

Stesa dei conglomerati bituminosi: la proposta ISPESL per la prevenzione

di **Giovanna Tranfo**

Dipartimento Igiene del lavoro - ISPESL

ISPESL

Il "conglomerati bituminosi" sono materiali costituiti da miscele di bitume e materiali inerti (pietrisco, sabbie ecc.) mescolati per ottenere un prodotto per le pavimentazioni di strade, aeroporti e di aree che necessitano di superfici percorribili da automezzi. Il comparto lavorativo comprende la produzione del conglomerato, miscelazione del bitume con gli inerti, e l'impiego dello stesso per la realizzazione della pavimentazione stradale, stesa, posa e messa in opera. In Italia si impiegano annualmente circa 40 milioni di tonnellate di conglomerato bituminoso, utilizzando circa 2 milioni di tonnellate di bitume. Le imprese per la produzione e stesa dei conglomerati bituminosi sono circa 3.000 e impiegano complessivamente circa 50.000 addetti (la metà dei quali sono addetti alla produzione e alla stesa); gli impianti di produzione del conglomerato sono circa 650.

Osservatorio a cura dell'Ufficio Relazioni con il Pubblico

Il bitume è una combinazione molto complessa di composti organici ad alto peso molecolare, che si ottiene come residuo non volatile della distillazione del petrolio grezzo.

L'asfalto e il catrame sono termini usati erroneamente e/o impropriamente per indicare a volte il prodotto bitume, a volte lo stesso conglomerato bituminoso.

L'asfalto, nell'uso europeo, è una miscela di bitume con sabbia fine e/o filler. Quando gli aggregati presentano anche dimensioni più consistenti, la miscela prende il nome di conglomerato bituminoso. Il catrame è una sostanza di colore nero o scuro che si ottiene dalla distillazione distruttiva del carbon fossile o di altri materiali carboniosi.

Gli aggregati lapidei formano lo scheletro di tutti gli strati costituenti la sovrastruttura stradale. Gli inerti, chimicamente, possono essere di origine calcarea (per esempio, carbonato di calcio) o silicea (per esempio, graniti e basalti).

Individuazione dei rischi chimici

L'analisi dei cicli lavorativi relativi ai processi di produzione e alla messa in opera dei conglomerati bituminosi ha permesso di definire, per entrambi i processi, i potenziali fattori di rischio chimico e le relative possibilità di rischi di esposizione.

Processo di produzione del conglomerato

Il processo prevede la miscelazione degli inerti costituiti da materiali lapidei di natura calcarea (carbonati) o silicea (silicati), con il 3-6% di bitume di petrolio, mantenuto fluido a 160 °C. Tutte le operazioni di trasporto, miscelazione ed essiccazione degli inerti e di miscelazione inerti/bitume vengono eseguite in impianti chiusi, con filtrazione e recupero delle emissioni particellari.

Dopo la miscelazione, il conglomerato bituminoso viene conservato in appositi serbatoi coibentati alla temperatura di 160 °C e, da questi, scaricati direttamente sui mezzi di trasporto che provvederanno a portare il conglomerato sul luogo di stesa per la "messa in opera".

Messa in opera del conglomerato

Il processo prevede l'arrivo del conglomerato, trasportato mediante appositi automezzi coperti che consentono di mantenerlo fluido e lavorabile a temperature inferiori a 150 °C, e il travaso dall'automezzo alla macchina vibrofinitrice, che provvede alla stesa dello stesso sul fondo stradale preventivamente trattato con emulsioni bituminose (bitume/H₂O), normalmente a temperatura ambiente. Generalmente, durante il trasporto, il conglomerato perde, a seconda del-

le stagioni, da 10 a 15 °C l'ora. La stesa avviene a temperature di circa 120-140 °C per una compattazione ottimale. I materiali prodotti con bitume modificato e contenente polimeri necessitano, nella stesa, di un aumento di temperatura di circa 10 °C a causa della maggior viscosità del legante.

I materiali impiegati quali materie prime nei due processi (inerti, bitume, conglomerati) non sono classificabili come agenti chimici pericolosi in rispondenza ai criteri di classificazione delle sostanze e dei preparati pericolosi, di cui ai decreti legislativi 3 febbraio 1997, n. 52, e 14 marzo 2003, n. 65, anche sulla base dei criteri di cui all'Allegato VI alla direttiva n. 67/548/CE e successive modificazioni e integrazioni (allegato VIII al D.M. 14 giugno 2002).

Tuttavia, questi possono comportare rischi per la salute dei lavoratori a causa delle possibili emissioni di agenti chimici pericolosi che si possono liberare durante lo svolgimento dei processi. Nell'ambito del processo di produzione dei conglomerati bituminosi, le operazioni di trasporto, miscelazione ed essiccazione degli inerti formano, per cause meccaniche, polveri minerali che, se non trattate dagli appositi sistemi di filtrazione degli impianti, potrebbero essere immesse nell'aria degli ambienti di lavoro.

ro, con conseguente rischio di esposizione a polveri inalabili e, in particolare, a polveri silicotigene, nel caso di impiego di materiali silicei.

L'esposizione alle polveri minerali di natura calcarea o silicea, eventualmente presenti nell'aria degli ambienti di lavoro, possono provocare irritazioni alle mucose oculari e, in particolare, alle mucose dell'apparato respiratorio. Nel caso di presenza di polveri silicotigene, ovvero che contengono silice libera, le prolungate esposizioni comportano non solo gravi irritazioni alle mucose oculari e dell'apparato respiratorio, ma una progressiva riduzione, peraltro irreversibile, della funzionalità respiratoria (silicosi), con potenziale rischio cancerogeno nel caso di presenza di silice libera cristallina (quarzo), che viene infatti classificata dall'*American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH) con la sigla A2, ovvero sospetto cancerogeno per l'uomo.

Sia nel "processo di produzione" sia in quello di "messa in opera" del conglomerato bituminoso, il bitume e i conglomerati vengono conservati e impiegati allo stato fluido provvedendo a mantenerli a temperatura superiore ai 140 °C. Ne consegue la formazione e la successiva emissione di vapori e fumi di bitume che, nel caso del processo di "produzione", potranno essere contenuti negli impianti con appositi sistemi da abbattimento e recupero, ma, nel caso del processo di "stesa", vengono inevitabilmente immessi nell'ambiente con conseguente esposizione degli addetti all'operazione.

I fumi di bitume sono aerosoli di condensazione costituiti da miscele complesse di idrocarburi medio-altobollenti con presenza di idrocarburi aromatici e, in particolare, di idrocarburi polinucleari aromatici (IPA). L'esposizione ai fumi di bitume presenta seri rischi di irritazione alle mucose oculari e alle mucose dell'apparato respiratorio e, in particolare, un rischio di potenziale cancerogenicità, conseguenza della presenza degli IPA. A questo riguardo l'ACGIH classifica i fumi di bitume con la sigla A4, ovvero sostanza non classificabile come cancerogena per l'uomo per carenza di evidenze. Questa classificazio-

ne corrisponde, peraltro, a quella dello IARC e della OMS che per i fumi di bitume riportano la classificazione A3.

In conclusione, sussiste la possibilità di presenza di agenti chimici pericolosi per la salute, nella fattispecie le polveri minerali, le polveri silicotigene e i fumi di bitume, che rendono lo svolgimento dei processi di produzione (polveri e fumi di bitume) e di stesa (fumi di bitume) dei conglomerati bituminosi attività lavorative che possono comportare esposizione ad agenti chimici pericolosi e che, pertanto, secondo quanto previsto dall'art. 72-ter, comma 1, lettera b), punto 3, D.Lgs. n. 626/1994, dovranno essere sottoposti alla procedura di valutazione del rischio.

**I fumi di bitume
sono aerosoli di condensazione
costituiti da miscele complesse
di idrocarburi medio-altobollenti
con presenza di idrocarburi aromatici
che possono provocare
seri rischi di irritazione
alle mucose oculari
e a quelle
dell'apparato respiratorio**

Monitoraggio ambientale

Il monitoraggio ambientale prevederà la rilevazione delle concentrazioni ambientali dei seguenti agenti chimici:

- polveri minerali;
- polveri silicotigene;
- fumi di bitume;
- vapori di bitume.

Monitoraggio cutaneo

Sulla cute degli addetti vengono posti dei "raccoltori", generalmente *pads* di polipropilene di forma quadrata o circolare e di superficie nota, che vengono collocati sulla cute delle regioni anatomiche principalmente interessate all'esposizione cutanea, quali le mani, il viso, il braccio, l'avambraccio, il torace, le spalle, le cosce, i polpacci ecc.

I *pads* vengono sottoposti a estrazione

con idonei solventi e, successivamente, l'estratto viene sottoposto ad analisi.

La valutazione della contaminazione delle mani viene eseguita tramite lavaggio delle stesse con 200 ml di etanolo condotto a fine turno lavorativo e successive analisi per la determinazione degli IPA totali e cancerogeni.

I risultati del dosaggio degli IPA (totali o cancerogeni) vengono espressi in quantità totale di IPA presente sulla superficie della regione anatomica considerata o in quantità per unità percentuale della stessa superficie.

Questa determinazione consente di verificare la possibilità di eventuali assorbimenti cutanei e, pertanto, di indirizzare gli ulteriori interventi per la valutazione del rischio:

- esecuzione del monitoraggio biologico;
- scelta di idonei dispositivi di protezione individuale della cute.

Monitoraggio biologico a fumi di bitume

L'assorbimento delle sostanze contenute nei fumi avviene principalmente per inalazione dei vapori e del particolato solido; quest'ultimo è particolarmente rilevante a causa della sua capacità di adsorbire notevoli quantità di IPA. Un'altra via di assorbimento è quella cutanea, grazie alle caratteristiche fortemente liposolubili delle molecole in questione, che si realizza per contatto accidentale, non protetto, con il bitume e/o per deposizione di condensati di vapori e particolato sulla pelle.

L'effettivo assorbimento dipende, quindi, da molti fattori, ambientali e personali, presentando una grande variabilità; di conseguenza il monitoraggio biologico di esposizione a IPA assume particolare importanza in quanto è in grado di valutare l'effettiva esposizione del soggetto o del gruppo di soggetti a rischio, rilevando la dose assorbita.

Come indicatore biologico di esposizione è stato indicato da molti autori l'1-idrossipirene urinario, un metabolita del pirene, idrocarburo sempre presente nelle miscele di IPA derivanti da bitume, ma non cancerogeno. Altri metodi, in fase ancora di validazione, sono volti alla de-

terminazione dei metaboliti idrossilati del fenantrene, dell'antracene, del naftalene (1-naftolo), del benzo(a)pirene.

L'indicatore biologico deve essere scelto in funzione del profilo di IPA determinato dal monitoraggio ambientale e della disponibilità di metodi analitici validati.

L'indicatore biologico viene misurato alla fine dell'ultimo turno di lavoro della settimana lavorativa (o serie di giorni consecutivi di lavoro) a causa della sua lunga emivita (da 6 a 35 ore, media 18 ore); inoltre, poiché gli IPA sono inquinanti prodotti anche dal traffico veicolare, dal fumo e dai processi di combustione in genere, i valori di fondo dei lavoratori non saranno nulli. Pertanto, si deve provvedere a una misurazione dell'indicatore anche prima dell'inizio della settimana lavorativa e in un gruppo di soggetti non professionalmente esposti quale gruppo di controllo. Ai lavoratori deve essere distribuito un questionario per la raccolta delle informazioni sull'esposizione a fumo attivo e passivo, sulla dieta nei tre giorni precedenti il prelievo e sulle abitudini di vita in generale.

I livelli di esposizione occupazionale a IPA sono estremamente variabili in considerazione della diversa composizione media dei fumi cui sono esposti i lavoratori nei differenti settori di utilizzo del bitume; i valori medi di 1-idrossipirene urinario a fine turno, trovati per lavoratori stradali esposti a fumi di bitume sono compresi fra 0,42 e 8,55 mmol/mol create.

La valutazione dei risultati, in assenza di valori limite biologici, deve essere effettuata per confronto fra i valori trovati e i valori riscontrati in un gruppo di non esposti (controlli) o con i valori di riferimento riportati dalla letteratura. La correlazione con i dati del monitoraggio ambientale intesi come determinazione degli IPA totali aereodispersi non è significativa, a causa della rilevanza dell'assorbimento cutaneo; un miglioramento si può ottenere effettuando la valutazione della dose reale, sia inalatoria, sia cutanea.

Le procedure di sicurezza

Il datore di lavoro deve:

- formalizzare i metodi e le procedure di lavoro definendo le modalità d'impiego delle misure di protezione collettiva

presenti, dei dispositivi di protezione individuale da indossare e le misure igieniche da adottare;

- limitare al minimo possibile il numero dei lavoratori esposti o che possono essere esposti ai fumi e ai vapori che si sviluppano nella stesa a caldo dei conglomerati bituminosi;

- provvedere perché tutti i lavoratori siano specificatamente informati, formati e addestrati per effettuare lavorazioni che possono esporre anche ad agenti cancerogeni/mutageni;

- provvedere alla regolare e sistematica pulizia delle macchine e delle attrezzature adibite alla messa in opera dei conglomerati bituminosi.

**Le lavorazioni che espongono
a vapori e a fumi di bitumi
dovranno essere sottoposte
ad accurata valutazione del rischio
con specifico monitoraggio
ambientale e biologico
al fine di verificare
i livelli d'esposizione agli IPA
e
i conseguenti livelli di assorbimento**

I dispositivi di protezione individuale

L'adozione di idonei DPI è strettamente connessa con i livelli di esposizione riscontrati nel corso della valutazione dei rischi. Si ritiene necessario, come misura precauzionale, che il datore di lavoro metta a disposizione del lavoratore dispositivi di protezione individuale (DPI) delle vie respiratorie dotati di filtrazione di classe europea A1P1.

Si suggerisce, inoltre, di valutare l'adozione di respiratori a filtro elettroventilati con caschetto o cappuccio per la protezione delle vie respiratorie, che spesso combinano alla protezione respiratoria la protezione del viso e degli occhi e la protezione del capo e, soprattutto, possono essere corredati di filtri più efficaci del tipo A2P2. Rispetto ai respiratori a filtro,

questi elettrorespiratori garantiscono un *comfort* maggiore e la resistenza respiratoria è molto bassa, poiché l'atto respiratorio è libero in quanto il flusso d'aria prelevato dalla pompa viene filtrato preventivamente e, quindi, inviato al caschetto o al cappuccio. Per tale motivo questi respiratori possono essere utilizzati per lunghi periodi, risultando molto utili anche quando è necessario combinare diverse protezioni. I respiratori a filtro elettroventilati hanno anche il vantaggio di dotare i lavoratori di un copricapo di protezione della testa dai raggi solari e dagli agenti chimici e di fornire, inoltre, un'adeguata protezione degli occhi.

La dotazione minima di DPI certificati CE e in possesso dell'apposita nota informativa è la seguente:

- respiratori a filtro costruiti in conformità alla norma EN 405 del tipo FFA1P1;
- tuta e guanti idonei alla protezione dai fumi e dalle polveri provenienti dalla stesa del conglomerato bituminoso. Le tute devono avere un idoneo grado di vestibilità e i guanti dovranno avere anche un certo grado di resistenza meccanica (si consiglia almeno un fattore di protezione 3221) ed entrambi, nei mesi invernali, devono avere anche un certo grado di resistenza al freddo e, se necessario, essere impermeabili;
- calzature di sicurezza (antinfortunistiche).

Misure igieniche

Il datore di lavoro deve assicurare che i lavoratori addetti alla messa in opera dei conglomerati bituminosi:

- dispongano di servizi igienici e spogliatoi appropriati e adeguati;
- ripongano gli indumenti da lavoro negli armadietti individuali posizionati sia nello spogliatoio, in uno scomparto separato dagli abiti civili, sia nell'unità mobile o fissa presente nel cantiere; a causa della capacità degli IPA di essere assorbiti attraverso la pelle, è essenziale programmare la pulizia periodica di questi indumenti da lavoro;
- abbiano a disposizione la dotazione minima di DPI in conformità al Titolo IV, D.Lgs. n. 626/1994 e successive modifiche, da riporre in armadietti individuali

posti nelle unità produttive, controllati e puliti dopo ogni utilizzazione o, in alternativa, monouso. Il datore di lavoro deve provvedere, anche attraverso il capo cantiere, a far riparare o sostituire i DPI, prima di ogni nuova utilizzazione;

- non assumano cibi e bevande e non fumino durante la produzione e la messa in opera dei conglomerati bituminosi.

Informazione e formazione

Il datore di lavoro deve fornire ai lavoratori le informazioni e le istruzioni che derivano dalla valutazione del rischio effettuata nella messa in opera dei conglomerati bituminosi, per quanto riguarda:

- gli effetti delle sostanze cancerogene/mutagene e chimiche pericolose che si possono sviluppare in certe condizioni lavorative e i rischi supplementari dovuti al fumo;

- le precauzioni e le procedure di lavoro e le misure igieniche da osservare;

- i dispositivi di protezione individuale da impiegare e il loro corretto impiego;

- il significato della segnaletica di sicurezza, oltre ovviamente a quella stradale.

Il datore di lavoro deve assicurare ai lavoratori una formazione e un addestramento adeguato anche in relazione ai rischi presenti nelle aree adibite alle lavorazioni.

Sorveglianza sanitaria

I lavoratori addetti alla messa in opera dei conglomerati bituminosi devono essere sottoposti a sorveglianza sanitaria a cura di un medico competente nominato dal datore di lavoro.

Si consiglia di integrare gli accertamenti con l'esecuzione di spirometria annuale o biennale.

Si ritiene utile, inoltre, inserire nel programma di accertamenti sanitari degli addetti alla produzione e messa in opera dei conglomerati bituminosi il monitoraggio biologico del 1-idrossipirene urinario.

Conclusioni

Sebbene il bitume non rientri nell'elenco delle sostanze pericolose, le lavorazioni che espongono a vapori e a fumi di bitume devono essere considerate tra quelle che espongono ad agenti chimici perico-

losi; questo in quanto, dal punto di vista chimico-tossicologico, i loro componenti presentano non solo un elevato potere irritante nei confronti delle mucose dell'apparato respiratorio degli esposti ma contengono tracce di idrocarburi policiclici aromatici che rendono questi materiali veicoli di sostanze cancerogene.

Le lavorazioni che espongono a vapori e a fumi di bitumi dovranno essere sottoposte ad accurata valutazione del rischio con specifico monitoraggio ambientale e biologico al fine di verificare i livelli d'esposizioni agli IPA e i conseguenti livelli di assorbimento professionale degli stessi.

Negli impianti di produzione, una perio-

**Il datore di lavoro
deve formalizzare
i metodi e le procedure di sicurezza
definendo
le modalità d'impiego
delle misure di protezione collettiva
dei dispositivi
di protezione individuale
e
le misure igieniche da adottare**

dica e accurata attività di controllo e manutenzione degli impianti, con particolare riferimento alle possibili sorgenti di emissione di materiali inquinanti (nastri trasportatori, bocchette di prelievo dai depositi, tenuta dei giunti e guarnizioni dei silos, funzionamento dei componenti di sicurezza ecc.), consentirà di prevenire fenomeni di dispersione di materiali e la loro conseguente diffusione nell'ambiente circostante, nonché situazioni di emergenza (rilasci di materie prime, perdite dai serbatoi ecc.).

Nei cantieri di stesa, i livelli di esposizione a materiale particellare e, in particolare, al particolato inalabile e respirabile, risultano, in genere, assai contenuti e, di norma, inferiori al limite di 3 mg/m³ previsto dall'ACGIH per la polvere respirabile. I livelli di esposizione a IPA sono,

tuttavia, statisticamente superiori ai livelli di concentrazione di queste sostanze presenti negli ambienti di vita. Tuttavia, la concentrazione ambientale degli IPA nell'ambiente di lavoro del cantiere di stesa deriva non solo dal processo di stesa, ma anche da alcuni contributi dovuti alla presenza di inquinanti atmosferici di fondo (area industriale, traffico in aree metropolitane e/o in cantieri stradali e autostradali ecc.), alle emissioni dei motori degli automezzi che operano nel cantiere e alla possibilità di assorbimento cutaneo, in particolare, sugli addetti alla vibrofinitrice, dovuto al contatto diretto con gli indumenti di lavoro sporchi e con le parti meccaniche delle macchine.

Le azioni da porre in atto per garantire le migliori condizioni di sicurezza dovranno prevedere i seguenti interventi:

- interventi sulle procedure e sui materiali - scelta di tecnologie di applicazione e adozione di conglomerati bituminosi tali da richiedere per la loro "stesa" le minori temperature, comunque inferiori a 160 °C (bitumi speciali, tecniche a minor temperatura ecc.);

- interventi sulle attrezzature - dotazione per il banco di stesa di appositi pannelli protettivi, con possibilità di inserimento di impianti di aspirazione o di ventilazione per eliminare e/o disperdere l'eccesso dei fumi e dei vapori prodotti dalla lavorazione; dotazione, per gli scarichi delle macchine da cantiere, di cartucce e/o marmitte catalitiche, capaci di ridurre al minimo le emissioni delle stesse macchine. Sarebbe auspicabile che le nuove macchine vibrofinitrici fossero dotate di cabine o tettoie ventilate atte a proteggere l'operatore dalle eccessive esposizioni da inalazione di materiale particellare (fumi di bitume, scarichi di motori a combustione interna);

- dispositivi di protezione individuali - i lavoratori devono disporre di idonei dispositivi di protezione delle mani, dei piedi, del corpo e delle vie respiratorie.

L'adozione di queste misure di sicurezza e un'accorta attività di periodica manutenzione delle macchine consentirà una gestione del cantiere in sicurezza, prevenendo fenomeni di sovraesposizione e/o di emergenza.