



INTERNATIONAL CARBON BLACK ASSOCIATION

Guida utente nero di carbonio

Sicurezza, Salute &
Informazioni Ambientali

NOTE IMPORTANTI

Questo libretto non è una scheda dei dati di sicurezza (SDS) e non è destinato a essere un sostituto del SDS. Si prega di mantenere e rivedere il più recente SDS disponibile presso il proprio fornitore di nero di carbonio prima di lavorare con questo prodotto.

L'Associazione Carbon Black International (ICBA) è una società scientifica senza scopo di lucro fondata nel 1977. Lo scopo della ICBA è quello di sponsorizzare, condurre e partecipare alle indagini di ricerca e analisi in materia di salute, sicurezza e ambiente negli aspetti della produzione e l'uso del nero di carbonio.

L'associazione è gestita e amministrata da un consiglio di amministrazione nominato dall'Assemblea delle aziende associate. Questo consiglio di amministrazione definisce le strategie e fornisce la direzione generale al gruppo consultivo scientifico (SAG), al comitato di sicurezza regionale del prodotto e ai comitati di regolamentazione (PSRC), integrando e controllando le attività del SAG e dei PSRC per stabilire gli obiettivi e le priorità.

Ci sono quattro entità che riferiscono al consiglio e che eseguono le strategie e le priorità che sono state stabilite. Questi includono il gruppo scientifico consultivo (SAG), il comitato regolatore e di sicurezza del prodotto per il Nord America, Europa e Asia-Pacifico.

Altre informazioni possono essere trovate qui:

www.carbon-black.org.

La presente guida sintetizza le informazioni riguardanti la salute, sicurezza e ambiente per la progettazione operativa, la manutenzione, la formazione, gli interventi di emergenza, la sicurezza, e le pratiche di manipolazione associate con l'uso del nero di carbonio. Le informazioni contenute in questo documento sono fornite con il fine di completare le conoscenze degli utenti addestrati e qualificati al nero di carbonio.

Questa pubblicazione rappresenta le attuali conoscenze dei membri dell'associazione internazionale del nero di carbonio a partire dalla data di pubblicazione. Gli utenti devono rimanere informati sui nuovi sviluppi e sulle informazioni delle proprietà del nero di carbonio, sulla tecnica di trattamento e i requisiti normativi che si verificano dopo la data di pubblicazione. Tutte le domande devono essere indirizzate al fornitore del nero di carbonio.

INDICE

INFORMAZIONI GENERALI			
Cos'è il nero di carbonio?	4	Controllo ingegneristico	15
Com'è prodotto?	4	Protezione respiratoria	15
Nero di carbonio, fuliggine e carbone nero	5	SORVEGLIANZA SANITARIA	16
Struttura della particella – Morfologia	6	AMBIENTE	
SICUREZZA		Emissioni di gas serra	17
Combustibile/pericolo esplosione polvere	9	Utilizzo dell'acqua	17
Pericolo d'incendio	9	Rifiuti	17
Pulizia e pratiche di lavoro sicuro	9	Aria	17
Stoccaggio e manipolazione	10	Acque reflue	17
Spazi confinati	10	Perdite o fuoriuscite	18
Primo soccorso acuto	10	TRASPORTO	
SALUTE		Contenitori di spedizione	19
Studi umani	11	Classificazioni di trasporto	19
Studi animali correlati alla cancerogenicità	12	Auto-riscaldamento	19
Classificazione cancerogena	12	GESTIONE DEL PRODOTTO	
Mutagenesi	13	Nero di carbonio in materiali a contatto con gli alimenti	20
Effetti sulla riproduzione	13	Registri nazionali e altre normative applicabili	20
L'ingestione cronica	13	APPENDICE A	22
Contatto con gli occhi	13	Studi sulla salute dei lavoratori nell'industria del nero di carbonio, gomma e toner	
Contatto con la pelle	13	APPENDICE B	28
Sensibilizzazione	13	Limiti di esposizione selezionati per il nero di carbonio	
Test irritazione animale	13	RIFERIMENTI	30
IGIENE DEL LAVORO			
Panoramica	14		
Valutazione dell'esposizione nell'aria	14		
Limiti di esposizione professionale	14		
Valutazione dimensione delle particelle	14		

INFORMAZIONI GENERALI

Cos'è il nero di carbonio?

Il nero di carbonio [C.A.S. No. 1333-86-4] è praticamente puro carbonio elementare in forma di particelle colloidali che sono prodotte da parziale combustione o decomposizione termica di idrocarburi gassosi o liquidi in condizioni controllate. Il suo aspetto è quello di polvere nera, pellet o polvere finemente suddivisa. Il suo uso in pneumatici, gomma e materie plastiche, inchiostri da stampa e rivestimenti è legata alla proprietà della superficie specifica, la dimensione delle particelle e la sua struttura, la conducibilità, e il suo colore. La tabella 1 fornisce le informazioni generali sul nero di carbonio. La produzione mondiale nel 2012 è stata di circa 24 miliardi di libbre [11 milioni di tonnellate]. Circa il 90% del nero di carbonio è utilizzata in applicazioni in gomma, con il resto utilizzato come ingrediente essenziale in centinaia di applicazioni diverse, come la plastica, i pigmenti e i rivestimenti.

I prodotti moderni con nero di carbonio sono diretti discendenti dei primi "lampblacks" prodotti dai cinesi oltre 3.500 anni fa. Questi lamp blacks non erano molto puri e differivano notevolmente nella loro composizione chimica dal nero di carbonio attuale. Dalla metà del 20° secolo, il nero di carbonio è stato prodotto con il processo a fornace ad olio, che è più spesso indicato come fornace nera.

Com'è prodotto?

Due processi produttivi di carbonio nero (fornace nera e nero termico) producono la quasi totalità del nero di carbonio mondiale, il processo di fornace nera risulta essere il più comune.

Il processo di fornace nera utilizza oli aromatici pesanti come materia prima. Il forno di produzione utilizza ugelli nebulizzatori in un reattore chiuso per pirolizzare l'olio in condizioni attentamente controllate (principalmente temperatura e pressione). La materia prima viene introdotta in un flusso di gas caldo in cui la materia prima vaporizza e poi pirolizza per formare delle particelle di carbonio microscopiche. Nella maggior parte dei reattori a forno, la velocità di reazione è controllata dal vapore o spray di acqua. Il nero di carbonio fluisce dal reattore attraverso degli scambiatori di calore e viene raffreddato e raccolto in filtri a maniche in un processo continuo. Il nero di carbonio in uscita può essere ulteriormente trattato per rimuoverne le impurità. Dopo i filtri a maniche, il nero di carbonio è pellettizzato, asciugato, confezionato e preparato per la spedizione. Il gas residuo o il gas di coda del reattore a forno comprende una varietà di gas come il monossido di carbonio e l'idrogeno. La maggior parte delle

Tabella 1

Informazioni generali e proprietà fisico-chimiche

Nome chimico:	Nero di carbonio
Sinonimi:	Nero acetilene, canale nero, fornace nera, gas nero, nerofumo, nero termico
Nome CAS:	Nero di carbonio
Numero Registro CAS:	1333-86-4
Formula chimica (Molecolare):	C
Peso formula:	12 (come il carbonio)
Stato fisico:	Solido: polvere o pellet
Solubilità:	Acqua: insolubile, Solvente: insolubile
Colore:	Nero

fornaci nere utilizzano una parte di questo gas residuo per produrre calore, vapore o energia elettrica. (Vedi Figura 1a. Tipico processo di produzione in una fornace nera.)

Il processo nero termico utilizza gas naturale, composto principalmente da metano, come materia prima. Il processo utilizza una coppia di forni che si alternano circa ogni cinque minuti tra il preriscaldamento e la produzione di nero di carbonio. Il gas naturale viene iniettato nel forno refrattario caldo e in assenza di aria, il calore decompone il gas naturale in nero di carbonio e idrogeno. Il flusso di aerosol del materiale viene spento con spruzzi d'acqua e filtrato in un filtro a maniche. Il nero di carbonio in uscita può essere ulteriormente trattato per rimuovere le impurità, pellettizzato, e poi confezionato per la spedizione. L'idrogeno in uscita viene bruciato per preriscaldare il secondo forno. Il calore residuo può essere utilizzato per generare energia elettrica. (Vedi Figura 1b. Tipico processo termico di produzione del nero di carbonio.)

Nero di carbonio, fuliggine e carbone nero

Il nero di carbonio non è fuliggine né carbone nero. "Fuliggine"

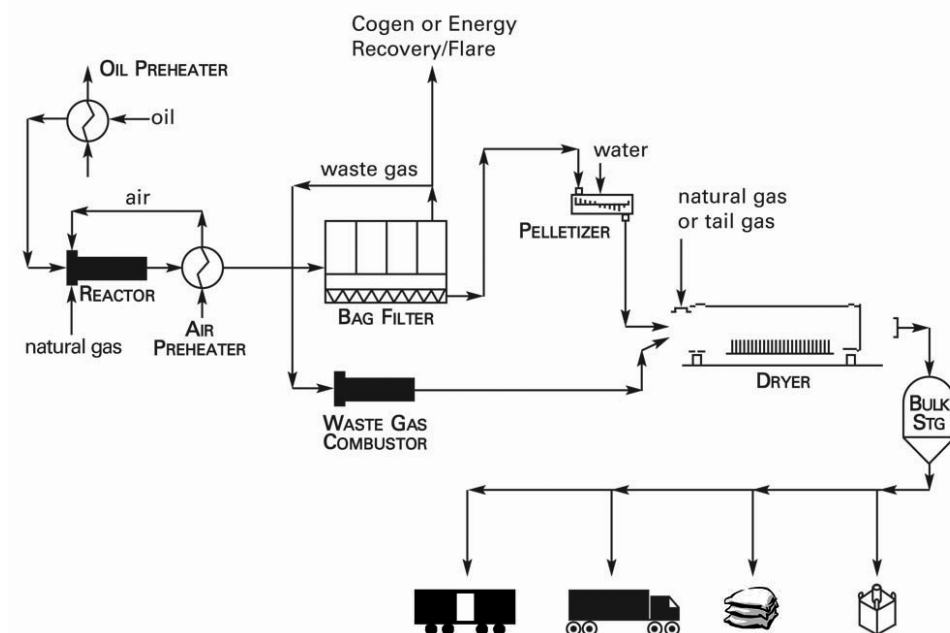


Figure 1a

Tipico processo produttivo fornace nera

e "carbone nero" sono i due nomi più comuni applicati alle emissioni da incendi e combustione incompleta dei combustibili contenenti carbonio (ad esempio, oli usati, carburanti benzina, gasolio, carbone, pece di catrame di carbone, olio scisto bituminoso, legno, carta, gomma, plastica e resine). Tali emissioni contengono carbonio elementare, ma anche quantità significative di sostanze organiche e altri composti. "Fuliggine" si riferisce a particelle ricche di carbonio prodotte da una varietà di diversi processi di combustione, come lo scarico dei motori diesel, una fonte importante di fuliggine urbana. "Carbone nero" è un termine usato per descrivere nell'aria urbana o ambientale particolato carbonioso che è stato misurato in molti studi recenti come particolato ambientale. Mentre il nero di carbonio è costituito quasi esclusivamente di carbonio elementare puro (> 97%), la fuliggine è una sostanza eterogenea che consiste di meno del 60% di carbonio elementare e con grandi porzioni di impurezze

inorganiche (ceneri e metalli) e specie di carbonio organico. Il nero di carbonio è generalmente costituito da <1% di composti organici estraibili, compresi idrocarburi aromatici policiclici (PAH). Al contrario, le particelle di fuliggine possono essere costituite da più del 50% da specie organiche e possono includere alte concentrazioni di metalli e PAH, a seconda del materiale di partenza. Per esempio, le particelle di fuliggine di scarico dei motori diesel sono normalmente costituite da un nucleo di carbonio elementare ricoperto da materiale organico contenente azoto e PAH.

Nel caso del nero di carbonio commerciale, contaminanti organici, come i PAH possono essere estratti solo sotto rigorose procedure analitiche di laboratorio, utilizzando solventi organici aggressivi e ad alte temperature. Acqua e fluidi sono inefficaci nel rimuovere i PAH dalla superficie del nero di carbonio; pertanto, i PAH non sono considerati

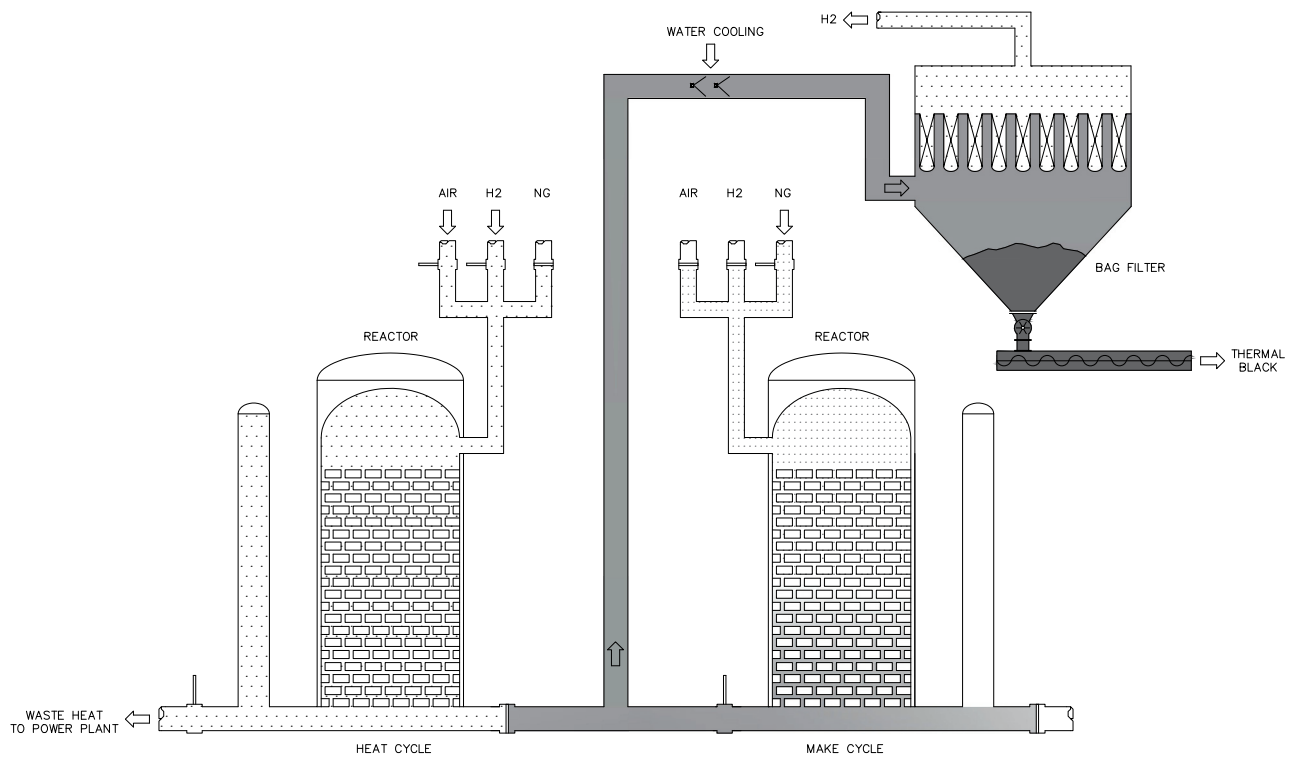


Figure 1b

Tipico processo termico del nero di carbonio

biologicamente disponibili quando sono adsorbiti dal nero di carbonio.

Altri due prodotti carboniosi commerciali spesso confusi con il nero di carbonio sono i carboni attivi e i pigmenti del carbonio. Ciascuno è prodotto da processi diversi dal nero di carbonio e ognuno possiede proprietà fisiche e chimiche uniche

Struttura della particella – Morfologia

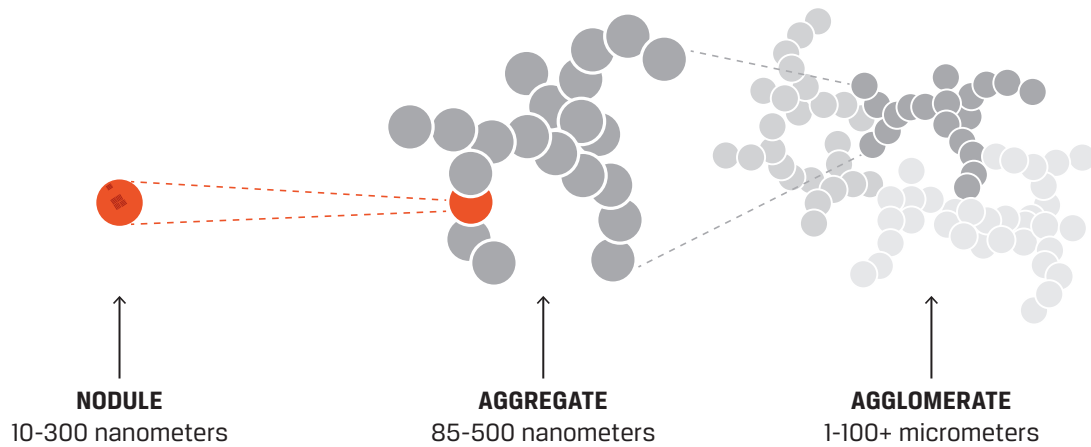
ASTM D3053-13a, *terminologia standard relativa al nero di carbonio* fornisce la seguente definizione e la discussione relative al nero di carbonio e la sua morfologia:

Nero di carbonio, n - un materiale multistrato, composto principalmente di carbonio elementare, ottenuto dalla parziale combustione o decomposizione termica di

idrocarburi, esistente come aggregati di aciniforme, morfologia composta da particelle primarie sferoidali che presentano uniformità di dimensioni di particelle primarie in un dato aggregato [1] e turbostratico all'interno delle particelle primarie.

Il nero di carbonio possiede una gerarchia di caratteristiche morfologiche: particelle (cioè particelle primarie), aggregati e agglomerati. Mentre il mattone fondamentale del nero di carbonio è la particella primaria, che quasi esiste in isolamento, ma è fortemente fusa da legami covalenti in aggregati. [1] Le particelle primarie sono di natura concettuale, nel senso che una volta che l'aggregato è formato, la particella primaria non esiste più, non è più discreta e non ha confini fisici tra loro. Una volta prodotti, i singoli aggregati si uniscono con legami di Van Der Waals per formare agglomerati. Gli agglomerati non si

^[1] L'unica eccezione a questa caratteristica generale del nero di carbonio prodotto è il nero termico, in cui possono esistere particelle primarie in isolamento e le dimensioni delle particelle primarie all'interno di un aggregato non sono necessariamente uniformi.

**Figura 2**

Sequenza dello sviluppo della struttura del nero di carbonio

Il nodulo sferoidale (particelle primarie) è l'elemento fondamentale del nero di carbonio, fondendo in aggregati di dimensione colloidale forma una morfologia aciniforme (come l'uva). Le forti forze elettriche mantengono l'integrità dell'aggregato e promuovono la formazione di agglomerati.

scompongono in componenti più piccoli a meno che non vi sia un'adeguata forza applicata (ad esempio, una forza di taglio). La particella primaria e le dimensioni complessive sono proprietà distributive e variano a seconda del grado del nero di carbonio. Il microscopio elettronico a trasmissione mostra che mentre le particelle primarie e i formati aggregati variano notevolmente entro un dato grado di nero di carbonio, la dimensione delle particelle primarie è essenzialmente uniforme all'interno di un aggregato individuale. [1]

Seguendo la definizione ASTM D3053-13a e applicando la Standardization's (ISO) Technical Specification 80004-1 del 2015. Il nero di carbonio è considerato un materiale nanostrutturato (vale a dire, un materiale con struttura interna o superficiale in scala nanometrica).

Figura 2 illustra la sequenza dello sviluppo della struttura. La dimensione della particella primaria è nell'intervallo del nanoscala. Tuttavia, in genere le particelle primarie non esistono in isolamento nella polvere del nero di carbonio. Nel momento in cui le particelle primarie sono fuse / covalentemente legate insieme, la distribuzione delle dimensioni delle particelle primarie non è rilevante per il nero di carbonio. Come descritto sopra, le particelle primarie sferoidali legano fortemente o fondono insieme per formare entità distinte chiamate aggregati (**figura 3**). Gli aggregati sono strutture robuste, in grado di resistere alle forze di taglio; sono le più piccole unità dispersibili. Gli agglomerati sono difficili da misurare con precisione dato che si rompono quando vengono applicate forze di taglio.

Tipicamente, il nero di carbonio è trasportato e immesso sul mercato in forma di pellets (cioè, agglomerati compressi) per

facilitare la manipolazione e ridurre la formazione di polvere (**figura 4**). La dimensione del pellet è generalmente inferiore al millimetro.

Figura 3

Microscopio elettronico a scansione - Vista di un tipico aggregato di nero di carbonio consistente in particelle primarie fuse (280,000x)

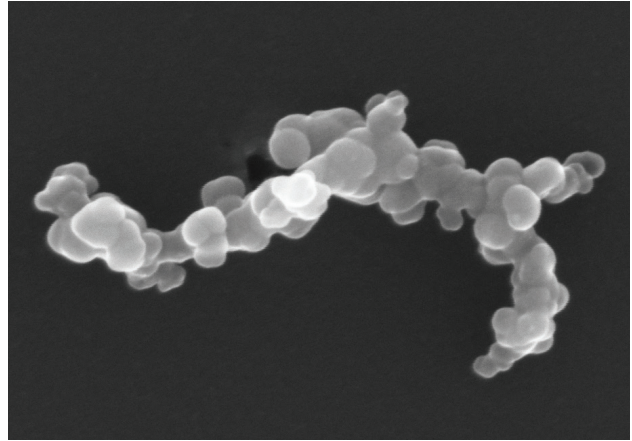


Figura 4

Pellets di nero di carbonio (agglomerati compressi) come tipicamente si presenta sul mercato



SICUREZZA

Combustibile^[2]/Pericolo Esplosione Polvere

Secondo i vari test internazionali (ad esempio ASTM 1226, EN 14034, VDI 2263), il nero di carbonio è una polvere esplosiva sotto condizioni di laboratorio (classe di rischio ST-1, esplosione debole). Tutte le polveri infiammabili sono combustibili; tuttavia, non tutte le polveri combustibili sono esplosive. Il nero di carbonio è sia un combustibile sia un esplosivo.

La **concentrazione minima esplosiva** (MEC) per la polvere di nero di carbonio sospesa in aria è $>50 \text{ g/m}^3$. Questa concentrazione è molto maggiore rispetto agli attuali limiti di esposizione professionale.

Una differenza principale tra il nero di carbonio e altre polveri infiammabili è l'energia elevata necessaria per l'accensione del nero di carbonio per avviare un'esplosione. La polvere della maggior parte del nero di carbonio sospesa in aria in quantità sufficiente ($> 50 \text{ g/3m}$) ha un'**energia minima di accensione** (MIE) superiore a $> 1\text{kJ}$ secondo i test internazionali (ad esempio, ASTM 2019, EN 13821, VDI 2263).

Il MEC e il MIE dipendono dalla dimensione delle particelle e dal contenuto di umidità. Questi parametri possono variare quando il nero di carbonio è miscelato con altre sostanze, soprattutto se il nero di carbonio viene miscelato con un combustibile o un'infiammabile. Pertanto, si raccomanda di testare la miscela per determinarne i parametri di esplosività.

Il nero di carbonio e fumante può rilasciare monossido di carbonio (CO), che, combinato con il nero di carbonio può formare delle miscele esplosive con l'aria. A seconda della composizione della miscela ibrida (CO / nero di carbonio), i parametri di esplosività (ad esempio, il limite di infiammabilità inferiore, MEC, e MIE) possono variare. La polvere di nero di carbonio può contribuire ad esplosioni di polvere secondarie (le onde della prima esplosione creano una nube di polvere di nero di carbonio che viene poi accesa dall'esplosione primaria).

Buone pratiche di ingegneria, buone pratiche di pulizia e sistemi di rimozione della polvere riducono al minimo le emissioni di nero di carbonio e il conseguente suo accumulo su superfici orizzontali e verticali. Le emissioni del nero di carbonio dovrebbero essere ridotte al minimo e le attività di pulizia svolte periodicamente (vedere NFPA 654, Tabella A.6.7).

Pericolo d'incendio

Il nero di carbonio in polvere impalpabile o in pellet sono combustibili che bruciano lentamente (bruciano senza fiamma) e alimentano la combustione che potrebbe non essere visibile con fiamme o fumo. In caso di incendio, spruzzi di acqua e getti potrebbero provocare la propagazione dell'incendio perché la polvere del nero di carbonio galleggia sull'acqua. Uno spruzzo di acqua è consigliato quando l'acqua viene utilizzata come agente estinguente. Anche, la schiuma è un agente estinguente accettabile. Il gas di azoto o CO₂ possono essere utilizzati come agente estinguente per il nero di carbonio fumante in silos o zone circoscritte. Il nero di carbonio incendiato (o sospettato di aver preso fuoco) dovrebbe essere osservato per almeno 48 ore per garantire che i fumi siano cessati. I gas di combustione generati dal nero fumante comprendono il monossido di carbonio (CO), anidride carbonica (CO₂) e ossidi di zolfo.

Pulizia e pratiche di lavoro sicuro

La pulizia generale e del prodotto sversato è molto importante per il controllo delle esposizioni del nero di carbonio. La polvere di nero di carbonio si diffonde facilmente in aria attraverso qualsiasi corrente d'aria o movimento. Inoltre, il nero di carbonio può macchiare le superfici esposte. Sono altamente raccomandate le procedure di pulizia che evitano la produzione di polvere o la generazione di emissioni fugitive nel processo. Gli aspirapolvere a secco, con la giusta filtrazione, sono il metodo preferito per la rimozione della polvere sulle superfici e per gli sversamenti nell'ambiente. Bisogna evitare di spazzare o utilizzare dell'aria compressa. I volumi di nero di carbonio devono essere sempre coperti

^[2] La polvere combustibile è definita come particelle solide finemente suddivise che presentano un pericolo di esplosione o di incendio quando disperse e accese in aria. (NFPA , 654 , 2013)

o contenuti. Si deve prestare attenzione al fine di evitare condizioni che possono comportare un'esposizione inutile.

La polvere di nero di carbonio può penetrare in scatole elettriche e altri dispositivi elettrici, possibilmente creando rischi di natura elettrica con conseguente guasti alle apparecchiature. I dispositivi elettrici che possono essere esposti alla polvere di nero di carbonio devono essere ermeticamente chiusi purgati con aria pulita, periodicamente ispezionati e puliti, come richiesto.

Alcuni tipi di nero di carbonio possono essere meno conduttivi elettricamente, permettendo un accumulo di energia statica durante la manipolazione. Può essere richiesta in determinate condizioni la messa a terra delle apparecchiature e dei sistemi di trasporto. Rivolgersi al proprio fornitore di nero di carbonio per le proprietà dello specifico tipo di nero di carbonio.

Le pratiche di lavoro sicuro includono l'eliminazione di potenziali fonti di accensione in prossimità della polvere di nero di carbonio, una buona pulizia per evitare accumuli di polvere su tutte le superfici, la progettazione appropriata di sistemi di ventilazione e di manutenzione per controllare i livelli di polvere nell'aria al di sotto del limite di esposizione professionale applicabile, evitare di spazzare o di pulire con aria compressa, evitare l'uso del nero di carbonio con materiali incompatibili (ad esempio clorati e nitrati), nonché formare in maniera professionale i dipendenti sul rischio.

Immagazzinamento e trattamento

Il nero di carbonio deve essere conservato in un luogo asciutto e pulito, non esposto ad alte temperature, in prossimità di fonti di fiamma libera e forti ossidanti (ad esempio, clorati, bromati, ossigeno liquido o compresso, e nitrati). Poiché il nero di carbonio adsorbe l'umidità e i vapori chimici, dovrebbe essere immagazzinato in contenitori chiusi. Fare riferimento alla scheda di sicurezza del fabbricante o del fornitore per ulteriori informazioni.

Spazi confinati

Entrare in contenitori, silos, cisterne, autobotti, o altri spazi ristretti utilizzati per la spedizione o per lo stoccaggio del nero di carbonio dovrebbe essere fatto solo seguendo opportune procedure. Alcuni tipi di nero di carbonio possono presentare tracce di monossido di carbonio adsorbito sulle superfici delle particelle. Il nero di carbonio fumante è in grado di produrre livelli nocivi di monossido di carbonio in uno spazio confinato o in aree con ventilazione limitata.

Primo soccorso acuto

Non ci sono prove che evidenziano che l'esposizione acuta al nero di carbonio può provocare lesioni che possono essere letali o malattie. L'ingestione è un metodo di esposizione accidentale e improbabile. Il nero di carbonio non produce sensibilizzazione respiratoria o cutanea. Come molte polveri, l'inalazione del nero di carbonio può avviare una risposta bronchiale tra gli individui con malattie polmonari preesistenti.

Inalazione: esposizioni a breve termine con concentrazioni elevate possono produrre un disagio temporaneo al tratto respiratorio superiore il quale può provocare tosse e respiro affannoso. Togliersi dall'esposizione al nero di carbonio è normalmente sufficiente per fare regredire i sintomi senza effetti duraturi.

Contatto con la pelle: la polvere del nero di carbonio può causare secchezza della pelle con contatto ripetuto e prolungato. L'essiccazione della pelle può anche derivare dai frequenti lavaggi effettuati per eliminare la contaminazione del nero di carbonio. Il nero di carbonio può essere lavato via dalla pelle con acqua e sapone con delicata azione lavante. Possono essere necessarie più lavaggi per rimuovere il nero di carbonio. Una crema protettiva sulla superficie della pelle esposta può anche essere un metodo efficace per ridurre al minimo l'esposizione cutanea.

Ingestione: Non si prevedono effetti avversi con l'ingestione del nero di carbonio. Non provoca il vomito.

Contatto con gli occhi: Il nero di carbonio non è un irritante chimico. Trattare i sintomi come irritazione meccanica. Risciacquare accuratamente gli occhi con acqua per rimuovere la polvere. Se l'irritazione persiste o i sintomi si sviluppano consultare un medico.

SALUTE

Studi sull'uomo

Il nero di carbonio è stato oggetto di approfonditi studi di salute scientifici nel corso degli ultimi decenni, così come di quattro revisioni complete pubblicate dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) nel 1984, 1987, 1995 e 2006. Anche se il nero di carbonio è stato classificato dalla IARC come cancerogeno del gruppo 2B (possibile cancerogeno per l'uomo) questo si basa su un accertamento di "prove sufficienti negli animali da laboratorio", ma non vi è "prova adeguata della cancerogenicità del nero di carbonio nell'uomo." Le prove scientifiche indicano che il ratto di laboratorio è una specie particolarmente sensibile nelle sue risposte polmonari all'inalazione continua di alte dosi di particelle a bassa solubilità (<1,0 micrometro di diametro. Gli effetti polmonari osservati nei ratti, tra cui le risposte infiammatorie e fibrotiche, portano infine alla formazione di tumori polmonari, ma non sono state osservate in altre specie di roditori, come topi e criceti. Gli studi sulla mortalità dei lavoratori nell'industria del nero di carbonio non mostrano un'associazione tra l'esposizione al nero di carbonio e tassi elevati di cancro al polmone.

Gli studi hanno dimostrato, tuttavia, che l'esposizione regolare a nero di carbonio e altre particelle scarsamente solubili per lunghi periodi di tempo può giocare un ruolo nella diminuzione della capacità polmonare, misurata in volume espiratorio forzato in un secondo (FEV₁). È opportuno adottare buone pratiche di igiene sul lavoro per mantenere l'esposizione dei lavoratori al di sotto del limite di esposizione professionale. (Vedere la sezione **Igiene del Lavoro** e **l'Appendice B**)

Studi sulla mortalità

Uno studio sugli addetti alla produzione del nero di carbonio nel Regno Unito ha riscontrato un aumento del rischio di cancro al polmone in due dei cinque impianti studiati; tuttavia, l'aumento non è stato correlato alla dose di nero di carbonio. Così, gli autori non hanno considerato l'esposizione al nero di carbonio come causa dell'aumento del rischio di cancro al polmone. Uno studio tedesco sui lavoratori del nero di carbonio in uno stabilimento (Morfeld et al, 2006;... Buechte et al, 2006) ha riscontrato un simile aumento del rischio di cancro ai polmoni, ma, come lo studio del Regno Unito (Sorahan et al, 2001), non

ha riscontrato associazione con l'esposizione al nero di carbonio. Un ampio studio americano su 18 stabilimenti ha mostrato una riduzione del rischio di cancro al polmone nei lavoratori addetti alla produzione del nero di carbonio (Dell et al., 2006). Sulla base di questi studi, il gruppo di lavoro dell'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) del febbraio 2006 ha concluso che l'evidenza di cancerogenicità nell'uomo è insufficiente (IARC, 2010).

Dopo la valutazione IARC sul nero di carbonio, Sorahan e Harrington (2007) hanno rianalizzato i dati dello studio inglese con un'ipotesi di esposizione alternativa e hanno riscontrato una correlazione positiva con l'esposizione al nero di carbonio in due dei cinque impianti. La stessa ipotesi di esposizione è stata applicata da Morfeld e McCunney (2009) per il gruppo tedesco, e da Dell et al. (2015) per il gruppo degli Stati Uniti; al contrario non hanno trovato alcuna associazione tra l'esposizione al nero di carbonio e il rischio di cancro al polmone e, quindi, nessun supporto per l'ipotesi di esposizione alternativa utilizzata da Sorahan e Harrington.

Oltre all'analisi alternativa dell'esposizione, Dell et al. (2015) hanno aggiornato lo studio degli Stati Uniti per includere la valutazione della presenza in vita fino al 2011, e le valutazioni cumulative sulla relazione tra dose di esposizione e risposta. Gli autori non hanno riscontrato nessun picco anomalo di cancro del polmone o di malattie respiratorie non maligne.

Nel complesso, come risultato di queste ricerche dettagliate, non è stato dimostrato alcun nesso causale tra l'esposizione al nero di carbonio e il rischio di cancro negli esseri umani.

Studi sulla morbilità

I risultati degli studi epidemiologici sui lavoratori addetti alla produzione del nero di carbonio suggeriscono che l'esposizione cumulativa al nero di carbonio può causare piccoli e decrementi non clinici della funzione polmonare. Uno studio sulla morbilità respiratoria negli Stati Uniti ha suggerito un calo di 27 ml in FEV₁ in seguito all'esposizione per una media di 8 ore al giorno a un 1 mg/m³

(frazione inalabile) per un periodo di 40 anni (Harber, 2003). Un'indagine europea in precedenza aveva suggerito che l'esposizione a 1 mg/m³ (frazione inalabile) di nero di carbonio

nel corso della vita lavorativa di 40 anni si tradurrebbe in un calo di 48 ml di FEV1 (Gardiner, 2001). Tuttavia, i decrementi stimati di FEV1 di entrambi gli studi sono stati solo al limite della significatività statistica. Il declino normale dovuto all'età per un periodo di tempo simile sarebbe di circa 1200 ml.

Nello studio degli Stati Uniti, il 9% del gruppo non fumatori con esposizione massima (rispetto al 5% del gruppo non esposto) ha riportato sintomi compatibili con bronchite cronica. Nello studio europeo, limitazioni metodologiche nella somministrazione del questionario limitano le conclusioni che si possono trarre sui sintomi riportati. Questo studio, tuttavia, ha indicato un legame tra il nero di carbonio e piccole opacità sulle lastre al torace, con effetti trascurabili sulla funzione polmonare.

Vedi **Appendice A** per informazioni più dettagliate su questi studi sull'uomo.

Studi sugli animali correlati alla cancerogenicità

Gli studi sull'inalazione a lungo termine, fino a due anni di durata, hanno portato a infiammazione cronica, fibrosi polmonare, tumori polmonari in alcuni ratti esposti a concentrazioni molto elevate di nero di carbonio. Non sono stati osservati tumori in altre specie di animali in condizioni di studio simili. Questi stessi effetti sono stati osservati in ratti esposti a diverse altre particelle di polvere scarsamente solubili. Molti ricercatori che conducono studi sull'inalazione nel ratto ritengono che gli effetti osservati derivino dalla massiccia accumulazione di piccole particelle di polvere nel polmone del ratto dopo l'esposizione a concentrazioni molto elevate. Questi accumuli sovraccaricano i meccanismi di pulizia polmonare naturali del ratto e producono un fenomeno che viene descritto come "sovraccarico polmonare". Gli effetti non sono il risultato di uno specifico effetto tossico della particella di polvere nel polmone. Molti tossicologi specializzati ritengono che la risposta tumorale osservata negli studi sul ratto sopra citati sia specie-specifica e non sia in relazione all'esposizione umana (ECETOC, 2013).

Classificazione cancerogena

La valutazione dell'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) (Monografie 65 & 93; Pubblicazioni 1996 & 2010, rispettivamente) ha concluso che "Non vi è sufficiente evidenza negli animali da laboratorio della cancerogenicità a nero di carbonio." Questa categorizzazione è basata sulle

linee guida di IARC, che richiedono una tale classificazione se una specie manifesta cancerogenicità in due o più studi. Tuttavia, IARC ha rilevato che non vi erano prove sufficienti della cancerogenicità del nero di carbonio. La valutazione generale IARC è stata che il nero di carbonio è un possibile cancerogeno per l'uomo (Gruppo 2B).

La posizione di altri organismi autorevoli, ricerca, o organizzazioni normative sulla classificazione del nero di carbonio come sostanza cancerogena è indicata di seguito:

- ◆ L' American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH 2010) classifica il nero di carbonio come A3, *Confermata cancerogenicità sugli animali Rilevanza sconosciuta per l'uomo*
- ◆ Il U.S. National Toxicology Program (NTP) non ha classificato il nero di carbonio come cancerogeno
- ◆ La U.S. Occupational Safety and Health Administration (U.S. OSHA) non ha classificato il nero di carbonio come cancerogeno.
- ◆ Il documento sui criteri per il nero di carbonio (1978) dello U.S. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) raccomanda che solo il nero di carbonio con livelli di contaminazione da idrocarburi policiclici aromatici superiori allo 0,1% (1.000 ppm) sia considerato un sospetto cancerogeno.
- ◆ L'Office of Environmental Health Hazard Assessment (OEHHA) della California Environmental Protection Agency ha aggiunto il "nero di carbonio (particelle volatili, non legate, di dimensioni respirabili)" (CAS 1333-86-4) all'elenco di sostanze incluse nella Proposizione 65 sostanze, il 21 febbraio 2003. Tale inserimento, innescato dal meccanismo dell'Ente Autorevole del California Code of Regulation è basato esclusivamente sulla classificazione da parte di IARC nel 1996 del nero di carbonio come cancerogeno di gruppo 2B
- ◆ La commissione della Germania MAK ha classificato il nero di carbonio come un sospetto cancerogeno, categoria 3B
- ◆ Il Ministero del Lavoro, Salute e welfare del Giappone "raccomanda" la classificazione del nero di carbonio come cancerogeno, categoria 2; Tossicità specifica per organi bersaglio a seguito di esposizione ripetuta, categoria 1
- ◆ Taiwan Council of Labor Affairs "raccomanda" la classificazione del nero di carbonio come cancerogeno, categoria 2

- ◆ L'Agenzia coreana per la Salute e Sicurezza sul Lavoro "raccomanda" la classificazione del nero di carbonio come cancerogeno, categoria 2; Tossicità specifica per organi bersaglio a seguito di esposizione ripetuta, categoria 1
- ◆ In accordo con lo United Nations Global Harmonized System (GHS) adottato dall'Hazar Communication Standard della OSHA negli USA nel 2012, associazione internazionale Carbon Black ha stabilito che il nero di carbonio non soddisfa i criteri di classificazione come cancerogeno per l'uomo. L'evidenza epidemiologica di indagini ben condotte, non ha mostrato alcun legame causale tra l'esposizione al nero di carbonio e il rischio di malattie respiratorie non maligne o maligne nell'uomo.

C'è stata preoccupazione per il contenuto di IPA (a volte indicati come aromatici polinucleari [PNA]) in alcuni studi su animali si è riscontrata la carcinogenicità di alcuni IPA in forma non adsorbita. Tuttavia, gli studi in vitro indicano gli PAH contenuti nel nero di carbonio sono legati fortemente al nero di carbonio e non sono biodisponibili (Borm, 2005). Studi scientifici hanno dimostrato che, una volta incorporati nella matrice della gomma, gli IPA derivanti dal nero di carbonio non migrano dalla suddetta matrice (Hamm, 2009).

Le moderne procedure di produzione e controllo di qualità sono generalmente in grado di mantenere i livelli di IPA estraibili a meno dello 0,1% (<1000 ppm) nel nero di carbonio con gli IPA classificati come cancerogeni rappresentanti una frazione più piccola degli estraibili. I contenuti estraibili di IPA dipendono da numerosi fattori tra cui, ma non solo, il processo di produzione del nero di carbonio, e la capacità della procedura analitica di estrarre, identificare e misurare dei PAH estraibili. Le domande specifiche riguardanti il contenuto degli IPA devono essere indirizzate al fornitore del nero di carbonio.

Mutagenesi

Il nero di carbonio non è adatto ad essere testato direttamente su forme batteriche (test di Ames) e altri sistemi in vitro a causa della sua insolubilità. Tuttavia, quando sono stati testati estratti di solventi organici di nero di carbonio, i risultati non hanno mostrato effetti mutageni. Gli estratti di solventi organici di nero di carbonio possono contenere tracce di idrocarburi policiclici aromatici.

In uno studio sperimentale in vivo, sono state riscontrate mutazioni del gene hprt nelle cellule epiteliali alveolari dei ratti a seguito di esposizione per inalazione di nero di

carbonio (Driscoll, 1997). Questa osservazione è considerata specifica dei ratti e una conseguenza del "sovraccarico polmonare", che porta a un'infiammazione cronica e al rilascio di specie reattive di ossigeno. Questo è considerato un effetto genotossico secondario e, quindi, il nero di carbonio non sarebbe considerato mutageno.

Effetti sulla riproduzione

Non ci sono effetti sugli organi riproduttivi o sullo sviluppo fetale riportati negli studi di tossicità a dose ripetuta a lungo termine negli animali.

L'ingestione cronica

Non ci sono anomalie significative osservate nei ratti o nei topi negli studi sull'ingestione fino a due anni.

Contatto con gli occhi

Non sono stati descritti effetti avversi. Il nero di carbone negli occhi provoca reazioni ma non è diverso da altre particelle di polvere negli occhi.

Contatto con la pelle

Dopo l'applicazione di una sospensione di nero di carbonio sulla pelle di topi, conigli e ratti, non sono stati segnalati tumori cutanei.

La polvere può causare secchezza della pelle per ripetuto e prolungato contatto.

Sensibilizzazione

Prove sulla pelle delle cavie non producono sensibilizzazione. Nessun caso di sensibilizzazione è stato segnalato negli esseri umani.

Test irritazione animale

Irritazione oculare primaria (coniglio): produzione di leggero rossore congiuntivale cessato entro sette giorni.

Irritazione cutanea primaria (coniglio): eritema molto leggero (arrossamento).

IGIENE DEL LAVORO

Panoramica

L'igiene del lavoro (noto anche come igiene industriale) viene utilizzato nella gestione delle esposizioni nell'ambiente di lavoro. Questi principi includono gli sforzi per anticipare e individuare potenziali condizioni di esposizione dei lavoratori, misurare l'esposizione dei lavoratori, e attuare controlli appropriati per ridurre l'esposizione ai livelli più bassi possibili. Anche se questa sezione si concentrerà sul nero di carbonio, i principi di igiene industriale sono applicabili a tutti gli agenti potenziali di esposizione e alle condizioni presenti in un ambiente di lavoro.

L'esperienza suggerisce che le attività di routine che hanno il maggiore potenziale di esposizione al nero di carbonio nell'aria sono quelle legate alla movimentazione manuale, imballaggio, carico e alcune attività di manutenzione. Le attività non di routine relative alle operazioni di manutenzione hanno anch'esse il potenziale di esposizioni verso il nero di carbonio.

Ogni datore di lavoro deve effettuare delle valutazioni di pericolosità specifiche del lavoro basate sulla conoscenza delle loro attività nell'ambiente di lavoro (di routine, non di routine) e sulle condizioni specifiche del luogo.

Valutazione dell'esposizione nell'aria

Il percorso più significativo di esposizione è l'inalazione del nero di carbonio nell'aria; pertanto, l'obiettivo primario durante la valutazione dovrebbe essere sulle esposizioni presenti nell'aria. Le tecniche di monitoraggio personali vengono utilizzate per raccogliere campioni di aria nella zona dove respira il lavoratore (bocca/zona del naso). Le misure effettuate in luoghi che non sono rappresentativi della zona di respirazione dei lavoratori possono o sottostimare o sovrastimare le esposizioni presenti nell'aria.

I metodi di campionamento dell'aria possono variare da paese a paese e possono essere dipendenti dalla gamma e dalla frazione di particelle, dalla dimensione del limite di esposizione professionale corrispondente (OEL). I tipi di dispositivi di raccolta dei campioni d'aria e il campionamento dell'aria sono diversi a seconda se i campioni d'aria sono totali, inalabili, o respirabili per quanto riguarda il nero di carbonio.

La raccolta dei campioni d'aria deve essere eseguita da un individuo addestrato, come ad esempio un igienista occupazionale/industriale. Pubblicazioni su questo argomento sono disponibili presso l'American Industrial Hygiene Association (AIHA).

I risultati delle valutazioni di esposizione nell'aria identificano e quantificano l'esposizione per inalazione e le operazioni richiedono controlli per l'esposizione. Questi risultati stabiliscono anche i dati di base per valutare l'efficacia dei controlli, determinare la conformità con i limiti di esposizione regolamentari e non regolamentari, e di fornire informazioni utili per caratterizzare una cronologia delle esposizioni. Ulteriori informazioni e indicazioni possono essere ottenute dalle associazioni di igiene del lavoro professionali nazionali o regionali.

Limiti di esposizione professionale

I limiti di esposizione professionale (OEL) per il nero di carbonio nell'aria variano da paese a paese e sono soggetti a modifiche (vedi Appendice B). Tali limiti sono espressi in specifiche frazioni di particelle nell'aria (vale a dire, in totale, inalabile, o respirabile). Ogni frazione/dimensione delle particelle richiede una metodologia diversa da utilizzare durante la determinazione dell'esposizione in aria.

I limiti di esposizione professionale sono generalmente espressi come concentrazioni medie nel corso di un periodo di tempo specifico. OEL a tempo pieno sono di solito medie ponderate nel tempo di 8 ore (TWA), e alcuni paesi hanno anche indicato i limiti di esposizione a breve termine (STEL), che sono in media di 15 minuti.

Ulteriori informazioni e indicazioni possono essere ottenute dalle associazioni di igiene del lavoro professionali nazionali o regionali.

Valutazione dimensione delle particelle

Gli studi concludono che i lavoratori del nero di carbonio siano esposti a nanoscale (gamma di dimensioni da 1 a 100 nanometri) particelle di nero di carbonio. Uno studio sponsorizzato ICBA condotto presso gli stabilimenti di nero di carbonio nel 2000 in Europa e negli Stati Uniti ha rilevato che

non vi erano esposizioni verso particelle di nero di carbonio di 400 nanometri di diametro aerodinamico (Kuhlbusch, 2004). Il ICBA continua a sostenere il lavoro in questo settore con tecnologie di misurazione anticipate

Controllo ingegneristico

Se i risultati del campionamento del nero di carbonio nell'aria indicano che l'esposizione dei lavoratori sono al di sopra dei limiti accettabili, allora devono essere identificati controlli appropriati e attuazioni per ridurre le esposizioni.

Controlli ingegneristici studiati per eliminare o ridurre l'esposizione professionale alla polvere di nero di carbonio al livello più basso possibile vengono preferiti all'uso di respiratori o altri tipi di dispositivi di protezione individuale. Controlli tecnici per prevenire o ridurre al minimo il contatto con il pericolo, eliminando il pericolo o impedendo al lavoratore l'esposizione al pericolo. Il momento più conveniente per implementare questi controlli tecnici è o durante la fase di pianificazione e progettazione di un nuovo stabilimento o durante le modifiche agli stabilimenti esistenti.

I controlli tecnici che sono stati utilizzati con successo nel trattamento del nero di carbonio sono: (1) ventilazione locale (ad esempio, cappe di laboratorio) per il controllo delle esposizioni del personale di laboratorio addetto alla manipolazione dei campioni; (2) cappe di cattura per le operazioni polverose, come insaccamento, il sacchetto di scissione e il carico; e, (3) contenimento polveri all'interno della miscelazione sigillata, trasformazione, e sistemi di trasporto. Sistemi di contenimento (ad esempio, trasportatore chiuso) sono particolarmente efficaci quando si opera sotto una leggera pressione negativa per ridurre al minimo le emissioni di polveri diffuse e le perdite.

L'utilizzo di un impianto di aspirazione centralizzato dedicato invece di spazzare è un metodo più efficace per pulire la polvere del nero di carbonio versata nelle zone in cui viene normalmente utilizzato. I motori e i purificatori d'aria per il sistema di aspirazione devono essere collocati all'esterno e lontano dalle zone occupate. Numerose porte per il vuoto dovrebbero essere sigillate quando non in uso in tutte le aree in cui il nero di carbonio viene trasferito, manipolato, o usato. Dovrebbero essere posizionati strategicamente dei tubi di aspirazione sufficientemente lunghi in tutte le aree di potenziale utilizzo. Per prevenire la diffusione della polvere di nero di carbonio e la sua ri-sospensione in aria, gli sversamenti

devono essere aspirati immediatamente.

I sistemi locali di ventilazione di scarico e di vuoto di cui sopra devono essere adeguatamente progettati per massimizzare l'efficacia e per evitare problemi di prestazioni. I principi di buona progettazione di ventilazione industriale possono essere trovati nella più recente edizione della pubblicazione ACGIH, ventilazione industriale, A Manual of Recommended Practice.

Protezione respiratoria

Quando è richiesta la protezione delle vie respiratorie per ridurre al minimo l'esposizione al nero di carbonio, i programmi dovrebbero seguire le regole delle amministrazioni del paese, provincia, o stato. Si prega di consultare la versione attuale della norma o regolamento da applicare alle operazioni.

La selezione di un corretto respiratore si basa sulla concentrazione dell'esposizione al nero di carbonio a cui è richiesta la protezione, nonché l'eventuale presenza di altri contaminanti che possono essere rilasciati nell'ambiente di lavoro. Devono essere condotte al fine di garantire la selezione del respiratore delle adeguate misurazioni rappresentanti la valutazione dell'esposizione di contaminanti che si possono incontrare.

CONTROLLO MEDICO

I dipendenti che hanno mansioni che comportano l'esposizione alla polvere di nero di carbonio possono avere domande circa le implicazioni per la salute riguardo l'esposizione. Queste domande sono generalmente incentrate sul capire se una visita medica più specializzata è appropriata. Va sottolineato che in base ai risultati di numerosi studi sui lavoratori una relazione tra l'esposizione al nero di carbonio e l'aumento dei tassi di cancro, tra cui i tassi di cancro al polmone, non esiste.

Nel considerare la sorveglianza medica dei dipendenti, il medico deve capire che i doveri del lavoratore variano considerevolmente. Il principale problema che il medico deve affrontare è se gli individui valutati hanno una storia di disturbi polmonari, come l'enfisema o asma, e/o malattie della pelle. Queste condizioni possono essere esacerbate con le esposizione a livelli di polvere alte di qualsiasi tipo, compreso il nero di carbonio.

Per il medico è consigliabile acquisire familiarità con le postazioni, le condizioni di lavoro, e le concentrazioni di esposizione potenziale per le diverse posizioni di lavoro. Si consigliano visite periodiche delle postazioni da parte del medico del lavoro.

La determinazione della partecipazione dei lavoratori in un programma di sorveglianza medica dovrebbe essere basata sulle condizioni di lavoro, come la concentrazione all'esposizione al nero di carbonio e l'uso del respiratore.

È auspicabile che il medico sviluppi una storia professionale completa per ogni dipendente come parte di qualsiasi programma di sorveglianza medica per includere, come minimo, la storia medica, l'esperienza lavorativa precedente in altri contesti professionali e le abitudini di vita personali (ad esempio, fumo, hobby, ecc).

AMBIENTE

Emissioni di gas serra

Il processo di produzione del nero di carbonio utilizza materie prime ricche di carbonio in combinazione con l'ossigeno. Il processo di reazione viene raffreddato con acqua per minimizzare l'ossidazione del carbonio in biossido di carbonio, e massimizzare il recupero del nero di carbonio. Le emissioni di gas serra sono ridotte mediante attività di miglioramento della resa e con l'utilizzo dei sottoprodotti gassosi come combustibili per la produzione di vapore e/o elettricità. Dato che i processi di produzione variano in base alle progettazioni degli impianti e variano in base al nero di carbone prodotto, le informazioni sulle emissioni di gas serra e il livello del carbonio dovrebbe essere richieste al proprio fornitore.

Utilizzo dell'acqua

Nella produzione del nero di carbonio, l'acqua viene impiegata per estinguere la reazione e viene usata da alcuni produttori per pelletizzare il nero di carbonio. Il riciclo delle acque di processo e il recupero delle acque piovane sono pratiche comuni nel settore. L'utilizzo di acqua nel processo di produzione può variare notevolmente in base agli impianti e ai prodotti realizzati. Contattare il fornitore per ulteriori dettagli.

Smaltimento

Con l'eccezione dei prodotti trattati chimicamente e idrodispersibili, il nero di carbonio è spesso smaltito in discarica, a condizione che queste discariche soddisfino tutte le normative vigenti. Il nero di carbonio non è tossico e non rilascia alcun componente nella falda acquifera.

Il nero di carbonio può anche essere usato come combustibile alternativo per forni o può essere incenerito in inceneritori di rifiuti urbani come rifiuto non pericoloso. Ha circa lo stesso potere calorifico per libbra del carbone polverizzato e brucia a basse emissioni senza ceneri residue. Si deve lasciare un tempo di permanenza adeguato e un giusto contenuto di ossigeno per assicurare una combustione completa. Queste alternative allo smaltimento in discarica sono metodi di smaltimento ecologicamente adeguati, a condizione che siano in conformità con le normative vigenti.

Il nero di carbonio ha una elevata area superficiale e una forte

capacità di assorbimento. I materiali organici che vengono a contatto con il nero di carbonio possono essere assorbiti e non sono facilmente liberati in seguito. Di conseguenza, le delibere di smaltimento dovrebbero prendere in considerazione tutti i prodotti chimici che possono essere stati assorbiti dal nero di carbonio. Il nero di carbonio non è biodegradabile. Deve essere sempre posta attenzione durante le operazioni di smaltimento controllando le emissioni di polveri durante il prelievo, il trasporto, e il successivo deposito di materiale di scarto in discarica o durante altre attività di smaltimento.

Aria

Il nero di carbonio non è in genere sottoposto a regole specifiche per quanto riguarda l'inquinamento atmosferico o standard di qualità dell'aria, ma le emissioni di nero di carbonio in atmosfera sono tipicamente regolate come componente delle emissioni di particolato o polveri di un impianto seguendo altre regole. I regolamenti sulla qualità dell'aria variano da regione a regione, generalmente basati sulla qualità dell'aria in tali regioni. L'uso di filtri in tessuto e di altre tecnologie di cattura e raccolta del PM per ridurre al minimo le emissioni è comune in tutto il settore e può essere necessario per garantire il rispetto delle normative vigenti. In alcune regioni, i regolamenti sul particolato variano in base alle dimensioni del particolato emesso, con normative che parlano di particelle inferiori a 2,5 micron; meno di 10 micron, e/o massa totale di particelle.

Acque reflue

Gli scarichi di acque reflue contenenti nero di carbonio devono essere conformi ai requisiti applicabili. Il nero di carbonio non è solubile in acqua e ha un peso specifico compreso tra 1,7 e 1,9 (acqua = 1). La sedimentazione per gravità è efficace ed è la tecnica più comune utilizzata per rimuovere il nero di carbonio dalle acque reflue. In alcune circostanze, la decantazione può essere inibita a causa delle piccole dimensioni delle particelle e/o elevate aree superficiali che possono resistere all'acqua. Vari sali metallici, il solfato ferrico o il solfato di alluminio, e/o polimeri sintetici sono efficaci come agenti flocculanti per migliorare la sedimentazione. Il tipo di flocculante e il dosaggio ottimale può essere meglio

determinato da test su piccola scala o prove di laboratorio. La filtrazione può anche essere usata come tecnica per la rimozione dei solidi.

Perdite o fuoriuscite

Le fuoriuscite di nero di carbonio devono essere pulite immediatamente per prevenirne la diffusione e la dispersione. L'aspirazione a secco è il metodo consigliato per la raccolta del nero di carbonio fuoriuscito. Se si utilizza un aspirapolvere portatile deve essere dotato di filtri ad alta efficienza per il particolato (HEPA) curandone con attenzione la manutenzione. Sarebbe opportuno prendere in considerazione un sistema di aspirazione centralizzato per le pulizie di routine e per la pulizia delle perdite localizzate durante il processo. Il collettore collegato all'aspirazione centralizzata deve essere posizionato all'esterno e contenere i filtri a manica. Se è necessario pulire spazzando a secco una fuoriuscita piccola

o in una zona poco raggiungibile, si deve prestare attenzione a non disperdere il nero di carbonio nell'aria.

Il nero di carbonio non si bagna facilmente e l'acqua può provocare dispersioni di materiale, quindi non è raccomandato spruzzare acqua e bagnare per la pulizia. Se si deve tuttavia utilizzare questo metodo, si deve prestare attenzione in quanto il nero di carbonio bagnato rende le pavimentazioni molto scivolose.

TRASPORTO

Contenitori di spedizione

I container riutilizzabili devono essere restituiti al produttore. I sacchetti di carta possono essere inceneriti, riciclati o smaltiti in una discarica appropriata in conformità alle normative nazionali e locali.

Classificazioni di trasporto

Il nero di carbonio commerciale non è classificato come materiale pericoloso dalle seguenti agenzie:

- ◆ U.N. Recommendations on the Transport of Dangerous Goods
- ◆ European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods (ADR)
- ◆ Regolamenti della International Carriage of Dangerous Goods by Rail (RID), parte della convenzione riguardante l'International Carriage by Rail
- ◆ Accordi Europei riguardanti l'International Carriage of Dangerous Goods by Inland Waterways (AND)
- ◆ La convenzione Internazionale per la Safety of Life at Sea – International Maritime Dangerous Goods Code (IMDG Code)
- ◆ Convenzione sull'aviazione civile Internazionale – allegato 18 – Safe Transport of Dangerous Goods by Air
- ◆ Regolamenti Canadesi sui trasporti di beni pericolosi
- ◆ Associazione trasporti aerei internazionale (IATA-DGR)

- ◆ MARPOL 73/78, allegato II
- ◆ IBC-Code
- ◆ Dipartimento dei trasporti degli Stati Uniti d'America
- ◆ Regolamenti Canadesi sui trasporti di beni pericolosi
- ◆ Regolamenti Australiani sui trasporti di beni pericolosi

Domande specifiche riguardanti la classificazione per il trasporto devono essere indirizzati al fornitore del nero di carbonio.

Auto-riscaldamento

Il nero di carbonio è stato testato secondo i metodi delle Nazioni Unite riguardo l'auto riscaldamento dei solidi, ed è stato trovato "Non essere una sostanza auto-riscaldante della divisione 4.2." Inoltre, il nero di carbonio è stato testato secondo i metodi delle Nazioni Unite per quanto riguarda i solidi di facile combustione ed è risultato "Non essere un solido facilmente combustibile della divisione 4.1," secondo le attuali raccomandazioni dell'ONU per il trasporto di merci pericolose.

Gestione del prodotto

Nero di carbonio in materiali a contatto con il cibo

Il nero di carbonio prodotto da alcuni processi è stato approvato in circostanze specifiche e per usi specifici che comportano il contatto con gli alimenti. Rivolgersi al proprio fornitore di nero di carbonio per ulteriori informazioni.

Registri nazionali e altre normative applicabili

Il nero di carbonio, codice CAS 1333-86-4, compare nei seguenti inventari.

- ◆ Australia: Australian Inventory of Chemical Substances (AICS).
- ◆ Canada: Canadian Environmental Protection Act (CEPA), Domestic Substance List (DSL).
- ◆ Cina: Inventory of Existing Chemical Substances in China (IECSC).
- ◆ Unione Europea: European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances (EINECS), 215-609-9.
- ◆ Unione Europea: REACH Regulation (EC) No. 1907/2006: Richiede una registrazione specifica dell'azienda; contattare il proprio fornitore per ulteriori

informazioni.

- ◆ Giappone: Existing and New Chemical Substances (ENCS), Industrial Safety and Health Law Inventory (ISHL).
- ◆ Corea: Toxic Chemical Control Law (TCCL), Korean Existing Chemicals Inventory (KECI).
- ◆ Filippine: Philippine Inventory of Chemicals and Chemical Substances (PICCS).
- ◆ Taiwan: Chemical Substance Nomination and Notification (CSNN).
- ◆ Stati Uniti: Toxic Substances Control Act (TSCA) Inventory

Nota: I lettori sono invitati a rivedere le proprie normative nazionali, provinciali, statali, locali e federali sulla sicurezza, la salute, e l'ambiente, così come la scheda di sicurezza del nero di carbonio del proprio fornitore (SDS). Le domande specifiche devono essere indirizzate al fornitore del nero di carbonio.

Questa guida non è un sostituto della SDS del prodotto. Si prega di contattare il proprio fornitore di nero di carbonio per l'SDS appropriata.

Appendici e Riferimenti

APPENDICE A

Studi sulla salute di lavoratori nell'industria del nero di carbonio, gomma e industrie di toner

Studi di epidemiologia dei lavoratori del nero di carbonio e rischio di cancro

Sono stati condotti diversi tipi di studi di ricerca per valutare il potenziale cancerogeno del nero di carbonio, malattie polmonari, o qualsiasi altro effetto negativo sulla salute dalla fabbricazione all'uso del nero di carbonio. Quello che segue è una sintesi dei principali studi epidemiologici e tossicologici che hanno affrontato la potenzialità cancerogena e/o gli effetti respiratori avversi dall'esposizione al nero di carbonio.

Sono stati comunemente condotti studi epidemiologici per affrontare i potenziali rischi alla salute dei lavoratori esposti a una particolare sostanza o che lavorano in un settore designato. Sono stati affrontati studi di mortalità su dei gruppi per valutare il rischio di morte da alcuni tipi di malattie in confronto alla popolazione generale. Essi costituiscono la base, insieme alla valutazione tossicologica da esposizione, dei sistemi di classificazione cancerogena internazionali e i limiti di esposizione per i lavoratori.

Il nero di carbonio e gli studi di ricerca corrispondenti, compresi gli studi epidemiologici, sono stati oggetto di un certo numero di riviste scientifiche da parte dell'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) dell'Organizzazione Mondiale della Sanità nel mese di aprile del 1984, marzo 1987 e ottobre 1995. La più recente valutazione completa dei rischi potenziali cancerogeni a causa dell'esposizione al nero di carbonio è stata effettuata da un gruppo di lavoro IARC nel febbraio 2006 (IARC 2010). Il gruppo di lavoro ha rilevato i seguenti punti chiave: (1), il cancro al polmone è il più importante endpoint di salute da considerare (per quanto riguarda i potenziali effetti maligni), e (2) l'esposizione dei lavoratori nei siti produttivi del nero di carbonio sono il gruppo più rilevante per una valutazione di potenziale rischio di cancro. Il gruppo di lavoro IARC 2006 ha concluso che l'evidenza di cancerogenicità umana è stata inadeguata, confermando la classificazione 2B prima nota nel corso della riunione del gruppo di lavoro IARC del 1995 (IARC 2010). La classificazione 2B del nero di carbonio evidenzia scientificamente che è un "possibile" cancerogeno per l'uomo sulla base dei risultati degli studi sugli animali. Le prove umane sulla cancerogenicità sono state considerate "inadeguate" dal gruppo di lavoro IARC del 2006.

Studi di gruppo sulla mortalità dei lavoratori del nero di carbonio

IARC, nella sua riunione del gruppo di lavoro del 2006, ha recensito tre importanti studi epidemiologici sui lavoratori del nero di carbonio negli Stati Uniti, Regno Unito e Germania. Ogni studio ha esaminato

^[3] CI = intervallo confidenziale

la mortalità per cancro al polmone tra i lavoratori negli impianti di produzione del nero di carbonio. Sintesi dei risultati di ogni valutazione del gruppo.

1. Uno studio del gruppo degli Stati Uniti di 5.011 lavoratori in 18 stabilimenti ha osservato valori inferiori del cancro ai polmoni previsto dal Rapporto di mortalità standard (SMR) di 0.85 sulla base di 127 casi; (95%-CI^[3]: 0.71, 1.00) (Dell et al, 2006). I dati sui fumatori non erano disponibili per questo studio, quindi, questo studio non ha potuto considerare il fumo. Un aggiornamento dello studio del 2006 degli Stati Uniti con l'accertamento demografico per tutto il 2011 è stato pubblicato di recente ed è discusso in seguito (Dell et al., 2015).
2. Uno studio del Regno Unito (UK) sui lavoratori del nero di carbonio è stato pubblicato nel 1985 e aggiornato successivamente (Hodgson et al, 1985;... Sorahan et al, 2001). Una gruppo di 1.147 lavoratori in cinque stabilimenti di produzione ha dimostrato di avere un SMR di 1,73 (61 casi, 0.95-CI: 1.32, 2.22) (Sorahan et al., 2001). Non ha mostrato tendenza attraverso le esposizioni cumulative, ritardate fino a 20 anni. SMR del cancro del polmone elevati sono stati osservati in due stabilimenti; le SMR degli altri tre impianti sono stati ineccepibili. I dati dei fumatori non erano disponibili per il gruppo, quindi, questo studio non ha potuto considerare la variabile del fumo.
3. È stato valutata in un certo numero di occasioni (Wellmann et al, 2006; Morfeld et al, 2006; Buechte et al, 2006; Morfeld et al., 2006) un gruppo tedesco di 1.528 lavoratori del nero di carbonio in uno specifico stabilimento nel Nord Reno Westfalia (NRW). La valutazione iniziale ha mostrato un SMR di 2,18 (CI: 1,61-2,87) per il tumore del polmone basato su 50 casi in cui i tassi tedeschi nazionali sono state usati come popolazione campione. La SMR per il cancro del polmone è stata 1,83 (CI: 1,36-2,41); tuttavia, quando il gruppo di lavoro è stato confrontato con i tassi regionali della popolazione di NRW, NRW ha avuto un tasso di fondo maggiore di cancro al polmone a causa di una maggiore prevalenza di fumatori di sigarette nella popolazione generale. Come lo studio nel Regno Unito di cui sopra, sono state osservate tendenze positive alle esposizioni dal nero di carbonio. Lo studio ha identificato il fumo e precedenti esposizioni ad agenti cancerogeni conosciuti come importanti fattori di rischio che potrebbero spiegare la maggior parte del rischio in eccesso.

Studi di gruppo sulla mortalità dei lavoratori del nero di carbonio dalla valutazione IARC 2006

A seguito della più recente valutazione IARC nel 2006, sono stati

pubblicati ulteriori valutazioni dei tre grandi gruppi di nero di carbonio. Gli autori dello studio sulla mortalità del Regno Unito hanno condotto un follow-up prolungato e applicato un'esposizione metrica, nota come "trascinamento", nel tentativo di affrontare l'effetto potenziale delle recenti esposizioni verso il nero di carbonio riguardo il rischio di cancro al polmone (Sorahan e Harrington, 2007). A differenza del ritardo, un'analisi a "trascinamento" si concentra sulle più recenti esposizioni, contrariamente alle esposizioni lontane. Gli autori hanno ipotizzato che il nero di carbonio può agire alla lontana nel cancro al polmone nei due dei cinque impianti in cui hanno riscontrato SMR elevati, notati nelle pubblicazioni del 1985 e del 2001 (Hodgson et al., 1985 e Sorahan et al., 2001). Se l'ipotesi di "trascinamento" è vera, le esposizioni più recenti conferiscono un rischio effettivo, le SMR elevati dovrebbero diminuire progressivamente e sostanzialmente cessare dopo l'esposizione; ci si aspetterebbe associazioni positive con l'esposizione cumulativa al nero di carbonio "trascinato". Ad esempio, "trascinarsi" un'esposizione di 15 anni, significa contare le esposizioni ricevute solo durante gli ultimi 15 anni nell'analisi del rischio. Gli autori hanno notato un effetto di "trascinamento" in due dei stabilimenti del Regno Unito due c'erano elevati SMR di cancro del polmone. Nella loro pubblicazione, gli autori hanno suggerito di ripetere la loro metodologia in altri gruppi.

L'ipotesi del "trascinamento" è stata poi testata nel gruppo del nero di carbonio tedesco (Morfeld e McCunney 2007, 2009). Né un SMR decrescente, dopo la cessazione dell'esposizione, né un rapporto positivo con "trascinamento" all'esposizione al nero di carbonio cumulativo è stato notato, nonostante il fatto che il gruppo tedesco abbia mostrato un elevato SMR di cancro ai polmoni. Così, il gruppo tedesco, con l'uso della stessa metodologia, non ha confermato l'ipotesi UK del "trascinamento". Un altro studio del gruppo tedesco ha impiegato un'analisi bayesiana per esplorare tutti i potenziali fattori di rischio e i fattori di confondimento che possono aver contribuito ai risultati SMR (Morfeld e McCunney 2010). Queste indagini supplementari non hanno sostenuto l'ipotesi del "trascinamento".

Un aggiornamento dello studio del gruppo sulla mortalità è stato completato e pubblicato (Dell et al., 2015). Il gruppo aggiornato include la valutazione demografica per tutto il 2011; Dell et al., 2006 include la valutazione demografica per tutto il 2003. Le valutazioni individuali cumulativi alle esposizioni sono state condotti sui membri del gruppo. Questa metrica è basata sui dati delle esposizioni quantitative, e una rassegna completa delle descrizioni dei lavori, dei doveri e le modifiche al processo produttivo. Inoltre, per consentire il confronto diretto dei risultati tra i tre gruppi, è stata condotta un'analisi di "trascinamento" separata.

Questo studio retrospettivo sulla mortalità degli Stati Uniti riguardante i lavoratori del nero di carbonio è il più grande studio di gruppo pubblicato nella letteratura mondiale. Esso comprende più di 6.000 lavoratori impiegati nel settore del nero di carbonio che risale al 1930. Sono stati valutati singolarmente per rischi di mortalità sia una coorte iniziale, progettata per ridurre potenziali sopravvissuti bias, sia una coorte totale. Un notevole vantaggio di questo studio epidemiologico è il dettaglio delle singole valutazioni dell'esposizione

cumulate che sono stati analizzate per lavoro uniforme consentendo analisi di risposta a dosi robuste. La disponibilità di quasi 30 anni di dati sul nero di carbonio con un monitoraggio che risale dal 1979 ha facilitato il calcolo delle stime sull'esposizione.

I risultati non hanno mostrato alcun aumento di cancro ai polmoni o di qualsiasi altro tumore maligno sia nel gruppo iniziale che in quello totale. L'analisi dose-risposta non ha mostrato alcun legame tra l'esposizione al nero di carbonio e il rischio di malignità. Un altro notevole vantaggio di questo studio è l'eccezionale livello di accertamento raggiunto identificando lo stato vitale, in quanto il 98,5% dei membri del gruppo ammissibili sono stati identificati vivi o morti.

In sintesi, dallo studio del 2015 gli autori hanno concluso: "Indipendentemente dal fatto che l'esposizione sia ritardata, trascinata, o cumulativa, nessuna associazione coerente è stata riscontrata con il cancro al polmone o con malattie respiratorie non maligne."

Studi di gruppo sulla mortalità dei lavoratori del nero di carbonio

Gli studi di morbosità valutano il rischio di malattia secondaria alle attività lavorative e l'esposizione a potenziali pericoli. L'esposizione lavorativa al nero di carbonio è stata valutata per il suo impatto sulle condizioni non cancerose, come le malattie polmonari da oltre 50 anni. Gli studi sulla morbosità valutano l'incidenza e la prevalenza delle malattie tra la popolazione dei lavoratori esposti a un'agente chimico o fisico. Gli studi di morbosità possono essere eseguiti in un particolare momento (trasversale), sulla base di una revisione delle registrazioni (retrospettivi), o nel futuro nel corso del tempo (longitudinali). I risultati degli studi sulla morbosità sono spesso usati come base scientifica per stabilire i limiti dell'esposizione lavorativa, come ad esempio i Valori limite (TLV) della American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). In effetti, uno studio di morbosità importante promosso dalla ICBA è servito come base per la ACGIH TLV® sul nero di carbonio (Harber et al., 2003).

Questa sezione riassume i principali studi di morbosità condotti sui lavoratori del nero di carbonio che hanno partecipato agli studi di morbosità trasversali in Europa e negli Stati Uniti. Entrambi gli studi hanno rilevato una potenziale correlazione tra l'esposizione (definita quantitativamente e qualitativamente) e gli endpoint di salute designati, come i raggi al torace anormali, il declino della funzione polmonare o gli incrementi di alcuni sintomi respiratori (vedi Gardiner et al., 1995, per una revisione degli studi di morbosità condotti fino a quel momento).

È utile considerare i risultati di diversi studi di morbosità per un rischio conosciuto, anche se il confronto tra gli studi può essere complicato per via delle diverse metodologie utilizzate per valutare l'esposizione e gli effetti sulla salute. Ad esempio, differenti frazioni di nero di carbonio (cioè, inalabile, respirabile, e polvere "totale") sono stati misurati attraverso varie metodologie di campionamento. Allo stesso modo, il numero di lettori che revisionano i raggi del torace, le attrezzature di standardizzazione per la valutazione della funzione

polmonare e le tipologie dei questionari somministrati per raccogliere le informazioni sui sintomi hanno variato considerevolmente tra i diversi studi. Ad esempio, uno studio tedesco ha utilizzato tutto il pletismografo a tutto corpo per valutare la funzione polmonare, mentre la maggior parte degli altri studi hanno utilizzato la spirometria per valutare la funzionalità polmonare (Kuepper et al., 1996).

Studi Europei sulla mortalità dei lavoratori del nero di carbonio

Il primo studio di morbilità europea importante dei lavoratori del nero di carbonio è stato pubblicato nel 1986 (Crosbie et al., 1986). Tra gli oltre 3.000 lavoratori di carbonio nero impiegati nei 19 stabilimenti europei con una storia di lavoro media di oltre dieci anni, sono state notate delle deboli associazioni tra l'esposizione al nero di carbonio (basata sui tipi di lavoro) e la tosse cronica ed espettorazione (Crosbie et al., 1986). Non erano disponibili i dati sui livelli di polvere, così non sono state stabilite le relazioni dose-risposta. Sono stati notati piccoli cali della forza della capacità vitale (FVC) con l'esposizione (FVC) e piccoli cali del volume espiratorio forzato in un secondo (FEV1).

Un ulteriore studio della morbilità a lungo termine è stato avviato nel 1988 ed è stato progettato per essere condotto su un periodo di 10 anni con tre fasi distinte. Lo studio ha incluso più di 3000 lavoratori nei 18 impianti di nero di carbonio in sette paesi dell'Europa occidentale (Gardiner et al., 1993). I dati sugli esiti dell'esposizione e sulla salute sono stati raccolti in tre diverse occasioni: Fase I (1987-1989), fase II (1991 - 1992), e fase III (1994-1995). Lo studio è analogo a uno studio longitudinale prospettico. Le misure hanno incluso la funzione polmonare, i sintomi respiratori, e le radiografie del torace.

Nella fase I, tra i 3.086 lavoratori, è stata osservata una relazione tra l'esposizione al nero di carbonio e alcuni sintomi (tosse, espettorazione). L'esposizione media al nero di carbonio è stato di 1,52 mg / m³ (frazione inalabile). Il modo in cui sono state raccolte le informazioni dei sintomi tuttavia è stato oggetto di un esame scientifico indipendente condotto su richiesta del Comitato TLV® ACGIH. La revisione ha rilevato problemi metodologici in cui i dati dei sintomi sono stati acquisiti dai ricercatori e analizzati in modo indipendente. La revisione ha concluso che i dati del questionario dello studio europeo non potevano essere interpretati con significato. Gli autori riconoscono questa limitazione dei dati del questionario nella loro discussione dei risultati dello studio (Gardiner et al., 2001).

Tra i gruppi dei lavoratori di nero di carbonio, le misurazioni della funzionalità polmonare media sono più del 100% di quello previsto per una persona di età, altezza, e genere per tutte le categorie di esposizione, tranne per i fumatori di sigarette nel gruppo di esposizione più alto (98,3% del teorico). Quando tutti i risultati sono stati analizzati in forma aggregata, però, un piccolo ma statisticamente significativo rapporto è stato osservato tra l'esposizione al nero di carbonio e i decrementi della FVC e FEV1. Gli autori descrivono i loro risultati come "consistente con un effetto non irritante sulle vie respiratorie" (Gardiner et al., 1993).

Tra i 1.096 lavoratori che hanno fatto i raggi al torace, il 9,9% ha mostrato letture di 1/0 (piccole opacità) o superiore con il sistema

di punteggio utilizzato dall'Organizzazione Internazionale del Lavoro (ILO) per la lettura delle radiografie del torace per pneumoconiosi. Questi risultati, tuttavia, sono stati effettivamente inferiori alla media delle letture dei raggi al torace nella popolazione europea (11,3%) non esposta a qualsiasi tipo di polvere (Meyer et al., 1997). Di tutto il gruppo di lavoro, tre persone avevano un punteggio di 2/2 o maggiore (maggiore profusione di piccole opacità).

I dati dalla Fase II e III sono stati pubblicati (Gardiner et al., 2001 e van Tongeren et al., 2002). Nella Fase II, sono stati valutati 2.955 lavoratori. Circa il 48% del gruppo erano fumatori di sigarette. L'esposizione media al nero di carbonio è di 0,81 mg/m³ (frazione inalabile), circa il 50% in meno rispetto ai risultati riportati nella Fase I dello studio.

Nella Fase III, il tasso di partecipazione è stato del 95%, con il 45% del gruppo fumatori di sigarette. L'esposizione media al nero di carbonio è di 0,57 mg/m³ (frazione inalabile), un ulteriore calo rispetto alla fase II. L'età media dei lavoratori del nero di carbonio è stata di 41 anni, con una durata media del lavoro nel settore di 15 anni.

Gli autori hanno riportato che il nero di carbonio ha esercitato un effetto significativo sulla maggior parte dei sintomi respiratori e sulla funzione polmonare, anche se hanno riconosciuto carenze nei dati del sintomo: "I risultati del sintomo respiratorio possono essere stati poco precisi e si dovrebbero interpretare questi risultati con cura" (Gardiner et al., 2001). Anche se sono stati misurati decrementi della funzione polmonare, la percentuale dei volumi previsti della funzione polmonare, come già detto, ha superato il 100% per FEV1 e FVC, parametri chiave per la valutazione della funzione polmonare. Questi risultati suggeriscono che le conclusioni per quanto riguarda le implicazioni per la salute riguardo al nero di carbonio erano basate sulla significatività statistica dei risultati piuttosto che la rilevanza clinica.

In uno studio trasversale di un impianto di produzione di nero di carbonio tedesco, sono stati eseguiti tra i dipendenti esposti 677 esami; nessuna relazione significativa è stata osservata tra iperreattività bronchiale (valutato dalla pletismografia a tutto corpo) e l'esposizione al nero di carbonio (Kuepper et al., 1996). L'esposizione al nero di carbonio non ha aumentato il rischio di sintomi polmonari o di decremento polmonare nei non fumatori o ex-fumatori.

In uno studio del 1975 nella ex Jugoslavia, le concentrazioni di polveri respirabili di nero di carbonio erano 7,2 mg/m³ e 7,9 mg/m³ (Valic, 1975). Tra 35 lavoratori, è stata osservata tra i fumatori un minore riduzione della FEV1. Nessuna relazione è stata osservata tra il gruppo di controllo non-fumatori. Sulla base degli studi granulometrici condotti negli impianti dell'Europa Occidentale e nordamericani del nero di carbonio (Kerr, 2002; Kuhlbusch, 2004), la grandezza di queste concentrazioni di polveri respirabili riportati in Jugoslavia nel 1975 suggeriscono livelli estremamente elevati di esposizione al "totale" e alla polvere inalabile.

Studio della morbilità nei lavoratori del nero di carbonio in Nord America

Sono stati eseguiti studi di morbilità negli Stati Uniti sui lavoratori del nero di carbonio da oltre 50 anni. Lo studio più recente ha valutato

oltre 1.000 lavoratori nordamericani del nero di carbonio per valutare le relazioni tra l'esposizione al nero di carbonio e i corrispondenti sintomi polmonari legati (Harber et al., 2003). I risultati di questo studio hanno avuto un forte impatto sul ACGIH TLV® per il nero di carbonio. I lavoratori (1.175) provenienti da 22 impianti di produzione del Nord America sono stati sottoposti a un test di funzionalità polmonare e hanno completato un questionario sulla salute. Le analisi hanno dimostrato i legami tra l'esposizione cumulativa e le piccole riduzioni della funzionalità polmonare (FEV1). Le esposizioni recenti non hanno mostrato alcun effetto sui sintomi o sulle misurazioni della funzione polmonare. I risultati hanno indicato che l'esposizione al nero di carbonio a 1,0 mg/m³ in un'arco di 40 anni di carriera, potrebbe tradursi in un decremento di 27 ml del FEV1 in aggiunta al normale declino relativo all'età di circa 30 ml per anno o 1.200 ml.

Prima dello studio sulla morbilità del 2003, è stato condotto uno studio di morbilità tipo caso-controllo sui dipendenti statunitensi in sette impianti di nero di carbonio (Robertson e Ingalls, 1989). Sono stati valutati in relazione all'esposizione al nero di carbonio i lavoratori che hanno presentato richieste di assicurazione sanitaria con diagnosi di alcuni tipi di malattie, in particolare malattie respiratorie e circolatorie. Sulla base delle stime di esposizione alla polveri cumulate, nessuna relazione significativa è stata osservata tra il nero di carbonio e le malattie.

In aggiunta agli indici di salute della funzione polmonare, dei sintomi e della malattia fibrotica, i lavoratori del nero di carbonio degli Stati Uniti sono stati anche valutati per la morbilità del cancro, neoplasie diagnosticate, ma che non avevano portato alla morte (Ingalls, 1950; Ingalls e Risquez-Iribarren, 1961; Robertson e Ingalls, 1989). L'incidenza di cancro tra i lavoratori del nero di carbonio è stata confrontata sia con i lavoratori del nero di carbonio non esposti sia con i tassi generali di cancro raccolti in vari stati. Non è stato osservato in queste ricerche nessun aumento della morbilità di cancro.

È stato eseguito anche su questo stesso gruppo uno studio annidato caso-controllo (Robertson e Ingalls, 1989). Un caso è stato definito come un membro della popolazione che ha presentato un reclamo di assicurazione sanitaria con una diagnosi di tumore maligno e un disturbo del sistema circolatorio o respiratorio. Due controlli sono stati abbinati a ciascun lavoratore e l'esposizione cumulativa al nero di carbonio è stata stimata rapportando le concentrazioni misurate del nero di carbonio con le specifiche categorie di lavoro. Non è stato riscontrato statisticamente nessun significativo aumento del rischio di malignità.

Report del caso di esposizione al nero di carbonio

Anche se i rapporti dei casi hanno un valore limitato in medicina del lavoro, possono essere utilizzati per evidenziare eventi insoliti. Un rapporto nel 2012 ha descritto "un uomo di 44 anni, [che] aveva avuto un'intensa esposizione al nero di carbonio quando la sua gru si è imbattuta in un camion con rimorchio pieno di nero di carbonio." Una settimana dopo, ha sviluppato una mancanza di respiro e tosse. I test della funzionalità polmonare hanno rivelato una lieve ostruzione.

"Il paziente ha risposto al trattamento con fluticasone e salmeterolo con una riduzione dei sintomi e con un miglioramento spirometrico entro il range di normalità" (Halemarim, 2012) Gli autori hanno concluso: "un'esposizione acuta al nero di carbonio può causare sintomi respiratori e un difetto ventilatorio ostruttivo".

Questo evento sfortunato e raro ha avuto fortunatamente un esito favorevole. Ciò nonostante, il rapporto sottolinea l'importanza del controllo delle polveri e che praticamente tutta la polvere, nonostante quanto inerte possa essere, può sopraffare i meccanismi di difesa polmonari e portare dei sintomi se l'esposizione è abbastanza alta e non è stata utilizzata nessuna protezione respiratoria. high enough and no respiratory protection is provided.

Sommario degli studi umani sui lavoratori del nero di carbonio

Gli studi di mortalità hanno valutato il rischio di morte per malattie, compreso il cancro, malattie respiratorie non maligne, e malattie cardiovascolari. Questi studi non collegano l'esposizione al nero di carbonio con l'aumento della mortalità o del cancro ai polmoni.

Gli studi di morbilità hanno affrontato se il nero di carbonio causa un aumento dei sintomi respiratori, una riduzione della funzione polmonare, o delle anomalie ai raggi del torace. L'esposizione a lungo termine al nero di carbonio nel settore manifatturiero può portare a decrementi minori del FEV1 (27-48 ml), una perdita supplementare nel corso della vita lavorativa di 40 anni in aggiunta al declino relativo all'età di 1.200 ml. Sono state anche osservate piccole modifiche nelle radiografie del torace. Le opacità nelle lastre dei raggi al torace osservate nei lavoratori del nero di carbonio tendono ad assomigliare alle opacità che si trovano nelle popolazioni non esposte alla polvere, anche se sono stati notati lievi aumenti in alcuni lavoratori del nero di carbonio. Gli studi non delineano se tali effetti sono specifici per il nero di carbonio o se riflettono gli effetti che possono anche essere visti con le polveri inorganiche relativamente inerti e poco solubili.

L'esposizione acuta al nero di carbonio non pone alcun rischio significativo alla salute, non al di sopra di quanto ci si potrebbe aspettare con l'esposizione a polvere scarsamente solubile in concentrazioni estremamente alte, come descritto nella relazione precedente.

Nelle luoghi professionali, il nero di carbonio in aria è costituito da agglomerati di grandi dimensioni che possono depositarsi nel tratto respiratorio superiore. Come risultato, in alte concentrazioni, possono verificarsi in alcuni luoghi di lavoro tosse e irritazione agli occhi. Tali effetti dovrebbero essere transitori e non comportare alcun effetto a lungo termine sulla funzione polmonare. Composto quasi interamente di carbonio, il nero di carbonio non viene metabolizzato nel corpo e rimane inerte.

Ricerca in corso sui lavoratori del nero di carbonio

Meta-analisi del rischio di malattia coronaria

Prese di posizione recenti, tra cui una revisione globale del The American Heart Association, hanno richiamato l'attenzione sul ruolo potenziale delle particelle nel causare o nell'aggravare le malattie cardiache (Brook et al., 2010). Per far fronte a questo potenziale

rischio per la salute tra i lavoratori del nero di carbonio, sono in corso nei tre gruppi di lavoratori negli Stati Uniti, in Germania, e nel Regno Unito delle analisi singole e combinate (meta regressione). Saranno eseguite SMR estese e regressioni di Cox, incluso un aggiornamento della mortalità del follow-up nel Regno Unito. Per la legge sulla privacy in Germania, i record precedenti di valutazione del gruppo sono stati distrutti e di conseguenza non ci saranno ulteriori aggiornamenti di questo gruppo.

Studi caso-controllo degli utenti industriali

Gli studi caso-controllo confrontano i casi di una particolare malattia con le persone che sono altrimenti simili per caratteristiche demografiche, quali l'età, il sesso, e l'occupazione, tra le altre caratteristiche. Lo scopo è quello di valutare se le persone con una certa malattia, come il cancro del polmone, hanno avuto maggiore esposizione ad un rischio potenziale rispetto alle persone non esposte. Questi tipi di studi sono utili per valutare i rischi di malattie rare e quando un gran numero di casi può essere assemblato. Purtroppo, un importante fattore limitante per questo tipo di studi è il "recall bias", in cui i soggetti con una grave malattia tendono a non ricordare gli eventi passati accuratamente come occorrerebbe. Tuttavia, prendendo in considerazione i risultati degli studi di gruppo sulla mortalità e gli studi caso-controllo, si può formare una valutazione ragionevole sul fatto che un rischio significativo, come cancerogeno per l'uomo, può essere presente.

La relazione tra l'esposizione al nero di carbonio sul posto di lavoro e il cancro ai polmoni è stata esaminata in due grandi studi caso-controllo basato sulla popolazione a Montreal, Canada (Parent et al., 1996; Ramanakumar et al., 2008). Le interviste relative a posti di lavoro e alle esposizioni per lo Studio I sono state condotte nel 1979-1986 (857 casi, 533 controlli di popolazione, 1.349 controlli cancro) e le interviste per lo Studio II sono state condotte nel 1996-2001 (1.236 casi e 1.512 controlli). Sono state dettagliate storie di lavoro nel corso di una vita dove un team di igienisti e chimici hanno esaminato le prove alle esposizioni ad una serie di sostanze professionali, tra cui il nero di carbonio. Il rischio di cancro al polmone è stato analizzato in relazione ad ogni esposizione, sono stati aggiustati i valori per vari fattori confondenti, tra cui il fumo. I soggetti con esposizione professionale al nero di carbonio non hanno avuto alcun eccesso di rischio di cancro al polmone rilevabile.

Studi di mortalità e morbilità nelle industrie utilizzatrici di nero di carbonio

Il nero di carbonio viene utilizzato principalmente nell'industria della gomma; altri usi meno comuni includono gli inchiostri da stampa e la produzione di toner. Seguono highlights di recenti studi di mortalità e morbilità di queste industrie. L'obiettivo della revisione è principalmente quello di affrontare il ruolo del nero di carbonio nei risultati dei vari studi, non quello di valutare complessivamente il rischio di cancro o di morbilità in tali settori.

Studi sulla mortalità nell'industria della gomma

Uno dei principali usi del nero di carbonio è nella produzione dei prodotti in gomma, più in particolare i pneumatici per automobili, camion e altre applicazioni di trasporto, tra gli altri prodotti. Numerosi studi epidemiologici sono stati condotti nel settore della gomma, che, oltre al nero di carbonio, utilizza altri materiali compresi gli acceleratori e i solventi. Precedenti studi sulla mortalità nell'industria della gomma sono stati confusi dalla presenza di amianto nello

stabilimento di produzione. L'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) ha classificato il lavoro nel settore di produzione della gomma e dei prodotti in gomma come cancerogeno (categoria 1), ma senza evidenziare alcuna sostanza specifica come agente scatenante. (IARC, 1982; IARC, 1987).

Una recensione del 1998 riassume gli studi condotti sui lavoratori dell'industria della gomma dopo le revisioni del settore da parte di IARC nel 1982 e nel 1987. (Kogevinas et al., 1998). Gli autori hanno concluso che sussiste: "eccesso di rischio di cancro della vescica, cancro del polmone e leucemie" nell'industria della gomma in base alla revisione di 12 studi di gruppo in nove paesi e di una varietà di studi caso-controllo nella coorte o basati nelle comunità. Quattro studi di coorte hanno rilevato un eccesso di rischio di cancro al polmone con SMR che variano nel range 1,7-3,3. Nessun eccesso è stata osservato negli altri studi di gruppo. Gli autori hanno concluso che non vi fosse alcuna informazione che associasse specifiche esposizioni, come il nero di carbonio, con il rischio di cancro.

Successivamente, uno studio su quasi 9.000 lavoratori nell'industria della gomma tedesca, ha valutato il rischio di cancro associato all'uso di agenti specifici nell'industria della gomma (Straif et al., 2000). Gli autori hanno affermato che il loro rapporto è stato il primo ad esaminare i dati specifici per l'esposizione in termini di rischio di cancro nell'industria della gomma. In questo studio di oltre 8.000 lavoratori, non è stato osservato alcun legame causale tra il nero di carbonio e il rischio di cancro. Al contrario, gli autori ipotizzano che il rischio di cancro al polmone nei lavoratori dell'industria della gomma sia probabilmente dovuto all'esposizione all'amianto e al talco.

Uno studio di mortalità di un gruppo di oltre 17.000 lavoratori nell'industria dei pneumatici in Polonia non ha mostrato alcun eccesso di cancro al polmone (Wilczynska et al., 2001). Infine, uno studio su di un grande impianto di produzione di gomma negli Stati Uniti che ha incluso oltre 3.400 lavoratori non ha mostrato alcun eccesso di cancro al polmone (Beall et al., 2007).

L'industria della gomma è stata oggetto di studi più recenti condotti in seguito alle valutazioni dello IARC del 1980. I cambiamenti tecnici nel processo di produzione e i controlli sull'esposizione ai materiali pericolosi sono migliorati nel corso degli ultimi decenni, e c'è interesse nel valutare se l'industria della gomma contemporanea ha gli stessi rischi di cancro dei processi produttivi precedenti. Seguono le discussioni di questi studi recenti.

Un sondaggio sulla mortalità e l'incidenza del cancro tra i dipendenti in tempi relativamente recenti (1982-1991) nel settore della gomma britannico non ha mostrato alcun aumento della mortalità per cancro al polmone (Dost et al., 2007). Gli autori hanno ipotizzato che "SMR elevati per lo stomaco e nel polmone riportati in gruppi storici di lavoratori della gomma del Regno Unito non saranno presenti nei gruppi più recenti." Uno studio simile sugli assunti in data recente nel settore gomma tedesco non ha mostrato statisticamente nessun eccesso di cancro significativo. Gli autori avvertono, però, che il gruppo era "ancora troppo giovane per fornire prove conclusive" (Taeger et al., 2007).

È stato pubblicato uno studio di gruppo sulla mortalità dei lavoratori in un impianto di produzione di pneumatici italiano, 1962-2004, (Mirabelli et al., 2012). I tassi di mortalità su 9.501 lavoratori assunti tra il 1962, quando lo stabilimento ha iniziato le operazioni e il 2000, hanno mostrato un SMR notevolmente ridotto per tutte le cause di tumori

(tra cui il cancro del polmone), le malattie cardiovascolari e le malattie ischemiche del cuore. Questo gruppo è relativamente giovane; <10 % sono deceduti; quindi le possibilità di rilevare piccoli aumenti di rischio in sedi tumorali rare sono limitate. È prevista un'ulteriore sorveglianza epidemiologica di questo gruppo. La mortalità tra i 6.246 lavoratori della fabbrica italiana di pneumatici in gomma impiegati tra il 1954 e il 2008 è stata significativamente inferiore a quella prevista per tutti i tumori (SMR = 79) e tutte le cause (SMR = 85) (Pira et al., 2012). Questo studio non ha mostrato alcun eccesso di rischio tumorale tra i lavoratori maschi impiegati nella produzione di pneumatici dopo il 1954.

Paget-Bailly ha analizzato 99 pubblicazioni e ha notato un aumento significativo dei meta-rischi relativi (meta-RR) per il tumore della laringe per i lavoratori del settore della gomma (meta-RR 1,39; 95% CI 1,13 a 1,71). (Paget-Bailly et al 2011). Il nero di carbonio non è stato implicato come potenziale contribuente agli eccessi di cancro della laringe segnalati.

Un follow-up di un gruppo di oltre 12.000 lavoratori dell'industria della gomma tedesca ha dimostrato un SMR significativamente elevato per il cancro del polmone e della pleura negli uomini (Vlaaderen et al., 2013). Il cancro al polmone era statisticamente elevato con un SMR di 1,23 (95% CI: 1,12-1,35); anche il cancro alla pleura era statisticamente aumentato con un SMR di 2,57 (95% CI: 1,59-3,93). Si è rilevato un aumento dell'SMR per cancro al polmone anche nelle donne. Il nero di carbonio non è stato coinvolto nei risultati.

Anche se l'industria della gomma è stata associata ad un aumento di alcuni tipi di cancro, nessuno studio ha coinvolto l'esposizione al nero di carbonio come una spiegazione per questi risultati, incluso il rischio di cancro al polmone riportato negli studi precedenti.

Ci sono attività in corso in Europa per quanto riguarda i potenziali problemi di salute nell'industria della gomma che includono un ulteriore studio sul gruppo dei lavoratori dell'industria della gomma nel Regno Unito (McElvenny, 2014). È stato condotto un ampio studio retrospettivo su di un gruppo di oltre 40.000 lavoratori. Saranno valutate le relazioni dose-risposta per sospetti cancerogeni impiegando i modelli di esposizione quantitativa sulla base dei dati disponibili del progetto EXASRUB (polveri, fumi, solventi, e N-nitrosammine). Questo è il gruppo più grande e statisticamente potente del suo genere risulterà in una valutazione dell'esposizione esaustiva e quantitativa.

Conclusioni sul rischio di mortalità nell'industria della gomma

Una valutazione IARC 2009 sull'industria della gomma ha concluso che non vi erano prove sufficienti per elevato rischio di tumori del polmone, della vescica e dello stomaco nell'uomo, oltre ai maggiori rischi di leucemia e linfoma. Non vi è alcuna menzione circa il nero di carbonio nell'industria della gomma che possa contribuire a tali eccessi dicancro (IARC, 2012).

Studi sulla morbilità nell'industria della gomma

Alla luce del vasto lavoro scientifico orientato verso i rischi di cancro e rischi di mortalità nell'industria della gomma e dei numerosi studi pubblicati, è sorprendente che ci siano relativamente pochi studi di morbilità che sono stati eseguite nel settore. Uno di questi studi sulla morbilità è stato fatto in un stabilimento della gomma iraniano (Neghab et al., 2011). È stata progettata una valutazione della morbilità trasversale per valutare e caratterizzare le reazioni polmo-

nari, eventualmente associati all'esposizione professionale al nero di carbonio tra un gruppo di lavoratori della gomma.

Tra i partecipanti, 72 lavoratori del magazzino, carico e scarico e le aree Banbury, 69 controlli in tutto nello stabilimento. I sintomi sono stati valutati con un questionario e un test di funzionalità polmonare. La valutazione dell'esposizione ha incluso frazioni inalabili e respirabili. Tosse e dispnea erano più alti nel gruppo esposto (23,6% contro il 1,44% e 25 contro 1,44, rispettivamente).

In questo studio, la metodologia di valutazione dell'esposizione non è chiara, come non sono stati forniti dettagli sulla strategia di base del campionamento (aree, personale, condizioni di produzione, ecc). Ciò nonostante, le esposizioni erano eccessive. Le concentrazioni riportate sono state da cinque a sei volte superiori rispetto alle attuali esposizioni nordamericane inalabili nel settore del nero di carbonio. Pertanto, i risultati sull'elevata esposizione a qualsiasi tipo di polvere, sia reattiva che inerti, causerebbero probabilmente gli stessi risultati. In questo studio, (1) le esposizioni sono state nettamente superiori rispetto al passato e OEL attuali; (2) c'era assenza di controlli tecnici, manutenzione, pratiche di lavoro, formazione dei dipendenti, e attività di igiene industriale; e (3) non vi era alcuna protezione delle vie respiratorie.

Studi sulla mortalità nell'industria del toner

Un altro uso comune del nero di carbonio è nella produzione di toner. Alcune stampanti laser e fotocopiatrici utilizzano il toner, che contiene comunemente nero di carbonio mescolato con un polimero sensibile al calore. Questi prodotti sono onnipresenti nelle aziende e nelle case in tutto il mondo. Lo scopo delle informazioni qui di seguito è quello di riassumere gli studi nell'industria del toner in cui è stata misurata l'esposizione al nero di carbonio, valutato, o discusso.

È stato condotto un ampio studio retrospettivo sui rischi di mortalità di 33.671 dipendenti professionalmente esposti al toner.(Abraham et al., 2010). Il gruppo esposto ha incluso dipendenti coinvolti nella produzione di toner e ingegneri al servizio cliente che serviva fotocopiatrici nel campo. Gli SMR per le popolazioni toner-esposti erano 0,65 e 0,84 per gli uomini e le donne bianche, rispettivamente. Gli SMR per tutti i tumori tra cui il cancro al polmone erano inferiori a 1,0. Non c'è stata evidenza che l'esposizione al toner aumentasse il rischio di mortalità per causa qualsiasi o specifica nelle 23 categorie di morte analizzate.

Studi sulla morbilità nell'industria del toner

Uno studio di 1.504 lavoratori di sesso maschile in una società di toner e di produzione fotocopiatrice giapponese ha dimostrato che non c'è alcuna evidenza di effetti negativi sulle radiografie del torace o sulle funzionalità polmonari (Kitamura et al., 2014 a, b, c). Le concentrazioni di polveri respirabili nelle 8 ore sono state da 0,012 mg/m³ nella produzione di toner a 0,989 mg/m³ nel riciclo di toner e fotocopiatrici. Gli autori hanno notato una più alta prevalenza di dispnea per il gruppo che dislocava i toner rispetto al gruppo che non dislocava i toner. Nessuna associazione è stata osservata alla dispnea e alla funzione polmonare o ai cambiamenti fibrotici sulle radiografie al torace. Gli autori hanno notato che l'asma era superiore rispetto alla popolazione giapponese sia nel gruppo che dislocava i toner sia nel gruppo che non dislocava i toner (Kitamura et al., 2014, a, b, c)

APPENDIX B

Limiti di esposizione selezionati per i lavoratori del nero di carbonio*

Paese	Concentrazione, mg/m ³	
Argentina	3.5, TWA	
Australia	3.0, TWA, inalabile	
Belgio	3.6, TWA	
Brasile	3.5, TWA	
Canada (Ontario)	3.5, TWA	
Cina	4.0, TWA; 8.0, TWA, STEL (15 min)	
Colombia	3.0, TWA, inalabile	
Repubblica Ceca	2.0, TWA	
Egitto	3.5, TWA	
Finlandia	3.5, TWA; 7.0, STEL	
Francia- INRS	3.5, TWA/VME inalabile	
Germania - MAK	0.3 x GBP densità in g/cm ³ , TWA, respirabile; 4.0, TWA, inalabile	
Germania - TRGS 900	0.5 x GBP densità in g/cm ³ , TWA, respirabile; 10, TWA, inalabile	
Germania - BeKGS527	0.2 x nano-GBP densità in g/cm ³ , TWA, respirabile – se non ci sono altre informazioni rilevanti	
Hong Kong	3.5, TWA	
Indonesia	3.5, TWA/NABs	
Irlanda	3.5, TWA; 7.0, STEL	
Italia	3.5, TWA, inalabile	
Giappone - MHLW	3.0	
Giappone - SOH	4.0, TWA; 1.0, TWA, respirabile	
Korea	3.5, TWA	
Malesia	3.5, TWA	
Messico	3.5, TWA	
Russia	4.0, TWA	
Spagna	3.5, TWA (VLA-ED)	
Svezia	3.0, TWA	
Inghilterra	3.5, TWA, inalabile; 7.0, STEL, inalabile	
Stati Uniti	3.5, TWA, OSHA-PEL 3.0, TWA, ACGIH-TLV®, inalabile** 3.5, TWA, NIOSH-REL	
		ACGIH® Conferenza Americana degli igienisti industriali
		mg/m ³ milligrammi per metri cubi
		DNEL Livello senza effetto derivato
		GBP Particelle granulari biopersistenti senza tossicità specifica nota (il nero di carbonio non è elencato in TRGS 900)
		Nano-GBP Polvere di nanomateriali biopersistenti senza una specifica proprietà tossicologica e senza strutture fibrose (nero di carbonio è elencato in Beggs 527)
		NIOSH Istituto nazionale del lavoro per la sicurezza e la salute
		OSHA Sicurezza sul lavoro e amministrazione della salute
		PEL Limite esposizione permessa
		REL Limite esposizione raccomandata
		STEL Limite esposizione breve periodo
		TLV Soglia valore limite
		TRGS Technische Regeln für Gefahrstoffe (Regolamenti tecnici per sostanze pericolose)
		TWA Tempo medio ponderato, otto ore se non diversamente specificato

***Si prega di consultare la versione più recente delle norme in vigore per il tipo di operazioni da eseguire.**

****Ulteriori dettagli sulla derivazione del ACGIH TLV® e sul Regolamento EU REACH sul Livello derivato senza effetto**

Il 1° febbraio 2011, l'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) la Threshold Limit Values (TLV) Commission ha annunciato l'adozione di una nuova linea guida basata sulla salute (TLV®) per il nero di carbonio di 3 mg/m³, misurato come frazione della polvere inalabile in una media ponderata di 8 ore (TWA) (ACGIH, 2011). Per soddisfare i requisiti della normativa REACH dell'UE, il Consorzio REACH Carbon Black (vale a dire, CB4REACH) ha calcolato un livello derivato senza effetto (DNEL) per il nero di carbonio negli ambienti di lavoro di 2 mg/m³, misurati come la frazione di polvere inalabile in 8 ore TWA. Il DNEL è stato incluso nel fascicolo del nero di carbonio, che ha passato il controllo di completezza dell'Agenzia Chimica della UE il 26 gennaio, 2009.

I valori TLV® e DNEL derivano dallo stesso studio americano sull'esposizione del nero di carbonio (Harber et al., 2003). L'ACGIH (2011) ha affermato che "I sintomi di bronchite sono l'effetto sulla salute umana più sensibile all'esposizione al nero di carbonio; di conseguenza, la raccomandazione TLV-TWA ha lo scopo di prevenire la bronchite correlata al nero di carbonio. "L'organizzazione ha inoltre osservato" un aumento statisticamente significativo della bronchite leggera (dal 5% al 9%), solo nei non fumatori dove per esposizione media si intendeva ≥137.9 mg anno/m³, pari a 3.44 mg/m³ in un periodo di 40 anni. "La TLV® di 3 mg/m³ (inalabile) è pensata per proteggere dai sintomi di bronchite.

1. Anche se l'aumento dei sintomi di bronchite per non fumatori nel gruppo dell'esposizione cumulativa è risultata statisticamente significativa, l'aumento è lieve (10% o 9% nel quarto e quinto pentile, rispettivamente, rispetto al 5% nel pentile di esposizione più bassa).
2. Esposizioni recenti basate sui dati del 2000-2001 di igiene industriale non hanno mostrato alcun aumento dei sintomi di bronchite, anche nel pentile di esposizione più alta, pari a 3,8 mg/m³.
3. Ad esposizioni > 3,5 mg/m³, si sono verificate diminuzioni di FEV1; tuttavia, i decrementi sono nell'ambito della normale media di FEV1. L'ACGIH (2011) ha dichiarato: "Questi cambiamenti nei valori della funzionalità polmonare a questi livelli di esposizione non sono utilizzati come base ma sostengono la raccomandazione del TLV-TWA." I dati di funzionalità polmonare misurati non mostrano effetti negativi significativi sulla funzione polmonare oltre a quelli dovuti ai normali effetti dell'età.

Derivazione del DNEL

La derivazione del DNEL è descritta nella Relazione sulla

sicurezza chimica del dossier REACH dell'UE sul il nero di carbonio sviluppato dal Consorzio REACH Carbon Black. La relazione afferma che Harber et al. (2003) hanno descritto un'elevata prevalenza di sintomi (bronchite cronica) nel più alto pentile di esposizione, che è paragonabile ad una esposizione alla polvere inalabile di 138 mg-anno/m³ o ad una concentrazione media di 3,5 mg/m³ per oltre 40 anni di esposizione [(138 mg-anni/m³) / (40 anni)]. Tuttavia, la derivazione DNEL riconosce anche che un aumento dei sintomi di bronchite è presente anche nel quarto pentile che rappresenta l'esposizione cumulativa. Pertanto, è stato necessario individuare una soglia degli effetti negativi basata sui dati che mostrano la mancata rilevazione di aumenti nei sintomi fino al I terzo pentile di esposizione cumulativa (Tabella 6 Harber et al., 2003).

Gli autori dello studio non hanno standardizzato i dati in base all'età. Pertanto, è possibile che i lavoratori del quinto pentile fossero più anziani, e quindi più suscettibili alle malattie. Il livello di soglia è stato stimato a (3/5) * 3,5 mg/m³ = 2 mg/m³ (inalabile), che corrisponde ad un DNEL nell'uomo di 2 mg/m³ (frazione di polvere inalabile). È stato adottato fattore di 3/5 per tenere in considerazione il fatto che la soglia si trova tra il terzo e il quinto pentile, considerando che i dati non sono stati standardizzati rispetto all'età. Dato che la terza pentile non ha mostrato effetti avversi, questa soglia è stata approssimata su una scala di esposizione continua moltiplicando il valore del quinto pentile per il fattore 3/5.

^[4] EU REACH - Regolamento (EC) No. 1907/2006 del Parlamento Europeo e del Consiglio datato 18 dicembre, 2006, sulla registrazione, valutazione e autorizzazione di componenti chimici (REACH)

RIFERIMENTI

- Abraham AG *et al.* Retrospective mortality study among employees occupationally exposed to toner. *J Occup Environ Med* 2010; 52 (10): 1035-41.
- American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Committee on Industrial Ventilation: Industrial Ventilation, A Manual of Recommended Practice, 28th edition; ACGIH, Cincinnati, OH, 2013.
- American Conference of Governmental Industrial Hygienists: Threshold Limit Values for Chemical and Physical Agents and Biological Exposure Indices. ACGIH, Cincinnati, OH, 2013.
- American National Standards Institute: American National Standard for Respiratory Protection; ANSI Z88.2-1992, New York, NY, 1992.
- ASTM *Standard Terminology Relating to Carbon Black*. Designation: D3053-15. ASTM International, 100 Barr Harbour Dr., P.O. box C-700 West Conshohocken, Pennsylvania USA
- Beall C *et al.* Mortality and cancer incidence among tire manufacturing workers hired in or after 1962. *J Occup Environ Med* 2007; 49: 680-690.
- Bergmann, C., Trimbach, J., Haase-Held, M., Seidel, A. "Consequences of European Directive 2005/69/EC for Tire Industry," *Kautschuk Gummi Kunststoffe*, October 2011.
- Borm PJA, Cakmak G, Jermann E, Weishaupt C, Kempers P, van Schooten FJ, Oberdörster G and Schins RPF. (2005) Formation of PAH-DNA adducts after in vivo and vitro exposure of rats and lung cells to different commercial carbon blacks. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 205 (2), 157-167.
- Brook RD *et al.* Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: Scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 2010; 121: 2331-2378.
- Büchte SF, Morfeld P, Wellmann J, Bolm-Audorff U, McCunney RJ, Piekarski C. Lung cancer mortality and carbon black exposure: a nested case-control study at a German carbon black production plant. *J Occup Environ Med* 2006;48(12): 1242-1252.
- Confined Space Entry, An AIHA Protocol Guide; American Industrial Hygiene Association, Fairfax, VA, 1995.
- Crosbie, W.: Respiratory Survey on Carbon Black Workers in the UK and the U.S.; *Arch Environ Health* 1986; 41:346-53.
- Dell L *et al.* A Cohort Mortality Study of Employees in the U.S. Carbon Black Industry. *J Occup Environ Med* 2006; 48: 1219-1229.
- Dell L *et al.* Carbon Black Exposure and Risk of Malignant and Nonmalignant Respiratory Disease Mortality in the U.S. Carbon Black Industry Cohort; *J Occup Environ Med* 2015; 57: 984-997.
- Donnet, J., R. Bausal, and M. Wang (eds.): *Carbon Black*, Science & Technology, 2nd edition; Marcel-Dekker, New York, NY, 1993.
- Dost A *et al.* A cohort mortality and cancer incidence survey of recent entrants (1982-91) to the UK rubber industry: Findings for 1983-2004. *Occup Med (Lond)*. 2007; 57 (3): 186-90.
- Driscoll KE, Deyo LC, Carter JM, Howard BW, Hassenbein DG and Bertram TA (1997) Effects of particle exposure and particle-elicited inflammatory cells on mutation in rat alveolar epithelial cells. *Carcinogenesis* 18(2) 423-430.
- ECETOC 2013. Poorly Soluble Particles/Lung Overload, Technical Report No. 122 ISSN-0773-8072-122 (Print); ISSN-2073-1526-122 (Online)
- Gardiner, K., N. Trethowan, J. Harrington, C. Rossiter, and I. Calvert: Respiratory Health Effects of Carbon Black: A Survey of European Carbon Black Workers; *Brit J Ind Med* 1993; 50:1082-1096.
- Gardiner, K.: Effects on Respiratory Morbidity of Occupational Exposure to Carbon Black: A Review; *Arch Environ Health* 1995; 50:(1) 44-59.
- Gardiner, K., van Tongeren, M., and J.M. Harrington: Respiratory Health Effects from Exposure to Carbon Black: Results of the Phase II and III Cross-Sectional Studies in the European Carbon Black Manufacturing Industry. *Occup Environ Med* 2001; 58:496-503.
- Hailemariam Y, H. Mojazi Amiri and K. Nugent Acute respiratory symptoms following massive carbon black exposure. *Occup Medicine* 2012; 62:578-580.
- Harber, P., H. Muranko, *et al.*: Effect of Carbon Black Exposure on Respiratory Function and Symptoms; *J Occup Environ Med* 2003; 45: 144-155
- Hodgson, J., and R. Jones: A Mortality Study of Carbon Black Workers Employed at Five United Kingdom Factories Between 1947-1980; *Arch Environ Health* 1985; 40:261-268.
- Hamm St, Frey Th, Weinand R, Moninot G, and Petiniot N (2009). "Investigations on the extraction and migration behaviour of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) from rubber formulations containing carbon black as reinforcing agent", *Rubber Chemistry and Technology*, 2009, Vol. 82 No. 2.
- Ingalls, T.: Incidence of Cancer in the Carbon Black Industry; *Arch Ind Hyg and Occup Med* 1950; 1:662-676.
- Ingalls, T., and R. Riquez-Iribarren: Periodic Search for Cancer in the Carbon Black Industry; *Arch Environ Health* 1961; 2:429-433.

- Ingalls, T., and J. Robertson: Morbidity and Mortality from Cancer in the Cabot Corporation. Unpublished report, Framingham Union Hospital, Framingham, MA. 1975.
- ISO/TS 80004-1:2015 Nanotechnologies – Vocabulary – Part 1: Core Terms. International Standards Organization
- International Agency for Research on Cancer: IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Vol. 65, Printing Processes and Printing Inks, Carbon Black and Some Nitro Compounds, Lyon, France; 149-262, 1996.
- International Agency for Research on Cancer: IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Vol. 93, Carbon Black, Titanium Dioxide, and Talc. Lyon, France, 2010.
- International Agency for Research on Cancer: IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans: Occupational Exposures in the Rubber Manufacturing Industry. Lyon, France, 2012.
- Kerr, S., J. Vincent, and H. Muranko: Personal Sampling for Inhalable Aerosol Exposure of Carbon Black Manufacturing Industry Workers; *J Appl Occup Environ Hyg* 2002; 17(10): 681-692.
- Kitamura H *et al.* (a) A cohort study of toner handling workers on inflammatory, allergic, and oxidative stress markers: Cross sectional and longitudinal analyses from 2003-2008 *Hum Exp Toxicol*; online as of July 24
- Kitamura H *et al.* (b) A cohort study on self reported respiratory symptoms of toner handling workers: Cross sectional and longitudinal analysis from 2003-2008. *BioMed Research International* 2014, Article ID 826757, 10 pages
- Kitamura H *et al.* (c) A cohort study using pulmonary function tests and x-ray examination in toner handling workers: Cross sectional and longitudinal analyses from 2003 to 2008. *Hum Exp Toxicol* published on line 16 July 2014.
- Kogevinas M *et al.* Cancer risk in the rubber industry: a review of the recent epidemiological evidence *Occup Environ Med* 1998; 55: 1-12
- Kuepper, H.U., R. Breitstadt, and W.T. Ulmer: Effects on the Lung Function of Exposure to Carbon Black Dusts – Results of a Study Carried out on 677 Members of Staff of the Degussa Factory in Kalscheuren/Germany. *Int Arch Occup Health* 1996; 68:478-483.
- Kuhlbusch, TAJ., S. Neumann, M. Ewald, H. Hufmann, and H. Fissan: Number Size Distribution, Mass Concentration, and Particle Composition of PM₁, PM_{2.5}, and PM₁₀ in Bag Filling Areas of Carbon Black Production; *J Occup Environ Hyg*, 2004; 1,660-671.
- Kuhlbusch, TAJ, H Fissan. Particle Characteristics in the Reactor and Pelletizing Areas of Carbon Black Production. *J Occup Environ Hyg* 2006; 3, 558-567.
- Long, CM, MA Nascarella, PA Valberg. Carbon Black vs. Black Carbon and Other Materials Containing Elemental Carbon: Physical and Chemical Distinctions. *Environmental Pollution*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2013.06.009>.
- McCunney, RJ, Valberg P, Muranko H, Morfeld, P "Carbon Black" in Patty's *Industrial Hygiene and Toxicology* 2012; pp 429-453
- McElvenny D *et al.* Cancer mortality in the British Rubber industry – a 45-year follow-up. *Occup Environ Med*. 2014 Jun; 71 Suppl 1:A88.
- Meyer, J., S. Islam, A. Ducatman, and R. McCunney: Prevalence of Small Lung Opacities in Populations Unexposed to Dust. *Chest* 1997; 111: 404-10.
- Mirabelli D *et al.* Cohort study of workers employed in an Italian tire manufacturing plant, 1962-2004 Morfeld P *et al* Carbon black and lung cancer-testing a novel exposure metric by multi-model inference *Am J Ind Med* 2009; 52: 890-89
- Morfeld P, Büchte SF, McCunney RJ, Piekarski C. Lung Cancer Mortality and Carbon Black Exposure: Uncertainties of SMR Analyses in a Cohort Study at a German Carbon Black Production Plant. *J Occup Environ Med* 2006; 48, 1253-1264.
- Morfeld P, Büchte SF, Wellmann J, McCunney RJ, Piekarski C. Lung Cancer Mortality and Carbon Black Exposure: Cox Regression Analysis of a Cohort from a German Carbon Black Production Plant. *J Occup Environ Med* 2006; 48, 1230-1241.
- Morfeld P. Letter to the Editor. *Inhal Toxicol* 2007; 19: 195.
- Morfeld P and McCunney RJ. Carbon Black and Lung Cancer: Testing a New Exposure Metric in a German Cohort. *Am J Ind Med* 2007; 50 (8), 565-567.
- Morfeld P and McCunney RJ. Carbon Black and Lung Cancer – Testing a Novel Exposure Metric by Multi-model Inference. *Am J Ind Med* 2009; 52 (11), 890-899.
- Morfeld P and McCunney RJ. Bayesian bias adjustments of the lung cancer SMR in a cohort of German carbon black production workers. *J Occup Med Toxicol* 2010; 5: 23,
- Nagy, John: Explosibility of Carbonaceous Dusts, Report of Investigations 6597; U.S. Department of the Interior, Bureau of Mines, Washington, D.C., 1965.
- NFPA 654. Standard for the Prevention of Fire and Dust Explosions from the Manufacturing, Processing, and Handling of Combustible Particulate Solids. National Fire Protection Association, 2013.
- National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH): Criteria for a Recommended Standard - Occupational Exposure to Carbon Black; DHHS/NIOSH Pub. No. 78-204; Cincinnati, OH, 1978.

Neghab M *et al.* Symptoms of Respiratory Disease and Lung Functional Impairment Associated with Occupational Inhalation Exposure to Carbon Black Dust J Occup Health 2011; 53: 432–438

OECD Guidelines for the Testing of Chemicals. Organization for Economic Co-operation and Development. Test Guidelines 401 (acute oral LD50), 404 (skin corrosion/irritation), 405 (eye damage/irritation), 406 (sensitization).

Paget-Bailly, S, Cyr D, MS, and Luce D. Occupational Exposures and Cancer of the Larynx—Systematic Review and Meta-analysis; J Occup and Environ Med, 2011, 54(1):71-84

Parent ME, Siemiatycki J, Renaud G. Case-control study of exposure to carbon black in the occupational setting and risk of lung cancer. Am J Ind Med. 1996 Sep; 30(3): 285-92.

Pira E *et al.* Mortality From Cancer and Other Causes in an Italian Cohort of Male Rubber Tire Workers J Occup Environ Med 2012; 54: 345-349.

Ramanakumar AV, Parent ME, Latreille B, Siemiatycki J. Risk of lung cancer following exposure to carbon black, titanium dioxide and talc: results from two case-control studies in Montreal. Int J Cancer. 2008 Jan 1; 122(1): 183-9.

Rivin D. and R. Smith: Environmental Health Aspects of Carbon Black; Rubber Chemistry and Technology; 55(3) 707-761, 1982.

Robertson, J. and T. Ingalls: A Mortality Study on Carbon Black Workers in the United States from 1935-1974; Archives of Environmental Health 1980; 35 (3): 181-186.

Robertson, J. and T. Ingalls: A Case-control Study of Circulatory, Malignant, and Respiratory Morbidity in Carbon Black Workers in the U.S.; Am Ind Hyg Assoc J 1989; 50(10): 510-515.

Robertson, J., and K. Inman: Mortality in Carbon Black Workers in the U.S.; Brief Communication; J Occup Environ Med 1996; 38 (6): 569-570.

Sorahan, T., L. Hamilton, M. van Tongeren, K. Gardiner, and J. Harrington: A Cohort Mortality Study of U.K. Carbon Black Workers 1951-96; Am J Ind Med 2001; 39:158-170.

Sorahan, T., Harrington JM. A "Lugged" Analysis of Lung Cancer Risks in UK Carbon Black Production Workers; Am J Ind Med 2007; 50(8), 555-564.

Straif K, Keil U, Taeger D *et al.*; Exposure to nitrosamines, carbon black, asbestos, and talc and mortality from stomach, lung, and laryngeal cancer in a cohort of rubber workers. Am J Epidemiol, 2000; 152: 297–306.

Taeger D *et al.* Cancer and non-cancer mortality in a cohort of recent entrants (1981-2000) to the German Rubber Industry. Occup Environ Med 2007; 64: 560-561.

Valic, F., D. Beritic-Stahuljak, and B. Mark: A Follow-up Study of Functional and Radiological Lung Changes in Carbon Black Exposure; Int Arch Arbeitsmedizin. 1975; 34:51-63.

Vlaanderen J, Taeger D, Wellman J, Keil U, Schüz J, Straif K. Extended cancer mortality follow-up of a German rubber industry cohort. J Occup Environ Med. 2013; 55(8): 966-72.

van Tongeren, M., K. Gardiner, C. Rossiter, J. Beach, P. Harber, and J. Harrington: Longitudinal Analysis of Chest Radiographs from the European Carbon Black Respiratory Morbidity Study; Eur Respir J 2002; 20:417-25.

Wellmann, J, SK Weiland, G Klein, K Straif. Cancer Mortality in German Carbon Black Workers 1976-1998. Occup Env Med 2006; 63 (8), 513-521.

Wilczyńska U, Szadkowska-Stańczyk I, Szeszenia-Dąbrowska N, Sobala W, and Strzelecka A (2001). Cancer Mortality in Rubber Tire Workers in Poland. International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health, 2001; 14(2), 115–125.

L'Associazione Internazionale Carbon Black cerca di mantenere una bibliografia completa e aggiornata sulla letteratura professionale e ambientale connessi alla salute per il nero di carbonio. Rivolgersi al proprio fornitore di nero di carbonio per ulteriori informazioni.

