

SITEBSi srl

Rassegna del bitume

RIVISTA DEL SITEB-ASSOCIAZIONE ITALIANA BITUME ASFALTO STRADE

ESTRATTO DAL N° **12-13/89**

I leganti ed i conglomerati bituminosi modificati

Pietro Giannattasio

Università di Napoli, Dipartimento di Ingegneria dei Trasporti

I leganti ed i conglomerati bituminosi modificati

Pietro Giannattasio **

PREMESSA

Questa giornata di studio su "I leganti e i conglomerati bituminosi modificati" si incentra sui miglioramenti che è possibile apportare a un materiale di largo impiego nel campo dell'ingegneria civile e in particolare delle costruzioni stradali.

Si tratta del bitume, un materiale già conosciuto 3000 anni prima di Cristo in Mesopotamia e nella Valle dell'Indom dove veniva impiegato come legante nelle costruzioni murarie e stradali, e come strato impermeabile nei bagni dei templi e nelle cisterne d'acqua. Anche gli Egiziani adoperavano il bitume, naturalmente prelevandolo da depositi naturali.

La produzione del bitume per raffinazione del petrolio data invece dall'inizio di questo secolo: nel 1902 già si producevano negli Stati Uniti circa 20.000 tonnellate di bitume su scala industriale. Da allora lo sviluppo è stato enorme, soprattutto nel campo stradale, accompagnando di pari passo lo sviluppo della motorizzazione. Solo in Italia se ne impiegano attualmente oltre due milioni di tonnellate all'anno.

Lo sviluppo è dovuto indubbiamente alle straordinarie proprietà di questo materiale: è un potente legante, di pronta adesione, di elevata impermeabilità; è altamente resistente alla maggior parte degli acidi, degli alcali e dei sali; sebbene sia solido o semisolido a temperatura ordinaria, può essere prontamente liquefatto per riscaldamento, sicché è messo in opera in modo estremamente agevole, così come può essere altrettanto agevolmente asportato facendo uso di semplici piastre riscaldanti e, all'occorrenza, può essere anche riciclato.

La suscettibilità alla temperatura, che rende il bitume tanto attraente per la facile lavorabilità di cui si è fatto cenno, rappresenta però anche il suo principale difetto.

Il bitume è utilizzato, infatti, per la confezione di malte o conglomerati in cui funge da legante per trattenere insieme grani minerali di diversa forma o grandezza. Ora il mantenimento di questo legame richiede che non vi sia distacco tra la pellicola di bitume e il singolo grano, ossia che sia garantita l'adesione, e che non vi sia rottura all'interno della pellicola di bitume, ossia che sia garantita la coesione. E questo legame deve sussistere nelle diverse condizioni di esercizio in cui il materiale viene a trovarsi nel corso dell'anno: dalle basse temperature invernali che comportano il rischio di fragilizzazioni, alle alte temperature estive di giornate assolate, in cui si corre invece il rischio di vistose deformazioni plastiche o di trasudamento del bitume.

Il modificarsi delle caratteristiche del bitume con la temperatura rende praticamente impossibile la confezione di miscele che presentino un buon comportamento tanto alle basse che alle alte temperature, costringendo ad accontentarsi di soluzioni di compromesso.

La temperatura non è tuttavia il solo parametro da cui dipendono le caratteristiche meccaniche del bitume: trattandosi di un materiale viscoelastico il suo comportamento è molto sensibile alla velocità di applicazione dei carichi. Prolungate applicazioni dei carichi, ovvero bassa velocità dei veicoli su strada, producono deformazioni plastiche non trascurabili.

È naturale, per quanto si è sopra esposto, che in tutto il mondo siano stati compiuti sforzi per trovare dei correttivi dei bitumi, che conservandone i pregi, ne eliminassero, o quanto meno ne riducessero, gli inconvenienti.

Qualche beneficio si è ottenuto con il trattamento con aria soffiata a notevole temperatura per la formazione dei cosiddetti "bitumi ossidati"; ma la soluzione del problema risiedeva nella introduzione nei bitumi di sostanze ad alto peso molecolare in grado di aumentarne la viscosità e diminuirne la suscettibilità termica, migliorando nel contempo le caratteristiche elastiche. Sono così nati i bitumi *modificati*, nei quali gli additivi impiegati, tralasciandone alcuni talvolta adoperati, come lo zolfo, l'asfalto Trinidad e qualche altro, sono essenzialmente dei polimeri.

* Relazione introduttiva generale presentata al Convegno su *I leganti e i conglomerati bituminosi modificati*, Facoltà di Ingegneria e Dipartimento di Ingegneria dei Trasporti dell'Università di Napoli. SITEB, 4 novembre 1988.

** Professore ordinario di complementi di costruzioni di strade, Istituto di costruzioni di strade, ferrovie ed aeroporti, Università di Napoli. *Teoria e tecnica delle sovrastrutture stradali e ferroviarie* - Dipartimento di Ingegneria dei Trasporti.

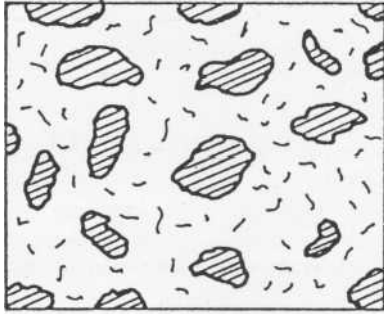
1. Comportamento dei bitumi modificati

La funzione di tali polimeri può essere compresa confrontando le Figure 1 a ed 1 b in cui sono schematicamente e approssimativamente rappresentati un bitume normale e un bitume modificato.

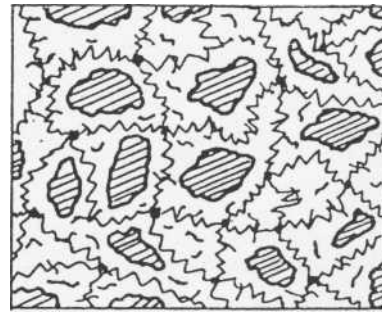
Il bitume, come è noto, può essere rappresentato come una dispersione di asfalteni (in figura elementi rotondeg-

gianti e scuri) ricoperti da resine in una fase continua costituita da oli (che insieme con le stesse resine sono raggruppati sotto il nome di malteni).

La viscosità del bitume dipende essenzialmente da quella propria degli oli. La presenza di sostanze a più alto peso e complessità molecolare, quali sono i polimeri (vedi Fig. 1 b), aumenta la viscosità richiedendo un tempo più lungo o una temperatura più elevata per poter "disticare" le lunghe catene polimeriche e rendere quindi più fluido il materiale.



(a)



(b)

Fig. 1. Rappresentazione schematica di un bitume normale (a) e di un bitume modificato (b).

La presenza di catene lunghe comporta non solo un aumento della viscosità ma anche una minore variabilità di tale viscosità con la temperatura, cioè una minore suscettibilità termica.

Per comprendere questo comportamento, si considerino due bitumi, uno normale e l'altro modificato, che si trovano alla stessa temperatura T alla quale presentano la stessa viscosità. Un aumento di temperatura ΔT procurerà un certo aumento della fluidità nel primo ed un aumento minore nel secondo, dato che la presenza di catene lunghe nel bitume modificato rende più difficoltosi gli scorrimenti: quest'ultimo sarà dunque meno suscettibile alla temperatura del bitume normale.

L'elasticità del bitume modificato risente positivamente del contributo elastico impartito al sistema dalle lunghe catene del polimero, sicché essa risulta migliore di quella del bitume normale.

Le differenze di comportamento illustrate per i bitumi, normali e modificati, si verificano, naturalmente, anche nei conglomerati confezionati con tali bitumi, riscontrandosi in presenza di bitume modificato una maggiore consistenza, ossia una più alta viscosità, una minore suscettibilità alla temperatura, migliori doti elastiche.

Il diverso comportamento reologico può essere evidenziato dalla rappresentazione del cosiddetto "modulo complesso", un modulo pseudoelastico che compendia le caratteristiche viscoso e quelle elastiche dei conglomerati bituminosi e che viene correntemente utilizzato nel calcolo razionale delle pavimentazioni flessibili.

È noto che un materiale elastico può essere schematizzato mediante una molla (Fig. 2 a) e che la relazione che lega la sollecitazione alla deformazione è del tipo:

$$\sigma = E \epsilon$$

in cui E è la costante elastica.

Un materiale viscoso è, invece, rappresentabile mediante un ammortizzatore (Fig. 2 b), per il quale la relazione fra sollecitazione e deformazione è del tipo:

$$\sigma = \eta d\epsilon/dt$$

dove η è la costante viscosa.

Un materiale viscoelastico, quell'è il conglomerato bituminoso, può essere rappresentato mediante un modello costituito da una molla e un ammortizzatore in parallelo (Fig. 2 c), in cui:

$$\sigma = E \epsilon + \eta d\epsilon/dt$$

Considerando ora che la sollecitazione σ , come accade sulla strada al passaggio di una ruota, vari nel tempo con legge sinusoidale (Fig. 3), e che la deformazione ϵ vari con legge dello stesso tipo, si ha:

$$\sigma = E \epsilon_{\max} \sin \omega t + \eta \epsilon_{\max} \omega \cos \omega t$$

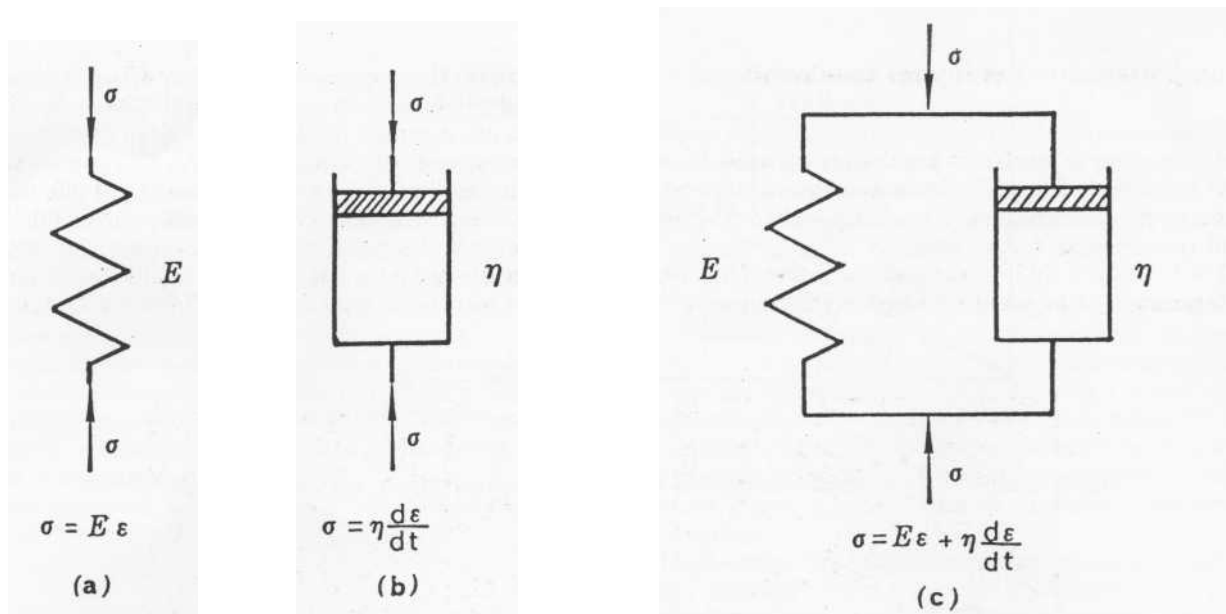


Fig. 2. Modelli meccanici di funzionamento di un materiale elastico (a), di un materiale viscoso (b) e di un conglomerato bituminoso (c).

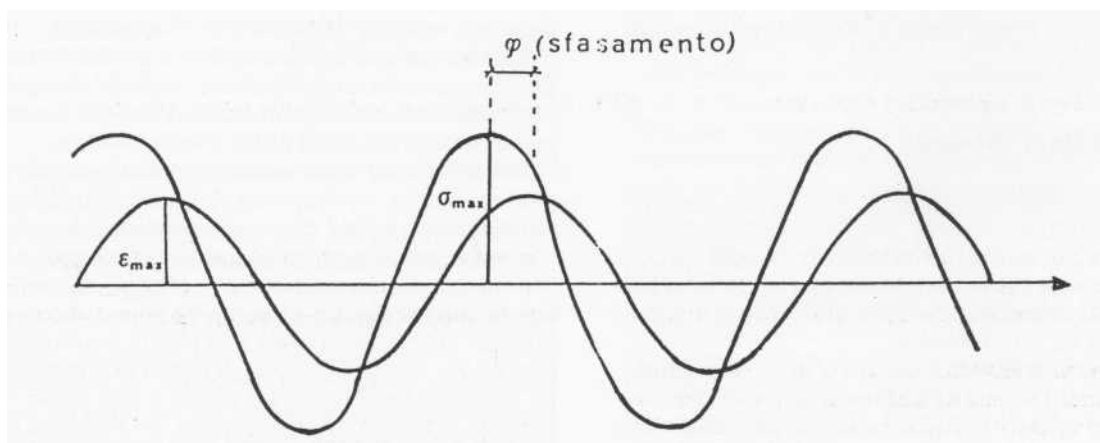


Fig. 3. Andamento della sollecitazione σ e della deformazione ϵ nel tempo.

Sulla base delle notazioni vettoriali si definisce quindi il valore del *modulo elastico complesso*:

$$E^* = E_1 + i E_2$$

in cui E_1 rappresenta la componente elastica ed E_2 la componente viscosa, mentre $|E^*| = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$ rappresenta il cosiddetto "valore assoluto del modulo complesso" che viene introdotto nei calcoli.

In Figura 4 il modulo elastico complesso di un conglomerato confezionato con bitume modificato è posto a confronto con quello del corrispondente conglomerato normale: si nota che il primo modulo è più grande del secondo sia nel valore assoluto che nelle sue componenti, e ciò in conseguenza del fatto che il polimero migliora, come si è già accennato, sia la viscosità che l'elasticità.

Il vantaggio che si trae dall'avere un elevato modulo è che le deformazioni che si verificano nella struttura al passaggio dei carichi sono più piccole e quindi il materiale è meno sollecitato a fatica. A ciò aggiungasi che, come è stato riscontrato da diversi ricercatori, la presenza dei polimeri fa aumentare anche la "resistenza" intrinseca alla fatica.

In definitiva il conglomerato risulta contemporaneamente intrinsecamente più resistente e per giunta meno sollecitato, realizzandosi così il primo importante vantaggio derivante dall'impiego dei bitumi modificati: *la maggiore durata nei confronti del fenomeno di fatica*.

Le migliorate caratteristiche viscose rendono inoltre il conglomerato più resistente alle deformazioni viscoplastiche, cosicché si realizza anche il secondo importante vantaggio: *la riduzione del fenomeno delle ormaie*.

L'avvento dei bitumi modificati, oltre al sensibile miglio-

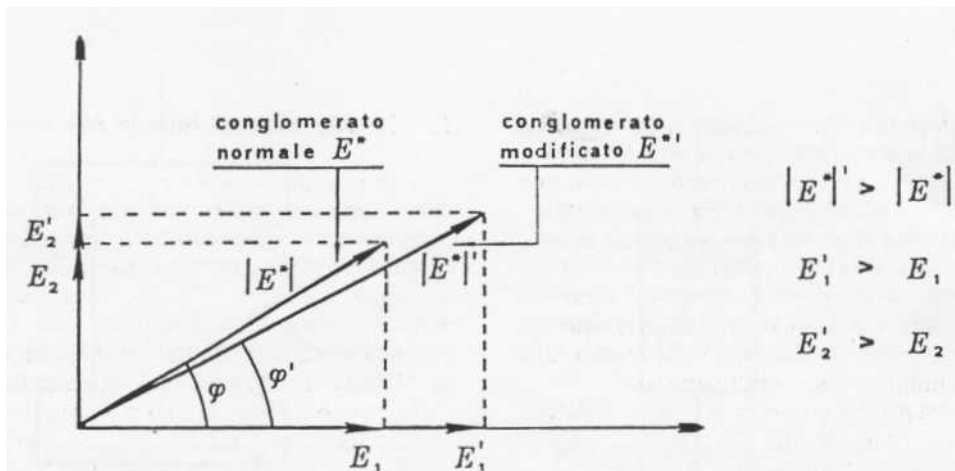


Fig. 4 Confronto fra i moduli complessi di un conglomerato modificato e un conglomerato normale.

ramento del comportamento delle sovrastrutture stradali ordinarie di cui si è detto, ha consentito lo sviluppo di nuove tecnologie quali:

- le pavimentazioni drenanti e fonoassorbenti;
- le pavimentazioni impermeabili e altamente resistenti per impalcato di ponti.

2. Pavimentazioni drenanti

Le pavimentazioni drenanti sono caratterizzate dall'elevata porosità dello strato di usura, che raggiunge valori dell'ordine del 20%, di modo che in caso di pioggia l'acqua anziché scorrere sulla superficie, come normalmente accade, penetra e scorre nell'interno dello strato fino ai margini della carreggiata da cui fuoriesce.

La presenza di una idonea mano di attacco impermeabile stesa fra lo strato di usura e il sottostante strato di collegamento (binder) evita la percolazione nell'interno degli strati inferiori.

L'esigenza di tale tipo di pavimentazioni era già sentita da molti anni, in particolar modo sulle piste aeroportuali dove, per l'elevata velocità degli aerei e la modesta capacità di smaltimento delle acque piovane (dipendente dalla notevole larghezza e dalla lieve pendenza della sezione trasversale), vi è il concreto rischio che si verifichi il temibile fenomeno dell'idroscivolamento (aquaplaning), ossia della quasi totale perdita dell'aderenza.

Perciò diversi tentativi sono stati fatti in passato in vari paesi del mondo per eseguire dei manti con caratteristiche drenanti e qualche significativa realizzazione è stata effettuata anche in Italia; ma, mentre è stato possibile pervenire a delle buone formulazioni della granulometria degli inerti, la inadeguatezza dei bitumi ordinari ha reso troppo poco durevoli tali manti. Difatti l'alta percentuale di vuoti dei manti drenanti comporta una minore estensione delle zone di contatto fra gli inerti lapidei e quindi una maggiore sollecitazione del legante interposto fra tali zone; inoltre l'ossidazione del bitume e cioè l'invecchiamento è più rapido.

I bitumi modificati sono in grado di far fronte a questi problemi, da una parte perché, come si è visto, sono più

resistenti dei bitumi ordinari e dall'altra perché la loro migliore resistenza alle deformazioni plastiche ne consente l'impiego in maggiori percentuali rispetto al peso degli inerti permettendo la formazione di film di rivestimento degli inerti stessi più spessi e quindi meno invecchiabili.

L'utilità dei manti drenanti non è però limitata alle sole pavimentazioni aeroportuali ma riguarda, in maniera fondamentale, anche le pavimentazioni stradali essenzialmente per motivi di sicurezza ed ecologici.

Sotto l'aspetto della sicurezza, che è certamente quello più importante, va osservato che l'adozione dei manti drenanti non solo evita il citato fenomeno dell'idroscivolamento che in caso di piogge molto forti si verifica anche sulle strade, ma comunque fornisce con piogge di medio-alta intensità una più elevata aderenza tra pneumatico e pavimentazione. Inoltre, cosa forse non meno importante, evita la formazione di quella nebbia di acqua polverizzata che viene sollevata dalle ruote dei veicoli e che risulta di grande pericolo in fase di sorpasso. Infine, va ricordata la diminuzione del riverbero su strada bagnata con vantaggio per la visibilità notturna.

Sotto l'aspetto ecologico va notato che l'elevata percentuale di vuoti conferisce al conglomerato caratteristiche fonoassorbenti che si esplicano sia per quanto riguarda il rumore di rotolamento dei pneumatici che risulta ridotto, che per quanto riguarda l'assorbimento del rumore prodotto dal motore. La riduzione del rumore misurata è dell'ordine di 3-4 decibels rispetto alle pavimentazioni in conglomerato bituminoso ordinario e di circa 10 decibels rispetto alle pavimentazioni in calcestruzzo cementizio.

3. Pavimentazioni per ponti

Le pavimentazioni dei ponti hanno manifestato in genere due tipi di inconvenienti.

Il primo consiste in una insufficiente impermeabilità all'acqua con la conseguenza di un rapido deterioramento della struttura dell'impalcato in cemento armato.

Il secondo inconveniente che si è verificato è una scarsa durata, dovuta sia al fatto che la pavimentazione, per l'es-

sere appoggiata su di un impalcato sospeso nell'atmosfera anziché su di un sottofondo in terra, è sottoposta a escursioni termiche più intense con pericolo di rottura per fragilità in inverno e di eccessive deformazioni plastiche in estate, sia al fatto che la pavimentazione è costretta a seguire le continue inflessioni della soletta d'impalcato.

Entrambi gli inconvenienti sopramenzionati possono essere sensibilmente ridotti con l'impiego di bitumi modificati sia nella cappa impermeabilizzante stesa sulla soletta che nei conglomerati bituminosi degli strati superiori.

La minore sensibilità alla temperatura e la minore deformabilità plastica consentono, infatti, di realizzare conglomerati molto chiusi (vuoti dell'ordine del 4%) praticamente impermeabili in quanto ricchi di bitume, senza pericolo di eccessive deformazioni plastiche.

Le stesse proprietà, unite alle buone doti di elasticità, migliorano anche, e in modo sensibile, la durata.

4. Impieghi diversi

Tra gli altri impieghi dei bitumi modificati si ricordano:

I trattamenti superficiali, caratterizzati dal possedere doti di aderenza col pneumatico particolarmente elevate e in cui la presenza del bitume additivato contribuisce a conferire la necessaria maggiore resistenza alle sollecitazioni tangenziali prodotte dal traffico pesante.

Si ricordano inoltre alcuni tipi di conglomerati bituminosi speciali in cui, per l'elevato costo degli inerti, si esige una notevole durata, risultando perciò opportuno l'impiego di bitumi modificati:

conglomerati con aggregato bianco, utili per migliorare la visibilità in condizioni di scarsa visibilità e, quindi, adoperati principalmente in galleria;

conglomerati con argilla espansa, caratterizzati da un basso peso/volume, da buone doti di coibentazione e da una discreta fonoassorbente. Il loro impiego risulta particolarmente vantaggioso sui ponti, sia per ridurre l'appesantimento della struttura, sia quando, in zone fredde, si vuole evitare il rischio che gli impalcati divengano zone preferenziali per la formazione di superfici ghiacciate a causa della bassa temperatura della soletta, ben minore di quella dei sottofondi in terra.

Si richiama, infine, l'impiego dei bitumi additivati nelle *sigillature* di lesioni e nei giunti *dei ponti*, in cui sono richieste elevate doti di elasticità.

5. Considerazioni conclusive

Nella presente relazione generale introduttiva sono state sinteticamente richiamate le esigenze di perfezionamento delle pavimentazioni flessibili e le possibilità offerte di proposito dai bitumi additivati, dei quali sono stati brevemente esposti i principi costitutivi e le caratteristiche funzionali.

Nei rapporti dei valenti relatori degli specifici temi di questa "Giornata di Studio" tali argomenti vengono ripresi e integrati con gli aspetti tecnici e tecnologici del problema, mostrando i diversi tipi di additivi esistenti, i metodi di confezionamento delle miscele e i risultati conseguiti.

È opportuno solo qui sottolineare l'importanza che riveste il problema oggetto del convegno, per i risvolti sulla sicurezza e per le implicazioni di carattere ambientale ed economico.

Degli aspetti della sicurezza ed ecologico e dei relativi benefici ottenibili con l'impiego del bitume additivato già si è detto. Per quanto concerne l'aspetto economico va evidenziato che se è vero che il costo di questo materiale è indubbiamente maggiore, l'aumento percentuale della spesa dell'opera nella quale esso viene impiegato appare modesto in rapporto ai benefici che si possono conseguire; senza contare, in taluni casi, i risparmi e i minori disagi agli utenti derivanti dai minori interventi manutentori.

Ad esempio, per le pavimentazioni drenanti si parla oggi di un maggior costo dello strato di usura dell'ordine del 70% che corrisponde ad un maggior costo dell'intera pavimentazione solo del 10-15%; per le pavimentazioni dei ponti l'aumento di costo è pure notevole se raffrontato a quello delle pavimentazioni ordinarie, ma è del tutto irrisorio se paragonato al costo dell'impalcato da proteggere.

Va osservato, infine, che lo sviluppo di queste nuove tecnologie richiede, indubbiamente, il prosieguo delle ricerche volte a una migliore caratterizzazione dei materiali sotto l'aspetto dei parametri che intervengono nella progettazione, la normalizzazione di metodi di prova efficaci, l'osservazione del comportamento nel tempo in relazione agli aspetti economici; ma le esperienze positive finora avutesi in vari paesi e su alcune nostre autostrade fanno ritenere tali tecnologie molto promettenti e particolarmente interessanti per la nostra regione nella quale è in atto un programma di costruzioni stradali di grande importanza tecnica e di notevolissimo rilievo economico.

BIBLIOGRAFIA

- 1) D. MAIONE, A. MONTELLA, V. CASTAGNETTA "Nuovi tipi di interventi con conglomerati bituminosi nelle pavimentazioni delle piste aeroportuali". Bollettino d'informazione tecnica IP, n. 1, 1977.
- 2) P. GIANNATTASIO, P. PIGNATARO "La caratterizzazione dei conglomerati bituminosi". Scuola di Specializzazione in Infrastrutture Aeronautiche. Napoli 1984.
- 3) V. CASTAGNETTA "La ricerca tecnologica nel settore dei bitumi". Rassegna del Bitume n. 2, 1985.

- 4) V. CASTAGNETTA "I trattamenti superficiali a freddo con emulsioni bituminose modificate". Bollett. Inform. Tecn. n. 1, 1985.
- 5) L. PELUSO "I leganti bituminosi modificati". Rassegna del Bitume n. 2, 1985.
- 6) L.T. BALDASSARRI "La chimica dei bitumi ed il miglioramento delle strade". La chimica e l'industria, aprile 1985.
- 7) S. PALLOTTA, G. PERONI "The behaviour of modified bituminous binders in on-site and laboratory interventions". III Eurobitume Symposium, The Hague, 1985.
- 8) G. NIEVELT "Ten years experience with the production of asphalt mixes with high stability with homogeneous polymer modified binders produced according to the Novophalt process". III Eurobit. Symp. 1985.
- 9) J. WIERTZ, R. DEGEIMBRE "Dosage des polymeres SBS et APP dans les bitumes modifies". III Eurob. Symp. 1985.
- 10) S. PALLOTTA "I trattamenti superficiali a caldo". Rassegna del Bitume n. 2, 1985.
- 11) V. CASTAGNETTA "I trattamenti superficiali a freddo". Rassegna del Bitume n. 2, 1985.
- 12) S. PALLOTTA "I conglomerati bituminosi modificati". Rassegna del Bitume n. 2, 1985.
- 13) P.I.G. D'AMORE "Membrane per impermeabilizzazione a base di bitume-polimero". Rassegna del Bitume n. 2, 1985.
- 14) K.H. KOLB "Laboratory eval. of polymer-modified bitumen and polymer-modified asphalt". III Eurob. Symp. 1985.
- 15) G. PERONI, S. PALLOTTA, G. LEGNANI "Modified bitumens". III Eurobit. Symp. 1985.
- 16) G. RAIMBAULT, J.D. BALADES, A. FAURE-SOULET "Quatre experimentations frangises de chaussees poreuses". Bull. Liaison Labo P. et Ch., n. 137, 1985.
- 17) G. NIEVELT, E. ZIRKLER "Austrian experience with thin asphalt layers for the rehabilitation of comment-concrete motorways". III Eurobit. Symp., 1985.
- 18) J. BONNOT, F. PEREZ "Materiaux bitumineux speciaux". Bull. Liaison Labo P. et Ch., n. 144, 1986.
- 19) P. YJEW, R.T. WOODHAMS "Poletilene-modified botumens for paving applications Asphalt Paving Technologist, 1986.
- 20) G. PERONI, S. PALLOTTA "Ricerche sul futuro impiego operativo di bitumi modificati per la realizzazione di pavimentazioni ad alte prestazioni". Convegno Naz. Stradale, Cagliari 1986.
- 21) G. NIEVELT "Liants hydocarbones". XVIII Congres Mondial de la route, Bruxelles 1987.
- 22) G. NIEVELT "Materiaux bitumineux pour l'entretien". XVIII Congr. Mond. de la Route, Bruxelles 1987.
- 23) J. BROUWERS, G. NIEVELT "Enduits superficiels". XVIII Congr. Naz. de la Route, Bruxelles 1987.
- 24) G. COSTANTINIDES, C. LOMI, N. SHORAMEK "Mescole di bitumi con polimeri. Conoscenze attuali e ricerche future". Rassegna del Bitume n. 5, 1987.
- 25) G. RASILE "Additivazione di un conglomerato bituminoso con elastomeri per il rifacimento di una pista di volo". Edilizia Militare, n. 21-22, 1987.
- 26) E. DIANI, L. GARGANI "Le gomme termoplastiche nelle pavimentazioni stradali". Costruzioni Strade Cantieri, n. 3&, 1988.
- 27) M. HUET, A. BAUCHERON DE BOISSODY, A. BAUDIN, J. SAMANOS "Experimentation d'enrobes drainants au manège de fatigue de Nantes". Revue Gen. des Routes et Aerodr. n. 652, 1988.
- 28) Y. DELANNE, R. LEBRET "Efficacite acoustique des enrobes drainants". Rev. Gen. Routes Aerodr. n. 653, 1988.
- 29) F. ABBRUZZESE "Pavimentazioni drenanti antiskid". Le Strade, luglio-agosto 1988.