

**SITEBSi srl**

# Rassegna del bitume

**RIVISTA DEL SITEB-ASSOCIAZIONE ITALIANA BITUME ASFALTO STRADE**

ESTRATTO DAL N° **02/86**

**Avanzata tecnologia del bitume: un'applicazione sperimentale  
dell'Anas di Firenze**

*Marcello Lollobattista*

# Avanzata tecnologia del bitume: un'applicazione sperimentale dell'Anas di Firenze

Ing. Marcello Lollobattista

## 1. Sommario

Con la *presente sperimentazione* è stata *provata* una nuova tecnologia del bitume che *tende a migliorare il comportamento* dei conglomerati bituminosi.

Con ciò si è inteso *migliorare le caratteristiche prestazionali delle pavimentazioni al fine di aumentare i tempi di intervento manutentorio e di abbassare i relativi costi.*

*In particolare* è stata modificata *la struttura chimica del bitume* con l'uso di un *prodotto di origine organica*, denominato PAVICHIM, che oltre ad essere *impiegato come agente di riciclaggio* offre il vantaggio che miscelato in *piccole percentuali* a bitumi tal quali *modifica questi in leganti bituminosi* con minore suscettibilità *termica*, con *maggior intervallo di elastoplasticità*, *maggior resistenza meccanica*, e con *miglior adesione e coesione.*

Lo studio ha consentito di *valutare le migliori tecniche scaturite dall'uso di questo prodotto* ed *ha permesso di creare le basi per una quantizzazione del risparmio energetico economico* derivante da *tale processo.*

## 2. Obiettivo dello studio

Il notevole sviluppo della *rete* viabile, l'entità crescente dei carichi per asse consentiti, la crisi energetica e il degrado ecologico in atto, impongono di utilizzare le miscele bituminose per uso stradale le cui caratteristiche di qualità possano abbattere gli oneri di manutenzione a salvaguardia della efficienza, della sicurezza e della economicità.

Per questi ed altri motivi le ricerche sulle miscele bituminose con tutti i problemi di natura chimica e tecnologica ad esse collegati, hanno trovato negli ultimi anni interesse in ogni parte del mondo:

il criterio seguito è quello di un impiego più razionale dei materiali volendone esaltare la qualità all'atto della realizzazione ed offrendo in tal modo un fondamentale contributo alla soluzione di problemi economici, energetici ed ecologici.

In questa direzione negli ultimi anni sono state svolte ricerche di laboratorio e prove sperimentali su strada con l'intento di risolvere quelle problematiche presenti nei bitumi stradali, quali eccessiva suscettività termica ed eccessiva fragilità a basse temperature.

Da tali difficoltà si è cercato di ottimizzare la tecnologia del bitume, utilizzando particolari additivi che, non penalizzando l'aspetto economico, riescono ad intervenire sul materiale migliorandone le prestazioni.

In tale contesto e con questa finalità il Compartimento ANAS di Firenze ha realizzato un tratto sperimentale (1) sulla Superstrada di Grande Collegamento FIRENZE-PISALIVORNO al fine di esaminare la validità dell'uso del pro-

dotto PAVICHIM, il quale, presente in piccole percentuali di additivazione nel bitume, consente a parità di prestazioni l'impiego di materiali meno pregiati.

Si può altresì pensare di impiegare il prodotto, rinunciando ai precedenti vantaggi, per conferire alla miscela una più alta Stabilità Marshall (incremento di circa il 50% rispetto ad un normale conglomerato) senza tuttavia irrigidirla.

Si ha in pratica un aumento della resistenza ed una notevole riduzione della deformabilità a carico costante dei conglomerati bituminosi.

In tal modo viene incrementata la vita a fatica della pavimentazione consentendo, a parità di spessore, un numero maggiore di ripetizioni di carico (incremento di circa il 70%).

La caratteristica principale di tale additivo, è quella di aumentare la rigidezza del legante alle alte temperature e di diminuirle alle basse, evitando la formazione di deformazioni di tipo viscoplastico nei periodi caldi e l'insorgere di fessurazioni a causa della eccessiva fragilità del legante bituminoso, nelle stagioni fredde.

Tuttavia, questi aspetti per così dire migliorativi del prodotto, anche se determinati da un'ampia sperimentazione di laboratorio permetteranno un confronto di verifica su strada dopo aver sottoposto il trattamento ad un periodo di esercizio e di stress dovuto al clima ed al traffico.

Per questo l'ANAS di Firenze ha deciso di verificare, mediante prove in sito, i miglioramenti tecnici ed economici conseguibili mediante, l'impiego di tale prodotto come agente modificante del bitume.

(1) Si ringrazia in tale contesto l'Impresa Sticea di Pisa per la preziosa collaborazione offerta.

### 3. Prodotto impiegato.

La tecnologia PAVICHIM è impiegata nella ricerca e nello sviluppo delle applicazioni chimiche per un più razionale impiego dei bitumi. Il risultato è un bitume modificato sintesi di un processo di polimerizzazione di un normale bitume. (Foto 1).

Dall'analisi spettrofotometrica all'infrarosso, metodologia che consente di determinare qualitativamente e quantitativamente i gruppi funzionali presenti nella struttura del prodotto è stato possibile rilevare la presenza dei seguenti componenti organici.

- Asfalterai	2% peso
- Paraffine e nafteni	: 13% »
- Polari	: 37% »
- Aromatici	58% »

Le caratteristiche chimico-fisiche del prodotto sono risultate essere le seguenti:

Peso specifico a 25/25°C	0.920
Solubilità in Tricloroetilene	99,8%
Viscosità a 60°C (Poise)	0,52
Punto di infiammabilità v.a.	221°C
Numero di neutralizzazione	1.7
Contenuto di azoto	1.2%
Contenuto di acqua	0.1%

Le figure 1,2,3 e 4 rappresentano come, in ordine generale, il prodotto modifica il comportamento di un conglomerato bituminoso tal quale: incremento della stabilità, mancanza di irrigidimento della miscela, positiva inversione di tendenza del modulo elastico con la temperatura.

Fig. 1

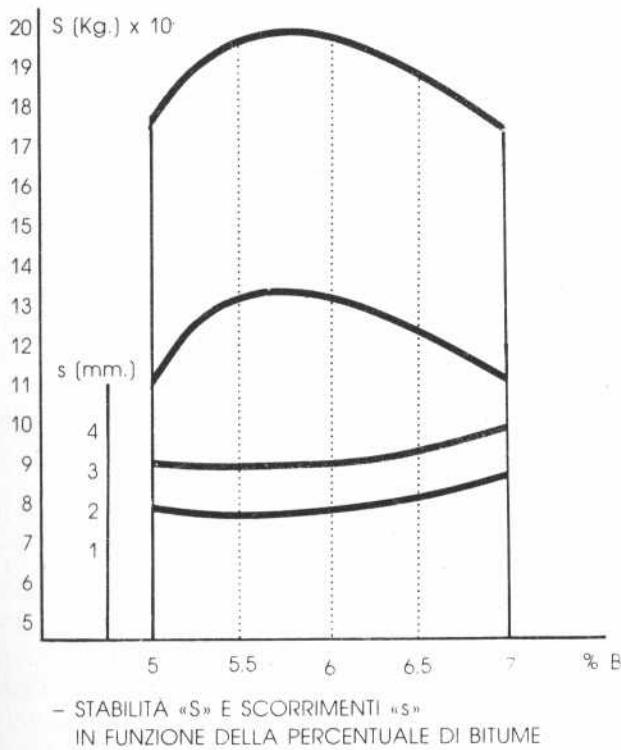
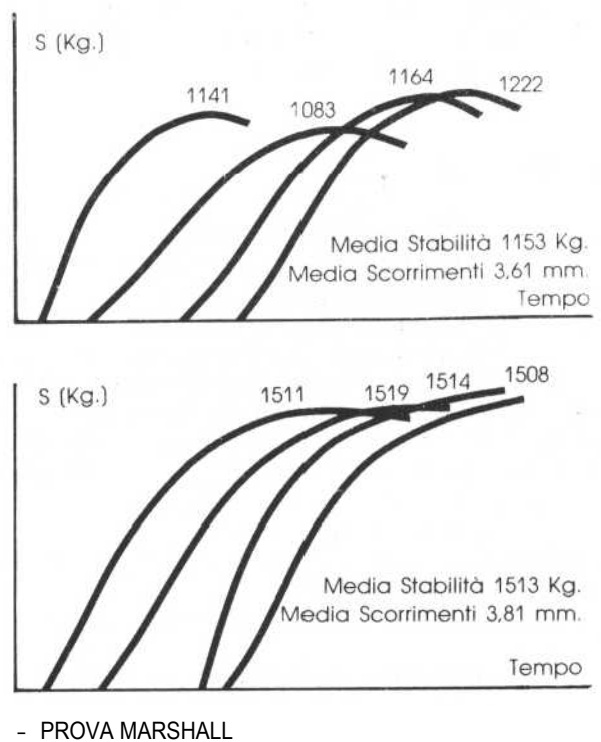
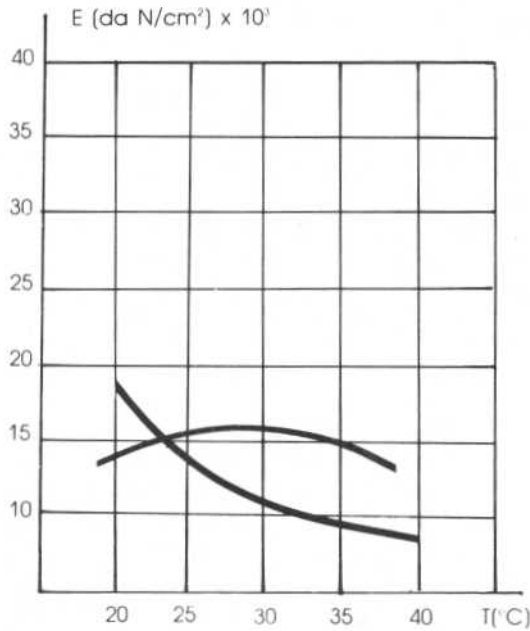


Fig. 2





- MODULO ELASTICO E TEMPERATURA  
NELLA PROVA DI CREEP STATICO.

Fig. 3

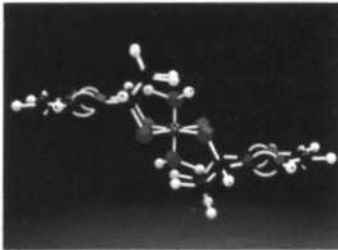


Foto n. 1



Foto n. 2

## STABILITÀ MARSHALL

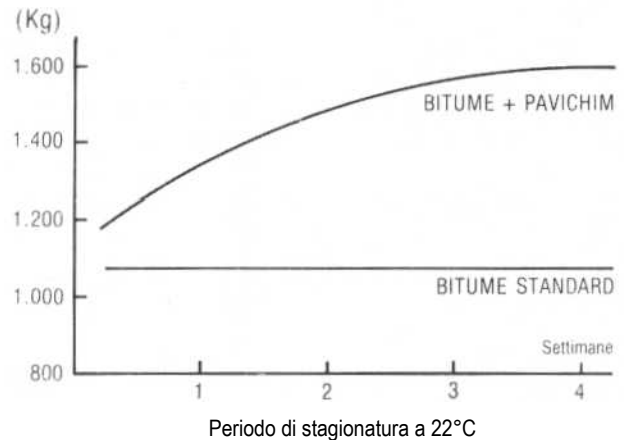


Fig. 4

## 4. Valutazione dei materiali e determinazione della miscela.

### 4.1. Aggregati

Lo spirito delle sperimentazioni è quello di esaminare il comportamento di materiali tradizionali negli strati di base (13 cm), binder (4 cm) ed usura (3 cm) modificati dalla presenza del PAVICHIM laddove le problematiche inerenti al traffico pesante sono particolarmente esasperate.

La produzione di conglomerato bituminoso è stata preceduta da un'attenta analisi di laboratorio che oltre a definire accuratamente la formulazione degli impasti è servita a riconoscere i materiali utilizzati.

Il bitume di tipo 80/100 è stato miscelato progressivamente con una semplice pompa durante lo scarico del bitume nel serbatoio, con il prodotto modificante, in ragione di 1 a 15.

Successivamente la miscela è stata rimescolata con un sistema a circolazione.

Partendo dalla formulazione di impasto ottenuta nello studio di fattibilità sono state effettuate due successive prove di produzione dell'impianto ed i relativi controlli di composizione e caratteristiche del conglomerato pervenendo a risultati soddisfacenti (Foto 2 e 3).

La qualità degli aggregati della formulazione di un conglomerato bituminoso stradale è di primaria importanza per ottenere miscele con buoni requisiti di Stabilità e deformabilità.

Elenchiamo qui di seguito la qualità dei materiali impiegati e la formulazione della miscela.

Con l'inerte a disposizione, di tipo alluvionale, dopo un primo tentativo di composizione dal fuso, Tav. 1, si è passati ad una nuova formulazione, Tav. 2 che desse una mi-

scelta più corretta dal punto di vista meccanico; infatti con questo fuso, come si potrà vedere più avanti il valore di stabilità Marshall si attesta a 1138 kg. mentre la rigidezza è di 446 kg/mm.

Il guadagno in termini di stabilità e di rigidezza, sono stati ottenuti con l'uso dell'additivo.

Dalle prove del coefficiente di frantumazione, peso specifico e «Los Angeles» sono emersi i seguenti risultati;

COEFF. FRANT.	PESO SPEC.	«LOS ANGELES»
138	2.70	20.5

#### 4.2 Bitume

Il bitume è un materiale viscoso, elastico e plastico sensibile alla temperatura e l'industria petrolifera offre una vasta gamma di leganti bituminosi per far fronte alle più svariate esigenze applicative.

Tuttavia a fronte del crescente sviluppo di questi impieghi e, in particolare delle applicazioni più severe ed impegnative, si è posta l'opportunità di modificare le proprietà reologiche dei leganti bituminosi normali e, in primo luogo, quella di ridurre la loro suscettività termica, cioè innalzare il loro punto di rammollimento ed abbassare il punto di rottura Fraass, ovvero, in sostanza, aumentare l'«indice di penetrazione» ed allargare l'«intervallo di elasto-plasticità».

Inoltre la viscosità non dovrà risultare troppo bassa per temperature inferiori ai 20°C per non causare una fragilità della pellicola sull'inerte e di conseguenza fessurazioni della pavimentazione sotto carico.

Altro inconveniente presentato dal bitume è la sua capacità di «invecchiare».

Questo è un processo dovuto alla perdita di frazioni volatili ed a trasformazioni nella struttura molecolare che se esasperate portano ad un progressivo aumento di fragilità e rottura della pellicola.



Foto n. 4



Foto n. 3

Come si può notare le sue qualità lo caratterizzano come un *prodotto polivalente* in grado di interagire con qualsiasi altro materiale. Tuttavia l'evoluzione industriale avuta in questo secolo ha reso determinante il caratterizzare le qualità prestazionali del bitume presente in un «microclima ambientale» sempre più aggressivo ed in presenza di sforzi a fatica dovuti ad un traffico pesante in evoluzione.

A questo punto ci si è resi conto che questo prodotto presenta un punto critico definibile come «il tallone di Achille» dovuto alla sua variazione della suscettività termica confermata dal rapido incremento presente nel diagramma delle temperature rapportate alla viscosità.

La rapida evoluzione della reologia presente in un bitume, dopo un non lungo periodo di esercizio, mostra i motivi per cui si vengono a presentare fenomeni di degrado superficiali delle pavimentazioni.

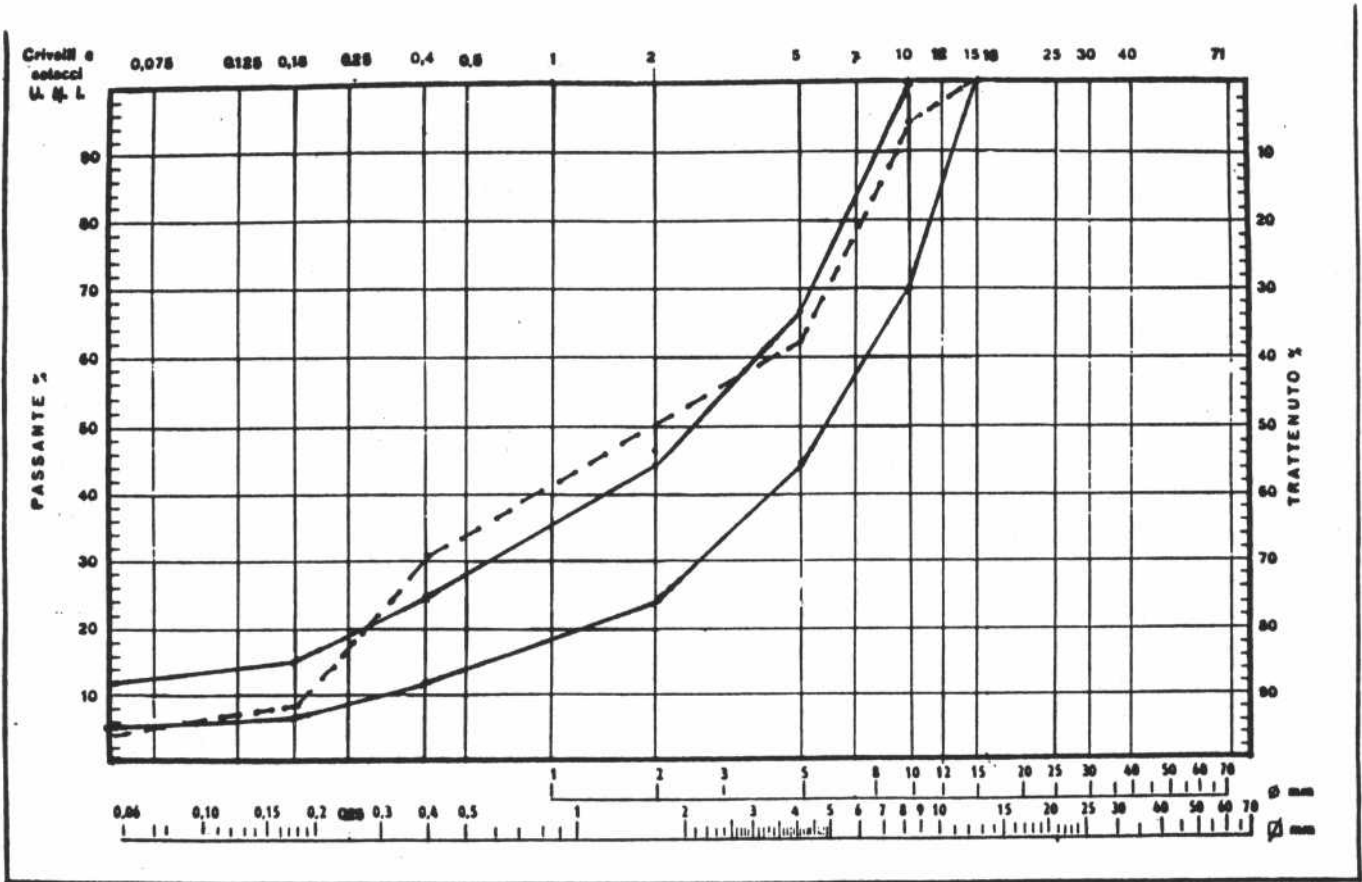
Come sopra accennato altri fattori esterni, quali la temperatura e il microclima, hanno dato inizio a studi e ricerche che individuassero le strategie da adottare allo scopo di diminuire queste alterazioni presentatesi in un bitume durante l'esercizio. (Foto 4).

Da questo breve e necessario sommario si può intuire quindi l'interesse rivolto a nuove tecnologie in grado di modificare la viscosità e la suscettività termica del bitume ed il loro variare con il tempo e con il carico.

È con questo spirito che la summenzionata Amministrazione e le maestranze preposte hanno effettuato questo lavoro sperimentale. (Foto 5).



Foto n. 5



#### ANALISI GRANULOMETRICA

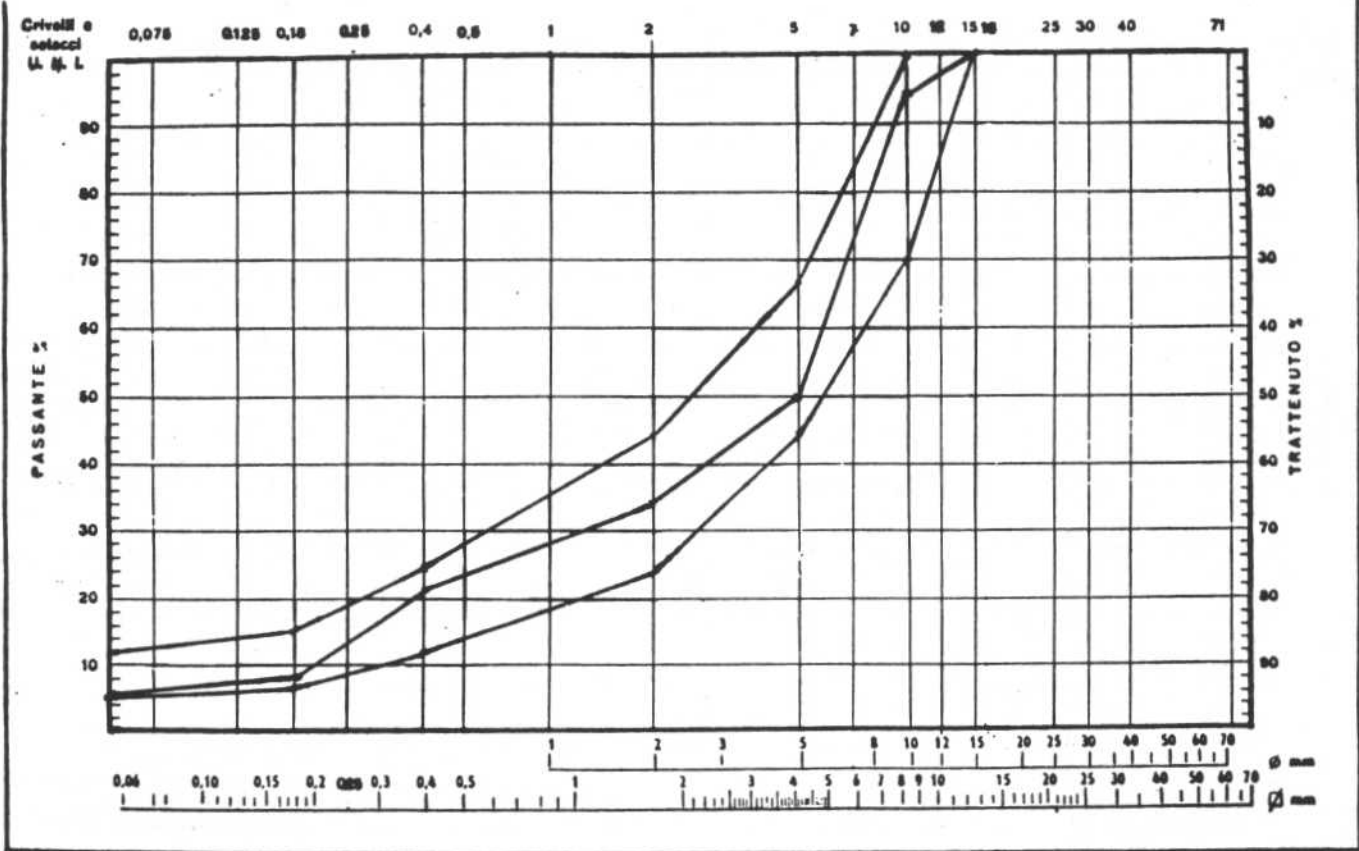
Committente IMPRESA STICCA

Campione { Tipo Strato di usura  
Provenienza Centrale di Capanne di Montopoli

Data del prelievo ..... Data di consegna 24/7/84

Vagli	Trattenuto progressivo (Grammi)	% progressiva di trattenuto	% progressiva di passante
Crivello 15 UNI	0	0	100,0
" 10 "	87	5,6	94,4
" 5 "	766	49,0	51,0
Setaccio 2 "	1010	64,6	35,4
" 0,4 "	1220	78,1	21,9
" 0,18 "	1418	90,7	9,3
" 0,075 "	1482	94,8	5,2
Fondo	1563	100,0	0

Tavola n. 1



#### ANALISI GRANULOMETRICA

Committente ..... IMPRESA STICEA .....

Campione { Tipo ..... Strato di usura .....

{ Provenienza ..... Centrale di Capanne di Montopoli .....

Data del prelievo ..... Data di consegna ..... 11/5/84 .....

Vagli	Trattenuto Progressivo (Grammi)	% progressiva di trattenuto	% progressiva di passato
Crivello 15 UNI	==	0	100,0
" 10 "	66	4,4	95,6
" 5 "	573	38,1	61,9
Setaccio 2 "	824	54,8	45,2
" 0,4 "	1025	68,2	31,8
" 0,18 "	1359	90,4	9,6
" 0,075 "	1422	94,6	5,4
Fondo	1503	100,0	0

Tavola n. 2

#### 4.2. 1. Prove sul bitume

Visto il fine applicativo di questo studio, si è ritenuto opportuno realizzare un numero limitato di prove, ma che fossero significative per la classificazione qualitativa del bitume utilizzato.

Il legante è risultato essere di classe 80/100 con valori di penetrazione e punto di rammollimento seguenti:

PEN (dmm)	P.to ramm: (°C)
98	48.1

La viscosità determinata con viscosimetro rotazionale «Rheomat 30» ha dato un valore di 2.720 Poise (0,1 Pa.S).

Successivamente il bitume è stato miscelato attentamente con il prodotto Pavichim in esame, aggiunto in proporzione del 6,25% e lo stesso valore di viscosità è sceso a 612 Poise (Fig. 5).

#### 5. Prove e risultati

##### 5.1. Studio Marshall

Lo studio Marshall è stato eseguito sul materiale prelevato in cantiere all'atto della posa in opera.

Qui di seguito vengono riportati a confronto i valori della miscela tal quale e di quella modificata con il prodotto PAVICHIM (Tav. 3).

##### 5.2. Prove di deformabilità a carico costante e calcolo del modulo complesso.

Si è visto come il bitume sia un materiale elastoviscoso; il suo comportamento sotto l'azione di un carico costante può essere rappresentato con un modello di Maxwell in cui però la viscosità è dipendente dalla temperatura.

Ora, il comportamento di una miscela bituminosa dipende dalle proprietà del legante ma viene modificato dalla presenza dell'aggregato e soprattutto dalla parte più fina e cioè il filler.

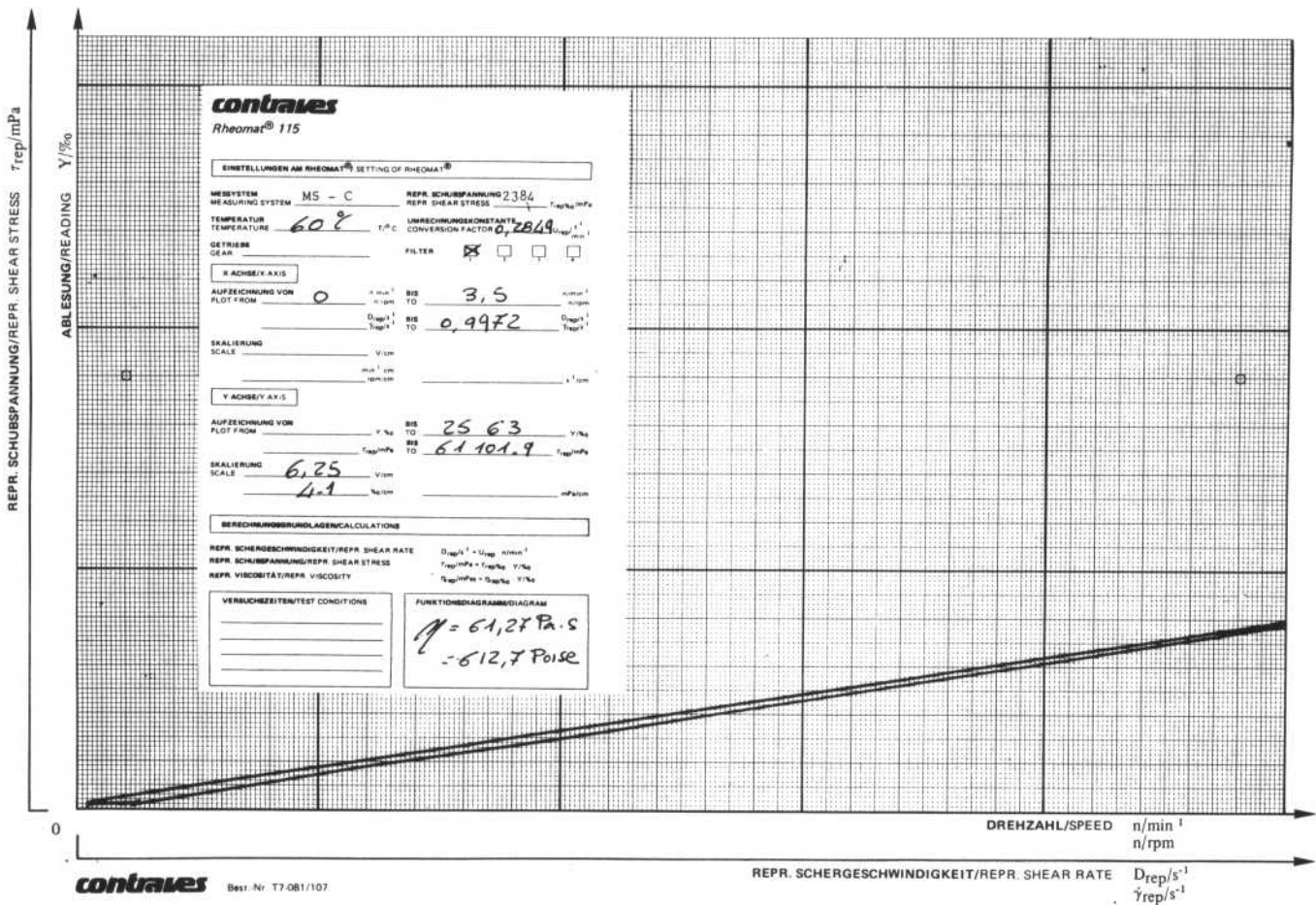


Fig. 5

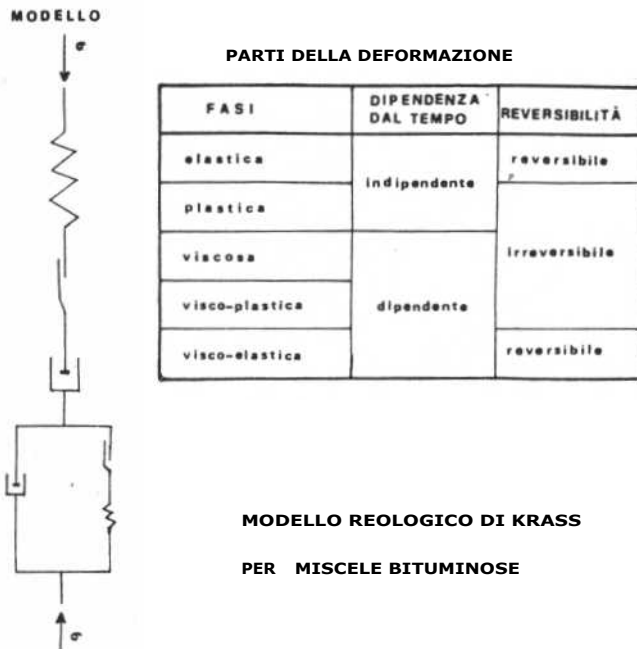


Tav. 3 - Risultati dello studio Marshall (\*)

**SUPERSTRADA DI GRANDE COLLEGAMENTO  
FIRENZE-PISA-LIVORNO 1984**

	Miscela Normale	Miscela Modificata 1 g.	Miscela Modificata 28 gg.
Bitume su aggregati (%) in peso	6,1	6,0	6,0
Peso di volume (g/cm <sub>3</sub> )	2,39	2,41	2,41
Vuoti (%)	7	5	5
Stabilità (Kg)	1003	1138	1520
Scorrimento Marshall (mm.)	2,29	2,55	2,76
Rigidezza (Kg/mm.)	481	446	550
Temperatura di costipamento (°C)	150	140	140

(\*) Ogni valore è stato ottenuto come media su 6 prove.



In generale si può dire:

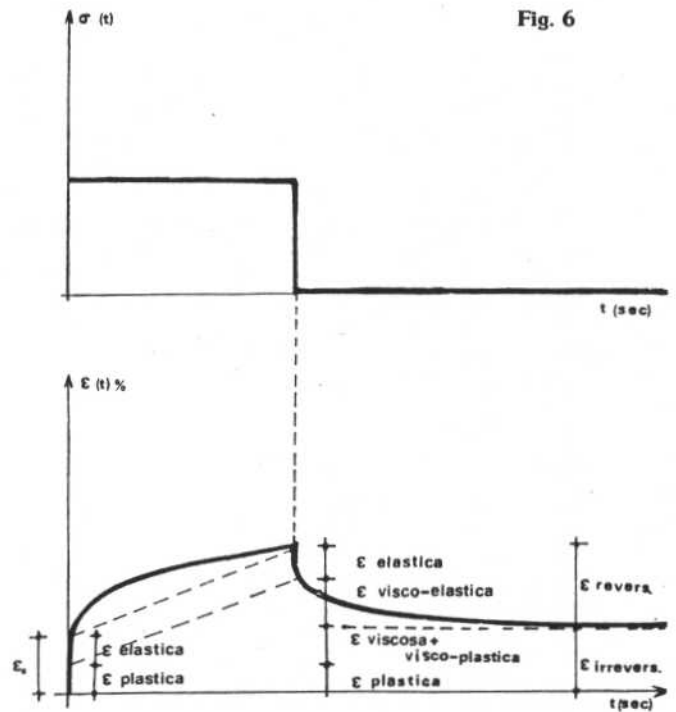
- Miscele più rigide presentano valori minori del parametro «Jl».
- Miscele a comportamento più elastico presentano valori minori del parametro «a».
- Miscele con deformazioni visco-plastiche più elevate presentano valori più elevati del parametro «Jp».

Per questo si può dire che una miscela bituminosa è un materiale elasto-plasto-viscoso e il relativo modello reologico dovrebbe comprendere l'organo elastico, plastico e viscoso diversamente accoppiati.

Ma un modello del genere è estremamente complicato da studiare e quindi si ricorre al modello visco-elastico per interpretare i fenomeni che maggiormente interessano. Fig. 6.

Questo comportamento può essere caratterizzato attraverso un modulo, che ha un'espressione complessa, funzione della temperatura e della durata di applicazione del carico.

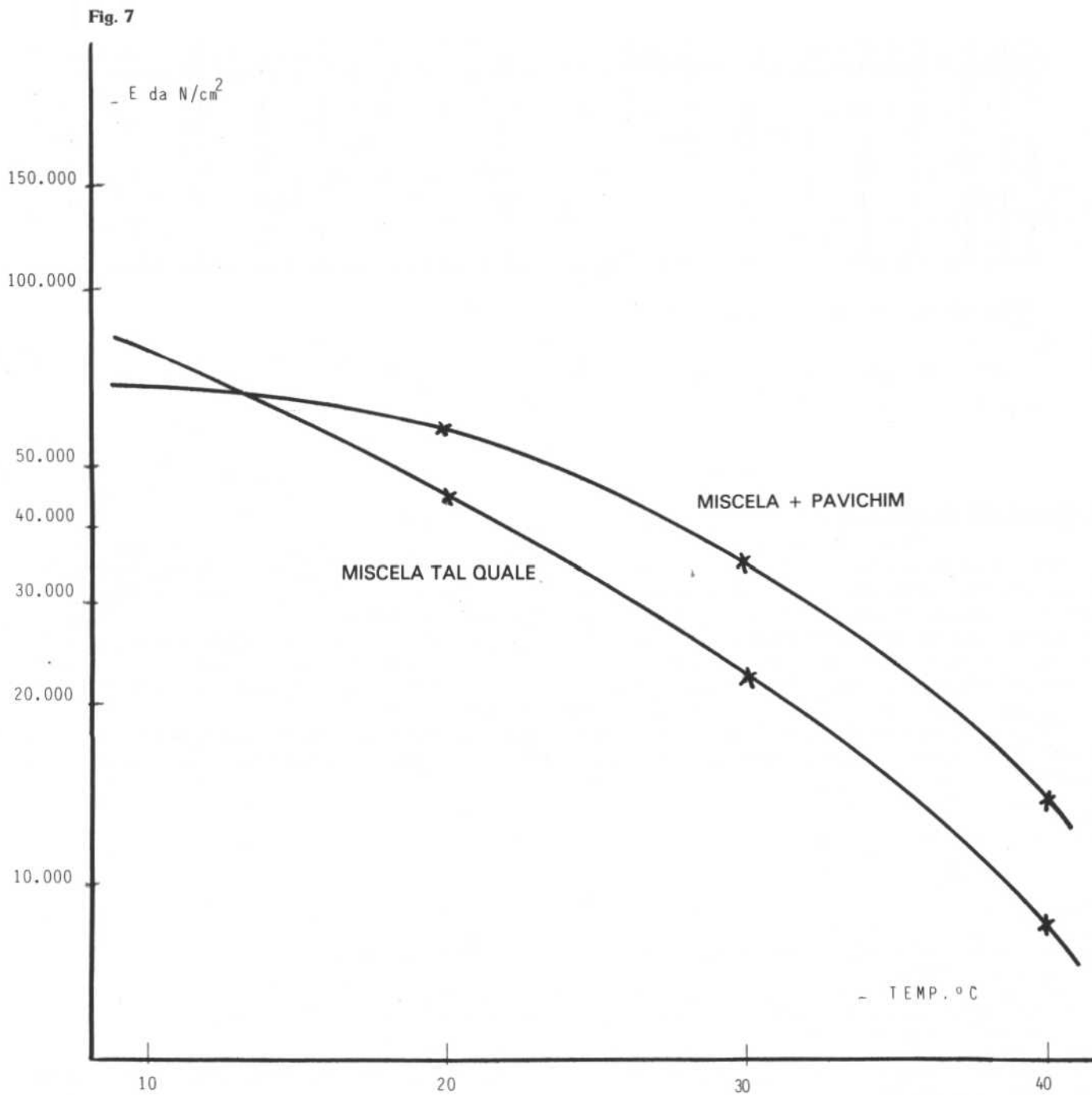
È stata messa a punto e normalizzata dal CNR (B.U. del 10.4.1985, N. 106), la prova di deformabilità a carico costante che, oltre a permettere di ricavare facilmente il valore assoluto del modulo complesso dei conglomerati bituminosi, permette di valutare tre parametri fondamentali  $Jl$ , e  $Jp$  che, con il supporto della teoria della visco-elasticità lineare e su modelli matematici semplificati, danno indicazioni sul comportamento reologico delle miscele.



Al fine di valutare tali parametri sono state effettuate prove di deformabilità a carico costante sul materiale prelevato all'atto della posa in opera.

Le prove sono state eseguite su provini cilindrici del diametro di 10 cm. preparati in laboratorio. Le temperature di prova adottate sono state rispettivamente di 20, 30 e 40°C.

I risultati sono quelli riportati in Tav. 4 e fig. 7 qui di seguito riportata.



	N°	Pv daN cm <sup>2</sup>	CARATT. MISCELE			TEMP. 20°C				TEMP. 30°C				TEMP. 40°C				
			% V	% b	a	J1	Jp	E	a	J1	Jp	E	a	J1	Jp	E		
PAVICHIM	1	1	2,39	5,6	6	0,287	47,0	0,24	57077									
	2	1	2,41	4,8	6,2					0,330	79,4	0,62	36267					
	3	1	2,40	4,9	6,3									0,353	286	0,88	15651	
NORMALI	4	1	2,35	7,2	5,8	0,350	114,7	0,60	41600									
	5	1	2,38	6,8	6,0					0,272	133	0,48	23470					
	6	1	2,37	7,0	6,1									0,283	446	1,65	7756	

\* Ogni valore è stato ottenuto sulla media di 4 provini

ANALISI DIMENSIONALE:  $J1, Jp: \text{cm}^2/\text{daN} \times \text{sec} \times 10^{-6}$   
 $|E| : \text{daN}/\text{cm}^2$

## 6. Considerazioni conclusive

Una valutazione accurata dei dati ricavati consente di verificare una netta tendenza migliorativa delle miscele trattate con il prodotto e che garantiscono da un lato la rispondenza del conglomerato posto in opera con le caratteristiche di formulazione e dall'altro la qualità della pavimentazione per quanto riguarda le proprietà meccaniche.

Tuttavia tali risultati attendono ora una verifica su strada ed è auspicabile che a distanza di qualche anno tali rispondenze siano confermate. A tal fine si intende con prove dirette su strada effettuare azioni periodiche di controllo, con l'utilizzazione anche di sofisticate apparecchiature, quali Falling Weight Deflectometer, sulle caratteristiche prestazionali della pavimentazione e stabilire utili confronti con le sezioni non trattate con il prodotto in oggetto.

Attualmente, dopo il primo anno di esercizio della pavimentazione, con punte elevatissime di traffico pesante, il comportamento generale della nuova sovrastruttura risulta del tutto normale, senza assestamenti, deformazioni visco-plastiche e fessurazioni.

## Bibliografia

- G. PERONI - S. PALLOTTA: The behaviour of modified bituminous binders in on site and laboratory interventions. 3° Simposio Eurobitume - AIA 1985.
- G. PERONI, S. PALLOTTA, G. LEGNANI: Modified bitumens 3° Simposio Eurobitume - AIA 1985.
- M. LOLLOBATTISTA: The use an organic recycling agent as a modifier of the structure of oxidized bitumens. Studies and experiens. 3° Simposio Eurobitume - AIA 1985.
- CNR: Determinazione della deformabilità a carico costante di miscele bituminose e calcolo del modulo complesso B.U. n. 106 del 10-4-1985.
- F. DELLA SCALA - M. COSTANTINI: Alcune considerazioni sulle deformazioni viscoplastiche e sui loro effetti sui conglomerati bituminosi. XVIII Convegno Nazionale Stradale.
- G. BATTIATO: La programmazione della manutenzione delle pavimentazioni bituminose stradali ed aeroportuali. Il Convegno SITEB - Verona 1985.
- L.T. BALDASSARRI: La chimica dai bitumi e il miglioramento delle strade. «La Chimica e l'Industria», 4-4-1985.
- M. LOLLOBATTISTA: Stabilità e deformabilità a carico costante nelle miscele bituminose orinarie e rigenerate. UNIVERSITÀ AGLI STUDI ROMA - TESI DI LAUREA.
- H. CH. KORSGAARD: Chem-Creke Asphalts. 3° Simposio Eurobitume - AIA 1985.