Caratterizzazione meccanica di miscele bituminose contenenti polimeri di addizione

Ing. Edgardo Menegatti
Petroli Firenze SpA
Responsabile Impianto PMB di Mantova
e.menegatti@petrolifirenze.it

Ing. Francesco Santoro
Bitem srl
Responsabile Laboratorio - Modena
f.santoro@bitemsrl.com

Bitumi Modificati e Conglomerati Migliorati

L'utilizzo di polimeri e/o additivi nel processo di produzione dei conglomerati avviene principalmente intervenendo con due metodologie distinte:

- Preparazione del legante (bitume+polimero) e successiva produzione del conglomerato (legante+inerti); metodo generalmente definito «**WET**»
- Oppure produzione in un'unica fase del bitume+polimero+inerti: metodo definito «**DRY**»

La metodologia DRY coinvolge solo il produttore di conglomerati e quindi appare più veloce e semplice

Il metodo WET può anche essere realizzato in impianti di produzione di conglomerati.

La produzione di «**bitumi modificati con elastomeri**» (di cui alla EN14023) é «WET» ?

Caratterizzazione meccanica di miscele bituminose contenenti polimeri di addizione

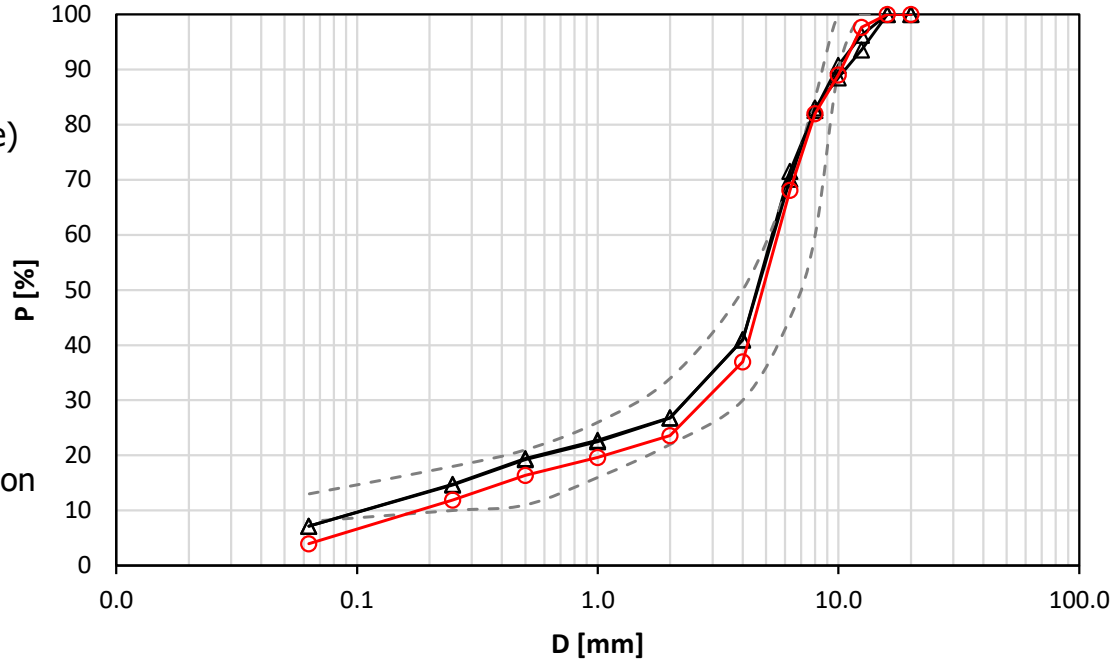
Confronto delle caratteristiche volumetriche e meccaniche di una miscela bituminosa realizzata con bitume modificato con SBS con una analoga miscela contenente plastomeri di addizione e prodotta con tecnologia "dry"

Studio in collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture (DIATI) del Politecnico di Torino, Prof. Davide DALMAZZO

- valutazione di due miscele nelle caratteristiche compositive
  - percentuale di legante
  - distribuzione granulometrica degli aggregati estratti
  - massa volumica degli aggregati
  - volumetria (% vuoti, vuoti nella miscela degli aggregati, vuoti riempiti di bitume)
  - curve di addensamento

- 3 scenari di condizionamento
  - A: invecchiamento a breve termine
  - B: invecchiamento a lungo termine
  - C: cicli di gelo e disgelo

- Analisi:
  - Comportamento viscoelastico lineare: modulo complesso E*, angolo di fase δ, con curve maestre;
  - Resistenza alla rottura per trazione indiretta, prova ITS;
  - Resistenza alla perdita di particelle (prova Cantabro)

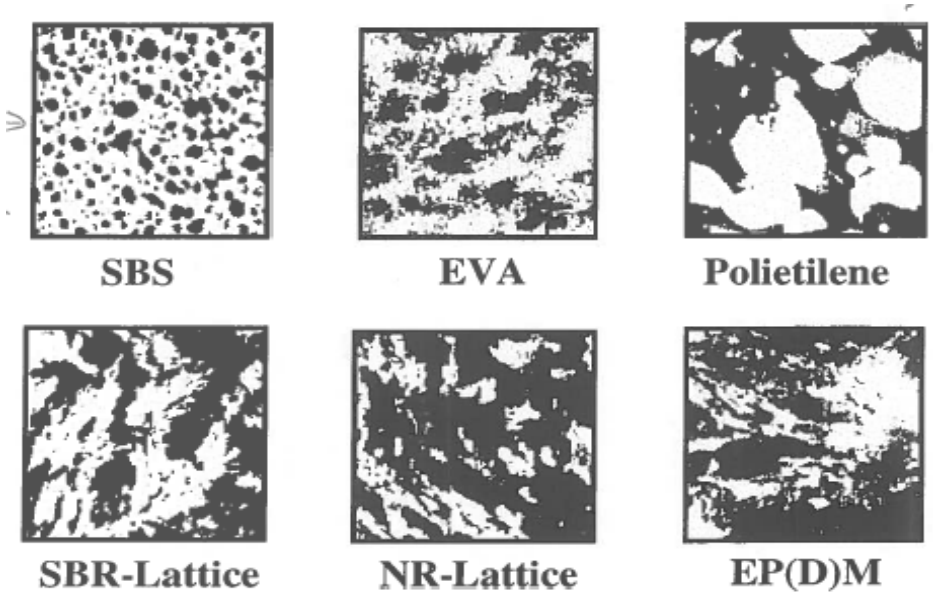


Caratterizzazione meccanica di miscele bituminose contenenti polimeri di addizione

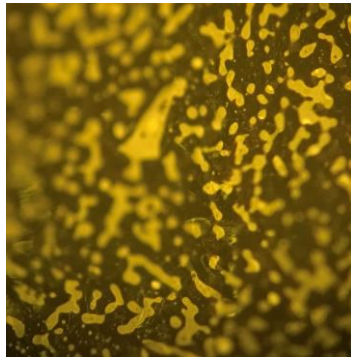
Plastomeri ed Elastomeri

I **polimeri termoplastici plastomerici** non modificano in maniera significativa la risposta elastica del bitume ma ne determinano un sostanziale **irrigidimento ed incremento della sollecitazione a rottura** (maggiore deformazione permanente a rottura).
I principali plastomeri sono: EVA (etil-vinil-acetato), PE (polietilene), PP (polipropilene), EMA (etilene-metilacrilato).

I **polimeri termoplastici elastomerici** determinano un **miglioramento del comportamento elastico e duttile** della miscela finale con conseguente incremento della deformazione, della sollecitazione a rottura e della resistenza a carici ciclici.
I principali elastomeri sono: **SBS** (stirene-butadiene-stirene), SIS (stirene-isoprene-stirene) e SEBS (stirene-etilene/butadiene-stirene).



	Modifica	Densità [kg/cm3]	Melting point [°C]	Melt Flow Index
PMB «WET»	SBS	940	>200 °C	**@190 <1 g**
DRY	EVA/LDPE	910 – 965	110-130 °C	**@150 - 0,52g**

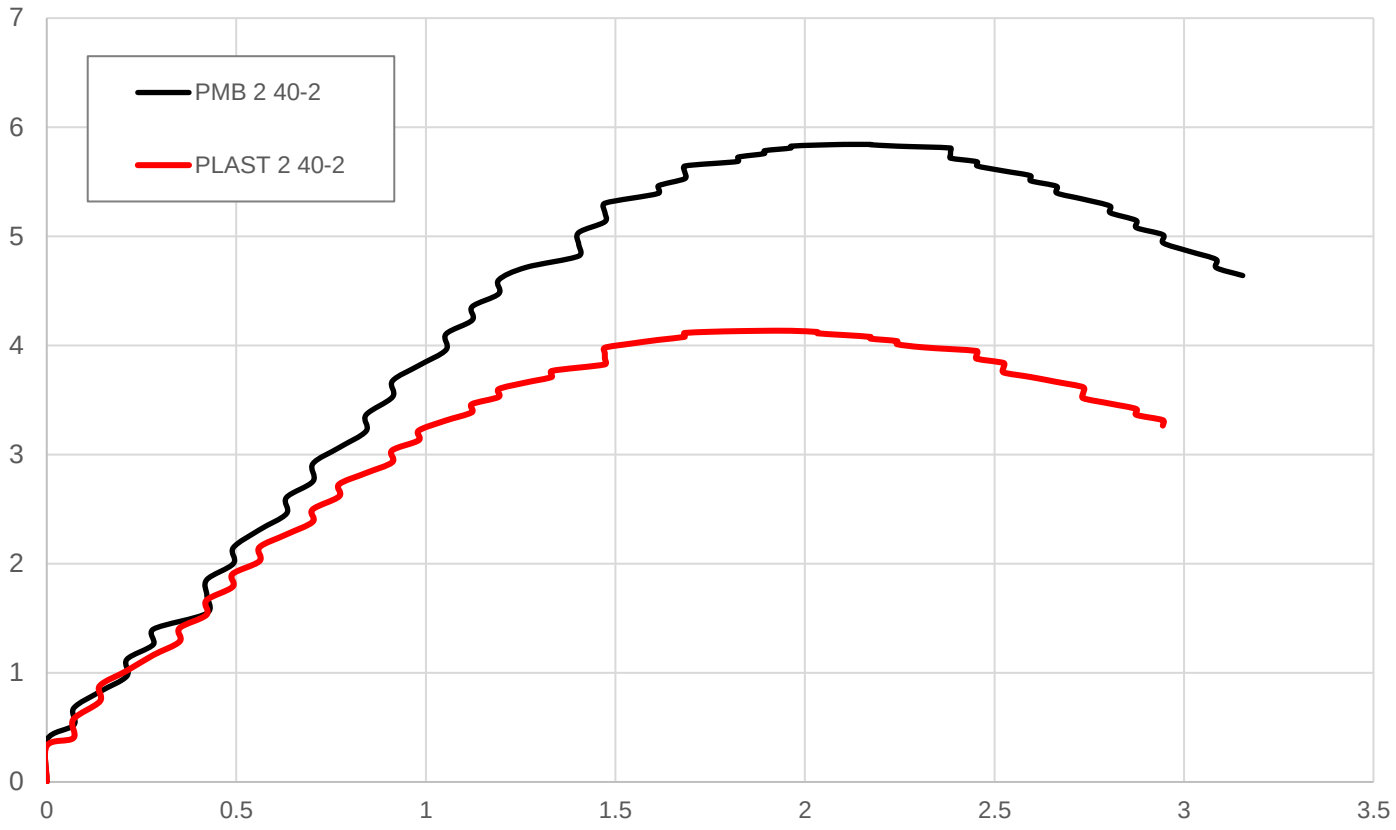


Caratterizzazione meccanica di miscele bituminose contenenti polimeri di addizione

RTI@40 °C (v = 50 mm/min)

PMB	RTI (MPa)	CTI (MPa)
Media	0,56	42

DRY	RTI (MPa)	CTI (MPa)
Media	0,38	32



- Curve analoghe
- Maggiori prestazioni SBS
- Maggiore rigidezza del SBS (Melt.P.)

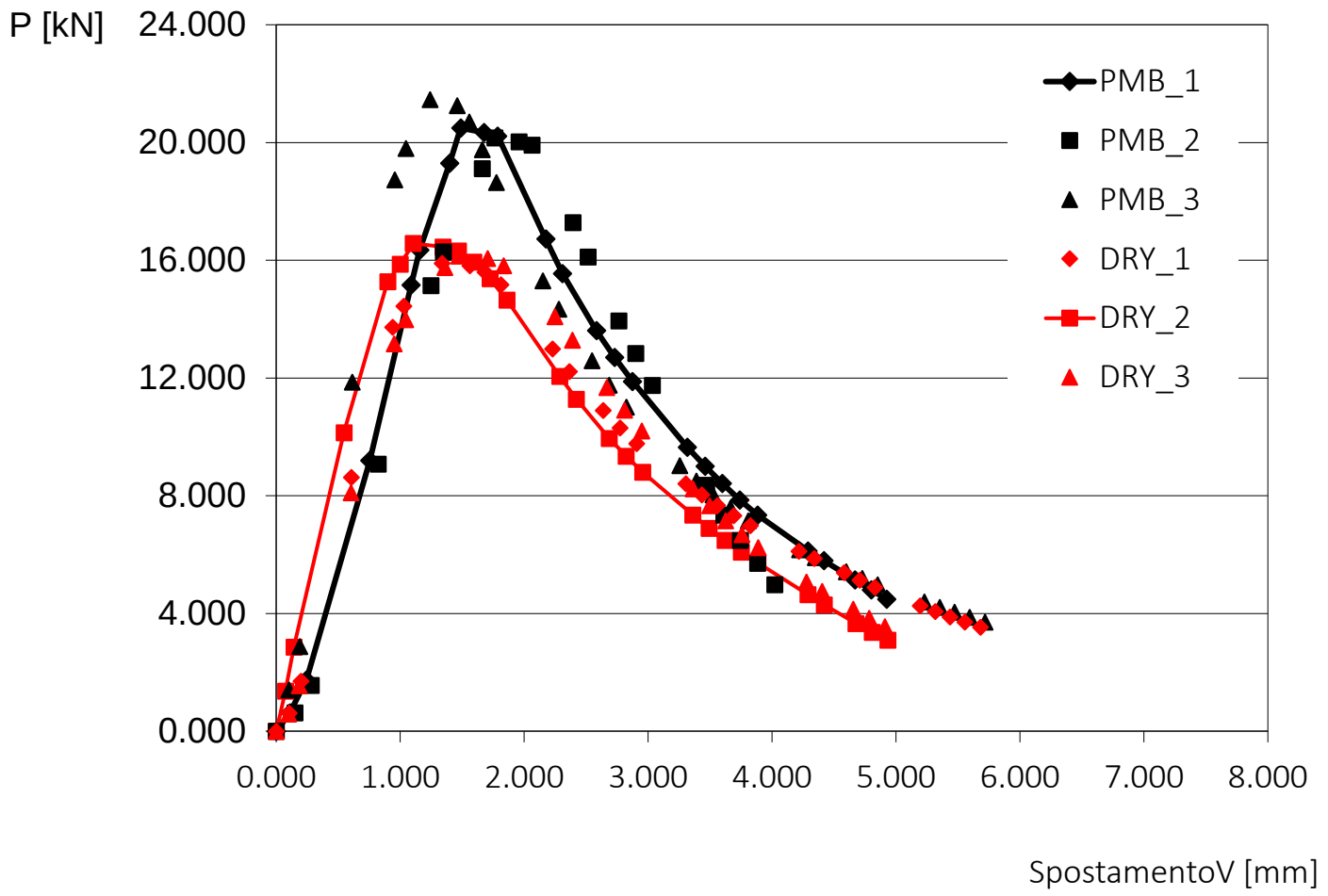
Caratterizzazione meccanica di miscele bituminose contenenti polimeri di addizione

RTI@25 °C (N_{240})

PMB	RTI	CTI
	(MPa)	(MPa)
Media	1.85	199.09

DRY	RTI	CTI
	(MPa)	(MPa)
Media	1.47	179.31

- Irrigidimento del plastomero (Melt.P)
- Maggiore resistenza SBS
- Analogo comportamento elasto-plastico



Caratterizzazione meccanica di miscele bituminose contenenti polimeri di addizione

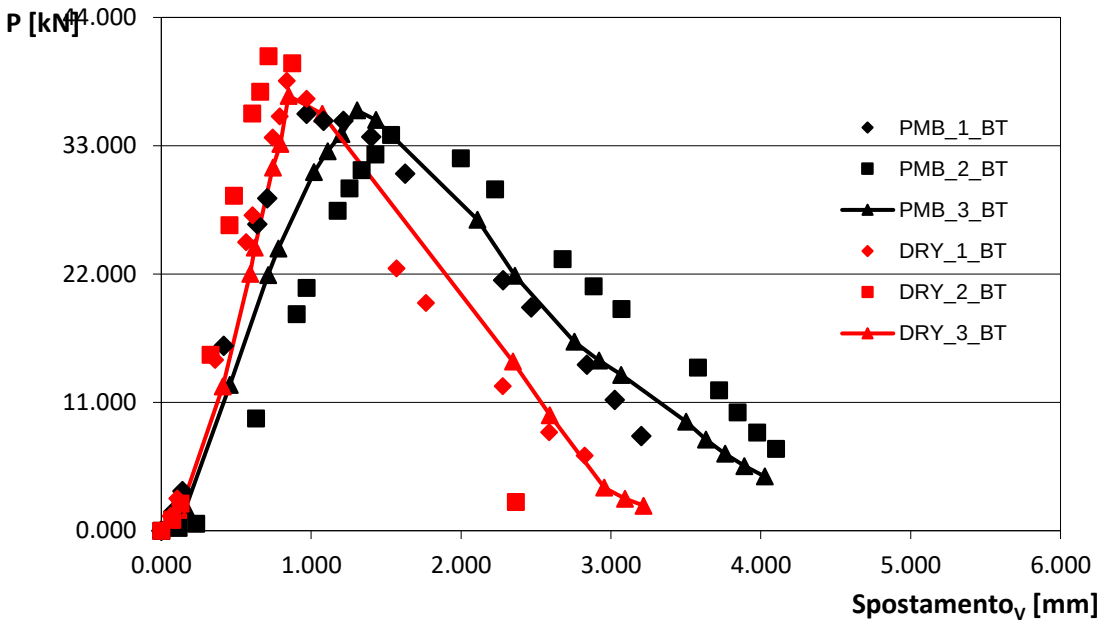
RTI@10 °C (v = 50 mm/min) – BT

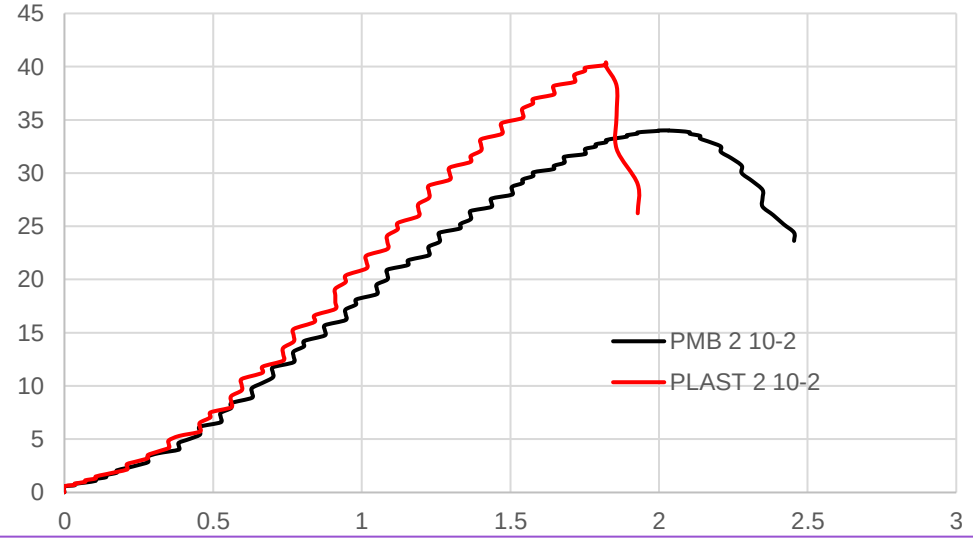
Invecchiamenro a Breve Termine

PMB	RTI	CTI
	(MPa)	(MPa)
Media	3.19	410.58

DRY	RTI	CTI
	(MPa)	(MPa)
Media	3.53	698.20

- Irrigidimento del DRY
- Aumento della resistenza del DRY rispetto al SBS
- Comportamento fragile del DRY -> fragile





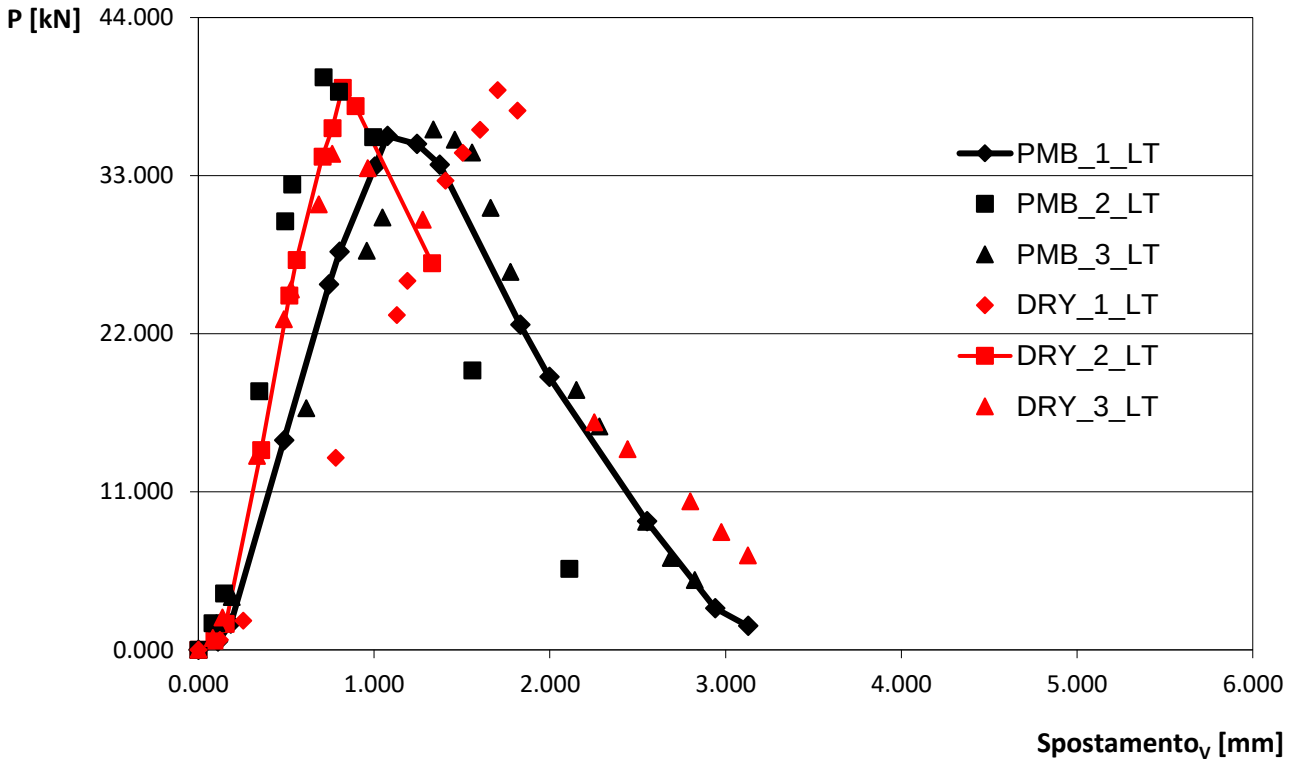
Caratterizzazione meccanica di miscele bituminose contenenti polimeri di addizione

RTI@10 °C (v = 50 mm/min) – LT

INVECCHIAMENTO A LUNGO TERMINE (AASHTO R30)

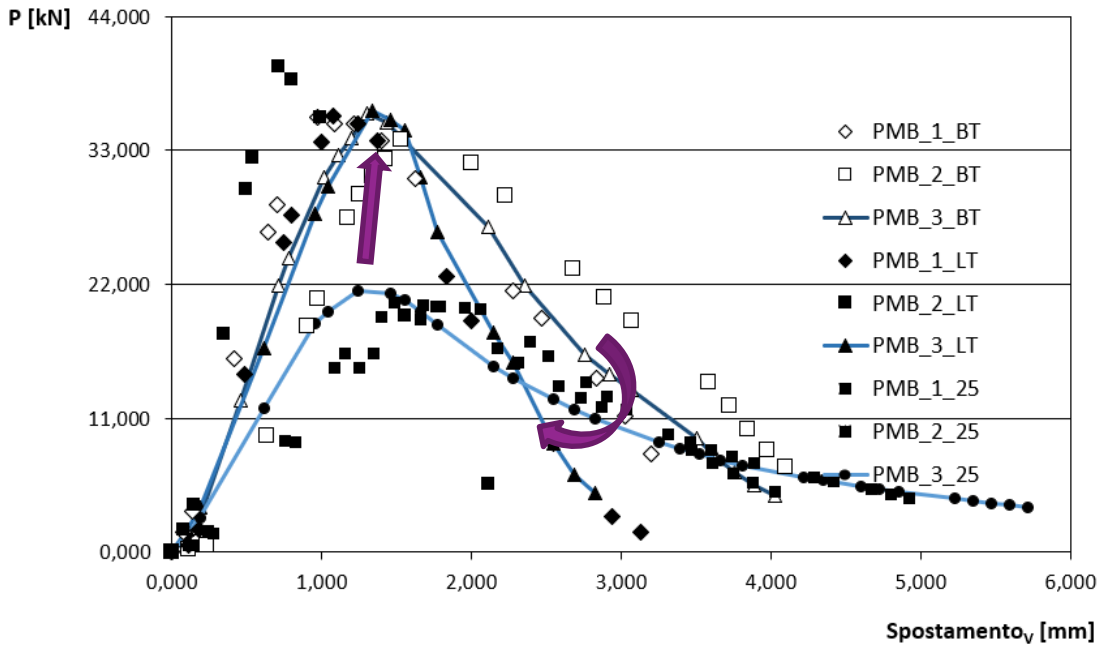
PMB	RTI	CTI
	(MPa)	(MPa)
Media	3.39	553.80

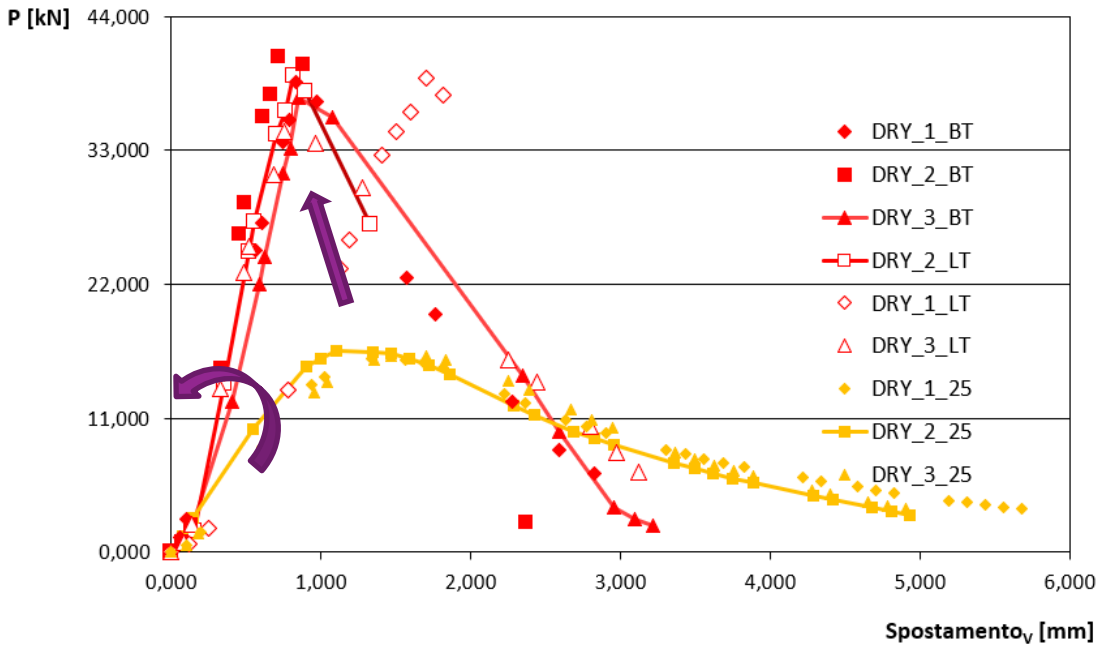
DRY	RTI	CTI
	(MPa)	(MPa)
Media	3.41	551.25



- Valori molto dispersi
- Irrigidimento del DRY
- Aumento della resistenza del DRY rispetto al SBS
- Comportamento fragile del DRY -> fragile

Caratterizzazione meccanica di miscele bituminose contenenti polimeri di addizione





- SBS riduce la fase post-rottura, ma rimane significativa
- Irrigidimento del DRY
- Comportamento fragile del DRY -> fragile

Caratterizzazione meccanica di miscele bituminose contenenti polimeri di addizione

World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium 2016 Performance Evaluation of Asphalt Concrete Modified by Polyolefins Through Dry and Wet Process

Fabrizio Cardone, Francesca Frigio, Maurizio Bocci

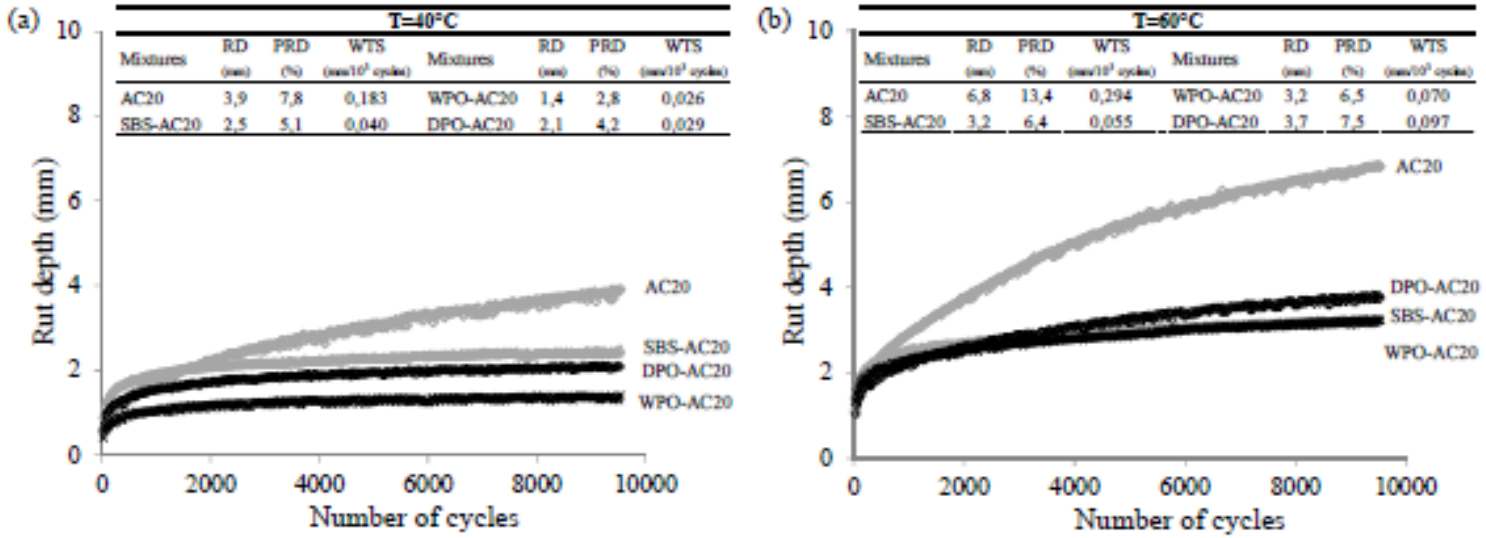
Polythenic University of Marche, via Brecce Bianche, 60131, Ancona, ITALY.

Ormaiamento

- @40: SBS = Dry-PO > Wet-PO = SBS
- @60: Dry-PO > Wet-PO = SBS

Fessurazione @10°

- $K_{DryPO} = K_{WetPO} > K_{SBS}$
- $G_{1,DryPO} = G_{1,WetPO} = G_{1,SBS}$
- $G_{2,DryPO} < G_{2,WetPO} > G_{2,SBS}$



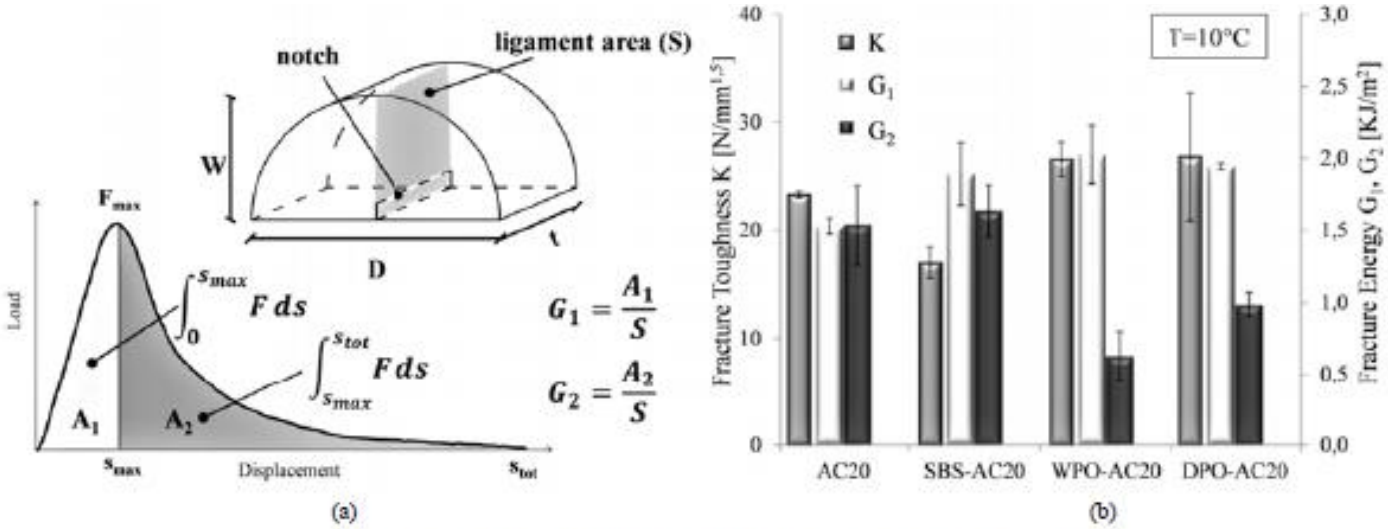


Fig. 2. SCB test parameters (a) and mean results in terms of K, G1 and G2 (b).

Caratterizzazione meccanica di miscele bituminose contenenti polimeri di addizione

La modifica elastomerica del bitume

- maggiore adesione e coesione;
- maggiore elasticità, minori deformazioni permanenti;
- maggiore flessibilità, miglioramento del comportamento a fatica;
- maggiore resistenza alle fessurazioni termiche
- minor invecchiamento (**3x vita utile**)
- Non invecchiamento della matrice polimerica

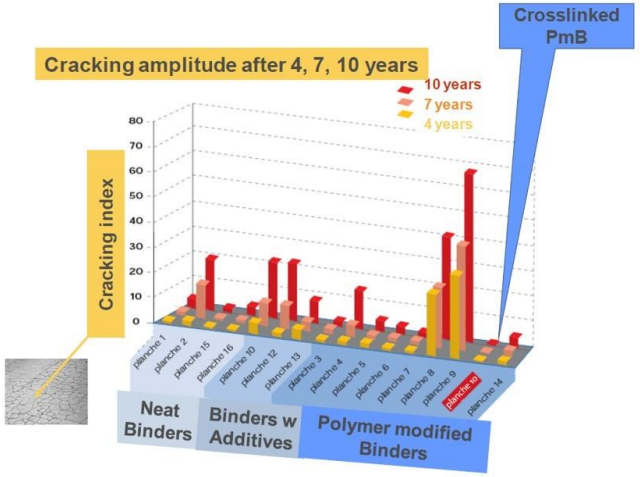


FIGURE 2 Cracking amplitude of the different test section after 4, 7 and 10 years [4].

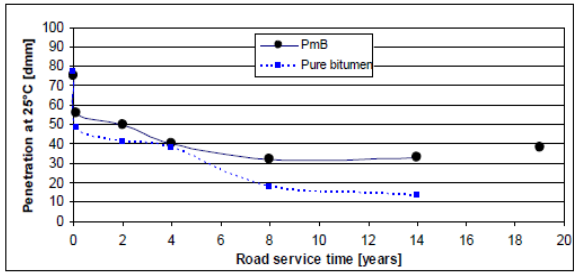


FIGURE 3 Evolution of Penetration at 25 °C during road service time.

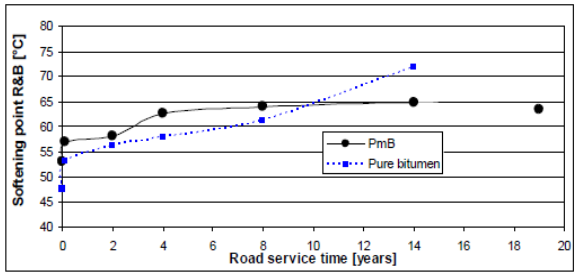


FIGURE 4 Evolution of R&B Softening point during road service time.

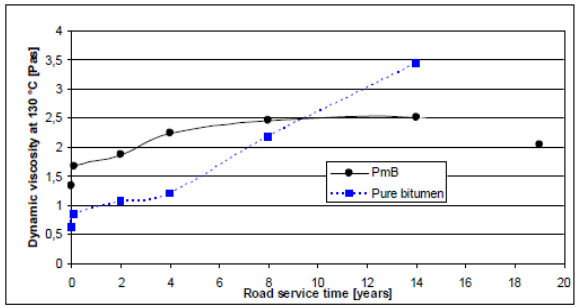


FIGURE 5 Evolution of dynamic viscosity during road service time

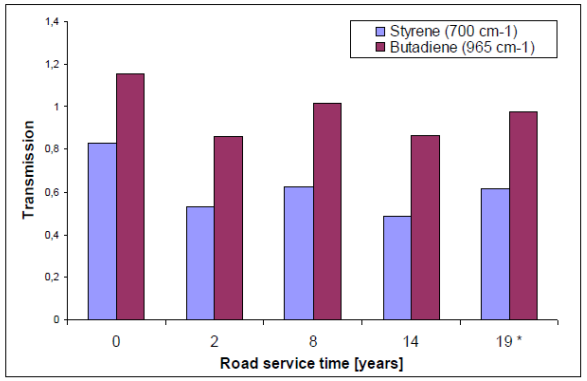


FIGURE 8 Evolution of polymer content

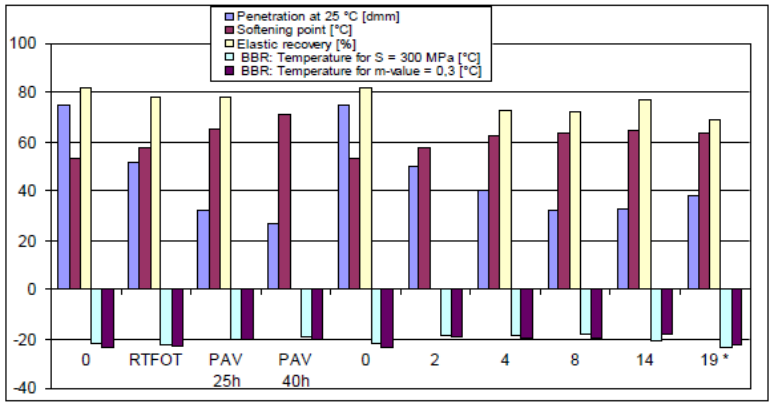
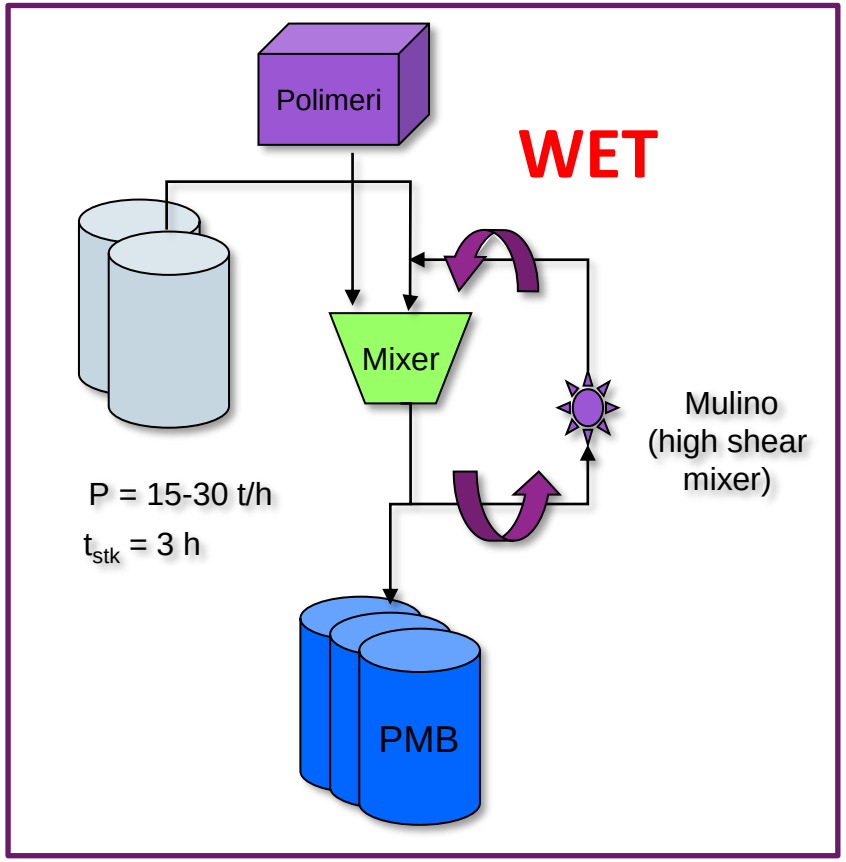


FIGURE 10 Comparison of PmB performances in laboratory and field aging.

Comparison of conventional and polymer modified bitumen: Durability in laboratory and field experience - Dr. Pankaj Kumar Jain, TOTAL Vinergy Bitumen India Pvt Ltd; Dr. S. Dreessen - TOTAL RM, Centre de recherche de Solaize (CreS); T. Gallet TOTAL RM, Centre de recherche de Solaize (CreS); M. Pittet - Laboratory of traffic facilities - Ecole polytechnique fédérale de Lausanne; Prof. AG. Dumont - Laboratory of traffic facilities - Ecole polytechnique fédérale de Lausanne

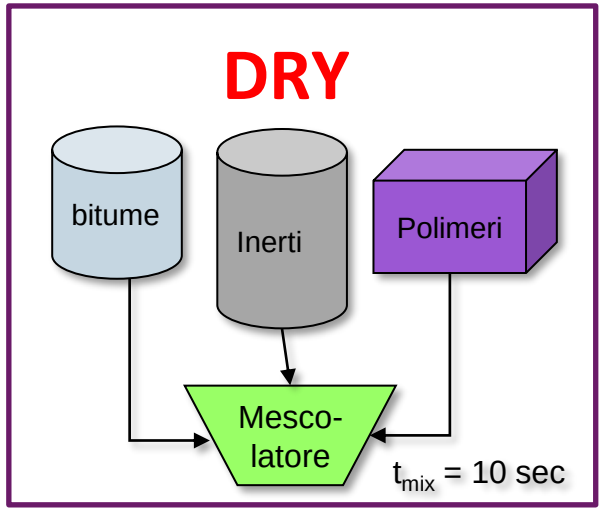
Caratterizzazione meccanica di miscele bituminose contenenti polimeri di addizione

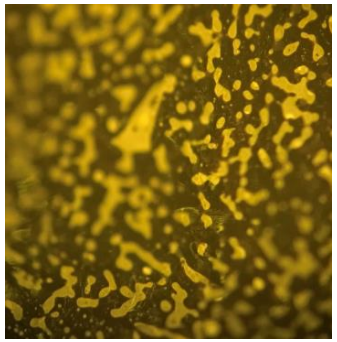
Modifica Elastomerica – SBS – WET vs DRY

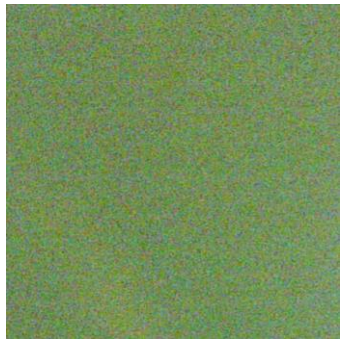


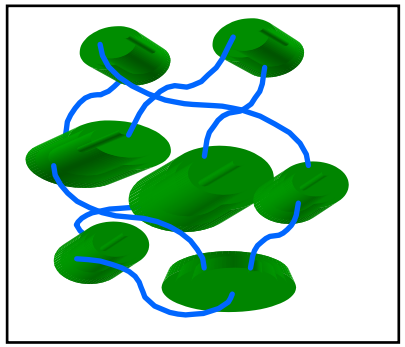
R = f(bit; sbs; E)

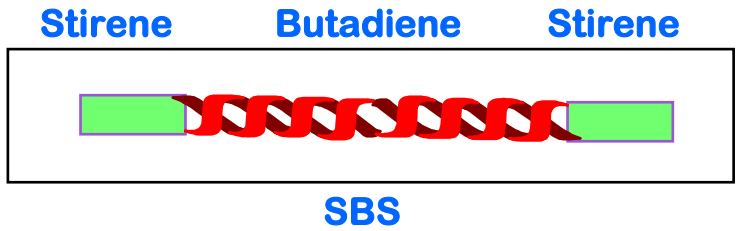
Bit = f_1(sa, ar, re, as)
sbs = f_2(str; s/b; visc; CE; …)
E = f_3(T, t, ef)











Caratterizzazione meccanica di miscele bituminose contenenti polimeri di addizione

CONCLUSIOMI

La scelta della modifica giusta

- Plastomero -> rigidezza -> modulo
- Elastomero -> elasticità/plasticità -> resitenza/durata

La scelta del metodo

- DRY semplice, ma meno efficace
- Dubbi di applicabilità del DRY per Elastomeri

Bitumi Modificati e Sostenibilità

- Storicità dei risultati e quantità di studi (> 30 anni)
- Controllati, normati e certificati (EN1402)
- Tante soluzioni possibili (duri, basso-viscosi, alto-viscosi, alta-lavorabili, warm-mix, …)
- Aumento di vita utile (minor ricambio / aumento standard qualitativo)
- Poco invecchiamento = alta riciclabilità