

Bitumi, loro emissioni e alcuni idrocarburi policiclici aromatici

Bitumens and bitumen emissions, and some heterocyclic polycyclic aromatic hydrocarbons

BEATRICE LAUBY-SECRETAN, ROBERT BAAN, YANN GROSSE, FATIHA EL GHISSASSI, VÉRONIQUE BAUVARD, LAMIA BENBRAHIM-TALLAA, NEELA GUHA, LAURENT GALICHET, KURT STRAIF
International Agency for Research on Cancer, Lione, Francia

Dalla Rivista Lancet Oncology - Vol. 12, Dicembre 2011, pagg. 1190-91

Riassunto

Nel mese di ottobre 2011 si sono incontrati a Lione (Francia), presso l'Agenzia per la Ricerca sul Cancro (IARC), sedici esperti di nove Paesi, per riconsiderare sia la cancerogenicità dei bitumi e delle loro emissioni, che quella di alcuni idrocarburi policiclici aromatici (PAH_s). Le considerazioni fatte verranno pubblicate come Volume 103 della Monografia IARC. Nel frattempo i ricercatori di IARC hanno anticipato le conclusioni in un breve articolo comparso sulla rivista *Lancet Oncology*, che abbiamo tradotto a beneficio dei nostri lettori.

Summary

In October, 2011, 16 experts from nine countries met at the International Agency for Research on Cancer (IARC) in Lyon, France, to reassess the carcinogenicity of bitumens and their emissions, and of some N-heterocyclic and S-heterocyclic polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). These assessments will be published as Volume 103 of the IARC Monographs. The present paper, translated into Italian, reports the main conclusions of the meeting.

I bitumi sono prodotti per distillazione del petrolio grezzo durante la raffinazione del petrolio e sono anche presenti in natura (bitumi naturali). I bitumi possono essere divisi in sei grandi classi secondo le loro proprietà fisiche e le specifiche richieste per diverse applicazioni (**Appendice 1**).

L'uso principale dei bitumi è per le pavimentazioni stradali (ca. 80%); altri impieghi includono l'impermeabilizzazione dei tetti (*roofing*), vari tipi di impermeabilizzazione, la sigillatura e le pitture.

Il termine bitume non deve essere confuso con il termine asfalto, che si riferisce alla miscela del bitume (4-10% in peso) con inerti, sabbia e filler, che viene impiegato nelle pavimentazioni stradali.

Negli studi epidemiologici sono state considerate quattro maggiori esposizioni ai bitumi e alle loro emissioni, al fine di valutare i rischi di tumore: impermeabilizzazione tetti (*roofing*), pavimentazioni stradali, lavori con asfalto colato (*mastic asphalt*) e altre attività come la fabbricazione di prodotti bituminosi e la miscelazione dell'asfalto.

Gli addetti alla impermeabilizzazione dei tetti (*roofers*) sono spesso sottoposti a livelli relativamente alti di emissioni, a causa delle alte temperature di applicazione (Appendice 1). Una meta-analisi di sette studi pubblicati prima del 1994 riportava un aumento dei rischi di tumore al polmone (rischio relativo 1,78 [95% CI 1,50-2,10] dove per CI si intende l'Indice di Confidenza), con stime di rischio simili per gli stu- ➤



Appendice 1 Tipi di Bitume, produzione e usi secondo IARC

Classe	Nome corrente	Sinonimi	Processo di produzione	Usi principali
1	Bitume Straight Run	Bitume da distillazione Bitume stradale	Per distillazione del grezzo, seguita da distillazione sotto vuoto e/o da precipitazione con solvente	a. Conglomerato caldo per usi stradali (circa 120-170 °C) b. Conglomerato tiepido (ca. 100-140 °C)
	Bitumi duri		Ulteriore distillazione per ridurre la penetrazione	Asfalto colato (circa 200-250 °C)
2	Bitumi ossidati	Bitumi soffiati, trattati con aria, roofing	Prodotti da residui soffici da vuoto	
	Ossidati (soffiati totali)		Soffiaggio esteso	Impermeabilizzazioni, roofing (180-230 °C)
	Trattati con aria (semi-soffiati)	Air rectified	Soffiaggio limitato	Simili alla classe 1
3	Bitumi flussati	Cut-back	Bitumi della classe 1 o 2 flussati con solventi, con residui crackizzati termici, con distillati da petrolio o da catrame	Applicazioni stradali
4	Emulsioni bituminose		Dispersioni fini di goccioline di bitume in acqua, preparate con i bitumi di classe 1 (o 3 e 5)	Applicazioni stradali
5	Bitumi modificati		3-15% di additivi come polimeri, polverino di gomma, elastomeri, zolfo, acido polifosforico	Applicazioni specialistiche
6	Bitumi da cracking termici		Distillazione ad alta temperatura	Miscelazioni dei bitumi

di di coorte e per gli studi caso-controllo (*case-control*), questi ultimi aggiustati per il fumo di tabacco. Un successivo studio europeo di coorte tra i lavoratori esposti al bitume riportava un aumentato rischio di tumori al polmone tra i *roofers* e quelli addetti ad altre impermeabilizzazioni (rapporto di mortalità standardizzato [SMR] 1,33 [95% CI 0,73-2,23]). Tuttavia i *roofers* possono essere esposti anche ad altri cancerogeni polmonari, come ad esempio il catrame durante la rimozione di vecchi tetti, ed è difficile eliminare i fattori di potenziale confondimento. Questi studi di coorte hanno mostrato aumentati rischi di tumore del tratto aereo-digestivo; tuttavia non possono essere esclusi potenziali confondimenti legati al fumo di tabacco, all'assunzione di bevande alcoliche e ad altre esposizioni professionali. Una *meta-analisi* di quattro studi di lavoratori stradali non ha rivelato alcun aumento di tumori al polmone. Lo studio di coorte europeo, il maggiore studio pubblicato successivamente sui lavoratori delle pavimentazioni asfaltiche, aveva rison-

trato un modesto aumento di mortalità per il cancro al polmone, rispetto alla popolazione comune (SMR 1,17 [95% CI 1,04-1,30]). Tuttavia l'effetto veniva attenuato quando si prendevano come riferimento altri lavoratori delle costruzioni. Nella modellazione delle stime quantitative di esposizione alle emissioni del bitume (esposizione cumulativa, media e durata dell'esposizione), l'esposizione media era significativamente associata alla mortalità per tumore al polmone. In uno studio innestato caso-controllo (*nested case-control*) che escludeva i lavoratori che probabilmente erano stati esposti ai fumi di catrame, non è emerso alcun aumento del rischio di tumore al polmone, con diverse modalità di misurazione dell'esposizione al bitume. In generale, l'evidenza di rischio di tumore al polmone per i pavimentatori stradali e i lavoratori addetti alla manutenzione esposti al bitume è inconsistente. Inoltre, non si può escludere l'interferenza dell'esposizione ad altri agenti cancerogeni, come il catrame, i fu-

mi dei motori diesel, le polveri silicee. I lavoratori addetti alla stesa dell'asfalto colato sono quelli più esposti ad alti livelli di emissioni, date le alte temperature applicate (Appendice 1). Due studi hanno investigato i rischi di tumore associati all'esposizione al bitume durante i lavori di posa del colato: entrambi hanno mostrato un aumento di rischio per il tumore al polmone.

Tutti gli studi di cancerogenicità dei bitumi sugli animali sperimentali sono stati fatti sulle cavie (eccetto uno fatto sui ratti) sia con il bitume applicato sulla pelle, tal quale o in solvente (benzene, acetone, toluene, spiriti minerali, olio minerale), sia come condensato delle emissioni generate dai bitumi. Uno studio su tre fatti sui bitumi ossidati (classe 2) e altri quattro studi (inclusi i condensati) hanno mostrato un aumento del rischio di tumori alla pelle (**Appendice 2**).

Al contrario, nessuno degli studi con i bitumi *straight-run* da distillazione diretta (classe 1) o con i loro condensati, incluso lo studio di inalazione sui ratti, ha mostrato un aumento dei rischi.

Dei due studi fatti sui bitumi flussati (*cut-back*, classe 3), quello di iniziazione-promozione ha mostrato un'evidenza di un effetto di promozione dei tumori sulla pelle. I bitumi delle altre classi o non sono stati sperimentati in test biologici o hanno dato risultati non conclusivi.

I bitumi sono miscele complesse che contengono molti composti chimici organici. Le emissioni generate dal riscalda-

mento possono contenere PAH (policiclici aromatici), con numero di anelli da 2 a 7, dei quali molti sono mutagenici o cancerogeni. Nelle celle di mammiferi l'esposizione alle emissioni dei bitumi o ai loro condensati hanno prodotto intermedi mutagenici e addotti del DNA, provocando danni al DNA e micronuclei; causando inoltre stress cellulari e dissesto dei programmi di difesa cellulare. Confrontati con le popolazioni di controllo, il sangue e le urine degli asfaltatori stradali hanno mostrato più alti livelli di *urina mutagenica*, più alti livelli di specie reattive dell'ossigeno e alterazioni citogeniche come scambi di cromatidi fratelli, micronuclei e aberrazioni cromosomiche nei linfociti. Nei *roofer* le emissioni di bitume hanno indotto danni al DNA.

Il gruppo di lavoro ha concluso che c'era una "limitata evidenza" di cancerogenicità nell'uomo per l'esposizione ai bitumi e alle loro emissioni durante i lavori di *roofing*. Negli animali sperimentali c'era pure una "limitata evidenza" di cancerogenicità per i bitumi ossidati (classe 2), che sono usati soprattutto nel *roofing*, e "sufficiente evidenza" di cancerogenicità per i condensati dei fumi di questi bitumi ossidati.

Il gruppo di lavoro ha quindi classificato l'esposizione occupazionale ai bitumi ossidati e alle loro emissioni durante il *roofing* come "probabili cancerogeni per l'uomo" (Gruppo 2A). L'evidenza di cancerogenicità per l'esposizione dell'uomo ai bitumi e alle loro emissioni durante i lavori di pavimentazione stradale era "inadeguata".

Appendice 2 Cancerogenicità negli animali sperimentali nella classe dei bitumi riportata nell'Appendice 1

Classe	Grado di evidenza
Classe 1	Non adeguata
Condensati dei fumi	Non adeguata
Classe 2	Limitata
Condensati dei fumi	Sufficiente
Classi 1 e 2 Campioni riuniti	Limitata
Condensati de fumi	Non adeguata
Classe 3	Limitata
Classe 4	Non sperimentata
Classe 5	Non sperimentata
Classe 6	Non adeguata





Anche gli studi sugli animali sperimentali hanno prodotto una “evidenza inadeguata” per la cancerogenicità dei bitumi *straight-run* (da distillazione diretta) stradali e dei condensati dei loro fumi. Tuttavia una evidenza decisa di effetti mutagenici e genotossici sui pavimentatori stradali ha portato alla classificazione dell’esposizione occupazionale dei bitumi *straight run* e dei loro condensati, durante i lavori di asfaltatura, come “possibili cancerogeni per l’uomo”. (Gruppo 2B). C’era una “limitata evidenza” per l’uomo relativa alla cancerogenicità dell’esposizione occupazionale ai bitumi e alle loro emissioni durante i lavori di posa dell’asfalto colato. In assenza di dati sugli animali sperimentali per questi

bitumi, l’esposizione occupazionale ai bitumi *duri* e alle loro emissioni durante i lavori con il colato sono stati classificati come “possibili cancerogeni per l’uomo” (Gruppo 2B). Le valutazioni per i PAH eterociclici contenenti azoto (N-eterociclici) e zolfo (S-eterociclici), alcuni dei quali sono stati trovati nelle emissioni dei bitumi, sono mostrati in **Tab. 1**. Non sono stati riportati studi epidemiologici relativi a questi PAH. Studi della dibenzo(a,j)acridina e della dibenzo(c,h)acridina nei sistemi sperimentali hanno mostrato decisa evidenza della loro genotossicità, che ha portato a una più alta valutazione globale (Gruppo 2A e 2B, rispettivamente) rispetto alla valutazione basata solo sui dati biologi. ■

Tab. 1 Valutazione degli idrocarburi policiclici aromatici contenenti eteroatomi S ed N

Agente	Evidenza di cancerogenicità negli animali sperimentali	Evidenza meccanicistica	Valutazione Globale
Benzo(a)acridina	Non adeguata	Debole	3
Benzo(c)acridina	Limitata	Debole	3
Dibenzo(a, h)acridina	Sufficiente	Moderata	2B
Dibenzo(a, j)acridina	Sufficiente	Forte	2A *
Dibenzo(c, h)acridina	Limitata	Forte	2B *
Carbazolo	Sufficiente	Debole	2B
7H-dibenzo(c,g)carbazolo	Sufficiente	Moderata	2b
Dibenzotiofene	Inadeguata (no dati)	Debole	3
Benzo(b)naftol(2,1-d)tiofene	Limitata	Debole	3

(*) La forte evidenza meccanicistica ha contribuito alla valutazione totale