

La strada giusta per la durabilità

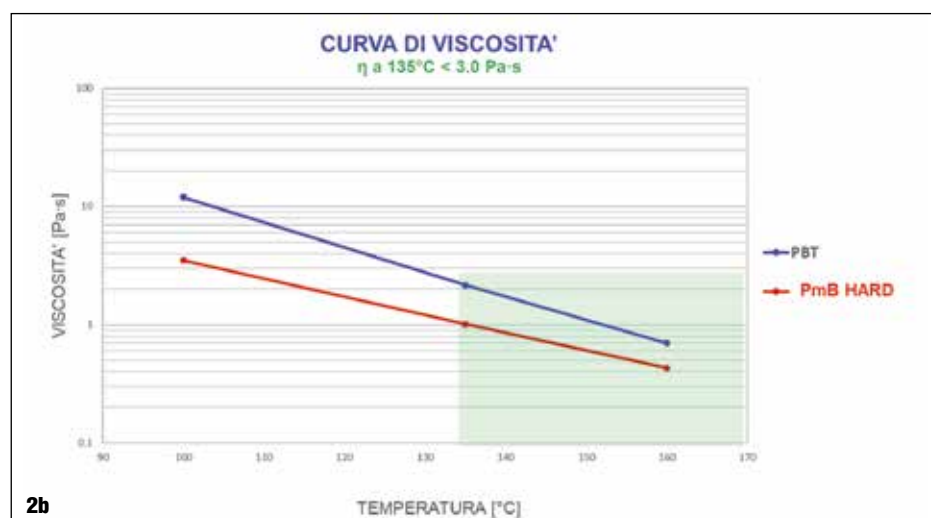
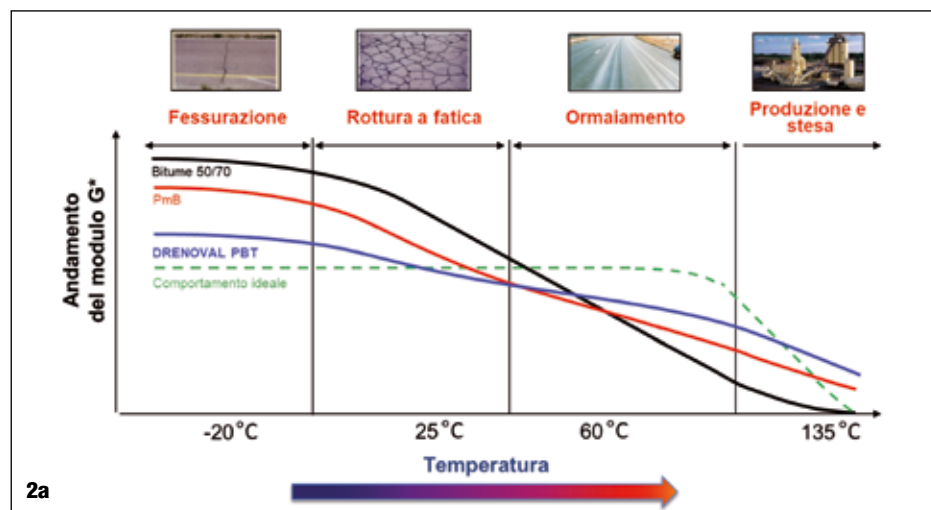
APPROFONDIAMO CARATTERISTICHE E PRESTAZIONI DI DRENOVAL PBT (“PERPETUAL BINDER TECHNOLOGY”), IL NUOVO BITUME MODIFICATO PRESENTATO AD ASPHALTICA DA VALLI ZABBAN CHE AUMENTA LA VITA UTILE DELLE PAVIMENTAZIONI. IL BITUME, SVILUPPATO SEGUENDO LA METODOLOGIA *SUPERPAVE*, SI CONTRADDISTINGUE PER UN’ELEVATA COMPONENTE ELASTICA CHE BLOCCA LE MICROFESSURAZIONI ALLE BASSE TEMPERATURE, AUMENTA LA RESISTENZA A FATICA A QUELLE INTERMEDIE E SCONGIURA LE DEFORMAZIONI A QUELLE ALTE.

La sostenibilità nella costruzione di una pavimentazione stradale è uno dei fattori chiave che influenzano l’ambiente globale, l’economia e il futuro sviluppo sociale. La sostenibilità di una pavimentazione stradale dipende necessariamente dalla sua durata e dagli interventi programmati per la sua manutenzione nel corso della sua

vita utile. È pertanto necessario garantire una maggiore durata dell’efficienza stradale tenendo conto dell’evoluzione dei fenomeni di fatica, deformazioni e perdita di funzionalità in relazione alle condizioni climatiche e di traffico a cui l’opera è sottoposta. In questo contesto gioca un ruolo fondamentale il legante bituminoso, che deve essere in

**1. Particolare di
 pavimentazione realizzata
 con Drenoval PBT**





2a. Confronto Drenoval PBT, PmB e bitume tradizionale

2b. Curva di viscosità

3, 4. Invecchiamento a breve termine (prova RTFOT)

grado di garantire prestazioni superiori rispetto ai tradizionali bitumi modificati (PmB). Per raggiungere l'obiettivo il laboratorio R&D di Valli Zabban ha messo a punto un nuovo bitume modificato con un'elevata componente elastica al fine di:

- bloccare le microfessurazioni che si generano alle basse temperature con il passaggio del traffico ed evitare così che si propaghino nel conglomerato fino alla formazione della fessura;
- aumentare la resistenza a fatica alle temperature intermedie;
- resistere senza deformarsi alle alte temperature.

Il nuovo bitume modificato è stato denominato Drenoval

L'autore

MASSIMO PAOLINI, Direttore Tecnico Settore Tecnologie Stradali di Valli Zabban (Gruppo Tonon), è responsabile dello stabilimento e del laboratorio centrale di Bologna. Specialista riconosciuto in materia di ricerca, sviluppo e progettazione di bitumi, bitumi modificati ed emulsioni bituminose, è autore di pubblicazioni tecnico-scientifiche sui temi della chimica industriale e relatore nell'ambito di conferenze di settore.



PBT dove PBT è l'acronimo di *Perpetual Binder Technology* proprio a indicare il contributo dato dal legante all'aumento della vita utile della pavimentazione. La ricerca e lo sviluppo del nuovo legante sono stati condotti avvalendosi di uno dei più completi approcci per la valutazione di un legante, ovvero la metodologia Superpave. In fase di studio è stato valutato il comportamento visco-elastico alle varie temperature di un bitume modificato di tipo Hard tradizionale per cercare con il nuovo legante Drenoval PBT di migliorarne le prestazioni.

La caratteristica imprescindibile di cui si è tenuto conto al momento di formulare il nuovo legante è stata la lavorabilità. Per incrementare le caratteristiche di elasticità del legante, si potrebbe ipotizzare sia sufficiente aumentare il contenuto di polimero. Questo porterebbe però a un incremento esponenziale della viscosità che lo renderebbe difficilmente pompabile ma soprattutto andrebbe a ridurre la lavorabilità del conglomerato in fase di stesa e compattazione. Un bitume modificato formulato per assicurare elevate prestazioni, se non garantisce un corretto addensamento in opera del conglomerato, non solo è inutile ma anche controproducente, perché diminuirebbe la vita utile della pavimentazione anziché aumentarla. La lavorabilità del legante è stata testata con la prova di viscosità dinamica UNI EN 13302 eseguita con viscosimetro rotazionale a cilindri coassiali. Per questo motivo il protocollo Superpave prevede a 135°C una viscosità massima di 3.0 Pa·s. Nel grafico di fig. 2b. sono riportati i valori di viscosità dinamica in funzione della temperatura dove risulta che il Drenoval PBT ha una curva di viscosità solo leggermente superiore ad un PmB Hard standard ed è facilmente lavorabile in quanto la viscosità a 135°C è inferiore a 3.0 Pa·s.

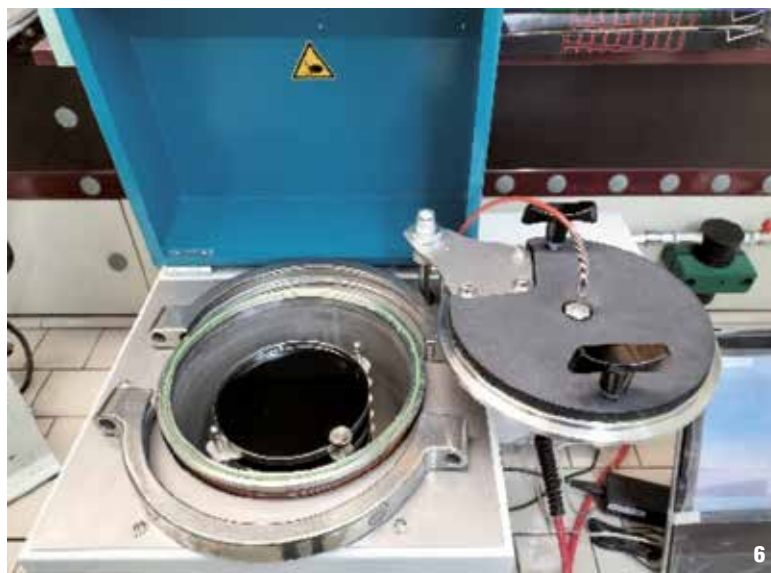
Caratteristiche prestazionali

Per formulare un legante bituminoso che potesse garantire una maggior durata della pavimentazione stradale bisogna tener conto delle sue prestazioni una volta posto in opera e durante l'esercizio. Il bitume invecchia e si modificano di conseguenza le proprietà reologiche principalmente per due motivi:

- Volatilizzazione degli oli leggeri presenti nel bitume;
- Ossidazione per reazione con l'ossigeno presente nell'ambiente.

La maggior parte dell'invecchiamento del legante avviene





5, 6. Invecchiamento a lungo termine (simulazione con PAV)

durante la miscelazione degli inerti con il bitume, all'interno del mescolatore dell'impianto di produzione del conglomerato, a causa dell'alta temperatura e dell'ambiente molto ricco di ossigeno, condizioni favorevoli perché si innescano i meccanismi di ossidazione. Una volta che la pavimentazione è in esercizio, il legante continua a invecchiare anche se in maniera minore per via delle temperature più moderate dell'ambiente. Per questo è stato simulato in laboratorio l'invecchiamento che il bitume subisce durante la produzione e la stesa del conglomerato (invecchiamento a breve termine) e quello in esercizio (invecchiamento a lungo termine). L'invecchiamento a breve termine è stato simulato in laboratorio con la prova RTFOT (Rolling Thin Film Oven Test) UNI EN12607-1.

In un contenitore di vetro (fig. 3) vengono pesati 35 gr di legante. Il contenitore di vetro viene inserito in una giostra che ruota all'interno di una stufa a 15 giri/min per 75 min mentre gli viene insufflata all'interno dell'aria a 4000 ml/min. La temperatura di prova è di 163°C.

L'invecchiamento a lungo termine invece viene simulato con l'apparecchiatura PAV (Pressure Aging Vessel) UNI EN14769.

Il bitume recuperato dalla prova RTFOT viene versato su 10 appositi contenitori metallici avendo cura di pesarne 50 gr

per ogni piatto (fig. 5). Il castello con i piatti viene posizionato all'interno dello strumento che deve essere in grado di mantenere per 20 ore la temperatura di 100°C alla pressione di 2070 kPa (fig. 6).

Resistenza alle deformazioni permanenti

La resistenza alle deformazioni permanenti viene determinata attraverso prove reologiche in regime oscillatorio, con un Reometro DSR (Dynamic Shear Reometer) secondo la normativa UNI EN 14770 sul legante invecchiato dopo RTFOT. Il DSR viene usato per caratterizzare il comportamento elastico e viscoso del bitume misurando il modulo complesso G^* e l'angolo di fase δ . G^* è la resistenza del bitume alla deformazione sotto carichi ciclici ripetuti ed è costituito da due componenti: elastica (recuperabile) e viscosa (non recuperabile). L'angolo di fase δ è un indicatore che può servire per quantificare i contributi dati dalla componente elastica e da quella viscosa che insieme costituiscono il modulo complesso. La prova viene eseguita ad una frequenza di 10 Hz andando a determinare il modulo complesso G^* e l'angolo di fase δ al crescere della temperatura.

Il rapporto di $G^*/\sin\delta$ diminuisce con l'aumentare della

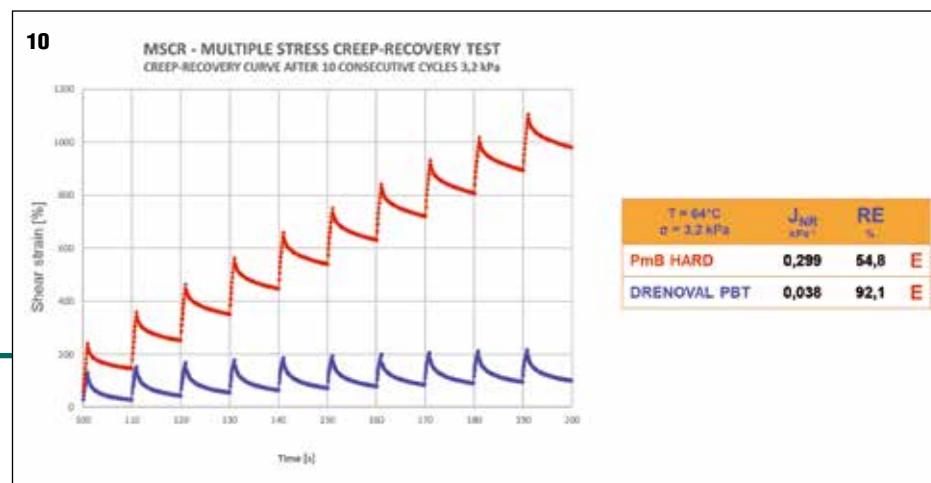
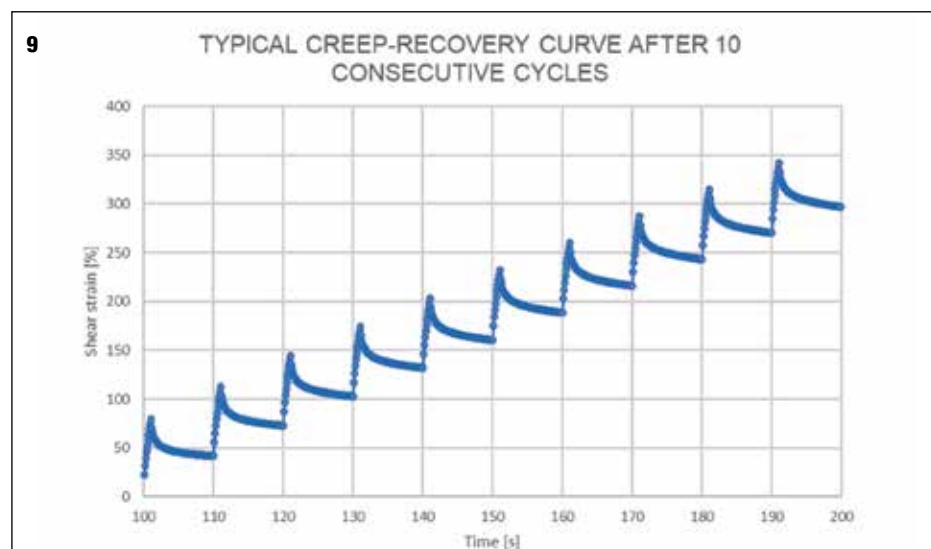
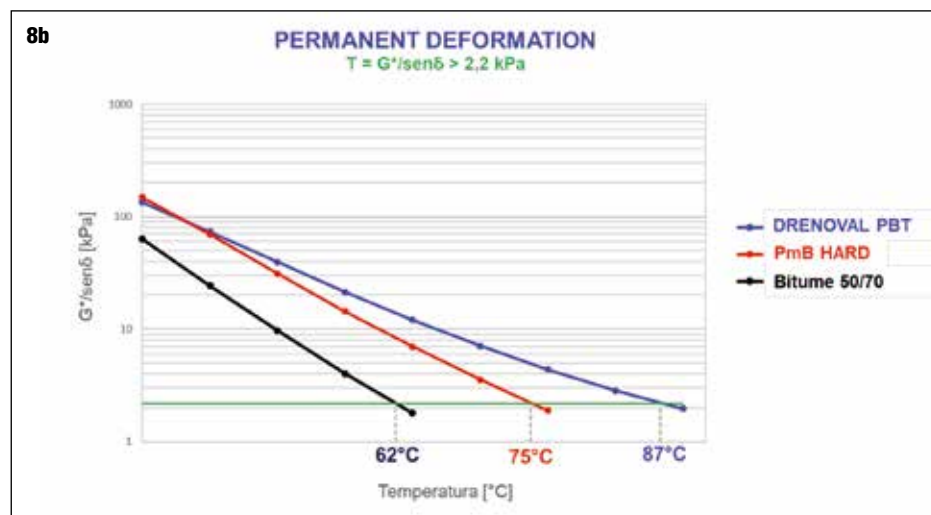
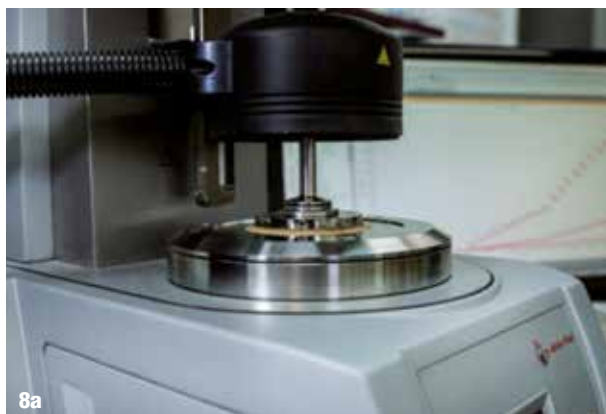


7. Esempi di deformazioni permanenti

8a. Reometro DSR

8b. Confronto Drenoval
PBT-TmB Hard tradizionale

9. Test MSCR

10. Risultati del test MSCR:
recupero elasticoTAB. 1 VALORE J_{NR} E VOLUMI DI TRAFFICO

J _{NR} a 3,2 kPa ⁻¹		Volumi di traffico
< 1	Estremo	> di 30 mil ESAL anche statici
1 – 2	Very Heavy	> di 30 mil ESAL in movimento
2 – 3	Heavy	10 ÷ 30 ESAL
3 – 4	Standard	< 10 mil ESAL

temperatura. Le deformazioni permanenti si possono generare alla temperatura per cui $G^*/\text{sen}\delta$ è inferiore a 2,2 kPa. Dal grafico di fig.8b si osserva come il Drenoval PBT abbia una maggior resistenza alle deformazioni permanenti rispetto ad un PmB Hard tradizionale. Non è possibile però valutare la resistenza alle deformazioni permanenti di un legante bituminoso solo prendendo in considerazione le deformazioni che si potrebbero generare a causa delle elevate temperature di esercizio ma occorre tener conto anche del volume dei carichi a cui sarà soggetta la pavimentazione. Questo ulteriore aspetto può essere valutato con la prova di MSCR (Multi Stress Creep Recovery) UNI EN16659.

Ai livelli molto bassi di sollecitazione e deformazione presenti nelle prove di modulo dinamico, il network polimerico non è mai realmente sollecitato e pertanto il polimero viene misurato solo come riempitivo che irrigidisce il legante. Nel test MSCR, vengono applicati livelli più elevati di stress e deformazione al legante, che rappresenta al meglio ciò che accade in una pavimentazione vera e propria. Utilizzando i livelli di stress e di deformazione più elevati, la risposta del legante tiene conto non solo degli effetti di irrigidimento del polimero, ma anche gli effetti elastici ritardati (dove il legante si comporta come un elastico). Il MSCR si esegue con il reometro DSR. Si applica al legante dopo RTFOT un carico ripetuto della durata di 1 s seguito da 9 s di recupero alla temperatura di 64°C (fig. 9). Si applicano due livelli di stress: 0,1 e 3,2 kPa ripetuti per 10 cicli per ciascun livello di stress. Il test MSCR utilizza due parametri, la percentuale di recupero (R) e la resistenza alla deformazione non recuperabile (J_{NR}), per caratterizzare le proprietà di viscoelasticità del legante per asfalto.

Si determina il valore di J_{NR} come media delle deformazioni non recuperate rapportate al carico applicato e il valore di recupero elastico espresso in % come media delle deformazioni recuperate.

Più basso è il valore di J_{NR} maggiore è la resistenza ai volumi di carico che transiteranno sulla pavimentazione (tab. 1). Il test MSCR ha evidenziato a 64°C una maggiore resistenza alle deformazioni permanenti, causate dal volume e dalla tipologia di carico da parte del Drenoval PBT rispetto ad un bitume modificato Hard, ma soprattutto un recupero elastico superiore al 90% (fig. 10). All'inizio della ricerca ci si era prefissati di formulare un nuovo bitume modificato che facesse dell'elevata elasticità il suo punto di forza: la prova MSCR ha confermato per il Drenoval PBT un valore di elasticità superiore al 90%, quasi il 40% in più di un modificato tradizionale.

11



12a



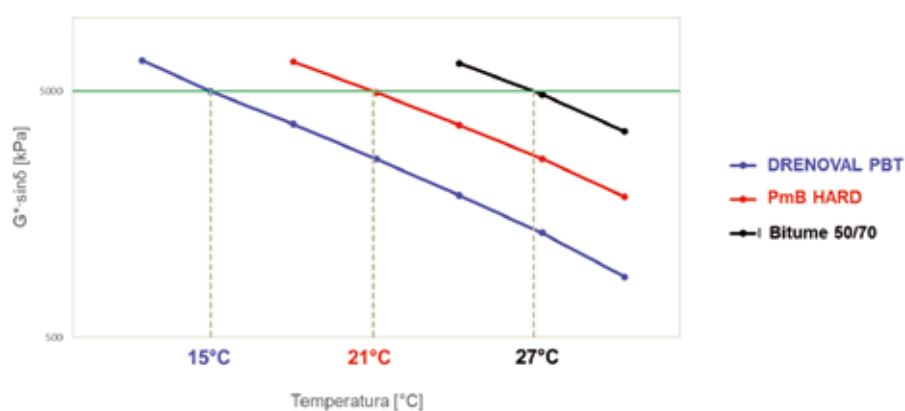
Resistenza alle fessurazioni a fatica

Per resistere alla fessurazione da fatica, un legante bituminoso deve essere elastico (in grado di dissipare energia restituendola e non fessurandosi) ma non troppo rigido (sostanze eccessivamente rigide si spezzano anziché deformarsi). Pertanto, la porzione viscosa del modulo di taglio complesso, $G^* \cdot \sin \delta$ dovrebbe essere minima. La resistenza alle fessurazioni a fatica può essere misurata con una prova reologica condotta con DSR andando a determinare fino a che temperatura $G^* \cdot \sin \delta$ è inferiore a 5000 kPa a 10 rad/sec sul legante invecchiato RTFOT e PAV (fig. 12a). Nel grafico in fig. 12b si osserva come il Drenoval PBT, grazie all'elevata componente elastica, sia in grado di dissipare energia restituendola e non fessurandosi a temperature più basse rispetto a un bitume modificato standard. Questo significa

12b

FATIGUE CRACKING

$$T = G^* \cdot \sin \delta < 5000 \text{ kPa}$$



che la pavimentazione una volta in esercizio con il transito dei mezzi tenderà a fessurarsi a fatica ad una temperatura più bassa con conseguente aumento della sua vita utile.

Resistenza alle fessurazioni termiche

Il cracking termico dovuto alle sollecitazioni a bassa temperatura è un fattore importante di cui tener conto per evitare un precoce degrado della pavimentazione. Il cracking termico è la principale forma di deterioramento delle pavimentazioni in conglomerato bituminoso. In alcune pavimentazioni possono verificarsi crepe trasversali causate da

11. Esempio di fessurazioni a fatica

12a. Prova con DSR

12b. Confronto Drenoval PBT-bitume modificato standard

13. Esempio di fessurazioni termiche

13



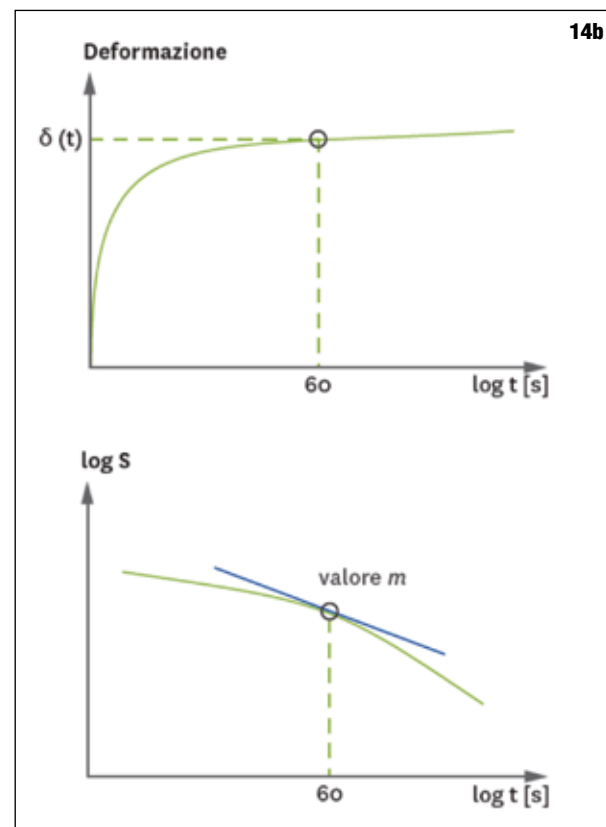


14a. Reometro DSR

14b. Misura della deflessione in funzione del tempo

sollecitazioni termiche che compaiono dopo solo uno o due inverni se viene utilizzato un legante non appropriato per basse temperature. Queste crepe poi portano al deterioramento della struttura della pavimentazione riducendone la prestazione. Il bitume alle basse temperature è troppo rigido per misurare in maniera affidabile le proprietà con un reometro DSR (fig. 14a). Per questo motivo per le prove a basse temperature si utilizza un reometro a trave inflessa BBR per determinare il modulo di rigidità a flessione S e del valore m .

Un provino di bitume a forma di trave, in una prova di flessione a 3 punti, viene sollecitato con un carico costante in un determinato punto e si misura la deflessione in funzione del tempo (fig. 14b). In questa configurazione è possibile determinare:



- Rigidità flessionale $S(t)$: rapporto tra sforzo e deformazione di flessione sotto carico costante a 60 s;
- Valore m : valore assoluto della pendenza della curva logaritmica di rigidità rispetto alla curva logaritmica del tempo a 60 s.

La resistenza del legante bituminoso alla fessurazione termica è garantita fino alla temperatura per cui S non supera i 300 MPa e m è superiore o uguale a 0,300 sul

TAB. 2 CARATTERISTICHE DEI LEGANTI TESTATI

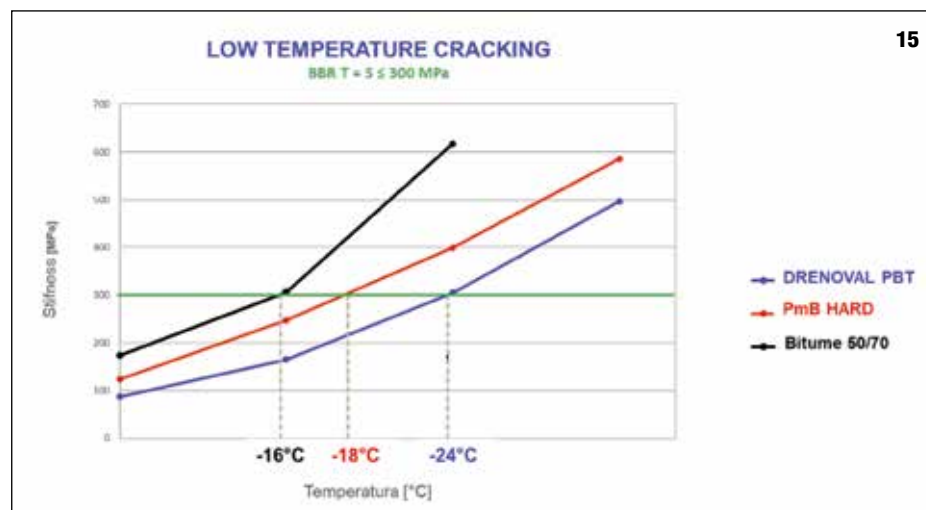
Caratteristiche	Norma di riferimento	PmB Hard	Drenoval PBT
Penetrazione a 25°C (dmm)	EN1426	48	50
Punto di Rammollimento (°C)	EN1427	72.0	98.0
Coazione – Force Ductility Test a 10°C (J/cm ²)	EN13589/13703	3.28	7.44
Viscosità dinamica a 160 °C (Pa·s)	EN13302	0.44	0.62
RTFOT a 163°C			
Permanent deformation (T °C = G* / sen δ ≥ 2.2 kPa)	EN14770	75	87
Multi Stress Creep Recovery $J_{NR, 3,2 Pa}$ a 64°C (kPa ⁻¹)	EN16659	0.299	0.038
Multi Stress Creep Recovery $R_{3,2 Pa}$ a 64°C (kPa ⁻¹)	EN16659	54.8	92.1
RTFOT + PAV			
Fatigue cracking (T °C = G* · sen δ ≤ 5000kPa)	EN14770	21	15
Low Temperature cracking (BBR T °C = S ≤ 300MPa)	EN14771	-18	-24

campione dopo invecchiamento a lungo termine PAV. Le prove condotte, rappresentate nel grafico in fig. 15 evidenziano come il Drenoval PBT abbia una maggior resistenza alla fessurazione termica rispetto agli altri leganti. Le caratteristiche dei leganti testati sono riportate in tab. 2.

Conclusioni

Il Drenoval PBT ha evidenziato ottime prestazioni sia alle alte che alle basse temperature.

L'impiego di questo nuovo legante nella costruzione e nella manutenzione di pavimentazioni è in grado di aumentare sensibilmente la vita utile come richiesto ad una pavimentazione ecosostenibile. Per verificare quanto studiato e sviluppato in laboratorio è stato eseguito un campo prove per testare il conglomerato prodotto con Drenoval PBT. Volendo testare il bitume modificato in presenza di importanti escursioni termiche è stato chiesto alla Provincia Autonoma di Bolzano la disponibilità per eseguire il campo prova in una strada molto trafficata e con temperature rigide d'inverno ed elevate d'estate. La Provincia Autonoma di Bolzano ha dato la disponibilità per eseguire il campo prova nell'ambito di un intervento strutturale dello svincolo tra la



SP49 della Val Pusteria, nuovo accesso alla SP244 della Val Badia. Ulteriori approfondimenti sul campo prove e sui test condotti e sulle relative metodologie saranno presentati in un successivo articolo, in pubblicazione su un prossimo numero di *leStrade*. ■



15. Confronto Drenoval PBT-altri leganti

16. Produzione di conglomerato con bitume Drenoval PBT

17. Colpo d'occhio sul campo prove allestito sull'arteria stradale altoatesina

18. Ancora un dettaglio del campo prove dove è stato testato il legante Drenoval PBT di Valli Zabban