

L'analisi reologica dei bitumi stradali secondo i nuovi indirizzi europei: determinazione sperimentale della Zero Shear Viscosity

Experimental survey on creep test and determination of the Zero Shear Viscosity

ANTONIO MONTEPARA, FELICE GIULIANI, FILIPPO MERUSI
Università degli Studi di Parma
PAOLO ITALIA
EniTecnologie S.p.A.

Riassunto

L'importanza dell'introduzione delle nuove procedure d'indagine, che verosimilmente costituiranno un riferimento per i ricercatori e per gli operatori del mondo del bitume europeo, ha condotto Eni ed Università degli Studi di Parma a procedere con una specifica indagine sperimentale finalizzata alla coerente attuazione di questa metodologia su bitumi rappresentativi della produzione Eni.

L'obiettivo è stato quello di esaminare l'approccio proposto e di evidenziarne l'ossatura teorica, nonché le eventuali problematiche operative nella concreta applicazione di laboratorio, relativamente all'indagine sperimentale di determinazione della cosiddetta viscosità a Zero Shear, ovvero la viscosità del materiale per bassi sforzi di taglio applicati in modalità statica (*creep*).

Summary

The importance of the introduction of new survey procedures, which probably will be a term of reference for bitumen researchers in Europe, moved Eni and the University of Parma to a specific experimental survey aimed at carrying out this method on Eni representative bitumens.

*The aim was to study the proposed approach and to underline the theoretical structure, as well as possible operating problems in the laboratory application concerning the experimental survey for determination of Zero Shear Viscosity, that is the viscosity of material with low cutting efforts applied on static modality (*creep*).*

1. Premessa

Il continuo progresso della scienza e l'innovazione tecnologica nel campo delle costruzioni stradali, come in tutti i settori dell'ingegneria civile, offrono al progettista nuove opportunità e nuovi strumenti, ma, affinché questi si traducano efficacemente in soluzioni vincenti,

non è più sufficiente la sola esperienza tecnica. Occorre infatti l'ausilio di modelli fisici e matematici che descrivano il comportamento dei materiali al fine di simulare la risposta dell'opera in ogni fase della sua vita utile. Nello studio e nella valutazione dei leganti bituminosi la tappa fondamentale è stata l'introduzione della classificazione SHRP, il cui risultato più importante, »

come noto, è stata la definizione di tipo concettuale e operativo delle correlazioni esistenti fra le caratteristiche viscoelastiche del bitume ed il comportamento della pavimentazione.

Ne consegue che i risultati delle prove di caratterizzazione reologica consentono concretamente di arrivare a parametri di progetto delle sovrastrutture che ne interpretino la resistenza nei riguardi dei più frequenti fenomeni di degrado, in relazione anche alle condizioni climatiche dell'area di esercizio.

Anche a livello europeo l'introduzione dei bitumi modificati, che stanno trovando sempre maggiore impiego nelle moderne costruzioni stradali grazie all'elevato standard di prestazione che sono in grado di offrire, ha messo in luce l'inadeguatezza dell'attuale sistema di classificazione dei leganti stradali. Esso infatti non rileva le reali proprietà dei bitumi modificati, le cui qualità hanno trovato riscontro, fino ad oggi, solamente nell'osservazione diretta delle opere in esercizio. Le tradizionali prove di accettazione sono inoltre basate su misure lontane dalle effettive condizioni di impiego del materiale e non forniscono perciò parametri direttamente correlabili alla resistenza ultima delle pavimentazioni.

Per questi motivi il Comitato Europeo di Normalizzazione CEN ha ritenuto opportuno avviare un programma di lavoro, con l'obiettivo di formulare un nuovo impianto normativo e migliorare così le condizioni di progetto, al fine di incrementare prestazioni e vita utile delle sovrastrutture stradali.

Oggi il lavoro svolto è rappresentato dall'individuazione di nuove metodologie di prova, basate su indagini reologiche e destinate a rivoluzionare la valutazione dei bitumi in campo stradale. In tal senso sono tuttora attivi diversi ambiti di discussione tecnica sulla definizione delle più complete e rigorose metodologie di analisi, attraverso gli strumenti propri dei Round Robin Test, dei Data Sheet e dei Framework, facenti capo a istituzioni culturali riconosciute a livello europeo, prima fra tutte il CEN.

Nell'ottica di fornire un contributo allo sviluppo del nuovo sistema di specifiche tecniche ed anticipare i tempi, Eni, EniTecnologie ed Università degli Studi di Parma hanno attuato un programma di sperimentazione tramite il quale valutare operatività ed efficien-

za delle nuove metodologie di prova proposte, il cui risultato costituisce un indirizzo alla discussione in ambito Comunitario.

2. L'analisi reologica in campo stradale: da SHRP al nuovo sistema Europeo

L'introduzione della moderna analisi reologica nella caratterizzazione dei materiali stradali si deve al programma Statunitense SHRP (*Strategic Highway Research Programm*). Proprio nell'ambito di tale programma si è infatti concretizzato il passaggio dall'approccio empirico delle prove tradizionali all'analisi delle caratteristiche che meglio definiscono le reali proprietà dei bitumi. L'applicazione delle metodologie analitiche di tipo reologico pone per la prima volta al centro dell'indagine la definizione del reale comportamento dei leganti, il quale diventa quindi l'oggetto diretto delle misure.

A partire dal 2002 il CEN ha avviato una procedura di sviluppo e standardizzazione di metodologie per la caratterizzazione reologica e prestazionale dei bitumi stradali, con l'istituzione del TC336, un comitato tecnico dedicato alla normazione dei leganti bituminosi [1, 8]. Il risultato del lavoro di ricerca svolto da questo comitato tecnico è rappresentato attualmente dalla definizione di varie norme descrittive nuove metodologie di analisi, fondate sull'utilizzo delle moderne strumentazioni reometriche, alcune delle quali introdotte esplicitamente dal programma SHRP.

Il fine ultimo è rappresentato dalla determinazione di parametri, direttamente correlati al reale comportamento in esercizio dei bitumi, che rappresentino un valido elemento per il progetto delle sovrastrutture e tramite i quali realizzare un più adeguato sistema di classificazione dei bitumi stradali.

Le caratteristiche tecniche prese in esame dal nuovo sistema europeo sono suddivise in tre diverse categorie a seconda del campo d'indagine a cui si riferiscono: alte temperature di esercizio (*high service temperature*), basse temperature di esercizio (*low service temperature*) ed invecchiamento (*ageing*) [5, 6] (Fig. 1).

Oggetto della collaborazione Eni - Università degli Studi di Parma è stato l'ambito delle alte temperature, con

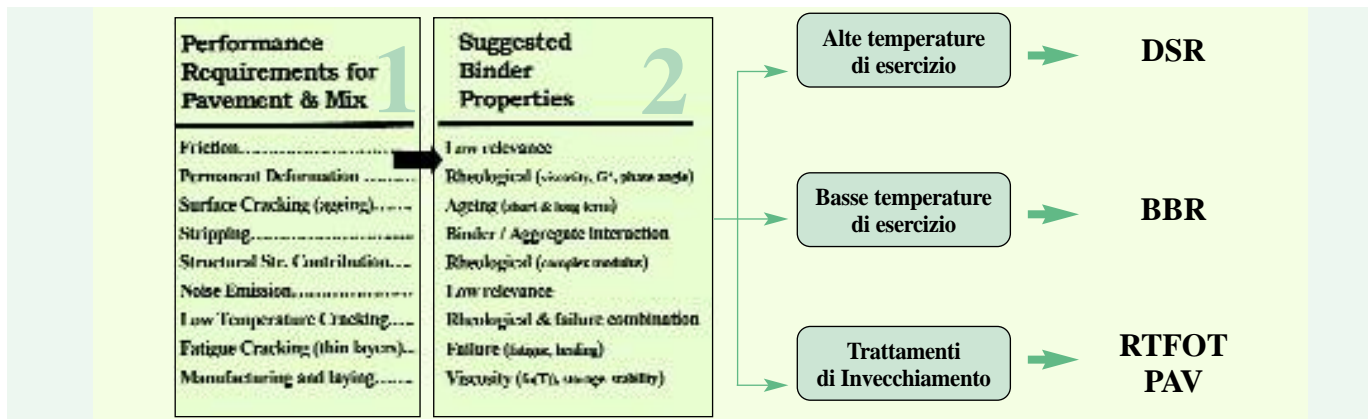


FIG. 1 Indicazioni del CEN sulle correlazioni fra prestazioni delle pavimentazioni stradali e proprietà dei leganti [1, 6]

l'analisi e l'applicazione delle determinazioni proposte per la caratterizzazione dei leganti, così identificate:

- A. **prEN 15325** - Bitumen and Bituminous binders: determination of Zero Shear Viscosity (ZSV) using a Shear Stress Rheometer. Creep Mode.
- B. **prEN 15324** - Bitumen and Bituminous binders: determination of Equiviscous Temperature based on Low Shear Viscosity using a Dynamic Shear Rheometer in low frequency oscillation mode.
- C. **prEN 14770** - Bitumen and Bituminous binders: determination of complex shear modulus and phase angle using a Dynamic Shear Rheometer (DSR) (Fig. 2).

Lo strumento d'indagine principale che più completamente è funzionale al tipo di misura è il *Dynamic Shear Rheometer* (DSR), il cui utilizzo viene proposto in una modalità differente rispetto alle esperienze più recenti. L'impiego dello strumento, nel quadro normativo proposto, comprende infatti anche una configurazione di prova di tipo statico, oltre a quelle in regime dinamico oscillatorio. La prima delle tre specifiche propone infatti di determinare un parametro reologico, la *Zero Shear Viscosity* (ZSV), tramite l'imposizione di una sollecitazione di tipo statico (*creep*), finalizzata all'instaurazione di una condizione di flusso stazionario del bitume.

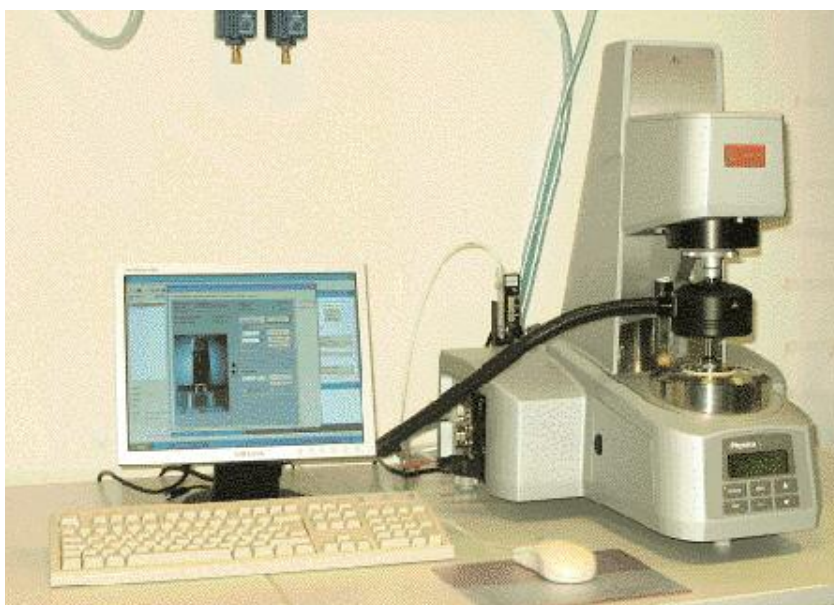


FIG. 2 Dynamic Shear Rheometer (DSR)



3. Indagine sperimentale sul test di creep e determinazione della Zero Shear Viscosity

I materiali di prova

I bitumi utilizzati nella sperimentazione appartengono alla produzione Eni e sono caratterizzati da stessa classe di penetrazione (50/70) e diverso grado di modifica con polimero SBS (Tab. 1).

La selezione dei materiali effettuata secondo questi due criteri ha permesso di analizzare le capacità delle nuove metodologie nell'evidenziare le qualità dei bitumi modificati, principale criticità riconosciuta alle prove tradizionali.

La ricerca è stata completata dalla ripetizione delle prove su campioni preliminarmente sottoposti ad azioni di invecchiamento accelerato. Questo ha permesso di effettuare uno studio dell'evoluzione dei parametri di caratterizzazione richiesti dal CEN, nonché delle proprietà reologiche dei tre materiali nelle diverse condizioni operative: dal confezionamento del conglomerato all'esercizio della pavimentazione su strada. I sistemi di simulazione dell'invecchiamento utilizzati sono quelli attualmente promossi anche in ambito europeo: *Rolling Thin Film Oven Test* (RTFOT) per l'invecchiamento (*ageing*) a breve termine e *Pressure Ageing Vessel* (PAV) per quello a lungo termine.

Il concetto di Zero Shear Viscosity

La *Zero Shear Viscosity*, determinata secondo la metodologia CEN, è la viscosità del materiale misurata per sollecitazioni statiche, caratterizzate da sforzo di taglio di bassa entità ($\tau = \tau_0 \rightarrow 0$) e lungo tempo di applicazione, in modo da ottenere il raggiungimento dello stato di flusso stazionario ($dy/dt \rightarrow \text{cost}$). La viscosità determinata in queste condizioni può considerarsi una proprietà intrinseca del materiale, indipendente dallo stato di tensione, per cui teoricamente costituisce un

parametro univoco di correlazione con gli ammaloramenti dovuti a scorrimenti viscosi ed accumulo di deformazioni plastiche (ormaiamento) [3, 4].

Il concetto di *Zero Shear Viscosity* (ZSV) nasce quindi dall'esigenza di esprimere il contributo parziale del legante nei riguardi della resistenza all'ormaiamento delle pavimentazioni stradali, principale fenomeno di degrado alle alte temperature di esercizio. È stato infatti recentemente dimostrato come il parametro $G^*/\sin \delta$, adottato nell'ambito del programma SHRP, non sia sempre correlabile al fenomeno dell'ormaiamento per tutti i tipi di bitume [7].

In letteratura sono presenti diverse metodologie sperimentali per la determinazione della ZSV, tutte fondate sull'utilizzo del reometro a taglio dinamico (*Dynamic Shear Rheometer - DSR*), ma riferite a diverse condizioni di prova [2, 5]. Il comitato tecnico per la normazione sui bitumi del CEN ha proposto uno di questi metodi per la standardizzazione europea selezionandolo proprio in base alla correlazione con la resistenza all'ormaiamento [3, 4].

Il metodo scelto, di seguito dettagliatamente esposto, prevede di effettuare la misurazione del modulo di compliance (J), che rappresenta la deformabilità del materiale ($J = \gamma/\tau$), al raggiungimento dello stato di flusso stazionario, ottenuto per lungo tempo di carico e temperatura costante (Fig. 3).

Il risultato finale è la media delle misurazioni effettuate negli ultimi 15 minuti di una prova concepita per durare da 1 a 4 ore, secondo l'equazione:

$$ZSV = \Delta t / \Delta J = 900 / (J_f - J_{15}) \quad [\text{Pa}\cdot\text{s}]$$

dove J_{15} rappresenta il modulo di compliance, espresso in Pa^{-1} , rilevato a 15 minuti dalla fine dell'applicazione del carico, J_f è il modulo di compliance, espresso in Pa^{-1} , rilevato al termine della prova e 900 è l'intervallo di tempo fra le due misurazioni espresso in secondi.

TAB. 1 – Caratteristiche convenzionali e Performance Grade dei materiali di prova

Bitume	Nome commerciale	Tipologia	Penetrazione [dmm]	T P&A [°C]	Performance grade
B50/70	AGIP 50/70	Tradizionale	52	49,5	64 -22
PMB50/70-57.5	AGIP ELIFLEX SF	Modificato Soft	56	57,5	70 -22
PMB50/70-93.5	AGIP ELIFLEX HD	Modificato Hard	55	93,5	82 -22

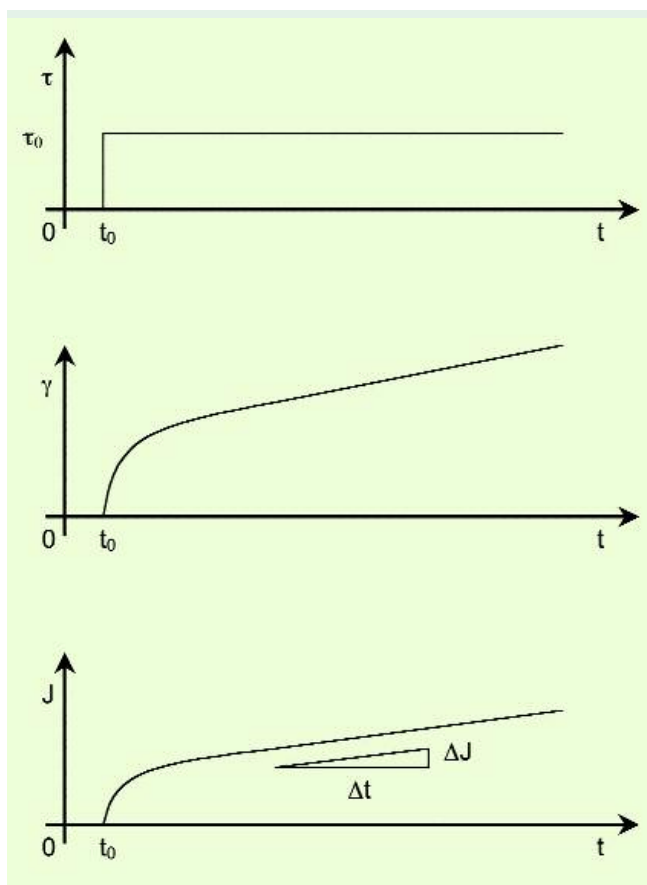


FIG. 3 Prova di creep: diagrammi di carico, deformazione e compliance

La metodologia d'indagine

Tutte le strumentazioni di tipo DSR hanno la possibilità di eseguire prove in diverse configurazioni geometriche di misura. La configurazione adottata in questa indagine è rappresentata dalla coppia di sensori piatto-piatto con diametro di 25 mm e distanza fra i piatti (*gap*) di 2 mm. La temperatura per lo svolgimento delle prove è stata invece posta pari a 60°C.

Nel suo complesso la metodologia di prova proposta è articolata in due fasi, denominate dalla normativa stessa *step 1* e *step 2*. Lo *step 1* coincide con l'esecuzione di una curva di flusso che, nel caso in esame, è stata condotta impostando la sequenza di carico secondo la Tab. 2.

Durante questa prima fase, che viene proposta come opzionale, non si ottengono parametri di caratterizzazione del materiale, ma alcune importanti indicazioni

TAB. 2 – Parametri di prova adottati per l'esecuzione dello step 1: curve di flusso

Stress τ [Pa]	Tempo (min)	Tempo totale (min)	Temperatura [°C]
30	50	50	60
50	20	70	60
100	10	80	60
200	5	85	60
500	2	87	60
1000	1	88	60

sul suo comportamento reologico. Il primo *step* diviene quindi determinante qualora non sia nota a priori la tipologia del bitume oggetto d'indagine.

Questa prima fase infatti può mettere in luce le caratteristiche di comportamento non-Newtoniano (Fig. 4) tipico dei bitumi modificati, rivelandone di fatto la natura. Il risultato del primo *step* può essere rappre-

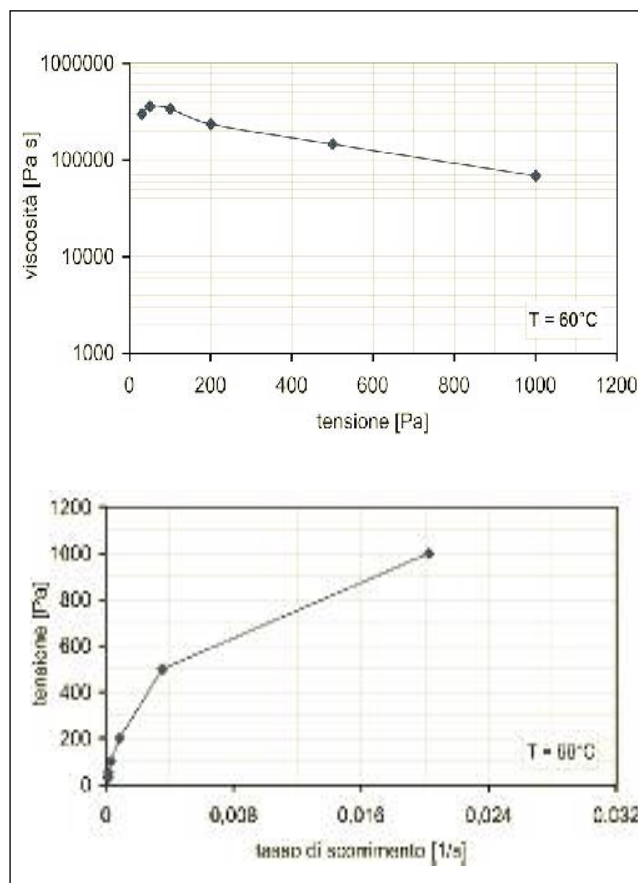


FIG. 4 Curve di flusso e di viscosità ottenute eseguendo lo step 1 (AGIP ELIFLEX HD)

sentato in maniera sintetica ed esaustiva per via grafica, tramite curve di flusso e di viscosità a temperatura costante (60°C).

È importante notare che i valori di viscosità che vengono misurati tramite l'esecuzione del primo step non coincidono con il valore di ZSV poiché in questa fase i tempi di carico previsti non sono in generale sufficienti per raggiungere completamente lo stato di flusso stazionario. Inoltre le tensioni che vengono proposte possono, per alcuni materiali, non rispettare la condizione di sforzo prossimo al valore nullo.

La determinazione del valore di ZSV avviene invece nell'esecuzione dello step 2, vero nucleo dell'indagine sperimentale, che coincide con lo svolgimento della prova di creep statico.

Affinché la determinazione della *Zero Shear Viscosity* avvenga secondo le prescrizioni teoriche che la definiscono, la prova di creep deve essere caratterizzata da bassa tensione applicata, tempo di carico sufficientemente lungo e temperatura costante, posta pari a 60°C. Il punto di criticità più evidente di questa procedura è da ricercare nella selezione del livello di stress a cui eseguire la prova.

Nel caso dei bitumi tradizionali, infatti, il comportamento è Newtoniano rispetto alle condizioni di flusso e la viscosità che si misura in stato stazionario è perciò indipendente dalla tensione applicata. Per questo tipo di bitumi non sussistono problemi legati alla linearità del comportamento ed è quindi possibile stabilire un valore univoco della tensione a cui eseguire la prova di creep, individuato, in relazione alla condizione di zero shear, in 50 Pa.

Il caso dei bitumi modificati presenta invece maggiori difficoltà nella selezione della tensione, legate alla non-linearità del legame costitutivo nelle condizioni di flusso ed alla esigua estensione del range di comportamento Newtoniano.

Nel caso dei bitumi modificati non è generalmente possibile prevedere un unico valore del carico utilizzabile per ogni tipo di bitume. La proposta di normativa CEN si limita in questo caso a suggerire di ricercare il giusto livello di stress all'interno dell'intervallo compreso fra 10 e 50 Pa.

Un'ulteriore difficoltà, dovuta alla particolare natura dei bitumi modificati, è legata alla definizione del

tempo di creep. Se nel caso dei bitumi tradizionali il tempo di un'ora è sufficiente per il raggiungimento dello stato stazionario, si è invece rilevato come per i leganti modificati occorra quasi sempre un tempo maggiore e non sempre ben definibile.

Sulla base di queste considerazioni sono stati selezionati i parametri che hanno caratterizzato le prove di creep eseguite (Tab. 3).

TAB. 3 – Parametri di prova adottati per l'esecuzione dello step 2: determinazione di ZSV

Tipo di legante	Stress τ [Pa]	Tempo t [ore]	Temperatura [°C]
Bitumi tradizionali	50	1	60
Bitumi modificati	50	4	60

Svolgimento delle prove di creep ed analisi dei risultati

Nello svolgimento delle prove di creep si è innanzitutto tenuto conto dell'applicazione integrale della metodologia proposta dal CEN ed, in un secondo momento, si è cercato di perfezionare l'allestimento della procedura d'indagine sulla base delle misurazioni sperimentali.

Le misure eseguite in questa fase hanno riguardato l'andamento in funzione del tempo delle più importanti grandezze che descrivono il comportamento dei materiali sottoposti ad azioni nel regime continuo: deformazioni angolari $\gamma(t)$, tasso di scorrimento $d\gamma/dt$, modulo di compliance $J(t)$ e viscosità $\eta(t)$.

I risultati ottenuti sono stati diversi in funzione del tipo di bitume. Nel caso del bitume tradizionale e del bitume a bassa modifica è stata raggiunta la condizione di flusso stazionario, come individuato dall'andamento del modulo di compliance, crescente con legge lineare nel tempo (Fig. 5).

In queste condizioni la viscosità che si misura tende ad assumere, nell'intervallo di calcolo (pari a 900 secondi) un valore costante, che rappresenta la ZSV del materiale.

Nel caso del bitume ad alta modifica non si raggiunge un effettivo stato stazionario e, per l'intera durata della prova, si registra un andamento della viscosità sostanzialmente variabile (Fig. 6).

La variabilità registrata, attribuibile alla natura stessa del legante ed alla possibile influenza del sistema di misura, non ha influito negativamente sull'affidabilità del risul-

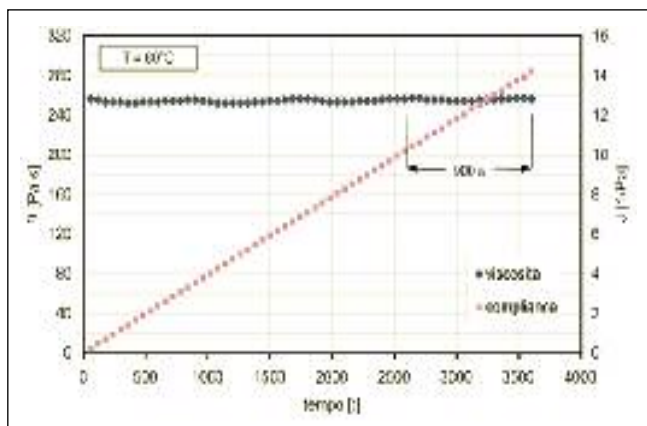


FIG. 5 Andamento della viscosità e del modulo di compliance J in funzione del tempo (B 50/70)

tato, in quanto è stato comunque possibile determinare un valore univoco di ZSV. Se si analizza infatti la formula proposta dalla normativa CEN per il calcolo di ZSV:

$$ZSV = \Delta t / \Delta J \quad [\text{Pa}\cdot\text{s}]$$

si può notare come, tramite essa, la determinazione del valore di ZSV sia fondata sull'ipotesi che la derivata prima della funzione J(t) effettuata rispetto al tempo sia costante e, quindi, che J(t) sia rappresentabile, all'interno dell'intervallo di calcolo (900 secondi), con una funzione lineare del tipo:

$$J(t) = at$$

in questo caso è valida infatti la seguente equivalenza:

$$\Delta t / \Delta J = 1/(dJ/dt) = \tau/(d\gamma/dt) = \eta \rightarrow ZSV$$

Il calcolo proposto prescinde quindi dall'analisi dell'effettivo andamento delle proprietà del legante durante l'intera estensione dell'intervallo di calcolo e la ZSV così valutata risulta essere funzione unicamente dei valori assunti da J in corrispondenza degli estremi di tale intervallo.

Analizzando più nel dettaglio gli andamenti ottenuti, emerge che il comportamento ipotizzato dalla normativa (linearità della funzione J(t)) è stato in effetti riscontrato per i casi in cui si è raggiunto lo stato stazionario, identificato da tutte le misurazioni effettuate sul bitume tradizionale e su quello a bassa modifica, in qualsiasi stadio d'invecchiamento artificiale (Fig. 7).

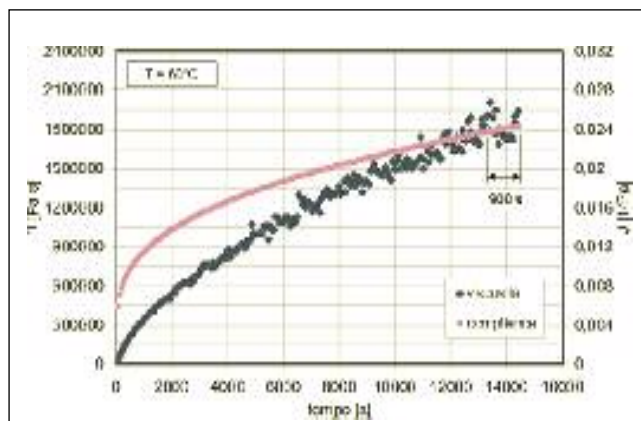


FIG. 6 Andamento della viscosità e del modulo di compliance in funzione del tempo (PMB 50/70-93,5)

Nel caso del bitume ad alta modifica (Fig. 8) si nota come, durante i 900 secondi finali, possa essere considerata corretta l'ipotesi di linearità della funzione J(t), pur non realizzandosi una effettiva stabilizzazione del valore di viscosità.

Quanto espresso dai due diagrammi riportati (Fig. 7 e 8) non si traduce inoltre a livello pratico in una differenza del livello di affidabilità del risultato finale in funzione del tipo di bitume. Con il proposito di rendere numericamente esplicita la differenza di affidabilità riscontrata durante la sperimentazione, il valore di ZSV dei bitumi in esame (Tab. 4) è stato calcolato sia attraverso la formula riportata nella normativa che tramite la media dei valori di viscosità misurati col DSR durante l'intervallo di calcolo (15 minuti finali della prova).

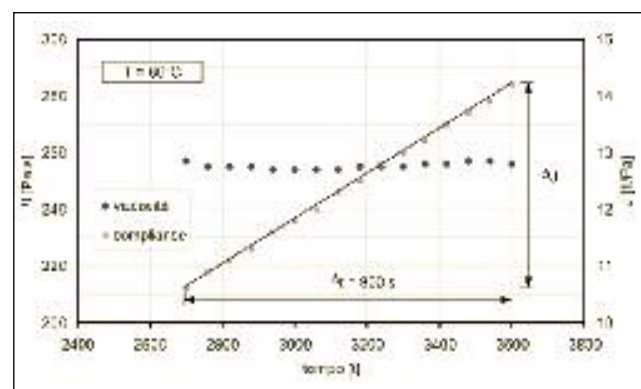


FIG. 7 – Determinazione di ZSV: stato di flusso stazionario (B 50/70)

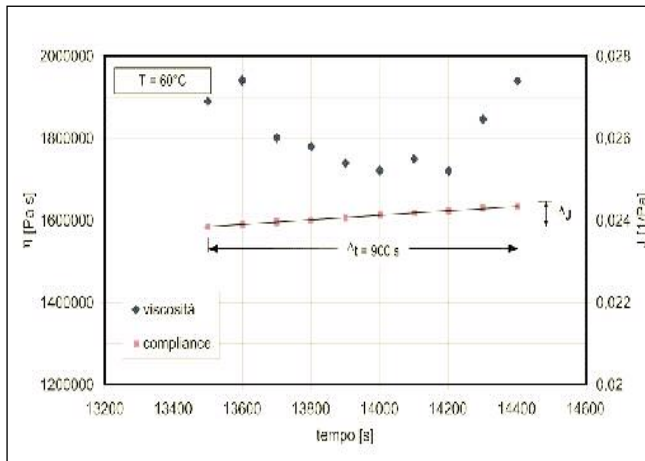


FIG. 8 – Determinazione di ZSV (PMB 50/70-93,5)

Tale riscontro sperimentale sembra non essere in linea con i dati di ripetibilità riportati nella normativa (in genere più alti), verosimilmente questo è dovuto sia al contenuto numero di ripetizioni effettuate, sia all'allestimento sperimentale condotto dall'Università di Parma, basato su un reometro rotazionale con sistema di sospensione ad aria degli organi di rotazione, che abbatte radicalmente gli attriti propri dello strumento.

TAB. 4 – Confronto fra i valori di ZSV calcolati tramite la formula proposta dalla normativa ed attraverso la media dei valori di viscosità misurati durante l'intervallo di calcolo (medie di 3 determinazioni indipendenti)

Bitume	B 50/70	PMB 50/70-57,5	PMB 50/70-93,5
ZSV [Pa s]	257	1320	1635034
Media delle viscosità misurate [Pa s]	258	1312	1648542
Differenza [%]	0,4	0,6	0,8

ZSV e fenomeni di invecchiamento

Per tutti i materiali testati sono state eseguite delle ripetizioni della misura di ZSV su campioni di bitume provenienti da trattamenti di invecchiamento accelerato. Lo scopo principale di questa fase di indagini è stato quello di osservare la variabilità della Zero Shear Viscosity su campioni opportunamente invecchiati con tecniche di laboratorio.

Gli andamenti ottenuti (Fig. 9) denotano una buona sensibilità della prova di creep nei riguardi dell'ageing, riscontrabile anche a livello numerico in un incremento del valore finale di ZSV (Tab. 5).

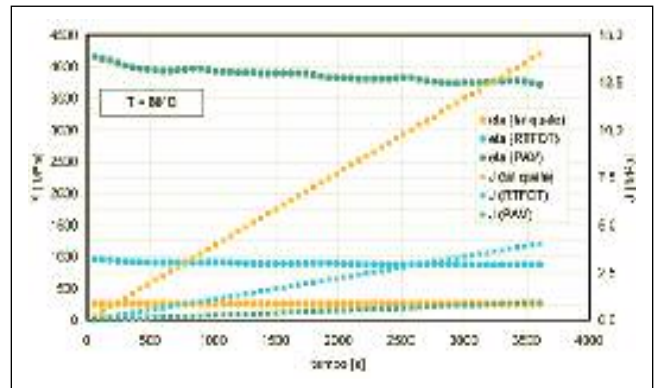


FIG. 9 – Prova di creep: misure della viscosità e del modulo di compliance in funzione del grado di ageing per il bitume B 50/70

TAB. 5 – Valori di ZSV sui bitumi provenienti dai trattamenti di ageing (medie di tre determinazioni indipendenti)

Bitume	ZSV @ 60 °C [Pa·s]		
	Tal quale	RTFOT	PAV
B 50/70	257	824	4152
PMB 50/70-57,5	1320	2633	-
PMB 50/70-93,5	1635034	2500000	-

Conclusioni

I risultati dell'indagine sperimentale riportata nel presente articolo hanno innanzitutto permesso di osservare come la ZSV sia in grado di fornire tramite un univoco valore espresso in unità fondamentali, importanti indicazioni sia sulla natura che sul comportamento del bitume. In effetti il solo valore numerico di ZSV, anche prescindendo dall'analisi dei diagrammi, discrimina in maniera netta fra leganti tradizionali e modificati e fra modificati a basso ed alto contenuto di polimero (Tab. 6) e ben si rapporta alla suscettibilità delle pavimentazioni all'ormaiamento.

I valori ottenuti mostrano come l'analisi reologica, pur necessitando di un ulteriore sviluppo delle metodologie d'indagine, sia utile per una corretta valorizzazione dei bitumi modificati.

In questo senso ulteriori studi saranno effettuati nel tentativo di affinare le metodologie di prova ed ampliare le conoscenze relative alle correlazioni fra i parametri reologici dei leganti e le prestazioni delle pavimentazioni riportate in letteratura.

TAB. 6 – ZSV ottenuta per i tre bitumi oggetto d'indagine

Bitume	Nome commerciale	Tipologia	Performance grade	ZSV @ 60°C [Pa-s]	Deviazione Standard [%]
B 50/70	AGIP 50/70	Tradizionale	64 - 22	257	2,92
PMB 50/70-57,5	AGIP ELIFLEX SF	Modificato Soft	70 - 22	1320	7,87
PMB 50/70-93,5	AGIP ELIFLEX HD	Modificato Hard	82 - 22	1635034	12,40

Occorre inoltre notare come ai fini del progetto delle sovrastrutture la ZSV dovrebbe rappresentare un valido indicatore in grado di tradurre, a livello numerico e pratico, la resistenza allo scorrimento viscoso del legante, al fine di contrastare la formazione delle ormaie nelle pavimentazioni. I valori rilevati in questa prova danno infatti una misura della grande differenza di velocità di deformazione che intercorre fra il caso dei bitumi modificati e quelli tradizionali quando sono sottoposti a carichi statici. Questo significa che a parità di carico, tempo di applicazione e temperatura, il bitume modificato subisce una deformazione di entità molto minore rispetto al bitume tradizionale. La determinazione della ZSV potrebbe quindi essere in grado di valutare quantitativamente l'incremento prestazionale che si riscontra nell'utilizzo su strada dei bitumi modificati.

In conclusione, con il presente articolo abbiamo voluto contribuire alla raccolta di esperienze in questo particolare ambito scientifico ed evidenziare alcune chiavi di lettura del corpo della norma che a breve entrerà nel novero dei documenti tecnici di riferimento per gli operatori del settore stradale.

Riferimenti Bibliografici

- [1] Stawiarski A., Beuving E., Soraas K., Teugels W., "European BiTSpec Seminars 2002-2003: a communication project to support the development of the European Bitumen Standardisation", Atti di Euroasphalt & Eurobitume Congress, Vienna, 12-14 maggio 2004.
- [2] Clyne T. R., Marasteanu M. O., "Inventory of Properties of Minnesota Certified Asphalt Binders", Research 2004-35 Final Report, Minnesota Department of Transportation, St. Paul, USA, Aprile 2004.
- [3] Sybilski D., "Validation of empirical test for polymer-modified bitumens", Atti di Eurobitume Workshop '99 Performance related properties for bituminous binders, Lussemburgo, 3-6 maggio 1999.
- [4] Phillips M., Robertus C., "Binder Rheology and Asphaltic Pavement Permanent Deformation; The Zero Shear Viscosity Concept", Atti di Euroasphalt & Eurobitume Congress, Strasburgo, 7-10 maggio 1996.
- [5] Binard C., Anderson D., Lapalu L., Planche J.P., "Zero Shear Viscosity of Modified and Unmodified Binders", Atti di Euroasphalt & Eurobitume Congress, Vienna, 12-14 maggio 2004.
- [6] Phillips M., "Module 2: Stiffness and Permanent Deformation", Eurobitume Workshop '99 Performance Related Properties for Bituminous Binders, Lussemburgo, 3-6 maggio 1999.
- [7] Desmazes C., Lecomte M., Lesueur D., Phillips M., "A Protocol for reliable measurement of Zero-Shear Viscosity in order to evaluate the anti-rutting performance of binders", Atti di Euroasphalt & Eurobitume Congress, Barcellona, 2000.
- [8] AA. VV., "Bituminous Binder Testing and Specification – Proceedings", European BiTSpec Seminar, Brussels, 12-13 giugno 2003. ■