

In Provincia di Cremona,
sulla S.P. CR ex S.S. n° 10 "Padana Inferiore"

EMULSIONE MODIFICATA E ASPHA-MIN®: ALTE PRESTAZIONI ECOSOSTENIBILI

Cristiano Rebecchi*
Gian Giacomo Gellini **

Al fine di illustrare compiutamente il carattere innovativo di un appalto di manutenzione stradale realizzato esclusivamente con tecniche a bassa temperatura, ci si è avvalsi della collaborazione del Professionista incaricato della progettazione e direzione lavori dell'intervento in esame. L'Ing. Cristiano Rebecchi, Capo Servizio Tecnico del Settore Manutenzione Strade della Provincia di Cremona, ha pertanto seguito l'articolo per quanto riguarda le scelte progettuali, le problematiche emerse in corso d'opera e i risultati ottenuti. L'Impresa appaltatrice, Profacta SpA di Brescia, tra le tecniche di produzione dei conglomerati tiepidi, ha scelto la tipologia Aspha-Min®. La parte di articolo che invece illustra la produzione dei conglomerati a bassa temperatura è stata pertanto illustrata dall'Ing. Gian Giacomo Gellini, Responsabile Sviluppo prodotti e processi industriali della Arezzo Bitumi Srl, distributore per l'Italia di questa tecnologia.

Quando gli ammaloramenti delle pavimentazioni bituminose sono dovuti a problemi di portanza del pacchetto in maniera manifesta, la soluzione più semplice da sempre proposta dai Tecnici del settore per ripristinare la vita utile di una strada è quella di scarificare l'intera sovrastruttura stradale e sostituirla con nuovi strati di mista bitumata, binder e manto d'usura di spessori adeguati alla tipologia della strada in esame.

Si ritiene che gli svantaggi di questa tipologia di intervento siano due:

- ◆ costi elevati e produzione di materiale di risulta a causa della movimentazione di una considerevole quantità di materiale (il "fresato") di non facile reimpiego;
- ◆ costi e lavorazioni evitabili in quanto si esegue la sostituzione radicale di tutto il nastro bitumato, mentre varie volte i cedimenti da carico sono localizzati nelle zone della pavimentazione ove transita il traffico (in prossimità della linea centrale e di quelle di bordo) e circa il 50% del piano viabile si trova in condizioni accettabili.

Qualora alle problematiche precedenti si assommino la necessità di eseguire l'intervento anche in condizioni climatiche non ottimali e la necessità di operare nel più breve arco temporale possibile in quanto la strada ammalorata è notevolmente trafficata e i disagi conse-



Il tratto della S.P. CR ex S.S. n° 10 "Padana Inferiore" interessato dall'appalto

guenti a limitazioni alla circolazione sono ingenti, il metodo tradizionale per il ripristino della vita utile della pavimentazione diviene addirittura inapplicabile; è pertanto necessario progettare ed eseguire una differente tipologia di intervento.

E' questo il caso dell'ultimo appalto di manutenzione straordinaria realizzato dalla Provincia di Cremona denominato S.P. CR ex S.S. n° 10 "Padana Inferiore", dei lavori di manutenzione periodica mediante risagomatura e consolidamento del piano viabile - interventi urgenti di ripristino della sovrastruttura stradale di alcuni tratti.

L'oggetto dell'intervento da realizzare

Oggetto dell'appalto in parola è la manutenzione della sovrastruttura stradale del tronco di S.P. CR ex S.S. n° 10 tra il km 226+800 e il km 228+000. Questo tratto rappresenta un nodo fondamentale nel territorio provinciale di Cremona in quanto, oltre a essere parte della direttrice principale Cremona-Mantova, collega il Capoluogo al centro Commerciale Cremona 2, attualmente il più importante del territorio cremonese.

Il traffico che vi insiste è di tipo sia urbano sia extraurbano, con un TGM di 26.000 veicoli e una percentuale di veicoli pesanti del 15%.



L'analisi della situazione prima dell'intervento

A livello di pavimentazione bituminosa il tronco in esame presentava problemi di portanza dovuti al consistente transito di mezzi pesanti, che si manifestavano con fessurazioni tipo pelle di coccodrillo, sfondamenti sia vicino alle banchine sia in centro carreggiata, rotture localizzate del manto.

La situazione del piano viabile era molto grave in quanto le fessurazioni riguardavano l'intero pacchetto bituminoso di 26 cm, pertanto il rinnovo della sovrastruttura doveva essere approfondito sino ai materiali slegati. Il grado di deterioramento del manto imponeva la necessità di eseguire nel più breve tempo possibile un intervento di manutenzione straordinaria, sicuramente prima della prossima stagione invernale. L'Amministrazione ha potuto finanziare l'opera solamente all'interno dell'anno 2006 con assestamento di bilancio; dunque nella progettazione si è dovuto prevedere, pur tenendo conto di utilizzare una procedura di gara veloce come la trattativa privata per motivi d'urgenza, che i lavori sarebbero inevitabilmente ricaduti nel periodo autunnale dell'anno in corso.

La descrizione dell'intervento da realizzare

Gli interventi progettati sul tratto in questione sono stati in sintesi i seguenti:

1. asportazione della sovrastruttura stradale in conglomerato bituminoso, eseguita mediante scarificatrice a freddo, per uno spessore medio di 6 cm e larghezza media di 8 m (escluse pertanto le banchine bitumate);
2. rigenerazione a freddo del rimanente pacchetto in conglomerato bituminoso eseguito mediante idonee attrezzature con l'utilizzo di emulsione bituminosa modificata con elastomeri, cemento e acqua in quantità opportune, di spessore medio di 20 cm, di larghezza media di 8 m.

La pavimentazione bituminosa realizzata mediante rigenerazione a freddo è costituita da una miscela composta dal materiale del preesistente pacchetto in conglomerato bituminoso fresato in sito, da miscelare dopo l'aggiunta di cemento (1,5%-2,5% tipo Portland 325), di acqua (3%-5%) e di emulsione bituminosa acida, modificata con elastomeri, a velocità di rottura controllata e con un tenore di bitume del 60% (2%-4%).

I macchinari utilizzati dovevano garantire la perfetta miscelazione ed essere dotati di idonei dispositivi per il dosaggio dei materiali aggiunti. Erano compresi nel prezzo la fornitura e posa dei materiali, la lavorazione, l'eventuale livellamento con grader sia prima della posa del cemento sia prima della rullatura e il costipamento dello strato riciclato a freddo con idoneo rullo gommato insieme a un rullo metallico o combinato, entrambi di almeno 20 t al fine di fornire un grado di costipamento pari, come minimo, al 97% del valore di densità volumetrica dei provini realizzati in laboratorio.

Per quanto riguarda le ottime percentuali di emulsione e cemento, sia le analisi preliminari sia lo studio di ottimizzazione della miscela con il metodo della pressa giratoria, sono stati eseguiti dalla Provincia di Cremona in una zona campione in collaborazione con un laboratorio di fiducia. Sono stati eseguiti gli assaggi a carotaggio in sito in più punti, che hanno evidenziato uno spessore medio del pacchetto esistente di 26 cm e che sono serviti anche per estrapolare la percentuale di bitume in sito; è stato inoltre prelevato il materiale fresato, servito per trovare la curva in laboratorio e preparare i vari provini con la pressa giratoria.

Dallo studio di ottimizzazione con pressa giratoria è risultato che le percentuali ottime di emulsione modificata e di cemento nella

zona dei prelievi erano entrambe del 2,5%. Le percentuali di portanza dell'intervento sono state queste, verificando i valori di trazione indiretta in opera per eventuali modifiche in corso d'opera.

3. fornitura, stesa con vibrofinitrice, previa posa di emulsione di ancoraggio, e cilindatura dello strato di collegamento ad alto modulo in conglomerato bituminoso tiepido per consolidamento del piano viabile, spessore medio soffice 5 cm, larghezza media 8 m. Questa miscela unisce ottimi requisiti di portanza a una temperatura di stesa decisamente inferiore alla norma; attraverso l'aggiunta all'impianto di additivi inorganici - o combinando un bitume a elevata penetrazione con un bitume a bassissima penetrazione o inserendo umidità nella parte sabbiosa della miscela - si riesce infatti a produrre conglomerato bituminoso, cosiddetto "tiepido", e cioè prodotto e posato a temperature di circa 40°C inferiori rispetto al tradizionale.
4. fornitura, stesa con vibrofinitrice, previa posa di emulsione di ancoraggio, e cilindatura del manto d'usura di tipo antiskid in conglomerato bituminoso tiepido, spessore medio soffice 3,5 cm, larghezza media 10,30 m; il manto d'usura è pertanto l'unico nuovo strato da posare sulle banchine bitumate, che attualmente si presentano in buono stato di conservazione in quanto quasi mai trafficate.

L'intervento iniziale di fresatura si è reso necessario per consentire la successiva posa della mista ad alto modulo, 5 cm soffici, sul riciclato calcolando anche la crescita del pacchetto sottostante una volta riciclato (10-12%). In tal modo la quota finita della mista bitumata è quella delle banchine bituminose esistenti e il manto d'usura antiskid di finitura può essere posato su tutto il nastro bitumato senza differenze trasversali di livelletta.

I vantaggi delle scelte progettuali adottate

Le scelte progettuali sopra descritte (fresatura, riciclaggio a freddo con emulsione bituminosa modificata, conglomerato bituminoso tiepido per mista ad alto modulo e manto antiskid) sono innovative e altamente specialistiche e presentano tra i principali vantaggi potenziali quello di poter essere realizzati anche in periodi dell'anno con temperature dell'aria non idonee per i conglomerati bituminosi a caldo. Questo permette di poter eseguire le lavorazioni anche durante la stagione autunnale.

Gli interventi previsti, potendo essere eseguiti non coinvolgendo contemporaneamente l'intera carreggiata stradale, sono stati realizzati in regime di senso unico alternato; i disagi per la circolazione stradale durante l'esecuzione dei lavori sono stati pertanto ridotti.

Tra i vantaggi dei conglomerati a bassa temperatura vi è inoltre la rapidissima riapertura al transito della strada oggetto dell'intervento in quanto il prodotto quasi subito raggiunge la temperatura ideale per il rotolamento degli pneumatici.

I vantaggi delle lavorazioni a freddo, o comunque tiepide, sono anche di tipo ambientale e sono principalmente i seguenti:

- ◆ notevoli riduzioni delle parti fini (oltre 70%) e della CO₂ (circa 30%) emesse in atmosfera durante la fase di produzione, in linea con il Protocollo di Kyoto; pertanto minor inquinamento;
- ◆ abbattimento pressoché totale dei fumi e degli odori in fase di produzione ma soprattutto di stesa; pertanto migliore qualità di lavoro nonché minor impatto ambientale;
- ◆ minor necessità di riscaldamento degli inerti all'impianto con conseguente risparmio energetico (per i conglomerati tiepidi);
- ◆ riutilizzo totale dei materiali in sito (per il riciclaggio a freddo in sito).

La realizzazione dell'intervento

Alla trattativa privata indetta per il giorno 11 Ottobre 2006 è rimasta aggiudicataria dell'appalto l'Impresa Profacta SpA di Brescia, che ha scelto come procedura per la produzione del conglomerato tiepido la tecnologia Aspha-Min®: tale tecnologia prevede l'aggiunta di un additivo direttamente in sede di miscelazione durante la fase di produzione. In effetti, il Capitolato Speciale d'Appalto era di tipo prestazionale.

Ogni metodologia attualmente in corso di sperimentazione sarebbe stata accettata dalla Direzione Lavori, che ha eseguito i controlli in corso d'opera delle temperature di stesa, delle resistenze a trazione indiretta a mezzo di pressa giratoria, del grado di addensamento del materiale a mezzo di carotaggio.

La tecnologia Aspha-Min®

Aspha-Min® è una particolare zeolite utilizzata per la produzione di conglomerati bituminosi a basse temperature; prodotta da Eurovia, divisione infrastrutturale del Gruppo multinazionale Vinci, è distribuita in Italia da Arezzo Bitumi attraverso la rete commerciale del Gruppo Bitem.

Le zeoliti sono sostanze esistenti in natura aventi la caratteristica di immagazzinare acqua - in quantità non nota - sotto forma cristallina - e di rilasciarla in presenza di determinate circostanze termiche, anch'esse variabili; è una zeolite sintetica, "programmata" al fine di conoscere con esattezza sia la quantità di acqua contenuta al suo interno che l'intervallo termico di efficacia. Contiene acqua nella misura del 21% del proprio peso e questa è gradualmente rilasciata tra gli 85°C e i 180°C. E' proprio la natura scientifica di queste caratteristiche idro-termiche che permette ad Aspha-Min® di conferire sistematicità - caratteristica essenziale per ogni processo che si voglia definire industriale - alla produzione di conglomerati bituminosi a bassa temperatura. Il suo impiego, aggiunta nella misura dello 0,28% sul peso degli aggregati, permette il confezionamento di conglomerato bituminoso a temperature comprese tra i 105°C e i 125°C, mantenendo e garantendo le stesse prestazioni e funzionalità del conglomerato caldo tradizionale; ciò vale con qualsiasi tipo di conglomerato bituminoso esistente, prodotto sia con bitume normale sia modificato e con le medesime quantità di materiale riciclato "ad oggi" utilizzate. A contatto con la miscela che si trova a temperature di poco superiori ai 100°C, Aspha-Min® inizia a rilasciare l'acqua che si trova al suo interno creando una sorta di vapore acqueo; si attiva così, attraverso la formazione di micropori, un processo di alleggerimento graduale del bitume che garantisce il ricoprimento degli inerti ed un'elevata lavorabilità della miscela; la natura progressiva e graduale del processo di alleggerimento del legante è la caratteristica che assicura la lavorabilità del conglomerato fino a temperature di 90-100°C per i conglomerati realizzati con bitume tradizionale e fino a 100-110°C per quelli con bitume modificato. La possibilità di utilizzare Aspha-Min® anche a temperature standard di produzione (150-170°C) combinata con l'elevata lavorabilità di queste miscele fino alle basse temperature, comporta ulteriori vantaggi operativi sia per le aziende sia per gli Enti appaltanti, tra i quali in primis l'ampliamento del raggio di copertura degli impianti e l'allungamento della stagione operativa.

La produzione all'impianto del conglomerato tiepido

Nel caso specifico dell'appalto in questione l'impianto di produzione utilizzato è quello della Inertis SpA di Brescia, con una produzione oraria di 260 t/h; per ogni impasto da 2,5 t sono stati dosati manualmente all'interno del mescolatore 6,6 kg di Aspha-Min®.

La sonda per la rilevazione della temperatura del prodotto finito e, contemporaneamente, un termometro portatile a raggi infrarossi puntato sullo scarico del mescolatore hanno segnato valori compresi tra i 115 e i 125°C; si è ritenuto opportuno lavorare all'interno di questo range



Il dosaggio manuale di Aspha-Min® all'interno del mescolatore

termico dopo aver considerato l'elevata viscosità dei bitumi modificati utilizzati per il confezionamento delle miscele e l'alto contenuto di umidità presente negli aggregati.

A queste temperature di produzione l'utilizzo del combustibile di alimentazione del bruciatore è diminuito di oltre il 40% rispetto all'utilizzo tradizionale per la produzione dei medesimi materiali.



La fase di scarico del conglomerato bituminoso tiepido in assenza totale di fumo

Il conglomerato bituminoso così prodotto nei cinque giorni di lavoro raggiungeva il cantiere di Cremona dopo più di un'ora di trasporto all'interno degli automezzi. Alla stesa, effettuata dalla Profacta SpA, si sono registrate temperature comprese tra i 105 e i 115°C per lo strato di collegamento ad alto modulo e tra i 110 e i 120°C per lo strato d'usura anti-skid.



La temperatura di stesa della mista ad alto modulo

Le problematiche in corso d'opera

I lavori si sono svolti in soli cinque giorni lavorativi tra la seconda e la terza settimana di Novembre 2006. Tenendo conto che sono stati trattati 12.000 m² di strada con rinnovo totale di tutta la sovrastruttura stradale (pacchetto bituminoso di 26 cm), che non sono state eseguite mai chiusure della carreggiata e che ogni giorno circa alle ore 17.00 il cantiere veniva tolto dalla carreggiata, si può ben capire che le metodologie adottate hanno creato i minori inconvenienti possibili alla circolazione dei veicoli in un tratto di strada molto trafficato. E' importante sottolineare che i lavori si sono svolti in condizioni climatiche che, a parere degli Autori, risultano estreme anche per queste tipologie di materiali, pertanto assolutamente sconsigliabili per conglomerati bituminosi a caldo, specialmente se realizzati con bitumi modificati. In effetti la temperatura media esterna durante l'intervento è stata di circa 10°C, unitamente a una condizione meteorologica tipica della pianura padana nel periodo autunnale, con alter-



Una fase della rigenerazione a freddo dello strato di base



La posa in opera del manto d'usura anti-skid

nanza di nebbia e piovvaschi e conseguente tasso di umidità nell'aria altissimo. Le operazioni di rigenerazione a freddo sono state effettuate con attrezzature fornite dall'Azienda umbra SOL.GE.CO. Srl e non si è riscontrato alcun problema esecutivo, pur operando nelle suddette condizioni meteorologiche. Per quanto riguarda i conglomerati, alla stesa, effettuata dalla Profacta SpA, si sono registrate temperature comprese tra i 105 e i 115°C per lo strato di collegamento ad alto modulo e tra i 110 e i 120°C per lo strato d'usura anti-skid, assolutamente anomale se si considera che, come indicato dagli studi di ottimizzazione delle due miscele consegnati alla Direzione Lavori dall'Impresa, la mista ad alto modulo contiene bitume a media modifica di elastomeri (PEN 50-70, PA 65°C, Fraas -13°C) in percentuale ottima del 4,9% e il manto d'usura antiskid contiene bitume a elevatissima modifica di elastomeri (PEN 60-80, PA 94°C, Fraas -17°C) in percentuale ottima del 6%.

Grazie alla elevata lavorabilità delle miscele ottenute con l'aggiunta di Aspha-Min® vi è stata la possibilità di posare conglomerati bituminosi ad alte prestazioni in condizioni meteorologiche critiche e a temperature di stesa nettamente inferiori a quelle a cui siamo abituati. Queste condizioni di lavoro hanno apportato un miglioramento immediato e tangibile per gli addetti al cantiere, che con stupore hanno apprezzato la possibilità di operare in condizioni di basse temperature e soprattutto in assenza di fumi e odori, generalmente molto forti quando si posano conglomerati bituminosi realizzati, come in questo caso, con bitume modificato.

I controlli in corso d'opera

Per quanto riguarda le caratteristiche delle miscele, prima della compattezza sono stati eseguiti prelievi sia di materiale rigenerato sia di mista ad alto modulo e manto antiskid, dai quali sono stati confezionati in cantiere, pertanto alle temperature di prelievo, provini costipati con pressa giratoria a 180 giri.

Queste formelle sono servite per le seguenti prove di laboratorio:

- ♦ resistenza a trazione diametrale R_t a 72 h di maturazione;
- ♦ densità geometrica di riferimento per il controllo in sito;
- ♦ relativamente ai conglomerati bituminosi, sono stati eseguiti in sito anche il controllo della temperatura di stesa nonché della curva granulometrica e della percentuale di bitume.

Il grado di addensamento dei vari materiali è stato misurato su carotaggi eseguiti dopo 15 giorni dall'ultimazione dei lavori.



Il carotaggio dell'intero pacchetto bituminoso: sono evidenti i tre strati

I risultati ottenuti

Lo scopo dell'intervento era quello di rinnovare completamente la sovrastruttura di 26 cm di spessore di questa importantissima arteria stradale della Provincia di Cremona nel più breve tempo possibile (prima dell'inverno) e con i minori disagi possibili. Dal punto di vista operativo, così come concepito, l'appalto ha dato i risultati sperati, in quanto è durato solo cinque giorni e si è potuto eseguire i lavori a metà Novembre.

Anche dal punto di vista qualitativo si sono ottenuti ottimi risultati: i carotaggi eseguiti dopo soli 15 giorni dalla stesa mostrano strati compatti con densità paragonabili a quelle relative ai conglomerati a caldo, mentre i risultati medi delle prove di trazione sotto riportati sono soddisfacenti.

Resistenza a trazione diametrale R_t a 72 h di maturazione:

- ♦ conglomerato riciclato a freddo con emulsione, acqua e cemento: 0,45 N/mm²;
- ♦ conglomerato a bassa temperatura per mista alto modulo: 1,00 N/mm²;
- ♦ conglomerato a bassa temperatura per manto anti-skid: 0,75 N/mm².

Sono state infine eseguite prove su campioni di mista ad alto modulo prelevati al cantiere di stesa e stoccati per 20 giorni. A una temperatura di riscaldamento dei campioni di 110°C circa è potuto avvenire il costipamento con il metodo Marshall, contrariamente ai conglomerati modificati a caldo, per i quali è necessaria una temperatura di 150°C.

I risultati di queste ultime prove sono stati particolarmente soddisfacenti, assolutamente paragonabili ai valori che la Provincia di Cremona riscontra sui campioni di mista ad alto modulo a caldo:

- ♦ stabilità media: 1.794 kg
- ♦ scorrimento medio: 3,8 mm;
- ♦ rigidità media: 480;
- ♦ resistenza a trazione indiretta: 1,38 N/mm²;
- ♦ deformazione (impronta) sotto carico statico di 50 kg/cm²: 0,4 mm.

L'ultimo aspetto da sottolineare è quello economico. L'intervento così come è stato concepito è costato di media 20,00 Euro/m² riducendo al minimo i materiali di risulta e aggiungendo in tutto solamente 7 cm compressi di conglomerato bituminoso modificato tiepido, pertanto con costi all'impianto di produzione ridotti.

Viceversa, un'operazione di sostituzione dell'intero pacchetto bituminoso avrebbe avuto, nel listino prezzi della Provincia di Cremona, un costo presunto di 40,00 Euro/m², la produzione di enormi quantità di materiale di risulta e la necessità di procurare una quantità pressoché equivalente di materiale vergine. ■

* Ingegnere e Capo Servizio Tecnico del Settore Manutenzione Strade della Provincia di Cremona

** Ingegnere e Responsabile Sviluppo prodotti e processi industriali della Arezzo Bitumi Srl