

SITEBSi srl

Rassegna del bitume

RIVISTA DEL SITEB-ASSOCIAZIONE ITALIANA BITUME ASFALTO STRADE

ESTRATTO DAL N° **07/88**

Una proposta per il controllo dell'adesione dei bitumi

Mariano Cupo Pagano
Università di Roma "La Sapienza",

Mauro Mazzapicchi

Una proposta per il controllo dell'adesione dei bitumi

Mariano Cupo-Pagano
Maurizio Mazzapicchi

PREMESSA

L'evoluzione del traffico stradale avutasi negli ultimi anni, ha necessariamente comportato uno sviluppo nella tecnologia dei materiali stradali, e, in particolare, di quelli a base di legante idrocarburico, che costituiscono la stragrande maggioranza delle pavimentazioni delle strade italiane, sottoposte all'aggressione di carichi sempre più intensi e frequenti.

D'altra parte, la necessità di realizzare pavimentazioni bituminose, anche per motivi di manutenzione (programmata o non), in stagioni non ideali, spesso in condizioni climatiche avverse, ha reso sempre più importante lo studio dell'adesione dei bitumi agli inerti, elemento fondamentale per evitare rapidi processi di degrado (spogliamento e sgranamento), e conseguente perdita delle caratteristiche di resistenza, nelle pavimentazioni a base di leganti bituminosi.

Anche a livello internazionale è tutt'oggi sentita l'esigenza di individuare una metodologia che permetta di valutare e quantificare la capacità di adesione di un tipo di bitume ad un tipo di inerte.

1. L'ADESIONE

In senso fisico, l'adesione può essere definita come la forza molecolare di attrazione che si manifesta tra due corpi diversi a contatto: siano essi solido-liquido, liquido-aeriforme, solido-aeriforme.

Nella trattazione in esame, occorre riferirsi al contatto fra liquido (bitume) e solido (materiale litico), tenendo presente che un elemento lapideo, immerso nel bitume, ne esce totalmente rivestito, cioè "bagnato" di bitume: l'adesione tra liquido e solido, in questo caso, è maggiore della coesione fra le molecole del liquido; mentre, un qualunque frammento di roccia, immerso nel mercurio, non ne risulterebbe "bagnato": nel mercurio, infatti, le forze di coesione prevalgono su quelle di adesione alla roccia.

Nel caso di presenza di due liquidi (bitume ed acqua) nel contatto con un solido (elemento di un aggregato lapideo), da alcuni Autori, è stato proposto di distinguere due tipi di "adesività":

- l'adesività positiva (forza con la quale un legante può allontanare l'acqua dalla superficie di un minerale, bagnata);

- l'adesività negativa (forza con la quale un legante, che riveste la superficie di un minerale, si oppone ad essere allontanato dall'acqua).

Nella realtà pratica, all'estremità del contatto solido-legante (bitume), si individuano tre diversi contatti di superficie, in corrispondenza di ciascuna coppia delle quali si esercita una tensione interfacciale, che potremo così indicare:

- $t(s,l)$ = tensione solido/liquido

- $t(l,a)$ = tensione liquido/aria

- $t(s,a)$ = tensione solido/aria

per cui, tra solido e liquido, a seconda della natura dei materiali a contatto, si svilupperanno tensioni di differente intensità, da cui deriverà una diversa forma della goccia di liquido sul solido, conseguenza di una maggiore o minore "bagnabilità" del solido da parte del liquido.

Come già trattato da Ariano (1948), considerando l'equilibrio di un punto estremo (A) del contatto solido-liquido, dove coesistono le tre fasi (solida, liquida ed aeriforme), in esso saranno agenti tutte e tre le tensioni interfacciali sopra indicate (Figura 1).

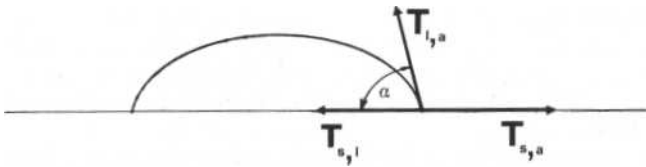
Affinché il punto A sia in equilibrio, cioè non si sposti lungo la superficie del solido (supposta orizzontale), è ne-

cessarlo che la somma vettoriale delle componenti delle tre tensioni, nel piano tangente alla superficie del solido, sia nulla, cioè:

$$T(s,l) + T(l,a) \cos\alpha = T(s,a)$$

indipendentemente dal valore di α , definito "angolo di contatto", individuato dalla $T(s,l)$, tangente al solido, con verso diretto nell'interno della goccia, e dalla $T(l,a)$, tangente al liquido, diretta verso l'esterno del solido.

Per $0 < \alpha < \pi$, la goccia di liquido si sparge, sul solido, soltanto parzialmente (Figura 1).



Per $\alpha = 0$:

$$T(s,l) + T(l,a) = T(s,a)$$

ovvero:

$$T(s,l) = T(s,a) - T(l,a) \quad (1)$$

ne consegue che il liquido si interpone tra solido ed aria, per cui si ottiene una disposizione di strati sovrapposti: solido, liquido, aria: il liquido bagna completamente il solido, la goccia si spargerà sulla superficie, tendendo a sposarne completamente la forma.

Per $\alpha = \pi$:

$$T(s,l) - T(l,a) = T(s,a)$$

da cui:

$$T(s,l) = T(s,a) + T(l,a) \quad (2)$$

cioè la tensione interfacciale tra solido e liquido corrisponde alla somma delle altre due tensioni interfaciali: l'aria si interpone tra solido e liquido; si ha, di conseguenza, un'altra disposizione di strati sovrapposti: solido, aria, liquido.

In questo caso, il liquido non bagna il solido, ma conserva una forma sferoidale; ed il contatto è limitato ad un'area proporzionale al peso della goccia, senza interruzione della continuità della membrana della goccia, su cui agisce la tensione superficiale $T(l,a)$.

Dal confronto delle relazioni (1) e (2), risulta:

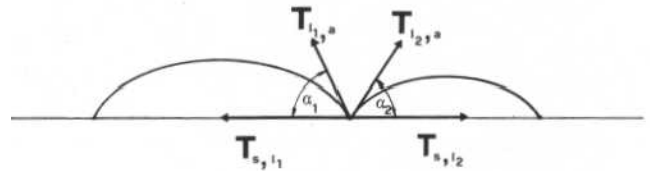
$$[T(s,l)]_{\alpha = 0} < [T(s,l)]_{\alpha = \pi}$$

ne consegue che, per un dato liquido (quindi anche per il bitume), sussiste la possibilità di "bagnare" un solido, in funzione del valore della tensione interfacciale, conseguenza della natura delle sostanze a contatto. In tal senso, per il bitume, con l'aggiunta di opportune sostanze in grado di ridurre la tensione interfacciale, si è pensato di far diminuire l'angolo di contatto con gli inerti, al fine di ottenerne un maggior grado di "bagnabilità".

Parimenti esistono sostanze che hanno una funzione negativa sulla bagnabilità; tali sono i gas assorbiti o l'acqua presente all'atto del miscelamento.

Questa ultima condizione riveste un particolare interesse per i molteplici aspetti pratici che possono verificarsi sia all'atto delle miscele all'impianto di conglomerazione, sia in dipendenza delle varie condizioni meteorologiche che possono verificarsi durante la stesa o la vita della pavimentazione.

Si supponga infatti che due liquidi l_1 ed l_2 , entrambi bagnanti un solido, vengano a contatto nel punto A (Figura 2)



Affinché essi restino in equilibrio, occorre che sia:

$$T(s,l_1) + T(l_1,a) \cdot \cos\alpha_1 = T(s,l_2) + T(l_2,a) \cdot \cos\alpha_2$$

se questa uguaglianza non è verificata, un liquido tende a spostare l'altro.

Nel caso in cui uno dei due liquidi abbia una tensione interfacciale col solido molto bassa, e le differenze fra le tensioni superficiali non siano sufficienti a verificare la precedente uguaglianza, essendo impossibile l'equilibrio, il liquido a tensione interfacciale maggiore (per esempio il n. 2) sarà rimosso, nel contatto col solido, dall'altro liquido (n. 1); in tal caso il liquido n. 2 non potrà più aderire al solido.

Questa situazione si verifica nel contatto tra acqua ed aggregati rivestiti non completamente con legante idrocarburico; per cui, se gli inerti sono idrofili, cioè avidi di acqua, (ovvero sono caratterizzati da una tensione interfacciale, al contatto con l'acqua, molto bassa), il bitume sarà scacciato dall'acqua e non aderirà più all'inerte; se, invece, essi sono idrofobi (tensione interfacciale molto alta, tra aggregato ed acqua), il bitume continuerà ad aderire agli elementi lapidei.

In considerazione delle varie problematiche presenti nella tecnologia delle miscele bituminose, dovute sia alla varietà dei materiali lapidei reperibili in natura, sia alle diverse condizioni climatiche in cui possono trovarsi le pavimentazioni, sia ai molteplici tipi di legante, originati da diversi greggi del petrolio, sia agli svariati processi di produzione del bitume, tuttora in fase di continua evoluzione, appare quantomai importante individuare criteri di valutazione dell'adesione del bitume, al fine di conoscere preventivamente le caratteristiche del legante e garantirne una robusta e duratura azione nel tempo.

2. ATTUALI METODI DI VALUTAZIONE DELLA ADESIONE

Tutti i metodi proposti dai vari ricercatori, e reperibili nella vasta letteratura tecnica, si preoccupano di evidenziare la capacità di persistenza della pellicola di legante sugli elementi lapidei, quando essi siano sottoposti all'aggressione dell'acqua, a temperatura ambiente o ad elevata temperatura, con azione statica o dinamica, con l'eventuale aggiunta di sostanze chimiche esaltanti l'aggressione.

Tutti i metodi si prefiggono una valutazione di comportamento evidenziato:

- a) con criteri di sollecitazione di tipo statico, tendenti ad indagare:
 - sulla superficie di inerte rimasta ricoperta di bitume, dopo un'immersione statica in acqua per un tempo ed una temperatura prestabiliti (Metodi: ASTM D 1664, T.W.1.T., AUBY-PROCHINOR, DIN 1996/10); tali metodi si basano sull'apprezzamento soggettivo, "a occhio", del numero rappresentativo della percentuale di superficie rivestita di legante.
 - sullo sforzo tangenziale necessario per provocare lo scorrimento di due provini collegati da uno strato di bitume, ripetendo l'operazione anche su provini preventivamente immersi in acqua (ARIANO).
 - sulla variazione della resistenza a compressione o alla penetrazione di un cono su provini di conglomerato bituminoso, confrontando i risultati di provini sottoposti e di quelli non sottoposti ad immersione in acqua, di durata prestabilita (DURIEZ, PELTIER);
 - b) con criteri di sollecitazione di tipo dinamico, ottenuta in vari modi, per riprodurre condizioni più prossime a quelle che si verificano nelle reali condizioni d'impiego, miranti ad osservare l'entità dello spogliamento che si verifica ad opera di:
 - un'agitazione meccanica del recipiente in cui sono immersi gli elementi lapidei rivestiti di legante (metodo di Bourgeois), o conseguente al rotolamento del contenitore (metodo svedese: rolling bottle);
 - una sollecitazione dinamica provocata da una semplice azione di un mescolatore (metodo tedesco) oppure da un getto d'acqua e dalla successiva azione di un rimescolamento meccanico;
 - una sollecitazione dinamica provocata dai moti convettivi dell'acqua in ebollizione (Riedel e Weber, Vandone, Trouis, Sandonnini, R. Bucchi).
- Ogni prova ha manifestato alcune carenze, per l'impossibilità di individuare un livello quantitativo, mediante una

misura numerica che sia espressiva del parametro "adesione".

3. LA RICERCA

Per l'individuazione di una metodologia che consenta in tempi brevi una valutazione delle capacità coesive di un bitume ad un inerte, si è proceduto per fasi, evidenziando l'effetto di metodologie di prova successive che accentuasero sempre più il fenomeno del distacco della pellicola di bitume.

Inizialmente si è indagato sull'effetto, provocato su graniglie bitumate, della semplice immersione in acqua distillata, alla temperatura di 25°C, protraendo le osservazioni fino a 28 giorni.

Il bitume utilizzato è stato del tipo 180-200, prodotto con greggio di origine KIRKUK GESH-SARAN; la sperimentazione è stata eseguita con due tipi di inerti, della frazione granulometrica 5-10 mm, scelti tra quelli più frequentemente usati nella regione Lazio: una leucitite del vulcano laziale (coeff. di frantumazione = 109, Los Angeles = 15) ed un calcare della regione Lazio, (coeff. di frant. = 148, Los Angeles = 25).

La preparazione del provino ha ricalcato la metodologia di una prova già messa a punto in una delle normative sopra descritte (ASTM 1664/69).

Mescolamento di 100 grammi di graniglia con 5 grammi di bitume, alla temperatura di 140°C (temperatura di equiviscosità per il bitume 180-200), mediante agitazione della miscela con n. 60 movimenti della spatola, in 30 secondi, in becker da 600 cc, affinché gli elementi lapidei, rivestiti completamente di legante, risultino sufficientemente adagiati sul fondo in modo da offrire una più ampia superficie all'attacco dell'acqua e all'osservazione; dopo raffreddamento a temperatura ambiente per 45 minuti, si è proceduto all'aggiunta di circa 200 cc di acqua distillata.

Le osservazioni sono state effettuate a 3, 7, 14, 21, 28 giorni, valutando, con giudizio visivo, da parte di più operatori, la percentuale di superficie degli elementi lapidei ancora ricoperta di legante; ciascun operatore doveva valutare l'area ancora ricoperta dal legante in tre diverse porzioni del provino, con l'approssimazione del 5%: il valore del ricoprimento è stato ottenuto dalla media dei valori espressi dagli osservatori. Da notare che gli apprezzamenti visivi hanno avuto scarti, tra un operatore e l'altro, non superiori al 10%.

I risultati delle osservazioni sono indicati nella Figura n. 3 e riassunti nella Tabella I.

Tab.I. Bitume 180-200

| Giorni | % della superficie ricoperta | |
|--------|------------------------------|---------|
| | Leucitite | Calcare |
| 0 | 100 | 100 |
| 3 | 95 | 100 |
| 7 | 90 | 100 |
| 14 | 90 | 95 |
| 21 | 87 | 98 |
| 28 | 85 | 95 |

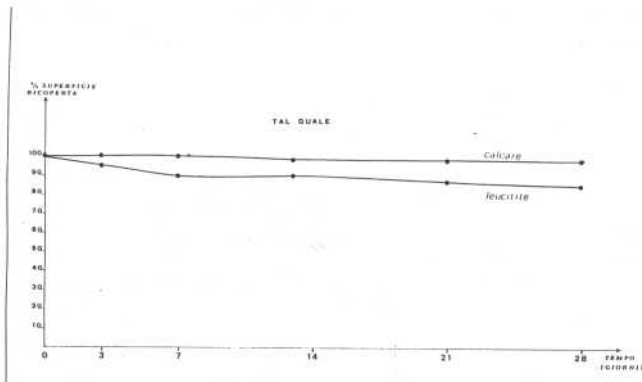


Fig. 3 Test di adesione: immersione statica in acqua per 28 giorni.
Temperatura di prova: 25° C
Bitume 180/200
Leucitite.

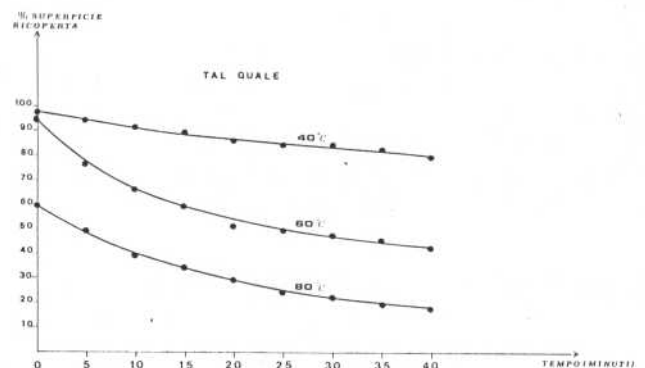


Fig. 4 Prove termostatiche di adesione
Temperature di prova: 40°C, 60°C, 80°C
Bitume 180/200
Leucitite

Per valutare l'influenza, sullo spogliamento, di una temperatura maggiore di quella ambiente (25°C), è stata ripetuta, sul materiale lapideo che aveva presentato una maggiore sensibilità all'acqua, una prova d'immersione totale, in bagno termostatico, alla temperatura di 40°C, procedendo, per la preparazione del provino e per l'esecuzione della prova, con le stesse modalità adottate per la prova di immersione a 28 giorni, a 25°C.

L'osservazione, eseguita fino a 7 giorni, (anziché fino a 3 ore, come prevede la norma T. W. I. T.), ha messo in evidenza la maggiore rapidità di spogliamento, conseguente alla più elevata temperatura del bagno termostatico (40°C).

I valori delle osservazioni sono riportati nella Tabella II.

Tab. II. Bitume 180-200 su Leucitite

| Tempo | % di superficie ricoperta |
|----------|---------------------------|
| 3 ore | 80 |
| 1 giorno | 75 |
| 3 giorni | 60 |
| 7 giorni | 55 |

Per una più accurata indagine circa l'effetto della maggiore temperatura, rispetto alle condizioni ambientali (25°C), sulla rapidità dello spogliamento, si è operato, su provini costituiti con gli stessi materiali (bitume 180-200 e graniglia leucitica), realizzando bagni termostatici a 40, 60, 80°C in cui i provini sono stati sottoposti ad osservazione per 40 minuti.

L'indagine ha confermato la grande influenza della temperatura del bagno termostatico, con conseguenze sempre più clamorose a mano a mano che ci si sposta verso le alte temperature dell'acqua: la Figura 4 evidenzia la "caduta", alle varie temperature, del ricoprimento degli elementi di aggregato.

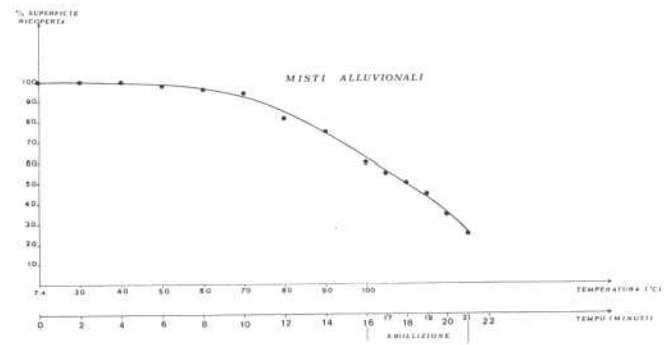
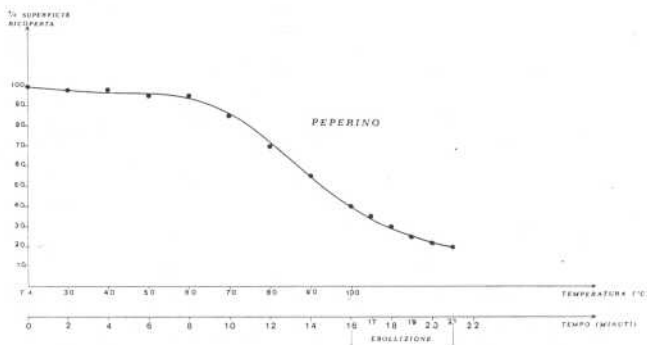
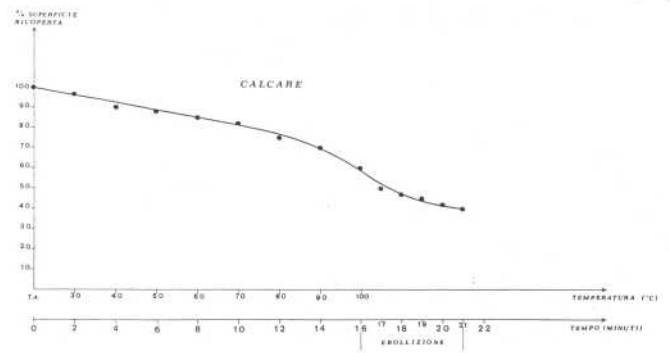
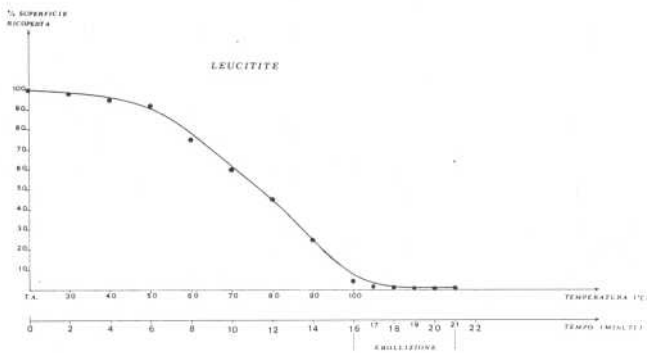
4. LA PROVA PROPOSTA PER IL CONTROLLO DELL'ADESIONE: TEST "R"

Alla luce dei risultati ottenuti, per l'individuazione di una prova di valutazione rapida, è sembrato necessario prendere in considerazione un criterio di "sollecitazione energetica" dell'adesione, esaltando le forze "aggressive" dell'acqua fino alla temperatura di ebollizione (condizione già prevista nel metodo Riedel e Weber).

La prova, i cui risultati sono indicati successivamente, prevede che i provini, confezionati con il medesimo criterio già descritto precedentemente, vengano sottoposti ad un gradiente termico, ad opera di un bagno di acqua distillata in cui l'incremento della temperatura è regolato da una piastra elettrica tarata, in grado di aumentare la temperatura del bagno di 5°C al minuto, fino all'ebollizione; successivamente, perdurando tale temperatura, il provino viene osservato per un periodo di 5 minuti.

Per esaminare l'efficacia di tale metodo di prova, sono stati predisposti provini costituiti da diversi tipi di aggregato (leucitite, calcare, peperino, misto alluvionale), utilizzando sempre lo stesso legante (bitume 180-200); successivamente, sui due materiali lapidei (calcare e leucitite) che avevano manifestato la migliore e la peggiore capacità adesiva con il legante suddetto, si è proceduto alla confezione di miscele con bitumi di tipo diverso (180-200, 80-100, 40-50), sempre provenienti dallo stesso greggio e non manipolati.

Per quanto riguarda i provini confezionati con aggregati di diversa natura e con bitume 180-200, la sperimentazione ha dato luogo ai risultati della Tabella III, rappresentati nelle Figure 5, 6, 7, 8, indicando, in modo netto, diversi comportamenti, dipendenti esclusivamente dalla natura e dalle caratteristiche di struttura degli elementi lapidei.



Nell'ordine: Fig. 5-6-7-8: Test «R»

5. OSSERVAZIONI DURANTE LA PROVA

Il distacco del legante dalle superfici dei granuli avviene, nel tempo, con una progressione dipendente dalla forma e dalla natura degli aggregati.

Col progredire del tempo di immersione e con l'innalzamento della temperatura, si nota dapprima un'assottigliamento della pellicola di bitume in corrispondenza delle zone di massima curvatura delle superfici dei granuli: per i frantumati, il fenomeno avviene in corrispondenza degli spigoli, su cui si evidenzia un alleggerimento della tonalità cromatica dovuta al minor spessore del legante che, conseguentemente appare "brunato" e non più nero; in tali punti avvengono le prime rotture della pellicola. Successivamente, su ciascuna superficie della forma poliedrica del singolo grano, il bitume tende a coagulare con velocità dipendente dalla natura mineralogica dell'inerte e dalla struttura superficiale.

Per i materiali a matrice silicea, gli strappi in corrispondenza degli spigoli si notano prima nel peperino, dove peraltro i grumi si formano e si sviluppano con maggiore difficoltà che nella leucitite; quando i grumi hanno raggiunta una forma sferica, con riduzione della zona di contatto con l'inerte, avviene il distacco ad opera dei moti convettivi dell'acqua.

Tab. III. Prova di adesione con bitume 180-200

| Temperatura (°C) | % superficie ricoperta | | | |
|---------------------|------------------------|---------|----------|-------------------|
| | Leucitite | Calcare | Peperino | Misto alluvionale |
| T.A. | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 30 | 98 | 95 | 98 | 100 |
| 40 | 95 | 90 | 98 | 100 |
| 50 | 90 | 88 | 95 | 98 |
| 60 | 75 | 85 | 95 | 95 |
| 70 | 60 | 80 | 85 | 95 |
| 80 | 45 | 75 | 70 | 80 |
| 90 | 25 | 70 | 55 | 75 |
| 100 | 5 | 60 | 40 | 60 |
| Ebollizione | | | | |
| 1 minuto | 2 | 50 | 35 | 55 |
| 2 minuti | 1 | 47 | 30 | 50 |
| 3 minuti | 1 | 45 | 25 | 45 |
| 4 minuti | 1 | 42 | 20 | 35 |
| 5 minuti | 1 | 40 | 20 | 25 |

Nei materiali calcarei: sul misto alluvionale, caratterizzato da superfici tondeggianti, le lesioni della pellicola avvengono in ritardo rispetto alla graniglia di frantumazione, ma i grumi di legante raggiungono dimensioni maggiori che si distaccano prima. L'azione di distacco è ritardata rispetto alla leucitite, ad opera delle maggiori forze di adesione: a conclusione della prova il calcare risulta rivestito ancora per il 40%, mentre la leucitite si è praticamente spogliata totalmente.

Per quanto riguarda il confronto di provini confezionati con aggregati di frantumazione leucititici e calcarei, con bitumi dei tipi 180-200, 80-100 e 40-50, i risultati sono indicati nelle Figure 9 e 10. Esse evidenziano una generale maggiore capacità adesiva per i bitumi più duri.

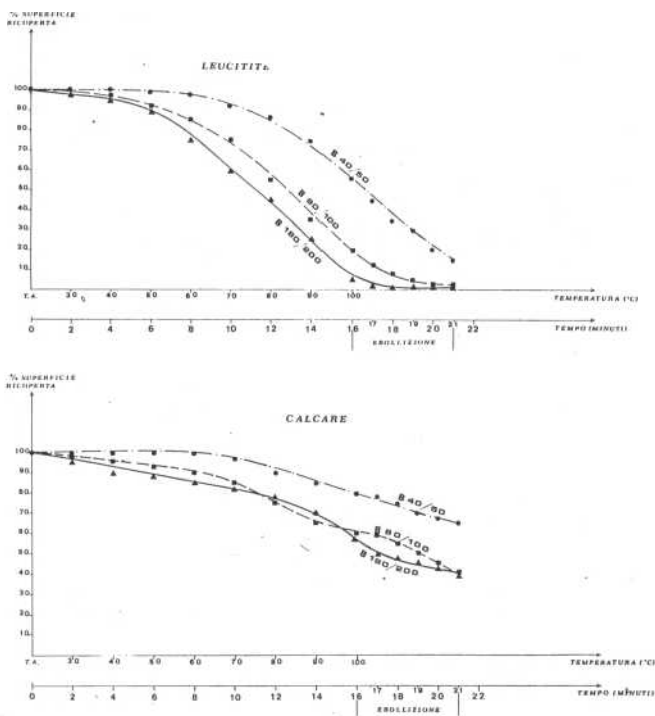


Fig. 9 e 10 Test di adesione «R»
Bitumi vari
Aggregati: leucitite, calcarea

Il metodo di prova proposto risulta fortemente penalizzante per i materiali lapidei silicatici e/o silicei di tipo "acido", cioè contenenti silice attiva.

Ciò conferma la necessità di opportune precauzioni nella confezione degli impasti, per evitare cadute di resistenza ad opera della perdita di adesione da parte del legante. In tal senso la tecnologia dei conglomerati bituminosi ha messo a punto l'eventuale aggiunta di sostanze particolari (dopes di adesività), che permettono di assicurare l'adesione anche in situazioni precarie, dovute sia alla natura delle superfici degli aggregati, sia alle condizioni di umidità degli elementi lapidei della miscela.

Sembra opportuno accennare, già in questa sede, alle effettive modificazioni delle forze di adesione, ottenibili con il contributo di additivi idonei (il cui costo, peraltro, incide modestamente sul prezzo dei conglomerati bituminosi), come può rilevarsi dalla Figura 11, in cui sono espressi i risultati di confronto, secondo il test di adesione "R" proposto, tra una graniglia leucititica rivestita con bitume 180-200 e la medesima graniglia leucititica rivestita con lo stesso bitume 180-200 additivato con un prodotto (B1), di rinforzo dell'adesione. Di tali prodotti, di cui è stata condotta una sperimentazione apposita, sarà relazionata in una prossima memoria.

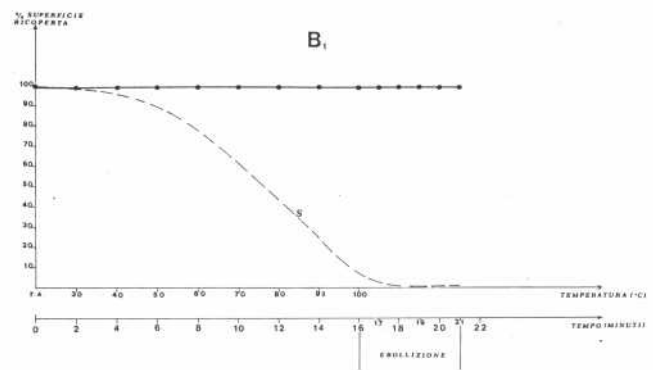


Fig. 11 Test «R». Leucitite con e senza additivo B1

6. PROPOSTA DI STANDARDS FOTOGRAFICI

La valutazione dell'adesione, basata su un giudizio visivo circa la percentuale di superficie dell'inerte che, dopo l'aggressione dell'acqua ad elevata temperatura, rimane ricoperta di legante, può costituire un riferimento affidabile, ma non consente una valutazione numerica, espressiva di una caratteristica di resistenza.

Una valutazione più globale potrebbe addirittura essere proposta, con opportune prove di laboratorio, su provini di conglomerato costipato, in modo da assoggettare il materiale alle stesse condizioni di aggressione prevedibili in opera.

D'altra parte, al fine di garantire la qualità dell'adesione tra un tipo di aggregato ed un tipo di legante, per una valutazione sintetica del comportamento, si ritiene che possa essere sufficiente apprezzare l'efficienza dell'adesione dal punto di vista "qualitativo", individuando una capacità di "adesione", per confronto con quella riscontrabile tra bitumi e materiali lapidei idonei, di cui la sperimentazione pratica ha già fornito ampie testimonianze di soddisfacente funzionalità.

CONCLUSIONI

Si propone pertanto un criterio pratico, di interesse applicativo, per la valutazione qualitativa-quantitativa dell'efficienza dall'adesione.

Tale criterio è basato sul confronto dello spogliamento del provino, preparato ed esaminato in laboratorio, con lo spogliamento rappresentato in alcuni standards fotografici (B, D, F, H indicati nelle Foto 1, 2, 3, 4), realizzati in corrispondenza di diverse percentuali di ricoprimento (rispettivamente dell'80%, del 60%, del 40% e del 20% della superficie degli elementi lapidei), apprezzate statisticamente, una volta per tutte, da un'apposita commissione di sperimentatori.

In tal modo, per esaminare la capacità adesiva di un bitume ad un inerte, lo sperimentatore potrà giudicare il ricoprimento del provino, sottoposto al test "R", mediante confronto di una fotografia del provino con gli standard fotografici, individuando facilmente, tra le seguenti possibilità, quale sia l'intervallo di standard rappresentativo delle condizioni finali del provino esaminato:

- ricoprimento superiore allo standard B (> 80%)
- ricoprimento compreso tra gli standards B e D (80-60%)
- ricoprimento compreso tra gli standards D e F (60-40%)
- ricoprimento compreso tra gli standards F e H (40-20%)
- ricoprimento inferiore allo standard H (< 20%)

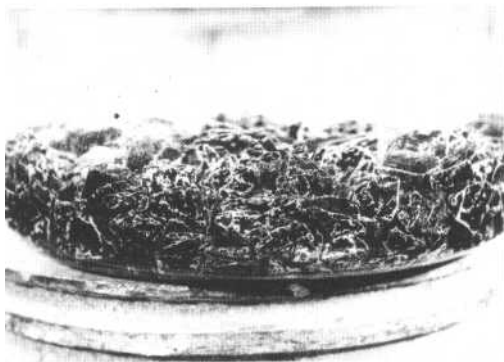
Ovviamente, occorre che siano rese note tutte le grandezze fotometriche adottate per la preparazione degli standards, affinché esse siano rispettate anche per la preparazione del provino da esaminare.

Utilizzando il test proposto, per un giudizio di idoneità dell'adesione "legante-aggregato", si suggerisce di considerare, come limite inferiore accettabile, quello riscontrato nel calcare con cui è stata effettuata la sperimentazione. Con tale materiale lapideo di tipo "basico", reperibile con estrema facilità, e con il bitume 180-200 del tipo sopra indicato, è stato definito proprio lo standard "F", cui corrisponde un ricoprimento del 40% della superficie dell'aggregato.

Per i bitumi medi e teneri, il livello di capacità di adesione, individuato dallo standard F, alla luce dei risultati verificati negli svariati decenni di impiego di graniglie e pietrischetti calcarei, potrebbe costituire un valido riferimento anche nelle prescrizioni del capitolato speciale d'appalto, per garantire un'opportuna scelta dell'accoppiata "bitume-inerte".

Il limite inferiore accettabile, con riferimento ai risultati della sperimentazione, dovrebbe essere opportunamente riferito allo standard superiore (D), per i bitumi duri (tipo 40-50).

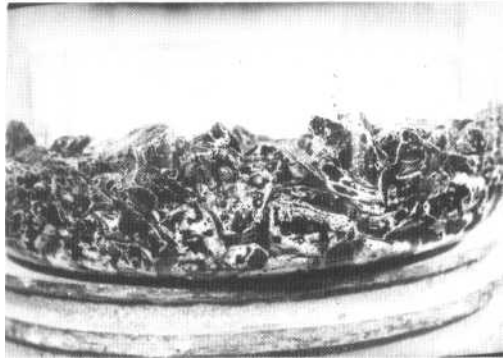
La proposta di tale nuova metodologia di prova potrebbe essere recepita da un'apposita norma, tra i metodi di prova da normalizzare; si ritiene opportuno segnalare che, per la stesura di una norma, ovviamente, sarebbe necessario predisporre una serie di standards fotografici di migliore qualità.



80 %



Foto 1. Standard B /80%



60 %

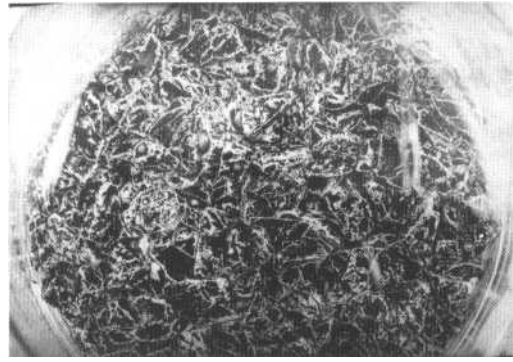
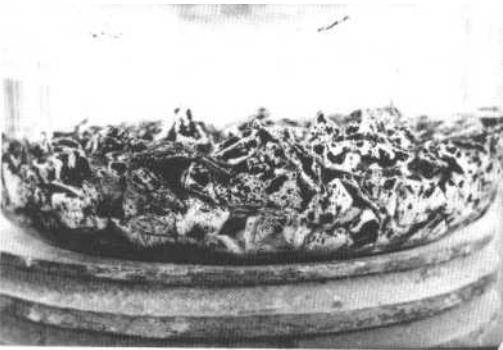


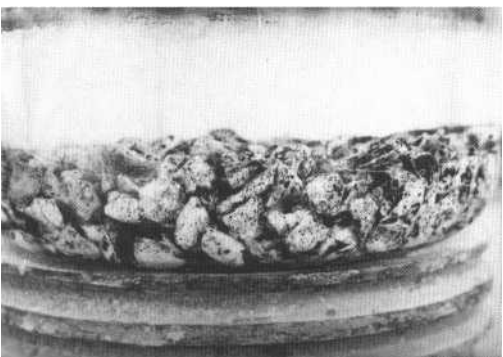
Foto 2. Standard D - 60%



40 %



Foto 3. Standard F - 40%



20 %

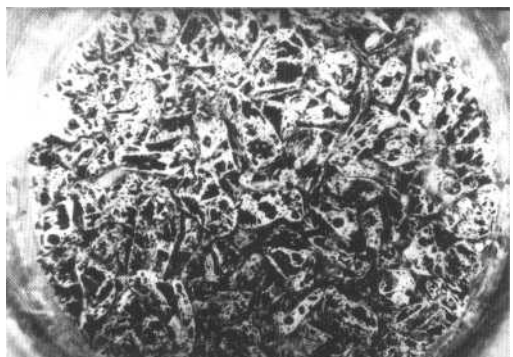


Foto 4. Standard H - 20%

BIBLIOGRAFIA essenziale

- 1) W. RIEDEL, H. WEBER *Über die Haftfestigkeit bituminöser Bindemittel an Gesteinen*. Asphalt und Teer Strassenbautechnik, n. 37-44, 1933.
- 2) V. VANDONE *Circa la prova di aderenza dei bitumi alle pietre nella tecnica stradale*. Le Strade, settembre 1934.
- 3) R. ARIANO Adesione di bitumi a materiali rocciosi. Le Strade, luglio 1941.
- 4) R. ARIANO *I materiali stradali*, Gorlich, Milano 1948.
- 5) M. DURIEZ Contribution à la mesure de l'adhésivité des liants *hydrocarbonés*. Revue Générale des Routes et des Aérodrômes, Marzo 1950.
- 6) R. PELTIER *Récherches d'un critère d'adhésivité des liants hydrocarbonés aux matériaux routiers: méthode du penetromètre à cône*. Ministère des Travaux Publics, Paris 1953.
- 7) R. ARIANO Adesione di leganti idrocarburati a pietre. Le Strade, giugno 1955.
- 8) P.P. SANDONNINI Studio sperimentale sull'adesione *dei leganti* idrocarburati ai materiali lapidei in *presenza d'acqua*. Tecnica Italiana, n. 7, 1955.
- 9) G. CENTOLANI Manuale *delle pavimentazioni bituminose*. Unione Petrolifera T.C.I., Milano 1966.
- 10) G. DIANA, E. CORBELLI *I dopos di adesività per i leganti stradali*. Le Strade, dicembre 1969.
- 11) V. CASTAGNETTA *I leganti bituminosi stradali. Proprietà, caratteristiche specifiche*. Atti del XVI Convegno Nazionale Stradale, Salerno 1970.
- 12) Soc. PIERREFITTE-AUBY, DIVISIONE CHIMICA PROCHINOR Documentazione *Tecnica*. Neuilly sur Seine, 1972.
- 13) R. BUCCHI *Determinazione sperimentale dell'adesione dei leganti bituminosi alle pietre: ricerca sul comportamento delle miscele bitume-gomma*. Strade e Traffico, n. 235, Settembre 1973.
- 14) G. TESORIERE *Strade Ferrovie Aeroporti*, Volume secondo. U.T.E.T., Torino 1974.
- 15) P. FERRARI, F. GIANNINI Ingegneria stradale, Volume secondo: Corpo stradale e pavimentazioni. ISEDI, Milano 1979.
- 16) A.M. AJOUR Commission Technique *RILEM CAHIER 17 BM*, n. 3, 1979. Laboratoire Central des Ponts et chaussées.
- 17) G. MORALDI Dispense *delle lezioni di Tecnica dei Lavori Stradali*. Roma 1980.
- 18) G. COSTANTINIDES, C. LOMI Bitume, le determinazioni che contano. Atti del Simposio "Progressi della tecnologia dei bitumi", San Donato Milanese 1981.
- 19) L. TURRIO BALDASSARRI La chimica dei bitumi *ed il miglioramento delle strade*. La chimica e l'industria 4, 199, 1985.
- 20) U. ISACSSON, T. JORGENSEN *Laboratory methods for determination of the water susceptibility of bituminous pavements*. Swedish Road and Traffic Research Institute 1987.