

Esposizione ad idrocarburi policiclici aromatici (IPA) nelle opere di asfaltatura e misure di prevenzione: i risultati dello studio PPTP-POPA

Piero Emanuele Ciria

Scuola di Specializzazione in Medicina del Lavoro - Università degli Studi di Milano

INTRODUZIONE

In tutto il ciclo tecnologico delle opere di asfaltatura, dalla produzione alla stesa su strade e marciapiedi, gli addetti alle lavorazioni hanno la possibilità di venire a contatto con agenti chimici tossici per l'organismo umano. In particolare l'attenzione viene posta verso la possibile esposizione, per via aerea e per via cutanea, agli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA). Essi sono infatti presenti sia nelle materie prime (asfalto, emulsione bituminosa), sia nei fumi di scarico dei mezzi d'opera.

Dal punto di vista tossicologico, al di là di effetti irritanti su mucose e congiuntive evidenti per alte esposizioni, di sicuro rilievo è il potenziale cancerogeno per cute e apparato respiratorio riconosciuto ad alcuni IPA.

INDAGINI DI MONITORAGGIO

Disegno Generale

Per valutare l'entità e l'importanza dell'esposizione a IPA legata alle opere di asfaltatura sono stati scelti un gruppo di addetti alle opere di asfaltatura e uno di addetti ad altri lavori stradali. Per ognuno dei soggetti indagati si è provveduto a condurre indagini di monitoraggio ambientale e biologico. I risultati sono stati confrontati sia tra i due gruppi, sia con i valori riscontrabili normalmente in un area metropolitana.

Soggetti

Le aziende da indagare sono state individuate basandosi sulla banca dati ISPESL e sulla memoria storica delle ASL: si è riusciti così a monitorare tutte le aziende operanti nella provincia di Lodi, la quasi totalità di quelle del territorio dell'ASL Città di Milano ed una del territorio dell'ASL Milano 2.

Nel complesso sono state coinvolte 22 aziende, con 100 operai addetti alle opere di asfaltatura e 60 addetti ad altri lavori stradali.

L'indagine si è svolta nei mesi tra marzo e ottobre durante un'intera giornata lavorativa in zona con assenza di traffico veicolare.

Protocollo individuale

Ogni soggetto è stato sottoposto ad anamnesi ed intervista, mediante ausilio di questionario mirato al controllo di fattori di confondimento (cibo, fumo di sigaretta), da parte di personale medico. Per ogni soggetto è stato anche compilato un questionario igienistico, con particolare attenzione alla descrizione della lavorazione e all'abbigliamento. Ogni soggetto è stato sottoposto ad indagine di monitoraggio ambientale dell'esposizione per via aerea e cutanea, oltre che ad indagine di monitoraggio biologico.

Il campionamento aereo personale dell'esposizione a IPA durante l'asfaltatura ha avuto la durata di almeno 4 ore ed è stato effettuato con campionatori personali (flusso 2 l/min)

posizionati in zona respiratoria. Si è monitorato la frazione inalabile del particolato aerodisperso (membrana in PTFE) e la fase vapore (fiala XAD2).

L'esposizione cutanea è stata indagata mediante l'apposizione di sei pads per tutto il turno di lavoro: al collo, sul braccio, sul petto, al polso, all'inguine e alla caviglia.

Per il monitoraggio biologico si è effettuata la raccolta di urine dopo due giornate di astensione dal lavoro (baseline), all'inizio ed alla fine del turno lavorativo, con successiva determinazione dell'1-idrossipirene. Inoltre si è provveduto alla raccolta di un campione di sangue per la determinazione di addotti e polimorfismi genetici.

La determinazione della concentrazione dei 16 IPA di maggiore rilevanza tossicologica per l'EPA e dell'1-idrossipirene urinario è avvenuta mediante cromatografia liquida ad elevate prestazioni (HPLC) con rilevatore spettrofluorimetrico.

Risultati

I risultati delle determinazioni mostrano che i livelli ambientali misurati non si discostano dalle concentrazioni ambientali di fondo riscontrabili in un'area metropolitana e risultano mediamente inferiori fino a 3 ordini di grandezza rispetto ai TLV-TWA proposti da associazioni ed enti scientifici internazionali. Il tutto è confermato dai valori riscontrati mediante monitoraggio biologico.

Una disamina per mansione evidenzia valori sostanzialmente sovrapponibili e senza differenze statisticamente significative tra gli addetti alla produzione, gli addetti alla vibrofinitrice, gli addetti al rullo, gli autisti e gli asfaltatori manuali. Appare dunque evidente come il rischio per la salute legato all'esposizione ad IPA (fumi di bitume e fumi diesel) nelle opere di asfaltatura risulti essere non significativo.

IPA	STUDIO PPTP-POPA *					AREE METROPOLITANE [§]	
	Media	Deviazione Standard	Mediana	5° percentile	95° percentile	Minimo	Massimo
Benzo[a]Antracene	1,06	2,76	0,09	0,04	4,87	-	-
Benzo[a]Pirene	1,61	5,83	0,33	0,02	4,81	0,2	9,6
Benzo[b]Fluorantene	1,7	3,6	0,8	0,1	4,7	0,2	4,8
Benzo[k]Fluorantene	0,87	3,17	0,14	0,02	1,83	0,1	1,1
Crisene	0,78	1,83	0,11	0,04	2,52	0,1	7,0
diBenzo[a,h]Antracene	1,07	3,60	0,21	0,03	1,69	-	-
Indeno[1,2,3-c,d]pirene	1,2	3,0	0,2	0,1	5,8	0,1	1,4
Naftalene	493	364	408	147	1258	-	-

* = IPA adesi al Particolato Totale Sospeso ed in fase vapore

§ = IPA adesi al PM10: valori medi rilevati tra 1990 e 2001 (Fonti: Campagna "Treno Verde" FFSS, ARPA, Ministero dell'Ambiente)

Tabella 1

Concentrazioni mediane (ng/m³) riscontrate nello studio PPTP-POPA

	Acenaflore	Acenaflore	Antracene	B[a]A	B[a]P	B[b]F	B[k]F	B[ghi]P	Crisene	dB[a,h]A	Fluorantene	Fluorantene	Fluorene	1,2,3-cdP	Naftalene	Pirene
Addetto impianto di produzione	32	84	0,9	0,05	0,68	1,2	0,28	1,5	0,48	0,60	23,9	1,0	23,5	0,2	392	30,8
Asfaltatore autista	17	85	0,8	0,05	0,20	0,5	0,09	0,8	0,05	0,04	34,6	0,9	24,9	0,2	399	2,2
Asfaltatore manuale	27	109	1,1	0,13	0,27	0,9	0,13	1,0	0,13	0,21	63,4	1,1	44,8	0,2	450	14,6
Addetto al rullo	16	129	0,9	0,11	0,46	0,6	0,26	1,3	0,19	0,26	49,5	1,0	25,7	0,4	345	14,2
Addetto alla vibrofinitrice	26	101	7,1	0,09	0,36	0,8	0,09	1,2	0,09	0,08	67,7	1,2	34,8	0,2	509	9,1
TOTALE INDAGINE	25	102	1,1	0,09	0,33	0,8	0,14	1,1	0,11	0,21	55,4	1,1	35,7	0,2	408	9,7

Tabella 2

Ai fini della valutazione del rischio, occorre tuttavia sottolineare che le misurazioni sono state condotte su lavoratori che operavano in campo aperto in condizioni standard (alta pressione, bava di vento a direzione variabile secondo la scala di Beaufort, umidità relativa intorno al 50%, ecc.). Non si può quindi escludere che situazioni di lavoro particolari, quali ad esempio quello in ambiente interrato o chiuso (gallerie, ecc.), possano portare ad un accumulo di IPA meritevole di maggiore attenzione e di approfondita valutazione.

QUADRO NORMATIVO E MISURE DI PREVENZIONE

In relazione alle disposizioni specifiche contenute nel Titolo VII "Protezione da agenti cancerogeni mutageni" e nel Titolo VII-bis "Protezione da agenti chimici" del D.Lgs 626/94 e successive modificazioni ed integrazioni, appare evidente che nelle opere di asfaltatura è previsto l'utilizzo di sostanze o preparati attualmente non classificati come cancerogeni o pericolosi per l'uomo (bitume, emulsione bituminosa, conglomerato bituminoso). Tuttavia durante tutte le fasi lavorative i lavoratori possono venire a contatto con sostanze chimiche, che si liberano proprio durante la lavorazione: gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), alcuni dei quali sono riconosciuti come cancerogeni o pericolosi. Attualmente non è tecnicamente possibile la sostituzione di tali materie prime nel ciclo produttivo con altre meno pericolose e l'utilizzo di un ciclo chiuso può riguardare limitatamente la produzione di asfalto. Il datore di lavoro deve quindi provvedere affinché il livello di esposizione dei lavoratori sia ridotto al più basso valore tecnicamente possibile. Tutto ciò non può prescindere dalla valutazione dei rischi di cui agli articoli 4, 63 e 72-quater: per individuare misure appropriate ed efficaci, condizione preventiva e necessaria è la valutazione del livello di esposizione dei lavoratori all'agente cancerogeno o pericoloso, tenendo conto anche del possibile assorbimento cutaneo.

Lavorare in posizione sopravento rispetto alla stesa del conglomerato bituminoso e, nel caso di asfaltatura dei marciapiedi, aspergere acqua sul colato appena steso (abbassando

la temperatura dello stesso), sono due ottimi accorgimenti per ridurre l'esposizione professionale.

Per quanto riguarda la possibilità di effetti sulla salute legati agli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), si deve tenere ben presente che i livelli espositivi nelle opere di asfaltatura appaiono in genere paragonabili a quelli riscontrabili in aree metropolitane. Il livello di rischio non è quindi tale da rendere indicata una sorveglianza sanitaria legata esclusivamente ad esso, ai sensi della normativa vigente. Tale rischio può tuttavia assumere un certo rilievo, che andrà opportunamente valutato in collaborazione con il medico del lavoro, nelle lavorazioni entro ambienti chiusi (gallerie, ecc.); in tali casi occorrerà provvedere ad un eventuale utilizzo di opportuni sistemi di estrazione (aspirazione) oppure aumentare di diluizione dell'aria (ventilazione forzata). In situazioni di accumulo degli inquinanti nell'aria il personale addetto deve fare uso di opportuni DPI per la protezione delle vie respiratorie quali facciale filtrante antipolvere di classe 2 con filtro in carbone attivo (FFP2SL), sostituito dopo ogni turno di lavoro o in seguito se dotato di bordo di tenuta.

Non essendo realizzati in genere, ai sensi del D.Lgs 626/94 i presupposti per l'istituzione di una sorveglianza sanitaria mirata al rischio cancerogeno (articolo 69, comma 1), vengono meno anche gli adempimenti ad essa collegati ed in particolare il disposto dell'articolo 70, riguardo all'istituzione di un registro degli esposti da parte del datore di lavoro.

Una valutazione di monitoraggio biologico potrà utilmente essere intrapresa, anche a cadenza annuale e comunque non maggiore di triennale (articolo 63), per valutare l'efficacia delle misure di prevenzione adottate e per dimostrare l'esiguità del rischio per la salute. A tale scopo viene proposta la determinazione nell'urina dell'1-idrossipirene, metabolita del pirene, che è sostanza non cancerogena, ma discretamente rappresentativa dell'esposizione globale. Trattandosi di esposizioni attese a livelli bassi appare opportuno procedere alla raccolta del campione dopo almeno due giorni di lavoro con asfalto, cercando di eliminare o tenere sotto controllo fattori esterni di confondimento (fumo di sigaretta, alcuni cibi). Indagini più approfondite, che richiedono l'intervento di laboratori specializzati, possono comprendere il dosaggio degli addotti al DNA e alle proteine, rappresentativi della dose biologicamente efficace e dell'esposizione in atto o pregressa.

BIBLIOGRAFIA

American Conference of Governmental Industrial Hygienists – Industrial ventilation, a manual of recommended practices – ACGIH ed. – Cincinnati, 1998

Boffetta P., Burstyn I. - Cancer mortality among european asphalt workers: selected papers from a study of cancer risk in the european asphalt industry coordinated by the International Agency for Research on Cancer - Am J Ind Med – 2003:43

Bocca B., Crebelli R., Manichini E. – Presenza degli idrocarburi policiclici aromatici negli alimenti – ed. Istituto Superiore di Sanità - Rapporti ISTISAN 03/22 – Roma, 2003

Coordinamento Tecnico per la Sicurezza nei Luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome – Titolo VII D.Lgs n°626/94 "Protezione da agenti cancerogeni mutageni" - Linee Guida

Coordinamento Tecnico per la Sicurezza nei Luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome – Titolo VII-bis D.Lgs n°626/94 "Protezione da agenti chimici" - Linee Guida

IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenetic Risks to Human – Polynuclear aromatic compounds – IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans – 1985; vol. 35

Minoia C., Magnaghi S., Micoli G., Fiorentino M.L., Turci R., Angeleri S., Berri A. - Determination of environmental reference concentration of six PAHs in urban areas (Pavia, Italy) - Sci Total Environ – 1997; 198:33-41

National Institute for Occupational Safety and Health – NIOSH guide to industrial respiratory protection – Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention ed. – Cincinnati, 1987 – DHHS (NIOSH) Publication No 87-116

National Institute for Occupational Safety and Health – NIOSH respirator decision logic – Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention ed. – Cincinnati, 1987 – DHHS (NIOSH) Publication No 87-108

National Institute for Occupational Safety and Health – NIOSH guide to the selection and use of particulate respirators certified under 42 CFR 84 – Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control ed. – Cincinnati, 1987 – DHHS (NIOSH) Publication No 96-101

National Institute for Occupational Safety and Health – Asphalt fume exposures during the manufacture of asphalt roofing products: current practices for reducing exposure – Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention ed. – Cincinnati, 2001 – DHHS (NIOSH) Publication No. 2001-127

Pavanello S., Genova A., Foà V., Clonfero E. - Valutazione dell'esposizione professionale ad idrocarburi policiclici aromatici mediante l'analisi dei livelli urinari di 1-pirenolo - Med Lav – 2000;91:192-205

Roggi C., Minoia C., Sciarpa G.F., Apostoli P., Maccarini L., Magnaghi S., Cenni A., Fonte A., Nidasio G.F., Micoli G. - Urinary 1-hydroxypyrene as a marker of exposure to pyrene: an epidemiological survey on a general population group - Sci Total Environ – 1997; 199:247-254

Szanişzlò J., Ungvary G. - Polycyclic aromatic hidrocarbon exposure and burden of outdoor workers in Budapest - J Toxicol Environ Health – 2001;62:297-306

Watts R.R., Wallingford K.M., Williams R.W., House D.E., Lewatas F. - Airborne exposure to PAH and PM2.5 particles for road paving workers applying conventional asphalt and crumb rubber modified asphalt - J Expo Anal Environ Epidemiol – 1998; 8:213-229

Opere di asfaltatura: rischi per la sicurezza e misure di prevenzione

Epifania Zito

Dipartimento di Prevenzione Servizio PSAL – ASL della Provincia di Lodi

PREMESSA

Il rischio infortunistico rappresenta con tutta evidenza il capitolo più ampio per gli operatori delle opere di asfaltatura. Durante le lavorazioni, sia negli impianti di produzione sia nei cantieri stradali di stesa, infatti, numerose sono le occasioni che si possono presentare per incorrere in infortuni: scivolamento, cadute a livello, caduta di materiale dall'alto, getti, schizzi, ecc.. A ciò si aggiunge la possibilità di incidenti stradali nelle fasi di quotidiano trasferimento di uomini e mezzi dall'azienda alla sede del cantiere.

SOSTANZE CHIMICHE

Infortuni legati agli agenti chimici si possono presentare in tutto il ciclo lavorativo, dalla produzione del conglomerato alla sua stesa su strade o marciapiedi. Le conseguenze per la salute di getti e schizzi sono legate alla possibilità di ustioni (asfalto commercializzato ed utilizzato ad elevate temperature); il problema riguarda soprattutto le ultime fasi della produzione (carico del prodotto finito sui mezzi di trasporto), e le lavorazioni di stesa manuale su strade e marciapiedi. Possibilità di imbrattamenti, getti e schizzi si possono presentare nelle opere di asfaltatura anche durante la stesa manuale del primer, che però viene utilizzato a temperatura ambiente. Occorre provvedere all'utilizzo di idonei sistemi preventivi e all'impostazione di procedure specifiche.

UTILIZZO DI MACCHINE

Sia negli impianti di produzione che nei cantieri mobili di asfaltatura il rischio di infortunio è legato soprattutto all'utilizzo di macchine a corpo rotante, macchine a piani mobili o con nastro trasportatore. Attualmente tutti i mezzi d'opera e gli utensili devono possedere i requisiti di sicurezza stabiliti dalla Comunità Europea (marchio "CE") e sono dotati di idonei sistemi di protezione dell'operatore, che impediscono l'accesso a organi mobili se non in condizioni di sicurezza (manutenzione, sostituzioni, ecc.). Tuttavia le macchine già in uso prima dell'entrata in vigore del D.P.R. 459/96 ("direttiva macchine"), se non hanno subito modifiche costruttive, possono essere ancora utilizzate e rimangono soggette alla normativa previgente, anche se in genere sarebbe ottima scelta la loro sostituzione. In particolare devono essere presenti dispositivi contro l'avvio accidentale e dispositivi di sicurezza installati dal costruttore che non devono mai venire manomessi. Le macchine che presentano rischio di proiezione di materiale devono essere provviste di involucri o schermi protettivi, atti a resistere all'urto o trattenere gli elementi proiettati.

Nonostante i mezzi d'opera e gli attrezzi attualmente in uso nelle aziende rispondano ai requisiti di sicurezza, uno scorretto od imprudente utilizzo, oltre che l'assenza di procedure, è facile via per incorrere in infortuni gravi o anche mortali: urti, colpi, impatti, compressioni, cesoiamento e stritolamento sono solo alcune delle eventualità possibili.

Un altro aspetto da tenere bene in considerazione in tutte le situazioni lavorative è la possibilità di incidenti tra automezzi e pedoni. Per la prevenzione da un lato i mezzi devono essere dotati di sistemi visivi e acustici appropriati per la segnalazione dei movimenti, dall'altro i lavoratori devono essere riconoscere i pericoli insiti nel movimento di veicoli. I mezzi di trasporto sono implicati in un considerevole numero di infortuni sul lavoro (soprattutto in seguito a retromarcia), che si concludono con decessi e lesioni permanenti. Ciò pone con forza il problema della definizione di precise regole di mobilità da parte del datore di lavoro, del dirigente o del preposto.

I lavoratori addetti alla stesura di asfalto su strade e marciapiedi, qualora non operino in zone chiuse al traffico, possono correre anche il rischio di rimanere vittime di incidenti stradali causati dai veicoli di passaggio, rischio che risulta superiore laddove i conducenti non rispettino i segnali di avvertenza per lavori in corso, i limiti di velocità, le deviazioni o la segnaletica di controllo del traffico. Una buona pianificazione e progettazione del cantiere di lavoro deve prestare notevole riguardo a questo aspetto, considerate le gravissime conseguenze per la salute.

Non è da dimenticare poi che buona parte dell'orario di lavoro degli addetti alla stesa di asfalto su strade e marciapiedi viene passata alla conduzione di mezzi pesanti, per trasporto di cose e persone, che circolano sulla normale rete viaria, con possibilità di incidenti della strada con conseguenze anche molto gravi.

AMBIENTE DI LAVORO

Sia le caratteristiche ambientali delle unità produttive sia quelle dei cantieri di stesa del conglomerato bituminoso possono contribuire al determinismo di eventi di tipo infortunistico, ed in particolare costituiscono elementi di criticità la pavimentazione, le zone di passaggio, le aree di lavoro, i movimenti di mezzi e gli impianti elettrici.

Oltre alla situazione di investimento di pedoni da parte di mezzi d'opera, la circostanza infortunistica legata all'ambiente di lavoro più frequente nel settore è quella di scivolamento o di caduta a livello. Tale eventualità si può presentare durante tutte le fasi del ciclo tecnologico, dalla produzione alla stesa, anche se le operazioni più rischiose sono certamente quelle svolte dagli asfaltatori manuali addetti alla pavimentazione di strade (utilizzo della pala per raccogliere asfalto a contatto con la coclea della vibrofinitrice, ecc.). Altra eventualità infortunistica è legata alle cadute dall'alto che si possono presentare nelle fasi di stesa (salita/discesa da mezzi d'opera), ma soprattutto negli impianti di produzione. L'assenza di parapetti di trattenuta applicati a tutti i lati liberi di piattaforme, passerelle e luoghi di lavoro sopraelevati può portare a cadute con un dislivello anche consistente (di norma maggiore di 2 metri), e a conseguenze molto gravi o addirittura fatali per il lavoratore.

Nei cantieri di stesa dove vengono svolte in contemporanea altre lavorazioni, in assenza di un efficace coordinamento, le fonti di infortunio possono essere maggiori.

MOVIMENTAZIONE CARICHI

Durante i numerosi passaggi delle lavorazioni che si susseguono nelle opere di asfaltatura è frequente evenienza procedere alla movimentazione di carichi: sia sollevamento mediante l'ausilio di mezzi d'opera (camion a cassone ribaltabile, pale cariatrici, gru, ecc.), sia sollevamento manuale. In entrambe i casi si possono presentare potenziali rischi in ordine alla sicurezza dei lavoratori. Inoltre è possibile che la movimentazione di carichi venga eseguita anche da altre aziende, nel caso di altre lavorazioni concomitanti e

all'interno di un cantiere articolato e complesso, con conseguente incremento e aggravamento delle situazioni pericolose per gli addetti. Per la prevenzione appare essenziale il corretto utilizzo ed una costante manutenzione dei mezzi di sollevamento, abbinati ad interventi informativi e formativi. Nel caso di cantiere articolato doverosa è l'attuazione di un coordinamento delle attività concomitanti.

BIBLIOGRAFIA

Agenzia Europea per la sicurezza e salute sul lavoro – La salute e la sicurezza nei cantieri di piccole dimensioni – Facts – 2004; 48

Burstyn I., Boffetta P., Jarvholm B., Partanen T., Svane O., Langard S., Kauppinen T., Stucker I., Shaham J., Heederik D., Ahrens W., Bergdahl I., Cené S., Hooiveld M., Randem B.G., Johansen C., Ferro G., Kromhout H. – Risk of fatal industrial accidents and death from other external causes among asphalt workers – Occupational and environmental medicine – 2004; 61:86-88

Coordinamento Tecnico per la Sicurezza nei Luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome – Titolo V D.Lgs n°626/94 "Movimentazione manuale dei carichi" - Linee Guida

Coordinamento Tecnico per la Sicurezza nei Luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome – Titolo VII-bis D.Lgs n°626/94 "Protezione da agenti chimici" - Linee Guida

Eurostat - Accidents at work in the EU in 1996 - Statistics in Focus – 2000; 4

Lusardi G. – Apparecchi di sollevamento materiali e persone – Dario Flaccovio Editore – Palermo, 1993

Rossini G., Segrè D. – Tecnologia edilizia TE5 – ed. Ulrico Hoepli – Milano, 1976

Progetto Prevenzione Tumori Professionali (PPTP) e Progetto Operativo Protezione Asfaltatori (POPA): collaborare per un obiettivo comune

Vito Foà

Scuola di Specializzazione in Medicina del Lavoro - Università degli Studi di Milano
Clinica del Lavoro "Luigi Devoto" - Istituti Clinici di Perfezionamento

INTRODUZIONE

Nel processo di valutazione del rischio per esposizione a sostanze chimiche un ruolo di primaria importanza è rivestito dalla possibile comparsa di effetti cancerogeni a carico dell'operatore. Il mondo scientifico mostra in effetti una crescente attenzione verso quei processi lavorativi industriali in cui vi è la presenza di sostanze che possono contribuire all'aumento del rischio di sviluppare neoplasie nei lavoratori.

Differenti sono le interpretazioni in merito a quali sostanze debbano essere classificate come cancerogene umane e quali debbano essere i livelli massimi di esposizione accettabili. In questo senso difficoltà e complicazioni derivano soprattutto dalla lunga latenza intercorrente fra esposizione ed effetto, dall'accumulo degli effetti, dalle incomplete conoscenze sui meccanismi riparatori del DNA. Nella comune pratica, a causa della mancanza di dati tossicologici specifici a basse dosi, per la definizione di valori limite in merito a questo rischio spesso si è costretti ad estrapolare le informazioni ricavate mediante impiego di modelli matematici.

In tutto il ciclo tecnologico delle opere di asfaltatura, dalla produzione alla stesa su strade e marciapiedi, gli addetti alle lavorazioni hanno la possibilità di venire a contatto con agenti chimici tossici per l'organismo umano. In particolare l'attenzione viene posta verso la possibile esposizione, per via aerea e per via cutanea, agli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA). Essi sono infatti presenti sia nelle materie prime (asfalto, emulsione bituminosa), sia nei fumi di scarico dei mezzi d'opera.

STUDIO PPTP-POPA

È in questo ambito che è nato e si è sviluppato nel corso degli ultimi due anni lo Studio PPTP-POPA (Progetto Prevenzione dei Tumori Professionali - Progetto Operativo Protezione Asfaltatori), che ha esitato in una lunga serie di indagini di monitoraggio ambientale e biologico, condotte allo scopo di valutare gli attuali livelli espositivi ad IPA nel comparto asfalti.

Sotto l'impulso della Regione Lombardia hanno collaborato diverse figure professionali di vari Enti ed Istituzioni: l'Università di Milano con il Dipartimento di Medicina del Lavoro e la Scuola di Specializzazione, le ASL di Lodi e Milano con i Servizi PSAL dei Dipartimenti di Prevenzione, l'INAIL Direzione Regionale Lombardia con la Con.T.A.R.P. e l'Associazione per la Sicurezza dei Lavoratori dell'Edilizia (ASLE-RLST).

Gli obiettivi dello studio PPTP-POPA sono:

- Condurre un'analisi della letteratura riguardo ai problemi di sicurezza e salute presenti nelle opere di asfaltatura, identificando le criticità.
- Studiare approfonditamente il ciclo tecnologico delle opere di asfaltatura, anche mediante indagini di sopralluogo, con particolare attenzione alle criticità.
- Identificare le fasi lavorative in cui è possibile l'esposizione a sostanze cancerogene e caratterizzarne lo scenario espositivo mediante analisi delle variabili d'ambiente.
- Impostare e condurre indagini di monitoraggio ambientale e biologico per valutare l'esposizione e l'assorbimento di sostanze cancerogene.
- Definire i criteri per la gestione a regime del rischio cancerogeno in azienda e valutare le soluzioni preventive adottate e adottabili.
- Porre le basi per una sorveglianza epidemiologica dei possibili effetti sanitari di quest'esposizione professionale.

Opere di Asfaltatura: esposizione ad inquinanti particolati e misure di prevenzione

Domenico Maria Cavallo

Dipartimento di Scienze Chimiche ed Ambientali - Università degli Studi dell'Insubria (Como)

INTRODUZIONE

L'Airborne Particulate Matter (PM), Particolato Aerodisperso rappresenta uno tra i più importanti inquinanti presenti in area urbana. Numerosi studi a livello mondiale hanno infatti dimostrato che l'inquinamento da particolato aerodisperso, ai livelli comunemente riscontrabili in molte aree urbane ed industriali, contribuisce in maniera significativa alla morbilità e mortalità nella popolazione generale, soprattutto per patologie cardio-respiratorie.

In generale il PM risulta costituito da una miscela eterogenea di numerose componenti e sia quelle maggioritarie che le componenti minoritarie mostrano variazioni geografiche in quantità e composizione abbastanza significative non adeguatamente riflesse nei risultati degli studi epidemiologici sugli effetti sulla salute. Infatti, anche se l'eterogeneità in composizione, distribuzione, dimensione e destino delle particelle di particolato atmosferico sia nota ormai da lungo tempo, i collegamenti statistici che legano la conoscenza del PM e gli effetti sulla salute si basano su concetti semplificati che spesso non tengono conto della composizione chimica. Uno degli obiettivi prioritari della ricerca in questo campo, è quello di capire se i meccanismi di tossicità delle particelle siano definiti in alcune particolari frazioni dimensionali (l'interesse si sta rivolgendo prevalentemente a quelle più fini) oppure sia la composizione chimica di queste l'elemento discriminante sulla tossicità. È per questo motivo che, specialmente negli ultimi anni, si sta assistendo all'approfondimento del "particle chemistry" nel "particle size".

L'atmosfera è rappresentabile come un sistema poli-fasico formato non solo da gas, ma anche da aerosol di liquidi e polveri finemente suddivisi. L'insieme di tutte queste particelle viene comunemente definita "Airborne Particulate Matter" (PM) ed è rappresentato da una variegata miscela di sostanze organiche ed inorganiche. A causa della complessa composizione quali-quantitativa dettata da parametri quali dimensione, composizione e origine del PM, il particolato aerodisperso è stato definito e classificato in vario modo.

Con il termine di "Total Suspended Particulate Matter" (TSP) si intende l'insieme delle polveri che vengono raccolte da un campionatore standard. Questo era il parametro che veniva valutato per la determinazione della esposizione totale alle polveri fino alla fine degli anni '80. A causa della complessità della composizione qualitativo-quantitativa e dell'importanza del dimensionamento delle particelle in relazione agli effetti sulla salute; per descrivere il particolato, sono state successivamente eseguite diverse classificazioni e denominazioni.

Un parametro indispensabile per la classificazione è rappresentato dal diametro aerodinamico (D_{ae}), che è definito come diametro di una particella sferica equivalente di densità 1 g/cm^3 che ha la stessa velocità di caduta per gravità della particella in esame.

Il diametro aerodinamico è un fattore estremamente rilevante ai fini delle differenti classificazioni in quanto esprime dirette relazioni con il trasporto e la deposizione delle particelle nell'aria, con la potenziale penetrabilità e sito di deposizione delle particelle all'interno dell'apparato respiratorio; con la composizione chimica e le sorgenti delle particelle primarie delle particelle.

È molto importante notare come le dimensioni delle particelle variano in un intervallo di quattro ordini di grandezza (da pochi nanometri a decine di micrometri), e come la massa e il numero di particelle tendono a dividerle in due macro-gruppi: "coarse mode" e "fine mode".

Partendo dal presupposto che la definizione del PM dovesse necessariamente comprendere entrambi (campionamento e aspetti fisiologici), nel 1989 da Sorerholm, propose di adottare come convenzione internazionale per l'International Organization for Standardization (ISO), quella definita dall'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) per l'European Committee for Standardization (CEN), che in base all'efficienza di campionamento, definisce:

- Frazione Inalabile: particelle raccolte con un diametro aerodinamico compreso tra 0 e 100 μm
- Frazione Toracica: particelle raccolte con un diametro aerodinamico compreso tra 0 e 30 μm
- Frazione Respirabile: particelle raccolte con un diametro aerodinamico compreso tra 0 e 10 μm

Secondo gli aspetti fisiologici dell'apparato respiratorio le particelle con un diametro aerodinamico compreso tra 0 e 0,2 μm si comportano in modo simile ai gas, mentre le particelle con diametro aerodinamico compreso tra 0,2 e 0,5 μm possono penetrare ed allo stesso modo essere espulse dall'apparato respiratorio. Il più significativo cambiamento alla proposta in accordo con il protocollo ISO/CEN consiste nell'incremento del punto medio di taglio per le polveri respirabili da 3,5 a 4,25 μm . Se, quindi, le convenzioni di campionamento per le diverse frazioni inalabile, toracica e respirabile sono ormai da tempo internazionalmente riconosciute (CEN 1991, EN 481), si stanno sempre più rendendo necessari dei protocolli operativi per valutare la qualità di risposta dei campionatori ai livelli di prestazionali richiesti da tali normative.

Questa, tuttora, rappresenta una priorità molto importante a livello internazionale, necessaria al raggiungimento di quella armonizzazione e standardizzazione dei metodi di controllo e d'analisi che pone i suoi fondamenti nella conoscenza scientifica completa e nella comprensione approfondita sia delle strategie di misura, che dei metodi analitici, oltre che delle limitazioni ad essi associate.

Infatti, i campionamenti eseguiti attraverso differenti strumenti e metodi, diventano uno dei più importanti fattori limitanti sui risultati pubblicati negli studi scientifici: questi dati, infatti, vengono poi utilizzati anche nei numerosi studi di confronto, che spesso si ritrovano in letteratura, tra analisi gravimetrica dei PM, negli studi di caratterizzazione della morfologia e composizione, negli studi di tossicologia ed in quelli epidemiologici.

DESCRIZIONE DELLE SORGENTI E DEI PROCESSI DI FORMAZIONE

Particolato sospeso è un termine utilizzato per descrivere solidi o liquidi finemente suddivisi sospesi nell'aria, originati da un grande numero di sorgenti naturali e antropiche. La maggior parte queste ultime risulta concentrata in zone ad elevata densità industriale e urbana: da qui nasce la definizione di particolato urbano che sembra presentare differenze trascurabili entro un raggio di 100 km dalle grandi metropoli urbane (escludendo la presenza di impedimenti come montagne tra i centri urbani e rurali. Un studio del 1993 [Hildemann (1993)] ha dimostrato che inceneritori di scala industriale, impianti di riscaldamento, e autoveicoli senza catalizzatore emettono soprattutto particelle con D_{ae} compreso tra 0,1-0,2 μm , mentre il particolato emesso dai motori diesel risulta costituito di aggregati di particelle sferoidali ultrafini di carbone con D_{ae} intorno a 0,1 μm ("nuclei"). Inoltre ciascuna delle sorgenti sopraccitate, a seconda del combustibile impiegato, emette particelle contenenti elementi chimici specifici che consentono di individuarne la provenienza. Le sorgenti di inquinamento del PM sono molteplici. Esse sono molto variabili sia per gli aspetti quantitativi (concentrazioni, massa, etc.) che per gli aspetti qualitativi (composizione, caratteristiche chimico-fisiche etc.). Il maggior contributo alla formazione

degli aerosol aerodispersi deriva fundamentalmente dalle sorgenti di combustione sia negli ambienti esterni, che in quelli di vita e di lavoro. L'energia richiesta per rompere queste particelle in particelle più a minor diametro aerodinamico aumenta al diminuire della dimensione delle particelle. Per questo motivo da questo tipo di processi si formano particelle con un D_{ae} in genere al massimo di 1 μm . Per il particolato fine, con diametri aerodinamici inferiori ai 2,5 μm invece, le fonti maggiori sono costituite, in ambiente esterno, soprattutto da processi incompleti di combustione (motori Diesel, combustione di legna), mentre in ambienti interni, da fumo di tabacco, impianti di riscaldamento (in particolare stufe a kerosene). Secondo recenti acquisizioni, la parte più fine del particolato è rappresentata in quantità importanti dagli aerosol di secondaria formazione (conversione gas-particella) e cioè da particelle derivanti da processi di combustione e da ricondensazione di vapori inorganici e metallici: è formato per lo più da solfati, nitrati, idrocarburi aromatici e carbone. Infatti, le particelle più piccole ("fine" e "ultra-fine mode") si formano direttamente da gas attraverso reazioni di nucleazione, o di ricondensazione di sostanze a bassa pressione di vapore provenienti per lo più da vaporizzazioni o combustioni ad alta temperatura (come nel caso degli ossidi di N, S; VOC;...) o da reazioni chimiche e fotochimiche in atmosfera che originano nuclei primari di aggregazione. I nuclei primari, a loro volta, o reagiscono dando luogo alla tipica serie di reazioni presenti in atmosfera (SO_2 a dare H_2SO_4 ; NO_2 a dare HNO_3 ; NH_3 a dare NH_4NO_3) generando in questo modo nuclei di formazione secondari che, coagulando tra loro, "nucleano" formando "cluster molecolari" con D_{ae} inferiori a 100 nanometri. Questi "cluster molecolari" possono proseguire il loro accrescimento mediante o processi di: coagulazione (combinazione di più particelle in una più grande) che risultano efficaci in caso di un elevato numero di particelle, o di condensazione (condensazione di gas o molecole allo stato di vapore sulla superficie di particelle già esistenti) consistenti in caso di elevate superfici disponibili. L'energia richiesta per entrambe le vie di formazione aumenta all'aumentare delle dimensioni delle particelle stesse. Per questo motivo da questi processi si vengono a formare particelle con D_{ae} in genere al massimo di 1 μm . Sia per i processi di rottura meccanica che per quelli di condensazione e nucleazione, le particelle tendono ad accumularsi in un intervallo di diametri aerodinamici compresi tra 0,1 e 1 μm , che per tale motivo viene definito "accumulation range".

Per quanto concerne la via inalatoria come principale via di esposizione, come discusso da Lippmann è importante sottolineare che, con normale inspirazione dal naso, le particelle si depositano a vario livello nelle vie respiratorie in base al loro diametro aerodinamico:

- la parte più grossolana delle particelle inalate ($>10 \mu\text{m}$) si deposita, per lo più, sulla superficie delle prime vie aeree, cioè nella parte extratoracica del tratto respiratorio (al di sopra della laringe);
- le particelle con D_{ae} compreso tra 5-10 μm si depositano nelle vie respiratorie con diametro più ampio (laringe, trachea, bronchi);
- le particelle con D_{ae} fino a 0,5-5 μm si depositano nelle vie aeree in prossimità delle zone di scambio gassoso (alveoli);
- una parte estremamente fine può essere esalata per effetto dei moti Browniani, infatti si ipotizza che le particelle con D_a tra 0-0,2 μm si comportino in modo simile ai gas.

Numerosi studi hanno dimostrato che non solo l'anatomia del tratto respiratorio e le modalità di respirazione (numero, volume, velocità degli atti respiratori), ma anche le caratteristiche della particelle (dimensione, forma, carica elettrica, densità, igroscopicità), condizionano sia l'immissione che la deposizione della particelle.

Respirando con la bocca, la deposizione extratoracica si riduce, mentre le deposizioni profonde aumentano notevolmente: questo fenomeno si verifica anche durante la conversazione.

Una volta penetrate e depositate all'interno del polmone, la maggior parte delle particelle possono essere rimosse attraverso diversi meccanismi, tra cui:

- attività mucociliare per la frazione insolubile depositata sulle vie aeree ciliate (ascensore muciliare);
- attività dei macrofagi alveolari;

Sebbene l'attività mucociliare venga generalmente effettuata nell'arco di 24-48 ore e l'attività di fagocitosi sia generalmente rapida, in presenza di particelle insolubili (biopersistenti) la rimozione dei macrofagi necessita di un tempo di emivita che da settimane, passa a mesi o ad anni.

METODICHE DI CAMPIONAMENTO

Durante le operazioni di asfaltatura, che si svolgono in ambiente esterno, è possibile che i lavoratori siano esposti ad un ambiente polveroso. Polverosità dell'aria si può presentare anche negli impianti di produzione sia durante il carico degli inerti nelle tramogge, sia per dispersioni accidentali di filler dalle tubazioni di raccordo (soprattutto durante le operazioni di riempimento dei silos).

Tra gli inquinanti particolati che originano dai processi di asfaltatura i più importanti risultano essere indubbiamente gli IPA. Gli IPA possono essere presenti in aria sia sotto forma di vapori che di aerosol, in funzione della tensione di vapore e delle condizioni di temperatura ambiente e del processo che si sta considerando, pertanto nella scelta della tecnica di campionamento si deve tenere in considerazione che una valutazione corretta deve prevedere l'analisi quantitativa sia della frazione adsorbita sul particolato che di quella in fase vapore.

Relativamente agli IPA adsorbiti è necessario procedere con le tecniche di campionamento messe a punto per la frazione inalabile del particolato aerodisperso, ciò al fine di considerare sia gli IPA che potenzialmente vengono assorbiti dai polmoni, sia quelli che invece raggiungono l'apparato digerente. Infatti la parte dimensionalmente più grande delle particelle solide in aria viene bloccata dalle prime vie aeree, viene generalmente deglutita e raggiunge l'apparato digerente, la frazione di dimensioni minori (frazione respirabile), comunque compresa nella frazione inalabile, raggiungerà invece i polmoni oppure, in caso di rimozione mucociliare, lo stomaco.

Gli IPA in fase vapore vengono invece campionati con tecniche differenti.

La durata del campionamento va individuata di volta in volta in funzione della possibile concentrazione degli IPA in aria e alla sensibilità (limite di rilevabilità) della tecnica di analisi utilizzata.

La **durata del campionamento** sarà, inoltre, condizionata dalla mansione svolta. Se il lavoro svolto non subisce variazioni nell'arco della giornata è sufficiente eseguire un campionamento per una durata pari alla metà del turno di lavoro, se invece, nell'arco della giornata vengono svolte attività diverse che possono comportare per l'addetto livelli differenti di esposizione il campionamento dovrà essere prolungato per tutto il turno di lavoro, oppure, nel caso in cui si volesse evidenziare quale delle attività comporta un maggiore rischio, si potrà eseguire un campionamento per ciascuna delle attività svolte.

Si ricorda inoltre che i metodi ufficiali per il campionamento e l'analisi prevedono un volume minimo di campionamento, ciò, in considerazione del fatto che anche il flusso di campionamento deve essere compreso in un certo intervallo, determinerà una durata minima del campionamento.

Relativamente al **flusso di campionamento** si possono fare considerazioni diverse nel caso di IPA in fase vapore e IPA su particolato aerodisperso.

Per il campionamento della fase vapore il flusso dipenderà dal sistema di captazione e sarà da considerarsi ottimale qualora garantisca la massima efficienza di cattura (determinazione sperimentale).

Per quanto riguarda invece il campionamento delle particelle inalabili il flusso di campionamento deve essere scelto in base al diametro dell'ingresso dell'aria in modo tale che sia garantita una velocità in ingresso pari a 1,25 m/s (che è considerata la velocità di ingresso nell'apparato respiratorio durante un atto respiratorio medio).

Tabella 1: parametri di campionamento indicati dai metodi ufficiali

METODO	FLUSSO	Vmin	Vmax	N° BIANCHI sul campo
NIOSH 5506 E 5515	2 l/min	200 l	1.000 l	3-10
NIOSH 5800	1-2 l/min	5 l	1.000 l	2-10
OSHA 58	2 l/min	960 l	----	1
EPA TO13	200-280 l/min	325 m ³	----	1
PAH-BCMELP	200-280 l/min	325 m ³	----	1
DM 159/94	70 m ³ /h	1680 m ³	1680 m ³	----

La frazione di IPA aerodispersa in forma particellare potrebbe essere campionata con metodi diversi: filtrazione, gorgogliamento, impatto e separazione granulometrica, sedimentazione, precipitazione elettrostatica, ecc. Nelle applicazioni pratiche, così come indicato dai metodi ufficiali, si utilizza la filtrazione su membrana. Le membrane possono essere costituite di diversi materiali tra cui le fibre di vetro o di quarzo, la fibra di vetro ricoperta di teflon, il teflon o l'argento.

Anche per il campionamento della frazione di IPA in fase vapore potrebbero essere utilizzati metodi diversi, nella pratica i metodi utilizzati prevedono l'adsorbimento degli IPA su un substrato solido.

Il sistema di captazione è generalmente costituito da una fiala contenente resina adsorbente oppure da un tampone di schiuma di poliuretano che può essere o meno contenuta in una fiala. Le resine adsorbenti che possono essere utilizzate sono di tipo diverso, ma quella indicata dai metodi ufficiali è la XAD2.

Nei casi in cui l'indagine preveda il campionamento di IPA sia in fase vapore che particellata, vengono utilizzati sistemi combinati. Sia i metodi ufficiali che quelli non ufficiali consigliano di mettere la fiala di captazione dei vapori in coda alla membrana. Un limite di questa disposizione può essere costituito dalla capacità della fiala di sostenere il flusso di campionamento necessario affinché la membrana catturi la frazione inalabile dell'aerosol. E' necessario mettere in evidenza che l'utilizzo dei sistemi combinati è consigliabile anche quando si vogliono determinare solo gli IPA ad elevato peso molecolare. Infatti, durante il campionamento su membrana, in funzione del volume campionato, del flusso e della temperatura, si può verificare lo "strippaggio" delle sostanze campionate dal substrato, pertanto se non si dispone a valle della membrana un sistema di captazione dei vapori, la frazione strippata sarà persa. Nella tabella che segue vengono riassunti i supporti di campionamento per gli IPA particolati e in fase vapore previsti dai metodi ufficiali.

Tabella 2: supporti di campionamento degli IPA previsti dai Metodi Ufficiali

Metodo	Substrato di campionamento dell'aerosol	Substrato di campionamento dei vapori
NIOSH 5506, 5515 e 5800	Membrana in teflon (politetrafluoroetilene) da 37 mm di diametro e 2 µm di porosità	Fiala di XAD 2 da 100mg/50mg front/back
OSHA 58	Membrana in fibra di vetro da 37 mm di diametro	Non previsto
EPA TO13	Membrana in fibra di quarzo privo di leganti da 105 mm di diametro	Fiala contenente schiuma di poliuretano di 3 pollici di spessore, di 6 cm di diametro e di densità 0,022 g/cm ³ Oppure Fiala contenente circa 55g di XAD 2 da 200 mesh
PAH-BCMELP	Membrana in fibra di quarzo privo di leganti da 105 mm di diametro	Fiala contenente schiuma di poliuretano di 3 pollici di spessore, di 6 cm di diametro e di densità 0,022 g/cm ³ Oppure Fiala contenente poliuretano + fiala contenente circa 55g di XAD2 da 200 mesh
ALLEGATO VII DEL DMA 159/94	Membrana in fibra di vetro privo di leganti di 20 x 25 cm	Non previsto

Il valore limite TLV-TWA, proposto dall'ACGIH (American Conference Governmental Industrial Hygienist), per la concentrazione della frazione inalabile delle polveri aerodisperse prive di specifica attività ("non altrimenti classificate") è pari a 10 mg/m³.

POLVERI "NON ALTRIMENTI CLASSIFICATE" NELLE OPERE DI ASFALTATURA

Tra le varie lavorazioni sicuramente la più esponente a questo tipo di rischio è la fase di fresatura, cioè la rimozione dello strato di asfalto da sostituire mediante scarificatrici dello strato di usura del manto stradale, dove possono essere raggiunti anche livelli di polverosità molto rilevanti ma sempre per tempi contenuti.

Per quanto riguarda invece le fasi di produzione e quelle di stesa dell'asfalto, nell'ambito dello studio PPTP-POPA la valutazione dell'esposizione a Particolato Totale Sospeso (PTS) di 100 asfaltatori mostra che le concentrazioni della frazione inalabile delle polveri aerodisperse nelle opere di asfaltatura sono in media inferiori 8-24 volte ai limiti proposti dall'ACGIH per polveri non altrimenti classificate. Una disamina per mansione evidenzia valori sostanzialmente sovrapponibili e senza differenze statisticamente significative tra gli addetti alla produzione, gli addetti alla vibrofinitrice, gli addetti al rullo, gli autisti e gli asfaltatori manuali, anche se il rischio pare lievemente maggiore negli addetti all'asfaltatura dei marciapiedi.

**CONCENTRAZIONI POLVERI INALABILI (mg/m³)
RISCONTRATE NELLO STUDIO PPTP-POPA**

	Media	Deviazione Standard	Mediana	Minimo	Massimo
Addetto impianto di produzione	0,90	0,25	0,89	0,01	1,79
Asfaltatore autista	0,46	0,13	0,26	0,02	1,25
Asfaltatore manuale strade	0,56	0,11	0,20	0,01	2,57
Asfaltatore manuale marciapiedi	1,28	0,35	1,29	0,40	4,07
Addetto al rullo	0,42	0,11	0,24	0,01	1,53
Addetto alla vibrofinitrice	0,50	0,17	0,27	0,04	1,76
TOTALE INDAGINE	0,54	0,09	0,22	0,01	4,07

Per le operazioni di stesa, dunque, si ritiene il rischio presente in forma variabile a seconda delle diverse tipologie di cantiere e delle condizioni meteorologiche, ma comunque basso. Ai fini della valutazione del rischio, occorre tuttavia sottolineare che le misurazioni sono state condotte su lavoratori che operavano alla stesa di asfalto in campo aperto in condizioni standard (alta pressione, bava di vento a direzione variabile secondo la scala di Beaufort, umidità relativa intorno al 50%, ecc.). Non si può quindi escludere che situazioni di lavoro particolari, quali ad esempio quello in ambiente interrato o chiuso (gallerie, ecc.), possano portare ad un accumulo di polvere meritevole di più approfondita valutazione.

INDICAZIONI DI PREVENZIONE

Per quanto riguarda le fasi di produzione e quelle di stesa dell'asfalto, considerando la presenza di un rischio da polveri in genere basso, si rende opportuno seguire le norme di igiene senza la necessità di fornire ai lavoratori dispositivi di protezione individuale per la protezione delle vie respiratorie. In particolare negli impianti di produzione le tramogge devono essere costruite in modo da evitare la diffusione di polveri, il carico del filler all'interno del silos deve essere effettuato a ciclo chiuso ed in estate può rendersi utile bagnare il piazzale di lavoro con acqua. Non si può escludere che situazioni di lavoro particolari, quali ad esempio la stesa in ambiente interrato o chiuso (gallerie, ecc.), possano portare ad un accumulo di polvere meritevole di interventi preventivi mirati quali l'applicazione di idonei sistemi di ventilazione forzata o di aspirazione e l'utilizzo di protezioni personali delle vie respiratorie quali facciali filtranti antipolvere di classe 1. Nel caso la valutazione del rischio evidenzi la necessità di proteggere le vie respiratorie anche

dalla presenza di consistenti concentrazioni di Idrocarburi Policiclici Aromatici, i lavoratori devono indossare un facciale filtrante antipolvere di classe 2 con filtro in carbone attivo (FFP2SL), sostituito dopo ogni turno di lavoro o dopo tre se dotato di bordo di tenuta.

Diversa la situazione delle lavorazioni di fresatura, cioè la rimozione mediante scarificatrici dello strato di usura del manto stradale da sostituire, dove possono essere raggiunti, per brevi periodi di esposizione, anche livelli di polverosità molto rilevanti ed è sempre necessario per i lavoratori l'utilizzo di facciale filtrante antipolvere di classe 1, sostituito dopo ogni turno di lavoro e dopo 3 se dotato di bordo di tenuta. Indicata, per una notevole riduzione del rischio in questa fase lavorativa (evitando pertanto la necessità di utilizzo di facciale filtrante), è la copertura del nastro trasportatore della scarificatrice con idonee protezioni, che impediscano la dispersione di polvere nell'aria.

Metodiche di valutazione della contaminazione cutanea da idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

Omar Longhi

Dipartimento di Medicina del Lavoro dell'Università degli Studi di Milano

L'esposizione ad idrocarburi policiclici aromatici (IPA), per la loro diffusione, interessa sia la popolazione generale che quella professionalmente esposta. Nella popolazione generale l'esposizione avviene essenzialmente per inalazione di aria inquinata e attraverso la dieta (assunzione di cibi contaminati o preparati alla griglia, affumicati, fritti) o per abitudini voluttuarie (fumo). L'esposizione professionale può essere dovuta all'uso di materiali che contengono queste sostanze o che si possono generare durante il ciclo stesso. Per lungo tempo i tossicologi industriali hanno prevalentemente focalizzato la loro attenzione sull'esposizione inalatoria e hanno sviluppato vari metodi di valutazione attraverso tale via. L'esposizione attraverso la via cutanea, invece, è stata meno studiata.

La determinazione della dose dermica conseguente alla esposizione ad IPA è particolarmente importante durante alcune attività lavorative dove l'esposizione cutanea assume maggiore rilievo (asfaltatura, trattamento del legno con olio di creosoto, produzione di coke, raffinerie di petrolio, industria dell'alluminio).

Con il termine "dose dermica" si intende sia la quantità di principio attivo che entra in contatto con la cute scoperta, sia la frazione che penetra attraverso gli indumenti e che raggiunge quindi la cute, rendendosi così disponibile per l'assorbimento.

Studi tossicologici ed epidemiologici hanno evidenziato che la penetrazione cutanea di queste molecole può essere un importante indice di esposizione (van Rooij et al., 1993; Bentsen et al., 1998); comunque numerosi studi condotti recentemente evidenziano come il contatto dermico rappresenti la via principale di esposizione ad IPA (van Rooij et al., 1993; Elovaara et al., 1995; Quinlan et al., 1995; Viau and Vyskocil, 1995; McClean et al., 2004). Studi cinetici hanno riportato che la penetrazione di IPA attraverso la cute coinvolge sia processi di diffusione sia processi di natura metabolica (IPCS, 1998).

In uno studio che ha coinvolto soggetti esposti ad IPA durante la produzione di alluminio si è trovato che la contaminazione cutanea ad IPA ha mostrato una correlazione più alta con la dose interna rispetto alla concentrazione di IPA nella zona respiratoria (van Rooij et al., 1992). In lavoratori esposti ad IPA nell'industria del coke, una misura quantitativa sia dell'esposizione cutanea che respiratoria ha rivelato che una percentuale di circa il 75% del pirene totale assunto entra nel corpo attraverso la cute (van Rooij et al., 1993).

I dati di letteratura riguardo l'esposizione cutanea ad IPA sono comunque molto scarsi. Solo relativamente al pirene è possibile reperire misure di esposizione (in ng/cm²) ottenute in diversi studi riportati in tabella 1.

Tab.1

Esposizione cutanea a pirene (in ng/cm²) misurata in diversi studi

Studio	Collo	Petto	Polso	Inguine	Caviglia
Produzione di alluminio (van Rooij et al.,1992)	14.4-22.3	N.M.	37.4-69.1	6.0-16.8	N.M.
Produzione di coke (van Rooij et al.,1993)	0.1-50.9	0.1-18.6	0.7-31.2	0.1-23.3	0.3-8.1
Utilizzatori olio di creosoto (van Rooij et al.,1993)	10	N.M.	82	N.M.	N.M.
Industria del legno (van Rooij et al.,1994)	5.9-59.2	0.7-16.3	2.5-109.9	1.8-44.5	2.1-52.1
Addetti ad impianti di liquefazione del carbone (Quinlan et al.,1995)	N.M.	N.M.	N.M.	11.3-47.7	7.5-41.6
Addetti alla pavimentazione stradale (Jongeneelen et al.,1988)	4.3	2.9	26.9	N.M.	2.9
Lavoratori la cui attività si svolgeva su terreni contaminati di impianti di lavorazione di gas (F.Dor et al.,2000)*	2.5-21	2.5	2.5-350	2.5	2.5
Addetti alla pavimentazione stradale (M.D.McClean et al.,2003)	N.M.	5.7	N.M.	N.M.	N.M.

* = In questo studio 2.5 rappresenta la metà del l.o.d.; N.M.= Non Misurata

La valutazione dell'esposizione cutanea, tuttavia, non è ben codificata rispetto a quella per via respiratoria. Questo a causa di varie difficoltà: la contaminazione cutanea non è in genere omogenea, l'entità della contaminazione può variare significativamente durante il turno lavorativo, il potere di assorbimento della cute varia nei diversi distretti corporei, l'operatore esposto può indossare indumenti a differente grado di impermeabilità e, per la valutazione dell'esposizione cutanea, non esistono tecniche validate da Enti internazionali. In base a quest'ultima considerazione la scelta della tecnica di valutazione dell'esposizione dermica non è facile e comunque esposta a critiche.

A tale scopo, tra le varie tecniche proposte per la valutazione del rischio cutaneo, che si affiancano agli studi *in vivo* ed *in vitro*, ci sono:

- tecniche dei surrogati cutanei: *Clothing Contamination Test* e *pads*;
- tecniche di rimozione: lavaggio (*wash test*) e strofinamento (*wipe e smear test*);
- tecniche dei traccianti fluorescenti;
- metodi indiretti: *campionamento di superfici o residui rimovibili*.

La tecnica che più si presta per il campionamento degli IPA è quella dei surrogati cutanei attraverso l'utilizzo di pads posti sopra la cute per campionare gli inquinanti che altrimenti si depositerebbero sulla cute stessa. Il presupposto è che il substrato di raccolta sia in grado di catturare e trattenere le sostanze chimiche in modo analogo alla pelle. Misurano la quantità di sostanza che si depositerebbe sulla cute, non la sua concentrazione. Con la tecnica dei pads cutanei, che hanno dimensioni relativamente ridotte (in genere circa 7cm² di superficie esposta), si copre una piccola parte dell'area di cute da campionare. In genere questi pads (di forma rotonda) sono tenuti in posizione sulla cute mediante supporti di vario tipo (in plastica, fibra di vetro o alluminio) o bende adesive (cerotti di comune utilizzo nelle medicazioni), assicurando comunque l'esposizione del materiale assorbente. Il materiale utilizzato per i pads può in teoria essere di vario tipo, anche se nella tecnica utilizzata per gli IPA si è fatto sempre ricorso a membrane di polipropilene. Per valutare l'esposizione dermica si posizionano più pads a contatto con la cute: il numero di pads e la loro localizzazione (collo, spalla, braccio alto, polso, inguine, caviglia) dipende dallo scopo dell'indagine e dall'accuratezza della stima dell'esposizione richiesta. Il campionamento degli IPA mediante pads deve essere abbastanza lungo per permettere di raccogliere quantità analiticamente dosabili di idrocarburi. La durata minima consigliabile è di almeno un emittivo di lavoro (4h) o addirittura dell'intero turno. Alla fine del campionamento cutaneo, le membrane vengono recuperate e, opportunamente conservate, vengono portate in laboratorio per le analisi. I valori di concentrazione saranno espressi in ng/cm². Dato che ogni zona rappresenta una certa % della superficie corporea (definita per ogni posizione), si può effettuare la stima della contaminazione di tutta la superficie corporea da parte degli IPA.

Le tecniche strumentali utilizzate per la determinazione analitica degli IPA sui pads cutanei sono sostanzialmente riconducibili alla cromatografia liquida ad elevate prestazioni (HPLC) con rivelatore spettrofluorimetrico e alla gascromatografia con rivelatore di massa (GC/MS). Esistono sia metodi ufficiali che non ufficiali, adattabili opportunamente per l'analisi dei singoli IPA. Il NIOSH (National Institute of Occupational and Safety Health), propone la metodica NIOSH 5506 mediante HPLC/FLUOR. per un'analisi altamente specifica e sensibile. L'OSHA (Occupational Safety & Health Administration) raccomanda il metodo OSHA 58, in HPLC/FLUOR.

La determinazione di IPA campionati su pads cutanei attraverso la tecnica GC/MS è resa possibile attraverso l'iniezione di alti volumi di campione (almeno 60 µl), mediante iniezioni multiple in GC e con iniettori PTV (Programmable Temperature Vaporizing). L'iniezione di alti volumi di campione è resa necessaria a causa dei bassi livelli di concentrazione in cui sono solitamente presenti gli IPA (in atmosfera si riscontrano concentrazioni nell'ordine dei pg/m³). Questa particolare tecnica è applicata dai primi anni '90 per le analisi di inquinanti ambientali in tracce. Nel caso dei pads cutanei, tale tecnica è stata opportunamente adattata per la determinazione di tutti gli IPA indagati.

BIBLIOGRAFIA

Dor F., Jongeneelen F.J., Zmirou D., Empereur-bissonnet P., Nedellec V., Haguenoer J.M, Person A., Ferguson C., Dab W.: Feasibility of assessing dermal exposure to PAHs of workers on gaswork sites-the SOLEX study. The science of total environment 2000, 263:47-55.

Elovaara E., Heikkilä P., Pyy L., Mutanen P., Riihimäki V.: Significance of dermal and respiratory uptake in creosote workers: exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons and urinary excretion of 1-hydroxypyrene. Occupational and environmental medicine 1995, 52:196-203.

EPA: Occupational and residential exposure test guidelines(dermal exposure). EPA 1996, 712:1-7.

Jongeneelen F.J., Scheepers P.T.J., Groenedijk A., Van Aerts L.G.J.M., Anzion R.B.M., Bos R.P., Veenstra S.J.: Airborne concentrations, skin contamination, and urinary metabolite excretion of polycyclic aromatic hydrocarbons among paving workers exposed to coal tar derived road tars. - Am.Ind.Hyg.Assoc.J. 1988, 49:600-607.

Jongeneelen F.J., Van Leeuwen F.E., Oosterink S., Anzion R.B.M., Van der Loop F., Van Veen H.G.: Ambient and biological monitoring of coke oven workers: determinants of the internal dose of polycyclic aromatic hydrocarbons. British journal of industrial medicine 1990, 47:454-461.

Jongeneelen F.J.: Biological exposure limit for occupational exposure to coal tar pitch volatiles at coke ovens. Int Arch.Occup.Environ Health 1992, 63:511-516.

McClellan M. D., Rinehart R D: urinary 1-hydroxypyrene and polycyclic aromatic hydrocarbon exposure among asphalt paving workers. Ann.Occup.Hyg. 2004, 48:565-578.

NIOSH: Polynuclear aromatic hydrocarbons by GC. NIOSH 1994, 5515.

NIOSH: Literature review of health effects caused by occupational exposure to asphalt fumes. NTP 1997,13.

NIOSH: Polynuclear aromatic hydrocarbons by HPLC. NIOSH 1998, 5506.

NIOSH: Polynuclear aromatic hydrocarbons by HPLC:5506. Manual of analytical methods 2002, IV edition.

Norlock F.M., Jang J.K., Zou Q., Schoonover T.M., Li A.: Large-volume injection PTV-GC-MS analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons in air and sediment samples. J.Air and waste manage assoc. 2002, 52:19-26.

Quinlan R., Kowalczyk G., Gardiner K., Calvert I.: Exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons in coal liquefaction workers: impact of a workwear policy on excretion of urinary 1-hydroxypyrene. Occupational and environmental medicine 1995, 52:600-605.

Sartorelli P., Montomoli L., Sisinni A.G., Bussani R., Cavallo D., Foà V.: Dermal exposure assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons: in vitro percutaneous penetration from coal dust. Toxicology and industrial health 2001, 17:17-21.

Van Rooij J.G.M., Bodelier-Bade M.M., De Loeff A., Dijkmans A.P.G., Jongeneelen F.J.: Dermal exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons among primary aluminium workers. Med.Lav. 1992, 83:519-529.

Van Rooij J.G.M., Bodelier-Bade M.M., Jongeneelen F.J.: Estimation of individual dermal and respiratory uptake of polycyclic aromatic hydrocarbons in 12 coke oven workers. British journal of industrial medicine 1993, 50:623-632.

Van Rooij J.G.M., Van Lieshout E.M.A., Bodelier-Bade M.M., Jongeneelen F.J.: Effect of the reduction of skin contamination on the internal dose of creosote workers exposed to polycyclic aromatic hydrocarbons. Scand J.Work Environ Health 1993, 19:200-207.

Van Rooij J.G.M., De Roos J.H.C., Bodelier-Bade M.M., Jongeneelen F.J.: Absorption of polycyclic aromatic hydrocarbons through human skin: differences between anatomical sites and individuals. Journal of Toxicology and environmental health A 1993, 38:355-368.

Van Rooij J.G.M., Veeger M.M.S., Bodelier-Bade M.M., Jongeneelen F.J.: Smoking and dietary intake of polycyclic aromatic hydrocarbons as sources of interindividual variability in the baseline excretion of 1-hydroxypyrene in urine. Int Arch.Occup.Environ Health 1994, 66:55-65.

Vermeulen R., Heideman J., Bos R.P., Kromhout H.: Identification of dermal exposure pathways in the rubber manufacturing industry. Ann.Occup.Hyg. 2000, 44:533-541.

Viau C., Vyskocil A.: Patterns of 1-hydroxypyrene excretion in volunteers exposed to pyrene by the dermal route. The science of the total environment 1995, 163:187-190.

Viau C., Carrier G., Vyskocil A., Dodd C.: Urinary excretion kinetics of 1-hydroxypyrene in volunteers exposed to pyrene by the oral and dermal route. The science of total environment 1995, 163:179-186.

Zha Q., Qian N.X., Moldoveanu S.C.: Analysis of Polycyclic aromatic hydrocarbons in the particulate phase of cigarette smoke using a gas chromatographic-high-resolution mass spectrometric technique. Journal of Chromatographic science 2002, 40:403-408.

Monitoraggio biologico dell'esposizione a idrocarburi policiclici aromatici (IPA) mediante metaboliti urinari

Marina Buratti

Azienda Ospedaliera "Istituti Clinici di Perfezionamento" (ICP) di Milano

Gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) sono una grande famiglia di congeneri, costituita da idrocarburi ad alto peso molecolare contenenti solo carbonio e idrogeno, la cui molecola è formata da due o più anelli benzenici uniti fra loro in un'unica struttura piana, attraverso coppie di atomi di carbonio condivisi fra anelli adiacenti. Si producono nel processo di degradazione termica di materiale organico (carbone, petroli, gas, oli, legno,...) attraverso un meccanismo di formazione alquanto complesso. Esso è dovuto principalmente alla ripolimerizzazione di frammenti di idrocarburo che si producono durante il processo noto come craking, vale a dire la frammentazione termica in frazioni leggere, a catena più corta, delle molecole pesanti del combustibile. I frammenti ricchi di carbonio si combinano in modo tale da formare gli IPA, che rappresentano le molecole più stabili, con un rapporto C/H elevato. La reazione di ripolimerizzazione avviene soprattutto in condizioni di carenza di ossigeno, e la velocità di formazione degli IPA aumenta con il diminuire del rapporto ossigeno/combustibile.

In fig. 1 sono riportate a titolo di esempio le strutture di alcuni IPA di interesse ambientale.

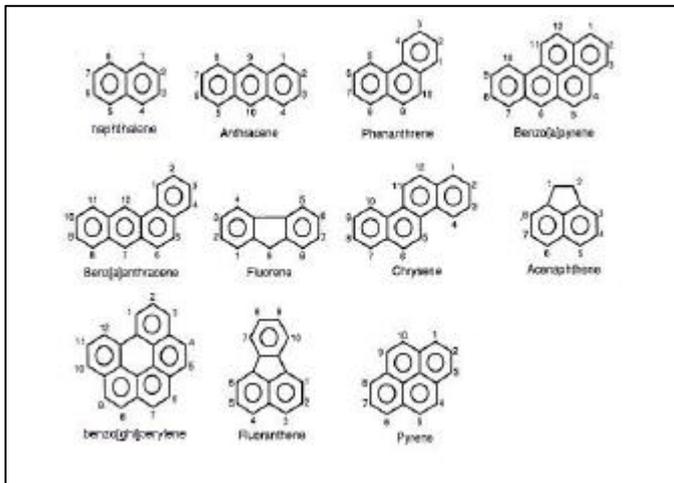


Figura 1 - Formule di struttura di alcuni idrocarburi policiclici aromatici

La chimica degli IPA può essere spiegata iniziando dal più semplice di essi: il naftalene ($C_{10}H_8$). Strutturalmente il naftalene si può considerare derivante dalla fusione di due molecole di benzene.

La sua struttura molecolare è planare, ciclica, formata da una sequenza di atomi di C ibridati sp^2 , ciascuno con un orbitale P_z semioccupato. Possiede un totale di 10 elettroni p, rispettando la regola di Hückel che definisce i composti aromatici in base al numero di elettroni del sistema coniugato. Le caratteristiche chimico-fisiche del naftalene sono quelle tipiche dei composti aromatici: nonostante l'elevato grado di insaturazione, il sistema dà reazioni di sostituzione elettrofila aromatica, e molto difficilmente reazioni di addizione. Il sistema presenta una elevata stabilità termodinamica (61 kcal/mole), dovuta appunto alle sue caratteristiche di aromaticità. Questo valore è però inferiore al doppio della energia di

risonanza del benzene ($36 \times 2 = 72$ Kcal/mole). Le caratteristiche di aromaticità del naftalene sono, pertanto, meno "ideali" di quelle del benzene.

Idrocarburi policiclici con più di due anelli aromatici

Esistono due modi per fondere un terzo anello benzenico a due atomi di carbonio del naftalene: uno comporta una disposizione lineare degli anelli (antracene), mentre l'altro determina una disposizione ramificata (fenanterene).

Con l'aumentare del numero di anelli benzenici presenti nella struttura, aumenta il numero dei possibili IPA: ad esempio, con 5 anelli benzenici sono possibili 22 diverse molecole, e con 8 anelli si possono comporre 1448 differenti composti. Ovviamente non tutte le molecole possibili si formano, nè sono tutte presenti nell'ambiente in quantità significative.

Proprietà chimico-fisiche degli IPA

Gli IPA sono solidi a temperatura ambiente ed hanno punti di ebollizione e di fusione elevati. La loro tensione di vapore è generalmente bassa, ed inversamente proporzionale al numero di anelli contenuti. Gli IPA sono poco solubili o del tutto insolubili in acqua. La solubilità diminuisce all'aumentare del peso molecolare. Gli IPA sono altamente lipofili. La struttura molecolare ne determina la stabilità: in genere la struttura lineare è la meno stabile.

Reattività chimica

Contrariamente a ciò che accade per il benzene, in cui tutti i sei atomi di carbonio hanno identica reattività, negli IPA le posizioni hanno differente reattività sia nella reazione di sostituzione elettrofila aromatica, sia nelle reazioni di ossidazione e di riduzione.

La differenza di reattività delle varie posizioni aumenta all'aumentare del numero di anelli. In particolare si rileva che le posizioni relative degli anelli condensati degli IPA svolgono un ruolo importante nel determinarne il livello di potenzialità cancerogena negli animali da esperimento. Gli IPA che rappresentano gli agenti cancerogeni più potenti possiedono una regione di recesso (bay region) formata da una ramificazione nella sequenza di atomi degli anelli benzenici.

Principali fonti degli IPA

Gli IPA sono contaminanti ubiquitari, immessi nell'ambiente principalmente da sorgenti antropogeniche. Grandi quantità di IPA vengono infatti prodotte dagli impianti di generazione dell'energia elettrica e da quelli di riscaldamento, dalla combustione dei carburanti per autotrazione e dalle emissioni industriali, mentre è al confronto considerato marginale l'apporto dovuto alle fonti naturali (incendi dei boschi, eruzioni vulcaniche). Gli IPA sono dunque dei comuni inquinanti dell'atmosfera: la concentrazione degli IPA riscontrati nell'aria urbana può ammontare ad alcune decine di nanogrammi per metro cubo. Gli IPA con 2-4 anelli sono presenti nell'aria in fase di vapore, mentre gli IPA con più di 4 anelli tendono a venire adsorbiti sul particolato.

Poiché gli IPA hanno origine durante il processo di combustione dei materiali carboniosi, essi sono presenti in quantità significative anche nel fumo di tabacco, negli alimenti cotti alla griglia o in forno a legna, nei fritti e nei cibi affumicati.

Le maggiori fonti di esposizione a IPA della popolazione generale sono costituite dagli alimenti, dal fumo attivo di tabacco, dall'uso di farmaci a base di derivati del catrame, e dall'inquinamento urbano. Il contributo più importante alla dose di IPA quotidianamente assunta è in genere quello fornito dalla alimentazione (>90%) e, per i fumatori, anche quello derivante dall'inalazione del fumo. Esposizioni significative a IPA in ambito

professionale possono potenzialmente aver luogo nella produzione di carbone coke, nei processi di cracking petrolchimico, nella produzione di elettrodi di grafite, nelle fonderie e durante l'asfaltatura di strade.

L'uomo può quindi essere esposto a IPA attraverso vie multiple (aria, suolo, cibo, acqua, abitudini voluttuarie, e attività lavorativa), e l'assorbimento nell'organismo può aver luogo per inalazione, per ingestione e per contatto cutaneo. A causa della elevata lipofilicità di questa classe di composti, la biodisponibilità dopo l'assorbimento è significativa: la presenza di IPA è stata evidenziata in quasi tutti gli organi interni, e in particolare negli organi ricchi in tessuto adiposo, che possono servire come luoghi di deposito dai quali gli IPA sono progressivamente rilasciati.

Metabolismo, eliminazione ed escrezione degli IPA

Dopo l'assorbimento, gli IPA vengono convertiti enzimaticamente principalmente ad arene-ossidi i quali, per isomerizzazione spontanea, possono formare fenoli o, tramite addizione di acqua mediata dall'epossido idrolasi microsomiale, possono formare *trans*-diidrodiooli. I diidrodiooli possono essere ulteriormente ossidati a diidrodiooli epossido vicinali. Se queste reazioni hanno luogo nella regione "baj" o "fjord" di un determinato IPA, la molecola risultante può giocare un ruolo chiave come cancerogeno, reagendo con il DNA per formare addotti covalenti, un passaggio iniziale per la trasformazione maligna delle cellule. Fenoli e diidrodiooli vengono escreti nelle urine, dopo coniugazione con acido solforico o con acido glucuronico.

A titolo di esempio, nella figura 2 sono schematicamente descritte le trasformazioni metaboliche del pirene, che viene in primo luogo ossidato a 1-idrossipirene, e quindi coniugato con formazione di derivati più idrosolubili (pirene solfato e glucuronide).

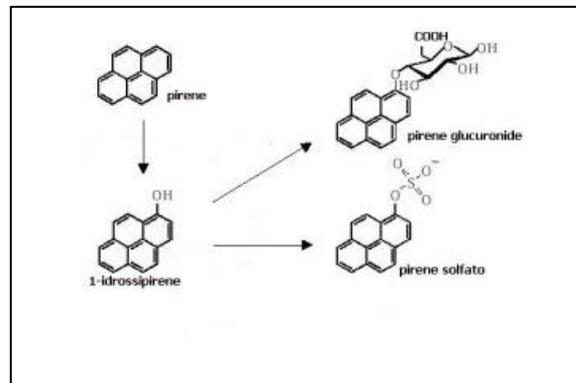


Figura 2 - Schema riassuntivo delle trasformazioni metaboliche del pirene

Negli animali da esperimento, sono stati individuati anche altri metaboliti (4,5-diidrossi-4,5-diidropirene, 1,6- e 1,8-diidrochinone, 1,6- e 1,8-diidrossipirene), mai però evidenziati nell'uomo.

Monitoraggio biologico - La misura dei livelli di contaminazione ambientale e di dose interna dei soggetti esposti nelle diverse condizioni di uso, rappresenta un elemento conoscitivo fondamentale per definire l'insieme di nessi causali tra livello di contaminazione dell'ambiente, la dose di agente chimico assorbita e la frequenza di danno alla salute che può insorgere nella popolazione degli individui esposti. Per ottenere una stima della dose globale di IPA assorbita dal singolo soggetto da tutte le diverse possibili origini, si può ricorrere al monitoraggio biologico, con la misura degli IPA e/o dei loro metaboliti, formati da diversi enzimi nei differenti organi (ad esempio, nel fegato, nei polmoni, o nella vescica) ed escreti nelle urine. In ambito professionale viene da lungo tempo utilizzato a questo scopo l'1-idrossipirene (OHP), i cui valori di escrezione urinaria sono ben associati sia con i livelli aerodispersi di pirene che con quelli di IPA totali. Il pirene, da cui deriva OHP, viene generalmente considerato un utile tracciante dell'esposizione a IPA, in quanto è presente in quantità significative nella maggior parte delle miscele di IPA e la sua concentrazione è strettamente associata con la quantità totale di IPA.

Quantità rilevabili di OHP sono escrete da gran parte (75%) dei soggetti non professionalmente esposti come conseguenza della contaminazione degli alimenti e dell'ambiente di vita; i valori osservati nei non fumatori sono di solito 2-3 volte inferiori di quelli dei fumatori ($OHP_{\text{non fumatori}} < 500 \text{ ng/l}$, $OHP_{\text{fumatori}} < 1500 \text{ ng/l}$, 95^o percentile).

Di recente sono stati proposti come indicatori biologici anche i metaboliti di altri IPA (metaboliti idrossilati del fenantrene, 3-idrossibenzo[*a*]pirene), ma la loro utilità per la valutazione dell'esposizione è ancora da verificare.

Determinazione dell'1-idrossipirene urinario - La determinazione dell'1-idrossipirene urinario come indicatore biologico di esposizione a IPA è stata proposta oltre vent'anni fa: il metodo originale prevedeva una estrazione di OHP dall'urina in solvente organico (diclorometano, etile acetato) dopo idrolisi acida dei coniugati, e successiva separazione e quantificazione del metabolita mediante cromatografia liquida ad alta pressione (HPLC) con rivelazione fluorimetrica. Il metodo è stato successivamente modificato, con l'uso di idrolisi enzimatica dei coniugati ad opera di β -glucuronidasi/ arilsolfatasi, e arricchimento/purificazione di OHP mediante estrazione in fase solida con cartucce tipo Seppak C18, eluizione in solvente organico, e analisi in HPLC in fase inversa con rivelazione fluorimetrica. Ancora oggi questo metodo, con piccole varianti procedurali, è utilizzato dalla gran parte dei laboratori che si occupano dell'argomento. Un cromatogramma esemplificativo di quanto si può ottenere con la procedura descritta è illustrato in fig.3.

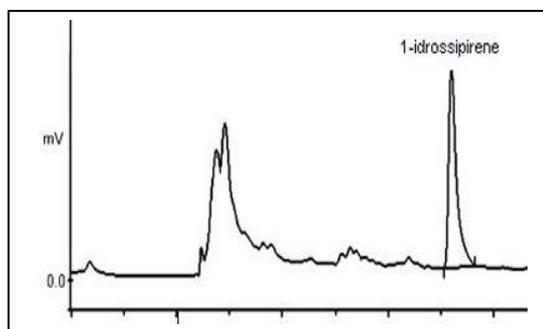


Figura 3 - Profilo di eluizione di un estratto da un campione di urina, contenente circa 950 ng/l di 1-idrossipirene. Le condizioni cromatografiche utilizzate erano: colonna Supelcosil DP 50 mm x 4.6 mm ID, 5 μm particle size; fase mobile: acetonitrile - acqua 30:70; flusso: 3 ml/min; tempo di ritenzione di OHP: 3,6 min; rivelatore a fluorescenza: $\lambda_{\text{ex}} = 340 \text{ nm}$, $\lambda_{\text{em}} = 390 \text{ nm}$.

BIBLIOGRAFIA

Brandt H.C.A., Watson W.P. (2003) monitoring of occupational and environmental exposures to polycyclic aromatic compounds. *Ann Occ Hyg* 47 349-378

Buratti M., Pellegrino O., Brambilla G., Colombi A. (2000) Urinary excretion of 1-hydroxypyrene as a biomarker of exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons from different sources. *Biomarkers* 5: 368-381

Jacob J., Seidel A. (2002) Biomonitoring of polycyclic aromatic hydrocarbons in human urine. *J Chromat B* 778 31-47

Jogeneelen F.J., Anzion R.B.M., Leijdekkers M., Bos R.P., Henderson P. (1985) 1-hydroxypyrene in human urine after exposure to coal tar and a coal tar derived product *Int Arch.Occup.Environ Health* 57 47-55

WHO, IPCS (1998) Environmental Health Criteria 202. Selected non-heterocyclic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, WHO, Geneva

Nuovi indicatori per il monitoraggio biologico dell'esposizione ad IPA

Silvia Fustinoni

Azienda Ospedaliera "Istituti Clinici di Perfezionamento" (ICP) di Milano

MECCANISMO DI AZIONE GENOTOSSICO E CANCEROGENO

L'agenzia internazionale per la ricerca sul cancro (IARC), sulla base di evidenze epidemiologiche e di studi condotti in animali di laboratorio ha classificato alcuni idrocarburi policiclici aromatici come possibili cancerogeni (2A) e/o e probabili cancerogeni (2B) per l'uomo. Sei di questi composti sono etichettati come R45 dalla Unione Europea.

Sostanza	IARC	UE
Naphtalene	2B	
Benzo[a]antracene	2A	R45
Benzo[b]fluorantene	2B	R45
Benzo[j]fluorantene	2B	R45
Benzo[k]fluorantene	2B	R45
Benzo[a]pirene	2A	R45
Dibenzo[a,h]antracene	2A	R45
Dibenzo[a,e]pirene	2B	
Dibenzo[a,h]pirene	2B	
Dibenzo[a,i]pirene	2B	
Dibenzo[a,l]pirene	2B	
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	2B	
5-Metilcrisene	2B	

Il meccanismo con cui questi composti agiscono come cancerogeni è ancora poco chiaro e diverse teorie sono state formulate a proposito. La più conosciuta è quella della "bay region", che riguarda, tra altri composti, il benzo[a]pirene, uno degli IPA con maggiore potenziale cancerogeno. Questa teoria si basa sul metabolismo del benzo[a]pirene ad opera degli enzimi ossidativi a formare, da prima un epossido e poi un diolo epossido. In accordo con questa teoria, il diolo epossido formato deve possedere la funzione epossidica su un atomo di carbonio della baia e i due gruppi idrossilici che costituiscono il diolo preferenzialmente collocati nella regione pre-baia.

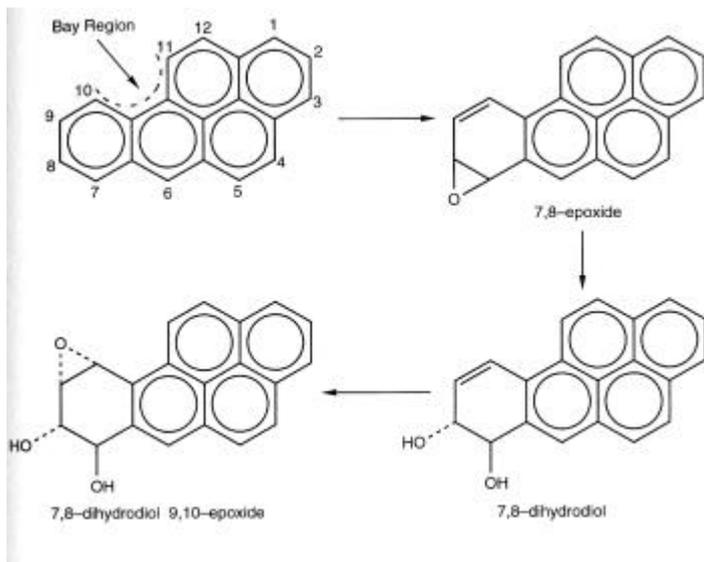


Figura 1. Metabolismo del benzo[a]pirene e formazione del dioloepossido

Il diolo epossido del benzo[a]pirene è un mutageno e viene ritenuto il responsabile della attività cancerogena di questo IPA. Il meccanismo con cui agirebbe è quello che passa attraverso la formazione di addotti.

ADDOTTI DEGLI IPA AL DNA E ALLE PROTEINE

Gli addotti sono il risultato di una reazione di addizione tra molecole molto reattive, generalmente elettrofile, ottenute da trasformazioni metaboliche ossidative degli xenobiotici e gruppi nucleofili presenti sul DNA e/o proteine. I dioli epossidi degli IPA, ad esempio quello derivato dal benzo[a]pirene, sono in grado di reagire con le macromolecole cellulari e dare gli addotti al DNA e alle proteine. Gli addotti al DNA, qualora non riparati, possono iniziare il processo di cancerogenesi attraverso la formazione di mutazioni. Su questa base alcuni ricercatori hanno suggerito che gli addotti al DNA possano essere utilizzati per la valutazione del rischio cancerogeno e che la loro quantificazione possa riflettere la dose biologicamente efficace.

Gli addotti al DNA e alle proteine vengono generalmente determinati in cellule ematiche ottenute da campioni di sangue periferico (linfociti, globuli rossi) o da plasma. Per evidenti ragioni etiche raramente questi addotti vengono determinati negli organi e/o tessuti bersaglio, dove si sviluppano i tumori. Inoltre, alcuni studi hanno mostrato come gli addotti misurati in campioni di sangue periferico e nell'organo bersaglio spesso non sono correlati. Per questo motivo quando gli addotti sono misurati in cellule di sangue periferico la valutazione del rischio cancerogeno appare molto incerta.

Gli addotti al DNA vengono generalmente determinati nei globuli bianchi, in particolare nei linfociti, che hanno un tempo di vita medio di circa 15 giorni. Nel caso delle proteine, in particolare albumina ed emoglobina, il tempo di vita medio è circa di 24 e 120 giorni, rispettivamente. Per questa ragione gli addotti possono essere considerati indicatori biologici di esposizione cumulativa.

Gli addotti tra IPA e proteine sono stati indagati fino ad ora in maniera molto superficiale, mentre numerosi studi sono stati condotti sugli addotti al DNA.

I metodi a disposizione per la valutazione degli addotti al DNA degli IPA sono di 3 tipi:

- Immunologici. Questi metodi sono basati sulla reazione antigene-anticorpo, sono generalmente poco sensibili (1-4 addotti/ 10^8 basi), e la possibilità di reazioni incrociate dell'anticorpo verso altri antigeni ne limita la specificità e rende problematica la determinazione quantitativa.
- Marcatura con atomi radioattivi. Questi metodi utilizzano la tecnica della post marcatura con ^{32}P del nucleotide modificato (addotto), sono molto sensibili (1 addotto/ 10^{10} basi) e richiedono piccole quantità di campione (μg). La maggiore limitazione di questa tecnica è la scarsa specificità.
- Cromatografici accoppiati con rivelatore a fluorescenza. In questo caso si sfrutta la fluorescenza specifica di alcuni IPA, come il benzo[a]pirene e i suoi metaboliti, che sono i composti generalmente determinati utilizzando questo metodo. La tecnica è specifica, anche se non applicabile a tutti gli IPA. La sensibilità del metodo è limitata a 1 addotto/ 10^7 basi.

I risultati ottenuti determinando gli addotti con ciascuno di questi metodi sono scarsamente correlati, questo significa, che, soprattutto alle basse esposizioni, le tecniche misurano composti differenti. Va inoltre specificato che queste tecniche, che richiedono l'estrazione del DNA, la sua purificazione e, talvolta, la sua marcatura con atomi radioattivi, sono complesse e richiedono tempi lunghi ed una notevole esperienza per essere eseguite. Inoltre la standardizzazione dei metodi, il controllo di qualità intra- e inter-laboratoriale sono spesso lacunosi. Per queste ragioni queste tecniche non possono essere considerate di routine.

IDROSSIDERIVATI DI IPA E IPA TAL QUALI NELLE URINE

A seguito dell'esposizione a IPA, la maggior parte di questi composti è eliminata nelle urine come fenoli, mentre una quota molto piccola è escreta come IPA non metabolizzati. La valutazione dell'esposizione a IPA attraverso il monitoraggio biologico è stata tradizionalmente effettuata utilizzando l'1-idrossipirene urinario, un metabolita del pirene, sostanza sempre presente nelle miscele di IPA che mostra buona correlazione con l'esposizione totale. Ciononostante, data la composizione variabile delle miscele di IPA derivanti da diverse sorgenti, il pirene, e di conseguenza l'1-idrossipirene urinario, può non essere rappresentativo per tutte le condizioni di esposizione. Inoltre il pirene non è un cancerogeno e perciò la misura di metaboliti di composti cancerogeni sono considerate più appropriate per il monitoraggio biologico dell'esposizione. Per queste ragioni è stata recentemente proposta la determinazione di altri derivati idrossilati degli IPA, con particolare riferimento al naftalene, al fenantrene e al benzo[a]pirene, date le loro caratteristiche di abbondanza e/o tossicità. Alcuni autori hanno anche proposto la misura simultanea di numerosi metaboliti, allo scopo di caratterizzare un profilo espositivo che tenesse conto anche delle differenti sorgenti.

La determinazione dei metaboliti idrossilati degli IPA viene effettuata con tecniche cromatografiche, quali HPLC e GC abbinate a rivelatori quali il fluorimetro e/o la massa. Queste tecniche sono sufficientemente specifiche per consentire una sicura identificazione degli analiti. Nel caso della determinazione dei metaboliti degli IPA meno abbondanti, quali ad esempio il benzo[a]pirene, è richiesta una sensibilità molto elevata, di conseguenza l'utilizzo di questi potenziali indicatori biologici è per ora stato limitato al monitoraggio di soggetti che presentano esposizioni ad IPA particolarmente elevate, quali ad esempio i lavoratori delle cokerie.

Un'alternativa alla misura dei metaboliti urinari è rappresentata dalla determinazione degli IPA non metabolizzati nell'urina. Questo approccio è stato già indagato in passato, seppure in

modo discontinuo e molto marginale per la valutazione dell'esposizione a IPA in lavoratori e nella popolazione generale. Da un punto di vista sperimentale la determinazione degli IPA non metabolizzati nell'urina presenta dei vantaggi legati alla possibilità di utilizzare sistemi analitici simili a quelli già sperimentati per la determinazione degli IPA aerodispersi (GC/MS e HPLC/fluorimetro), di poter disporre di standard commerciali, di non richiedere procedure di idrolisi e preparazione del campione e infine di portare all'ottenimento di profili di escrezione complessi, nei quali è possibile la determinazione simultanea di differenti specie chimiche.

L'approccio che è stato utilizzato nel nostro laboratorio per la determinazione degli IPA non metabolizzati nell'urina ha implicato una microestrazione in fase solida degli analiti dallo spazio di testa del campione, un successivo desorbimento termico effettuato nella camera di iniezione del sistema cromatografico, una separazione gascromatografica e una rivelazione utilizzando uno spettrometro di massa operante con ionizzazione elettronica. Tutte le operazioni sono state condotte in modo automatizzato, utilizzando un opportuno autocampionatore. In questo modo è stato possibile determinare simultaneamente 8 IPA urinari: naftalene, acenaftilene, acenaftene, fluorene, fenantrene, antracene, fluorantene e pirene. Le sensibilità ottenute sono nell'ordine dei ng/L, tali da consentire l'applicazione di questa metodica sia per lo studio di popolazioni esposte in ambito lavorativo, che della popolazione generale.

Pavimentazione stradale e asfalto: realtà produttiva e ciclo tecnologico

Irene Martinotti

Scuola di Specializzazione in Medicina del Lavoro - Università degli Studi di Milano

DEFINIZIONI

Necessaria premessa per potere comprendere a pieno i rischi connessi con le opere di asfaltatura, è prestare la giusta attenzione al significato di alcuni termini fondamentali. Infatti i termini "asfalto", "bitume" o "catrame", spesso usati indifferentemente, sottendono significati ben diversi.

In particolare per "asfalto" o "conglomerato bituminoso" ("asphalt mix" negli Stati Uniti d'America), si intende una miscela (naturale o artificiale) di bitume ed elementi litici di varia granulometria (materiale inorganico inerte).

Il "bitume" (negli Stati Uniti definito "asphalt"), è invece un materiale legante naturalmente presente in natura e ottenuto in raffineria dalla lavorazione del petrolio greggio. Esso contiene composti organici di origine prevalentemente idrocarburica, con tracce di zolfo, azoto, ossigeno, nichel, ferro e vanadio. In particolare tra i composti organici ad alto peso molecolare sono prevalenti gli idrocarburi con un numero di atomi di carbonio maggiore di 25 e con un alto valore del rapporto C/H, tra cui gli idrocarburi policiclici aromatici. Si tratta di un materiale di colore bruno o nerastro, con comportamento termoplastico, solido o semisolido, non volatile a temperatura ambiente, non solubile in acqua.

Con il termine "catrame", corrispondente all'inglese "tar", ci si riferisce invece ad un materiale viscoso che seppur dotato di aspetto simile al bitume, se ne differenzia per origine e composizione chimica. Esso infatti è ottenuto tramite un processo industriale di distillazione distruttiva del carbon fossile e rispetto al bitume mostra un contenuto nettamente più elevato di idrocarburi policiclici aromatici (IPA), oltre che numerosi altri composti contenenti ossigeno, azoto e zolfo. In passato, nei paesi sprovvisti di asfalto naturale, come ad esempio l'Inghilterra, il catrame era diffusamente impiegato per la pavimentazione stradale (*tarmacadam*), a volte anche in miscela con il bitume. Tale uso, ora del tutto cessato e praticamente sconosciuto in Italia, ha favorito l'attuale confusione esistente ancora tra i termini asfalto e bitume nel linguaggio comune ed in molti ambienti professionali.

CICLO TECNOLOGICO

La realtà produttiva delle opere di asfaltatura prevede un ciclo tecnologico semplice e la dipendenza delle lavorazioni dalle condizioni meteorologiche, che esitano in un impianto aziendale di piccole o medie dimensioni con lavorazione per lo più stagionale.

Il ciclo tecnologico si articola in produzione, asfaltatura strade ed asfaltatura marciapiedi.

PRODUZIONE DI CONGLOMERATO BITUMINOSO

Per produrre il conglomerato bituminoso si deve procedere alla miscelazione a caldo di bitume e inerti in opportune proporzioni. Più dettagliatamente l'asfalto contiene quantità percentuali in peso di aggregati lapidei pari al 90%, di filler al 3-10%, di bitume al 4-7%, di additivi allo 0-2%.

In particolare i materiali litici vengono adoperati sotto forma di elementi frantumati di varia granulometria (ciottolo, ghiaia, ghiaietto, ghiaino, sabbia).

Il filler è materiale polverulento con granulometria bassa (minore di 0,075 mm).

Infine un cenno agli additivi (polimeri, attivanti di adesione, additivi flussanti, pigmenti), che se aggiunti alla ricetta consentono di migliorare le prestazioni dei conglomerati bituminosi, modificandone le caratteristiche fisiche e meccaniche. Variando la granulometria e la natura degli aggregati litici, il contenuto di bitume e aggiungendo additivi è possibile ottenere svariati tipi di conglomerati bituminosi destinati ad impieghi quanto mai vari.

Approvvigionamento e stoccaggio delle materie prime

Gli aggregati lapidei a differente granulometria possono essere acquistati direttamente da cave, oppure sono costituiti da materiale di recupero frantumato in mulini. Per il loro trasporto in azienda vengono adoperati camion a cassone ribaltabile, che consentono anche un agevole scarico del materiale sul piazzale, dove le scorte sono distribuite in cumuli separati in base alla pezzatura.

Il bitume è acquistato dalle raffinerie che provvedono anche al trasporto mediante autobotti in azienda, dove viene stoccato in serbatoi metallici coibentati e dotati di riscaldamento a circolazione di olio.

Il filler di nuova produzione perviene in azienda trasportato all'interno di autocisterne, dalle quali viene scaricato tramite conduttura e stoccato all'interno di silos dedicati.

Impianto di produzione di asfalto per strade

L'aggregato con l'ausilio di pale meccaniche viene prelevato dai cumuli presenti nelle aree di stoccaggio e caricato in base alla granulometria in una delle tramogge dell'impianto di predosatura ponderale. Il sistema dosatore pesa e seleziona le quantità desiderate di inerti che, per caduta, pervengono mediante un nastro trasportatore all'impianto di pretrattamento (o essiccatore). Questo è un forno a tamburo ruotante in acciaio. Il riscaldamento a temperature di 150-160 °C consente la perfetta asciugatura degli elementi litici che si possono così legare in modo più saldo al bitume. Sui fumi prodotti dall'essiccatore operano sistemi di abbattimento delle particelle che vengono recuperate e utilizzate come sabbia.

Gli aggregati, una volta essiccati, giungono alla torre di miscelazione (tramite un elevatore a tazze o altro idoneo dispositivo), dove vengono nuovamente vagliati, allo scopo di assicurare il raggiungimento delle granulometrie finali, e pesati, per ottenere un esatto rapporto di miscela, quindi vengono immessi nel mescolatore.

Il filler, conservato all'interno di silos, viene avviato tramite coclee ad un elevatore a tazze, che lo trasporta verticalmente fin sulla torre di mescolazione, dove viene raccolto direttamente all'interno della tramoggia del sistema dosatore specifico. Le polveri fini di recupero, provenienti dai filtri dell'impianto, vengono reintrodotte nel ciclo di produzione tramite coclee. Il filler è aggiunto sempre freddo agli altri componenti.

Il bitume, riscaldato all'interno dei serbatoi tramite calore ceduto da olio circolante in serpentine, è immesso previa pesatura nella zona di mescolazione attraverso gli ugelli della barra di spruzzatura ad una temperatura di 150-160 C°. Esistono impianti con lavorazione in continuo, che sono dotati di un meccanismo automatizzato per la regolazione della portata a seconda della quantità di inerti inviata al miscelatore.

Gli inerti a granulometria voluta, il bitume, il filler ed eventuali additivi (provenienti con ciclo chiuso da silos dedicati), confluiscono all'interno di un miscelatore in acciaio a forma di trogolo con fondo apribile.

Conclusa la fase di mescolamento il prodotto finito può essere scaricato dal miscelatore, posto in posizione sollevata dal suolo, direttamente sugli autocarri addetti al trasporto.

L'impianto descritto, di tipo tradizionale possiede uno specifico essiccatore per gli aggregati distinto dal miscelatore. Nelle apparecchiature tipo "Drum Mixer" (impianti di non recente concezione e piuttosto imprecisi, ma ancora utilizzati perché semplici e poco costosi), l'intero ciclo produttivo avviene invece in una sola unità rappresentata dal cilindro rotante, il quale provvede sia alla fase d'essiccazione/riscaldamento degli aggregati, sia a quella di miscelazione.

In alcune ricette è previsto l'utilizzo anche di fresato (fino al 30% in peso), che viene frantumato con mulino, vagliato per distinguerne la granulometria e mescolato agli altri aggregati già caldi.

Gli impianti moderni possono essere gestiti da sole due persone: un addetto al controllo del processo produttivo, che opera all'interno di una cabina climatizzata ed un addetto al carico dei predosatori con pala meccanica.

Impianto di produzione di asfalto per marciapiedi (asfalto colato)

L'asfalto colato è un conglomerato contenente legante in quantità pari all'8-11% in peso e notevolmente ricco di frazioni fini.

Il colato viene prodotto in impianti simili a quelli descritti per il conglomerato bituminoso per strade. Le principali differenze sono costituite dal riscaldamento dell'aggregato a temperature superiori a quelle necessarie per altri conglomerati (200-220 C°), dalla presenza di un'apposita caldaia con miscelatore, dalla necessità di tempi di miscelazione più lunghi (alcune ore rispetto a 20-40 secondi).

ASFALTATURA STRADE

Questo tipo di lavorazione può essere eseguita in modo continuo durante l'anno; viene tuttavia sospesa in caso di condizioni meteorologiche avverse in grado di compromettere la qualità della stesa (pioggia, temperatura inferiore a 10 °C).

La squadra di intervento è in genere composta da 3-10 persone.

E' necessario distinguere le opere di rifacimento di una pavimentazione preesistente da quelle per l'edificazione di nuove pavimentazioni: nel primo caso, infatti, è necessario procedere preventivamente alla fresatura del vecchio conglomerato, alla spazzatura e raccolta del fresato, quindi alla spruzzatura di emulsione bituminosa ed infine alla stesa e compattazione del conglomerato bituminoso.

La fresatura, consistente nella rimozione della parte superficiale della vecchia pavimentazione, ha lo scopo di favorire l'aderenza del nuovo strato a quello sottostante e

di impedire sopraelevamenti del piano stradale rispetto alla situazione precedente. Essa viene condotta con macchine fresatrici o scarificatrici, dotate di corpi cilindrici rotanti con utensili da taglio e di un nastro trasportatore, tramite il quale il materiale asportato viene caricato su automezzi da trasporto.

Alla fresatura segue la spazzatura e raccolta del fresato. Ciò può avvenire sia meccanicamente mediante spazzatrici, che manualmente, mediante scope e pale. Dopo questa operazione, la superficie di stesa, se costituita da calcestruzzo, deve essere trattata mediante applicazione a spruzzo di emulsioni bituminose, che garantiscono un'adeguata adesione all'interfaccia tra fondazione e nuovo manto d'usura. La spruzzatura può avvenire a caldo o a freddo, sia meccanicamente mediante apposito diffusore posto dietro ad un mezzo-cisterna, sia manualmente mediante un erogatore. Questa operazione non è necessaria se il nuovo manto d'usura va apposto su vecchi strati in conglomerato bituminoso.

A questo punto la superficie stradale è pronta per la stesa del conglomerato bituminoso. Questo, allo scopo di evitare raffreddamenti superficiali eccessivi (deve essere applicato a temperature di almeno 120°C), deve essere acquistato in impianti di produzione non troppo distanti dal cantiere e trasportato a mezzo di autocarri a cassone posteriore ribaltabile forniti di copertura. In una stessa giornata vengono effettuati più carichi in base alla dimensione della superficie da asfaltare.

Le operazioni di stesa consistono nell'applicazione di più strati di conglomerato bituminoso mediante macchina vibrofinitrice stradale. Gli autocarri che trasportano l'asfalto, procedendo a marcia indietro, si devono collocare in posizione tale da poter provvedere al carico diretto della finitrice, ribaltando posteriormente il cassone e rovesciando il conglomerato all'interno della tramoggia di carico. Questa lo immette tramite un movimento di scorrimento del fondo, in un distributore posto verso l'estremità posteriore della vibrofinitrice, che sparge il conglomerato in maniera uniforme su tutta la larghezza prefissata. Gli operatori coinvolti nelle operazioni distesa sono almeno tre, di cui uno a bordo e due a terra. Quelli a terra effettuano anche le operazioni di rifinitura: infatti, ai margini della strada o in situazioni particolari, che limitino l'impiego di macchine, si dovrà finire la stesa dell'asfalto a mano, prelevando il conglomerato con l'ausilio di pala in prossimità delle coclee e spargendolo dove necessario.

Segue a questo punto la fase di compattazione del conglomerato bituminoso, ancora caldo, mediante rulli compattatori con operatore a bordo. L'operazione di compattamento ha lo scopo di addensare lo strato di conglomerato appena steso rendendo la superficie stradale omogenea e priva di irregolarità e di evitare la comparsa di fessurazioni.

Per compattare il manto ai suoi margini, in prossimità del marciapiede, si utilizza una piastra vibrante controllata da un operatore in piedi.

Nel caso di edificazione di nuove pavimentazioni, invece, si rende necessaria una preventiva opera di spianamento tramite ruspe, seguita dal livellamento ad opera di mezzi livellatrici e dalla compattazione del rilevato con rullo. Realizzato così il sottofondo, si procede alla produzione di strati di fondazione in misto cementato. A questo punto si procede con l'applicazione di emulsione bituminosa acida, la stesa del conglomerato e la sua compattazione.

ASFALTATURA MARCIAPIEDI

La posa in opera di asfalto colato su marciapiede può avvenire tutto l'anno, anche nella stagione fredda, con esclusione solo dei periodi di gelo.

Questi manti presentano, rispetto a quelli realizzati con altri tipi di conglomerato, maggiore praticità di stesa. Essi vengono posati manualmente in spessori sottili (1,5-2 centimetri), su una base rigida di calcestruzzo, che consente anche un facile recupero del colato per un suo successivo reimpiego.

Le squadre di operatori sono in genere costituite da 3 operatori.

L'asfalto colato è acquistato presso impianti di produzione e, poiché necessita di essere steso ad una temperatura di 230-260 °C, è trasportato al luogo di stesa all'interno di un opportuno autoveicolo dotato di caldaia e mescolatore (*bonza*).

Prima di iniziare i lavori si provvede all'apposizione di opportuna segnaletica e quando necessario, alla deviazione del traffico veicolare dalla carreggiata adiacente al marciapiede, dove viene collocata e via via fatta avanzare la bonza.

Il colato viene prelevato tramite apertura di una porta di scarico posta sulla parete posteriore della bonza, raccolto all'interno di una carriola e con essa trasportato fino al punto di stesa. Quindi il materiale di stesa viene rovesciato sul marciapiede e distribuito uniformemente tramite spatole di legno, provviste di una lunga impugnatura e manovrate dall'operatore in posizione eretta. L'asfalto steso, mentre è ancora caldo, va cosparso con sabbia. Essa è contenuta in un apposito vano dell'automotrice, viene caricata manualmente tramite una pala nella carriola, è trasportata sul luogo di stesa, quindi viene prelevata con l'ausilio di pala e lanciata sul marciapiede.

BIBLIOGRAFIA

Bolis B., Di Renzo A. - Pavimentazioni stradali – ed. Ulrico Hoepli - Milano, 1949

Buscema G. – La pratica delle moderne pavimentazioni stradali – ed. Ulrico Hoepli – Milano, 1952

Centolani G. – Manuale delle pavimentazioni bituminose – ed. Touring Club Italiano-Unione Petrolifera – Milano, 1966

Di Renzo A. – L'impiego del bitume nelle costruzioni stradali: generalità, caratteristiche dei materiali bituminosi e litici impiegati nelle costruzioni stradali, trattamenti superficiali e di impregnazione, trattamenti a retread, conglomerati bituminosi, asfalti colati – ed. Ulrico Hoepli – Milano, 1956

Discacciati M., Filippucci G. – Le strade: progettazione, costruzione, manutenzione – ed. La Nuova Italia Scientifica – Roma, 1995

The Asphalt Institute U.S.A. - Il manuale del bitume: traduzione del testo "The Asphalt Handbook – Manual Series n° 4" a cura di Shell Italiana S.p.A. – Milano, 1965

Giua M., Giua-Lollini C. – Dizionario di chimica generale e industriale – ed. Unione tipografico-editrice torinese – Torino, 1933

Presentazione opuscolo INAIL per i lavoratori "Salute e Sicurezza nelle opere di asfaltatura"

Patrizia Santucci

Con.T.A.R.P. – INAIL Direzione Regionale Lombardia

La realizzazione dell'opuscolo "Salute e Sicurezza nelle opere di asfaltatura" ovvero strumento formativo è un esempio non solo dell'evoluzione della cultura della sicurezza lavoro, avviata con l'emanazione del D.Lgs. 626/94, ma anche del pieno coinvolgimento figure datoriali, sindacali ed istituzionali nell'attuazione di un modello partecipativo oltre una rinnovata missione dell'Istituto.

In quest'occasione è importante affermare la centralità della formazione, aspetto l'Istituto ha ormai consolidato il suo impegno e contributo.

Che la conoscenza del rischio professionale sia una condizione imprescindibile delle condizioni di salute e sicurezza sul lavoro, è un'affermazione ovvia, che trova riscontro in alcuni dati oggettivi:

- circa il 50% degli infortuni sono caratterizzati da una partecipazione attiva del lavoratore all'accadimento dell'evento lesivo e quindi si riferiscono a situazioni che si sarebbero potute evitare se fosse stata realizzata un'adeguata formazione, come dimostra l'indice di infortuniosità più alto nelle piccole e medie imprese rispetto alle grandi imprese;
- la frequenza degli infortuni sul lavoro per addetti nei primi anni di attività è superiore al 50% circa di quella di addetti con oltre 10 anni di esperienza lavorativa.

Queste evidenze hanno fatto sì che l'informazione ovvero la semplice conoscenza delle misure di prevenzione, ma soprattutto la formazione, vale a dire un processo in grado di strutturare all'interno dell'individuo un sistema stabile di comportamenti orientati alla tutela della propria integrità psicofisica, costituissero uno dei punti di forza all'interno del modello partecipativo introdotto dal D.Lgs. 626/94.

I soggetti principali della formazione (*ed addestramento*) sono, indiscutibilmente, i datori di lavoro ed i lavoratori ma ad alcune istituzioni (INAIL, ISPESL, Ministeri, ecc.) il legislatore ha affidato un'articolata attività di supporto (artt. 24,26,29 D.lgs. 626/94), facendo riferimento anche a formazione ed informazione.

Per comprendere lo stato di attuazione della formazione ed il ruolo che essa ha assunto nella realtà delle PMI, è utile esaminare i dati emersi dal monitoraggio, condotto da CENSIS, circa l'applicazione del D.Lgs. 626/94, ed i cui risultati sono riportati nel FILE CENSIS INAIL "Verso un modello partecipativo di prevenzione" Aprile, 2001 (consultabile integralmente sul sito INAIL).

Sono state condotte due rilevazioni di campo: una su un campione di 600 PMI, presso le quali sono stati intervistati gli imprenditori e gli RLS; l'altra condotta sul territorio, interessando gli organismi paritetici costituiti su base provinciale, gli RLST e quasi tutti i testimoni privilegiati su base nazionale.

Per quanto concerne le modalità di attuazione emergono alcuni elementi interessanti

- Circa la metà delle aziende provvede alla formazione dei propri lavoratori attraverso la promozione di corsi specifici in materia di salute e sicurezza.
- Si può supporre che in assenza di corsi specifici, l'azienda presenti comunque, al momento dell'assunzione, i rischi in cui il lavoratore può incorrere nello svolgimento quotidiano della sua attività (31,9%) ed in taluni casi, alla presentazione segue l'affiancamento di personale più esperto (circa 23% dei casi).
- Nelle situazioni in cui il momento formativo risulta circoscritto temporalmente, la frequenza di un corso o alla presentazione dei rischi al momento dell'assunzione e la presenza di prassi e procedure aziendali contribuisce a garantire il trasferimento delle informazioni ai lavoratori.
- Una azienda su tre fa uso di cartelli e segnaletica di sicurezza, ed in misura limitata divulga periodicamente materiale informativo.
- Frequentemente la formazione e l'informazione sono state realizzate ricorrendo a tipologie di interventi fra quelli sopraccitati.
- Solo nel 6% dei casi le aziende si disinteressano totalmente della formazione dei dipendenti.

L'attenzione alla formazione cresce con la dimensione aziendale di riferimento: dalle più piccole al 75,2% di quelle con oltre 100 addetti, come pure l'impiego di materiale informativo (dal 9% delle più piccole, al 25,3% di quelle con classe di riferimento compresa tra 16 e 30 unità fino al 28% delle più grandi).

Naturalmente sono stati i lavoratori i soggetti più coinvolti (65,5%) o il loro rappresentante (47,7%), ma rilevante è stato anche il peso delle iniziative finalizzate alla formazione del capo azienda (38,3%) o dell'RSPP (32,6%).

Per l'importanza che la formazione riveste gli imprenditori intendono continuare a investire nella formazione anche per ridurre o eliminare i rischi a cui sono esposti i lavoratori, ma, fino ad oggi usato prevalentemente i fondi dell'azienda (nel 70% dei casi), per il futuro il 34,1% intende riavviare iniziative formative a suo totale carico. Di conseguenza, emerge la richiesta di incentivi per lo sviluppo della formazione e il mantenimento dei sistemi di formazione continua già avviati, attraverso un finanziamento pubblico, anche parziale. Consapevole di questa realtà, l'Istituto ha rafforzato l'applicazione della normativa di prevenzione, affiancando alle altre attività già svolte, un meccanismo in grado di allentare l'onere contributivo delle imprese a fronte dell'adeguamento alle norme di prevenzione. Il D.lgs 38/2000 si ridefinisce per l'INAIL un ruolo attivo introducendo il sostegno alle iniziative di investimenti diretti sia alla formazione ed informazione sia all'adeguamento dei processi produttivi.

L'istituto ha stanziato, in via sperimentale, 66.106.483,08€ (pari a 128 miliardi di lire) per progetti di formazione ed informazione e 11.362.052€ (pari a 22 miliardi di lire) per la realizzazione di strumenti e prodotti; la risposta delle imprese è stata più che positiva e testimoniano gli importi richiesti, ampiamente superiori all'ammontare disponibile.

L'opuscolo realizzato in occasione della partecipazione attiva di INAIL al progetto CONTARP, attraverso la CONTARP, nato come supporto formativo, inquadra innanzi tutto, l'attività di prevenzione, il modello partecipativo della prevenzione.

Nella parte successiva fornisce gli elementi essenziali per la descrizione delle attività svolte ed approfondisce le tematiche di salute e sicurezza attraverso una serie di schede, ognuna delle quali illustra per ogni potenziale situazione di rischio quali siano le conseguenze del pericolo a cui prestare attenzione, quali sono i danni che ne possono conseguire sia nel breve sia nel lungo termine.

A conclusione della scheda vi sono i consigli per attuare una corretta prevenzione e per la salute e per la sicurezza.

Proposta Linee Guida Regionali "Opere di asfaltatura"

Eugenio Ariano

U.O. Prevenzione – Regione Lombardia

I PIANI DI PREVENZIONE 2000-2003 E 2004-2006

Già nel Progetto Obiettivo Regionale Prevenzione e Sicurezza negli Ambienti di Lavoro per il triennio 2000-2003 la prevenzione dei tumori professionali era uno degli Obiettivi Strategici.

Gli obiettivi, per i quali nel triennio passato si è effettuata una seria sperimentazione su territori pilota, si possono riassumere come segue:

- Area Igienistico Tossicologica
Identificare e classificare le aziende lombarde che impiegano e producono cancerogeni, ordinandole per comparto e tipologia di lavorazione, e quantificare l'esposizione professionale.
- Area Tecnico Impiantistica
Individuare e promuovere soluzioni tecnologiche concretamente attuabili in grado di sostituire le sostanze cancerogene dai cicli lavorativi o, quanto meno, di ridurre al minimo le esposizioni professionali conseguenti alla loro presenza.

Nel 2001 si è definita e avviata una **sperimentazione pilota regionale** sulle tre ASL di Varese, Lodi e Como, finalizzata a costruire e validare, in territori dalle caratteristiche produttive diverse, i criteri e gli strumenti per la individuazione, la quantificazione e la riduzione dell'esposizione a rischio.

Una delle fasi di tale sperimentazione, condotta in collaborazione tra l'Università degli Studi di Milano con il Dipartimento di Medicina del Lavoro e la Scuola di Specializzazione, i Dipartimenti di Prevenzione delle ASL e l'INAIL-Con.T.A.R.P. era volta a **inquadrare e quantificare l'esposizione professionale** in specifici comparti produttivi e ad individuare idonei percorsi per la riduzione/eliminazione dell'esposizione. Il progetto ha comportato l'impegno ad approfondire la problematica in comparti produttivi diversi: materie plastiche a Varese, galvaniche a Como, lavorazioni di produzione e messa in posa di conglomerati bituminosi a Lodi e successivamente, a seguito della saldatura con il Progetto Operativo Protezione Asfaltatori (POPA) promosso dall'Associazione per la Sicurezza dei Lavoratori dell'Edilizia (ASLE-RLST), anche a Milano Città.

Tra gli Interventi operativi per la promozione della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro in Lombardia per **il triennio 2004-2006**, in piena continuità e coerenza con quanto finora realizzato, è prevista la generalizzazione e la validazione delle conclusioni fin qui raggiunte e la successiva diffusione operativa su tutto il territorio regionale, nel quadro di una piena e corretta applicazione del Titolo VII del D.Lgs. 626/94 innovato dai D.Lgs. 66/2000 e 25/2002, così come illustrata dalle Linee Guida del Coordinamento Tecnico per la Sicurezza nei Luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome.

Tra gli indicatori di risultato previsti per la realizzazione del sottoprogetto **“Tumori professionali”** per il periodo 2004-2006 sono previsti appunto il recepimento e la diffusione su tutto il territorio dei risultati della sperimentazione del triennio precedente su alcuni comparti (asfalti, galvaniche, lavorazioni plastiche).

Conclusione della sperimentazione pilota per definizione di criteri e strumenti per quantificazione e riduzione del rischio cancerogeno nei comparti galvaniche (CO), produzione e utilizzo bitumi (LO) e plastiche (VA)	Report conclusivo	Entro 1 anno
Estensione a tutta la Regione dei risultati della sperimentazione	Produzione di linee guida regionali	Entro 1 anno
	Attività di indirizzo verso tutte le imprese e verifica in campione significativo	Entro 2° anno: verifica 50% del campione Entro 3° anno: verifica restante 50%

LA COSTRUZIONE E I CONTENUTI DELLE LINEE GUIDA

Da un esame della letteratura nazionale ed internazionale non è rintracciabile una trattazione complessiva ed organica delle varie problematiche che si possono presentare nelle opere di asfaltatura, che vengono affrontate ed analizzate non sempre in maniera sufficientemente completa.

In particolare l'attenzione del mondo scientifico si rivolge da tempo, senza ancora essere giunta a fornire indicazioni precise, verso la possibile esposizione, per via aerea e per via cutanea, agli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) presenti sia nelle materie prime (asfalto, emulsione bituminosa), sia nei fumi di scarico dei mezzi d'opera.

Un recente studio epidemiologico di mortalità, condotto dalla IARC (Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro), in collaborazione con diversi istituti di ricerca, aziende petrolifere, applicatori e varie associazioni di categoria, con l'appoggio della commissione europea e di vari stati membri, ha indagato le cause di decesso di oltre 80.000 lavoratori impiegati tra il 1913 e il 1999 in imprese addette alla preparazione ed alla stesa del conglomerato bituminoso. Lo studio ha interessato sette paesi europei (Danimarca, Finlandia, Francia, Germania, Olanda, Norvegia e Svezia) ed il suo scopo principale era di definire l'esistenza o meno di un nesso di causalità fra l'esposizione ai fumi di bitume nel corso dell'attività lavorativa e le cause di morte.

Lo studio evidenzia un lieve eccesso di tumore polmonare rispetto all'atteso; occorre d'altra parte evidenziare che, per ragioni di fattibilità, non sono stati presi in considerazione importanti fattori confondenti, uno fra tutti il fumo di tabacco, noto cancerogeno polmonare. Inoltre, in molti dei Paesi presi in considerazione si è fatto in passato uso del catrame di carbon fossile insieme al bitume (non è il caso dell'Italia).

Da parte dell'Unione Europea al bitume non è stata assegnata alcuna classificazione di pericolosità o di cancerogenicità, né alcun obbligo di etichettatura, al contrario del catrame, classificato invece cancerogeno. IARC e ACGIH inseriscono il bitume rispettivamente nel "gruppo 3 – non può essere classificato in merito alla cancerogenicità per l'uomo" e nel "gruppo A4 – non classificabile come cancerogeno per l'uomo".

A detta della stessa IARC, quindi, **le conclusioni di tale studio non godono di un sufficiente grado di attendibilità e non definiscono con sufficiente chiarezza connessioni tra i casi di tumore e l'esposizione ai fumi di bitume.**

A fronte della constatazione che negli anni le condizioni di lavoro sono costantemente migliorate, gli stessi autori ritengono opportuno continuare ad indagare, soprattutto concentrandosi sulla valutazione dei livelli espositivi.

È in questo ambito che è nato e si è sviluppato nel corso degli ultimi due anni lo studio PPTP-POPA allo scopo di valutare gli attuali livelli espositivi a IPA; sono inoltre stati individuati e valutati il complesso dei rischi per la sicurezza e la salute durante il lavoro delle opere di asfaltatura, e sono state elaborate indicazioni concrete per l'impostazione di interventi appropriati ed efficaci nell'ambito del sistema della prevenzione.

La ricerca oggi presentata nasce dalla felice sintesi tra il lavoro di approfondimento dell'esposizione a idrocarburi policiclici aromatici promosso dal Gruppo di Progetto Regionale per la prevenzione dei tumori professionali sul territorio dell'ASL della Provincia di Lodi e il lavoro di inquadramento dei rischi nell'esecuzione di lavori di asfaltatura promosso nella città di Milano con il supporto di ASLE.

Questi obiettivi, coordinati tra loro anche grazie all'impegno della Clinica del Lavoro di Milano con la Scuola di Specializzazione in Medicina del Lavoro, hanno portato a risultati importanti sul piano della conoscenza dei rischi e delle criticità presenti nelle attività studiate.

Le conclusioni acquisite sono un'ottima base per costruire delle linee guida regionali; allo scopo occorre creare una sede di lavoro adeguata, che metta a confronto tutti i soggetti e tutti gli interlocutori per definire contenuti e percorsi realizzativi condivisi.

Le Linee Guida infatti, a partire da quanto acquisito e da una ricognizione delle principali criticità, tenendo conto anche dei dati infortunistici e relativi alle malattie professionali, delle risultanze della sorveglianza sanitaria periodica, dovranno fornire indicazioni operative a tutto il sistema della prevenzione, identificando percorsi e priorità di realizzazione, soggetti, ruoli e doveri.

LE PRINCIPALI CONCLUSIONI DI MERITO

Di grande rilievo sono le conclusioni in merito all'esposizione a IPA, su un campione rappresentativo e di ragguardevoli dimensioni: la totalità delle aziende operanti nella provincia di Lodi e la quasi totalità di quelle di Milano.

I dati, che mostrano un'esposizione che non si discosta dai livelli di fondo riscontrabili in aree metropolitane, portano con sé una prima conseguenza: l'assenza di un significativo rischio per la salute legato all'esposizione a cancerogeni, almeno nelle situazioni studiate e con le materie prime e tecnologie applicate.

L'indagine sviluppata ha consentito di formulare considerazioni e spesso anche conclusioni e indicazioni operative relativamente agli altri rischi per la sicurezza e per la salute (infortuni, rumore, vibrazioni, movimentazione carichi, raggi U.V., agenti biologici, organizzazione del lavoro, ecc.).

Un rischio infortunistico importante in questo settore, che è utile ricordare perché troppo spesso sottovalutato o addirittura non valutato nell'ambito degli interventi di prevenzione è quello degli infortuni da traffico, opportunamente preso in considerazione e sul quale è possibile e necessario avviare interventi anche in applicazione del D.Lgs. 626/94.

Importante anche aver potuto definire la dotazione standard di DPI necessaria per le lavorazioni prese in esame.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'esperienza sviluppata a proposito di produzione e messa in posa di conglomerati bituminosi può essere considerata un buon modello di come affrontare problemi scientifici aperti coinvolgendo a partire dalla sanità pubblica il mondo della ricerca e tutto il sistema della prevenzione, per trovare le giuste risposte e soluzioni.

La formula adottata si dovrà ripetere, ed è previsto che si ripeta, su altri comparti man mano individuati dalla attività di censimento delle imprese e delle fasi operative che utilizzano sostanze o preparati cancerogeni; in questo modo a fine triennio si disporrà di strumenti adeguati per la tutela dal rischio di esposizione a cancerogeni nella maggior parte delle realtà produttive.

La Regione Lombardia ha attivato in questi giorni un'altra iniziativa importante per il controllo del rischio cancerogeno: è stato istituito ufficialmente un gruppo di lavoro regionale per predisporre un piano di attività e di formazione relativamente al rischio chimico e in particolare alla verifica della correttezza e completezza delle schede di sicurezza, presupposto irrinunciabile per la valutazione e gestione del rischio.

Rischio da agenti chimici e fisici cancerogeni nelle opere di asfaltatura

Sartorelli Pietro, Montomoli Loretta

Sezione di Medicina del Lavoro e Tossicologia Occupazionale, Dipartimento di Medicina Clinica e Scienze Immunologiche, Università degli Studi di Siena

Le opere di asfaltatura hanno peculiarità che le rendono simili in tutto il mondo, quali la tecnologia utilizzata ed il lavoro all'aperto. Differenze anche rilevanti esistono invece nell'ambito delle materie prime utilizzate soprattutto per quanto riguarda le concentrazioni di idrocarburi policiclici aromatici (IPA). E' comunemente considerato che l'esposizione ad IPA degli asfaltatori sia modesta per la scarsa quantità di tali sostanze presenti nel bitume. I dati riportati in letteratura sono contrastanti e ciò potrebbe essere in parte attribuibile alla diversa composizione dei bitumi utilizzati per l'asfaltatura. Nei paesi del nord Europa infatti le caratteristiche degli asfalti devono essere adeguate ai climi più rigidi e ciò ne può condizionare la composizione.

Vari studi hanno dimostrato che la principale via di assorbimento degli IPA in diverse situazioni lavorative (produzione di alluminio, cokerie) è costituita dalla cute. Malgrado ciò la valutazione della contaminazione cutanea nei lavoratori esposti ad IPA viene effettuata ancora raramente.

In una recente indagine condotta dalla Sezione di Medicina del Lavoro e Tossicologia Occupazionale dell'Università di Siena (Montomoli e coll. 2002) è stato valutato l'uptake degli IPA per via respiratoria e cutanea in una popolazione di asfaltatori. La popolazione studiata era costituita da 7 addetti ad operazioni di asfaltatura stradale. Gli addetti alle operazioni di asfaltatura sono stati monitorati in due diverse condizioni lavorative: una lavorazione caratteristica all'aperto e l'altra anomala rappresentata dall'asfaltatura di un posteggio coperto.

Tutti gli addetti sono stati monitorati, relativamente alla via inalatoria, con campionamenti di tipo personale, mentre la valutazione della contaminazione cutanea è stata effettuata utilizzando pads in polipropilene ed eseguendo il lavaggio mani alla fine del turno di lavoro. Inoltre tutti i soggetti sono stati sottoposti a monitoraggio biologico mediante determinazione dell'1-idrossipirene urinario, metabolita del pirene.

Sono così stati evidenziati livelli espositivi per via respiratoria bassi durante le operazioni di asfaltatura all'aperto e leggermente più elevati nella asfaltatura al coperto. Tali livelli erano comunque inferiori a quelli relativi a situazioni espositive che si verificano nei settori più a rischio quali le cokerie. L'esposizione per via cutanea appariva relativamente più elevata. I livelli di 1-idrossipirene urinario in entrambe le situazioni espositive sono risultati tutti ampiamente al di sotto dei valori di riferimento proposti da Jongeneelen e coll. (2001). In particolare la media delle concentrazioni dell'1-idrossipirene negli asfaltatori era pari a 0,52 (\pm D.S. 0,29) per i fumatori e 0,44 (\pm D.S. 0,22) per i non fumatori.

Se il rischio chimico può essere considerato relativamente contenuto (anche se la presenza di cancerogeni obbliga comunque alla sorveglianza sanitaria ed al monitoraggio biologico degli esposti) non altrettanto si può considerare, almeno in via presuntiva, quello da agenti fisici cancerogeni. Gli asfaltatori infatti, alla pari degli altri lavoratori outdoor, sono esposti alla radiazione solare per la quale è stato da tempo riconosciuto un ruolo nell'insorgenza dei tumori cutanei non melanoma (non-melanoma skin cancers - NMSC).

I NMSC sono una patologia assai più comune del melanoma, prevalentemente costituita dall'epitelioma basocellulare (basal-cell carcinoma - BCC) e spinocellulare (squamous cell carcinoma - SCC). In quest'ambito, pur non essendo forme tumorali invasive, per il loro rapporto con i cancri cutanei veri e propri devono essere considerate le cheratosi solari, comunemente considerate lesioni precancerose (in particolare precursori di SCC). I NMSC

nel loro complesso rappresenterebbero più di un terzo delle neoplasie maligne osservate. Malgrado il loro numero sia preponderante i NMSC non sono raccolti nella maggior parte dei registri dei tumori dato che, essendo spesso trattati in regime ambulatoriale (soprattutto i BCC), i costi di registrazione e follow-up risulterebbero proibitivi. Un'ulteriore difficoltà negli studi dell'epidemiologia dei NMSC è costituita dalla scarsa utilità dei dati di mortalità. Quest'ultima infatti risulta essere bassa e dipendente più dalla tempestività delle cure mediche che dall'effettiva incidenza di questi tumori.

La maggior parte dei NMSC nella popolazione bianca vengono da tempo attribuiti all'esposizione alle radiazioni ultraviolette (UV). La IARC ha classificato la radiazione solare nel Gruppo 1 (IARC 1992). E' noto come il rischio di NMSC sia più elevato per i lavoratori che operano all'aria aperta rispetto a quelli che lavorano al chiuso. In una statistica italiana riguardante l'incidenza di epitelomi cutanei in una popolazione abruzzese ben il 43,2% dei soggetti colpiti erano contadini (Pierfelice e coll. 1988).

Il problema legato all'insorgenza di neoplasie cutanee nei lavoratori professionalmente esposti a UV attualmente suscita interesse non solo in campo scientifico. Recentemente l'ISPESL (Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro) ha pubblicato linee guida per la fotoprotezione dei lavoratori all'aperto in collaborazione con esperti nazionali.

In questo ambito un'interessante prospettiva è costituita dalla possibilità di valutare il rischio da UV mediante dosimetri personali di vario tipo (a film di polisulfone, elettronici). Tale valutazione appare di particolare importanza per gli asfaltatori che, oltre a lavorare in pratica costantemente all'aperto, risultano esposti a sostanze notoriamente fototossiche quali gli IPA stessi. Il problema sembra poter avere importanti ricadute in ambito preventivo soprattutto per quanto riguarda la scelta di DPI in grado di proteggere la cute sia dai cancerogeni chimici sia dagli UV.

BIBLIOGRAFIA

L. Montomoli, Sisinni A.G., Cioni F., Taccioli A., Sartorelli P.: Esposizione respiratoria e cutanea a idrocarburi policiclici aromatici in una popolazione di asfaltatori. Atti del 20° Congresso Nazionale A.I.D.I.I., Viterbo 19-21 Giugno 2002, p. 219-223

Pierfelice D., Di Giacomo C., Gigliotti P.: Indagine clinico-statistica in tema di epitelomi cutanei. Chron Derm, 4: 427-43, 1988

Opere di asfaltatura: i rischi per la salute e misure di prevenzione

Enzandrea Prandi¹, Susanna Cantoni¹, Piero Emanuele Cirila², Irene Martinotti²

Dipartimento di Prevenzione Servizio PSAL – ASL della Città di Milano

Scuola di Specializzazione in Medicina del Lavoro – Università degli Studi di Milano

PREMESSA

Alla base dell'impostazione di interventi appropriati ed efficaci, nell'ambito del sistema della prevenzione, vi è una corretta e completa conoscenza dei rischi per la salute corredata da una loro attenta valutazione. In particolare i risultati di tale processo di individuazione dei rischi nelle opere di asfaltatura, effettuato previa considerazione delle varie fonti di pericolo possibilmente presenti nelle diverse fasi lavorative, indicano tutta una serie di problematiche da tenere ben in considerazione al fine di tutelare la salute dei lavoratori. Va peraltro evidenziato che, nelle fasi del ciclo tecnologico (produzione, asfaltatura strade, asfaltatura marciapiedi), accanto a rischi comuni all'intero settore, sono riscontrabili anche rischi specifici della singola lavorazione. Inoltre in uno scenario di cantiere devono essere identificati i pericoli e valutati i rischi ad essi connessi, che possono essere generati dal contesto ambientale confinante con la zona dove si svolgono le lavorazioni specifiche di asfaltatura.

I RISCHI PER LA SALUTE, LE MISURE DI PREVENZIONE E GLI OBBLIGHI DI SORVEGLIANZA SANITARIA

Passando all'analisi dei fattori di rischio per la salute nelle opere di asfaltatura si può generalmente affermare che essi sono riferiti alla esposizione ad agenti chimici, fisici e biologici nonché alla movimentazione di gravi ed al mantenimento di posture incongrue oltre che, in minor misura, all'utilizzo di videoterminali (nelle aree di produzione in corrispondenza delle cabine di controllo) o a problematiche correlate alla organizzazione del lavoro.

Fra gli agenti chimici vanno citati oltre alle polveri e fumi di combustione, gli IPA, il bitume (e le sue emulsioni) che saranno oggetto di specifici interventi, gli olii lubrificanti (utilizzati negli interventi di manutenzione ordinaria degli automezzi) ed il gasolio. In particolare questo agente chimico pericoloso viene utilizzato in svariate operazioni di pulizia, tramite aspersione, della finitrice, delle carriole, badili, spatole incrostate di conglomerato. L'esposizione appare molto limitata sia per l'esecuzione di tali attività in campo aperto, sia per la saltuarietà di tali operazioni; sono tuttavia sempre indicate norme di igiene generali e l'utilizzo di idonei indumenti e mezzi protettivi (guanti).

Fra gli agenti di rischio fisico vanno ricordati il rumore, le vibrazioni trasmesse al corpo intero ed al sistema mano-braccio, le condizioni climatiche sfavorevoli e le radiazioni solari.

Relativamente al rischio rappresentato dall'esposizione al rumore i dati ricavati dall'analisi dei rapporti di valutazione del rumore di aziende del settore, dalla consultazione di banche dati e dalla disamina della letteratura hanno evidenziato una esposizione quotidiana dei lavoratori (Lep,d) compresa, nella maggior parte dei casi,

tra 80 e 90 dBA. La prevenzione, tesa a ridurre il rischio al più basso livello tecnicamente possibile, comprende interventi in fase preventiva (indicazioni nell'ambito del Piano di sicurezza e di coordinamento circa la migliore disposizione spaziale e temporale del cantiere, acquisto di macchinari meno rumorosi, ecc.), oltre che l'adozione di tutte le misure tecniche organizzative e procedurali nel corso delle attività edili (separazione delle lavorazioni rumorose, manutenzione dei macchinari, utilizzo di cabine insonorizzanti, ecc.). Al fine di minimizzare il rischio residuo non ulteriormente riducibile, risulta utile l'adozione di dispositivi di prevenzione personale dell'udito. La sorveglianza sanitaria deve essere svolta secondo le indicazioni di legge.

L'esposizione a vibrazioni che coinvolgono il corpo intero risulta significativa negli addetti alle pale meccaniche, anche se può risultare non trascurabile anche negli addetti alla fresatrice, alla vibrofinitrice, al rullo ed alla conduzione dei camion. Importanti misure preventive consistono nella scelta di veicoli a bassa trasmissione di vibrazioni oltre che in una accurata manutenzione degli stessi. Meno significativa risulta l'esposizione a vibrazioni trasmesse al sistema mano braccio che nella nostra esperienza risultano correlate all'utilizzo del solo compattatore utilizzato su piccoli tratti di asfalto al posto del rullo e per periodi molto ridotti nell'arco della giornata. Al fine di ridurre il rischio al più basso livello possibile risulta comunque appropriata l'adozione di strumenti di lavoro di moderna concezione ed a bassa emissione di vibrazione, la manutenzione ed eventualmente la progressiva sostituzione di tali lavorazioni.

L'esposizione a condizioni climatiche sfavorevoli riguarda principalmente il problema della esposizione a temperature eccessive in presenza di alti valori di umidità percentuale dell'aria tipica del periodo estivo. La nostra esperienza ha evidenziato condizioni di elevato stress termico in tali lavoratori e soprattutto negli addetti alla messa in opera dell'asfalto. Le misure di prevenzione riguardano pertanto la messa a disposizione di ambienti ombreggiati e possibilmente condizionati durante le pause che dovrebbero essere concentrate negli orari di maggiore calura nell'arco della giornata (12-14); utile la messa a disposizione di integratori salini per compensare le perdite legate alla sudorazione; gli indumenti, infine, devono risultare leggeri e non aderenti, ma sempre indossati al fine di proteggere i lavoratori dalle radiazioni solari ultraviolette.

In relazione alla esposizione ad agenti biologici nelle operazioni di asfaltatura, riveste importanza, per gli effetti sulla salute il possibile contatto con *Clostridium Tetani* le cui spore sono ubiquitariamente diffuse. Dal punto di vista preventivo, la legislazione italiana (Legge 292/1963) prevede, come vaccinazione obbligatoria anche per gli addetti all'asfaltatura, quella antitetanica. L'articolo 86, comma 2 del D.Lgs. 626/94 sottolinea ulteriormente la messa a disposizione di vaccini efficaci, in relazione alla evidenza di un rischio biologico nell'ambito della valutazione del rischio, da somministrare a cura del medico competente.

Nelle opere di asfaltatura esistono diverse lavorazioni che comportano una movimentazione manuale di carichi pesanti oltre che il mantenimento di posture fisse e coatte. Al riguardo la prevenzione deve riguardare (durante la progettazione dell'opera ed all'inizio dei lavori a cura del capo cantiere) principalmente la fase di predisposizione del cantiere in cui si deve orientare ogni sforzo al fine di assegnarvi un layout adeguato a minimizzare le movimentazioni manuali. In ogni caso poi deve essere privilegiato il più possibile l'uso di mezzi di trasporto o di attrezzature che

evitino la movimentazione o le azioni di tira e spingi. Di non secondaria importanza risultano infine le misure organizzative, la formazione e l'informazione e la sorveglianza sanitaria.

La sorveglianza sanitaria rappresenta certamente una importante misura di prevenzione rispetto ai rischi per la salute dipendenti dalle attività di asfaltatura. Il D.Lgs. 626/94 pone la valutazione del rischio come presupposto di tutte le azioni preventive e quindi anche della sorveglianza sanitaria. Questa impostazione è stata ribadita anche dalla recente introduzione del D.Lgs. 25/02 che ha posto la valutazione del rischio chimico come perno per la definizione delle misure rivolte alla tutela della salute e della sicurezza dei lavoratori. La norma ha infatti indotto modifiche tali da superare quasi completamente l'imposizione "normativa" della sorveglianza sanitaria in riferimento alle voci del sistema tabellare del DPR 303/56. Tuttavia non si può ignorare che l'articolo 16 del D.Lgs. 626/94 ribadisce che la sorveglianza sanitaria debba comunque essere effettuata "nei casi previsti dalla normativa vigente". Pertanto, per il complesso dei fattori di rischio per la salute cui sono esposti gli addetti alle attività di produzione e stesa dell'asfalto, si può formulare un'indicazione di carattere generale in merito all'obbligo di sorveglianza sanitaria in tali addetti in accordo anche con quanto sostenuto nell'ambito delle "Linee guida per la sorveglianza sanitaria in edilizia" della Regione Lombardia.

L'ORGANIZZAZIONE DEL SERVIZIO DI PRIMO SOCCORSO

Uno degli obblighi espressamente previsti dalla normativa italiana a carico del Datore di Lavoro dell'impresa (ovvero del coordinamento costituito dal committente e dai datori di lavoro delle imprese coinvolte nell'attività di un cantiere) risulta quello di predisporre le misure di emergenza da attuare in caso di necessità di intervento di primo soccorso.

I provvedimenti da intraprendere, specifici caso per caso, devono essere previsti nell'ambito di uno studio preliminare per la gestione del primo soccorso: tale studio si inserisce nel più ampio capitolo che riguarda la stesura del Piano di gestione delle emergenze (ad es. il sistema antincendio o il sistema di evacuazione rapida del luogo di lavoro) all'interno del quale, pertanto, uno spazio importante deve essere dedicato alla pianificazione ed alla gestione delle emergenze sanitarie.

A questo riguardo va sottolineato che l'organizzazione preliminare di un adeguato servizio di pronto soccorso d'impresa o di cantiere rappresenta l'aspetto probabilmente più importante per garantire all'atto dell'infortunio un intervento efficace: infatti, le maggiori perdite di tempo prezioso sono da addebitare alla disorganizzazione ed alla mancanza di un piano d'azione, che preveda chiaramente il "chi", il "cosa" ed il "come" in ordine all'attuazione dell'intervento di emergenza.

Sulla base di queste considerazioni si ritiene pertanto opportuno fare il punto sinteticamente sulle problematiche che si devono affrontare e sulle azioni che si devono intraprendere per garantire un'adeguata organizzazione del servizio finalizzata principalmente ad attuare una corretta gestione del problema.

Nella tabella seguente si definiscono pertanto le azioni fondamentali che devono essere prese in considerazione per organizzare il servizio di primo soccorso in un cantiere di asfaltatura stradale, che rappresenta un'applicazione specifica di un metodo generale.

AZIONI ORGANIZZATIVE

FINALIZZATE ALLA PREDISPOSIZIONE DEL SERVIZIO DI PRIMO SOCCORSO IN UN CANTIERE EDILE

1. CARATTERIZZARE IL SERVIZIO DI PRONTO SOCCORSO AZIENDALE SULLA BASE DELLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO MIRATA ALLE PRINCIPALI CRITICITÀ DI EMERGENZA
 2. DEFINIRE IL GRUPPO DI APPARTENENZA DELL'AZIENDA AI SENSI DEL D.M. 388/03
 3. DESIGNARE IL COORDINATORE E GLI ADDETTI AL PRIMO SOCCORSO
 4. DEFINIRE I COMPITI DI OGNI LAVORATORE ED IN PARTICOLARE LE PROCEDURE DI COINVOLGIMENTO DEGLI ADDETTI AL PRIMO SOCCORSO
 5. DEFINIRE I COMPITI DEGLI ADDETTI AL SOCCORSO
 6. DEFINIRE LE PROCEDURE DI ATTIVAZIONE DEL SOCCORSO ESTERNO
 7. INDIVIDUARE I PRESIDI MINIMI RICHIESTI PER IL PRIMO SOCCORSO AZIENDALE E LA LORO UBICAZIONE
 8. IDENTIFICARE PERCORSI ED AREE DI SOSTA PER I MEZZI DI SOCCORSO PUBBLICI
 9. INDIVIDUARE LA DOCUMENTAZIONE NECESSARIA PER LA GESTIONE DEGLI INTERVENTI DI PRONTO SOCCORSO DA ALLEGARE AL PIANO PER LA GESTIONE DELLE EMERGENZE
 10. PREVEDERE UNA CARTELLONISTICA ADEGUATA ED ORGANIZZARNE L'AFFISSIONE
 11. INFORMARE TUTTI I DIPENDENTI
 12. FORMARE ED ADDESTRARE GLI ADDETTI AL PRIMO SOCCORSO E CURARNE L'AGGIORNAMENTO
-

Tale elenco di azioni può rappresentare un adeguato punto di partenza da cui partire per la successiva stesura della parte del Piano di gestione dell'emergenza che deve essere dedicata al pronto soccorso.

BIBLIOGRAFIA

American Conference of Governmental Industrial Hygienists – Industrial ventilation, a manual of recommended practices – ACGIH ed. – Cincinnati, 1998

Anzelmo V., Bianco P., Parente A., Raffaele G., Staiti D., Cristiano A. – Casi di Tetano denunciati negli ambienti di lavoro. Dati INAIL 1996-1999 – Folia Medica – 2000; 71(2SI):159-163

Beeck R., Hermans V. - Work-related Low Back Disorders - European Agency for Safety and Health at Work ed. – Lussemburgo, 2000

Buckle P., Devereux J.- Work-related neck and upper limb musculoskeletal disorders - European Agency for Safety and Health at Work ed. - Lussemburgo, 1999

Cirla A.M., Catenacci G. - Atti del convegno "Organizzazione dell'emergenza sanitaria e del primo soccorso nei luoghi di lavoro" - Cremona, 1996

Colombini D., Occhipinti E., Cairoli S., Battevi N., Menoni O., Ricci M.G., Sferra C., Balletta A., Berlingo E., Draicchio F., Palmi S., Papale A., Di Loreto G., Barbieri P.G., Martinelli M., Venturi E., Molteni G., De Vito G., Grieco A.; E.P.M. Research Unit – Musculoskeletal conditions of the upper and lower limbs as an occupational disease: what kind and under what conditions. Consensus document of a national working-group: ISPESL – La Medicina del Lavoro – 2003; 94(3):312-329

Coordinamento Tecnico per la Sicurezza nei Luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome – Titolo V D.Lgs n°626/94 "Movimentazione manuale dei carichi" - Linee Guida

Coordinamento Tecnico per la Sicurezza nei Luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome – Titolo VII D.Lgs n°626/94 "Protezione da agenti cancerogeni mutageni" - Linee Guida

Coordinamento Tecnico per la Sicurezza nei Luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome – Titolo VII-bis D.Lgs n°626/94 “Protezione da agenti chimici” - Linee Guida

Coordinamento Tecnico per la Sicurezza nei Luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome – Titolo VIII D.Lgs n°626/94 “Protezione da agenti biologici” - Linee Guida

IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenetic Risks to Human - Solar and ultraviolet radiations – IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans – 1992; 55:1-316

Linee Guida Regionali per la Sorveglianza Sanitaria in edilizia - BURL Anno XXXII n° 305, 3° supplemento straordinario al n° 51. 20.12.2002

National Institute for Occupational Safety and Health – NIOSH guide to industrial respiratory protection – Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention ed. – Cincinnati, 1987 – DHHS (NIOSH) Publication No 87-116

Occhipinti E., Colombini D., Cantoni S., Menoni O., Grillo S., Molteni G., Grieco A. – Alterazioni del rachide nei conducenti di automezzi pesanti – Medicina del Lavoro – 1986; 77: 280-292

Occhipinti E., Colombini D., Molteni G. – The experience of the EPM (Ergonomics of Posture and Movement) Research Unit in risk analysis and the prevention of work-related musculo-skeletal diseases (WMSDs) - La Medicina del lavoro – 2003; 94(1):83-91

Oleari F., Patacchia L. - Il decreto sul pronto soccorso in azienda; Art. 15 del D.lgs. 626/94 e successive modificazioni - Fogli d' informazione ISPESL - 2000; 4:61-68

Petrini N. – L'impiego delle fibre nella fotoprotezione – Atti del Forum Internazionale Tessile e Salute – Biella 17-19 gennaio 2001: 100-102

Pope M.H., Magnusson M.P.T., Wilder D.G. – Low back pain and whole body vibration – Clinical Orthopaedics & Related Research – 1998; 354:241-248

Prandi E. - Il Primo Soccorso nelle Aziende e nei cantieri edili secondo il D.M. 388/2003 - I Libri di Ambiente & Sicurezza - Milano, 2004

Regione Veneto - Guida per gli addetti al primo soccorso in azienda - Vincenzi audiovisivi - Verona, 1996

Rosso S., Zanetti R., Martinez C., Tormo M.J., Schraub S., Sancho-Garnier H., Franceschi S., Gafa L., Perea E., Navarro C., Laurent R., Schrameck C., Talamini R., Tumino R., Wechsler J. – The multicentre south European study “Helios” II: different sun exposure patterns in aetiology of basal cell and squamous cell carcinomas of the skin – British Journal of Cancer – 1996; 73:1447-1454

Spiridigliozzi S., Abetti P., Coclite D., Napoletano A.M., Bossi A. - Primo soccorso: cosa fare? Linee guida per lavoratori addetti - Notiziario CNEC n. 6 – Roma, 1999

Viikari-Juntura E., Takala E.P., Riihimaki H., Malmivaara A., Martikainen R., Jappinen P. – Standardized physical examination protocol for low back pain disorders: feasibility of use and validity of symptoms and signs – Journal of clinical epidemiology – 1998; 51: 245-255

Vonesch N., Tomao P., Signorini S., Palmi S., Papaleo B. – La profilassi vaccinale: contributo per il controllo del rischio biologico nei lavoratori esposti – I.S.P.E.S.L. – Dipartimento di Medicina del Lavoro

Wilkstrom B., Kjellberg A., Landstrom U. – Health effects of long-term occupational exposure to whole body vibration: a review – International Journal of Industrial Ergonomics – 1994; 14:273-292