



XVIII INTERNATIONAL SIIV SUMMER SCHOOL Sustainable Pavements and Road Materials

Università degli Studi di Napoli Parthenope
Villa Doria d'Angri, Napoli, September 5th-9th 2022



LO SVILUPPO DI TECNOLOGIE SOSTENIBILI E L'IMPORTANZA DELLA COLLABORAZIONE CON LE UNIVERSITÀ

5-9

SEP
TEM
BER

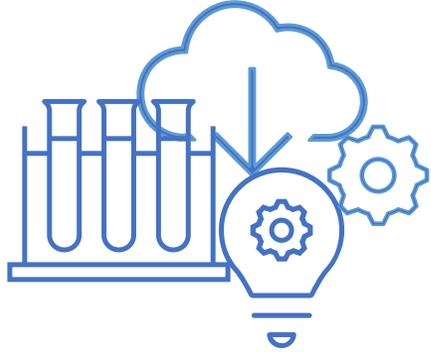
Università di Napoli Parthenope

.22



PhD Ing. Loretta Venturini
Iterchimica S.p.A.

LO SVILUPPO DI TECNOLOGIE SOSTENIBILI E LA COLLABORAZIONE CON LE UNIVERSITÀ



R&D – UNIVERSITÀ sono necessarie per il processamento di nuove formulazioni e l'ideazione di nuove tecnologie?



Si possono realizzare pavimentazioni sostenibili?

LO SVILUPPO DI TECNOLOGIE SOSTENIBILI E LA COLLABORAZIONE CON LE UNIVERSITÀ



Sostenibilità e
pavimentazioni stradali

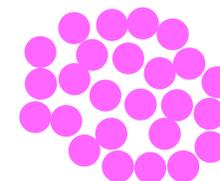


Pavimentazioni colorate
e la riduzione delle
isole di calore
Università degli Studi di Padova

INDICE



Il riciclaggio di vecchie
pavimentazioni
Università della Calabria
Università La Sapienza di Roma



Il riciclaggio di plastiche
selezionate per l'aumento delle
prestazioni delle pavimentazioni
Università Bicocca di Milano
Università La Sapienza di Roma
Università Federico II di Napoli
Alma Mater Studiorum - Università di Bologna
Università degli Studi di Palermo
Università degli Studi di Messina
Università degli Studi di Padova
Instituto Superior de Engenharia de Lisboa
University of Nottingham
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

.....

METODI PRODUTTIVI DEL CONGLOMERATO BITUMINOSO

Lo sviluppo sostenibile comprende sviluppo economico, sviluppo sociale e protezione ambientale



PAVIMENTAZIONI STRADALI

STATO ATTUALE



Aumento
dei carichi



Aumento
del traffico



Aumento
delle temperature



Incremento degli
ammaloramenti

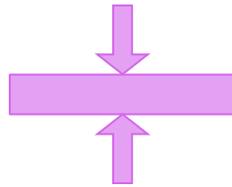


Diminuzione
dei budget

OBIETTIVI



Ridurre
emissioni



Ridurre
spessori e
risparmiare
in risorse



Aumentare la
vita utile delle
pavimentazioni



Riciclare le
vecchie
pavimentazioni



Ridurre i
consumi
energetici



Riciclare
materiali
(plastiche, PFU, etc.)



Aumentare
la sicurezza



Ridurre isole
di calore
urbane



Ridurre
emissioni
acustiche

LCA – LIFE CYCLE ASSESSMENT

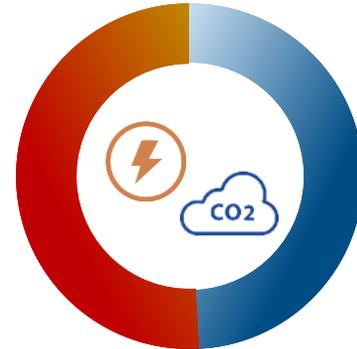


LCA – LIFE CYCLE ASSESSMENT

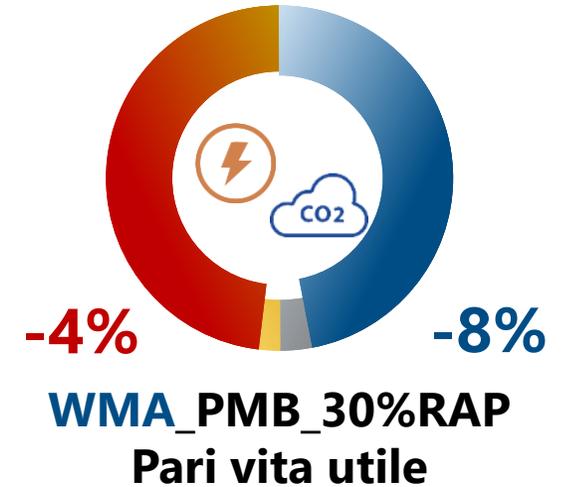
SIMULAZIONE* → STRADA NELL'INTERO ARCO DI VITA UTILE
1 km x 15 m x 0,05 m Usura x 0,10 m Base

 **Consumi energetici**

 **Emissioni**



HMA_PMB_30%RAP
«Riferimento»



WMA_PMB_30%RAP
Pari vita utile

Avendo pari vita utile e non cambiando la fase di posa in opera, il beneficio ricade solo sulla produzione →
Basta EPD per conglomerato bituminoso

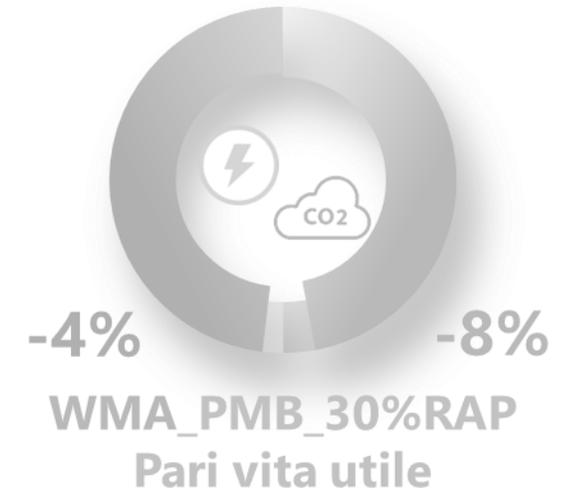
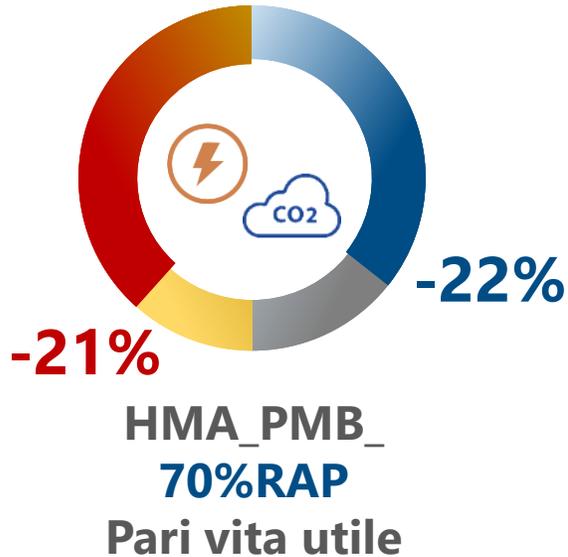
* I valori determinati derivano da analisi bibliografica (a disposizione su richiesta). Anche se i risultati sono indicativi, valori esauritivi potranno essere determinati esclusivamente attraverso un'analisi LCA dedicata al progetto in esame.

LCA – LIFE CYCLE ASSESSMENT

SIMULAZIONE* → STRADA NELL'INTERO ARCO DI VITA UTILE
1 km x 15 m x 0,05 m Usura x 0,10 m Base

 **Consumi energetici**

 **Emissioni**



Avendo pari vita utile e non cambiando la fase di posa in opera, il beneficio ricade solo sulla produzione →
Basta EPD per conglomerato bituminoso

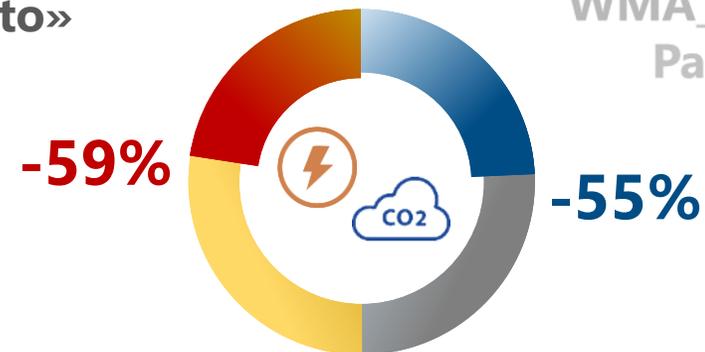
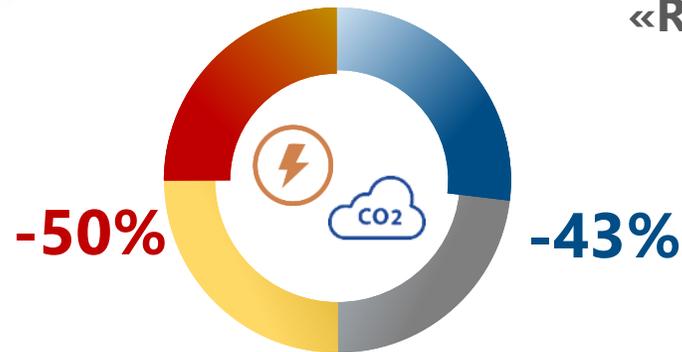
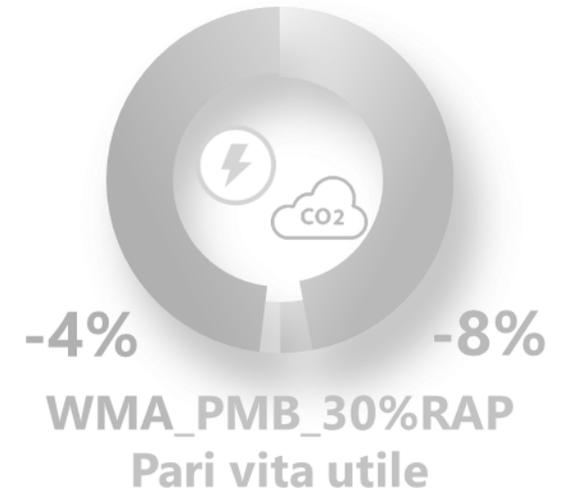
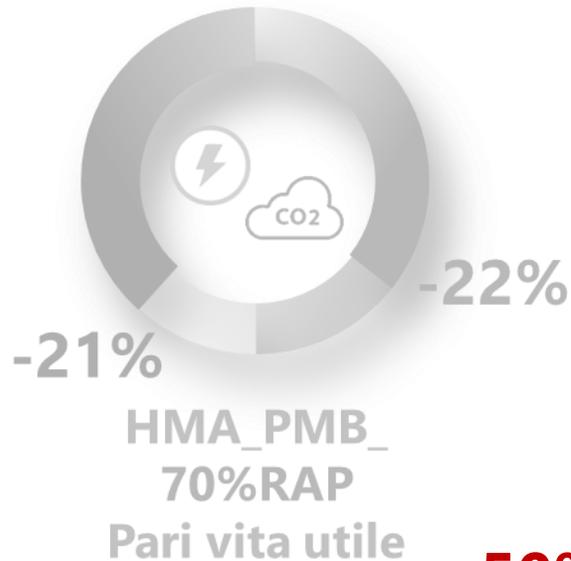
* I valori determinati derivano da analisi bibliografica (a disposizione su richiesta). Anche se i risultati sono indicativi, valori esaurienti potranno essere determinati esclusivamente attraverso un'analisi LCA dedicata al progetto in esame.

LCA – LIFE CYCLE ASSESSMENT

SIMULAZIONE* → STRADA NELL'INTERO ARCO DI VITA UTILE
1 km x 15 m x 0,05 m Usura x 0,10 m Base

 **Consumi energetici**

 **Emissioni**



Incrementando
la vita utile →
Necessaria EPD
per intero ciclo
di vita utile
della
pavimentazione

* I valori determinati derivano da analisi bibliografica (a disposizione su richiesta). Anche se i risultati sono indicativi, valori esauritivi potranno essere determinati esclusivamente attraverso un'analisi LCA dedicata al progetto in esame.



RIGENERAZIONE DI GRANULATO DI CONGLOMERATO BITUMINOSO - RAP

GCB – ELEMENTI CHIAVE



TRATTAMENTO DEL MATERIALE DA DEMOLIZIONE – FRESATO

**Demolizione della
pavimentazione**



Selezione e separazione
degli strati superficiali da
quelli più profondi

Controllo iniziale



Presenza di materiali
estranei, dimensioni degli
elementi e compatibilità
ambientale

**Trattamento per la
frantumazione e/o
vagliatura**



Controllo chimico e
dimensionale degli
elementi e miscelazione se
derivante da diverse fonti

**Granulato di
conglomerato
bituminoso (GCB)**



Trasformazione da rifiuto
a prodotto EOW

**Stoccaggio e Gestione
dei Cumuli di GCB**



Stoccaggio e Gestione dei
Cumuli in funzione delle
fonti

**Riutilizzo o Riciclaggio
del GCB**



Miscele prodotte a caldo
e/o a freddo

**MASSIMI RISPARMI AMBIENTALI ED ECONOMICI,
CON PRESTAZIONI CONFORMI DELLA NUOVA MISCELA BITUMINOSA**

RAP – INVECCHIAMENTO



INVECCHIAMENTO

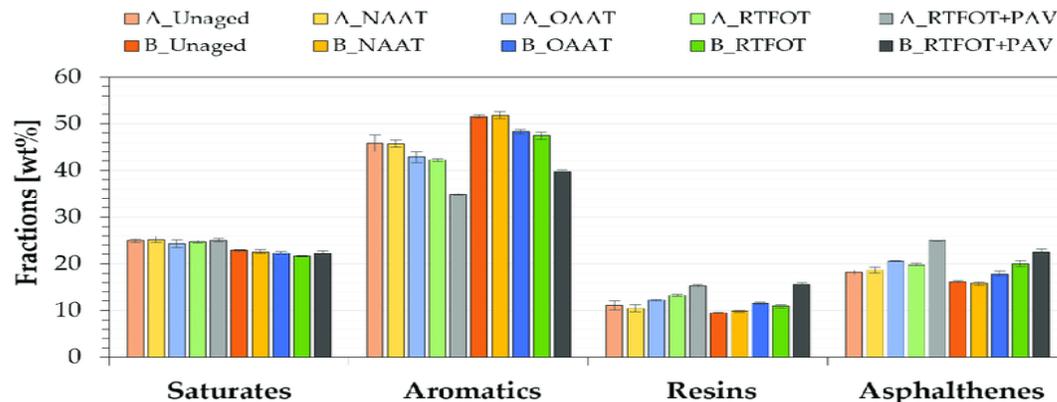
Il bitume subisce una trasformazione chimica sia durante le fasi di stoccaggio e di produzione dei conglomerati bituminosi, sia durante l'utilizzo della pavimentazione.

Il processo chimico comporta l'ossidazione del bitume, la perdita delle parti volatili e il decadimento delle prestazioni.



RIGENERAZIONE

La rigenerazione del bitume ossidato consiste nell'utilizzo di appositi prodotti che, durante l'impiego del GCB, permettono di ripristinarne la composizione chimica riportandolo, parzialmente o totalmente, allo stato iniziale.



Effect of Thermal and Oxidative Aging on Asphalt Binders Rheology and Chemical Composition
(I. Camargo, J. Mirwald; B. Hofko; H. Grothe)

RAP – RIGENERANTI vs OLI FLUSSANTI

FLUSSANTI

Il flussante migliora la sola lavorabilità della miscela contenente GCB, per agevolarne la posa in opera.

RIGENERANTI

Il rigenerante reintegra parzialmente, o totalmente, le componenti chimiche del bitume invecchiato contenuto nel GCB, conferendo alla miscela l'adeguata lavorabilità per la posa in opera e ripristinando le prestazioni del bitume, garantendo nuova vita utile.



RIGENERANTI vs OLI FLUSSANTI



UNIVERSITÀ DELLA CALABRIA
DEPARTMENT OF CHEMISTRY
AND CHEMICAL TECHNOLOGY

Innovative Methods for the Verification of Different Additives' Rejuvenating Action on Oxidized Bitumen

**Prof. Cesare Oliviero
Rossi, Ph.D.**

**Dott. Valeria Loise
Dott. Paolino Caputo
Dott. Michele Porto**



RIGENERANTI vs OLI FLUSSANTI

Le tradizionali prove di laboratorio come penetrazione, rammollimento, viscosità, etc., non rappresentano le reazioni e il cambio della struttura chimica del bitume.

PIANO DI LAVORO



RIGENERANTI vs OLI FLUSSANTI - RICERCA

Dynamic Shear Rheometer (DSR) Comportamento viscoelastico

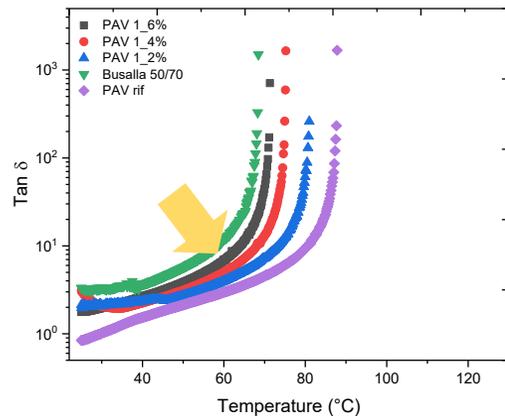
Il test Temperature Sweep mostra il comportamento viscoelastico del materiale in funzione della temperatura.

$$\tan \delta = G''/G'$$

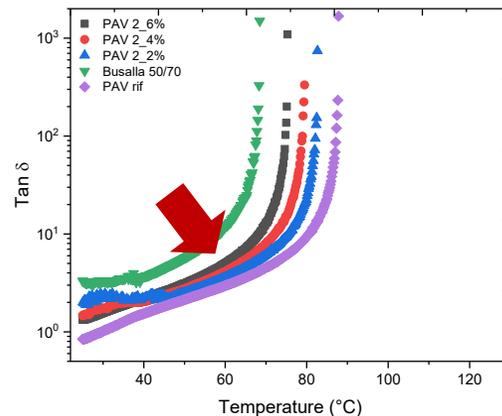
Il valore $\tan \delta$ indica la morbidezza del materiale. All'aumentare della componente viscosa (G'') il valore $\tan \delta$ aumenta e la sua divergenza indica la transizione gel-sol.

L'equilibrio $G'-G''$ (profilo $\tan \delta$) indica la struttura del materiale.

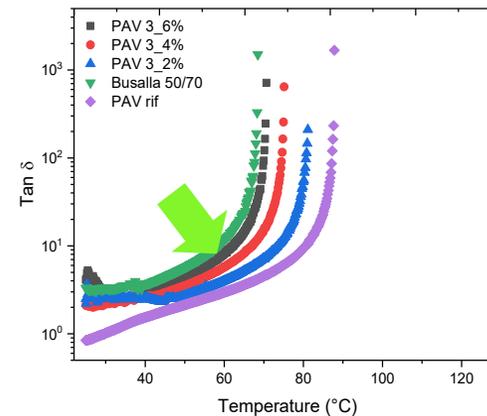
Pertanto, l'analisi reologica può essere considerata come una tecnica valida per studiare il comportamento di un additivo rigenerante per leganti bituminosi.



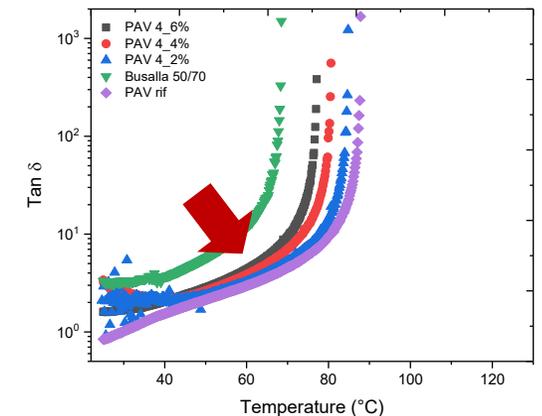
PAV 1%



PAV 2



PAV 3



PAV 4

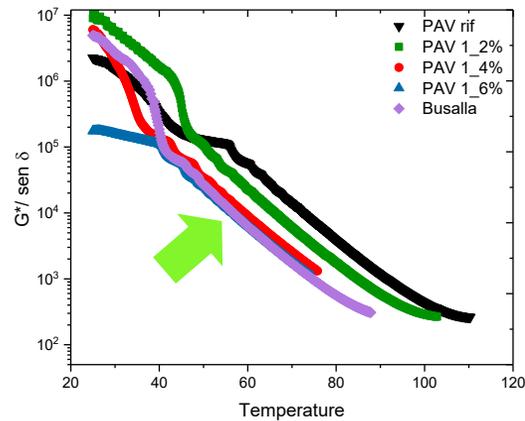
RIGENERANTI vs OLI FLUSSANTI - RICERCA

Dynamic Shear Rheometer (DSR) Parametro di ormaimento

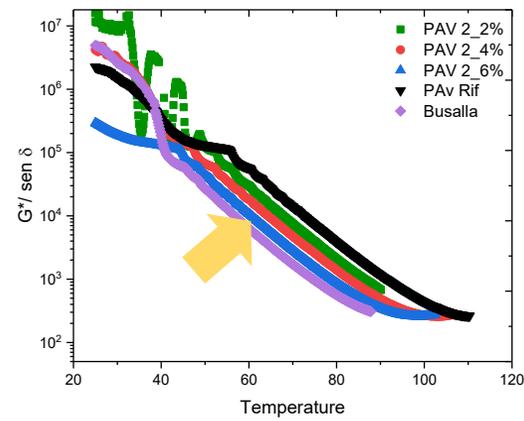
La resistenza all'ormaiamento è un parametro importante per valutare le prestazioni delle miscele di asfalto ad alte temperature

$$\frac{G^*}{\sin \delta} = \text{Indice di ormaimento}$$

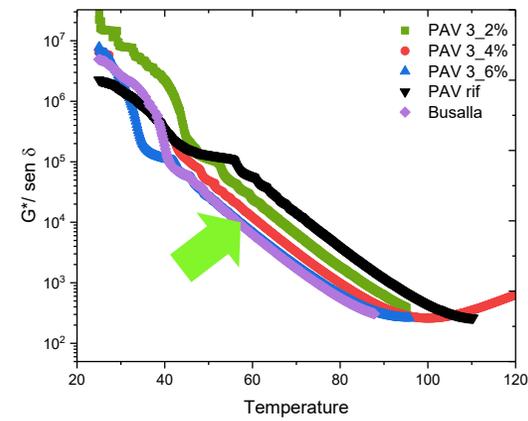
Maggiore è il valore, migliore è la resistenza all'ormaiamento (minore deformazione permanente).



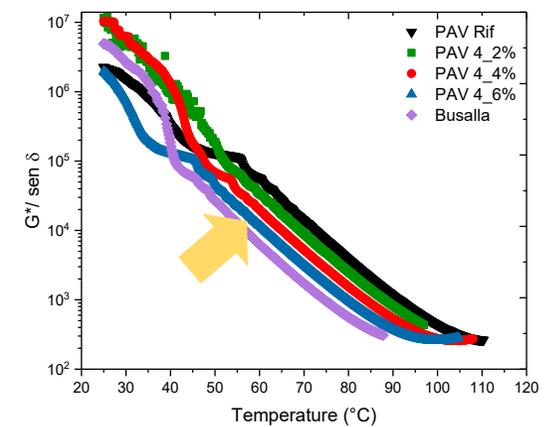
PAV 1



PAV 2



PAV 3



PAV 4

RIGENERANTI vs OLI FLUSSANTI - RICERCA

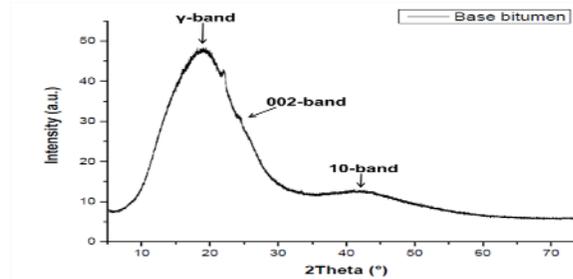
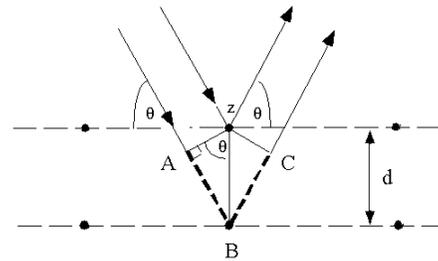
Powder X-Ray Diffraction Microstructure and crystallite parameters

La diffrattometria a raggi X è una tecnica di analisi non distruttiva che permette di studiare la micro-struttura del materiale, sia esso semi-cristallino o cristallino. La tecnica si basa sull'interazione tra l'onda incidente (raggi X) e il reticolo cristallino. Queste interazioni sono regolate dalla legge di Bragg:

$$\lambda = 2d \cdot \sin \theta$$

dove:

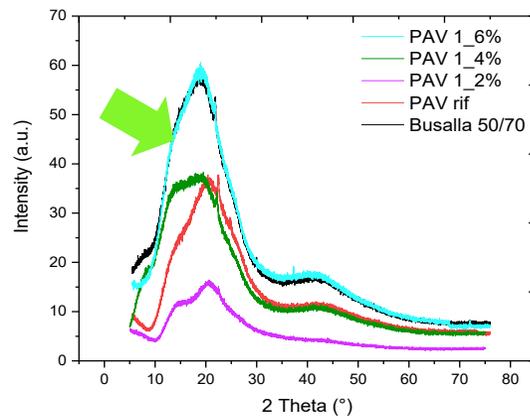
- d è la distanza interplanare
- θ è l'angolo di dispersione
- λ è la lunghezza d'onda dell'onda incidente



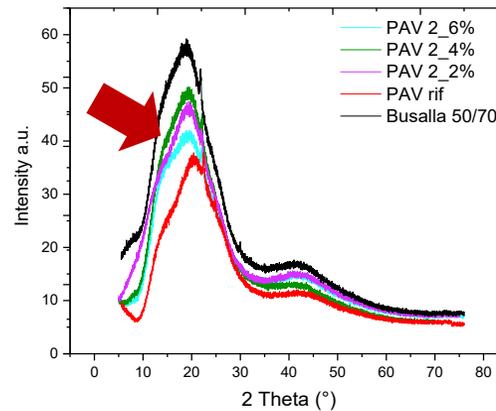
y - la banda è assegnata al **materiale paraffinico (catene alchiliche o parti nafteniche)**

002 - la banda è assegnata al **materiale aromatico**

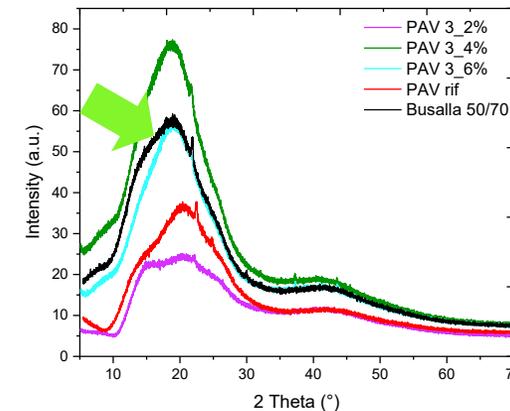
10 - la banda è dovuta alla struttura **in piano degli anelli aromatici**



PAV 1



PAV 2



PAV 3

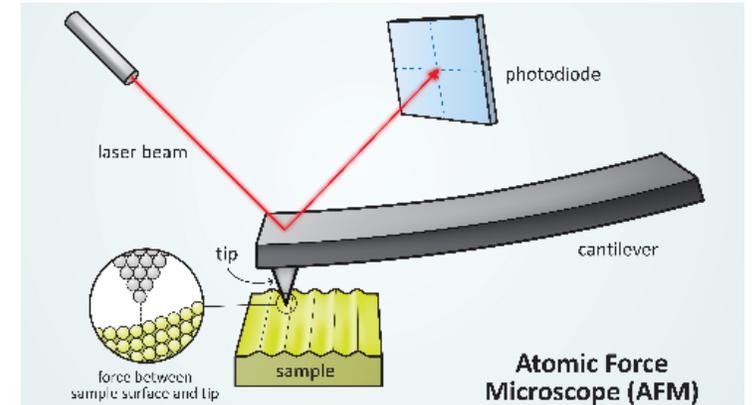
RIGENERANTI vs OLI FLUSSANTI - RICERCA

Atomic Force Microscopy (AFM) Morfologia ed elasticità del materiale

La tecnica di indagine AFM è relativamente nuova (1986) e permette di valutare non solo la morfologia (immagine topografica), ma anche l'elasticità del materiale (immagine di fase).

Il *movimento del cantilever* è influenzato sia dalla morfologia del campione che dalle forze a livello atomico, come le forze di Van der Waals.

È possibile distinguere strutture cosiddette «bee structure» nelle immagini AFM dei campioni di bitume.



	Riferimento PAV	Busalla 50/70	PAV 3_2%	PAV 3_4%	PAV 3_6%
Phase					
Topography					

	Riferimento PAV	Busalla 50/70	PAV 6_2%	PAV 6_4%	PAV 6_6%
Phase					
Topography					

RIGENERANTI vs OLI FLUSSANTI - RICERCA

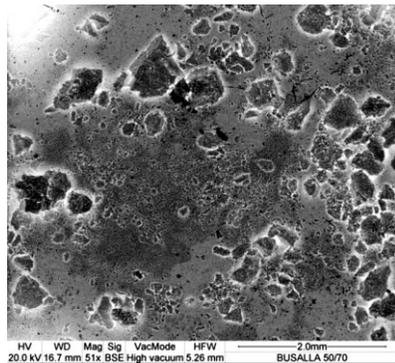
Scanning Electron Microscopy (SEM) Morfologia e micro-struttura del materiale

Si tratta di una tecnica non distruttiva grazie all'interazione tra un fascio di elettroni e il campione in esame.

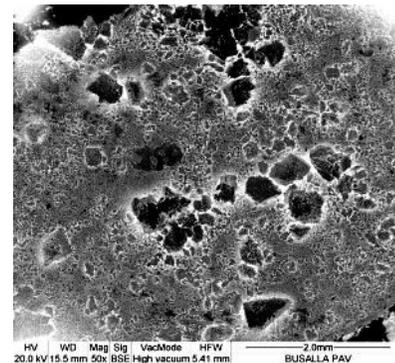
È possibile distinguere oggetti di piccole dimensioni fino a 10 nm, valore superiore rispetto a quello delle immagini osservate con microscopio ottico (utilizzabile per oggetti superiori a 200 nm).

La lunghezza d'onda degli elettroni è molto inferiore a quella dei fotoni di un microscopio ottico classico.

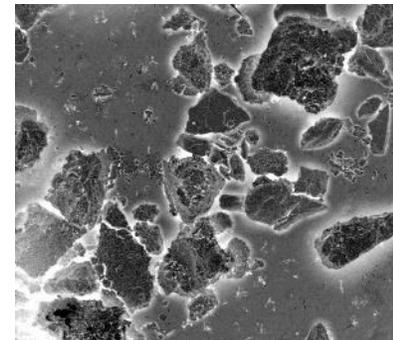
La tecnica SEM permette l'analisi della morfologia e della micro-struttura del materiale.



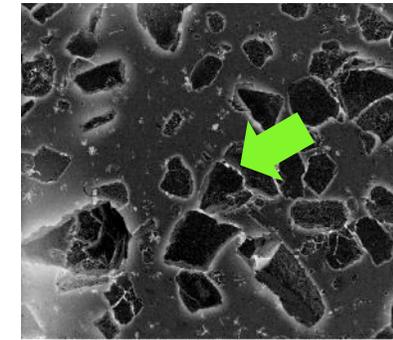
Busalla 50/70



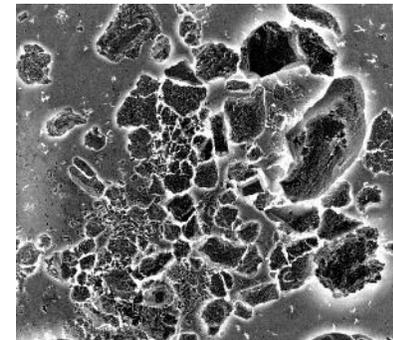
Busalla 50/70_PAV



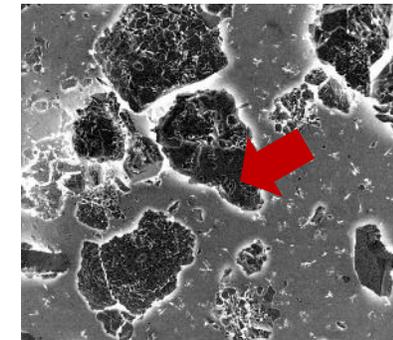
PAV 3_2%



PAV 3_6%



PAV 4_2%



PAV 4_6%

RIGENERANTI vs OLI FLUSSANTI - RICERCA

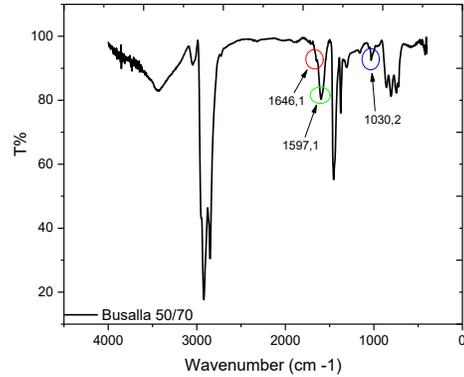
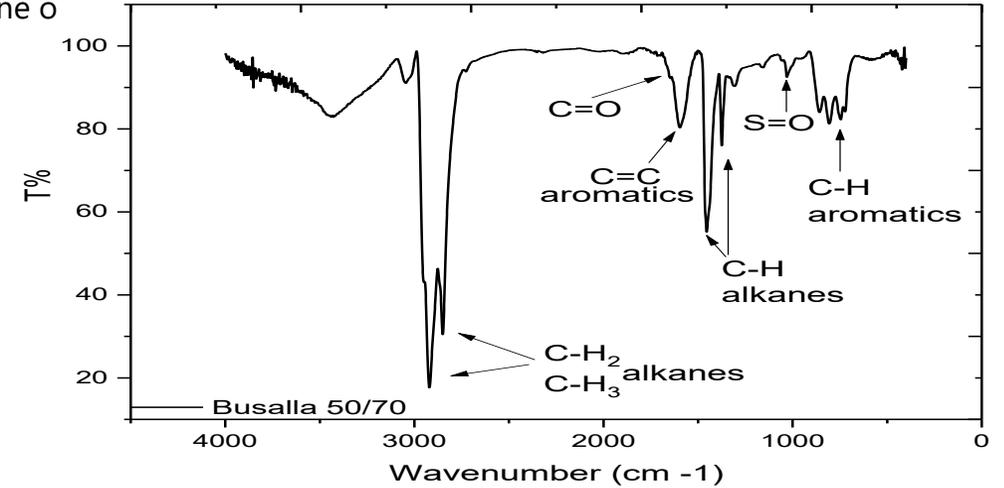
Infrared spectroscopy (IR)

Sostanze chimiche e gruppi funzionali nei materiali

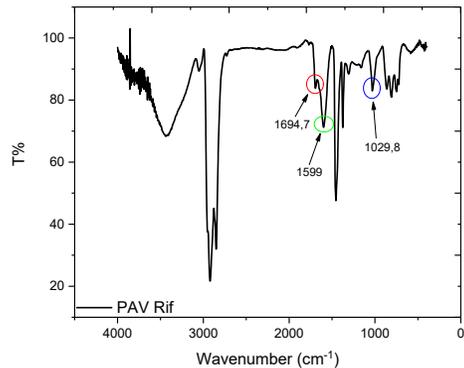
La prova IR misura l'interazione della radiazione infrarossa con la materia per assorbimento, emissione o riflessione.

È usata per identificare le sostanze chimiche e i gruppi funzionali nei materiali.

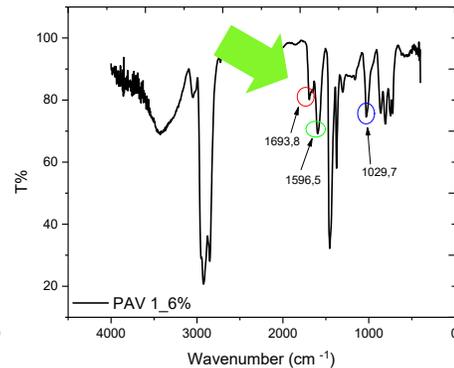
Può essere utilizzata per classificare nuovi materiali o identificare campioni sconosciuti.



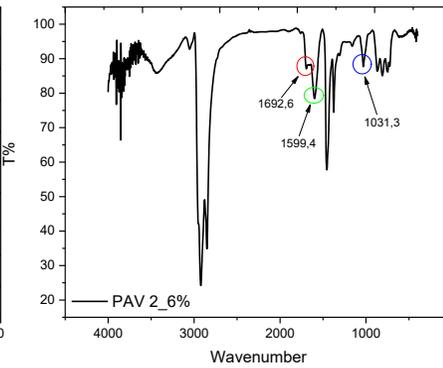
Busalla 50/70



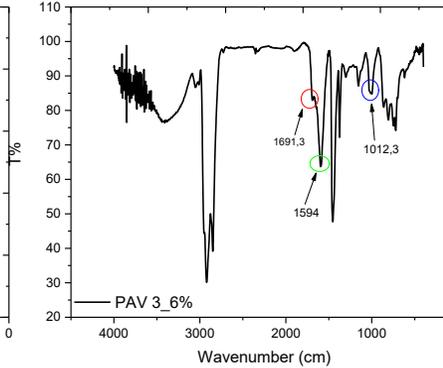
Busalla 50/70_PAV



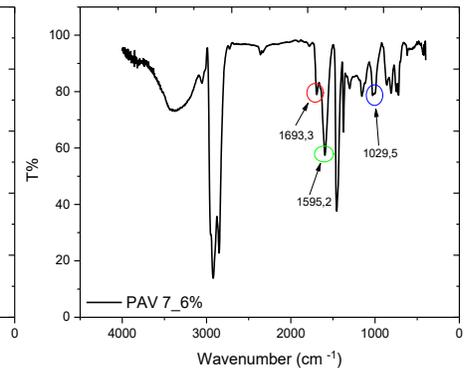
PAV 1_6%



PAV 2_6%



PAV 3_6%

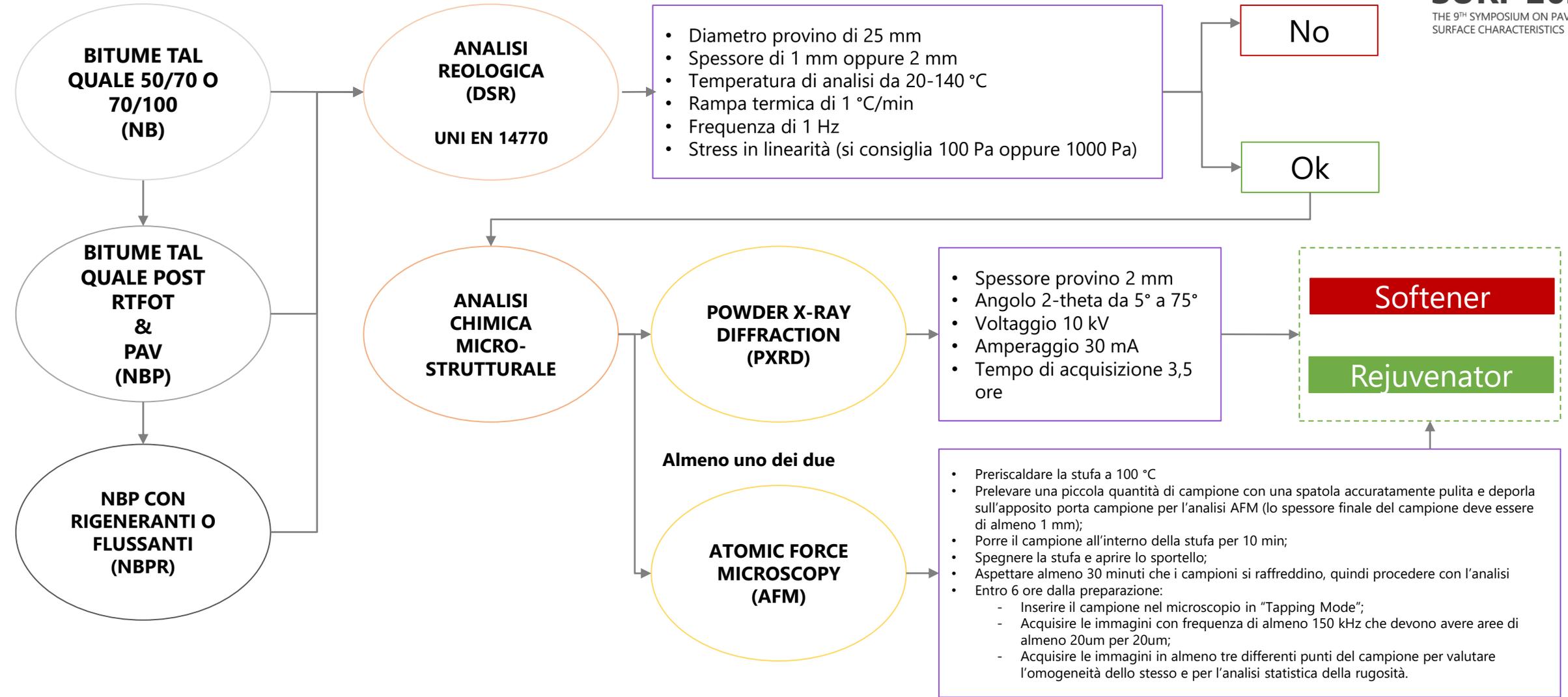


PAV 7_6%

RIGENERANTI vs OLI FLUSSANTI - RICERCA

CONCLUSIONE

In funzione dei risultati ottenuti, si ritiene che la procedura corretta per verificare se un prodotto è chimicamente un rigenerante è la seguente:



RIGENERANTI PER CMA CON 100% RAP



Materiale di demolizione di vecchie pavimentazioni (Fresato - RAP)



100% Granulato di conglomerato bituminoso (GCB)
Pezzatura
0/10 o 0/20



Rigenerante per la produzione a freddo



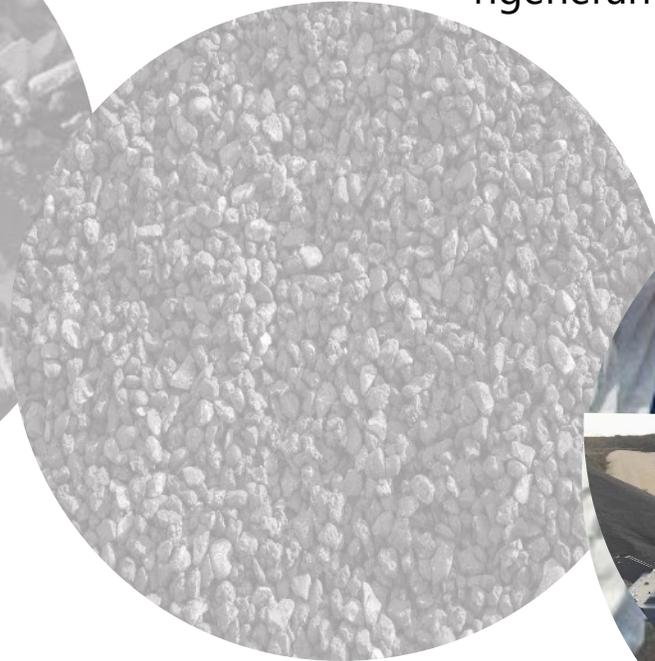
CB 100% GCB RIGENERATO A FREDDO²⁴

RIGENERANTI PER CMA CON 100% RAP

Il **rigenerante innovativo** è un prodotto liquido appositamente formulato esente da sostanze aromatiche, con legante arricchito da rigeneranti, plasticizzanti, oli vegetali e anti-ossidante.



Materiale di demolizione di vecchie pavimentazioni (Fresato - RAP)



100% Granulato di conglomerato bituminoso (GCB)
Pezzatura
0/10 o 0/20



Rigenerante per la produzione a freddo

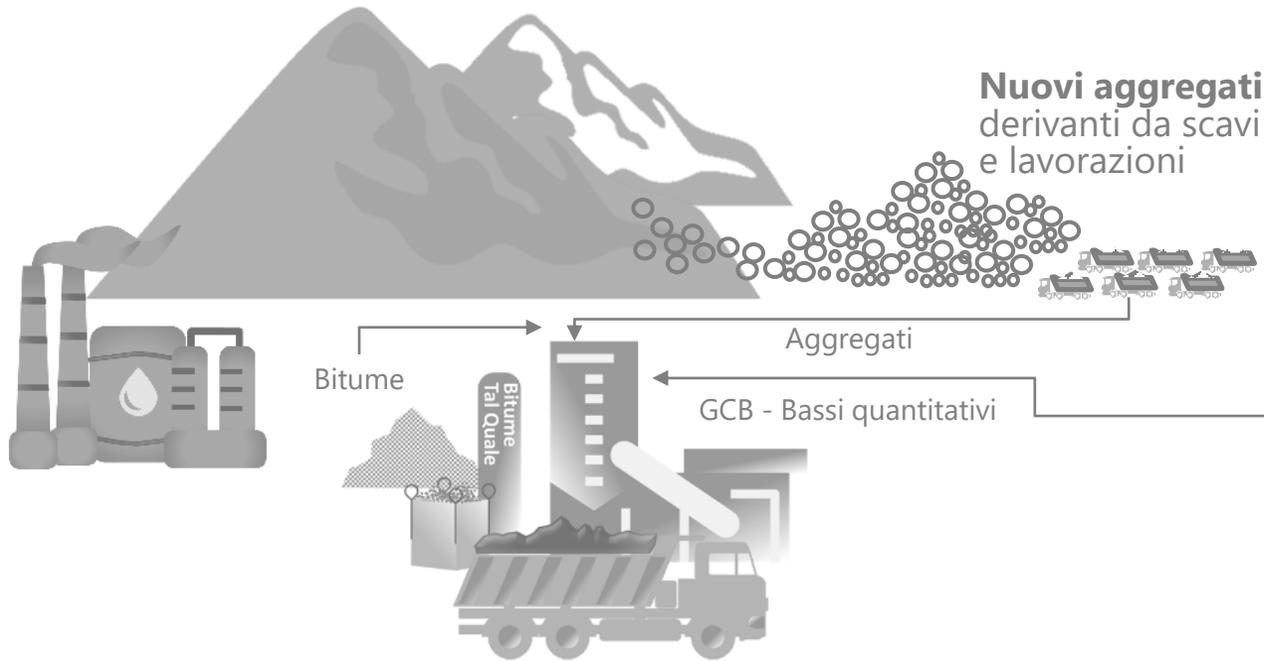


CB 100% GCB RIGENERATO A FREDDO²⁵

RIGENERANTI PER CMA CON 100% RAP

HMA CON BITUME TQ

100% FRESATO RIGENERATO A FREDDO



PROCESSO PRODUTTIVO

- Pala con benna miscelatrice (piccole produzioni)
- Betoniera (produzioni medio-piccole)
- Impianti per produzione a freddo tipo Bland (grandi produzioni)

MISCELAZIONE

- Temperatura ambiente
- 1-2 minuti

STOCCAGGIO DEL PRODOTTO FINITO

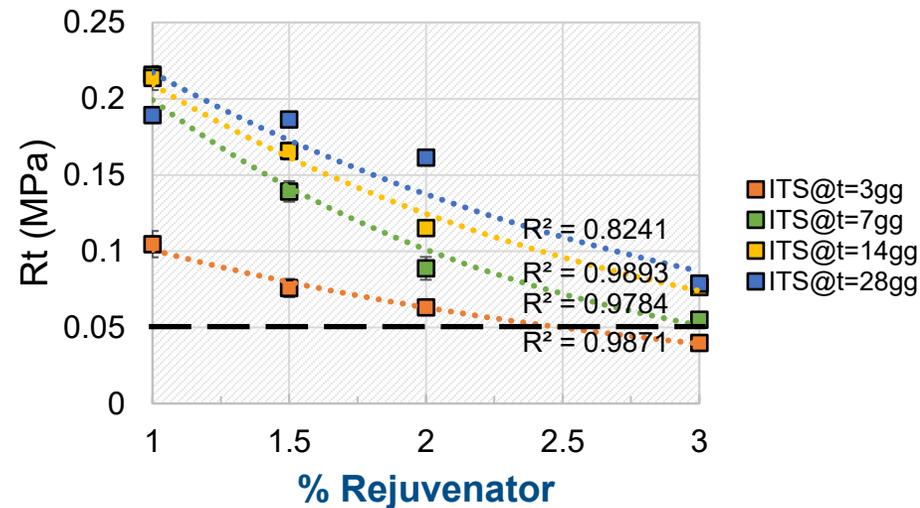
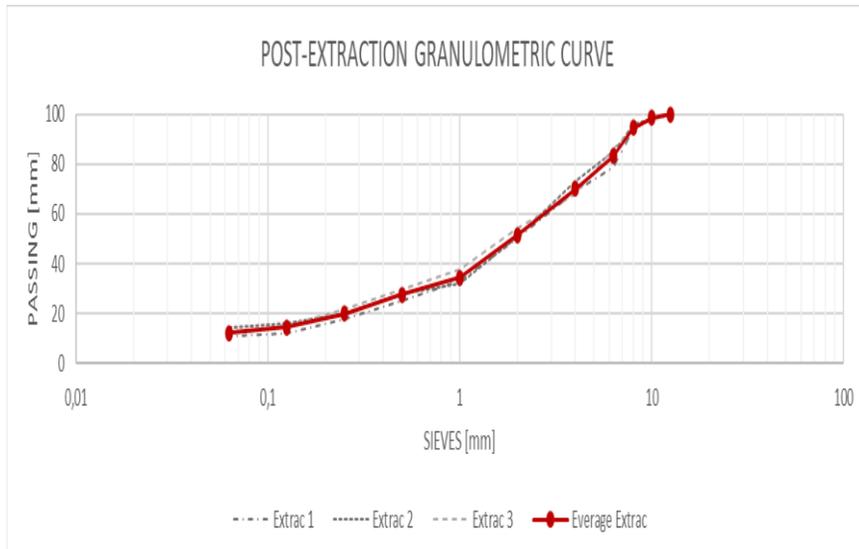
- Fino a 72 ore

RIGENERANTI PER CMA CON 100% RAP

PROCEDURA DI ANALISI

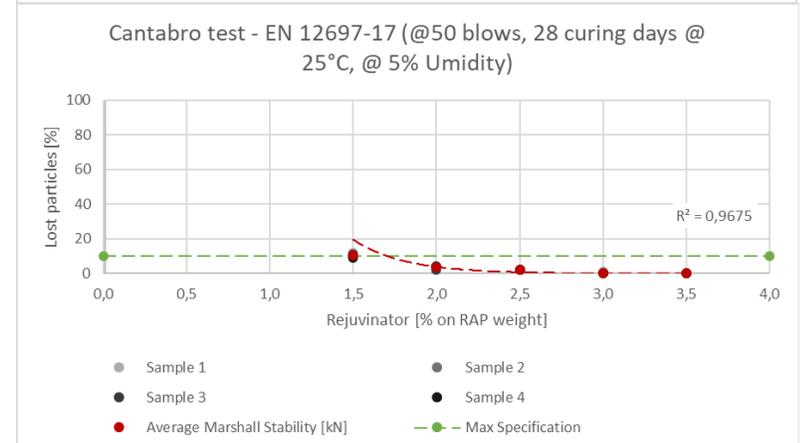
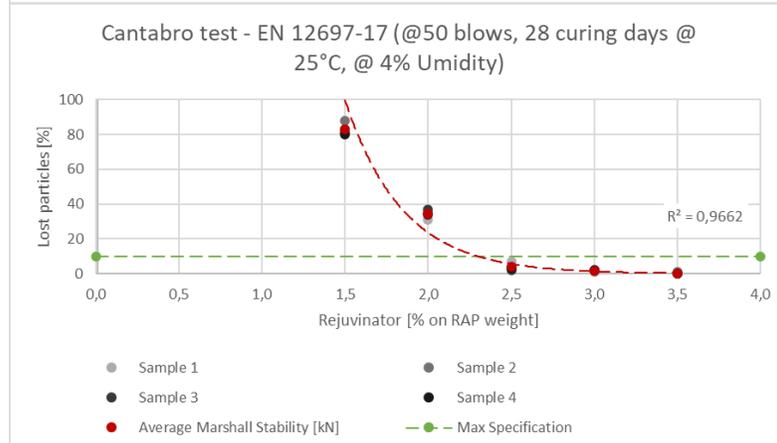
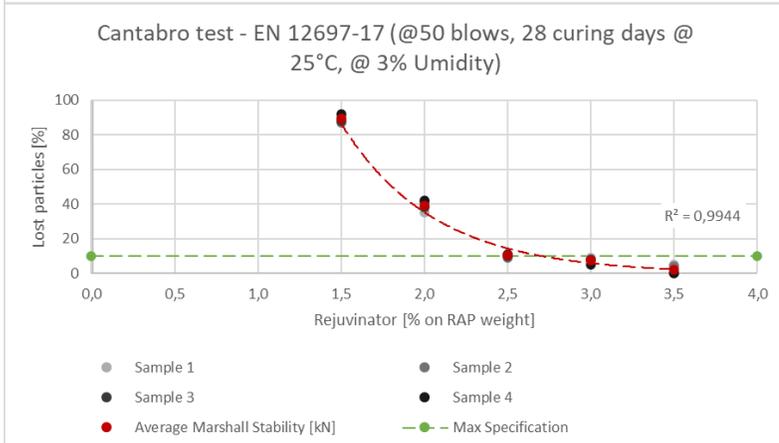
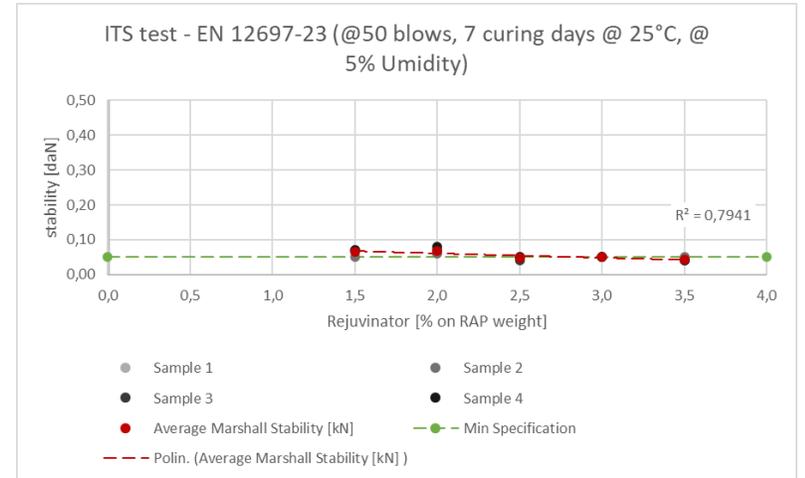
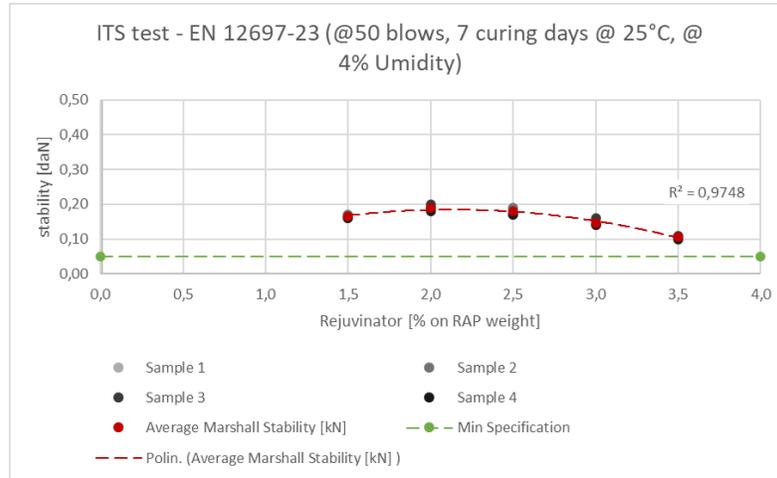
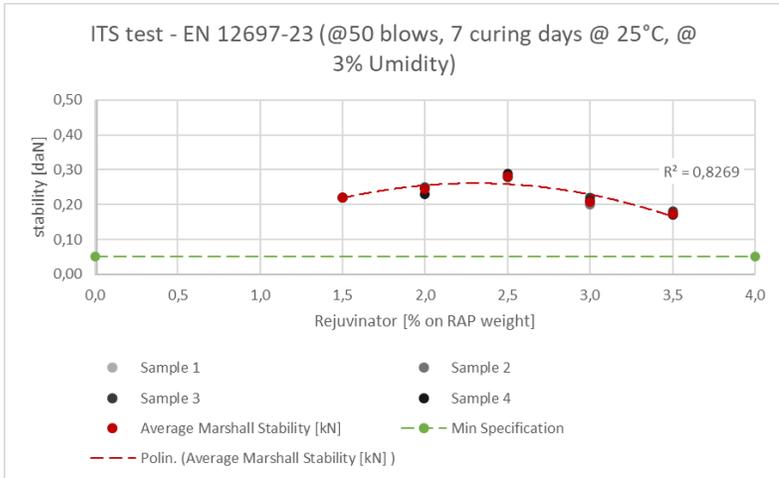
Le norme tecniche del Comune di Milano e della Regione Lombardia riportano un processo di verifica che ben evidenzia i pregi di questa tecnologia rispetto ai tradizionali. (Regione Lombardia & Comune di Milano, Volume specifiche tecniche - Prezzario delle opere pubbliche, 2021).

TEST	METODO DI PROVA	UNITÀ DI MISURA	VALORI RICHIESTI
Costipamento	UNI EN 12697-34	Colpi per faccia	50
Stabilità Marshall dopo 7gg all'aria a 25°C	UNI EN 12697-34	kN	> 4
Resistenza a trazione indiretta dopo 7gg all'aria a 25°C	CNR n.134/91	kPa	> 50
Perdita in peso Cantabro dopo 28 gg all'aria a 25°C, 300 giri alla velocità di 30 giri/min, nella macchina Los Angeles senza cariche abrasive	---	%	< 10



RIGENERANTI PER CMA CON 100% RAP – RICERCA

PROCEDURA DI ANALISI



RIGENERANTI PER CMA CON 100% RAP – RICERCA



Universidade de Vigo

RINA



Universidade do Minho

inSITU

INFRASTRUCTURE
MANAGEMENT
CONSULTANTS

TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Technology
Arts Sciences
TH Köln

MOBA
MOBILE AUTOMATION

TPA

TesiSystem

AIPSS
Associazione Nazionale per i Progettisti
per la Scienza Stradale

TinyMobileRobots

AISFINIAG

CECE
COMMITTEE FOR EUROPEAN
CONSTRUCTION EQUIPMENT

FEHRL

InfraROB
PARTNERS

RIGENERANTI PER CMA CON 100% RAP – RICERCA



PROGETTO

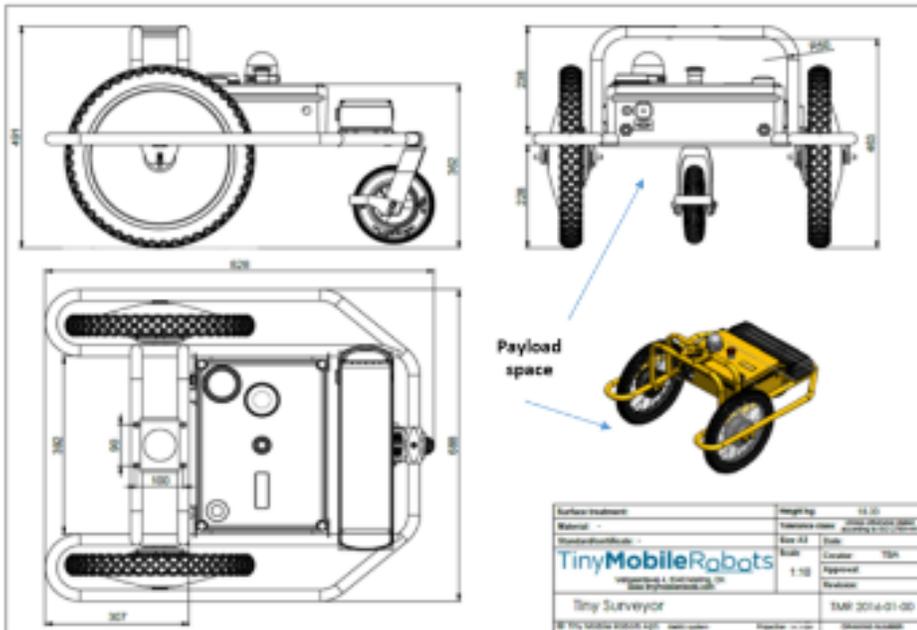
Progetto finanziato dall'Unione Europea Horizon 2020 (09/2021 – 02/2025)

OBIETTIVO GENERALE

Esso mira a ridurre l'esposizione dei lavoratori al traffico e alle macchine da costruzione, ad aumentare la disponibilità della rete di trasporto, a ridurre i costi delle attività ripetitive e ad aumentare la sicurezza degli utenti della strada promuovendo significativi progressi nell'automazione, robotizzazione e modularizzazione della costruzione, grazie all'ammodernamento e alla manutenzione dell'infrastruttura stradale.

OBIETTIVO DELLA SAPIENZA

Sviluppo di una stampante 3D di sistema in grado di estrarre una miscela specifica per il riempimento di lesioni e piccole buche, da integrare con un piccolo vettore autonomo esistente.



RIGENERANTI PER CMA CON 100% RAP – RICERCA



COLD MIX	Reference standard	RECYCLING AGENT FOR 100% RAP (CMA)								Target Specification*
		A	B	C	D	E	F	G	H	
Mixture										
Rejuvenator [%]		1.5%	2.0%	2.5%	3.0%	3.0%	3.0%	3.5%	3.5%	
Water content [%]		3.1%	3.1%	3.1%	3.1%	4.0%	5.0%	4.0%	5.0%	
Bulk density [g/cm ³]	EN 12697-6	1.97	2.05	2.08	2.13	2.11	2.12	2.1	2.11	
Maximum density [g/cm ³]	EN 12697-5	2.47	2.47	2.47	2.47	2.47	2.47	2.47	2.47	
Air voids [%]	EN 12697-8	20.3	17.3	15.8	13.8	14.6	14.4	14.8	14.8	
Indirect tensile strength 7dd [N/mm ²]	EN 12697-23	0.18	0.19	0.19	0.23	0.12	0.12	0.04	0.09	0.05
Marshall Stability 7dd [daN]	EN 12697-34	908	1043	1055	1285	612	603	246	403	400
Particle loss 7dd [%]	EN 12697-17					84	76	84	83	
Particle loss 28dd [%]	EN 12697-17	95	46	20	13	3	5	0	3	10

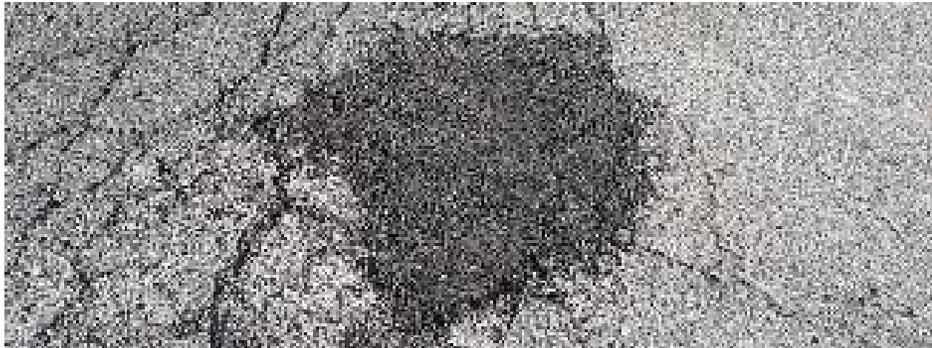


RIGENERANTI PER CMA CON 100% RAP – RICERCA

PROVE IN SITU

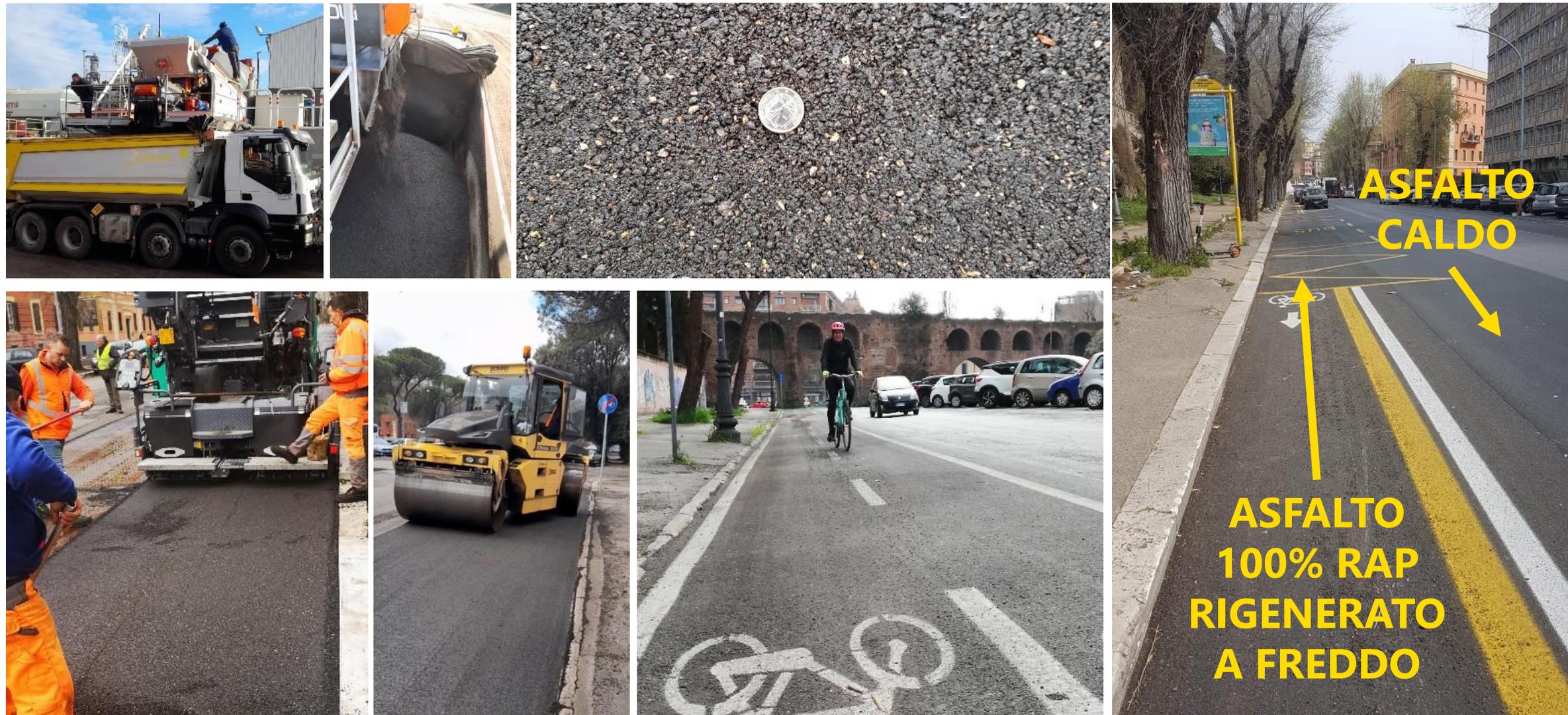


Pothole	Mix	Immediately after laying		Pothole	Mix	Immediately after laying	
		50 passages of the vehicle	100 passages of the vehicle			50 passages of the vehicle	100 passages of the vehicle
1	E			3	F		
2	E			4	F		



RIGENERANTI PER CMA CON 100% RAP – RICERCA

PISTA CICLABILE - GRANDE RACCORDO ANULARE DELLE BICI (GRAB)



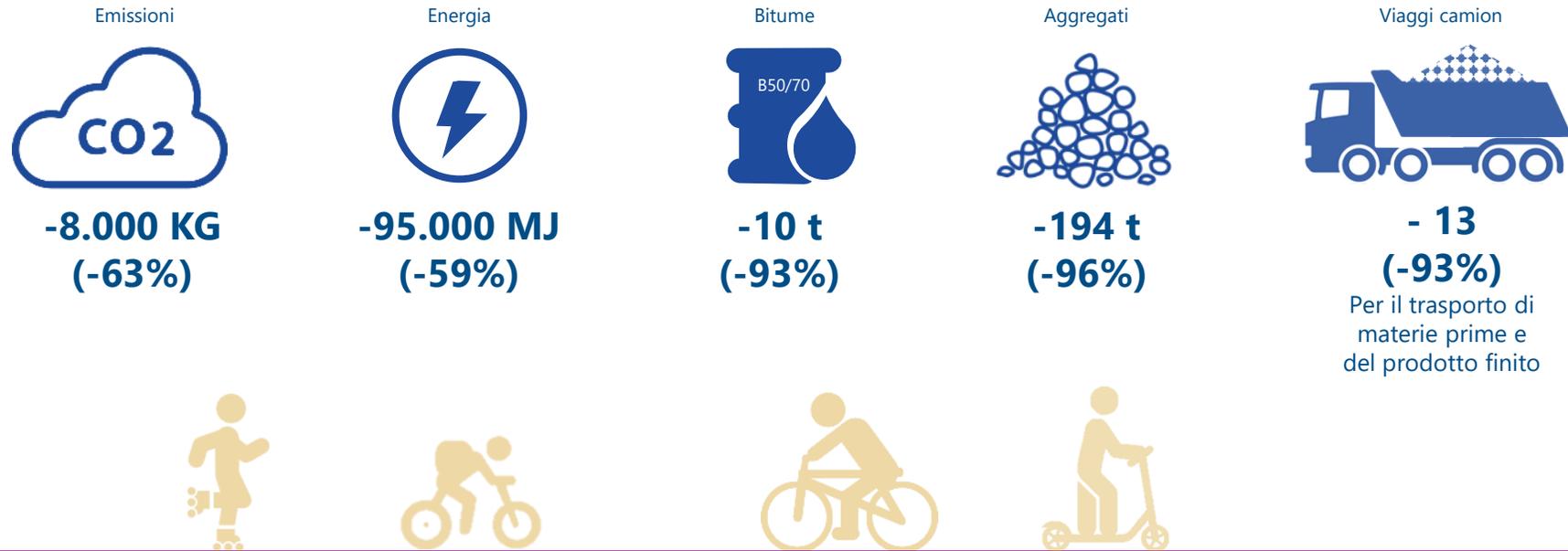
PISTA CICLABILE – SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

BENEFICI A FINE VITA UTILE*

1 KM × 2,5 M × 4 CM

USURA 100% FRESATO A FREDDO

7 ANNI VITA UTILE vs HMA BITUME TQ – 10 ANNI VITA UTILE



* I valori determinati derivano da analisi bibliografica e dal Progetto Ecopave (a disposizione su richiesta).

Anche se i risultati sono indicativi, valori esaustivi potranno essere determinati esclusivamente attraverso un'analisi LCA dedicata al progetto in esame.

RIGENERANTI PER CMA CON 100% RAP – RICERCA

PISTA CICLABILE RICICLATA DIRETTAMENTE IN SITU – IMOLA (BOLOGNA)

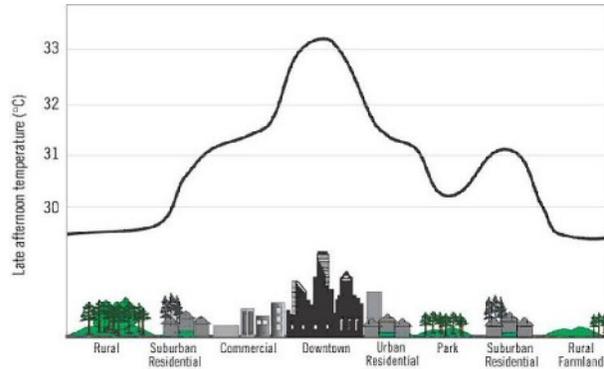


Alma Mater Studiorum - Università di Bologna

COLORAZIONI E ISOLE DI CALORE

PAVIMENTAZIONI COLORATE E ALBEDO – BIBLIOGRAFIA

CONTESTO



Urban Heat Island (UHI)*

EFFETTI

- **Impatti localizzati**
 - Comfort
 - Salute umana
- **Impatti globali**
 - Onde anomale di calore
 - Emissioni gas – effetto serra
 - Riscaldamento globale
 - Ecosistema (fauna e flora)
 - Economia

CAUSE

- Posizione (latitudine and altitudine)
- Clima regionale
- Meteo locale
- Urbanizzazione
- Edifici vs. vegetazione
- Geometria urbana
- Materiali urbani
- Calore antropogenico

STRATEGIE DI MITIGAZIONE

- Riduzione emissioni
- Geometria urbana
- Tetti verdi / eco-materiali
- **Strade chiare / colorate**

PAVIMENTAZIONI COLORATE E ALBEDO

Seminario

«Pavimentazioni Ecosostenibili ad Elevata Vita Utile»

Ordine degli Ingegneri di Verona, Verona - Giovedì 20 Giugno 2019



Con il contributo incondizionato di:



Pavimentazioni Colorate per la Diminuzione del Calore nelle Isole Urbane

Relatore

Prof. Ing. Marco Pasetto

marco.pasetto@unipd.it



PAVIMENTAZIONI COLORATE E ALBEDO – BIBLIOGRAFIA

Background teorico

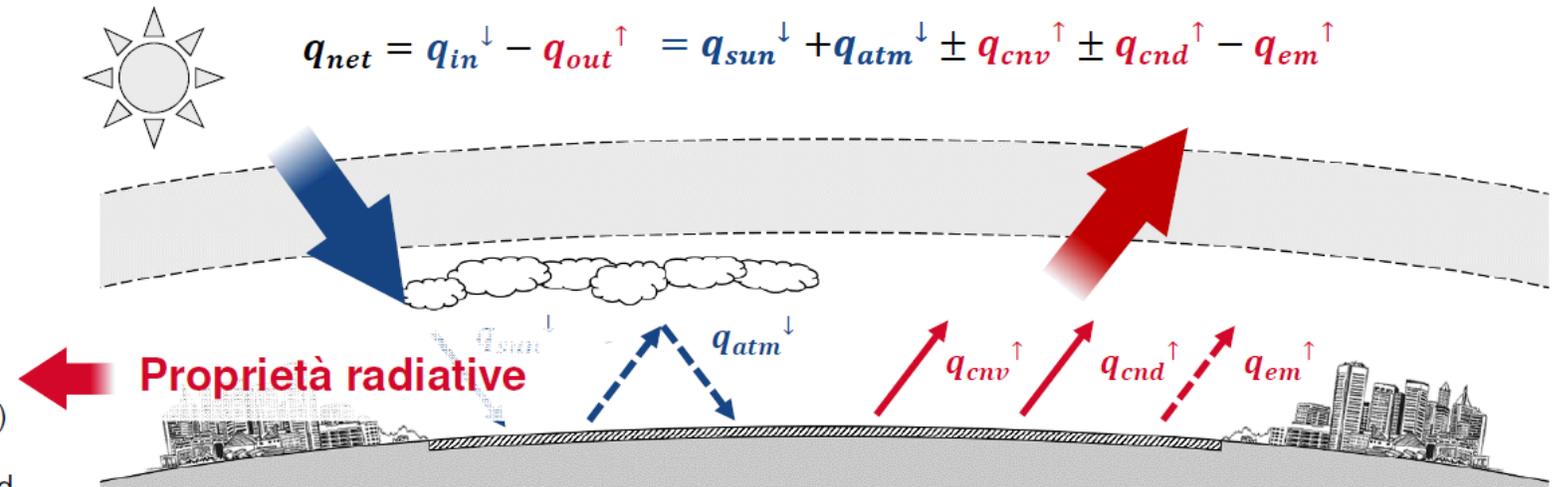
Flusso di calore

■ Bilancio radiativo superficiale

- q : tasso di flusso di calore [W/m^2]
- R_0 : costante radiative del sole ($1394 W/m^2$)
- i : angolo di incidenza della radiazione [$^\circ$]
- m, v : massa dell'aria, pressione di vapore
- ϵ, ρ, k : emissività, albedo, conducibilità termica
- σ : costante di Stefan-Boltzman ($5.68 \cdot 10^{-8} W/m^2K^4$)
- T_{air} : temperatura dell'aria
- T_d : temperature del corpo irradiato alla profondità d
- T_{surf} : temperatura della superficie

- UV (ultravioletti): onde corte
- - - IR (infrarossi): onde lunghe

Solaimanian, M. & Kennedy, T. W. (1993). Predicting maximum pavement surface temperature using maximum air temperature and hourly solar radiation. Transportation Research Record, 1417, 1–11.



$$q_{net} = q_{in}^{\downarrow} - q_{out}^{\uparrow} = q_{sun}^{\downarrow} + q_{atm}^{\downarrow} \pm q_{cnv}^{\uparrow} \pm q_{cnd}^{\uparrow} - q_{em}^{\uparrow}$$

q solare – Assorbita

Diretta: UV (+)

$$q_{sun}^{\downarrow} = R_0 \cos i \tau_a m (1 - \rho)$$

Q fenomeni convettivi

Di transito: UV (\pm)

$$q_{cnv}^{\uparrow} = h_e (T_{surf} - T_{air})$$

q atmosferica – Assorbita

Diffusa: IR (+)

$$q_{atm}^{\downarrow} = (0.77 - 0.28 \times 10^{-0.074 v}) \sigma T_{air}^4$$

Q fenomeni conduttivi

Di transito: UV (\pm)

$$q_{cnd}^{\uparrow} = k (T_d - T_{surf}) / d$$

Q emessa

Dalla sup.: IR (\pm)

$$q_{em}^{\uparrow} = \epsilon \sigma T_{surf}^4$$

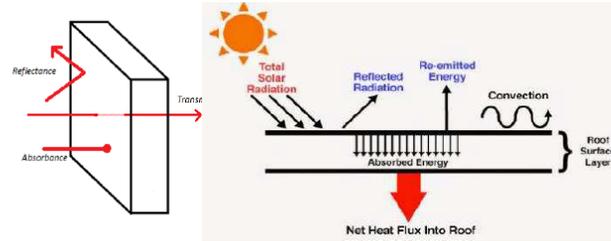
PAVIMENTAZIONI COLORATE E ALBEDO – BIBLIOGRAFIA

EMISSIVITÀ SUPERFICIALE, ϵ

- Rapporto tra radiazione emessa dalla superficie e quella emessa dal corpo nero ideale alla stessa T
- Varia da 0 a 1 (tendenza della superficie ad approssimare il corpo nero)
- Dipende da: T, lunghezza d'onda e direzione della radiazione
- Per materiali da costruzioni: proprietà intrinseca del materiale

$$\epsilon(T) = \frac{E(T)}{E_n(T)} = \frac{E(T)}{\sigma T^4}$$

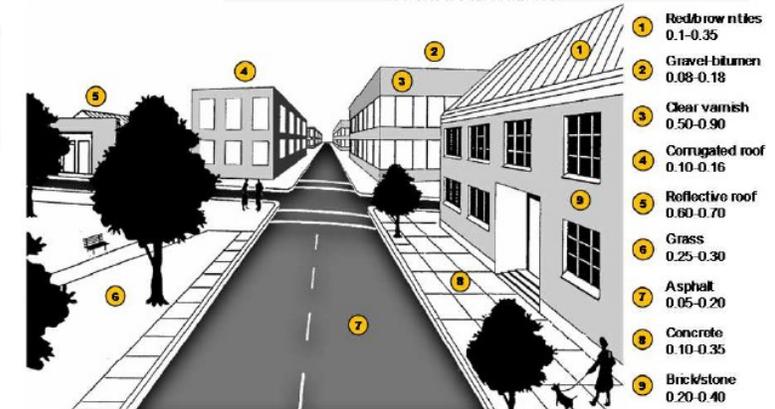
$$E(T) = \epsilon(T) \cdot \sigma \cdot T^4$$



ALBEDO, ρ

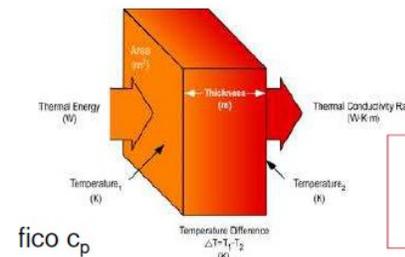
- Coefficiente di riflessione: parte di radiazione riflessa dal corpo (varia tra 0 e 1)
- Proprietà intrinseca del materiale
- Dipende anche da colore e opacità della superficie

$$\rho = \frac{G_{ref}}{G}$$



CONDUTTIVITÀ TERMICA, k

- Indice della tendenza a condurre il calore [W/m·°K]
- Proprietà intrinseca del materiale
- Dipende da diffusività λ_m , densità ρ_m e calore specifico c_p



$$\lambda_m = \frac{k}{\rho_m \cdot c_p}$$

PAVIMENTAZIONI COLORATE E ALBEDO – RICERCA

PROGETTO DI RICERCA

L'analisi termica delle pavimentazioni stradali

OBIETTIVI

- Caratterizzazione sperimentale per la determinazione delle caratteristiche e delle performance termiche di pavimentazioni ad uso stradale confezionate con materiali chiari/colorati
- Caratterizzazione meccanica preliminare delle miscele

MATERIALI

Calcare



0/4 4/8 8/12 12/20

Bianco Botticino



100/600 1800/2400 3/6 5/9 6/9

Rosa Corallo



0/2 2/4 2/8 4/10

Giallo Siena



0/2 2/4 2/8 4/10

		Bitume 70/100	Bitume Hard	Resina Sintetica
PEN [dmm]	UNI EN 1426	87	55	69
PEN* [dmm]	UNI EN 1426	46	27	54
RAMM [°C]	UNI EN 1427	44	50	61
RAMM* [°C]	UNI EN 1427	51	56	64
DUT [cm]	ASTM D 113	100	98	21
RE [%]	UNI EN 13398	6	3	91
FR [°C]	UNI EN 12593	-9	-6	-7



Ossidi inorganici per conglomerati bituminosi colorati

TERCHIMICA



ITEROXID 100%-GR-HP
Colore: **ROSSO**
Ossido di ferro

ITEROXID 100%-GR-HP
Colore: **VERDE**
Ossido di cromo

ITEROXID 100%-GR-HP
Colore: **BIANCO**
Biossido di titanio rutilo

ITEROXID 100%-GR-HP
Colore: **GIALLO**
Ossido di ferro

Granuli cilindrici; 2–6 % sul peso degli aggregati; temperature di fusione: 90–120 °C; densità apparenti: 1.10–1.50 g/cm³

Malte

TERCHIMICA



MALTE ITERCOLOR - F
Colori: **ROSSO/AZZURRO/SENAPE/VERDE**

T appl.: 15–35 °C
Diluizione: 5–15%
Dose: 2.0–3.0 kg/mq

ρ : 1.65–1.75 g/cm³
Visc. 25 °C: 1740 cP
Aspetto: viscoso

Resine

TERCHIMICA



RESINE K-EC
Colori: **ROSSO/BLU/GIALLO/VERDE**

T appl.: 15–35 °C
Diluizione: 5–15%
Dose: 2.0 kg/mq

ρ : 1.25–1.35 g/cm³
Aspetto: pastoso
Non infiammabile

PAVIMENTAZIONI COLORATE E ALBEDO – RICERCA

MISCELE ANALIZZATE

Codice:	CCB71	CCBH	CCB71OR	CCB71OV	CCB71OB	CCB71OG	CCBHOR	CCBHOV	CCBHOB	CCBHOG	CCT
Legante:	Bit. 70/100 (5.5 % by a.w.)	Bit. Hard (5.5 % by a.w.)	Bit. 70/100 (5.5 % by a.w.)	Bit. Hard (5.5 % by a.w.)	Resina (7.0 % by a.w.)						
Aggregato:	Calcare	Calcare	Calcare	Calcare	Calcare	Calcare	Calcare	Calcare	Calcare	Calcare	Calcare
Ossido:	X	X	✓ Rosso (5.0 % by a.w.)	✓ Verde (5.0 % by a.w.)	✓ Bianco (5.0 % by a.w.)	✓ Giallo (5.0 % by a.w.)	✓ Rosso (5.0 % by a.w.)	✓ Verde (5.0 % by a.w.)	✓ Bianco (5.0 % by a.w.)	✓ Giallo (5.0 % by a.w.)	X
Vernice:	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Colore Finale:	Nero	Nero	Rossastro	Verdastro	Grigio	Giallastro	Rossastro	Verdastro	Grigio	Giallastro	Nocciola

- 1) C: conglomerato
- 2) C / B / R / G: Calcare / Bianco Botticino / Rosa Corallo / Giallo Siena
- 3) B71 / BH / T: Bitume 70/100 / Bitume Hard / Legante Trasparente
- 4) OX / M / R: Ossido / Malta / Resina
- 5) R / V / B / G / B: Rosso / Blu / Verde / Giallo / Bianco

Codice:	CBT	CRT	CGT	CCB71MR	CCB71MB	CCB71MG	CCB71MV	CCB71RR	CCB71RB	CCB71RG	CCB71RV
Legante:	Resina (7.0 % by a.w.)	Resina (7.0 % by a.w.)	Resina (7.0 % by a.w.)	Bit. 70/100 (5.5 % by a.w.)							
Aggregato:	B. Botticino	R. Corallo	G. Siena	Calcare							
Ossido:	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Vernice:	X	X	X	✓ Malta (2.0 kg/mq)	✓ Malta (2.0 kg/mq)	✓ Malta (2.0 kg/mq)	✓ Malta (2.0 kg/mq)	✓ Resina (2.0 kg/mq)	✓ Resina (2.0 kg/mq)	✓ Resina (2.0 kg/mq)	✓ Resina (2.0 kg/mq)
Colore Finale:	Crema	Rosa	Giallino	Rosso	Azzurro	Senape	Verde	Rosso	Blu	Giallo	Verde

- 1) C: conglomerato
- 2) C / B / R / G: Calcare / Bianco Botticino / Rosa Corallo / Giallo Siena
- 3) B71 / BH / T: Bitume 70/100 / Bitume Hard / Legante Trasparente
- 4) OX / M / R: Ossido / Malta / Resina
- 5) R / V / B / G / B: Rosso / Blu / Verde / Giallo / Bianco

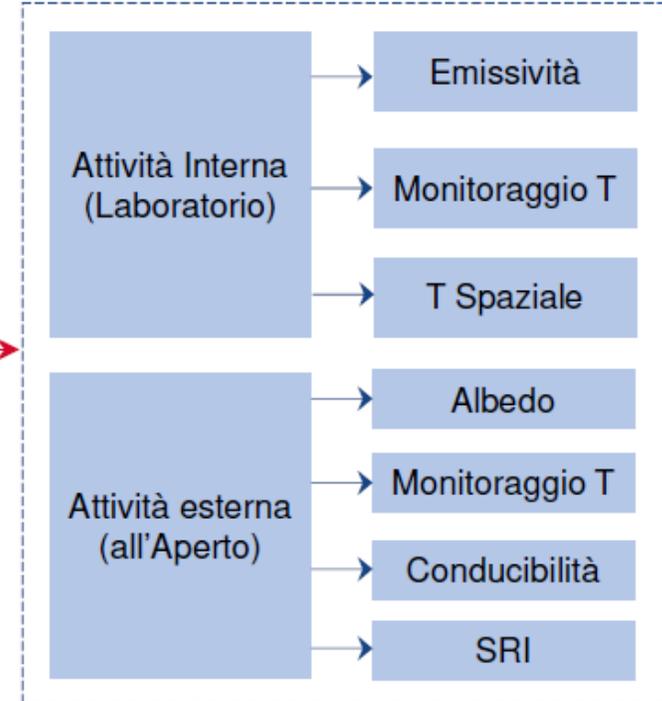
PAVIMENTAZIONI COLORATE E ALBEDO – RICERCA

PIANO DI LAVORO

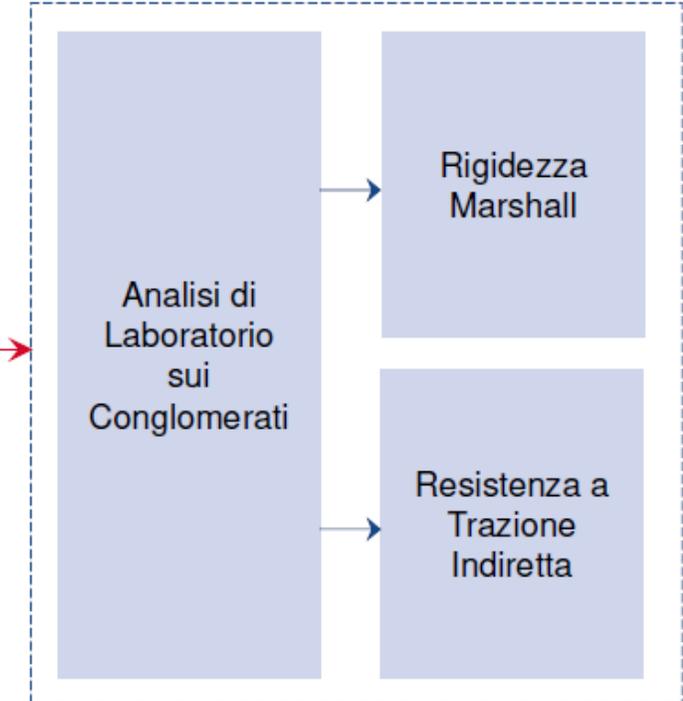
MATERIALI



ANALISI TERMICHE



CARATTERIZZAZIONE MECCANICA



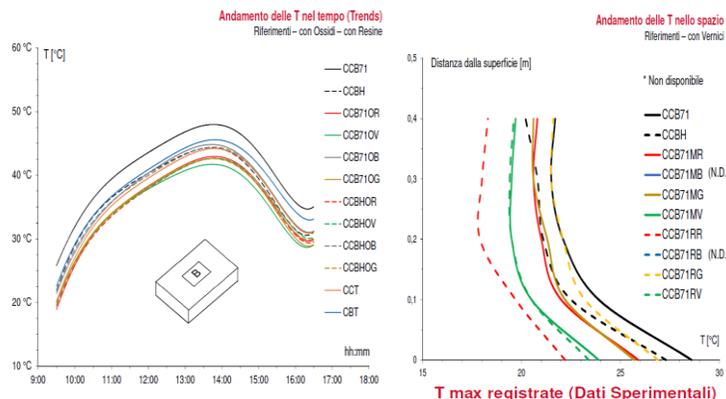
PAVIMENTAZIONI COLORATE E ALBEDO – RICERCA

RISULTATI OTTENUTI – ANALISI TERMICHE

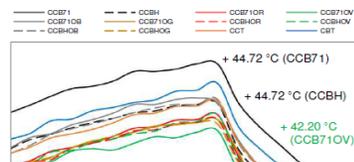
EMISSIVITÀ SUPERFICIALE, ϵ

Codice	Tipo	ϵ [-]
CCB71	Riferimento	0.90 – 0.91
CCBH	Riferimento	0.90 – 0.91
CCB71OR	Colorato con ossidi	0.91 – 0.92
CCB71OV	Colorato con ossidi	0.91 – 0.92
CCB71OB	Colorato con ossidi	0.91 – 0.92
CCB71OG	Colorato con ossidi	0.91 – 0.92
CCBHOR	Colorato con ossidi	0.91 – 0.92
CCBHOV	Colorato con ossidi	0.91 – 0.92
CCBHOB	Colorato con ossidi	0.91 – 0.92
CCBHOG	Colorato con ossidi	0.91 – 0.92
CCT	Legante trasparente	0.91 – 0.92
CBT	Legante trasparente	0.91 – 0.92
CRT	Legante trasparente	0.90 – 0.91
CGT	Legante trasparente	0.90 – 0.91
CCB71MR	Vernice superficiale	0.92 – 0.93
CCB71MB	Vernice superficiale	0.92 – 0.93
CCB71MG	Vernice superficiale	0.92 – 0.93
CCB71MC	Vernice superficiale	0.92 – 0.93
CCB71RR	Vernice superficiale	0.93
CCB71RB	Vernice superficiale	0.93
CCB71RG	Vernice superficiale	0.93
CCB71RV	Vernice superficiale	0.93

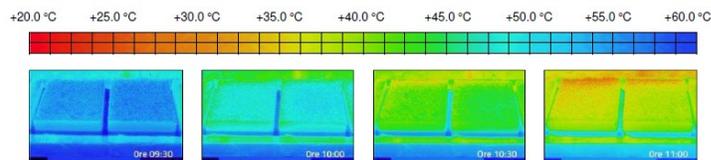
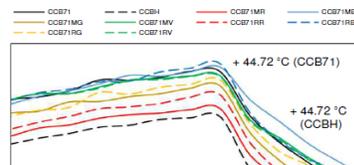
ANDAMENTO TEMPERATURA, T



Riferimenti – con Ossidi – con Resine



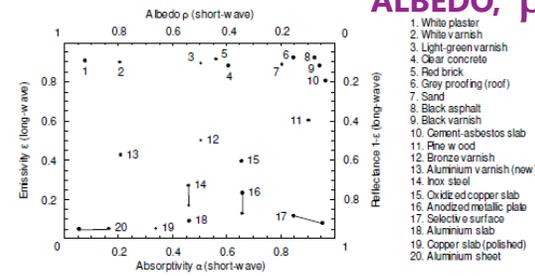
Riferimenti – con Vernici Malte – con Vernici Resine



T max registrate (Dati Sperimentali)

Codice	Tipo	T max
CCB71	Riferimento	48.36 °C
CCBH	Riferimento	44.72 °C
CCB71OR	Colorato con ossidi	43.69 °C
CCB71OV	Colorato con ossidi	42.20 °C
CCB71OB	Colorato con ossidi	45.23 °C
CCB71OG	Colorato con ossidi	43.22 °C
CCBHOR	Colorato con ossidi	43.22 °C
CCBHOV	Colorato con ossidi	43.66 °C
CCBHOB	Colorato con ossidi	45.10 °C
CCBHOG	Colorato con ossidi	42.94 °C
CCT	Legante trasparente	44.94 °C
CBT	Legante trasparente	46.57 °C
CRT	Legante trasparente	48.21 °C
CGT	Legante trasparente	47.68 °C
CCB71MR	Vernice superficiale	45.38 °C
CCB71MB	Vernice superficiale	48.75 °C
CCB71MG	Vernice superficiale	47.21 °C
CCB71MV	Vernice superficiale	48.04 °C
CCB71RR	Vernice superficiale	46.67 °C
CCB71RB	Vernice superficiale	49.02 °C
CCB71RG	Vernice superficiale	47.70 °C
CCB71RV	Vernice superficiale	47.96 °C

ALBEDO, ρ



Valentina Dessi (2007). Progettare il comfort urbano. Soluzione per un'integrazione tra società e territorio. Architettura sostenibile, Sistemi Editoriali, 280 pp. EAN: 9788851304737

CONDUCIBILITA' TERMICA, K

Codice	Tipo	k [W/m·°C]
CCB71	Riferimento	1.210
CCBH	Riferimento	1.159
CCB71OR	Colorato con ossidi	1.291
CCB71OV	Colorato con ossidi	1.171
CCB71OB	Colorato con ossidi	1.237
CCB71OG	Colorato con ossidi	1.243
CCBHOR	Colorato con ossidi	1.211
CCBHOV	Colorato con ossidi	1.241
CCBHOB	Colorato con ossidi	1.295
CCBHOG	Colorato con ossidi	1.148
CCT	Legante trasparente	1.198
CBT	Legante trasparente	2.270
CRT	Legante trasparente	2.124
CGT	Legante trasparente	2.419
CCB71MR	Vernice superficiale	1.392
CCB71MB	Vernice superficiale	1.399
CCB71MG	Vernice superficiale	1.385
CCB71RR	Vernice superficiale	1.041
CCB71RB	Vernice superficiale	1.042
CCB71RG	Vernice superficiale	1.037
CCB71RV	Vernice superficiale	1.043

SRI

Codice	Tipo	SRI [-]
CCB71	Riferimento	0.00
CCBH	Riferimento	0.09
CCB71OR	Colorato con ossidi	0.25
CCB71OV	Colorato con ossidi	0.21
CCB71OB	Colorato con ossidi	0.16
CCB71OG	Colorato con ossidi	0.25
CCBHOR	Colorato con ossidi	0.30
CCBHOV	Colorato con ossidi	0.25
CCBHOB	Colorato con ossidi	0.25
CCBHOG	Colorato con ossidi	0.27
CCT	Legante trasparente	0.39
CBT	Legante trasparente	1.00
CRT	Legante trasparente	Non eseguita
CGT	Legante trasparente	Non eseguita
CCB71MR	Vernice superficiale	0.78
CCB71MB	Vernice superficiale	1.00
CCB71MG	Vernice superficiale	0.62
CCB71MC	Vernice superficiale	0.77
CCB71RR	Vernice superficiale	0.83
CCB71RB	Vernice superficiale	0.83
CCB71RG	Vernice superficiale	0.87
CCB71RV	Vernice superficiale	0.85



PAVIMENTAZIONI COLORATE E ALBEDO – RICERCA

RISULTATI OTTENUTI – ANALISI MECCANICHE

Codice	Tipo	RTI 	Marshall 	
		RTI [MPa]	Stabilità [kN]	Rigidezza [kN(mm)]
CCB71	Riferimento	0.72	7.32	2.41
CCBH	Riferimento	0.96	10.75	3.35
CCB71OR	Colorato con ossidi	1.06	11.21	4.04
CCB71OV	Colorato con ossidi	1.14	10.32	2.54
CCB71OB	Colorato con ossidi	0.93	10.52	3.53
CCB71OG	Colorato con ossidi	1.09	12.18	3.51
CCBHOR	Colorato con ossidi	0.98	11.86	4.55
CCBHOV	Colorato con ossidi	0.99	11.14	3.05
CCBHOB	Colorato con ossidi	0.83	9.33	3.74
CCBHOG	Colorato con ossidi	1.04	10.94	3.86
CCT	Legante trasparente	0.26 ^a	6.23 ^a	1.19 ^a
CBT	Legante trasparente	0.22 ^a	4.08 ^a	0.57 ^a
CRT	Legante trasparente	0.24 ^a	5.63 ^a	0.90 ^a
CGT	Legante trasparente	0.24 ^a	5.41 ^a	0.90 ^a
CCB71MR	Vernice superficiale	N.d. ^b	N.d. ^b	N.d. ^b
CCB71MB	Vernice superficiale	N.d. ^b	N.d. ^b	N.d. ^b
CCB71MG	Vernice superficiale	N.d. ^b	N.d. ^b	N.d. ^b
CCB71MC	Vernice superficiale	N.d. ^b	N.d. ^b	N.d. ^b
CCB71RR	Vernice superficiale	N.d. ^b	N.d. ^b	N.d. ^b
CCB71RB	Vernice superficiale	N.d. ^b	N.d. ^b	N.d. ^b
CCB71RG	Vernice superficiale	N.d. ^b	N.d. ^b	N.d. ^b
CCB71RV	Vernice superficiale	N.d. ^b	N.d. ^b	N.d. ^b

Note

^a A 60 °C, i congl. trasparenti hanno un comportamento diverso dal bitume

^b Si ipotizza che le Vernici non influiscano sulle proprietà meccaniche

PAVIMENTAZIONI COLORATE E ALBEDO – RICERCA

CONCLUSIONI

▪ Conglomerati con Resina Sintetica



▪ Resina combinata con diversi aggregati



con Calcare

- **Qualità aggregato:** buona - adatto agli Standard
- **Albedo:** intermedio - 0.271 (rif: 0.107)
- **Mitigazione temperatura:** significativa - -17.80 °C di picco
- **Conducibilità:** paragonabile - 1.198 (rif: 1.210)
- **Riflettanza:** intermedia - 0.39 (rif: 0.00)



con Bianco Botticino

- **Qualità aggregato:** intermedia (zone a traffico leggero???)
- **Albedo:** massimo - 0.497 (rif: 0.107)
- **Mitigazione temperatura:** apprezzabile - -6.97 °C di picco
- **Conducibilità:** molto elevato - 2.270 (rif: 1.210)
- **Riflettanza:** massima - 1.00 (rif: 0.00)

▪ Resina combinata con diversi aggregati



con Rosa Corallo

- **Qualità aggregato:** intermedia (zone a traffico leggero???)
- **Albedo:** intermedio - 0.169 (rif: 0.107)
- **Mitigazione temperatura:** Non eseguita
- **Conducibilità:** molto elevato - 2.124 (rif: 1.210)
- **Riflettanza:** Non eseguita



con Giallo Siena

- **Qualità aggregato:** intermedia (zone a traffico leggero???)
- **Albedo:** intermedio - 0.217 (rif: 0.107)
- **Mitigazione temperatura:** Non eseguita
- **Conducibilità:** massimo - 2.419 (rif: 1.210)
- **Riflettanza:** Non eseguita

▪ Conglomerati bituminosi con Ossidi in Pasta

[Poca differenza dovuta al colore](#)



▪ Uso degli ossidi nei conglomerati bituminosi

- **Penetrazione e Rammollimento:** consistenza significativa
- **Prestazioni meccaniche:** adeguate a zone carrabili (eccessiva rigidità???)
- **Dosaggio ossidi:** simile a quello del bitume: ottimizzazione Marshall = 5.0 %
- **Emissività:** non cambia rispetto ai tradizionali materiali stradali
- **Albedo:** lievemente superiore a quello dei materiali neri
- **Temperatura:** moderata efficacia di mitigazione (sino a -5 °C)
- **Conducibilità:** paragonabile a quella del conglomerato nero
- **Riflettanza:** lievemente superiore a quella del conglomerato nero

▪ Conglomerati bituminosi con Vernice Resina



▪ Uso di Resina come Vernice superficiale

- **Prestazioni meccaniche:** nessuna alterazione
- **Emissività:** non cambia rispetto ai tradizionali materiali stradali
- **Albedo:** generalmente superiore al nero [Forte dipendenza dal colore](#)
- **Temperatura:** buona efficacia nella mitigazione [Forte dipendenza dal colore](#)
- **Conducibilità:** lievemente inferiore a quella del conglomerato nero (≈ 1.05)
- **Riflettanza:** molto elevata (sino a massima = 0.87)



Migliore: CCB71RG

Albedo: 0.320 (rif: 0.107)
Mitigazione temperatura: -15.43 °C di picco
SRI: 0.87

▪ Conglomerati bituminosi con Vernice Malta



▪ Uso di Malta come Vernice superficiale

- **Prestazioni meccaniche:** nessuna alterazione
- **Emissività:** non cambia rispetto ai tradizionali materiali stradali
- **Albedo:** generalmente superiore al nero [Forte dipendenza dal colore](#)
- **Temperatura:** buona efficacia nella mitigazione [Forte dipendenza dal colore](#)
- **Conducibilità:** lievemente superiore a quella del conglomerato nero (≈ 1.30)
- **Riflettanza:** elevata (sino a massima = 1.00)



Migliore: CCB71MB

Albedo: 0.440 (rif: 0.107)
Mitigazione temperatura: -17.95 °C di picco
SRI: 1.00

Chapter

Preliminary investigation of mechanical and functional properties of colored asphalt pavement surfaces

May 2018

DOI: [10.5592/CO/CETRA.2018.918](https://doi.org/10.5592/CO/CETRA.2018.918)

In book: Road and Rail Infrastructure V (pp.519-525) · Publisher: Department of Transportation Faculty of Civil Engineering University of Zagreb · Editors: Stjepan Lakušić

Authors:



Emiliano Pasquini
University of Padova



Marco Pasetto
University of Padova



Giovanni Giacomello
University of Padova



Andrea Baliello
University of Padova

COMPOUND POLIMERICI DA PLASTICHE SELEZIONATE PER L'INCREMENTO DELLE PRESTAZIONI DEI CB

COMPOUND POLIMERICI PER CB PRESTAZIONALI

Compound polimerici per la modifica dei conglomerati bituminosi con il metodo dry

Incremento delle prestazioni fisico-meccaniche delle pavimentazioni

Garanzia di sicurezza, aumento della vita utile e diminuzione della manutenzione stradale

Riduzione delle emissioni di CO₂eq e degli impatti ambientali in generale

Università Bicocca di Milano
Università La Sapienza di Roma
Università Federico II di Napoli
Università di Bologna
Università degli Studi di Palermo
...

Università degli Studi di Messina
Università degli Studi di Padova
University of Nottingham
Instituto Superior de Engenharia de Lisboa
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
...



COMPOUND POLIMERICI PER CB PRESTAZIONALI

WOODHEAD PUBLISHING SERIES IN CIVIL AND STRUCTURAL ENGINEERING



PLASTIC WASTE FOR SUSTAINABLE ASPHALT ROADS



Edited by
FILIPPO GIUSTOZZI
SABZOI NIZAMUDDIN

Fatigue resistance of waste plastic-modified asphalt

8

Shahin Eskandarsefat^a, Fabrizio Meroni^a, Cesare Sangiorgi^b, and Piergiorgio Tataranni^b

^aIterchimica S.p.A., Suisio (BG), Italy, ^bUniversity of Bologna, DICAM, Bologna, Italy

Chapter Outline

8.1 Introduction	145
8.2 Recycled plastic in asphalt pavements	146
8.3 Fatigue testing of asphalt mixtures	147
8.4 Fatigue performance of recycled plastic-modified asphalt	149
8.5 Case study: Laboratory fatigue analysis by means of different testing approaches	155
8.6 Conclusions	159
Acknowledgment	159
References	160

8.1 Introduction

Recycling of waste plastic is the only truly sustainable solution for today's environmental concerns as it represents the most concrete action to reduce the impacts of such material (Milios et al., 2018). However, due to the inherent complexity and variability of its nature, there are still significant challenges related to the management of different waste plastics. The development of new industrial technologies for the collection, distribution, and reprocessing of waste plastic are leading to new solutions for its recycling, including their use in pavements.

The recycling sector today constitutes one of the most dynamic areas in the plastics industry (Hopewell et al., 2009). Very different recycling processes and methods have been investigated and an ever-increasing number of experimental applications of recycled plastic waste have been evaluated. Researchers are exploring alternative methods and materials to repurpose waste plastics that can be utilized in civil infrastructures, such as wood-plastic composites, concrete blocks, and mortars. Also, incorporating plastic waste into asphalt pavements is today a possible and sustainable practice. Several studies have verified that specific polymers and plastics can effectively improve the performance and the durability of the road pavements if adequately blended with bitumen according to certain construction and service conditions.

Generally, the integration of polymers and modifiers of various nature in asphalt concrete can be either performed according to the so-called "wet" or the "dry" methods. In the first one, the modifier is added at a high temperature to the bitumen, which is

Plastic Waste for Sustainable Asphalt Roads. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85789-5.00008-3>
Copyright © 2022 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Hybrid combination of waste plastics and graphene for high-performance sustainable roads

10

Loretta Venturini^a, Paride Mantecca^b, Massimo Perucca^c, and Laura Giorgia Rizzi^d

^aIterchimica S.p.A., Suisio (BG), Italy, ^bUniversità degli Studi di Milano, Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e della Terra, Centro di Ricerca POLARIS, Milan, Italy, ^cProject S.A.S., Turin, Italy, ^dDirecta Plus S.p.A., Como, Italy

Chapter outline

10.1 Introduction	179
10.2 Hybrid combination of waste plastic and graphene (GBSm)	181
10.2.1 Graphene	181
10.2.2 Waste plastics selection	184
10.2.3 GBSm production and environmental impact	184
10.3 Asphalt concrete production with GBSm technology	186
10.3.1 Method of Use	186
10.3.2 GBSm expected benefits	187
10.4 Environmental performance enhancement of GBSm within a comparative perspective	188
10.4.1 Life cycle assessment goal and scope	188
10.4.2 Functional system modules and processes modeling	188
10.4.3 Results	190
10.4.4 Monitoring of hazardous pollutants in atmosphere and aqueous leachates	195
10.5 Performance of asphalt concrete modified with GBSm	198
10.5.1 Expressway Milano-Meda	198
10.5.2 Cagliari-Elmas airport	206
10.6 Conclusions	210
Acknowledgment	212
References	212

10.1 Introduction

The development of the European road infrastructure is part of the European Action Plan that finances sustainable growth. The European regulation establishes the criteria for determining whether an investment can be considered eco-sustainable and it sets

Plastic Waste for Sustainable Asphalt Roads. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85789-5.00010-1>
Copyright © 2022 Elsevier Ltd. All rights reserved.

COMPOUND POLIMERICI PER CB PRESTAZIONALI



Elastomero SBS
(Stirene Butadiene Stirene)

1

Metodo Wet
Tradizionale – circa 50 anni

2

PmB
Polymer Modified
Bitumen



Compound Polimerici



1

Metodo Dry
Innovativo – circa 20 anni
Polimeri aggiunti
direttamente nel CB durante
la fase di produzione

3

2

CONGLOMERATO BITUMINOSO MODIFICATO

COMPOUND POLIMERICI – RICICLO DI PLASTICHE

! Possono essere utilizzate anche plastiche riciclate, purché adeguatamente **selezionate secondo la ricetta produttiva del compound polimerico** e delle prestazioni fisico-meccaniche che si vogliono raggiungere



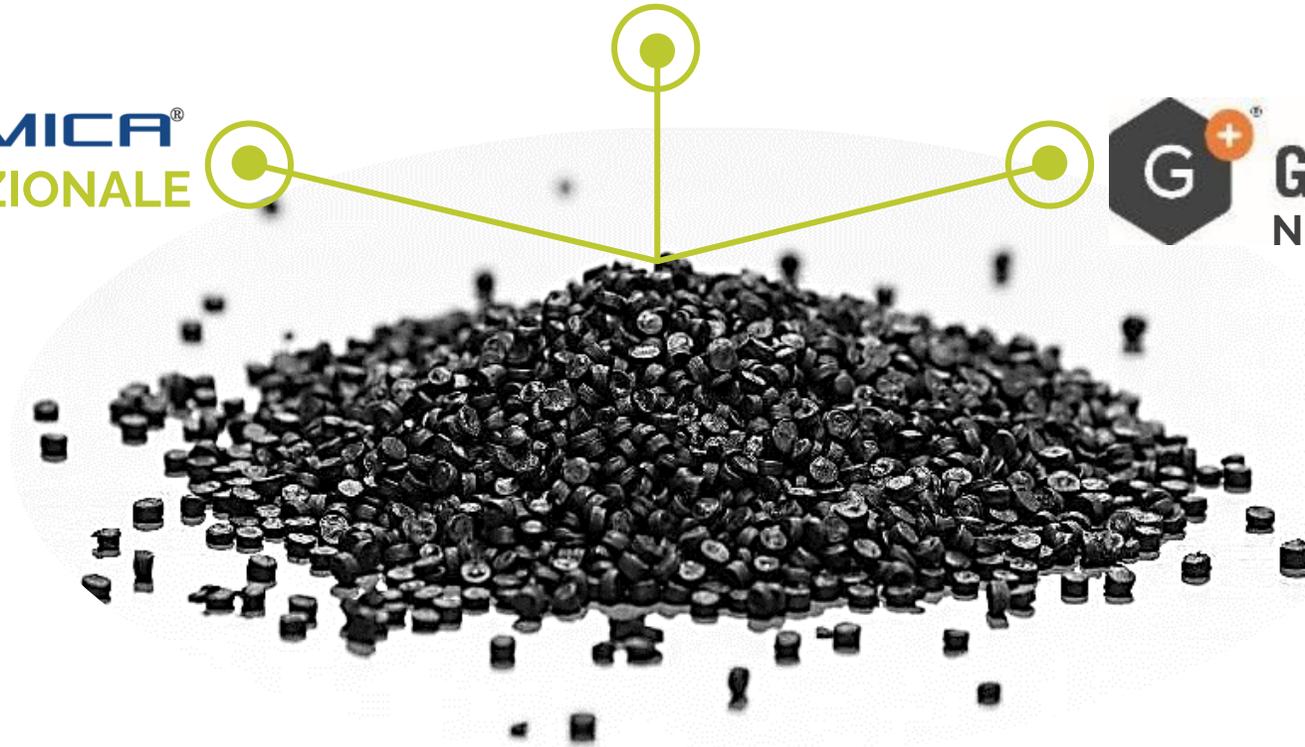
SUPERMODIFICANTE POLIMERICO A BASE DI GRAFENE

PLASTICHE DA RECUPERO TECNOLOGICAMENTE SELEZIONATE

Specifica tipologia di plastica che non rientra nella filiera standard del riciclo
e che è generalmente destinata agli impianti di termovalorizzazione

TERCHIMICA[®]
BASE FUNZIONALE

G⁺
GraphenePlus
Nanoplatelets

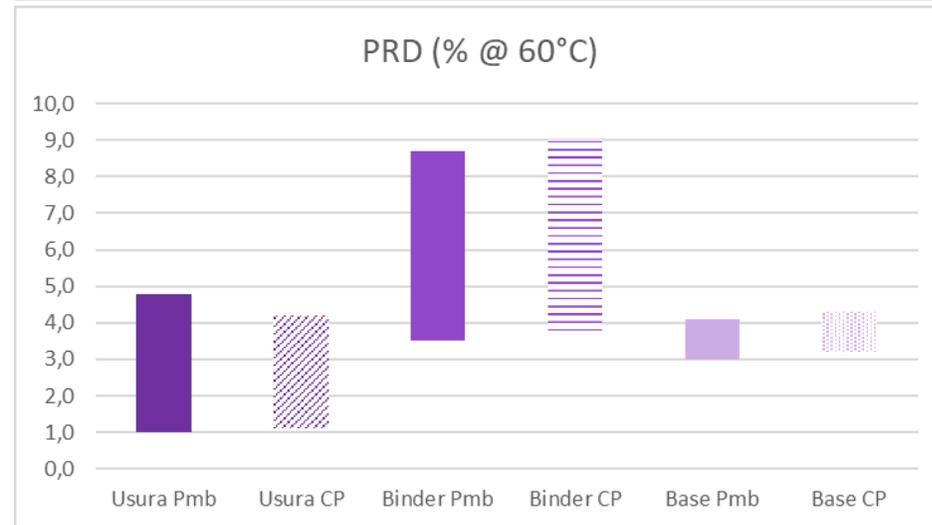
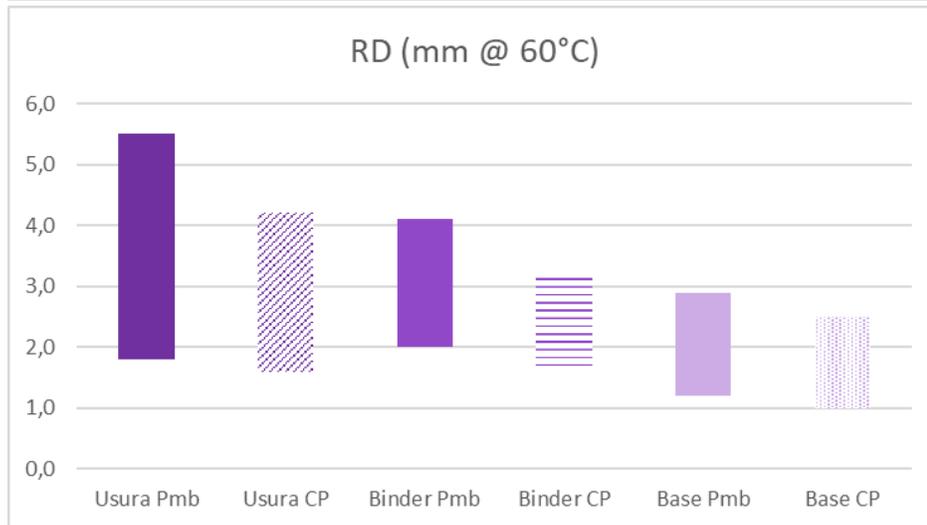
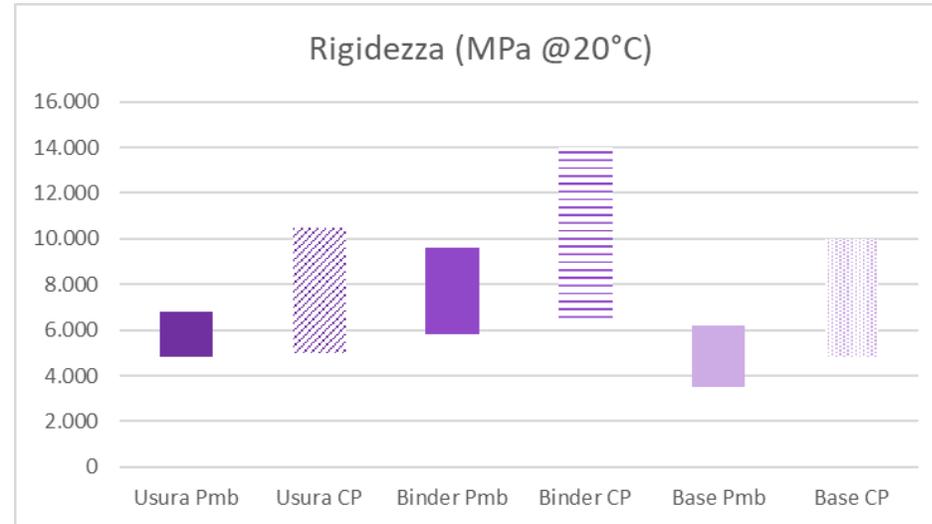
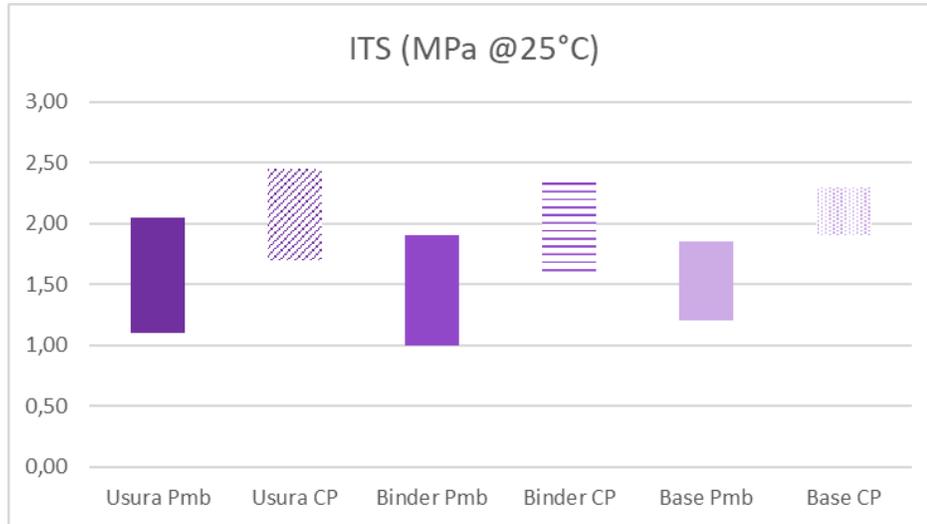


COMPOUND POLIMERICI – BENEFICI



COMPOUND POLIMERICI – PROVE PRESTAZIONALI – PMA VS PMB

VARIAZIONI DETERMINATE DA 10 ANNI DI ANALISI ED ESPERIENZE



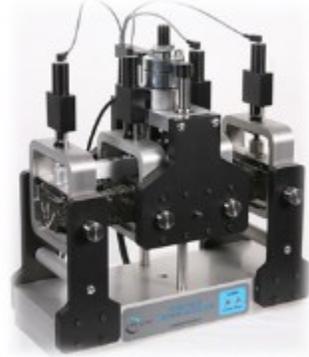
COMPOUND POLIMERICI – PROVE PRESTAZIONALI – PMA VS PMB

VARIAZIONI DETERMINATE DA 10 ANNI DI ANALISI ED ESPERIENZE



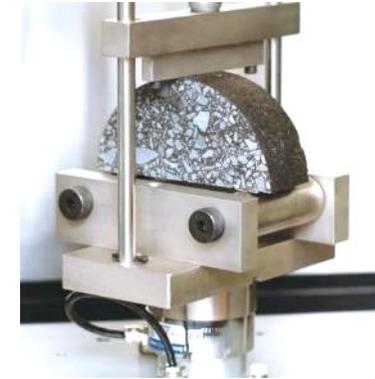
Sino al +50%

EN 12697-23
RESISTENZA ALLA TRAZIONE
ITS (Indirect Tensile Strength)



Sino al +50%

EN 12697-24 E
RESISTENZA ALLA FATICA
ITFT (Indirect Tensile Fatigue Test)



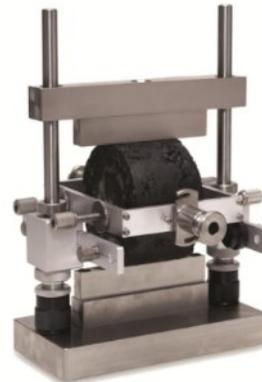
|||

EN 12697-44
PROPAGAZIONE FESSURAZIONE
ALLE TEMPERATURE INTERMEDIE
SCB (Semi-Circular Bend Test)



Sino al +20%

EN 12697-22
RESISTENZA ALL'ORMAIAMENTO
WTT (Wheel Tracking Test)



@20°C sino al +60%
@40°C sino al +20%

EN 12697-26 C
MODULO DI RIGIDEZZA
ITSM (Indirect Tensile Stiffness Modulus)



|||

EN 12697-46
RESISTENZA ALLA FESSURAZIONE
ALLE BASSE TEMPERATURE
TSRST (Thermal Stress Restrained Specimen Test)

55

PAVIMENTAZIONE «GREEN & RESILIENTE»

Minori consumi di materie prime, energia e trasporti, rispetto al progetto originario con tecnologie tradizionali (per 9 km di strada)

Tecnologie tradizionali con PMB, con prestazioni secondo Capitolato Milano Serravalle – Milano tangenziali



Controlli di produzione in laboratorio e in situ

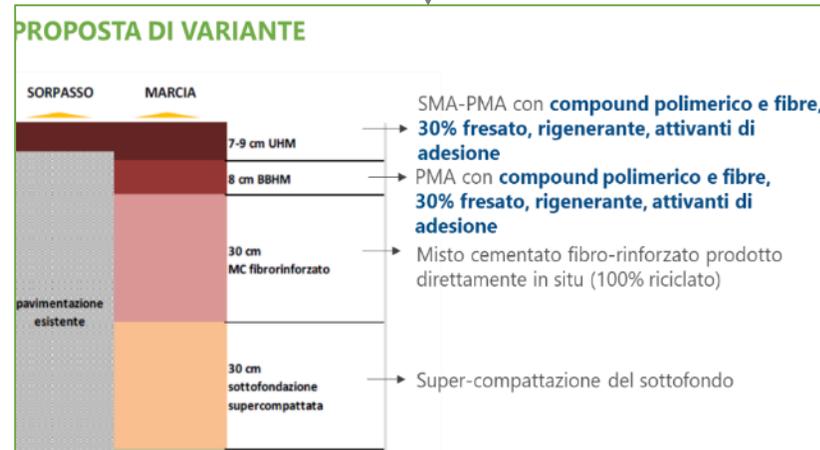
Prequalifica con il catalogo delle pavimentazioni con tecnologia

Verifica con il metodo empirico-razionale

Mix Design di laboratorio



Tecnologie innovative con riciclaggio direttamente in situ e PMA, con prestazioni identificate da 15 anni di esperienze nel mondo e analisi di laboratorio



4.000 viaggi

72.000 litri gasolio

18.000 t conglomerati bituminosi

40.000 mc stabilizzati e MC

130 giorni lavorativi



PAVIMENTAZIONE «GREEN & RESILIENTE»

Aphalt Concrete Modification with Plastomers: A Case Study Conducted 7 Years after Construction

Shahin Eskandarefat^{1,*}, Loretta Venturini¹, Augusto Ciaruffi¹, Enea Sogno² and Isabella Ottomelli²

¹ Inverhimito S.p.A. Via Guglielmo Marconi, 21, 28040 Bergamo, Italy; loretta.venturini@inverhimito.it (L.V.); augusto.ciaruffi@inverhimito.it (A.C.)
² Sisa SpA, Strada Comunale San Nicola, 9, 10100 Sinalba Scrivia, Italy; e.sogno@sisa.it (E.S.); isabella.ottomelli@sisa.it (I.O.)
 * Correspondence: shahin.eskandarefat@inverhimito.it; Tel.: +39-02-7597-0111

Abstract: Ever-increasing traffic loads, in addition to hot climates, have always been a challenge for both road pavement authorities and engineers. Traditionally, asphalt binder and concrete modifiers that generally increase the viscosity and provide higher resistance to permanent deformation have been the optimal choice. In this paper, the asphalt layers of a motorway constructed in 2013 were studied. In the pavement, a plastomeric polymeric compound and synthetic-cellulose composite fibers containing plastomeric polymers were used in its binder course and surface course, respectively. The higher performance of the mixtures containing the plastomeric additives allowed a thinner pavement. This study addressed a quality assurance and monitoring plan spanning 7 years, consisting of core mechanical tests, including stiffness modulus and strength tests, in situ structural analysis by means of a falling weight deflectometer (FWD), surface profile characterization by means of IRI and SCRM, and experts' visual inspection. Overall, the test results complied with the specifications, and no distress or failure was recorded after 7 years of being under service. This could indicate that plastomers and the dry method can be considered an reliable alternative for high quality asphalt pavement production.

Keywords: asphalt layers; road pavement; plastomeric polymer; polymeric-modified fiber; monitoring plan; falling weight deflectometer (FWD); surface profile

1. Introduction

1.1. Pavement Challenges and Polymer Applications

Increases in global road freight transport, vehicle weights, the pressures, and the frequency of extreme climatic events are deteriorating the road network at an anomalously fast rate, bringing it close to the end of its service life and requiring more frequent maintenance operations [1]. The challenge is exacerbated when these factors come together and road pavements in moderate to hot climates meet heavy traffic loads. As a solution, some improvements in asphalt binder properties have been achieved by selecting the proper base grade oil or tailoring the refinery processes applied to produce asphalt binder. However, there are only a few crudes used in the production of quality asphalt binders, and only a limited number of actions can be taken to control the refining process, and to thereby improve the characteristics of asphalt binders [2]. Consequently, polymers of different natures have played a key role in providing satisfying properties for the asphalt binders to comply with asphalt concrete specifications. Polymers used for asphalt binder/concrete modification are technically divided into two main groups, i.e., elastomers and plastomers, and the choice of the modifiers is dependent on the design engineering factors, including traffic loads and density, dominant ambient temperature, and the profile of the other pavement layers of the pavement structure.

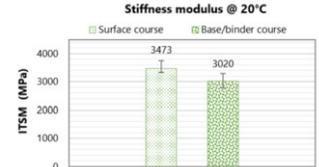
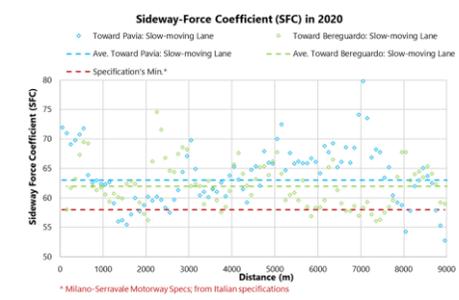
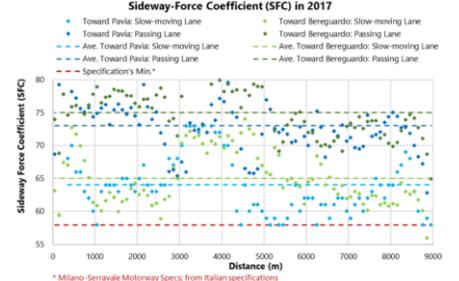
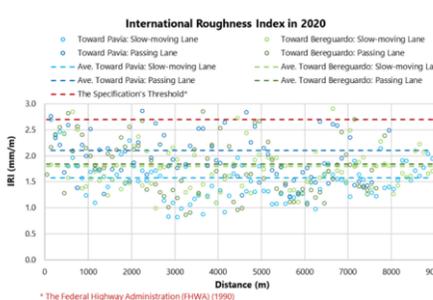
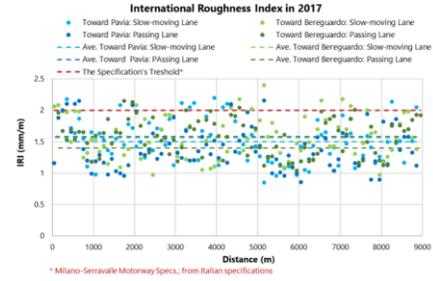
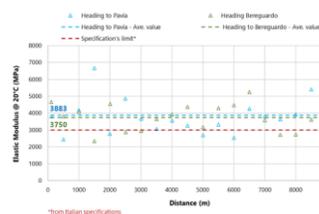
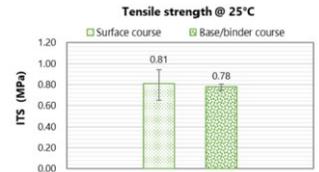


Figure 7. The indirect tensile modulus of cores after 1 year being in service.



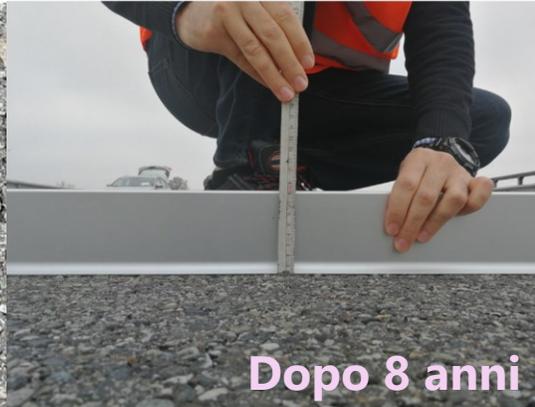
Check for updates
 Citation: Eskandarefat S, Venturini L, Ciaruffi A, Sogno E, Ottomelli I. Asphalt Concrete Modification with Plastomers: A Case Study Conducted 7 Years after Construction. Infrastructures 2022, 12, 16. <https://doi.org/10.3390/infra1202016>
 Academic Editor: Fabio Anzuino
 Received: 17 January 2022
 Accepted: 26 February 2022
 Published: 3 February 2022
 Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.
 Copyright: © 2022 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Infrastructures 2022, 12, 16. <https://doi.org/10.3390/infra1202016>

<https://www.mdpi.com/journal/infrastructures>

Test Parameter	Standard	Compaction		Unit	Ave. Obtained Value	Min.–Max. Values
		Type	Force			
Air voids	EN 12697-8	Gyratory	120 = N2	%	3.76	3.29–3.90
ITS	EN 12697-23	compactor		MPa	1.31	1.26–1.34
Marshall stability	EN 12697-34	Marshall hammer	75 (each face)	kN	12.91	12.23–13.73
Marshall flow					3.55	3.44–3.69

Property	Unit	Value	Standard
Penetration	0.1 mm	57	EN 1426
Softening point	°C	50.2	EN 1426
Fraass breaking point	°C	−10	EN 12593
Flash point	°C	>300	EN ISO 2592



Dopo 8 anni

Dense-Graded Base/Binder Course		Semi-Dense-Graded Surface Course	
Sieve (mm)	Passing (%)	Sieve (mm)	Passing (%)
16	100–100	16	100–100
14	100–100	14	100–91
12.5	75–100	12.5	-
10	70–95	10	55–86
6.3	50–70	6.3	35–57
4	35–60	4	-
2	25–45	2	24–31
1	18–30	0.5	15–23
0.25	8–18	0.25	12–20
0.063	5–8	0.063	9–13

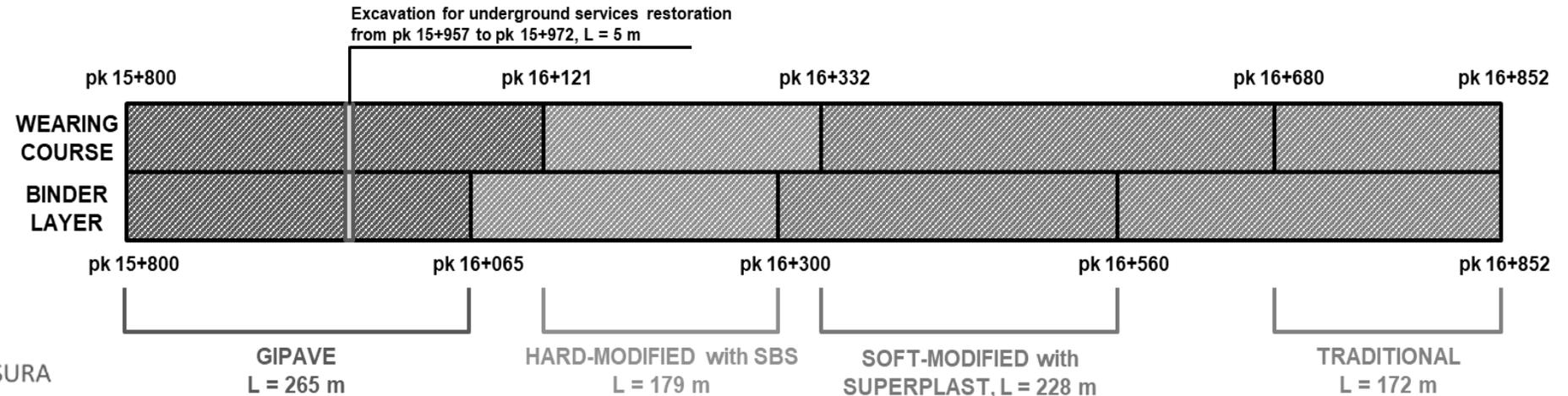
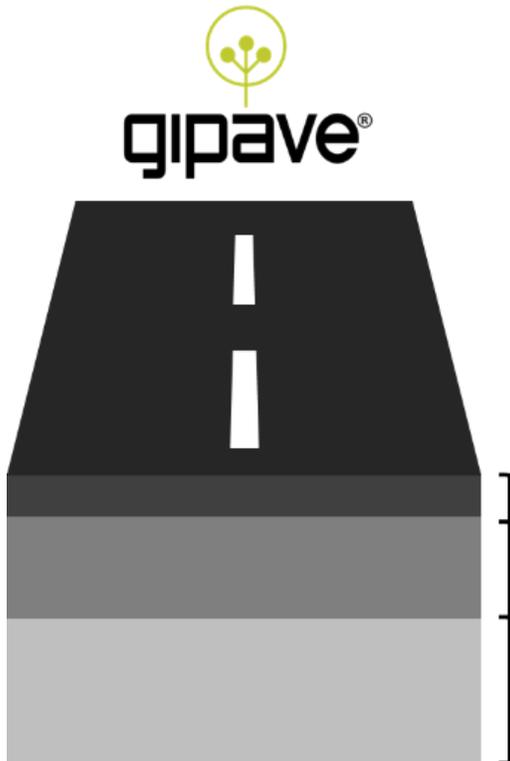


PAVIMENTAZIONE ANTI-CRACKING _S.P.3 ARDEATINA – ROMA

.... IN COLLABORAZIONE CON L'UNIVERSITÀ «LA SAPIENZA» DI ROMA

Verifica in situ del supermodificante con grafene per la prima volta al mondo

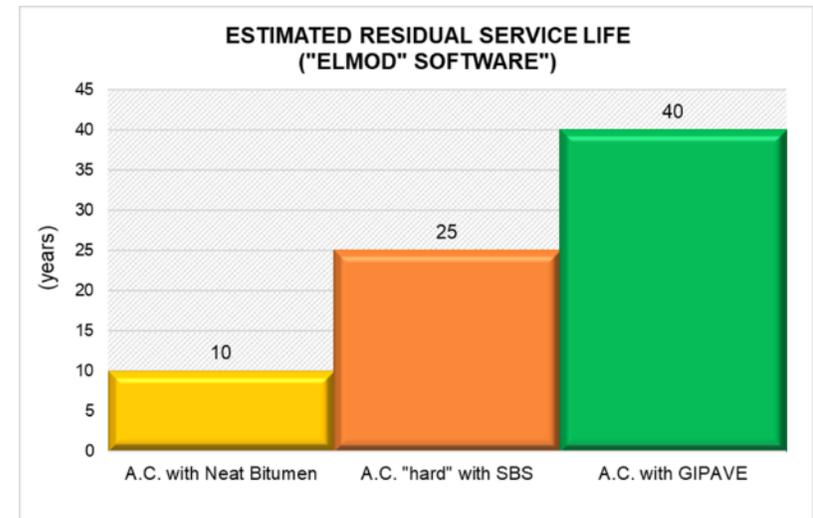
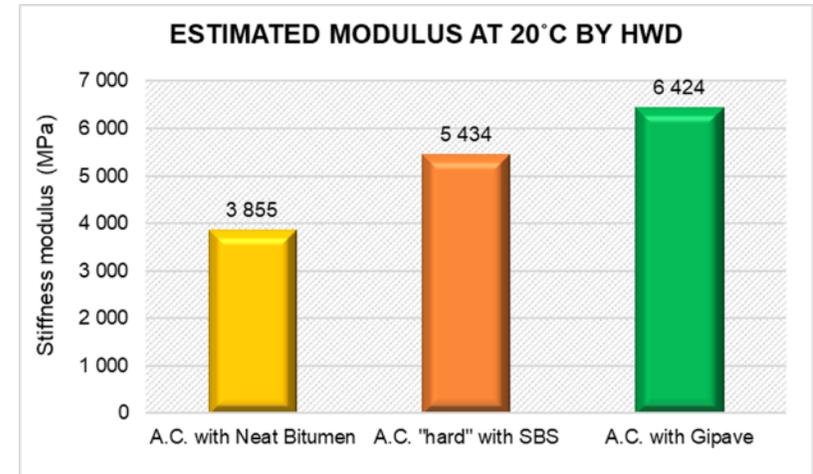
- Strato di usura → dense graded 0/10 con 30% RAP
- Strato di binder → dense graded 0/12,5 con 40% RAP



PAVIMENTAZIONE ANTI-CRACKING _S.P.3 ARDEATINA – ROMA

PROVE DI LABORATORIO – PRE & POST COSTRUZIONE

- Curve granulometriche
- Contenuto di bitume
- Contenuto di vuoti (Pressa Giratoria)
- Resistenza a trazione indiretta (ITS)
- Modulo di Rigidezza (ITSM)
- Deformazioni permanenti (Wheel Tracking)
- Resistenza a fatica
- Capacità portante (HWD)
- Aderenza pneumatico-pavimentazione (Skid Test)



PAVIMENTAZIONE ANTI-CRACKING _S.P.3 ARDEATINA – ROMA

GRS
geodesia restituzioni studi
REPORT EVALUATION MANAGEMENT
SYSTEM ENGINEERING METHODOLOGY

Destinatario:
Iterchimica Srl
Via G. Marconi, 21
24040 - Suisio (BG)
Attn. Fabrizio Monti

PRODOTTO: 180904 DATA: 01/11/18

GRS S.r.l.
Geodesia Restituzioni Studi

V.le Giuseppe Sirtori 56,
00149, ROMA

0039 06 96524491
0039 06 96524492
Info@grs.group.eu
www.grs10up.eu

P.IVA 09842211006
R.E.A. di Roma n.1192293
pec: grs-srl@legalmail.it

**Prove di portanza – FASE 2
Via Ardeatina**

Roma Città Metropolitana



2018

GRS
geodesia restituzioni studi
REPORT EVALUATION MANAGEMENT
SYSTEM ENGINEERING METHODOLOGY

Destinatario:
Iterchimica Srl
Via G. Marconi, 21
24040 - Suisio (BG)
Attn. Fabrizio Monti

Novembre 2019

**Prove di portanza – Fase 3
REPORT TECNICO**

"Via Ardeatina" - Roma Città Metropolitana



2019

GRS
geodesia restituzioni studi
REPORT EVALUATION MANAGEMENT
SYSTEM ENGINEERING METHODOLOGY

Destinatario:
Iterchimica Srl
Via G. Marconi, 21
24040 - Suisio (BG)
Attn. Fabrizio Monti

Novembre 2020

**Prove di portanza – Fase 4
REPORT TECNICO**

"Via Ardeatina" - Roma Città Metropolitana



2020

GRS
geodesia restituzioni studi
REPORT EVALUATION MANAGEMENT
SYSTEM ENGINEERING METHODOLOGY

Destinatario:
Iterchimica Srl
Via G. Marconi, 21
24040 - Suisio (BG)
Attn. Fabrizio Monti

Gennaio 2022

**Prove di portanza – Fase 5
REPORT TECNICO**

"Via Ardeatina" - Roma Città Metropolitana



2022

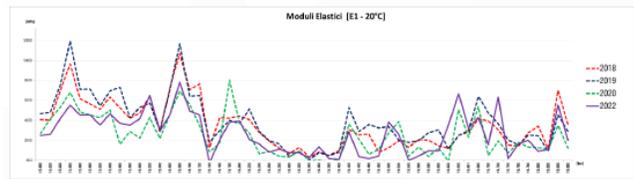


Grafico 3 - Confronto dei Moduli a 20°C

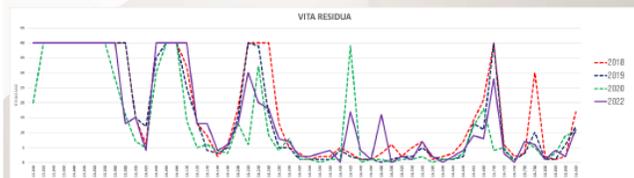


Grafico 4 - Confronto della Vita Residua a parità di traffico.



Grafico 5 – Confronto, in media, delle serie storiche divise per fasi di indagine.



PAVIMENTAZIONE ANTI-CRACKING _S.P.3 ARDEATINA – ROMA

IN FASE DI REALIZZAZIONE 9 KM DI STRADA CON LA TECNOLOGIA INNOVATIVA



Posa in opera
26/09/18



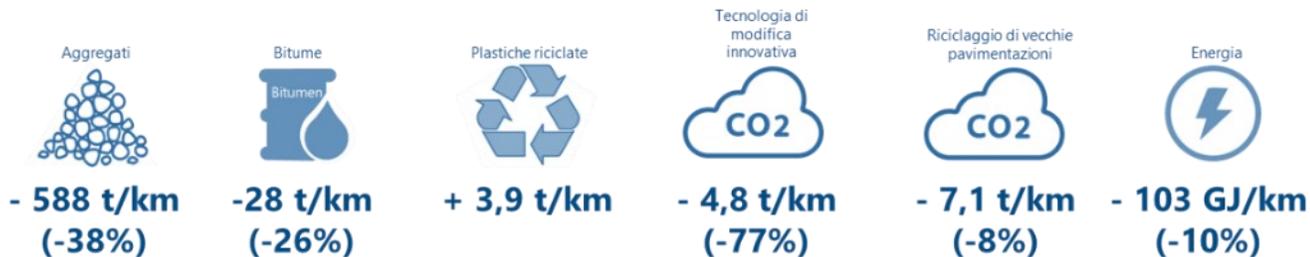
Dopo 10 mesi di traffico
16/07/2019



Dopo 22 mesi di traffico
01/07/2020



Dopo 36 mesi di traffico
23/09/2021

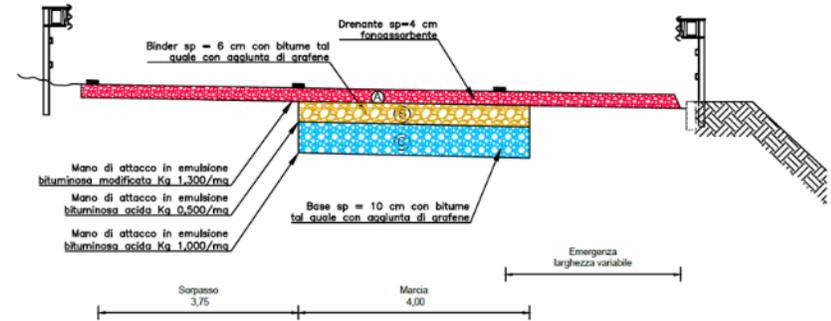


AUTOSTRADA A4 BRESCIA-PADOVA

.... in collaborazione con l'Università di Padova



Manutenzione straordinaria con conglomerati bituminosi additivati con supermodificante a base di grafene



Supermodificante a base di grafene per gli strati di:

- Binder con 30% di fresato rigenerato → 6 cm
- Base con 30% di fresato rigenerato → 10 cm

OBIETTIVI

Diminuire gli impatti ambientali

Aumentare la vita utile

Diminuire la manutenzione



**IN FASE DI
REALIZZAZIONE 5 KM
DI AUTOSTRADA CON
LA TECNOLOGIA
INNOVATIVA**

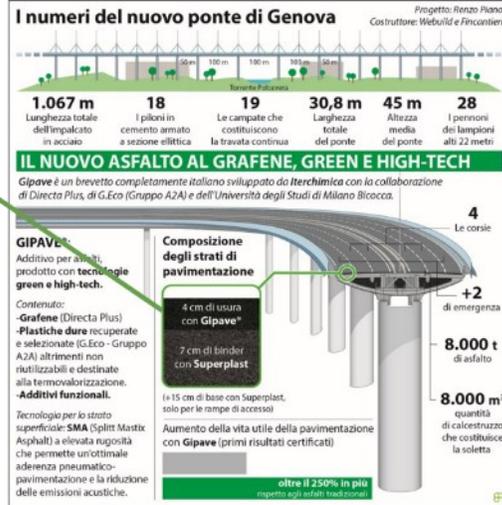


PONTE SAN GIORGIO DI GENOVA

Tecnologia per aumentare la vita utile e riciclare plastiche



(+15 cm di base con Superplast, solo per le rampe di accesso)



Tecnologia per il trasporto per molte ore, garantendo comunque la lavorabilità



Sino a 7 ore di trasporto, dovuto al traffico generato dalla costruzione del ponte



BENEFICI AMBIENTALI A FINE VITA UTILE*

1.067 m × 30 M × 4 CM Usura con 6% Gipave® (vs PMB)
 Stesso spessore, stessa vita utile



* I valori determinati derivano da analisi bibliografica e dal Progetto Ecopave (a disposizione su richiesta). Anche se i risultati sono indicativi, valori esaustivi potranno essere determinati esclusivamente attraverso un'analisi LCA dedicata al progetto in esame.



CITTÀ METROPOLITANA DI NAPOLI

Eco-sustainable Asphalt Mixtures Modified by PmA and PmB
an Industrial Ph.D.
Passion for Research with Iterchimica

from Iterchimica's Academic Collaborations



Plastomeric compounds vs. SBS PmB
Dry method vs. Wet method



Mix design Lab testing Trial section

Testing Plan

- Level of Tenacity
- Stiffness Modulus
- Moisture Susceptibility
- Resistance to Rutting
- Resistance to Crack Propagation
- Resistance to Fatigue Cracking

infoterchimica.it



Home Chi Siamo Sedi Universitarie Eventi News

I vincitori della 6° Edizione della SIIV Arena:

- ing. Fabrizio MIGLIETTA, Politecnico di Torino, premio per la Miglior attività sperimentale;
- ing. Nunzio VISCIONE, Università di Napoli Federico II, premio per il Migliore impatto tecnologico;
- ing. Leonardo URBANO, Politecnico di Torino, premio per la Migliore idea innovativa;
- ing. Cristina ORETO, Università di Napoli Federico II, premio per il Miglior approccio metodologico.



----- Messaggio inoltrato da em@editorialmanager.com -----

Data: 26 Aug 2022 09:01:24 -0400

Da: em@editorialmanager.com

Rispondi-A: support@elsevier.com

Oggetto: Decision on submission to Case Studies in Construction Materials

A: Nunzio Viscione <nunzio.viscione@unina.it>

CC: afonso.garcez91@gmail.com

Manuscript Number: CSCM-D-22-01190R2

A complete study on an asphalt mixture modified with graphene and waste hard-plastic: A case study

Dear P.Eng. Viscione,

Thank you for submitting your manuscript to Case Studies in Construction Materials.

I am pleased to inform you that your manuscript has been accepted for publication.

My comments, and any reviewer comments, are below.

Your accepted manuscript will now be transferred to our production department. We will create a proof which you will be asked additional information from you during the production process, we will contact you directly.

We appreciate you submitting your manuscript to Case Studies in Construction Materials and hope you will consider us again f

ORGANIZZAZIONE DI UN TRATTO SPERIMENTALE

64

STRADE REALIZZATE NEGLI ULTIMI 10 ANNI

COMPOUND
POLIMERICI
PER LA MODIFICA
DEI CB



6.000 KM

380.000 mq



COLORAZIONI

ITERCHIMICA®

38.000 KM

PAVIMENTAZIONI SOSTENIBILI
REALIZZATE E MANTENUTE
NEL MONDO

RIGENERANTI
PER HMA

2.000 KM



RIGENERANTI PER
TAPPABUCHE

100.000
Buche

CONCLUSIONI



R&D – UNIVERSITÀ sono
necessarie per il
processamento di nuove
formulazioni e l'ideazione
di nuove tecnologie?

CONCLUSIONI



R&D – UNIVERSITÀ sono
necessarie per il
processamento di nuove
formulazioni e l'ideazione
di nuove tecnologie?



CONCLUSIONI



Si possono
realizzare
pavimentazioni
sostenibili?

CONCLUSIONI



Si possono realizzare
pavimentazioni
sostenibili?



GRAZIE PER LA VOSTRA CORTESE ATTENZIONE

loretta.venturini@iterchimica.it