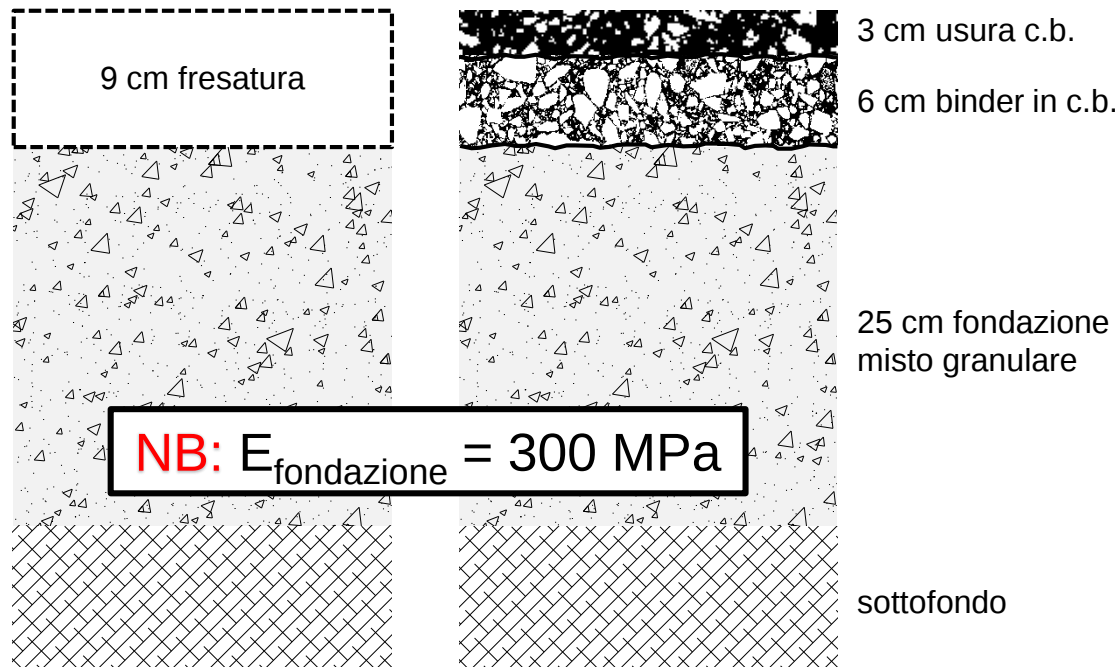
Incremento del 130% della Vita Utile
+ beneficio derivante dall'effetto impermeabilizzante antipumping
+ benefici ambientali

Soluzione 7 - Risanamento superficiale ANAS: tipologia RS1-C

Stato Attuale



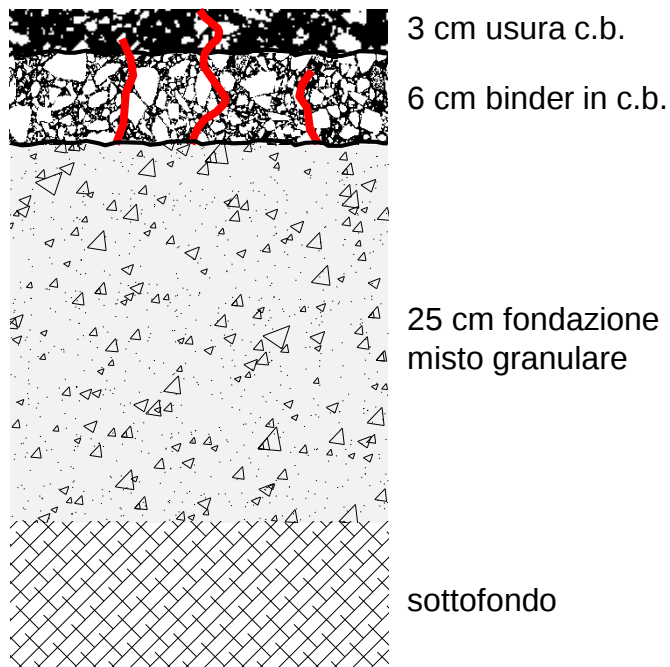
Stato Modificato 7N



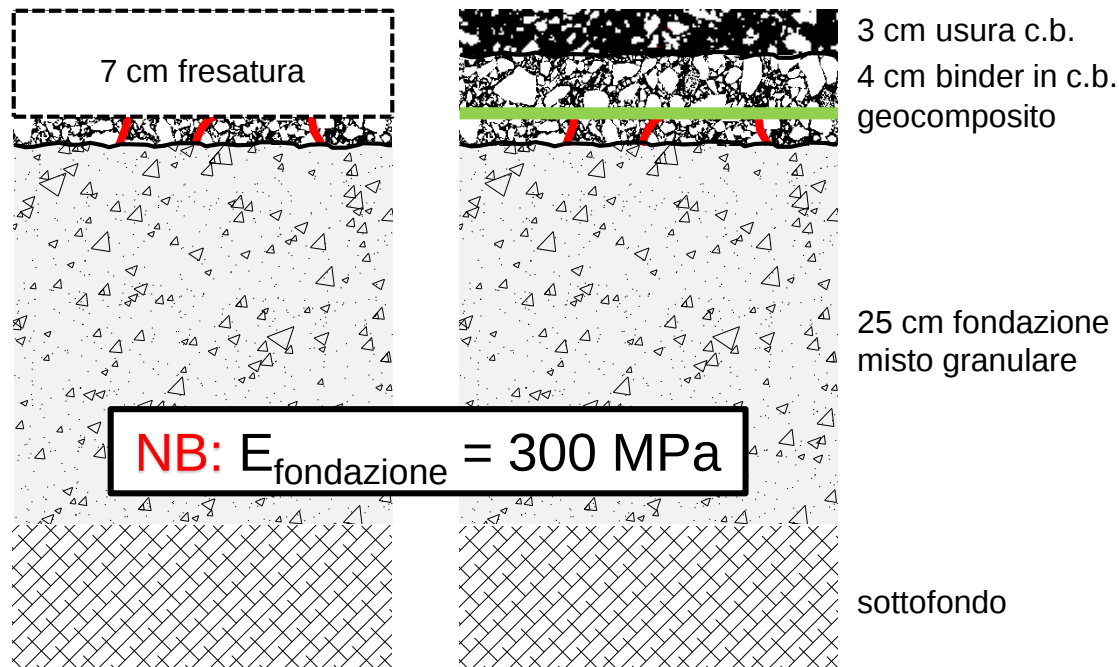
Durata Soluzione 7N = 0,9 milioni di assi standard da 8,2 t

Soluzione 7 - Risanamento superficiale ANAS: alternativa alla tipologia RS1-C

Stato Attuale



Stato Modificato 7R



Durata Soluzione 7R = 2,4 milioni di assi standard da 8,2 t

Confronto Soluzioni 7N-7R

Riepilogo

7R → 2,4 milioni ESAL da 8,2 t = 0,5 milioni ESAL da 12 t

2 cm in meno (su 9) di fresatura e conglomerato bituminoso tradizionale

Incremento del 190% della Vita Utile
+ beneficio derivante dall'effetto impermeabilizzante antipumping
+ benefici ambientali

Soluzione 7/8 – Interporto di Verona (tratto via Sommacampagna)

Validazione dimensionamento e parametri di calcolo

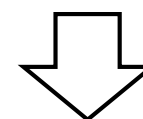
Dati di traffico (gennaio 2017)

- TGM = 7020 (ESAL_{8,2} t)/gg
- TAM ≈ 1.75 milioni (ESAL_{8,2} t)/anno



TRATTO D'INTERVENTO

TRAFFICO PESANTE



sovracompattazione
degli strati non legati

Soluzione 7/8 – Interporto di Verona (tratto via Sommacampagna)

Validazione dimensionamento e parametri di calcolo

Dati di traffico (gennaio 2017)

- TGM = 7020 (ESAL_{8,2} t)/gg
- TAM ≈ 1.75 milioni (ESAL_{8,2} t)/anno

Durata abituale tratto via Sommacampagna < 2 anni

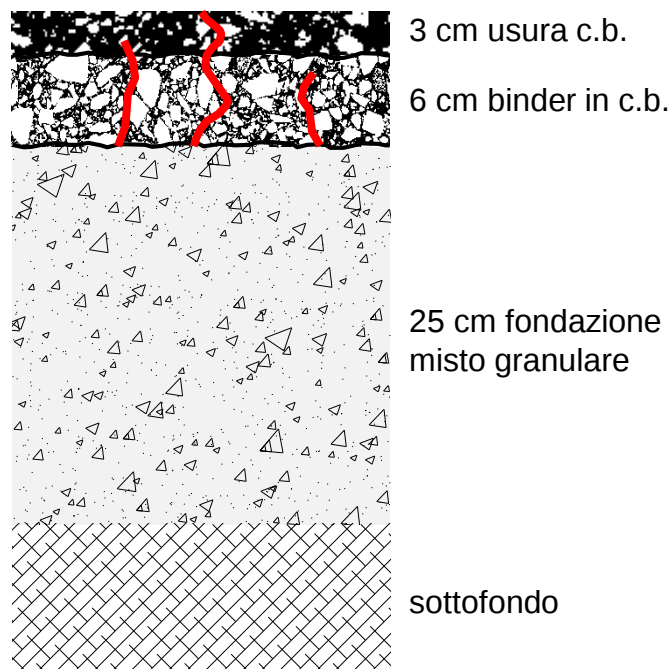
Durata soluzione 7N
 $E_{\text{fond}} = 300 \text{ MPa}$

$$\rightarrow \text{da calcolo} \rightarrow \frac{0.9}{1.75} \approx \mathbf{0.5 \text{ anni}}$$

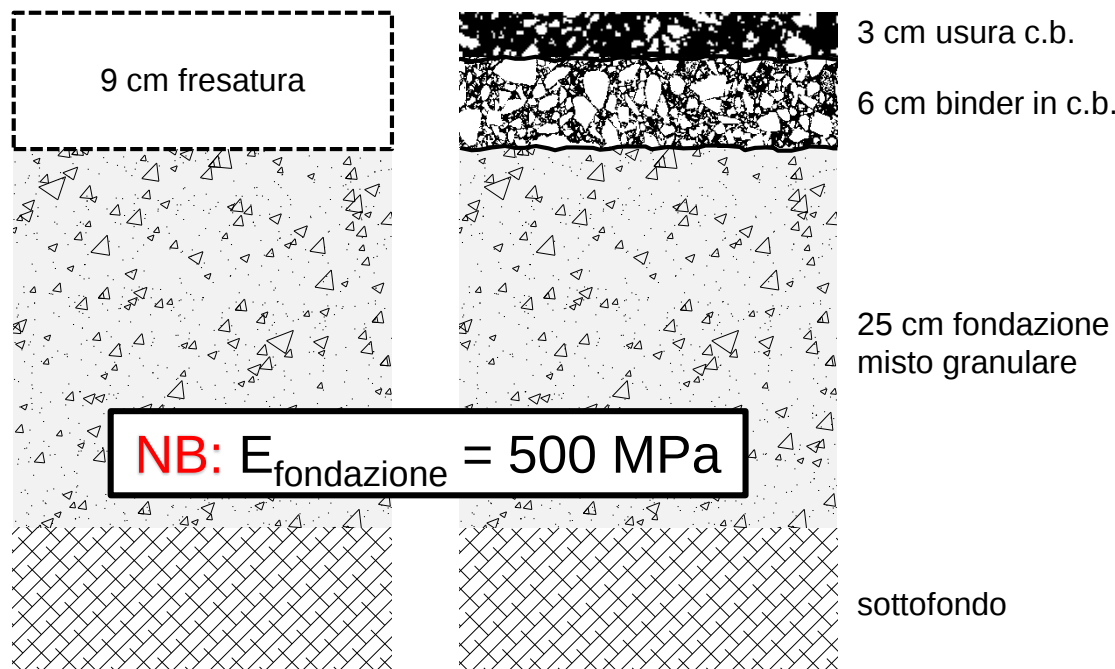


Soluzione 8 - Risanamento superficiale ANAS: tipologia RS1-C

Stato Attuale



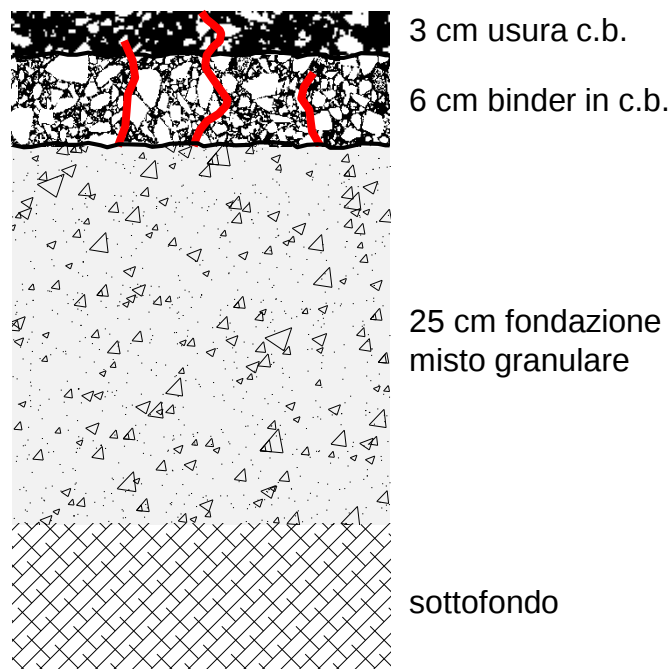
Stato Modificato 8N



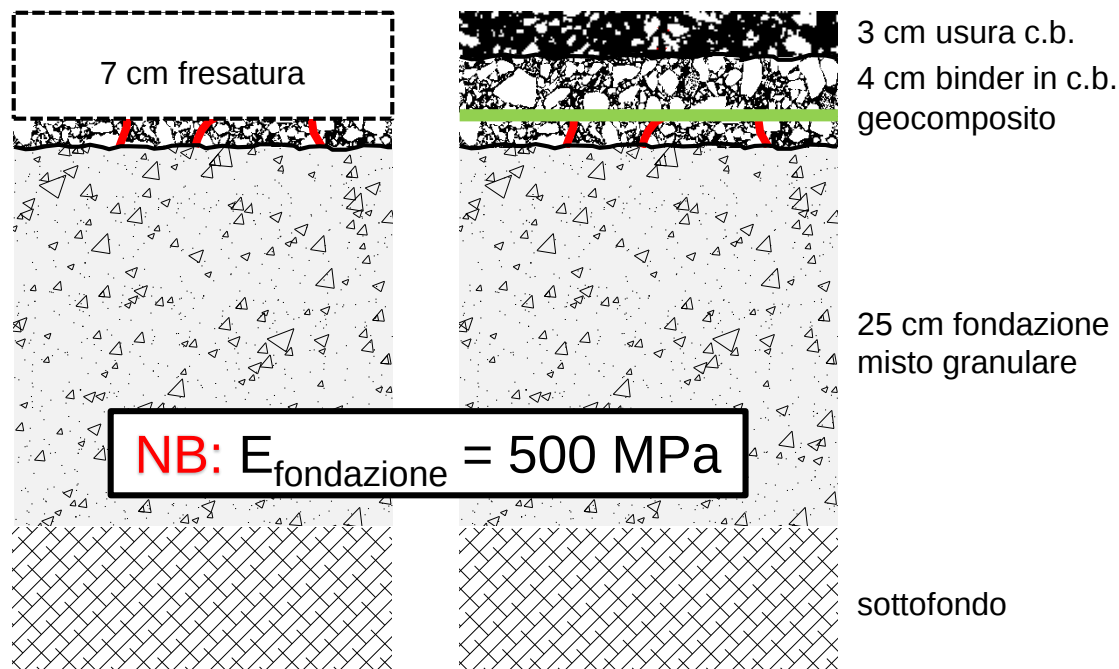
Durata Soluzione 8N = 2,9 milioni di assi standard da 8,2 t

Soluzione 8 - Risanamento superficiale ANAS: alternativa alla tipologia RS1-C

Stato Attuale



Stato Modificato 8R



Durata Soluzione 8R = 8,5 milioni di assi standard da 8,2 t

Confronto Soluzioni 8N-8R

Riepilogo

8R → 8,5 milioni ESAL da 8,2 t = 1,5 milioni ESAL da 12 t

2 cm in meno (su 9) di fresatura e
conglomerato bituminoso tradizionale

Incremento del 190% della Vita Utile
+ beneficio derivante dall'effetto impermeabilizzante antipumping
+ benefici ambientali

Soluzione 7/8 – Interporto di Verona (tratto via Sommacampagna)

Validazione dimensionamento e parametri di calcolo

Dati di traffico (gennaio 2017)

- TGM = 7020 (ESAL_{8,2} t)/gg
- TAM ≈ 1.75 milioni (ESAL_{8,2} t)/anno

Durata abituale tratto via Sommacampagna < 2 anni

Durata soluzione 8N
 $E_{fond} = 500 \text{ MPa}$

→ da calcolo → $\frac{2.9}{1.75} \approx 1.7 \text{ anni}$



Durata soluzione 8R
 $E_{fond} = 500 \text{ MPa}$

→ da calcolo → $\frac{8.5}{1.75} \approx 5 \text{ anni}$

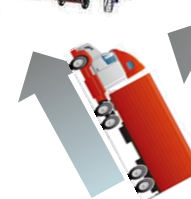
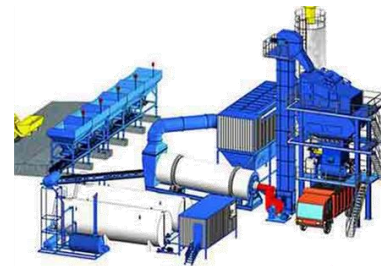
- Soluzione di calcolo lievemente conservativa
- Bontà dei parametri assunti (i.e. E_{fond})

Ecosostenibilità di pavimentazioni rinforzate

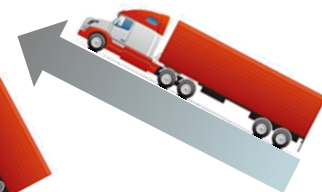
"L'uso di geocompositi per il risanamento strutturale ecosostenibile di lunga durata delle pavimentazioni "

Voci di risparmio:

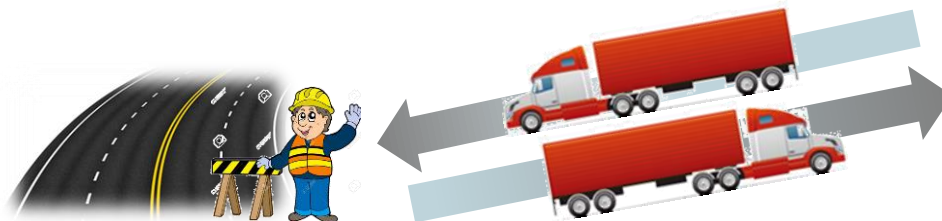
- ↓ fresatura
- ↓ conglomerato prodotto
- ↓ estrazione e lavorazione materie prime
- ↓ trasporto materie prime e fresato
- ↓ danni alla viabilità secondaria



Aggregati

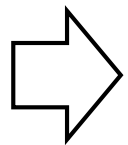


Bitume



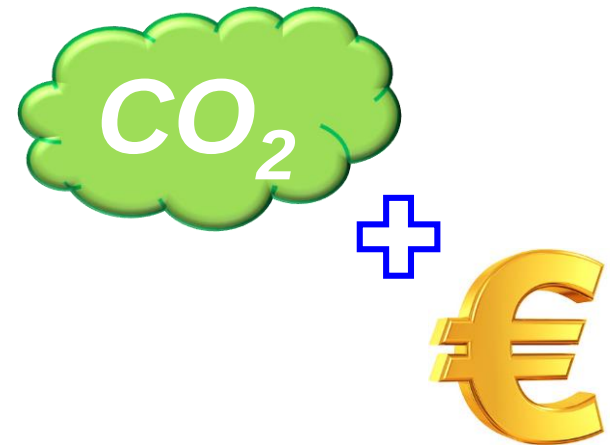
Ecosostenibilità di pavimentazioni rinforzate

"L'uso di geocompositi per il risanamento strutturale ecosostenibile di lunga durata delle pavimentazioni "



Voci di risparmio:

- ↓ fresatura
- ↓ conglomerato prodotto
- ↓ estrazione e lavorazione materie prime
- ↓ trasporto materie prime e fresato
- ↓ danni alla viabilità secondaria
- ↓ energia per stesa e compattazione
- ↓ interventi di manutenzione nel tempo
- etc ...



Ecosostenibilità di pavimentazioni rinforzate

Impatto ambientale: variabili in gioco

– RIDUZIONE DEGLI SPESSORI DI CONGLOMERATO DEGLI STRATI SOVRASTANTI IL RINFORZO

→ riduzione dei **VOLUMI DI CONGLOMERATO** prodotti



- minor sfruttamento di materie prime (bitume e aggregati)
 - riduzione dei mezzi per il trasporto verso l'impianto
- riduzione dei **MEZZI DI TRASPORTO DA E VERSO IL CANTIERE**
 - riduzione del DISTURBO e DANNO alla viabilità secondaria
- riduzione dell'**ENERGIA PER IL FUNZIONAMENTO** dell'impianto
- riduzione dell'**ENERGIA PER LA POSA IN OPERA E LA COMPATTAZIONE**



– RIDUZIONE DEGLI SPESSORI DI FRESATURA

- riduzione delle **AREE DI SMALTIMENTO**
- riduzione dei **MEZZI DI TRASPORTO DA E VERSO IL CANTIERE**
 - riduzione del DISTURBO e DANNO alla viabilità secondaria



slide 71

Grazie per l'attenzione



Luglio 2013

Via Sommacampagna - Quadrante Europa - **Verona**

Quanto riusciamo a documentare oggi è che il **coefficiente K di 3,5** indicato nella slide 36, utilizzato per determinare i **5 anni di durata dell'opera** è veramente cautelativo come indicato dal Prof. Canestrari a pag. 32 del Rapporto Finale del marzo 2017 (qui allegato in estratto).

L'opera realizzata nel luglio 2013 ad oggi ha abbondantemente superato i **5 anni** indicati come durata di vita e le fotografie successive, realizzate a luglio 2021, dimostrano come **la strada sia ancora perfetta dopo oltre 9 anni** e che la forbice del K tra 4 e 5 sia tranquillamente utilizzabile, anzi, incrementabile.

AUTOTENE ASFALTICO ANTIPUMPING HE/TVP



Progetto di Ricerca:
Dimensionamento di pavimentazioni stradali
rinforzate con geocomposito Index
"Autotene Asfaltico Antipumping HE/TVP"

Rapporto Finale

Committente: INDEX S.p.A.

Consulente: Prof. Ing. Francesco Canestrari
Ordinario di Strade, Ferrovie e Aeroporti

Marzo 2017

$$\sum_{i=1}^k \frac{n_i}{N_i} \leq 1$$

dove N_i è il numero di cicli di carico che porterebbe a rottura il materiale qualora l'ampiezza di deformazione fosse mantenuta costante pari a ε_i .

Pertanto, supponendo di risolvere la struttura per un numero di periodi dell'anno pari a k e determinando altrettante coppie di valori (ε_i, N_i) , l'equazione che consente di determinare il numero N_x di passaggi dell'asse standard che porta al collasso la pavimentazione sarà la seguente:

$$\sum_{i=1}^k \frac{\left(\frac{N_x}{k} \right)}{N_i} = 1$$

Sulla base di quanto appena descritto, la determinazione del numero massimo di passaggi dell'asse standard assume la seguente espressione:

$$N_{tot} = \frac{4N_{tot1}N_{tot2}N_{tot3}N_{tot4}}{N_{tot2}N_{tot3}N_{tot4} + N_{tot1}N_{tot3}N_{tot4} + N_{tot1}N_{tot2}N_{tot4} + N_{tot1}N_{tot2}N_{tot3}}$$

dove i valori N_{tot-i} indicano il numero di passaggi rappresentativi della vita utile calcolati per ciascuna stagione "i-esima" considerata. Tale legge deve essere applicata a ciascuna tipologia di materiale in esame, assumendo opportunamente il relativo criterio di verifica per determinare il valore N_{tot-i} .

3.1 LEGGI DI FATICA PERI I MATERIALI BITUMINOSI

Come sopra accennato, i conglomerati bituminosi sono soggetti a meccanismi di degrado prevalentemente associabili al fenomeno della fatica, intesa come il ripetersi ciclico dei carichi veicolari sulla pavimentazione. Il passaggio continuo dei carichi genera un'inflessione del pacchetto strutturale che comporta l'insorgere di sollecitazioni di trazione orizzontale, massime alla base degli strati legati. Tali sollecitazioni risultano inferiori alla resistenza limite del materiale, ma essendo ripetitive comportano una dissipazione progressiva di energia fintanto che non viene superato il valore ultimo di resistenza comunemente tradotto tramite le cosiddette "leggi di fatica", curve che rappresentano il rapporto funzionale tra la massima deformazione di trazione e il numero di cicli di carico che porta a rottura la sovrastruttura. Risulta, quindi, evidente che il massimo valore delle deformazione orizzontale di trazione alla base degli strati legati, determinato risolvendo la sovrastruttura con la teoria del multistrato elastico, costituisce il dato di input necessario per risalire tramite le leggi di fatica al numero massimo di cicli sopportabili dalla pavimentazione prima della rottura.

Tale calcolo deve essere ripetuto per ciascun periodo stagionale individuato in quanto le proprietà meccaniche dei conglomerati bituminosi si modificano sensibilmente al variare della temperatura del materiale.

Il numero totale dei passaggi dell'asse standard che produce la rottura per fatica della pavimentazione (i.e. N_x), ipotizzando una ripartizione del traffico proporzionale ai mesi dell'anno di ciascun periodo, è determinato sfruttando la legge di Miner prima illustrata.

Si sottolinea, inoltre, che nelle soluzioni progettuali comprensive di strato di usura drenante, pur considerando separatamente la presenza di tale strato nella schematizzazione del pacchetto strutturale e nel calcolo dello stato tenso-deformativo, la verifica è stata condotta solo alla base di tutti gli strati legati e non in corrispondenza dell'interfaccia tra usura e binder. Infatti, le sollecitazioni di trazione agenti in tal punto (collocato in prossimità della superficie) risultano significativamente inferiori e non in grado di compromettere l'integrità del conglomerato.

In letteratura esistono svariate leggi di fatica per rappresentare il numero di cicli a rottura in funzione della massima deformazione orizzontale di trazione alla base degli strati legati (e.g. curva sviluppata dal Transport Research Laboratory – TRL, legge di Finn, etc.). Nel presente studio è stato adottato un criterio di verifica avanzato che abbina la legge di fatica proposta da Verstraeten [11] al modello di propagazione delle fessure introdotto da Marchionna et al. [12]. Tale metodo, oltre a risultare particolarmente affidabile e largamente diffuso, ben si adatta al caso delle pavimentazioni rinforzate con geocompositi i quali, come dimostrato sperimentalmente (vedi *Rapporto Finale "Valutazione delle Prestazioni e Sviluppo di Geomembrane Bituminose Rinforzate con Fibra di Vetro per Applicazioni Stradali"*, 2010-2011 e 2011-2012), esplicano la loro principale funzione non tanto nell'inibire l'innescò della fessurazione alla base degli strati legati, quanto nel ritardarne la risalita in sommità.

Secondo tale criterio è, infatti, possibile distinguere due contributi distinti che insieme concorrono a determinare la vita utile complessiva della sovrastruttura: un contributo **legato all'innescò della fessurazione** e un contributo rappresentativo della fase di propagazione, determinabili ciascuno secondo una precisa legge.

Per ciò che concerne l'innescò della fessurazione, la legge di Verstraeten riportata di seguito considera che le curve di fatica di materiali differenti sono da considerarsi parallele in un piano $\log N_t - \log \varepsilon_t$ a prescindere dalla composizione della miscela e, conseguentemente, dalla sua rigidità [11]:

$$\log_{10} N_0 = 6 + 4.7619 \cdot \left[\log_{10} \left(\lambda \cdot \frac{V_b}{V_b + V_v} \right) - \log_{10} \varepsilon_t \right]$$

Dove:

N_0 è il numero di cicli di carico riferito all'asse standard considerato che causa l'inizio della fessurazione;

- ε_t è la massima deformazione orizzontale di trazione alla base degli strati legati della pavimentazione;
- V_b è la percentuale in volume di bitume nella miscela di conglomerato;
- V_v è la percentuale in volume dei vuoti nella miscela di conglomerato;
- λ è un coefficiente che dipende dalla tipologia di bitume impiegato e può essere espresso in funzione del tenore di asfalteni oppure della temperatura di palla-anello $T_{R\&B}$ (di norma per bitumi stradali risulta pari a 1.25×10^{-4})

L'espressione appena introdotta risulta valida se vengono rispettate le seguenti condizioni:

1. la percentuale in volume degli aggregati nella miscela di conglomerato deve essere compresa nell'intervallo 78+85 %;
2. il tenore di bitume deve assicurare il rivestimento ed il legame di tutti i granuli (senza eccedere);
3. la miscela in conglomerato possa essere considerata una miscela "grossa", vale a dire che almeno il 50 % del volume totale degli aggregati deve essere costituito da elementi grossi.

Relativamente al calcolo del numero di cicli associati alla propagazione delle fessure è possibile far riferimento alla relazione proposta da Marchionna et al. [12] nel caso in cui il grado di fessurazione superficiale sia pari o inferiore al 10%:

$$\Delta N_0 = (E^{\alpha'} \cdot \sigma^{\beta'} \cdot 10^{\gamma'}) \cdot (1.373 \cdot e^{-1.089 \cdot n} \cdot h^{(-0.152 + 0.476 \cdot n)})$$

in cui

- ΔN_0 numero di cicli di carico riferiti all'asse standard di riferimento che a partire dall'innescio della fessurazione alla base degli strati legati determina la risalita in superficie di fessure interessando il 10% della pavimentazione;
- h spessore complessivo degli strati legati;
- E modulo di rigidità pesato rispetto allo spessore degli strati in conglomerato bituminoso in kg/cm²;
- σ massima tensione di trazione alla base degli strati legati espressa in kg/cm²;
- n parametro dipendente dalla composizione del materiale (i.e. funzione della tipologia di legante) ricavabile sperimentalmente da prove di creep statico o sulla base di modelli teorici che considerano le caratteristiche del bitume impiegato per produrre la miscela;
- α' $(2.43683n)/5$
- β' $(-3.28354n)/5$
- γ' $[(-2.24181n)/5] + 0.847(1-n/5)$

Nella determinazione del numero di cicli totali ΔN_0 , particolare rilevanza è assunta dal parametro n , valore indipendente dalla geometria del pacchetto strutturale e dallo stato tenso-deformativo indotto dal passaggio dei carichi veicolari. Tale valore risulta legato alla pendenza del tratto quasi lineare delle curve di creep che rappresentano l'andamento della creep compliance in funzione del tempo di carico. Tanto più tale pendenza risulta elevata, tanto minore sarà il valore del parametro n associato. In assenza di affidabili prove di laboratorio di creep statico, data la rilevanza di tale parametro nel calcolo ed essendovi notevole libertà di scelta nel definire il valore da attribuire a n , occorre procedere alla sua determinazione in maniera analitica basandosi su modelli rigorosi e scientificamente supportati. A tal fine, nel presente lavoro si è fatto riferimento a uno studio specifico sviluppato dall'Università di Delft [13] in cui, sulla base di avanzate prove meccaniche di laboratorio eseguite su un'ampia gamma di conglomerati (sia modificati che tradizionali), si è arrivati alla determinazione del seguente modello analitico per il calcolo di n :

$$n = \frac{2}{(a_4 + 2 \cdot a_5 \cdot \log(t)) \cdot CF}$$

con

$$\ln(CF) = b_0 + b_1 \cdot S_{max} + b_2 \cdot S_{bit} + b_3 \cdot S_{mas} \cdot \ln S_{bit}$$

dove

a_i, b_i coefficienti di regressione (funzione del tipo di bitume);

t tempo di carico = $0.1/\text{frequenza}$;

S_{mas} modulo di rigidezza del conglomerato (a una determinata temperatura e frequenza di carico);

S_{bit} modulo di rigidezza del bitume, funzione della temperatura considerata, del tempo di carico, del punto di rammollimento e dell'indice di penetrazione PI del bitume; tale valore può essere desunto tramite il nomogramma di Van der Poel [14] che lega la rigidezza del bitume alle sue proprietà convenzionali.

Sulla base del modello appena introdotto, assumendo valori dei parametri a_i e b_i suggeriti dagli Autori [13] a seconda che si tratti di bitume modificato o tradizionale, sfruttando valori di temperatura di rammollimento e PI del bitume ricavati sperimentalmente in laboratorio (su bitumi tradizionali e modificati comunemente impiegati per interventi di risanamento e manutenzione nella rete infrastrutturale viaria) e considerando, infine, gli stessi valori precedentemente proposti per il modulo di rigidezza dei conglomerati corrispondenti (vedi §2.2.1), è stato possibile determinare il valore del parametro n da assumere in fase di verifica degli strati legati, rispettivamente pari a 5 e 4.5 a seconda che si tratti di conglomerati non modificati o modificati.

Una volta determinati i singoli contributi relativi all'innescio della fessurazione e alla fase di propagazione della stessa (considerando lo sviluppo superficiale di una fessurazione estesa al 10% della superficie stradale), il numero complessivo di passaggi N_t è pari a:

$$N_t = N_0 + \Delta N_0$$

Alla luce delle considerazioni precedentemente esposte circa il meccanismo di funzionamento dei sistemi di rinforzo, tale formulazione ben si presta all'applicazione nel caso di pavimentazioni flessibili rinforzate in quanto si può ragionevolmente assumere in maniera semplificata che i sistemi di rinforzo forniscano il loro contributo in termini di vita utile soltanto durante la fase di propagazione delle fessure. Adottando la precedente formulazione è pertanto possibile isolare il contributo relativo a tale fase da quello di innescio e applicare i benefici del rinforzo solo a tale termine.

Pertanto, la verifica a fatica di pavimentazioni flessibili rinforzate con geocompositi considera, a favore di sicurezza, che lo stato tenso-deformativo generato all'interno della sovrastruttura sia lo stesso che si riscontra in assenza di rinforzo e tiene conto della presenza del geocomposito semplicemente introducendo un coefficiente di prestazione del rinforzo k che, traducendo la risalita ritardata delle fessure dovuta alla presenza del geocomposito, va ad amplificare il numero di passaggi relativi alla propagazione della fessurazione. In prima approssimazione, tale coefficiente può essere desunto sulla base di sperimentazioni di laboratorio che coinvolgono i materiali in esame (vedi Rapporto Finale "Valutazione delle Prestazioni e Sviluppo di Geomembrane Bituminose Rinforzate con Fibra di Vetro per Applicazioni Stradali", 2010-2011 e 2011-2012).

In definitiva, il numero di cicli a rottura per fatica di un sistema bituminoso rinforzato risulterà pari a:

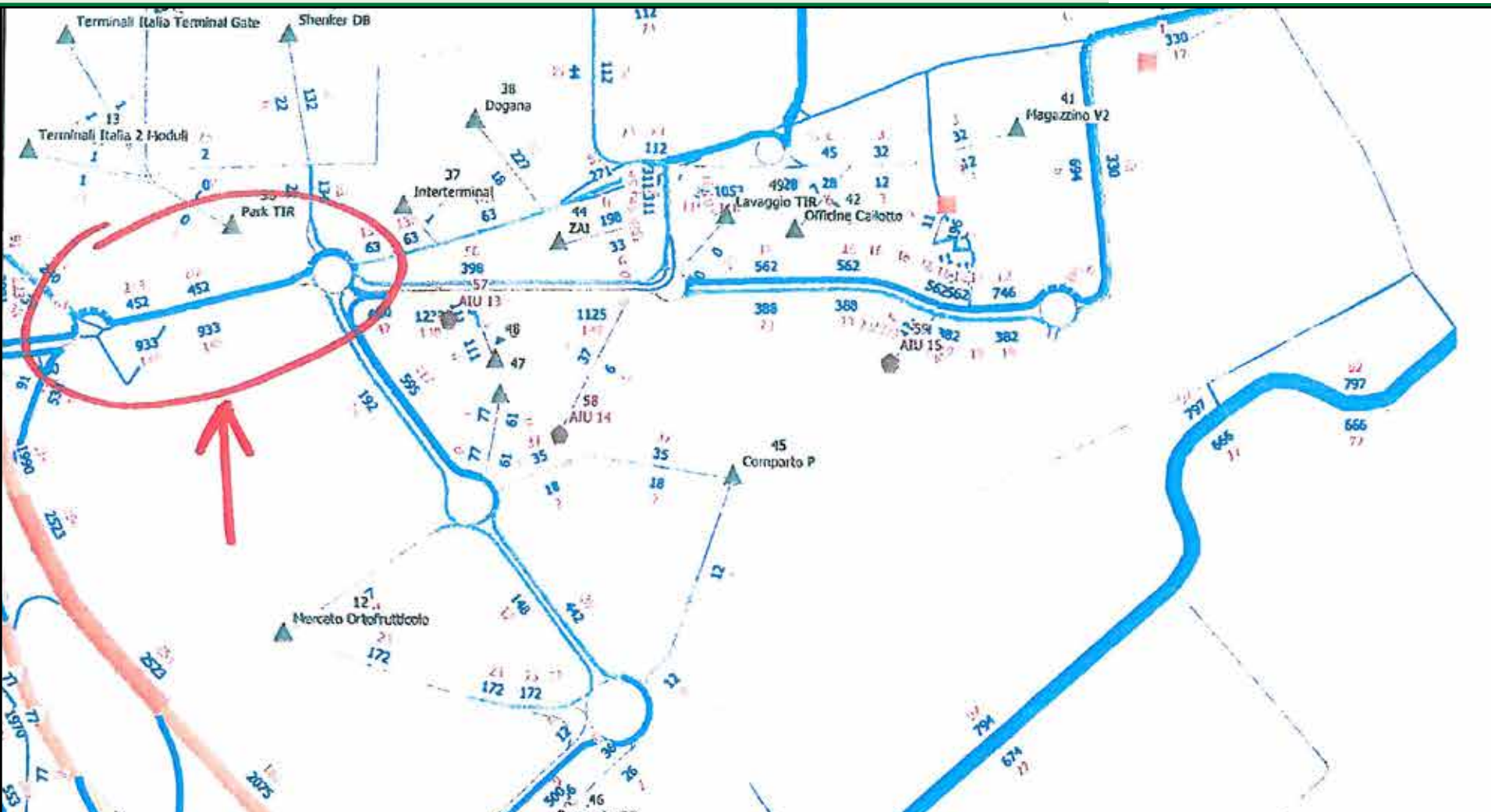
$$N_t = N_0 + k\Delta N_0$$

dove N_0 e ΔN_0 sono calcolati attraverso la risoluzione del multistrato elastico senza tener conto della presenza del rinforzo.

In particolare, i valori del coefficiente di prestazione k ricavati interpretando i risultati sperimentali con approcci tipici della meccanica della frattura, variano al variare della tipologia di conglomerato coinvolta nell'interazione con il geocomposito. In base ai risultati sperimentali acquisiti in laboratorio, si può ragionevolmente ritenere che i valori di k siano compresi tra circa 6 e 7 nel caso di conglomerato modificato e tra 4 e 5 per conglomerato tradizionale. Nella presente analisi, a titolo cautelativo, si sono assunti valori di k nel caso di conglomerato modificato e tradizionale rispettivamente pari a 5.5 e 3.5.

Febbraio 2017

Via Sommacampagna - Interporto di Verona



Per metà soluzione “INDEX” (Carreggiata di andata)

- **Fresatura: 7 cm**
- **Autotene Asfaltico Antipumping**
- **Binder: 4 cm**
- **Strati di usura: 3 cm**

Per metà soluzione “Canestrari”: (Carreggiata di ritorno)

- **Fresatura: 9 cm**
- **Risagomatura fine: 2 cm**
- **Autotene Asfaltico Antipumping**
- **Binder: 4 cm**
- **Strati di usura: 3 cm**

Luglio 2013

Via Sommacampagna - Quadrante Europa - **Verona**

Sopralluogo
settembre 2016



Carreggiata di andata davanti
al rilevatore di velocità

AUTOTENE ASFALTICO ANTIPUMPING HE/TVP

Luglio 2013

Via Sommacampagna - Quadrante Europa - **Verona**

© INDEX SpA

Sopralluogo
settembre 2016



1/2 carreggiata di andata

AUTOTENE ASFALTICO ANTIPUMPING HE/TVP

index
A SIKA COMPANY

Luglio 2013

Via Sommacampagna - Quadrante Europa - **Verona**

Sopralluogo
settembre 2016



Fine della carreggiata di andata

AUTOTENE ASFALTICO ANTIPUMPING HE/TVP

Luglio 2013

Via Sommacampagna - Quadrante Europa - **Verona**

Sopralluogo
settembre 2016



Inizio della carreggiata di ritorno

Per metà soluzione “INDEX”:

- Fresatura: 7 cm
- Autotene Asfaltico Antipumping
- Binder: 4 cm
- Strati di usura: 3 cm

Per metà soluzione “Canestrari”:

- Fresatura: 9 cm
- Risagomatura fine: 2 cm
- Autotene Asfaltico Antipumping
- Binder: 4 cm
- Strati di usura: 3 cm

AUTOTENE ASFALTICO ANTIPUMPING HE/TVP

Luglio 2013

Via Sommacampagna - Quadrante Europa - **Verona**

© INDEX SpA

Sopralluogo
settembre 2016



1/2 carreggiata di andata

AUTOTENE ASFALTICO ANTIPUMPING HE/TVP

index
A SIKA COMPANY

Luglio 2013

Via Sommacampagna - Quadrante Europa - **Verona**

© INDEX SpA

Sopralluogo
settembre 2016



AUTOTENE ASFALTICO ANTIPUMPING HE/TVP

index
A SIKA COMPANY

Luglio 2013

Via Sommacampagna - Quadrante Europa - **Verona**



AUTOTENE ASFALTICO ANTIPUMPING HE/TVP

Luglio 2013

Via Sommacampagna - Quadrante Europa - **Verona**

© INDEX SpA

La posa di
Autotene Asfaltico
Antipumping
sulla risagomatura



AUTOTENE ASFALTICO ANTIPUMPING HE/TVP

Luglio 2013

Via Sommacampagna - Quadrante Europa - **Verona**

Sopralluogo
novembre 2018



Carreggiata di andata davanti
al rilevatore di velocità

AUTOTENE ASFALTICO ANTIPUMPING HE/TVP

Luglio 2013

Via Sommacampagna - Quadrante Europa - **Verona**

© INDEX SpA

Sopralluogo
novembre 2018



AUTOTENE ASFALTICO ANTIPUMPING HE/TVP

index
A SIKA COMPANY

Luglio 2013

Via Sommacampagna - Quadrante Europa - **Verona**

Sopralluogo
novembre 2018



AUTOTENE ASFALTICO ANTIPUMPING HE/TVP

Luglio 2013

Via Sommacampagna - Quadrante Europa - **Verona**

© INDEX SpA

Sopralluogo
novembre 2018



AUTOTENE ASFALTICO ANTIPUMPING HE/TVP

index
A SIKA COMPANY

Luglio 2013

Via Sommacampagna - Quadrante Europa - **Verona**

Sopralluogo
novembre 2018



AUTOTENE ASFALTICO ANTIPUMPING HE/TVP

Luglio 2013

Via Sommacampagna - Quadrante Europa - **Verona**

Sopralluogo
novembre 2018



AUTOTENE ASFALTICO ANTIPUMPING HE/TVP

Luglio 2013

Via Sommacampagna - Quadrante Europa - **Verona**

© INDEX SpA

Sopralluogo
novembre 2018



Fine della carreggiata di ritorno

AUTOTENE ASFALTICO ANTIPUMPING HE/TVP

index
A SIKA COMPANY

Luglio 2013

Via Sommacampagna - Quadrante Europa - **Verona**

Sopralluogo
giugno 2021



Carreggiata di andata davanti
al rilevatore di velocità

AUTOTENE ASFALTICO ANTIPUMPING HE/TVP

Luglio 2013

Via Sommacampagna - Quadrante Europa - **Verona**

Sopralluogo
giugno 2021



AUTOTENE ASFALTICO ANTIPUMPING HE/TVP

Luglio 2013

Via Sommacampagna - Quadrante Europa - **Verona**

Sopralluogo
giugno 2021



AUTOTENE ASFALTICO ANTIPUMPING HE/TVP

Luglio 2013

Via Sommacampagna - Quadrante Europa - **Verona**

© INDEX SpA

Sopralluogo
giugno 2021



AUTOTENE ASFALTICO ANTIPUMPING HE/TVP

index
A SIKA COMPANY

Luglio 2013

Via Sommacampagna - Quadrante Europa - **Verona**

© INDEX SpA

Sopralluogo
giugno 2021



1/2 carreggiata di ritorno

AUTOTENE ASFALTICO ANTIPUMPING HE/TVP

index
A SIKA COMPANY

Luglio 2013

Via Sommacampagna - Quadrante Europa - **Verona**

© INDEX SpA

Sopralluogo
giugno 2021

Sfondamenti.
Rifacimenti
senza ANTIPUMPING
dopo pochi mesi
dalla realizzazione



AUTOTENE ASFALTICO ANTIPUMPING HE/TVP

index
A SIKA COMPANY

Luglio 2013

Via Sommacampagna - Quadrante Europa - **Verona**

© INDEX SpA

Sopralluogo
giugno 2021

Sfondamenti.
Rifacimenti
senza ANTIPUMPING
dopo pochi mesi
dalla realizzazione



AUTOTENE ASFALTICO ANTIPUMPING HE/TVP

Luglio 2013

Via Sommacampagna - Quadrante Europa - **Verona**

Sopralluogo
marzo 2023



AUTOTENE ASFALTICO ANTIPUMPING HE/TVP

Luglio 2013

Via Sommacampagna - Quadrante Europa - **Verona**

Sopralluogo
marzo 2023



AUTOTENE ASFALTICO ANTIPUMPING HE/TVP