

SITEBSi srl

Rassegna del bitume

RIVISTA DEL SITEB-ASSOCIAZIONE ITALIANA BITUME ASFALTO STRADE

ESTRATTO DAL N° **04/87**

**Il comportamento dei leganti bituminosi modificati negli interventi
di riciclaggio in situ ed in impianto**

Stefano Pallotta

Giorgio Peroni
Direzione centrale Tecnica - Soc. Autostrade

Il comportamento dei leganti bituminosi modificati negli interventi di riciclaggio in situ ed in impianto.*

S. Pallotta
G. Peroni

Sommario

Negli ultimi cinque anni la Soc. Autostrade ha perfezionato le tecniche di riciclaggio in situ ed in impianto, sia per quel che riguarda il tipo di attrezzature utilizzate per l'esecuzione dei lavori sia per il tipo di materiali atti a conferire al conglomerato invecchiato le caratteristiche fisico-meccaniche originali.

Tralasciando il discorso dei sofisticati impianti e dei mezzi impiegati per il confezionamento e la messa in opera delle miscele bituminose, la presente memoria elenca il cammino percorso dal 1980 a oggi nell'utilizzazione di bitumi con caratteristiche particolari (alto contenuto di componenti aromatici) e di additivi aventi qualità rigeneranti (prodotti ricchi in componenti polari e aromatici). Attualmente i suddetti sono comunemente impiegati nei lavori in oggetto con ottimi risultati.

In questo lavoro vengono riportati in particolare gli studi eseguiti sul conglomerato da riciclare con le relative prove ed i successivi controlli. Per tutto ciò sono state redatte delle norme tecniche che prevedono l'impiego di apparecchiature di laboratorio di nuova concezione e di metodologie avanzate.

INTRODUZIONE

Durante il corso della sua vita utile una pavimentazione stradale passa attraverso tre fasi: manutenzione preventiva, manutenzione correttiva, ricostruzione o riciclaggio. Poiché la maggior parte dei tecnici hanno familiarità con i tradizionali trattamenti manutentori, in questa memoria si vuole presentare ciò che è stato lo sviluppo avvenuto nella tecnica del riciclaggio in situ ed in impianto mediante l'uso di nuovi prodotti modificanti del bitume denominati «riciclatori-fluidificanti».

Nel presente studio sono state esaminate le metodologie necessarie per la formulazione dei conglomerati bituminosi negli interventi di riciclaggio in situ ed in impianto. In particolare è stata messa a punto una serie di normative per la determinazione del valore della percentuale di legante da aggiungere alle miscele del tipo di legante (eventualmente additivato con agenti riciclatori-fluidificanti).

Oltre alle analisi tradizionali riguardanti le caratteristiche di composizione da effettuarsi sul conglomerato da riciclare, sono previste le prove di viscosità a 60°C sul bitume estratto dal conglomerato secondo una metodologia in grado di non alterare le proprietà fisico-chimiche del bitume stesso e prove di creep a 10 °C e 40 °C su tasselli ottenuti da campionature di pavimentazione esistente.

1. STUDI DI FORMULAZIONE

Per le ricerche di rigenerazione dei conglomerati bituminosi debbono considerarsi una serie di problemi completamente nuovi riguardanti i metodi di studio di formulazione delle miscele; l'impiego delle metodologie di laboratorio tradizionalmente utilizzate per l'ottimizzazione delle miscele di primo impianto può condurre infatti a delle decisioni errate soprattutto per quanto riguarda il «tenore» ed il «tipo» di legante d'aggiunta.

I metodi tradizionali non possono infatti tener conto di due

fattori importanti che cambiano la natura del legante:

- l'invecchiamento del bitume;
- la rigenerazione del legante;

Da un punto di vista fisico l'invecchiamento del bitume comporta una maggiore viscosità ed un comportamento più elastico e fragile del bitume, che si può evidenziare con i seguenti parametri di laboratorio:

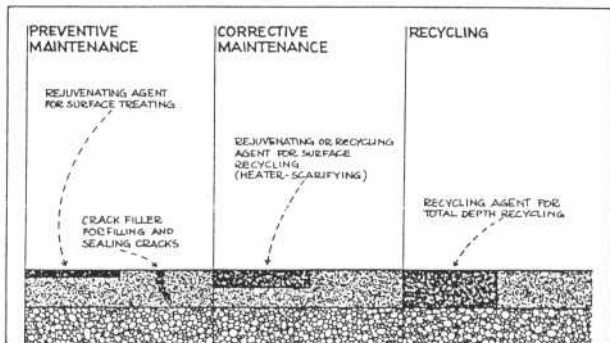
- diminuzione della penetrazione a 25 °C;
- aumento della temperatura di Palla-Anello (PA.);

* Memoria presentata al 3° Simposio Eurobitume 1985 LAia 13 Settembre

* *Direzione centrale Tecnica - Soc. Autostrade

- diminuzione della suscettibilità termica,

Tali variazioni sono associate ad una profonda trasformazione chimica strutturale e qualitativa che avviene nel bitume sin dal momento della messa in opera del conglomerato e che continua nel tempo (reazione di ossidazione) per effetto del traffico e degli agenti atmosferici. Tale trasformazione è associata ad una diminuzione delle componenti aromatiche e ad una corrispondente crescita del tenore in asfalteni. [Fig.1]



La rigenerazione del legante è pertanto associata a due requisiti fondamentali che devono essere contemporaneamente rispettati:

- riequilibrio delle proprietà «reologiche» caratteristiche di un bitume nuovo;
- riequilibrio delle proprietà «chimiche» di un bitume nuovo.

La seconda operazione risulta molto più complessa della precedente (per la quale sarebbe sufficiente l'additivazione con un bitume ad alta penetrazione) in quanto richiede l'impiego di particolari additivi (ad alto grado di reattività) ricchi delle componenti aromatiche diminuite in tenore nel bitume.

Questi additivi sono costituiti da estratti aromatici di raffineria e da attivanti chimici in grado di aumentare le proprietà di adesione del bitume e di compatibilità fra legante nuovo ed il bitume vecchio.

L'impiego di estratti aromatici tal quali **deve essere invece** sicuramente evitato in quanto peggiora sensibilmente le proprietà di adesione del legante, che dovranno essere esaminate con attenzione nella fase di controllo delle miscele.

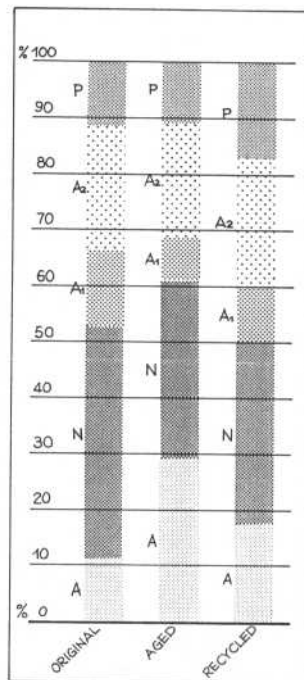
2. VALUTAZIONI E PROVE

[Invecchiamento chimico-fisico dei bitume dipende naturalmente da una serie di fattori legati a variabili diverse:

- caratteristiche del bitume di partenza;
- trattamento termico subito durante la messa in opera;
- profondità rispetto alla superficie trafficata;
- caratteristiche di composizione del conglomerato;
- impermeabilità delle miscele;

- tempo di invecchiamento;
- condizioni climatiche.

Ancor prima della determinazione delle caratteristiche chimico-fisiche dei bitume l'aspetto più critico per il laboratorio è tuttavia quello dell'estrazione del bitume dal conglomerato da rigenerare, che **deve essere** condotta in modo da non alterare le caratteristiche del legante. [Fig. 2]



La scelta della gradazione e del tenore di bitume e dei particolari additivi rigeneranti deve essere compatibile con le caratteristiche granulometriche del conglomerato e con la tecnologia di rigenerazione impiegata, tenendo conto che nel riciclaggio in impianto la possibilità di fissare il «tasso» di riciclaggio, ossia la percentuale di materiale nuovo impiegato, è notevolmente più ampia rispetto al riciclaggio in situ, ove arriva ad un massimo del 20% di inerti nuovo.

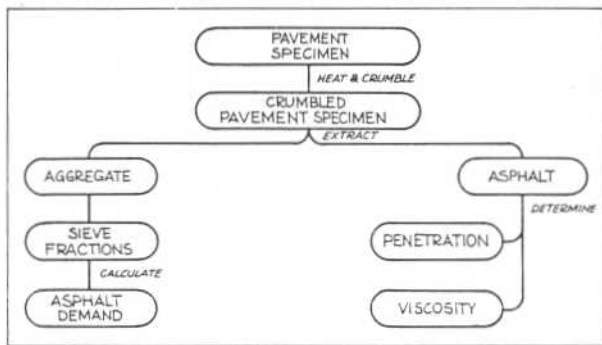
Per quanto riguarda le prove meccaniche da eseguire nell'ambito dello studio di formulazione risulta ancora più chiara l'impossibilità di basarsi unicamente sulle prove convenzionali come la Marshall la quale, mettendo in risalto le caratteristiche di rigidità del conglomerato ad alte temperature, tenderebbe ad orientare la formulazione verso un impiego di bitume duro ed in quantità moderata, mentre molto spesso la rigenerazione del conglomerato è possibile esattamente con criteri opposti.

Da ciò si è ricorso alla prova di creep, normalizzata dal C.N.R. che permette di valutare le proprietà meccaniche del conglomerato prima e dopo la rigenerazione in un campo più ampio di temperature. Lo studio di formulazione in un intervento di riciclaggio coinvolge pertanto una serie di problematiche nuove legate al:

- «tipo» di legante da utilizzare
 - «tenore» di legante da adottare
 - scelta della correzione granulometrica
- che sono però conseguenti all'aspetto più importante dello studio che si basa sulla «valutazione preliminare» del:

- tipo di riciclaggio» da eseguire

Ossia la scelta dell'intervento manutentorio che deve avvenire sulla base dell'analisi delle proprietà strutturali e dei fattori economici legati ad ogni tipo di intervento, nell'ambito di un programma organico e coordinato di manutenzione.



3. LA RICERCA DI LABORATORIO

Per evidenziare e valutare il comportamento dei leganti bituminosi modificati impiegati negli interventi di rigenerazione dei conglomerati mediante la tecnica del riciclaggio è stato effettuato presso il Laboratorio Centrale della società Autostrade uno studio analitico sul comportamento reologico di alcune classi di bitumi tal quali e modificati.

Si è valutata in particolare l'influenza degli additivi sulla struttura di base e di conseguenza sulle caratteristiche finali generali. Si sono impegnati due tipi di modificanti:

- bitumi ad alto tenore in aromatici
- agenti ringiovanenti

questi sono stati additivati al bitume di studio in diverse percentuali.

I bitumi aromatici reagiscono con i bitumi ossidati, operando in essi una azione rigenerante. Ciò è dovuto, alla riduzione per interazione chimica del contenuto in (C=O) presente nelle frazioni aromatiche.

Si ha un leggero incremento del rapporto (C/H) di tutte le altre frazioni presenti nella struttura che conferisce al prodotto una maggiore elasticità data dall'aumentare della lunghezza dei legami venutasi a formare. Ciò rappresenta una miglioria in quanto vengono a stabilirsi degli equilibri strutturali che danno al prodotto finale una più alta resistenza alle sollecitazioni termiche.

Gli agenti ringiovanenti, prodotti derivanti dalla chimica di sintesi, vengono aggiunti al bitume al fine di avere miscele rigeneranti che addivate ai leganti ossidati per invecchiamento creano in quest'ultimi delle strutture più stabili e resistenti alle sollecitazioni termiche e meccaniche. In particolare le miscele rigeneranti sono state prodotte usando due bitumi a basso contenuto in frazioni aromatiche, cioè con un tenore in asfaltini minore rispetto ai malten presenti.

Il bitume invecchiato impiegato per lo studio presenta, in

linea di massima, le caratteristiche medie dei leganti estratti da campionature di pavimentazioni autostradali. (*) Il legante è stato miscelato alla temperatura di 130 °C con bitumi aromatici di classe 130/150 e 180/200 nelle percentuali del 20% e 30% in peso. Tali miscele sono state sottoposte a prove di caratterizzazione i cui risultati riportiamo nella Fig. 1 e nel grafico 2.

Le miscele formulate con l'aggiunta di bitumi aromatici presentano nell'intervallo di temperature 40° - 60 °C (basse temperature) l'effettiva partecipazione delle frazioni aromatiche nel pacchetto strutturale del legante ossidato per invecchiamento. Le aggiunte del 20% e 30% di bitumi 130/150 e 180/200, rendono possibile la riacquisizione delle qualità meccaniche che il legante, tal quale, nella stessa fascia di temperature perde repentinamente.

Infatti, dal grafico si può vedere che entrambe le miscele al 20% di aromatico hanno lo stesso andamento reologico del legante di origine. Il quadro dei valori risultanti nel diagramma $\eta - T$, per quanto riguarda le miscele, evidenzia una loro maggiore suscettibilità termica rispetto al legante di partenza. Questo denota, parallelamente, un recuperare di elasticità ed una diminuzione della plasticità.

La maggiore percentuale di aromatico additivato porta ad un aumento di $\Delta\eta$, per le due miscele, nell'intervallo di temperatura 40°C - 60°C. Per entrambe le percentuali di leganti aromatici aggiunti, le miscele ricavate, risultano newtoniane.

Le reologie alle alte temperature delle miscele bitume invecchiato — aromatici per le additivazioni del 20% presentano una separazione negli andamenti delle viscosità all'incrementare della temperatura.

Infatti in tutto l'intervallo termico da 100°C a 180°C i tracciati per le miscele risultano quasi paralleli tra loro ed hanno una bassa suscettibilità termica rispetto al bitume di origine. Ciò significa, che la modifica apportata alla struttura chimica del legante di base dai bitumi aromatici crea una maggiore inerzia alle sollecitazioni termiche e di conseguenza una bassa variazione della viscosità all'aumentare delle temperature.

Per l'aggiunta del 30% di leganti aromatici si ha, in riferimento alla reologia del bitume invecchiato, un netto aumento delle caratteristiche protettive assunte dalle miscele in funzione delle frazioni aromatiche presenti. Da questo, si nota l'effettiva partecipazione dell'additivo quale modificante delle proprietà viscoplastiche di un bitume.

Per tale percentuale di aggiunta si vede un differente andamento dei tracciati riferiti al bitume 130/150 ed al 180/200. Si viene ad avere una maggiore inerzia alle alte temperature per il bitume di classe superiore ed una bassa variazione di viscosità.

Risulta che la differenza dei valori di viscosità delle miscele alle alte temperature, per il solo 10% di additivazione in più, si incrementano notevolmente da 2 a 4 volte.

3.1 Bitume invecchiato additivato con ringiovanenti

Sono state successivamente confezionate due miscele costituite da bitume invecchiato additivato con il 30% di leganti 80/100 e 180/200 a basso tenore in frazioni aromatiche contenenti il % di ringiovanente.

Alle prove le miscele hanno dato i valori riportati nella tabella di figura 4.

L'impiego di un prodotto ringiovanente nelle miscele rigeneranti costituite da bitumi 80/100 e 180/200 a basso tenore in frazioni aromatiche ha mostrato, per l'aggiunta del 30% nel legante invecchiato, gli andamenti reologici raffigurati nel grafico.

Le proprietà meccaniche e chimico-fisiche acquisite dalle due miscele, nell'intervallo di temperatura 40 °C-60 °C, evidenziano una più alta resistenza alle sollecitazioni termiche ed un prolungato mantenimento dell'elasticità.

I valori di viscosità a 60 °C risultano inferiori di un fattore 100 rispetto al legante di origine invecchiato. Tenendo conto che il ringiovanente impiegato nella miscela rigenerante è il 10%, risulta evidente il reale incremento delle caratteristiche reologiche assunte dal bitume di partenza.

Dal grafico si vede che le miscele mantengono un uguale andamento rispetto al legante di base nella fascia termica 400C-60°C.

Per le alte temperature la reologia delle miscele modificate con il ringiovanimento mostra, che per uguali percentuali di additivazione dei due leganti 80/100 e 180/200 a basso contenuto di aromatici, si ha un recupero delle qualità meccaniche e chimiche non più possedute dal legante degradato per invecchiamento. Dal grafico (fig. 5), si evidenzia un netto distacco tra le curve delle miscele ed il bitume di partenza. L'andamento delle viscosità in funzione della temperatura nell'intervallo 100 °C-180 °C presenta per le due attivazioni una bassa suscettibilità ed un'alta inerzia alle sollecitazioni termiche.

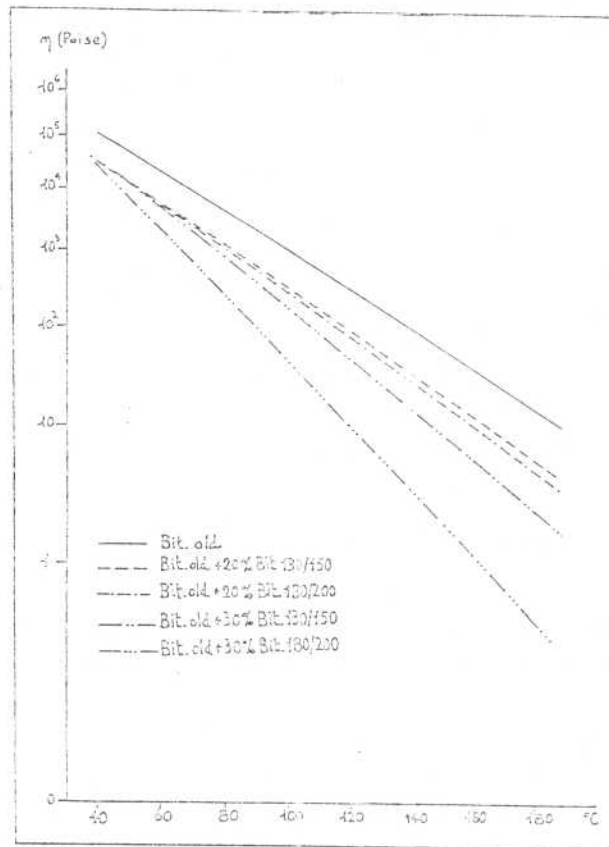


Fig. 5

3.2 Il metodo di estrazione

Il metodo impiegato per l'estrazione dei bitumi invecchiati, messo a punto dalla soc. Autostrade, consente di mantenere inalterate le caratteristiche del legante. Si riporta qui di seguito la metodologia eseguita:

tale metodo si prefigge di determinare mediante estrazione, senza alterare i valori chimico-fisici del bitume, il punto di rammolimento e la penetrazione partendo da un campione di miscela bituminosa.

Apparecchiatura:

- Estrattore rapido per conglomerati.
- Centrifuga a flusso continuo.
- Mantillo riscaldante adatto a contenere un pallone da 2000 ml.

- Pallone a fondo rotondo in Pyrex da 2000 ml. con collo a smerigliatura normalizzata SN 29/32 con un collo laterale inclinato a smerigliatura normalizzata SN 14/23.
- Termometro da 0 °C - 200 °C prec. 1°C con collo a SN 14/23.
- Refrigerante di Mohr inclino con giunti conici SN 29/32.
- Tubo in vetro con due giunti SN 29/32 maschio e femmina e derivazione a portagomma per il vuoto.
- Beuta a collo con smerigliatura normalizzata SN 29/32 da 1000 ml.
- Pompa a vuoto con regolatore di aspirazione con possibilità di vuoto minimo di 800 m.bar.

Fig. 4

TEST METHOD	Old bit.	Old bit. +20%B1*	Old bit. +20%B2**	Old bit. +30%B*	Old bit. +30%B2**
Softening point (R & B)	89	54	56	56.5	57.5
Penetration at 25°C	12	36	35	36.5	37
Penetration index	2.42	- 0.96	- 0.60	- 0.40	- 0.17
Stiffness point, Fraass	-2	- 6	- 5.5	- 6	- 6
Viscosity (°) Pa.s at 180°C	1.7	0.72	0.62	0.35	0.06
160°C	5	1.5	1	0.72	0.09
140°C	20	5	4	1.7	0.35
100°C	60	50	40	20	5
60°C	1700	700	690	650	200
40°C	19000	5000	49000	4500	4000

(*) Bitumen 130/150
 (**) Bitumen 180/200
 (°) Measured by Rheomat-30 rotational viscometer

Fig. 6

TEST METHOD	Old bit.	Old bit. +30%MR10*	Old bit. +30%MR10**
Softening point (R & B)	89	58	55.5
Penetration at 25°C	12	33	40
Penetration index	2.42	- 0.31	- 0.42
Stiffness point, Fraass	-2	- 5.5	- 6.5
Viscosity (°) Pa.s at 180°C	1.7	0.05	0.03
160°C	5	0.06	0.04
140°C	20	0.07	0.05
100°C	60	0.3	0.18
60°C	1700	11	9
40°C	19000	30	27

(*) Bitumen 80/100 + 10% rejuvenator
 (**) Bitumen 180/200 + 10% rejuvenator
 (°) Measured by Rheomat-30 rotational viscometer

Reagenti:

- Diclorometano puro per analisi p.e. = 39,8°C.

Procedimento:

si pesa un campione di conglomerato bituminoso in quantità tale da ottenere circa 100 g. di bitume estratto. Il campione pesato viene posto nell'estrattore rapido per conglomerati e si aggiungono 700 ml. di Diclorometano RPE si avvia l'estrazione e si procede fino a quando gli inerti sono completamente spogliati del bitume. Sull'estratto si separa l'inerte fillerizzato mediante centrifugazione. A questo punto il prodotto viene raccolto nel pallone di estrazione, introducendo qualche pezzo di vetro, si monta l'apparato creando un vuoto all'interno di 400 m.bar. Il prodotto deve essere scaldato fino a che si ha l'inizio della distillazione e ciò avviene a circa 32 °C - 33°C. La distillazione si considera quasi ultimata quando la temperatura del prodotto in estrazione supera i 35°C ed il vuoto si incrementa leggermente, da questo punto la temperatura aumenta progressivamente fino a 170 °C entro un tempo di 30 minuti; si deve fare attenzione in questo intervallo di tempo a non oltrepassare tale temperatura. Al termine della prova il vuoto deve avere raggiunto i 600 m.bar. Rapidamente si chiude il vuoto e si preleva il bitume dal pallone.

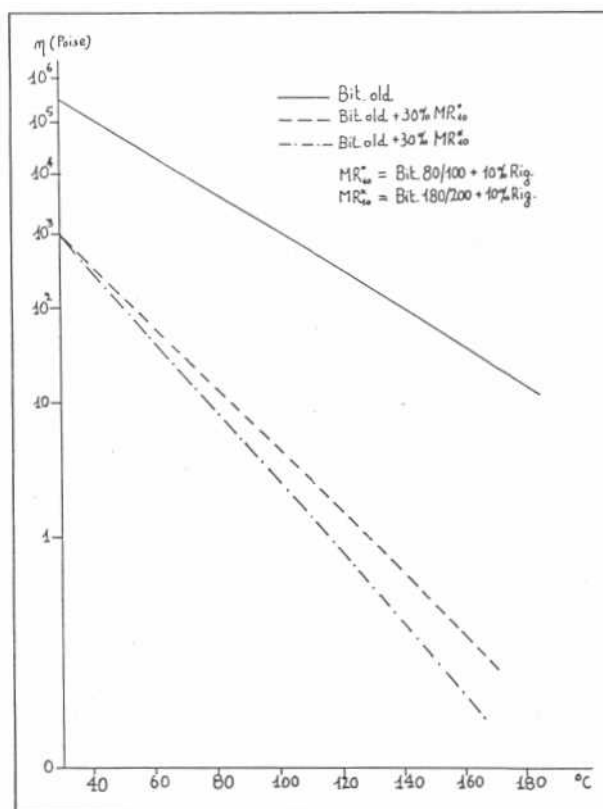


Fig. 7

CONCLUSIONI

La ricerca svolta ha messo in evidenza che l'aggiunta di bitumi aromatici ringiovanenti a leganti degradati conferisce a quest'ultimi caratteristiche tali da consentire il reimpiego nei lavori di riciclaggio in situ ed in impianto.

Resta inteso che il tipo ed il quantitativo di modificante da impiegare andrà individuato di volta in volta, in funzione del grado di invecchiamento raggiunto dai bitumi ossidati.

Dalle analisi reologiche effettuate sulle miscele, si sono riscontrati dei mutamenti strutturali che hanno evidenziato sul bitume modificato una maggiore resistenza alle sollecitazioni termiche ed un miglioramento delle qualità elastiche e plastiche alle basse ed alte temperature.

Con ciò, si ritiene che l'impiego di additivi appositamente preparati consente di reintegrare le carenze chimiche presenti in un legante invecchiato ristabilendone inoltre gli equilibri strutturali di origine.

Passando ad analizzare i vari tipi di miscele studiate si possono trarre le seguenti conclusioni:

I bitumi invecchiati miscelati con additivi quali bitumi aromatici e ringiovanenti hanno rivelato in generale una miglioria della suscettibilità termica, cioè un abbassamento del punto di rammollimento e del punto di rigidità.

I bitumi aromatici ed i ringiovanenti quali additivi, presentano, per le reologie alle basse temperature dei valori di viscosità inferiori a quelli del bitume di base.

Alle alte temperature le miscele bitume-modificanti possiedono una minore suscettibilità ed una maggiore inerzia alle sollecitazioni termiche.

BIBLIOGRAFIA

- 1) G. PERONI - S. PALLOTTA: Modifica strutturale e comportamentale dei bitumi additivati con polimeri SBS a tetracatena lineare. Tema 2, XIX Convegno Nazionale Stradale.
- 2) G. PERONI - S. PALLOTTA: La reologia dei bitumi modificati impiegati nei trattamenti superficiali e nelle operazioni di riciclaggio. Rivista "AUTOSTRADE" n° 10, Ottobre 1983.
- 3) S. PALLOTTA: I conglomerati bituminosi modificati. 1° Convegno Nazionale SITEB-ANCE, Roma - Dicembre 1984.
- 4) G. BATTIATO, G. PERONI, S. PALLOTTA: L'esperienza Montanari-Loro & Parinisi sull'autostrada del Sole; Rivista "AUTOSTRADE" n° 7/8, Luglio/Agosto 1984.
- 5) B. DE LA TAILLE - J.M. MULLER: Rhéologie des liants. Atti Eurobitume Symposium 1981, Cannes.