



UTILIZZO DI BITUMI ADDITIVATI CON POLVERINO RECUPERATO DA PFU

VALUTAZIONE DEL RISCHIO E MISURE PER LA PREVENZIONE IN
AMBIENTI DI LAVORO PER OPERATORI DI PAVIMENTAZIONI
STRADALI

Carlo Lupi – Ottobre 2013

INDICE

Indice delle Tabelle	3
Normativa di riferimento.....	4
Relazione sulla valutazione del rischio.	4
Classificazione del Polverino in relazione alla sua pericolosità in ambienti di lavoro.	4
Criteri di valutazione del rischio	5
Relazioni dose-Risposta e concentrazioni basate sul rischio	5
Concentrazioni di IPA nel polverino e nei bitumi.....	6
Concentrazioni di particolato sospeso.....	7
Concentrazioni di IPA nell’atmosfera nel corso di lavorazioni con bitumi modificati	9
Scenari di esposizione in ambienti di Lavoro.....	11
Quantificazione del rischio incrementale	11
Misure di prevenzione e di protezione e indicazioni di processo.....	14
Identificazione del preparato	14
Uso della sostanza/del preparato.....	14
Identificazione dei pericoli.....	14
Composizione/Informazioni Sugli Ingredienti	14
indicazione delle misure di prevenzione e di protezione DA ATTUARE.....	15
Indicazioni sulle condizioni operative.....	15
Indicazione delle misure di protezione individuale	15
Bibliografia	16

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 Classificazione in base al regolamento UE 1272/08 di sostanze contenute nel polverino da PFU	4
Tabella 2: Concentrazioni basate sul rischio e potenze cancerogene per gli IPA	6
Tabella 3: Concentrazioni di IPA in differenti campioni di granulato da PFU (Edoardo Menichini, 2011) e (Asphalt Institute and Eurobitume, 2011)	7
Tabella 4 : Concentrazione di polveri in prossimità di impianti per la pavimentazione stradale, $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health), 2001)	8
Tabella 5 Concentrazioni medie e limiti fiduciali al 95% per i diversi scenari di esposizione di lavoratori addetti alla pavimentazione stradale calcolati in base ai dati di (xxxx)	10
Tabella 6. Analisi del rischio inalatorio per lavoratori esposti a fumi derivanti da bitumi modificati con polverino	13

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il presente documento è redatto in conformità all'art. 28 del D.Lgs 09 aprile 2008 e s.m.i. e riguarda specificamente la valutazione dei rischi e le conseguenti misure di prevenzione da adottare nell'utilizzo di polverino recuperato da PFU in pavimentazioni stradali.

In conformità con i criteri previsti dalla normativa, il presente documento include:

- una relazione sulla valutazione del rischio
- l'indicazione delle misure di prevenzione e di protezione attuate e dei dispositivi di protezione individuali adottati specificamente per l'utilizzo di polverino in pavimentazioni stradali.

RELAZIONE SULLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO.

CLASSIFICAZIONE DEL POLVERINO IN RELAZIONE ALLA SUA PERICOLOSITÀ IN AMBIENTI DI LAVORO.

Con riferimento alla normativa sulla sicurezza in ambienti di lavoro, ed in base alle concentrazioni delle principali sostanze indesiderate (IPA, ossidi di zinco), il polverino recuperato dalla granulazione del battistrada di pneumatici fuori uso è da considerare alla stregua di un preparato non pericoloso. Per quanto riguarda gli IPA, le concentrazioni totali di tali sostanze (classificati come cancerogeni di categoria 1b in base al regolamento UE 1272/2008) sono infatti generalmente dell'ordine di alcune decine di ppm (Edoardo Menichini, 2011), a fronte di un limite previsto dal citato regolamento per caratterizzare il preparato come pericoloso pari al 0.1% (1000 ppm); per quanto riguarda gli ossidi di zinco, è da notare che questa categoria di sostanze è caratterizzata come pericolosa esclusivamente per le sue proprietà eco-tossicologiche (pericolose soltanto per l'ambiente) e quindi non è da considerarsi nel campo di applicazione del Titolo IX, Capo I del D. Lgs .n.81/2008 e s.m.i.

Tabella 1 Classificazione in base al regolamento UE 1272/08 di sostanze contenute nel polverino da PFU

Numero della sostanza	Nome	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Codici di indicazione di pericolo	Concentrazione nel polverino
030-013-00-7	Zinc Oxide	215-222-5	1314-13-2	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	2.5%
601-032-00-3	benzo[a]pyrene; benzo[def]chrysene	200-028-5	50-32-8	Carc. 1B Muta. 1B Repr. 1B Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350 H340 H360- FD H317 H400 H410	<40ppm (0.004%)

CRITERI DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Per le sostanze cancerogene come gli IPA non esiste una soglia di concentrazione al di sotto del quale il rischio può essere considerato nullo. Pertanto è opportuno effettuare una valutazione del rischio per verificare se, in base alle concentrazioni attese ed alle modalità di esposizione, il rischio incrementale possa essere valutato come “trascurabile” od “accettabile”. In linea generale, occorre ricordare che un rischio incrementale di un caso su un milione (1×10^{-6}) è considerato, dagli organismi internazionali come accettabile per la popolazione generale, mentre in ambienti di lavoro viene considerato accettabile un rischio incrementale di un caso su centomila (1×10^{-5}), e da alcuni enti, (US EPA) fino ad un caso su diecimila (1×10^{-4}). Nel presente caso riteniamo opportuno indicare misure di protezione individuale o indicazioni sulle condizioni operative nel caso in cui il rischio incrementale calcolato risulti superiore a 1×10^{-6}

Per effettuare una valutazione del rischio incrementale associato all'utilizzo di polverino di gomma si è quindi proceduto nel modo seguente:

- 1) si sono stimate le concentrazioni di IPA nel polverino da PFU e nei bitumi convenzionali, nonché nell'aria respirata dagli addetti alla pavimentazione stradale, sulla base delle analisi disponibili e della letteratura scientifica più aggiornata;
- 2) si è ipotizzato uno scenario di esposizione in ambienti di lavoro;
- 3) si sono stimati i valori di esposizione in base allo scenario di cui al punto 2;
- 4) sulla base delle relazioni dose-risposta disponibili relative agli IPA e di valori di esposizione calcolati, si è effettuata una valutazione del rischio cancerogeno incrementale.

RELAZIONI DOSE-RISPOSTA E CONCENTRAZIONI BASATE SUL RISCHIO

In **Errore. L'autoriferimento non è valido per un segnalibro.** sono riportate le concentrazioni basate sul rischio per gli IPA (United States Environmental Protection Agency, 2012), insieme alle potenze cancerogene per inalazione orale (Slope factors) ed alle unità di rischio inalatorio. Tali parametri, utilizzati nell'analisi di rischio per i diversi scenari di esposizione, hanno il seguente significato:

1. Carcinogenic Target Risk: rappresenta la concentrazione ambientale, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, corrispondente ad un incremento della probabilità di tumore pari ad un caso su un milione, in seguito ad esposizione a lungo termine
2. Slope Factor, Orale (potenza cancerogena): è un parametro utilizzato per valutare la probabilità incrementale di tumore in seguito ad esposizione orale ad una dose unitaria della sostanza per l'intera durata della vita. In questo caso, è espressa in mg/kg per giorno. Nella tabella sono riportati sia gli slope factor riportati da USEPA nelle Risk Based Concentration Tables (United States Environmental Protection Agency, 2012) che quelli, più conservativi, sviluppati dalla California Environmental Protection Agency (California Environmental Protection Agency, 2009)
3. Slope Factor, Inalatorio: è un parametro utilizzato per valutare la probabilità incrementale di tumore in seguito ad esposizione inalatoria ad una dose unitaria della sostanza per l'intera durata della vita. In questo caso, è espressa in mg/kg per giorno.
4. Inhalation Unit Risk (IUR): è un parametro utilizzato per valutare la probabilità incrementale di tumore in seguito ad esposizione inalatoria ad una concentrazione unitaria della sostanza per l'intera durata della vita. In questo caso, è espressa in $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
5. TEF: è il rapporto fra la potenza cancerogena di differenti Idrocarburi Policiclici Aromatici rispetto alla potenza cancerogena del benzo(a)pirene, derivato inizialmente sulla base di una review di dati sperimentali effettuata da USEPA (United States Environmental Protection Agency, USEPA, 1993)

Il rischio cancerogeno incrementale R dovuto ad esposizione inalatoria viene calcolato come segue:

$$R_I = SF_I \frac{(C_p + C_v) \times I_R \times HE \times EF \times ED}{BW \times AT \times 365}$$

Tabella 2: Concentrazioni basate sul rischio e potenze cancerogene per gli IPA

Sostanza	IARC (A)	Carcinogenic Target Risk (United States Environmental Protection Agency, 2012)(TR)=1x10 ⁻⁶ , µg/m ³	Inhalation Unit Risk (United States Environmental Protection Agency, 2012) (µg/m ³) ⁻¹	TEF (United States Environmental Protection Agency, 2012) (United States Environmental Protection Agency, USEPA, 1993)	Slope Factor, Oral (United States Environmental Protection Agency, 2012) (mg/kg-giorno) ⁻¹	Inhalation Slope Factor (California Environmental Protection Agency, 2009) (mg/kg-day) ⁻¹	Slope Factor Oral (California Environmental Protection Agency, 2009) (mg/kg-day) ⁻¹
Pyrene	3	N.A.	N.A.	N.A	N.A	N.A	N.A
Benzo(a)anthracene	2B	8.7E-03	1.10E-04	0.1	7.3E-01	3.90E-01	1.20E+00
Crysene /Triphenylene	2B	8.7E-02	1.10E-05	0.001	7.3E-03	3.90E-02	1.20E-01
Benzo(bjk)fluoranthene	2B	8.7E-03	1.10E-4	0.1	7.3E-01	3.90E-01	1.20E+00
Benzo(a)pyrene	1	8.7E-04	1.10E-03	1	7.3E+00	3.90E+00	1.20E+01
Indeno(123-cd)pyrene	2B	8.7E-03	1.10E-04	0.1	7.3E-01	3.90E-01	1.20E+00
Dibenzo(ac/ah)anthracene	2A	8.0E-04	1.20E-03	1	7.3E+00	4.10E+00	4.10E+00
Benzo(ghi)perylene (A)	3	N.A.	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A

(A) per le sostanze non classificabili come cancerogene (classe 3 IARC) i dati di rischio cancerogeno non sono ovviamente disponibili. Ai fini della valutazione di rischio si assume quindi assenza di rischio cancerogeno per tali sostanze.

(B) Secondo US EPA, I dati esistenti sono insufficienti per determinare una dose di riferimento o un fattore di potenza cancerogena (Slope Factor) per il benzo(ghi)perilene (United States Environmental Protection Agency, USEPA, 1987)

CONCENTRAZIONI DI IPA NEL POLVERINO E NEI BITUMI

In un recente studio dell'Istituto Superiore di Sanità, (Eduardo Menichini, 2011) vengono riportate le seguenti concentrazioni di IPA in granulato derivante dal battistrada di pneumatici usati: in

Tabella 3 tali concentrazioni sono poste a confronto delle concentrazioni di IPA nel bitume, secondo quanto riportato da Asphalt Institute e Eurobitume (Asphalt Institute and Eurobitume, 2011). Le concentrazioni medie di PAH nel polverino da PFU e nel bitume sono in realtà paragonabili, risultando pari a circa 18 mg/kg per il polverino e 14.6 per il bitume. Quindi non è da attendersi un incremento significativo delle concentrazioni di PAH negli asfalti modificati.

Tabella 3: Concentrazioni di IPA in differenti campioni di granulato da PFU (Edoardo Menichini, 2011) e (Asphalt Institute and Eurobitume, 2011)

PAH	Granulato da PFU, rivestito (mg/kg)		Granulato da PFU, non rivestito (mg/kg)				Bitume (mg/kg)
Pyrene	15.1	0.42	2.77	1.86	9.74	4.48	0.2-8.3
Benz[a]anthracene	0.15	0.04	0.21	0.43	0.33	0.36	ND-3.3
Chrysene	0.97	0.99	0.8	2.38	0.65	1.51	<0.1-1.1
Benzo[b]fluoranthene+benzo[k]fluoranthene	0.46	0.05e	0.44	1.78	0.27	0.39	ND-1,2
Benzo[a]pyrene	2.3	0.06	3.04	10.7	1.19	1.38	ND-4.6
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	1.08	0.05	Nc	nc	3.73	Nc	ND-2.4
Dibenz[a,h]anthracene	Nc	0.03	Nc	nc	Nc	Nc	ND-3.3
Benzo[ghi]perylene	8.36	0.25	Nc	nc	29.2	Nc	<0.1-4.6
Σ9 PAHs	28.5	1.9	7.25	17.1	45.1	8.11	0.4-28.8
Σ9 PAHs media	17.99						14.6

CONCENTRAZIONI DI PARTICOLATO SOSPESO

Il primo studio autorevole concernente le emissioni di inquinanti associate all'uso di asfalti modificati con granulato da PFU è quello realizzato da NIOSH nel 2001. (NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health), 2001)

Tale studio include un'analisi comparativa delle emissioni e degli effetti sulla salute a breve termine per l'attività di posa in opera di pavimentazioni stradali convenzionali, e di pavimentazioni stradali a base di asfalto modificato con polverino da PFU. Nel corso dello studio sono stati effettuati campionamenti dell'aria sia in prossimità della tramoggia, che del sistema di posa del massetto.

Lo studio fa riferimento a sistemi di miscelazione del polverino di tipo wet, in cui il polverino viene disperso all'interno del bitume, con concentrazioni comprese fra il 12% ed il 22%. Lo studio non riporta informazioni concernenti la concentrazione di IPA o altri contaminanti presenti nel polverino utilizzato per modificare il bitume, ma può essere considerato come un riferimento per la stima delle polveri associate all'utilizzo di polverino in miscele bituminose.

I dati sperimentali cui si riferisce lo studio sono inoltre piuttosto datati (dal 1995 al 1997) ed ovviamente tutti riferiti ad infrastrutture localizzate negli USA, motivo per cui possono essere difficilmente considerati rappresentativi della situazione Europea attuale. Lo studio giunge alla conclusione che l'esposizione nel corso della posa di asfalti modificati con polverino da PFU (Crumb Rubber Modified, CRM) è potenzialmente più pericolosa di quella relativa alla posa di manti convenzionali a causa della maggiore concentrazione di polveri; in ogni caso, indipendentemente dal tipo di asfalto, lo studio raccomanda l'adozione di procedure e sistemi volti a ridurre l'esposizione umana tramite l'utilizzo di sistemi di protezione appropriata, finalizzati ad evitare l'esposizione dermica ed inalatoria.

Risultano di interesse i dati relativi alle emissioni di polveri in prossimità della tramoggia ed a livello della finitrice di massetto gomma riportati in

Tabella 4. Tali dati indicano una polverosità più elevata nel caso di utilizzo di bitumi modificati.

Tabella 4 : Concentrazione di polveri in prossimità di impianti per la pavimentazione stradale, $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health), 2001)

Località	Punto di campionamento	Bitume convenzionale		Bitume modificato con polverino da gomma	
		I	II	I	II
Sacramento	Tramoggia	940	750	480	1000
	Finitrice massetto	760	3100	810	610
Lansing	Tramoggia	50	60	80	20
	Finitrice massetto	160	80	520	300
Yeekaw J.	Tramoggia	140	160	140	290
	Finitrice massetto (sinistra)		210	7200	1500
Evansville	Finitrice massetto (destra)	220	90	3800	330
	Tramoggia	30	110	160	180
	Finitrice massetto (sinistra)	170	90	580	330
	Finitrice massetto (destra)	40	40	510	380
	Valore medio	279	469	1428	494
	95% percentile	1156		3970	

Una ricerca effettuata da US EPA su dati sperimentali dello stesso periodo (Watts RR, 1998) giunge alla conclusione che confrontando l'esposizione di due categorie specifiche di lavoratori in due siti si evidenzia un maggiore rischio cancerogeno per l'esposizione ad IPA durante la posa in opera di asfalti modificati; tuttavia, il sito con l'esposizione più elevata non consentiva di individuare alcuna differenza di esposizione. L'analisi statistica per le particelle fini, il pirene ed i cancerogeni totali dimostrò, con due eccezioni, che non c'erano differenze di esposizione.

CONCENTRAZIONI DI IPA NELL'ATMOSFERA NEL CORSO DI LAVORAZIONI CON BITUMI MODIFICATI

Uno studio commissionato dal governo Svedese (PREVIA, 2010) riporta una serie di dati di monitoraggio effettuati durante attività di posa in opera di manti stradali sia con bitumi standard che con bitumi modificati con aggiunta di granulato da PFU. I dati dello studio di PREVIA costituiscono il più recente dato di monitoraggio in cui le concentrazioni di IPA sono state misurate direttamente nel corso di posa in opera di bitumi non additivati e di bitumi additivati con polverino di gomma.

Oltre a misurazioni effettuate in laboratorio, lo studio fa riferimento a due serie di misurazioni direttamente in campo nel corso di posa in opera dei manti stradali, di cui una effettuata nel 2008, relativa alle emissioni da asfalto/bitume addizionato con polverino di gomma, durante sei differenti giorni o notti, e l'altra effettuata nel 2009, finalizzata sia alla misurazione di IPA che al rilevamento di sostanze odorigene.

La prima serie di misurazioni effettuata nel 2008 ha previsto il campionamento dell'aria respirata dai due operatori (livellatori) ed al di sopra della tramoggia dell'asfaltatrice. Quattro dei sei periodi di campionamento hanno riguardato anche l'aria respirata di uno degli operai addetto all'alimentazione dell'impianto con granuli di polverino. I risultati di queste prove hanno evidenziato che le concentrazioni più elevate si verificano a livello della tramoggia. La massima concentrazione di esposizione al benzo(a)pyrene è risultata pari a 0.03 mg/m^3 , mentre quella al naftalene è risultata pari a 2.4 mg/m^3 . Lo studio inoltre dimostra che le emissioni di B(a)P sono più elevate quando l'asfalto viene intensamente riscaldato e miscelato. Quest'effetto si verifica sia nei sistemi di laboratorio che nel corso delle prove in campo. Lo studio inoltre evidenzia come l'esposizione sia maggiore per gli operatori addetti alla posa in opera del manto stradale rispetto a quelli addetti all'alimentazione dell'asfaltatrice con polverino di gomma.

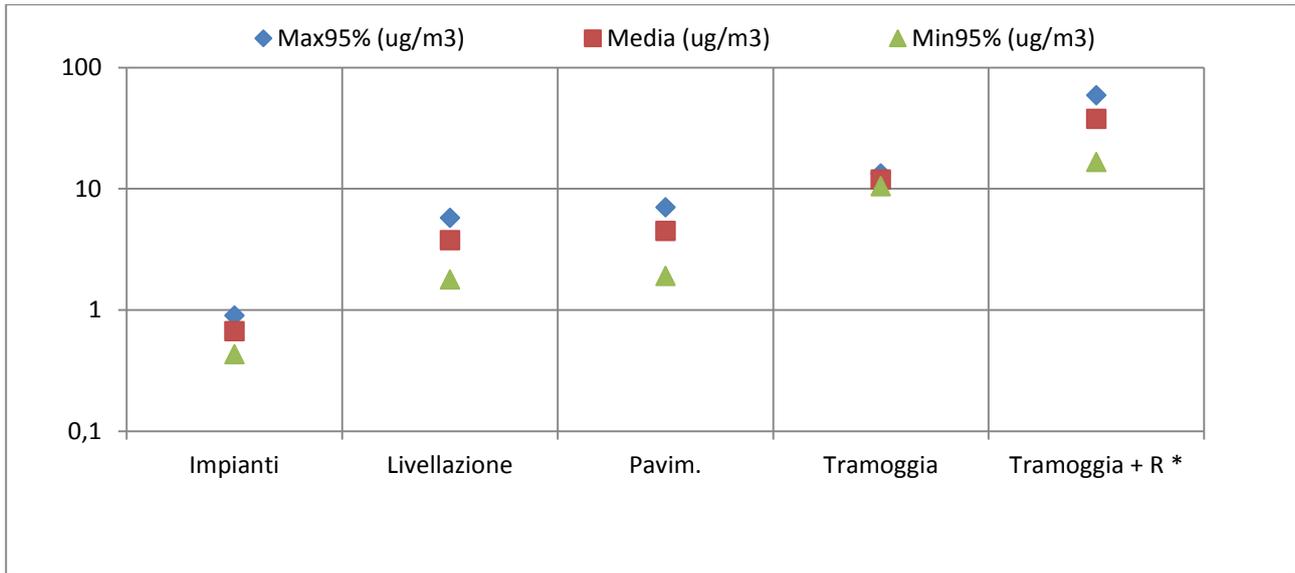
La seconda serie di misurazioni effettuata nel 2009 non ha previsto misure sull'impianto di produzione; sono invece state effettuate prove con e senza utilizzo di ventilazione ausiliaria, per verificare l'effetto di questa sia sulle concentrazioni di IPA nell'aria respirata dai lavoratori, che sui livelli di odore.

In base ai dati misurati e riportati da PREVIA si possono identificare quattro scenari di esposizione, in ordine di intensità di esposizione:

- Uno scenario relativo all'esposizione di operatori alla tramoggia, nel caso di riscaldamento e miscelazione;
- Scenario relativo agli operatori alla tramoggia in assenza di riscaldamento della miscela;
- Scenario relativo agli altri operatori (addetti alla pavimentazione, livellisti)
- Addetti agli impianti di produzione / miscelazione asfalti.

La figura che segue sintetizza il posizionamento dei diversi scenari in termini di concentrazioni totali di IPA nell'aria respirata dai lavoratori. Risulta immediatamente evidente come i lavoratori prossimi alle emissioni della tramoggia nel caso di miscelazione e riscaldamento risultino esposti alle concentrazioni più elevate di IPA. Risulta anche evidente che se la miscela non è riscaldata (ovvero, quando la temperatura della miscela rimane contenuta entro i $160\text{-}170^\circ\text{C}$) l'esposizione dei lavoratori diminuisce significativamente (di circa 4 volte). Non si osservano differenze significative di esposizione per i lavoratori addetti alla pavimentazione od alla livellazione. I lavoratori addetti alle lavorazioni sugli impianti di produzione o miscelazione dei bitumi sono quelli che risultano esposti ai più bassi valori di concentrazione.

Figura 1 IPA totali nell'aria respirata dai lavoratori stradali su elaborazione dati del rapporto PREVIA (PREVIA, 2010)



* Il caso Tramoggia + R non si applica alle apparecchiature in uso in Italia-

I dati tabulati per i singoli IPA calcolati in base ai valori riportati nello studio citato sono riportati nella Tabella 5 che segue:

Tabella 5 Concentrazioni medie e limiti fiduciali al 95% per i diversi scenari di esposizione di lavoratori addetti alla pavimentazione stradale – rielaborazione da (PREVIA, 2010)

IPA	Operatori impianti			Addetti alla tramoggia			Addetti alla tramoggia con risc. *			Addetti alla pavimentazione			i alla livellazione		
	Media (ug/m ³)	Max95% (ug/m ³)	min95% (ug/m ³)	Media (ug/m ³)	Max95% (ug/m ³)	min95% (ug/m ³)	Media (ug/m ³)	Max95% (ug/m ³)	min95% (ug/m ³)	Media (ug/m ³)	Max95% (ug/m ³)	min95% (ug/m ³)	Media (ug/m ³)	Max95% (ug/m ³)	min95% (ug/m ³)
Naphtalene	0.43	0.59	0.26	5.88	7.20	4.57	3.32	4.29	2.34	1.71	2.29	1.13	1.74	3.06	0.42
Acenaphtylene	0.02	0.02	0.01	0.35	0.38	0.32	1.60	2.34	0.85	0.21	0.33	0.10	0.12	0.18	0.06
Acenaphtene	0.07	0.09	0.04	0.56	0.65	0.48	5.47	8.56	2.39	0.57	1.21	0.00	0.47	1.00	0.00
Fluorene	0.05	0.06	0.03	0.77	0.93	0.61	4.97	7.86	2.07	0.38	0.73	0.03	0.31	0.58	0.04
Phenanthrene	0.09	0.12	0.06	2.30	2.94	1.65	13.78	22.80	4.77	0.86	1.61	0.11	0.71	1.28	0.13
Anthracene	0.01	0.02	0.01	0.46	0.57	0.35	1.20	1.97	0.43	0.11	0.18	0.03	0.08	0.13	0.04
Fluoranthene	0.01	0.02	0.01	1.01	1.28	0.74	2.81	4.86	0.76	0.27	0.48	0.07	0.19	0.31	0.08
Pyrene	0.04	0.05	0.02	2.24	2.64	1.84	4.79	7.57	2.01	0.49	0.78	0.20	0.37	0.53	0.20
Benzo(a)anthracene	ND	ND	ND	0.20	0.20	0.19	0.26	0.50	0.03	0.04	0.05	0.02	0.03	0.04	0.02
Chrysene	0.01	ND	ND	0.90	1.28	0.53	0.58	0.83	0.33	0.16	0.20	0.12	0.09	0.16	0.01
Benzo(b)fluoranthene	ND	ND	ND	0.16	0.20	0.12	0.15	0.27	0.04	0.04	0.05	0.02	0.02	0.03	0.01
Benzo(k)fluoranthene	ND	ND	ND	0.02	ND	ND	0.23	0.37	0.09	0.01	ND	ND	ND	ND	ND
Benzo(a)pyrene	ND	ND	ND	0.03	ND	ND	0.07	0.11	0.03	0.03	ND	ND	0.01	0.01	0.01
Dibenso(ah)anthracene	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.02	0.03	0.01	0.02	ND	ND	ND	ND	ND
Benzo(ghi)perylene	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.06	0.11	0.02	0.03	ND	ND	ND	ND	ND
Indeno(123cd)pyrene	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.03	0.05	0.02	0.02	ND	ND	ND	ND	ND
Total PAH	0.67	0.90	0.43	11.95	13.39	10.52	37.94	59.25	16.64	4.49	7.07	1.92	3.77	5.76	1.79

* Il caso non si applica alle apparecchiature in uso in Italia che sono prive di riscaldatore

SCENARI DI ESPOSIZIONE IN AMBIENTI DI LAVORO

I dati fisiologici medi per il calcolo degli scenari di esposizione sono tratti dal rapporto ECETOC sui fattori di esposizione della popolazione europea (European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals, ECETOC, 2001). Solo in assenza di informazioni specifiche per la popolazione europea, si è fatto ricorso ai parametri di esposizione statunitensi sviluppati da USEPA (United States Environmental Protection Agency, USEPA, 2011). I fattori di esposizione utilizzati sono dettagliati in ogni tabella di calcolo dell'esposizione. In particolare:

Per l'esposizione negli ambienti di lavoro (posa di manti bituminosi modificati), si sono adottate le seguenti ipotesi:

- Lavoratori esposti: uomini e donne adulti,
- Durata dell'esposizione: 6 ore al giorno per cinque giorni/settimana, 44 settimane / anno
- Intensità dell'esposizione: 6 ore di attività moderata, 2 ore di attività intensa;
- Durata complessiva: si ipotizza, una permanenza massima nella stessa attività non superiore a 10 anni, superiore al valore stimato in 7.2 anni da US EPA (United States Environmental Protection Agency, USEPA, 2011) nel caso di lavoratori a tempo indeterminato.
- La speranza di vita media è stata adottata in via cautelativa come pari a 70 anni. Speranze di vita media maggiori portano ad una stima di rischio meno cautelativa.

QUANTIFICAZIONE DEL RISCHIO INCREMENTALE

I dati disponibili consentono di effettuare solo una valutazione preliminare conservativa sulla base delle seguenti ipotesi:

- 1) Conservativamente, come concentrazione di IPA si sono utilizzati i dati sperimentali di PREVIA (limite fiduciale superiore al 95%) relativo al caso degli addetti alla pavimentazione o livellazione (caso più frequente) e quello relativo agli operatori sulla tramoggia di carico. Non si è adottato il caso di riscaldamento e miscelazione del bitume riportato nello studio di PREVIA in quanto questo caso è specifico per tipologie di attrezzature che non sono utilizzate in Italia.
- 2) i valori fisiologici di esposizione (volumi respiratori, durata dell'esposizione, peso corporeo) sono quelli illustrati nel capitolo relativo agli scenari di esposizione;
- 3) l'analisi è limitata all'esposizione inalatoria.

I risultati dell'analisi sono riportati in

Tabella 6 . Da tale analisi risulta evidente come il rischio inalatorio possa eccedere il valore tollerabile di 1×10^{-6} (valore calcolato per lo scenario peggiore 2.28×10^{-6}), rimanendo quindi inferiore al valore di 1×10^{-5} . Il valore osservato di 2.28×10^{-6} risulta accettabile¹ in ambiente di lavoro , tuttavia il semplice accorgimento di evitare riscaldamenti e miscele eccessive nel corso della lavorazione consente di controllare ulteriormente, come evidenziato per alcuni scenari non applicabili in Italia da PREVIA, il rischio incrementale. L'esposizione dei lavoratori addetti alla pavimentazione o livellazione rimane leggermente inferiore a 1×10^{-6} , potendosi quindi considerare largamente accettabile.

In aggiunta alla raccomandazione di evitare l'eccessivo riscaldamento (superiore a 160°C) del bitume nella tramoggia, allo scopo di rispettare i limiti di concentrazione a polveri aerodisperse possibilmente contaminate da composti organici, si raccomanda l'utilizzo di sistemi di protezione individuale finalizzati alla protezione da polveri e da composti organici.

¹ . US EPA ritiene che entrambi i valori di 1×10^{-6} e 1×10^{-5} siano accettabili per la popolazione generale mentre la popolazione più esposta non dovrebbe eccedere un livello di rischio superiore a 10^{-4} (EPA 2000 guidance on risk levels for HHC)

Tabella 6. Analisi del rischio inalatorio per lavoratori esposti a fumi derivanti da bitumi modificati con polverino

Gruppo di sostanze: IPA

Analisi del rischio inalatorio - pavimentazioni stradali con bitumi modificati. Addetti alla pavimentazione e livella:

$$R = SFI \frac{(C_p + C_d) \times I_1 \times HE \times EF \times ED}{BW \times AF \times 365}$$

	BW	IR	HE	EF	ED	AT	g/a
Popolazione	Peso medio	Volume inalatorio, m3/hr	Ore per evento	Numero di eventi/anno	Durata di esposizione, anni	Speranza di vita	Giorni/anno
Lavoratori adulti	75	2	6	176	10	70	365

Lavoratori adulti		Esposizione	
Sostanza		Cv IPA	R
	SFI	ng/m3	
Pyrene	0.00E+00	659.5	0.00E+00
Benzo(a)anthracene	3.90E-01	45.3	1.95E-07
Crysene /Triphenylene	3.90E-02	177.1	7.61E-08
Benzo(bjk)fluoranthene	3.90E-01	37.5	1.61E-07
Benzo(a)pyrene	3.90E+00	12.0	5.16E-07
Indeno(123-cd)pyrene	3.90E-01		0.00E+00
Dibenzo(ac/ah)anthracene	4.10E+00		0.00E+00
Benzo(ghi)perylene	0.00E+00		0.00E+00
		Ttot	9.48E-07

Gruppo di sostanze: IPA

Analisi del rischio inalatorio - pavimentazioni stradali con bitumi modificati. Addetti alla tramoggia

$$R = SFI \frac{(C_p + C_d) \times I_1 \times HE \times EF \times ED}{BW \times AF \times 365}$$

	BW	IR	HE	EF	ED	AT	g/a
Popolazione	Peso medio	Volume inalatorio, m3/hr	Ore per evento	Numero di eventi/anno	Durata di esposizione, anni	Speranza di vita	Giorni/anno
Lavoratori adulti	75	2	6	176	10	70	365

Lavoratori adulti		Esposizione inalatoria	
Sostanza		Cv IPA	R
	SFI	ng/m3	
Pyrene	0.00E+00	2643.35913	0.00E+00
Benzo(a)anthracene	3.90E-01	200.245055	8.61E-07
Crysene /Triphenylene	3.90E-02	1276.77377	5.49E-07
Benzo(bjk)fluoranthene	3.90E-01	202.695604	8.71E-07
Benzo(a)pyrene	3.90E+00	0	0.00E+00
Indeno(123-cd)pyrene	3.90E-01	0	0.00E+00
Dibenzo(ac/ah)anthracene	4.10E+00	0	0.00E+00
Benzo(ghi)perylene	0.00E+00	0	0.00E+00
		Rtot	2.28E-06

MISURE DI PREVENZIONE E DI PROTEZIONE E INDICAZIONI DI PROCESSO

IDENTIFICAZIONE DEL PREPARATO

Polverino di gomma per uso in miscele asfalto-cemento per pavimentazioni stradali, prodotto tramite frantumazione del battistrada di pneumatici fuori uso, e rispondente alle seguenti caratteristiche:

- esente da residui di metalli non ferrosi all'esame visivo
- contenuto di particelle di metallo ferroso non superiore al 0.01% in peso
- contenuto di fibre non superiore al 0.5% in peso per uso in miscelatori a caldo, e non superiore al 0.1% in peso per applicazioni a spruzzo
- contenuto di altri materiali estranei non superiore al 0.25% in peso
- Dimensioni dei granuli inferiori a 2.36 mm

USO DELLA SOSTANZA/DEL PREPARATO

Il polverino di gomma è specificamente prodotto per l'uso in miscele di asfalto / cemento per pavimentazioni stradali, sia per uso in miscelatori a caldo che a spruzzo.

IDENTIFICAZIONE DEI PERICOLI

L'utilizzo del polverino di gomma durante la pavimentazione stradale con asfalti a base di gomma può dare luogo ai seguenti pericoli per gli operatori:

- esposizione al polverino tramite inalazione di polveri sottili
- esposizione ai fumi ed ai vapori emessi durante le operazioni di miscelazione a caldo e durante l'applicazione dei manti stradali

COMPOSIZIONE/INFORMAZIONI SUGLI INGREDIENTI

Polimero: Elastomero naturale o sintetico vulcanizzato, incluse eventuali impurità quali residui di catalizzatori, stabilizzanti, antiozonanti, foto stabilizzatori.	50%
Zolfo*	< 1.5%
Ossido di zinco*	<2.5%
Nerofumo	20-27%
Distillati o estratti di petrolio estraibili con IPA < 10 ppm (IP 346 < 3%)	16-20%
IPA totali	< 40 ppm

INDICAZIONE DELLE MISURE DI PREVENZIONE E DI PROTEZIONE DA ATTUARE

INDICAZIONI SULLE CONDIZIONI OPERATIVE

Per l'impiego del polverino in asfalti modificati, in aggiunta ad altri DPI si raccomanda:

Evitare il riscaldamento eccessivo della miscela di bitume addizionata con polverino recuperato da pneumatici fuori uso. In particolare la temperatura della miscela non deve superare i 170°C

Evitare il rimescolamento troppo violento della misceladi bitume addizionat con polverino recuperato da pneumatici fuori uso.

INDICAZIONE DELLE MISURE DI PROTEZIONE INDIVIDUALE

Per l'impiego del polverino in asfalti modificati, in aggiunta ad altri DPI si raccomanda:

- 1) utilizzo di maschere antipolvere dotate di filtro in carbone attivo per polveri, fumi e nebbie, monouso (FFP2) o con filtri intercambiabili (P2)
- 2) tute da lavoro e guanti per la prevenzione del contatto dermico con bitumi, anche per la prevenzione di bruciate.

Data l'elevata temperatura che si può verificare in prossimità delle macchine asfaltatrici, specialmente durante la stagione estiva, si raccomanda l'utilizzo di DPI ad elevata ergonomia che consentano l'impiego continuativo anche in condizioni climatiche sfavorevoli.

BIBLIOGRAFIA

- Asphalt Institute and Eurobitume** The Bitumen Industry - a global perspective. Production, chemistry, use, specification and occupational exposure [Report]. - 2011. - Information Series No. 230.
- C. Dye A. Bjerke, N. Schmidbauer, S. Manø** Measurement of air pollution in indoor artificial turf halls [Report] / Norwegian Pollution Control Authority / Norwegian Institute for Air Research. - March 2006.
- California Environmental Protection Agency** Cancer Potency Values as of July 21, 2009 [Report] / Office for Environmental Health Hazard Assessment, OEHHA. - 2009.
- Commissione Consultiva Permanente per la Salute e la Sicurezza sul Lavoro - Comitato 9 - Sottogruppo Agenti Chimici** Criteri e strumenti per la valutazione e la gestione del rischio chimico negli ambienti di lavoro ai sensi del D.Lgs. n.81/2008 e s.m.i. [Report]. - 2012.
- Edoardo Menichini Vittorio Abate, Leonello Attias, Silvia De Luca, Alessandro di Domenico, Igor Fochi, Giovanni Forte, Nicola Iacovella, Anna Laura Iamiceli, Paolo Izzo, Franco Merli, Beatrice Bocca** Artificial-turf playing fields: Contents of metals, PAHs, PCBs, PCDDs and PCDFs, inhalation exposure to PAHs and related preliminary risk assessment [Journal] // Science of the Total Environment. - 2011. - Vol. 409. - pp. 4950-4957.
- European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals, ECETOC** Exposure Factors Sourcebook for European Populations (with focus on UK data) [Report] : Technical Report. - Brussels : [s.n.], 2001. - Technical Report 79.
- NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health)** Crumb-Rubber Modified Asphalt Paving: Occupational Exposures and Acute Health Effect [Journal] // NIOSH HEALTH HAZARD EVALUATION REPORT. - 2001. - HETA #2001-0536-2864.
- Norwegian Institute of Public Health and Radium Hospital** Artificial turf pitches –an assessment of the health risks for football players [Report]. - Oslo : [s.n.], 2006.
- PREVIA** Occupational health studies in pilot study 2006 and the rubber asphalt project 2007 - 2009 commissioned by the Swedish Road Administration [Report]. - 2010.
- Scientific Committee on Toxicity, Ecotoxicity and the Environment** Opinion of the scientific committee on toxicity, ecotoxicity and the environment (CSTEE) on "Questions to the CSTEE relating to scientific evidence of risk to health and the environment from polycyclic aromatic hydrocarbons in extender oils" [Report]. - 12-13 Nov. 2003.
- Stroo HF Roy TA, Liban CB, Kreitinger JP.** Dermal bioavailability of benzo[a]pyrene on lampblack: implications for risk assessment. [Journal] // Environ Toxicol Chem. - June 2005. - Vol. 24(6). - pp. 1568-1572..
- The Scientific Committee on Cosmetic Products and non-Food products Intended for Consumers** Opinion concerning Zinc Oxide [Journal]. - Adopted by the SCCNFP during the 24th plenary meeting of 24-25 June 2003. - Vols. SCCNFP/0649/03, final.
- United States Environmental Protection Agency USEPA** Mid-Atlantic Risk Assessment. Risk Based Concentration Table [Online]. - 2012. - 02 06, 2013. - http://www.epa.gov/reg3hwmd/risk/human/rb-concentration_table/Generic_Tables/index.htm.
- United States Environmental Protection Agency, USEPA** Dermal Exposure Assessment: a summary of EPA approaches [Report]. - 2007. - EPA 600/R-07/040F.

United States Environmental Protection Agency, USEPA Exposure Factors Handbook, 2011 Edition [Report] / National Center for Environmental Assessment, Office for Research and Development. - Washington DC, 20460 : [s.n.], 2011.

United States Environmental Protection Agency, USEPA Health and Environmental Effects Profile for Benzo(ghi)perylene [Report]. - Washington, D.C : [s.n.], 1987. - EPA/600/X-87/395 (NTIS PB89120539)..

United States Environmental Protection Agency, USEPA Provisional Guidance for Quantitative Risk Assessment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons [Report] / Office of Research and Development. - Washington, DC 20460 : [s.n.], 1993. - EPA/600/R-93/089.

VanRooij JG De Roos JH, Bodelier-Bade MM, Jongeneelen FJ. Absorption of polycyclic aromatic hydrocarbons through human skin: differences between anatomical sites and individuals. [Journal] // Journal of Toxicological and Environmental Health. - April 1993. - Vol. 38(4). - pp. 355-368.

Watts RR Wallingford KM, Williams RW, House DE, Lewtas J. Airborne exposures to PAH and PM2.5 particles for road paving workers applying conventional asphalt and crumb rubber modified asphalt. [Journal] // J Expo Anal Environ Epidemiol.. - 1998. - pp. 213-229.