

Tutti i vantaggi del tiepido

RISPARMIO DI ENERGIA E RIDUZIONE DELLE EMISSIONI INQUINANTI. CAPISALDI DEL PROTOCOLLO DI KYOTO E DELLA CULTURA SOSTENIBILE, MA ANCHE OBIETTIVI DA RAGGIUNGERE PER L'INDUSTRIA DELLE PAVIMENTAZIONI STRADALI. COME? PER ESEMPIO ATTRAVERSO L'INNOVAZIONE TECNOLOGICA E LE SUE BEST PRACTICE. UNA TRA LE ALTRE DA RACCONTARE È QUELLA DI WARM-MIX®, UN ADDITIVO SVILUPPATO E PRODOTTO DALLA AZIENDA ITALIANA STAR ASPHALT CHE CONSENTE PRODUZIONE E STESA DI CONGLOMERATI BITUMINOSI A TEMPERATURE NOTEVOLMENTE RIDOTTE.

Il Protocollo di Kyoto sui cambiamenti climatici, redatto durante la conferenza delle Nazioni Unite dell'11 dicembre 1997, prevede, tra il 2008 e il 2012, la riduzione delle emissioni inquinanti da parte degli Stati membri dell'Unione Europea dell'8% rispetto ai livelli registrati nel 1990. In particolare, l'Italia si è posta l'obiettivo di ridurre del 6,5% le proprie emissioni, rispetto a quelle registrate nel 1990, che erano pari a 428.941 Gg di anidride carbonica. Per raggiungere questi obiettivi, il Protocollo di Kyoto propone una serie di provvedimenti, fra i quali quello di rafforzare o istituire politiche nazionali di riduzione delle emissioni dei gas serra mediante l'applicazione di tecnologie innovative. Di conseguenza, l'industria delle costruzioni stradali sta discutendo, sempre più intensamente, di conglomerati a tiepido, a bassa temperatura, a bassa energia, e via dicendo. Queste nuove tecnologie hanno lo scopo di ridurre i consumi energetici e, quindi, l'emissione di inquinanti, ma devono, in ogni caso, garantire pav-

imentazioni stradali con prestazioni identiche a quelle ottenute utilizzando conglomerati prodotti con le tradizionali tecniche a caldo.

LA TECNOLOGIA TRADIZIONALE A CALDO

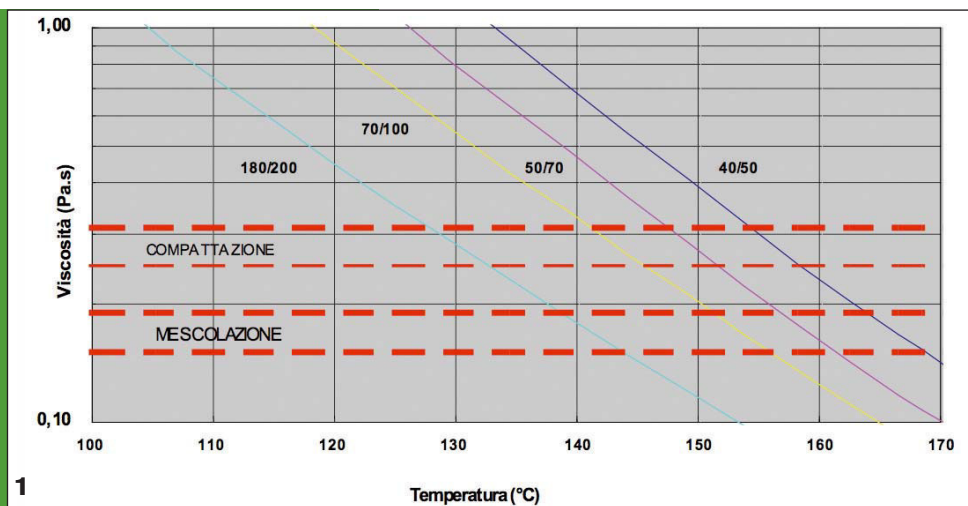
Il conglomerato bituminoso è una miscela confezionata a caldo, composta da materiale lapideo e da bitume. Il bitume riveste ad uno ad uno gli aggregati, tenendoli uniti per formare un unico elemento capace di resistere alle sollecitazioni indotte dal traffico ed alle aggressioni degli agenti atmosferici. Il processo di confezionamento prevede un'energica mescolazione della miscela, in modo da favorire la ricopertura del materiale lapideo. La mescolazione ottimale si ottiene col bitume ad una temperatura tale che, la sua viscosità¹, abbia il valore di $0,17 \pm 0,02$ Pa·s.

Con questo valore di viscosità i bitumi hanno una fluidità tale da ricoprire facilmente gli aggregati della miscela, formando un sottile film di bitume su ogni sin-

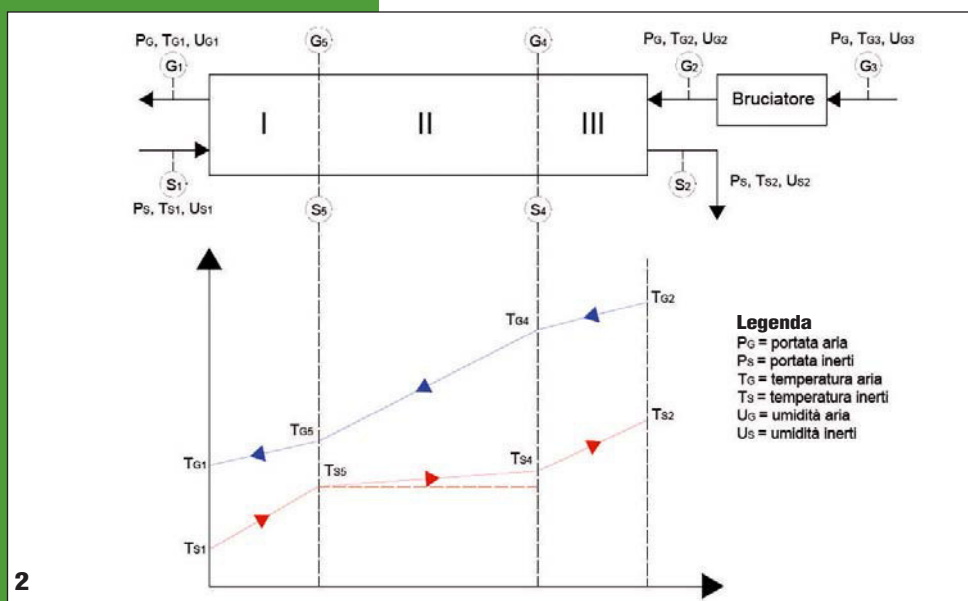
1. La viscosità è la proprietà di un fluido ad opporre una resistenza allo scorrimento o alla variazione di forma. Consideriamo un fluido contenuto tra due piastre, di superficie S , poste ad una distanza h una dall'altra; muoviamo adesso la piastra superiore, con una velocità costante V , ovviamente, per far questo sarà necessario esercitare una forza costante F , sulla piastra, per tenerla in movimento. La resistenza che la piastra incontra nello scorrere è la viscosità del fluido, normalmente viene indicata con la lettera greca μ ; matematicamente viene descritta con la legge di Newton, dove la viscosità del fluido μ è la costante di proporzionalità tra la forza per unità di superficie e la diminuzione di velocità nella direzione y :



Questa equazione definisce un comportamento viscoso ideale, caratterizzato da un valore del coefficiente di viscosità indipendente dallo sforzo di taglio F/S e dal gradiente di velocità. In realtà per molti fluidi il coefficiente di viscosità μ è lungi dall'essere costante. Un fluido caratterizzato da una risposta del gradiente di velocità non lineare rispetto allo sforzo di taglio si denomina fluido non newtoniano.



1



2

1. Grafico della viscosità, in funzione della temperatura, per bitumi con quattro diversi valori di penetrazione

2. Schematizzazione di un forno a tamburo rotante che opera in controcorrente

golo grano di materiale lapideo. Dalla qualità di questo sottile film dipenderà la durata nel tempo del conglomerato bituminoso. In particolare, la forza di adesione che questo film di bitume ha su i grani lapidei, rappresenta il punto critico di tutto il processo di fabbricazione di una pavimentazione stradale.

Nella fig. 1 è riportato il grafico della viscosità in funzione della temperatura, per bitumi con quattro diversi valori di penetrazione (ASTM D2493). Si può notare che, ad una data temperatura, la viscosità diminuisce con l'aumentare della penetrazione del bitume. In pratica, se dovessimo produrre un conglomerato bituminoso utilizzando bitumi a diversa penetrazione, per avere la stessa viscosità sarebbe necessario applicare temperature diverse durante la fase di mescolazione. Ad esempio, per una mescolazione ottimale, un bitume di penetrazione 40dmm necessita di una temperatura compresa tra 160-170°C; un bitume di penetrazione 80dmm necessi-

ta di una temperatura compresa tra 150-160°C. Per raggiungere la viscosità ottimale di mescolazione, anche i materiali lapidei vengono riscaldati, all'incirca, alla stessa temperatura del bitume (150-170°C), per mezzo di forni a tamburo rotante. La funzione principale dei forni, definiti cilindri essiccatori, è quella di eliminare prima l'umidità contenuta negli inerti e, successivamente, di riscaldarli alla temperatura di mescolazione voluta. I forni a tamburo rotante, sono costituiti da un cilindro rotante e da un bruciatore, e possono operare sia in "equicorrente" che in "controcorrente". Normalmente gli equicorrente vengono utilizzati per impianti di asfalto di tipo "continuo", mentre i controcorrente vengono utilizzati negli impianti tradizionali o "discontinui". In fig. 2 è stato schematizzato un forno a tamburo rotante che opera in controcorrente, il cilindro, schematicamente, può essere considerato composto da tre zone:

- nella prima, gli inerti vengono riscaldati fino a raggiungere la temperatura di ebollizione dell'acqua, senza perdere umidità;
- nella seconda, gli inerti perdono tutta l'umidità contenuta, essiccandosi, in questa zona la temperatura non aumenta ma rimane costante;
- nella terza, la temperatura degli inerti, completamente essiccati, aumenta fino a che il materiale non esce dal cilindro.

I forni a tamburo rotante se ben progettati e fabbricati, devono garantire una velocità dell'aria, all'interno del cilindro, maggiore o uguale a 6 m/s; inoltre, la differenza tra la temperatura di uscita e quella di entrata degli inerti deve essere almeno di 140°C. Discorso a parte deve essere fatto sull'umidità degli inerti all'uscita del cilindro normalmente deve essere $\leq 0,5\%$; infatti, questa dipende da diverse variabili, fra le quali: l'umidità iniziale degli inerti, la qualità degli inerti alimentati, la qualità dell'aria in ingresso al bruciatore e la velocità degli inerti di attraversamento del cilindro essiccatore. Dopo la fase di confezionamento dei conglomerati bituminosi, la realizzazione di una pavimentazione stradale prevede le fasi di trasporto, stesa e compattazione. L'adesione tra bitume-inerte è il punto critico di tutto il processo di realizzazione di un conglomerato bituminoso, ma di fondamentale importanza, per l'ottenimento di una strada resistente, è la compattazione, che deve essere effettuata con una adeguata energia meccanica, ma soprattutto, ad una temperatura tale da garantire una viscosità della miscela bituminosa pari a $0,28 \pm 0,03$ Pa.s.

Nel grafico di fig. 1, le linee orizzontali tratteggiate

in rosso, indicano gli intervalli di viscosità ottimali per la mescolazione e la compattazione dei conglomerati bituminosi.

LA TECNOLOGIA A CALDO CON WARM-MIX®

WARM-MIX® è un particolare additivo che, se aggiunto durante la fase di confezionamento di un asfalto, fa in modo che le temperature delle fasi di mescolazione, di stesa e di compattazione possano essere notevolmente abbassate rispetto a quelle tradizionalmente utilizzate.

Per spiegare come questo sia possibile è necessario prendere in considerazione la produzione di un conglomerato bituminoso a caldo, applicando la tecnologia tradizionale. Faremo una semplice operazione in più, rispetto alla procedura tradizionale, aggiungendo il WARM-MIX®, durante la fase di mescolazione.

Quando il WARM-MIX® viene a contatto, con gli inerti e il bitume caldi, l'acqua, contenuta al suo interno, viene ceduta in modo lento e continuo, creando tante piccole bollicine di vapore. Le bollicine disperdendosi nel conglomerato bituminoso, provocano una drastica diminuzione della viscosità, raggiungendo valori molto più bassi di quello fissato come valore ottimale: $0,17 \pm 0,02$ Pa·s. In particolare, il WARM-MIX® nella miscela bituminosa agisce principalmente sul bitume.

Infatti, lo sviluppo delle micro bollicine, crea una miscela composta da: vapore acqueo e bitume. Questa miscela, rispetto al bitume, ha una minore densità in quanto molto più voluminosa ed offre una minore resistenza allo scorrimento. Se si confrontano le viscosità a parità di temperatura, la miscela vapore acqueo e bitume, ha una viscosità molto più bassa rispetto a quella del solo bitume. Questo significa che, con l'aggiunta del WARM-MIX®, si può pervenire alla viscosità ottimale di mescolazione, utilizzando una temperatura più bassa; inoltre, la presenza del WARM-MIX® garantisce anche una viscosità ottimale di stesa e compattazione con una temperatura più bassa rispetto a quella tradizionale.

Un conglomerato tradizionale a caldo prodotto con l'aggiunta del WARM-MIX® presenta notevoli vantaggi rispetto ad uno senza l'aggiunta del WARM-MIX®. Ad esempio, la possibilità di poter stendere e compattare i conglomerati a temperature di 30-50°C più basse, rispetto a quelle tradizionali, permette che la realizzazione delle pavimentazioni avvenga:

- a grandi distanze dai cantieri di confezionamento;
- fronteggiando con più serenità il traffico stradale, che rallenta i rifornimenti ai cantieri di stesa;
- confezionando e trasportando grandi quantità di conglomerati bituminosi, evitando le sgradevoli azioni di interruzione e di ripresa della fase di stesa;
- eseguendo lavori di pavimentazione in condizioni climatiche estreme;
- eseguendo lavori di pavimentazione in notturna anche con condizioni climatiche molto fredde;
- aggiungendo alte percentuali di materiale fresato, senza aumentare la temperatura di mescolazione degli inerti.

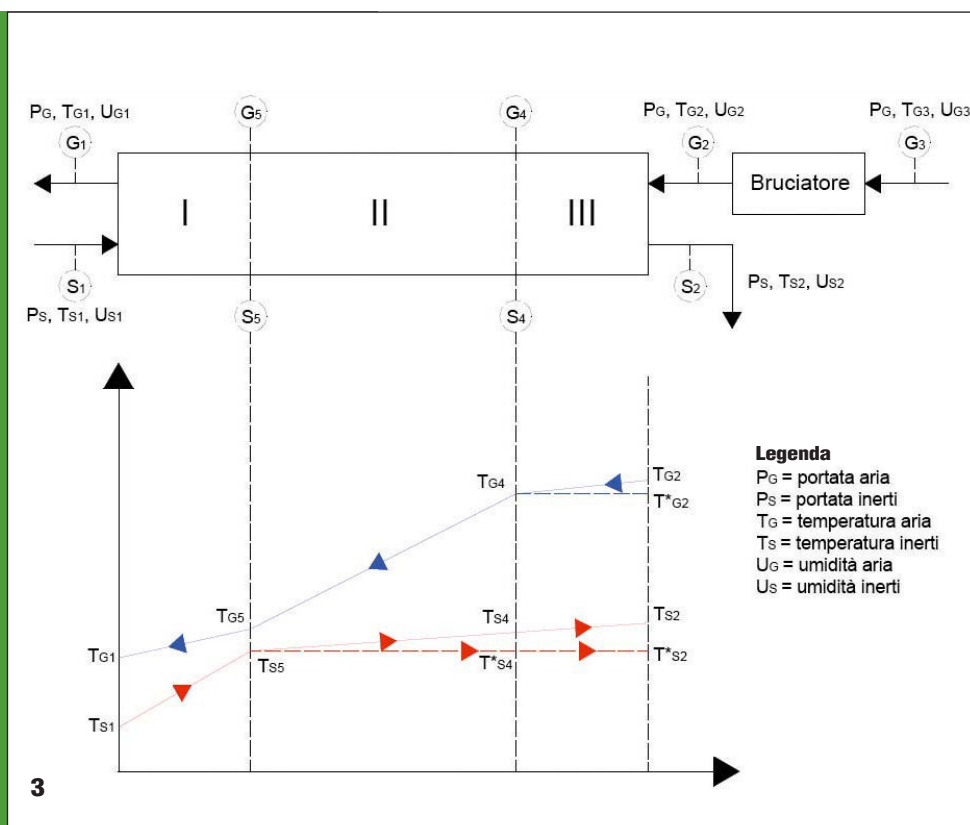
Tutti questi vantaggi si ottengono senza pregiudicare la qualità finale della pavimentazione stradale. Addirittura, con alcune tipologie di conglomerati, si possono migliorare le prestazioni della pavimentazione, poiché viene ridotto l'indice dei vuoti.

LA TECNOLOGIA A TIEPIDO CON WARM-MIX®

La differenza tra un conglomerato a tiepido e uno tradizionale a caldo sta nella temperatura di mescolazione utilizzata e, di conseguenza, anche in quella di stesa e di compattazione. Infatti, sia a tiepido che a caldo, un conglomerato bituminoso mediamente è composto dal 95% di materiale lapideo e dal 5% di legante bituminoso. Poiché l'aggiunta del WARM-MIX® permette la diminuzione della temperature di lavoro, è necessario decidere su quale dei due componenti intervenire.

Il bitume viene spruzzato, nella quantità stabilita, direttamente sugli inerti, per mezzo di pompe che lo aspirano da un serbatoio di stoccaggio. La temperatura di esercizio, pertanto, non può essere di molto ridotta per non pregiudicare le operazioni di pompaggio e di dosaggio.

La temperatura degli inerti, che rappresentano la gran parte di un conglomerato bituminoso, può essere indubbiamente diminuita, apportando un sostanziale risparmio energetico. Infatti, l'applicazione della tecnica a tiepido, prevede il riscaldamento degli inerti, addirittura, a temperature inferiori ai 110°C. Come esposto precedentemente, il funzionamento di un cilindro essiccatore è rappresentato, in fig. 2. Nella zona tre del cilindro gli inerti arrivano già essiccati ma per aumentare la temperatura a 150-170°C, si continua a riscaldare fino a che l'inerte non esce dal cilindro. In fig. 3 è rappresentato un cilindro essiccatore con i profili delle temperature nel caso



3. Rappresentazione di un cilindro essiccatore con profili delle temperature nel caso si producesse un conglomerato a tiepido

2. Lo spogliamento di un conglomerato bituminoso, confezionato, è il distacco del film di bitume che ricopre l'inerte. Una pavimentazione stradale manifesta il fenomeno dello spogliamento con perdita d'inerti dal manto stradale, formazione di buche e deformazioni, tendenza del bitume alla risalita in superficie. La causa principale che provoca questo fenomeno è la mancanza di adesione bitume-inerte che, fondamentalmente, è da imputare alla presenza dell'acqua e, in particolare, agli effetti provocati dall'acqua (per esempio la pioggia) alla pavimentazione dopo la messa in opera del conglomerato. I bitumi, infatti, hanno una scarsa affinità chimica con gli inerti, mentre questi ultimi, hanno altissima affinità con l'acqua, pertanto, sulla superficie dell'inerte, il bitume può essere facilmente scalzato dall'acqua.

si producesse un conglomerato a tiepido. Come si vede dai profili delle temperature, la zona tre potrebbe essere inutile. Teoricamente, gli inerti completamente essiccati, in uscita dalla zona due, hanno una temperatura di 100°C.

Nella realtà questo non è vero, poiché, nei calcoli di dimensionamento dei forni a tamburo rotante, si fanno diverse ipotesi, tra le quali, quella che gli inerti siano non porosi.

In pratica, per essere certi che l'umidità sia inferiore all'0,5%, la temperatura degli inerti deve essere compresa tra i 100°C ed i 120°C.

L'utilizzo di inerti a temperature tiepide, aumenta notevolmente il rischio che il conglomerato bituminoso prodotto, possa avere problemi di spogliamento², dovuti sia all'acqua che rimane inglobata nell'inerte (considerato che non subisce il riscaldamento nella zona 3 del cilindro essiccatore), sia a quella che viene rilasciata nel processo a tiepido con l'aggiunta del WARM-MIX®. Tali problemi di spogliamento possono essere eliminati o comunque drasticamente ridotti, aggiungendo al bitume un promotore di adesione. I promotori di adesione, come ad esempio STARDOPE®, sono additivi costituiti da speciali composti chimici che, se aggiunti al bitume, favoriscono e migliorano l'adesione tra bitume e inerti, opponendosi al fenomeno dello spogliamento, con la creazione di un le-

game chimico forte e prolungato nel tempo. Infatti, in pratica, le molecole chimiche del promotore di adesione, disponendosi all'interfaccia bitume-inerte, fanno in modo che la superficie dell'inerte venga ricoperta completamente dal bitume (adesione passiva), addirittura possono rimuovere, spostandola, l'eventuale presenza di acqua (adesione attiva). Tale adesione definita "attiva" è ottenuta con concentrazioni di STARDOPE® compresi tra 0,5-1,0% sul peso del legante bituminoso, aggiunto al conglomerato.

CONCLUSIONI

I conglomerati a tiepido stanno rivoluzionando il mercato sia europeo che mondiale dei conglomerati bituminosi. WARM-MIX® è l'additivo indispensabile se si vuole produrre un conglomerato tiepido.

STARDOPE® è l'additivo necessario se si vuole produrre un conglomerato tiepido di qualità, indipendentemente dalla particolare tecnologia tiepida applicata. Il lettore più attento avrà notato che nel presente articolo sono stati elencati, solo i vantaggi della tecnologia a caldo con l'aggiunta del WARM-MIX® rispetto a quella senza l'aggiunta del WARM-MIX®.

Mentre, non si è fatto nessun riferimento ai vantaggi delle tecnologie a tiepido nei confronti di quelle a caldo. Per un'impresa stradale la tecnologia tiepida può essere di interesse, quando il costo economico dell'additivo, aggiunto al conglomerato, è più basso a quello risparmiato per riduzione del carburante impiegato.

Ad oggi questo non è ancora possibile, pertanto, tutte le tecnologie a tiepido presenti sul mercato, sono economicamente più onerose di quelle a caldo ma, sicuramente, più rispettose dell'ambiente, poiché, riducono l'emissione sia dei gas serra in atmosfera che dei fumi durante le fasi di produzione, stesa e compattazione.

La differenza economica tra le tecnologie a tiepido e a caldo, attualmente, grava totalmente sull'impresa. Questo contesto potrà essere risolto mediante speciali provvedimenti governativi, peraltro già previsti dal protocollo di Kyoto, con l'adozione di capitolati di acquisto "verdi" nelle gare di appalto delle pubbliche forniture, riconoscendo alle imprese vantaggi economici e agevolazioni finanziarie. Per far ciò, è indispensabile che le associazioni di categoria si facciano portavoce di queste problematiche verso il Governo Italiano, coinvolgendo il Ministero preposto e costituendo tavoli di concertazione con gli addetti ai lavori.

Promotori di adesione e additivi per asfalti a tiepido: le innovazioni Star Asphalt

La Star Asphalt SpA è una società specializzata nella produzione di additivi chimici per il settore stradale. *“I nostri laboratori - sottolinea l’ad Francesco Santella - da sempre sono impegnati in attività di ricerca e sviluppo di prodotti e di tecniche che salvaguardano l’ambiente e la salute degli operatori, ma che, parallelamente, assicurano elevati standard qualitativi. Con questo spirito abbiamo sviluppato additivi unici, in grado di soddisfare le più particolari esigenze del cliente e, soprattutto, abbiamo maturato un’esperienza tale da consentirci di diventare partner privilegiati di alcune tra le più importanti aziende operanti nel settore stradale in Europa”*. STARDOPE®, STAROIL®, STARACID® sono alcuni marchi di Star Asphalt SpA, divenuti sinonimo di qualità del *made in Italy* nell’industria delle pavimentazioni stradali. WARM-MIX® è la risposta della ricerca Star Asphalt SpA alla necessità dell’industria delle pavimentazioni stradali di risparmiare energia e alla richiesta della popolazione europea di una drastica riduzione dell’emissione dei gas serra in atmosfera. Di seguito presentiamo due approfondimenti mirati riguardanti i cosiddetti promotori di adesione e proprio gli additivi per la produzione di asfalto a tiepido, che tra l’altro sono stati presentati al Bauma 2007.

STARDOPE®

I bitumi hanno una scarsa affinità chimica con gli aggregati lapidei, mentre questi ultimi hanno altissima affinità con l’acqua, pertanto, sulla superficie dell’aggregato, il bitume può essere facilmente scalzato dall’acqua. L’affinità chimica tra bitume ed aggregati lapidei può essere migliorata di molto aggiungendo alla miscela piccole quantità di additivi denominati promotori di adesione (o altrimenti definiti “attivanti di adesione” o anche “*antistripping agent*”). L’aggiunta di un promotore di adesione in un conglomerato bituminoso, agisce variando la tensione superficiale aggregato-bitume. STARDOPE® è un particolare prodotto di reazione chimica, che ha la caratteristica di avere una macro molecola con una porzione “idrofiliica” che si lega alla superficie degli aggregati lapidei ed una porzione “lipofiliica” legata con il bitume. STARDOPE® è un prodotto liquido e può essere fornito, in fusti da 200 kg, in cubi da 1.000 kg e su richiesta sfuso in autobotte. Le percentuali di dosaggio sono funzione delle condizioni di lavoro. Normalmente variano da 0.2% a 1.0% sul peso del bitume. STARDOPE® viene addi-

zionato direttamente nei serbatoi di stoccaggio dei bitumi; in alternativa, può essere aggiunto, mediante pompa dosatrice, nel mescolatore dell’impianto, durante la fase di mescolazione degli asfalti.

WARM-MIX®

Si tratta di un prodotto di origine sintetica a base di sodio allumino silicati, definito zeolite, che contiene al suo interno una percentuale d’acqua pari al 25% in peso. La particolare struttura molecolare gli permette di rilasciare l’acqua trattenuta al suo interno in modo continuo e proporzionale all’aumentare della temperatura. WARM-MIX® è un materiale inerte, inodore, di colore bianco. Il prodotto può essere fornito, in polvere o in piccoli granuli, sfuso o imballato in sacconi da 500 kg e su richiesta in sacchi da 25 kg.



WARM-MIX® viene addizionato nel mescolatore dell’impianto di asfalto durante la fase di confezionamento dei conglomerati bituminosi. Per un corretto utilizzo, WARM-MIX® deve essere aggiunto immediatamente dopo la spruzzatura del legante bituminoso. È importantissimo utilizzare insieme al WARM-MIX® un promotore di adesione, poiché, confezionando gli asfalti a tiepido, gli inerti in uscita dai forni essiccatori, possono contenere ancora elevati residui di umidità, tanto da poter pregiudicare la durata nel tempo della pavimentazione stradale. WARM-MIX® viene aggiunto alla miscela automaticamente, mediante impianti a trasporto pneumatico dotati di sistemi elettronici di pesatura. Normalmente, il dosaggio è di 3,0 kg di WARM-MIX®, per ogni tonnellata di conglomerato bituminoso prodotto. Tuttavia, la quantità di WARM-MIX® da utilizzare dipende essenzialmente: dalla temperatura di mescolazione e dal tempo che intercorre tra la fase di confezionamento e le fasi di stesa e compattazione dell’asfalto. In conclusione, si utilizzeranno quantità variabili tra 2,0 e 3,0 kg di WARM-MIX® per ogni tonnellata di conglomerato bituminoso.