

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

EDILIZIA ED INFRASTRUTTURE VIARIE: progettare la sostenibilità

La nuova era delle modifiche ibride per pavimentazioni resistenti al traffico intenso e ai cambiamenti climatici

Piergiorgio Tataranni, PhD

La nuova era delle modifiche ibride: soluzioni avanzate per pavimentazioni resistenti al traffico intenso e al clima



«**Economia circolare**: modello economico fondato sulla radicale revisione dei processi di produzione e consumo attraverso la riproduzione di dinamiche quanto più possibile in accordo con i cicli naturali» cit. Treccani.

L'Economia circolare promuove:

- l'uso efficiente delle risorse;
- Il mantenimento più a lungo possibile delle risorse utilizzate nel ciclo produzione-consumo;
- L'avvio a riciclo e riuso della maggior parte dei beni altrimenti da smaltire in discarica.

La **durabilità è la forma più autentica di sostenibilità**, poiché allunga il ciclo di vita dei prodotti e riduce la necessità di nuove produzioni e sprechi di risorse.
La durabilità nelle **pavimentazioni stradali** è un parametro sempre più importante, considerando **l'aumento del traffico su gomma** e **l'inasprimento delle condizioni climatiche.**







La nuova era delle modifiche ibride: soluzioni avanzate per pavimentazioni resistenti al traffico intenso e al clima

La ricerca sta sempre più spingendo verso **tecnologie e materiali alternativi ed innovativi** per incrementare le performance delle pavimentazioni stradali.



Bitume modificato SBS

TECNOLOGIA PmB



Gipave® (Iterchimica)

TECNOLOGIA PmA



TECNOLOGIA PmB + PmA

La nuova era delle modifiche ibride: soluzioni avanzate per pavimentazioni resistenti al traffico intenso e al clima

Applicazione sperimentale sull'Autostrada A22 e confronto della tecnologia PmB + PmA rispetto alla classica tecnologia PmB



Bitume modificato SBS



Gipave®





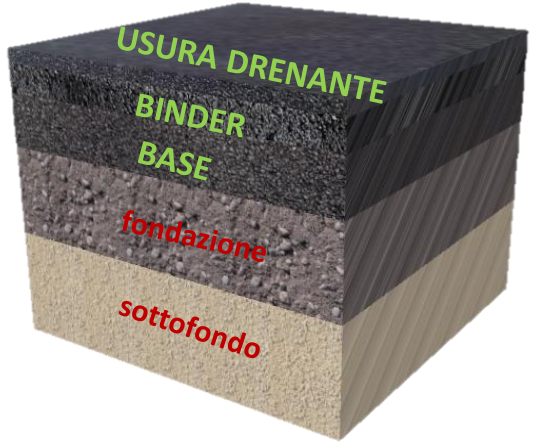
ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

La nuova era delle modifiche ibride: soluzioni avanzate per pavimentazioni resistenti al traffico intenso e al clima

PROGRAMMA SPERIMENTALE:

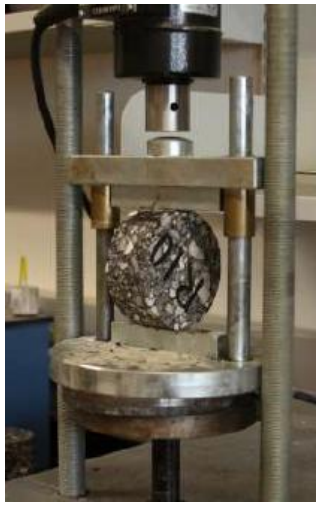
Test su materiale prelevato dalla vibrofinitrice:

1. Analisi granulometrica
2. Contenuto di bitume
3. Confezionamento dei provini
4. Caratterizzazione volumetrica della miscela
5. Determinazione della resistenza a trazione indiretta (ITS) a 25°C
6. Determinazione del Modulo di Rigidezza (ITSM) a 5, 20 e 30 °C
7. Resistenza all'ormaiamento tramite Hamburg Wheel Tracking test
8. Resistenza alla fatica (ITFT) per la sola miscela di binder.

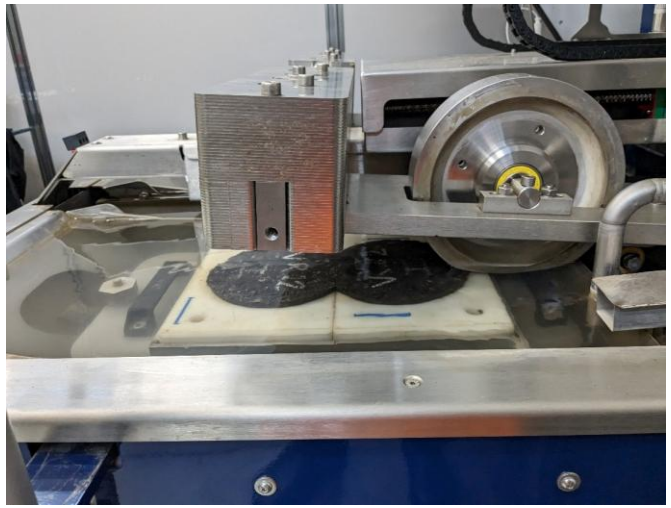


Test su carote estratte dalla pavimentazione:

1. Determinazione del contenuto di vuoti
2. Determinazione della resistenza a trazione indiretta (ITS) a 25°C
3. Determinazione del Modulo di Rigidezza (ITSM) a 20 °C







La nuova era delle modifiche ibride: soluzioni avanzate per pavimentazioni resistenti al traffico intenso e al clima

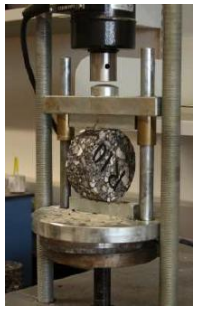
ANALISI DEI RISULTATI:

Analisi dei vuoti

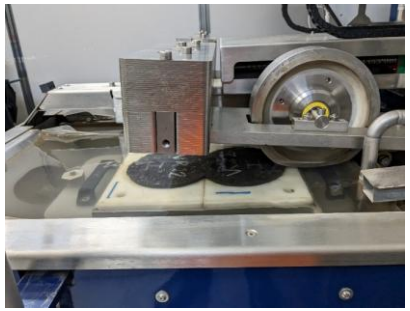
Miscela	Vuoti @ 10 giri (%)	Vuoti @ 100 giri (%)	Vuoti @ 180 giri (%)
Base Gipave	12,0	4,8	3,6
Base PmB	12,2	4,8	3,4
Binder Gipave	10,1	2,5	1,7
Binder PmB	10,1	2,6	1,5
Drenante Gipave	24,7	19,3	12,8
Drenante PmB	24,7	18,6	10,7

ITS a 25°C

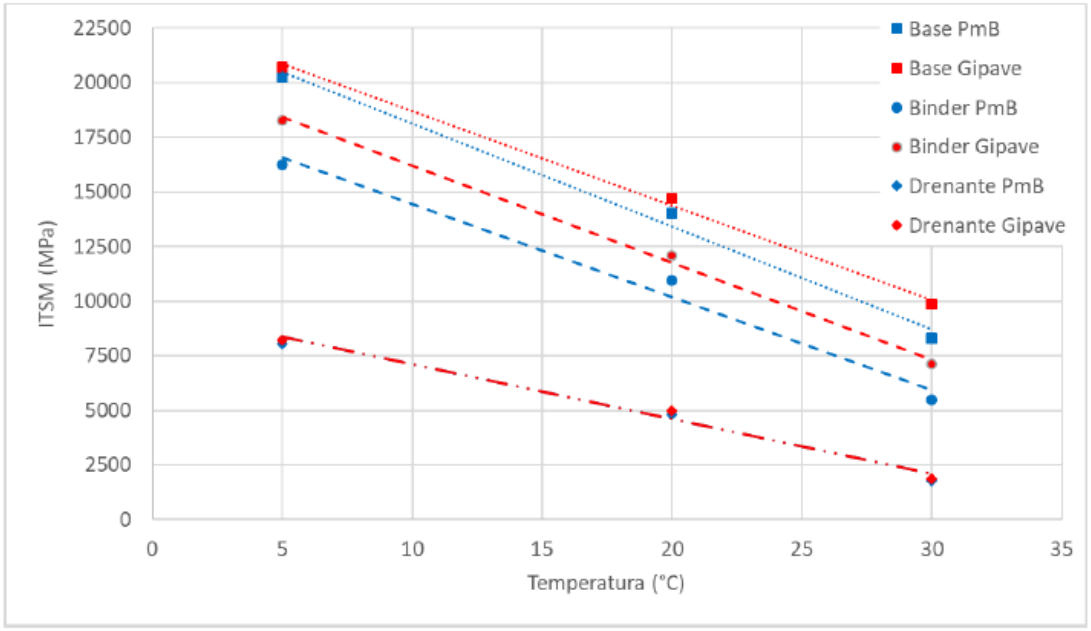
Miscela	ITS (MPa)
Base Gipave	2,05
Base PmB	1,90
Binder Gipave	2,31
Binder PmB	2,07
Drenante Gipave	0,92
Drenante PmB	0,83



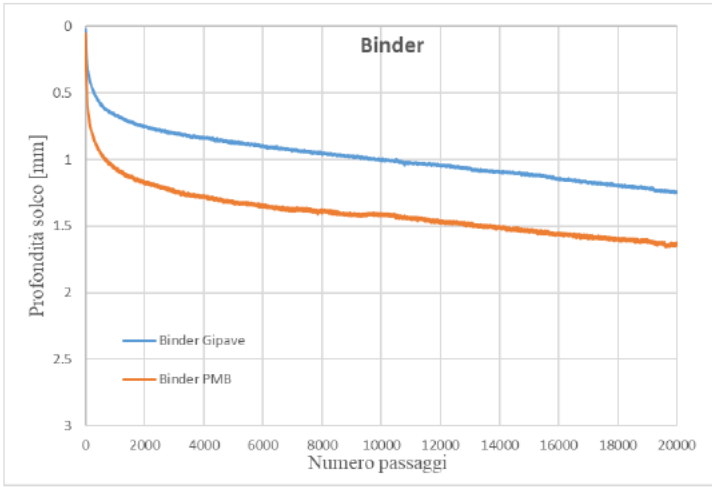


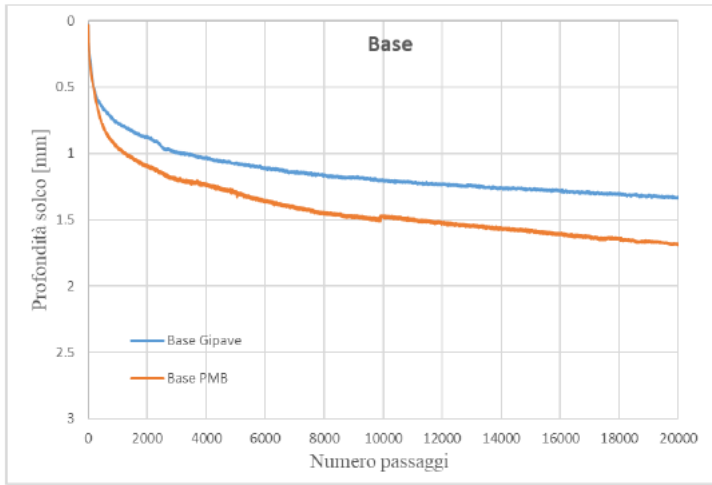


ITSM a 5, 20 e 30 °C



Hamburg Wheel Tracking test a 50°C in acqua

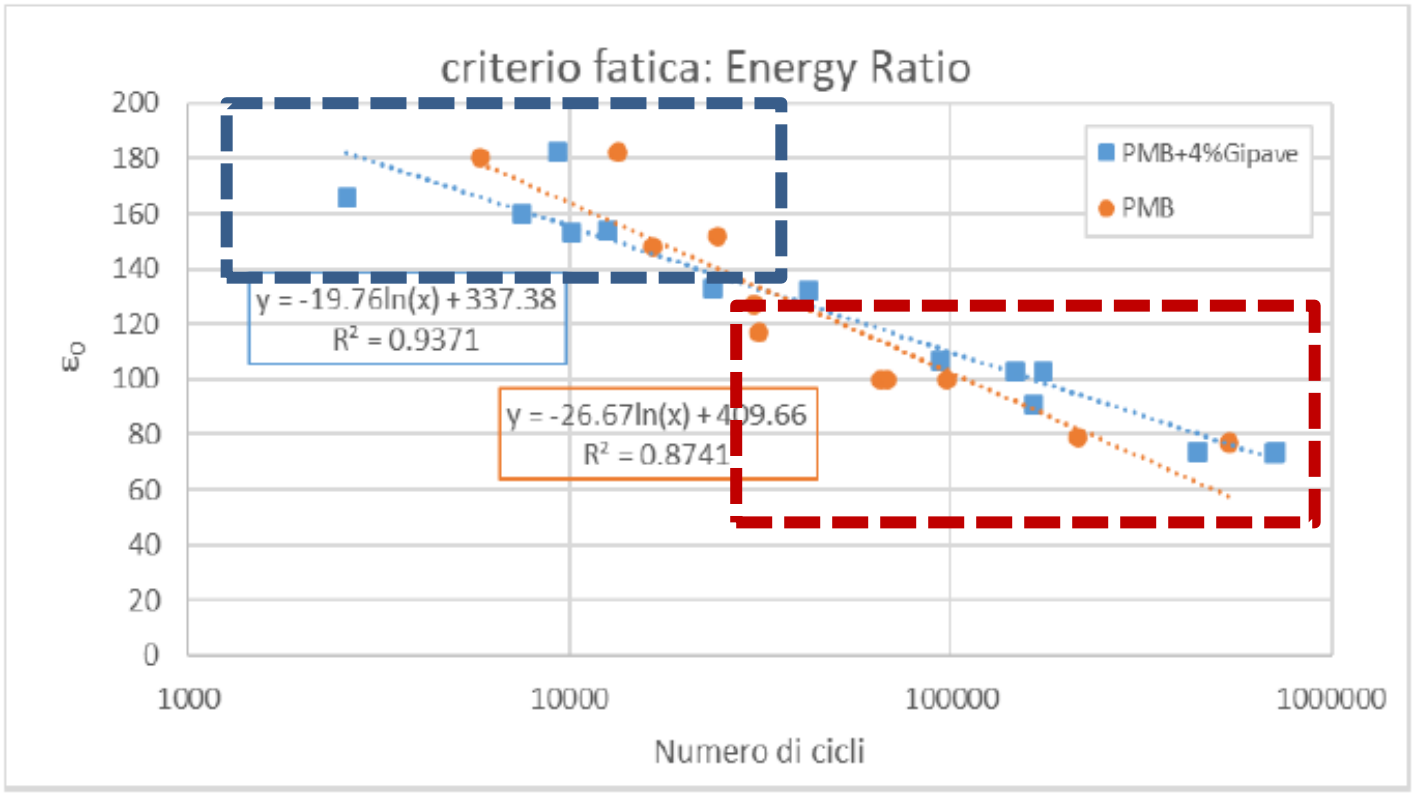




Non si evincono modifiche riguardo alla lavorabilità della miscela.
Si osserva un incremento generalizzato delle proprietà di coesione, rigidezza e resistenza all'ormaiamento.

La nuova era delle modifiche ibride: soluzioni avanzate per pavimentazioni resistenti al traffico intenso e al clima

Resistenza alla fatica ITFT (UNI EN 12697-24) per la miscela di binder





Intervallo di deformazione considerato: 70 – 200 µm/m

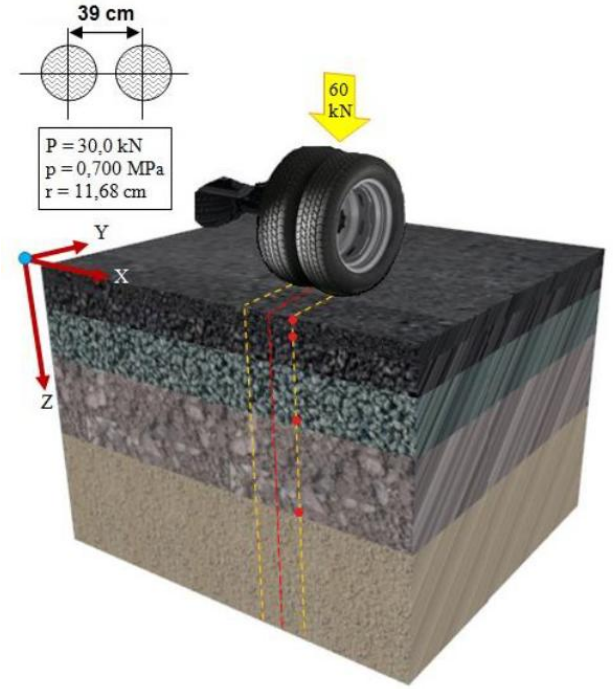
Alti livelli deformativi (> 140 µm/m), la miscela PmB sostiene un numero di cicli a rottura superiore.

Al di sotto dei 140 µm/m, e quindi per medi e bassi livelli deformativi, il comportamento delle miscele risulta invertito.

Nel calcolo del valore di ε_6 **(deformazione corrispondente a 10^6 cicli)**, è stato stimato **un incremento del 36% del livello deformativo necessario per portare a rottura il materiale**, rispetto alla miscela prodotta con solo bitume modificato.

La nuova era delle modifiche ibride: soluzioni avanzate per pavimentazioni resistenti al traffico intenso e al clima

SIMULAZIONE DELLA PAVIMENTAZIONE IN ESERCIZIO CON SOFTWARE DI MODELLAZIONE KENPAVE:
Per una più approfondita interpretazione scientifica dei dati di fatica, i risultati meccanici di caratterizzazione delle miscele ottenuti nel corso della sperimentazione, sono stati utilizzati per il calcolo statico del pacchetto stradale, secondo la stratigrafia utilizzata nei tratti sperimentali.



PACCHETTO 2						
	PMB+GIPAVE				Coeff. Poisson	Spessori [cm]
	Moduli a 2 Hz (MPa)					
	Inverno	Primavera	Estate	Autunno		
Drenante	9215	5102	708	4672	0.35	4
Binder	20333	12325	5761	11589		6
Base	22544	15059	8805	14365		16
Misto granul.	300				0.40	35
Sottofondo	150				0.40	-

	Pacchetto 2			
	INV	PRI	EST	AUT
Strato	ε	ε	ε	ε
Drenante	-	-	-	-
Binder	7,7	11,1	22,1	11,7
Base	35,5	49,0	76,8	50,9
Sottobase	-	-	-	-

La modellazione e calcolo statico della pavimentazione oggetto del campo prove ha permesso di calcolare il livello deformativo di trazione che i materiali subiscono in seguito al passaggio di un asse da 120 kN. Il valore più alto calcolato (76,8 με) **risulta essere prossimo ai livelli deformativi minimi adottati per la prova di resistenza a fatica (> 100 µm/m).**
Per tali livelli deformativi, la tecnologia PmB con aggiunta di **Gipave®** ha fatto registrare un numero maggiore di cicli a fatica, se confrontata con le miscele prodotte con solo PmB. Ciò può quindi indicare **performance ottimizzate delle miscele sperimentali in esercizio**, considerando i probabili livelli deformativi a cui saranno sottoposte dal passaggio del carico veicolare.

La nuova era delle modifiche ibride: soluzioni avanzate per pavimentazioni resistenti al traffico intenso e al clima

CONCLUSIONI

1. L'aggiunta di Gipave® al bitume modificato **non determina un peggioramento delle caratteristiche di lavorabilità e addensabilità della miscela**

2. **Il polimero favorisce lo sviluppo delle caratteristiche meccaniche di coesione e rigidezza**

3. I test di fatica hanno evidenziato **un comportamento diverso** rispetto alla miscela con solo PmB, con minore durabilità ai livelli deformativi alti (tra quelli analizzati) e maggiore a quelli medio-bassi.

4. Il calcolo statico al multistrato elastico delle pavimentazioni stradali adottate nei campi prova ha permesso di determinare analiticamente l'insorgere di uno **stato deformativo di trazione negli strati di binder e base prossimo ai bassi livelli deformativi adottati delle prove cicliche di trazione indiretta**. In corrispondenza dei livelli deformativi così determinati, **la miscela sperimentale contenente Gipave® fa registrare un numero di cicli a rottura superiore** a quanto ottenuto per la miscela con solo PmB.



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Piergiorgio Tataranni, PhD
piergiorg.tataranni2@unibo.it

Department of Civil, Chemical, Environmental and Material Engineering
DICAM