

FUMI DI ASFALTI: VALUTAZIONE ALL'ESPOSIZIONE

LA STIMA DEL RISCHIO PER LA SALUTE DEI LAVORATORI ALL'AUMENTO DELLE TEMPERATURE DI PRODUZIONE E POSA IN OPERA: L'UTILE E FONDAMENTALE MONITORAGGIO, EFFETTUATO NEL 2014, DALLE SOCIETÀ ECOPNEUS SCPA E WASTEANDCHEMICALS SRL

L'integrazione di materiali polimerici all'interno delle miscele bituminose calde pone la questione sulla valutazione dei rischi per la salute dei lavoratori derivanti dalla necessità di aumentare le temperature di produzione e posa in opera. Infatti, l'emissione di sostanze volatili contenute nel bitume è direttamente correlata alla temperatura del materiale: basti pensare alle "fumate blu" tipiche di asfalti troppo caldi.

Per determinare l'eventuale rischio incrementale derivante dall'uso di asfalti "gommati", ossia contenenti polverino di gomma riciclata, è stata monitorata l'esposizione inalatoria e cutanea agli IPA per gli operatori addetti alla posa in opera di asfalti convenzionali e modificati con gomma in diversi cantieri italiani.

Si riportano di seguito i risultati preliminari della campagna di monitoraggi effettuata nel 2014.

MATERIALI E METODI

Il campionamento nella zona inalatoria, campionamenti di aria ambiente e campionamenti dermici

I campioni di aria sono stati prelevati entro la zona inalatoria di ciascun lavoratore per mezzo di pompe portatili (Tecora, Ayrone) e analizzati secondo i metodi USEPA TO 13 A, NIOSH 5515 e UNICHIM 2010:2011, rispettivamente per gli IPA e per la frazione respirabile del particolato. Per l'esposizione cutanea è stato sviluppato e utilizzato un metodo specifico basato su patch di assorbimento in polipropilene, modificato da quelli descritti da McClean et al. (2004), Jongeneelen et al. (1988) e Van Rooij et al. (1993).

I campioni di patch dermici sono stati posizionati su due lavoratori che svolgevano lo stesso compito (addetti a terra) per ridurre l'incertezza del metodo.



1. L'esposizione valutata su addetti con diversa funzione risulta inferiore durante la posa di asfalti gommati nei siti investigati nel 2014

Per ogni campagna, si è adottato il seguente schema di campionamento:

- rullista: campionamento di IPA nella zona inalatoria;
- addetto a terra 1: campionamento in zona inalatoria di particolato respirabile, patch per l'esposizione dermica agli IPA;
- addetto a terra 2: campionamento in zona inalatoria di IPA, patch per l'esposizione dermica agli IPA;
- addetto alla vibrofinitrice: campionamento di IPA nella zona inalatoria.

In aggiunta a ciò, sono stati raccolti campioni di aria ambiente per la misurazione degli IPA mediante campionatori ad alto volume (Tecora Hi VOL) situati all'interno dei cantieri studiati, in conformità con il metodo di campionamento USEPA TO13A.

La temperatura di stesa di asfalto, che è direttamente correlata al rilascio di IPA da asfalto, è stata misurata mediante telecamera ThermoScan o tramite sonde a termocoppia.

	ZOLA PREDOSA	ZOLA PREDOSA	ZOLA PREDOSA	IMER	FINALE EMILIA	GIARDINI DI CORCOLLE
Granulometria	SMA	SMA 8.5 ELT 1.2	SMA 7.5 ELT 0.75	SMA 7.5 ELT 0.75	SMA 7.5 ELT 0.75	SMA
Setaccio UNI EN (mm)	Sottovaglio (%)	Sottovaglio (%)	Sottovaglio (%)	Sottovaglio (%)	Sottovaglio (%)	Sottovaglio (%)
10	100	100	100	100	100	N.A
8	98,2	98,5	98,1	99,5	99,7	N.A
6,3	85	88,1	87,4	91,5	98,4	N.A
4	46	51,2	50,5	55,7	61,8	N.A
2	26	25,2	24,6	25,4	27,7	N.A
1	19,9	18,2	17,8	17,5	18,8	N.A
0,5	16,3	14,2	13,9	14	13,5	N.A
0,25	13,4	9,6	9,5	11,7	9,8	N.A
0,125	10,5	6,7	6,5	8,9	7,6	N.A
0,063	8	4,7	4,5	7	5,8	N.A
COMPOSIZIONE						
Bitume (%)	6,55%	8,53%	7,51%	7,49%	7,91%	6,55%
Polverino da PFUt (%)	0%	1,20%	0,75%	0,75%	0,75%	0%
Temperatura di posa (°C)	145 °C	150 °C	160 °C	145 °C	145 °C	160 °C

2. Le miscele degli asfalti utilizzati nei test

Le miscele bituminose

Nella Figura 2 sono riportati i dati relativi alle miscele utilizzate nelle cinque campagne di monitoraggio.

Tutte le miscele monitorate sono di tipo Split Mastix Asphalt (SMA).

Gli asfalti gommati sono stati ottenuti con l'aggiunta di polverino di gomma (normalmente < 10% in peso) usando il cosiddetto processo "dry" e bitumi modificati ad alta lavorabilità.

I cantieri studiati

I cantieri su cui sono stati effettuati i test sono stati:

- Zola Predosa (BO), 31 Luglio 2014: un unico cantiere in cui l'asfalto gommato (SMA 7.5 ELT 0,75¹ e SMA 8.5 ELT 1.2) e l'asfalto standard (SMA) sono stati stesi nello stesso giorno in due corsie parallele (300 m), consentendo pertanto un confronto diretto tra i due;
- Imer (TN), 25 Settembre 2014: è stato steso solo asfalto gommato (SMA 7.5 ELT 0,75) su entrambe le corsie di un tratto di 600 m. Le operazioni di pavimentazione sono durate per circa 4 ore;
- Finale Emilia (MO), 26 Settembre 2014: la strada, di 700 m di lunghezza, è stata pavimentata con asfalto gommato (SMA 7.5 ELT 0,75). Il monitoraggio è stato effettuato durante il posizionamento della prima corsia, ed è durato per circa 3 ore e 30 minuti;
- Giardini di Corcolle (RM), 24 Novembre 2014: è stato utilizzato solo asfalto standard (SMA) per la pavimentazione stradale e il monitoraggio è stato effettuato durante le prime 3 ore delle operazioni di pavimentazione.

¹ La sigla fa riferimento ad uno SMA con 7,5% di bitume modificato e 0,75% di polverino di gomma

I RISULTATI

La concentrazione ambientale di IPA in prossimità dei cantieri stradali

Nella Figura 4 viene riportata la concentrazione ambientale degli 11 IPA regolamentati dall'UE o dalla Normativa italiana in prossimità dei cantieri stradali. La concentrazione ambientale di IPA è risultata in tutti i casi inferiore al limite normativo italiano di 1 ng/m³ di benzo [a] pirene (B (a) P).

Le concentrazioni ambientali misurate non risultano significativamente differenti dalle concentrazioni di fondo di IPA osservate periodicamente in aree urbane italiane (Legambiente, Ministero dell'Ambiente, Ferrovie dello Stato, ARPA - Campagna "Treno Verde": 1990 -2001).

La concentrazione ambientale di IPA è risultata, in media, inferiore durante la posa di asfalto gommato rispetto alla posa di asfalti standard. Anche se questa differenza è relativamente modesta, è statisticamente significativa (Wilcoxon test $P < 0,01$).



3. Le concentrazioni di IPA nell'aria ambiente misurate in prossimità dei cantieri sono risultate inferiori ai limiti normativi italiani

CONCENTRAZIONI AMBIENTALI DI IPA

PAHs	ASFALTO STANDARD		ASFALTO GOMMATO		
	Giardini di Corcolle (RM)	Zola Predosa (BO)	Zola Predosa (BO)	Imer (TN)	Finale Emilia (MO)
	(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)
Benzo[a]Anthracene	1,22	0,64	0,21	0,03	0,04
Benzo[b]Fluoranthene	0,40	0,00	0,00	0,20	0,09
Benzo[j]Fluoranthene	0,06	< lod	0,01	0,02	0,00
Benzo[k]Fluoranthene	0,25	0,09	0,00	0,10	0,06
Benzo[g,h,i]Perylene	0,18	0,18	0,21	0,34	0,75
Benzo[a]Pyrene	0,26	0,26	0,03	0,25	0,33
Benzo[e]Piyene	0,68	0,29	0,05	0,31	0,16
Crhysene	2,16	0,57	0,37	0,10	0,08
DiBenzo[a,h]Anthracene	0,01	0,01	< lod	< lod	0,08
Indeno[1,2,3-cd]Pyrene	0,17	0,02	< lod	< lod	0,10
Pyrene	3,20	5,15	3,95	2,22	1,60

4. Concentrazione ambientale di IPA durante le campagne di monitoraggio

La concentrazione di IPA nella zona inalatoria dei lavoratori

Nelle Figure 7, 8 e 10 è riportata la concentrazione degli 11 IPA nella zona inalatoria degli addetti a terra, degli addetti alla vibrofinitrice e dei rullisti. A causa di un malfunzionamento del campionatore personale, l'esposizione del rullista nel sito di Finale Emilia non è stata misurata. Sulla base di questi dati, si può affermare che:

- tutti i livelli di esposizione per inalazione misurati nelle cinque campagne di monitoraggio sono di gran lunga inferiori ai limiti di riferimento disponibili e più restrittivi per l'esposizione professionale agli IPA: rispetto per esempio al limite regolamentare tedesco, (concentrazione guida TRK per B(a)P = 2 µg/m³), i valori massimi misurati per entrambi i tipi di asfalto erano dieci volte inferiori;



5 e 6. Un dettaglio di asfalti gommati drenanti

ESPOSIZIONE INALATORIA AD IPA - ADDETTI ALLA VIBROFINITRICE

PAHs	ASFALTO STANDARD		ASFALTO GOMMATO		
	Giardini di Corcolle (RM)	Zola Predosa (BO)	Zola Predosa (BO)	Imer (TN)	Finale Emilia (MO)
	(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)
Benzo[a]Anthracene	41,11	22,31	19,71	4,46	19,89
Benzo[b]Fluoranthene	20,42	37,92	24,81	4,07	3,76
Benzo[j]Fluoranthene	3,68	3,02	4,24	1,06	6,57
Benzo[k]Fluoranthene	10,71	71,81	65,97	5,93	8,00
Benzo[g,h,i]Perylene	5,33	95,20	64,98	14,58	53,81
Benzo[a]Pyrene	33,59	40,40	38,16	35,72	47,64
Benzo[e]Piyene	43,58	27,82	41,13	35,67	36,31
Crhysene	83,94	21,42	43,01	6,24	8,63
DiBenzo[a,h]Anthracene	7,55	22,93	7,48	3,54	18,36
Indeno[1,2,3-cd]Pyrene	7,06	75,84	31,89	6,90	28,81
Pyrene	146,27	70,00	74,75	45,90	110,92

7. La concentrazione di IPA nella zona inalatoria degli addetti alla vibrofinitrice

ESPOSIZIONE INALATORIA AGLI IPA - ADDETTI A TERRA					
IPA	ASFALTO STANDARD		ASFALTO GOMMATO		
	Giardini di Corcolle (RM)	Zola Predosa (BO)	Zola Predosa (BO)	Imer (TN)	Finale Emilia (MO)
	(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)
Benzo[a]Anthracene	256,79	62,99	7,56	7,65	5,16
Benzo[b]Fluoranthene	48,63	41,57	7,73	4,81	7,53
Benzo[j]Fluoranthene	11,25	4,54	2,86	0,41	1,55
Benzo[k]Fluoranthene	41,71	187,54	42,07	1,16	4,95
Benzo[g,h,i]Perylene	12,07	130,11	55,63	11,05	65,81
Benzo[a]Pyrene	61,23	98,57	18,63	11,69	71,37
Benzo[e]Piyene	63,76	132,04	24,65	21,39	46,77
Crhysene	264,50	75,53	14,23	13,23	8,85
DiBenzo[a,h]Anthracene	4,90	50,54	16,48	2,87	7,28
Indeno[1,2,3-cd]Pyrene	3,17	129,81	23,54	7,28	14,83
Pyrene	981,41	109,50	25,67	35,41	25,15

8. La concentrazione di IPA nella zona inalatoria degli addetti a terra



9. L'esposizione professionale risulta diversificata in funzione della mansione degli operatori

- sebbene l'esposizione inalatoria per gli addetti alla vibrofinitrice al B(a)P sia simile per tutti i cinque siti di monitoraggio (compresa nell'intervallo 34-47 ng/m³), l'esposizione media agli 11 IPA risulta significativamente più alta per l'asfalto standard, in confronto all'asfalto gommato;
- per il sito di Zola Predosa, gli addetti a terra (Figura 8) e i rullisti (Figura 10) sono esposti a concentrazioni significativamente più alte di IPA durante la posa di asfalto normale, in confronto all'asfalto gommato. La differenza è significativa anche quando si considera la concentrazione di esposizione media dei due tipi di asfalto (Wilcoxon $p < 0,005$);
- a prescindere dal tipo di asfalto messo in opera, nella maggior parte dei cantieri i rullisti e gli addetti a terra risultano esposti a maggiori concentrazioni di IPA rispetto agli addetti alle vibrofinitrici.

ESPOSIZIONE INALATORIA AGLI IPA - RULLISTI				
IPA	ASFALTO STANDARD		ASFALTO GOMMATO	
	Giardini di Corcolle (RM)	Zola Predosa (BO)	Zola Predosa (BO)	Imer (TN)
	(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)
Benzo[a]Anthracene	15,36	86,82	64,80	40,13
Benzo[b]Fluoranthene	2,98	90,25	37,75	20,54
Benzo[j]Fluoranthene	1,80	31,95	7,94	4,08
Benzo[k]Fluoranthene	2,47	287,07	189,42	25,12
Benzo[g,h,i]Perylene	14,38	356,29	102,71	46,29
Benzo[a]Pyrene	5,13	199,96	52,89	52,13
Benzo[e]Piyene	10,31	241,56	80,78	38,07
Crhysene	16,87	159,31	59,48	28,28
DiBenzo[a,h]Anthracene	0,00	81,18	25,35	9,62
Indeno[1,2,3-cd]Pyrene	2,21	238,74	101,84	13,62
Pyrene	52,63	115,05	103,79	25,59

10. La concentrazione di IPA nella zona inalatoria dei rullisti

QUANTITÀ DI IPA DEPOSITATI SUI PATCH - ADDETTO A TERRA 1

IPA	ASFALTO STANDARD		ASFALTO GOMMATO		
	Giardini di Corcolle (RM)	Zola Predosa (BO)	Zola Predosa (BO)	Imer (TN)	Finale Emilia (MO)
	(ng/cm ²)	(ng/cm ²)	(ng/cm ²)	(ng/cm ²)	(ng/cm ²)
Benzo[a]Anthracene	7,55	< lod	0,05	0,13	0,07
Benzo[b]Fluoranthene	0,56	< lod	< lod	0,37	0,02
Benzo[j]Fluoranthene	0,18	< lod	< lod	0,04	0,01
Benzo[k]Fluoranthene	1,06	0,04	< lod	0,08	< lod
Benzo[g,h,i]Perylene	0,84	< lod	0,03	0,49	0,45
Benzo[a]Pyrene	7,82	< lod	0,42	0,31	< lod
Benzo[e]Piyene	4,25	0,39	0,41	0,62	< lod
Crhysene	5,34	< lod	0,01	0,18	< lod
DiBenzo[a,h]Anthracene	0,58	< lod	0,05	0,09	0,00
Indeno[1,2,3-cd]Pyrene	0,91	< lod	< lod	0,16	0,02
Pyrene	12,68	0,88	0,47	1,72	0,32

11. La quantità superficiale di IPA depositata sui patch dermici per l'addetto a terra 1

La quantità di IPA intercettati dai patch per il rilevamento dell'esposizione dermica

Nelle Figure 11 e 12 è riportata la quantità depositata sulla superficie dei patch degli 11 IPA normati dalla UE o dalla Normativa italiana per gli addetti a terra. Sulla base dei risultati analitici, si può affermare quanto segue:

- il lavoratore esposto alla concentrazione più elevata è risultato essere l'addetto a terra 1 del cantiere Giardini di Corcolle (asfalto standard). Per questo operatore è stato misurato un quantitativo medio superficiale pari a 3,8 ng/cm² per gli 11 IPA, in confronto con un valore medio compreso fra 0,08 e 038 ng/cm² per tutti gli altri siti;

- per il sito di Zola Predosa, gli addetti a terra (Figure 11 e 12) sono risultati esposti a valori significativamente più alti di IPA durante la posa in opera di asfalto normale rispetto all'asfalto gommato (Wilcoxon p < 0,005).

Il rischio cancerogeno incrementale

La valutazione del rischio cancerogeno incrementale è stata effettuata in conformità con le Linee Guida REACH (Guidance on Information Requirement and Chemical Safety Assessment) e utilizzando i dati relativi ai parametri di esposizione di ECETOC e US-EPA, opportunamente integrati dalle informazioni raccolte durante le interviste con gli operatori prima dei campionamenti.

QUANTITÀ DI IPA DEPOSITATI SUI PATCH - ADDETTO A TERRA 2

IPA	ASFALTO STANDARD		ASFALTO STANDARD		
	Giardini di Corcolle(RM)	Zola Predosa (BO)	Zola Predosa (BO)	Imer (TN)	Finale Emilia (MO)
	(ng/cm ²)	(ng/cm ²)	(ng/cm ²)	(ng/cm ²)	(ng/cm ²)
Benzo[a]Anthracene	1,78	0,27	0,07	0,20	< lod
Benzo[b]Fluoranthene	0,45	1,37	0,67	0,12	0,01
Benzo[j]Fluoranthene	0,05	0,22	0,20	< lod	< lod
Benzo[k]Fluoranthene	0,55	1,81	0,64	< lod	< lod
Benzo[g,h,i]Perylene	0,59	2,12	1,95	0,60	0,23
Benzo[a]Pyrene	0,31	1,63	0,82	< lod	< lod
Benzo[e]Piyene	<lod	1,88	1,12	0,30	< lod
Crhysene	1,96	0,74	0,60	0,13	0,03
DiBenzo[a,h]Anthracene	0,22	0,36	0,34	0,13	< lod
Indeno[1,2,3-cd]Pyrene	0,19	2,04	1,80	0,14	0,02
Pyrene	5,52	1,12	0,70	1,84	0,03

12. La quantità superficiale di IPA depositata sui patch dermici per l'addetto a terra 2

IPA	IARC	CARCINOGENIC TARGET RISK (INALATORIO)		INHALATION	SLOPE FACTOR, ORAL
		(United States Environmental Protection Agency, 2014) (TR)= 1×10^{-6}		SLOPE FACTOR (SFI)	
		Residenziale	Ambiente di lavoro	(California Environmental Protection Agency 2014)	(United States Environmental Protection Agency, 2014)
		Classe	$[\mu\text{g}/\text{m}^3]$	$[\mu\text{g}/\text{m}^3]$	$[(\text{mg}/\text{kg}\cdot\text{day})^{-1}]$
Benzo[a]Anthracene	2B	$9,2 \times 10^{-3}$	$1,1 \times 10^{-1}$	$3,9 \times 10^{-1}$	$7,3 \times 10^{-1}$
Benzo[b]Fluoranthene	2B	$9,2 \times 10^{-3}$	$1,1 \times 10^{-1}$	$3,9 \times 10^{-1}$	$7,3 \times 10^{-1}$
Benzo[j]Fluoranthene	2B	$2,6 \times 10^{-2}$	$1,1 \times 10^{-1}$	$3,9 \times 10^{-1}$	1,2
Benzo[k]Fluoranthene	2B	$9,2 \times 10^{-3}$	$1,1 \times 10^{-1}$	$3,9 \times 10^{-1}$	$7,3 \times 10^{-2}$
Benzo[g,h,i]Perylene	3	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Benzo[a]Pyrene	1	$9,2 \times 10^{-4}$	$1,1 \times 10^{-2}$	3,9	7,3
Benzo[e]Piyene	3	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Crhysene	2B	$9,2 \times 10^{-2}$	1,1	$3,9 \times 10^{-2}$	$7,3 \times 10^{-3}$
DiBenzo[a,h]Anthracene	2°	$8,4 \times 10^{-4}$	$1,0 \times 10^{-2}$	4,1	7,3
Indeno[1,2,3-cd]Pyrene	2B	$9,2 \times 10^{-3}$	$1,1 \times 10^{-1}$	$3,9 \times 10^{-1}$	$7,3 \times 10^{-1}$
Pyrene	3	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.

13. Le informazioni relative alla cancerogenicità per IPA selezionati

R- RISCHIO ASSOCIATE ALL'ESPOSIZIONE INALATORIA						
IPA	ASFALTO STANDARD			ASFALTO GOMMATO		
	Rullista	Add. a terra	Vibrof.	Rullista	Add. a terra	Vibrof.
Benzo[a]Pyrene	$1,20 \times 10^{-5}$	$1,48 \times 10^{-5}$	$3,92 \times 10^{-6}$	$6,13 \times 10^{-6}$	$6,28 \times 10^{-6}$	$4,30 \times 10^{-6}$
Σ PAHs	$2,15 \times 10^{-5}$	$2,78 \times 10^{-5}$	$7,24 \times 10^{-6}$	$1,13 \times 10^{-6}$	$8,89 \times 10^{-6}$	$6,24 \times 10^{-6}$

14. Il rischio cancerogeno associato all'esposizione inalatoria

Nella Figura 13 sono riportati i dati di cancerogenicità per gli 11 IPA regolamentati in Europa utilizzati nei calcoli di rischio cancerogeno. I risultati della valutazione del rischio cancerogeno,

sono riportati nella Figura 14 (rischio da esposizione per inalazione), Figura 16 (Rischio da esposizione dermica) e Figura 17 (rischio totale).

15. Fasi di stesa di asfalto gommato in ambito autostradale



RD- RISCHIO ASSOCIATE ALL'ESPOSIZIONE DERMICA

IPA	Asfalto Standard	Asfalto Gommato
	Addetto a terra	Addetto a terra
Benzo[a]Pyrene	$4,35 \times 10^{-6}$	$4,64 \times 10^{-7}$
Σ PAHs	$5,60 \times 10^{-6}$	$7,79 \times 10^{-7}$

16. Il rischio cancerogeno associato all'esposizione dermica

R TOT

IPA	Asfalto Standardt	Asfalto Gommato
	Addetto a terra	Addetto a terra
Benzo[a]Pyrene	$1,92 \times 10^{-5}$	$6,74 \times 10^{-6}$
Σ PAHs	$3,34 \times 10^{-5}$	$9,67 \times 10^{-6}$

17. Il rischio cancerogeno complessivo

CONCLUSIONI

Sulla base dei risultati delle attività di monitoraggio, l'uso di asfalto gommato comporta una significativa, anche se lieve, riduzione del rischio cancerogeno incrementale dei lavoratori rispetto agli asfalti standard. Allo stato attuale, dato il numero limitato di cantieri monitorati e il limitato numero di miscele bituminose testate, non è tuttavia possibile dimostrare che il beneficio osservato debba essere associato a un'effettiva riduzione del rilascio di IPA da asfalti gommati piuttosto che alle condizioni specifiche del sito. Per comprendere questo aspetto è ancora in corso un'attività di monitoraggio su un numero consistente di siti.

Il monitoraggio ha anche mostrato che, indipendentemente dalla miscela posata, il rischio per i lavoratori nei cantieri osservati è contenuto ma non trascurabile.

Il più alto rischio incrementale calcolato osservato (addetto a terra, asfalto standard) è risultato nell'ordine di $3,4 \times 10^{-5}$, ovvero leggermente superiore al rischio incrementale generalmente accettato per l'esposizione professionale pari a 1×10^{-5} ; tutti i lavoratori che hanno utilizzato asfalto gommato durante il monitoraggio sono risultati esposti a un rischio inferiore a 1×10^{-5} .

L'uso di semplice DPI (dispositivi di protezione individuale) come maschere facciali monouso dotati di cartucce a carbone attivo e



18. Il controllo della temperatura del bitume è fondamentale per la tutela della salute dei lavoratori

di tute usa e getta per prevenire l'esposizione cutanea potrebbe facilmente ridurre il rischio di un ordine di grandezza ed è quindi consigliato per questo tipo di attività. ■

⁽¹⁾ Responsabile Sviluppo Impieghi e Normative della Ecopneus Scpa

⁽²⁾ Executive Director di Waste & Chemicals Srl

⁽³⁾ Senior Environmental Engineer di Waste & Chemicals Srl

Bibliografia

- [1]. California Environmental Protection Agency - "Cancer Potency Values as of July 3, 2014", Office for Environmental Health Hazard Assessment, OEHH, 2014.
- [2]. D. Du Bois, E.F. Du Bois, D.B. Du Bois - "A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known", Nutrition 5, 1989, p. 303-311.
- [3]. ECETOC, European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals - "Exposure Factors Sourcebook for European Populations (with focus on UK data)", Technical Report, Brussels, 2001.
- [4]. Federal Institute for Occupational Safety and Health Division for Chemicals and Biocides Regulation - "Annex XV Restriction Report - Proposal for a restriction", Dortmund, Germany, 2010.
- [5]. Italian Legislative Decree n. 152/2006 "Norme in materia ambientale", Annex 5, Part IV, Tab. 1 Column A, 2006.
- [6]. Italian Legislative Decree n. 155/2010 "Attuazione della Direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa", Annex XIII, 2010.
- [7]. J.G. Jongeneelen - "Review of Skin Permeation Hazard of Bitumen Fumes". Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 4 (81), 2007, p. 237-244.
- [8]. G.M. Joost, J. Van Rooij and Jongeneelen - "Review of Skin Permeation Hazard of Bitumen Fumes", Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 4(S1): 237-244, 2007.
- [9]. Legambiente, Italian Ministry of Environment, Ferrovie dello Stato, ARPA - "Campagna Treno Verde: 1990-2001".
- [10]. M.D.R.R. McClean - "Inhalation and dermal exposure among asphalt paving workers", Ann. occup. Hyg., 48 (8), 2004, p.663-671.
- [11]. NIOSH - "Manual of Analytical Methods [NMAM] 5515:1994 Fourth Edition", National Institute for Occupational Safety and Health, 1994.
- [12]. UNICHIM - "Metodo n. 2010 Edizione 2011 - Ambienti di Lavoro. Determinazione della frazione respirabile delle particelle aerodisperse. Metodo Gravimetrico", Associazione per l'unificazione nel settore dell'Industria Chimica, 2011.
- [13]. USEPA, United States Environmental Protection Agency - "Dermal Exposure Assessment: a summary of EPA approaches", National Center for Environmental Assessment Office of Research and Development, Washington, DC 2046, 2007.
- [14]. USEPA, United States Environmental Protection Agency - "Exposure Factors Handbook, 2011 Edition", National Center for Environmental Assessment, Office for Research and Development, Washington DC, 20460, 2011.
- [15]. USEPA, United States Environmental Protection Agency - "Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I: Human Health Evaluation Manual (Part E, Supplemental Guidance for Dermal Risk Assessment)", Washington D.C.: EPA-Office of Superfund Remediation and Technology Innovation, 2007.
- [16]. J. Van Rooij - "Effect of the reduction of skin contamination on the internal dose of creosote workers exposed to polycyclic aromatic hydrocarbons", Scandinavian Journal of Work Environment & Health, 19(3), 200-207, 1993.