



Inceneritori: non solo diossine e metalli pesanti, anche polveri fini e ultrafini

Incinerators: not only dioxins and heavy metals, also fine and ultrafine particles

Nunzia Linzalone, Fabrizio Bianchi

Consiglio nazionale delle ricerche, Istituto di fisiologia clinica, Sezione di epidemiologia, Pisa

Corrispondenza: Fabrizio Bianchi, Sezione di epidemiologia, Istituto di fisiologia clinica, Consiglio nazionale delle ricerche, area di San Cataldo, via Moruzzi 1, 56127 Pisa; e-mail: fabrieipi@ifc.cnr.it

Introduzione

Il dibattito sulla sostenibilità del processo di smaltimento dei rifiuti tramite incenerimento è di recente alimentato da una parte dall'emergere di nuove conoscenze di natura tecnica e dall'altra dal permanere di incertezze sugli effetti sanitari imputabili agli inquinanti contenuti in residui, scorie e fumi prodotti. In Europa l'imposizione progressiva di standard più restrittivi di emissione a iniziare dal 1989 (direttive 89/369/EEC; 89/429/EEC; 2000/76/EC) ha portato all'adeguamento di molti impianti obsoleti e alla installazione di tecnologie più efficienti nella combustione e nel filtraggio, in grado di ridurre in modo tangibile le emissioni di molti inquinanti, ma in minor misura quelle di diversi microinquinanti (diossine e metalli pesanti) che rimangono fonte di preoccupazione. Sull'impatto ambientale e sanitario causato dagli inceneritori esiste una corposa letteratura scientifica prodotta in oltre 40 anni, soprattutto in relazione ai microinquinanti indicati come i più pericolosi tra quelli prodotti dalla combustione dei rifiuti, quali diossine e furani, cadmio, mercurio e altri metalli pesanti, IPA oltre a CO, NO_x e polveri. Per una revisione aggiornata delle conoscenze si suggerisce la consultazione della recente e corposa rassegna a cura del DEFRA (Department for Environment Food and Rural Affairs).¹ Studi di tipo epidemiologico, prevalentemente rivolti all'analisi degli effetti associati a impianti operativi negli anni Settanta e Ottanta, sottoposti a rassegna da diversi autori,²⁻⁴ avevano segnalato la presenza di eccessi statisticamente significativi di biomarcatori di esposizione misurati in lavoratori⁵⁻⁷ e di sintomi respiratori⁸ e varie patologie tumorali osservate in residenti, ai quali viene attribuita un'esposizione genericamente definita su base geografica e spesso riferita a inquinamento da fonti miste.⁹⁻¹³

Nuovi strumenti per la valutazione dell'impatto e dell'esposizione

Alcuni studi recenti hanno permesso di riconoscere differenze di impatto tra vecchi e nuovi impianti¹⁴⁻¹⁷ e anche il contributo relativo degli impianti in aree gravate da più fonti di inquinamento.¹⁸⁻²⁰

Tra gli avanzamenti più significativi sull'argomento è da evidenziare il cospicuo sviluppo degli studi di epidemiologia molecolare, nei quali l'esposizione di lavoratori e residenti è

valutata mediante biomarcatori di esposizione (soprattutto in sangue, urine e latte materno) e indicatori di alterata attività o funzione fisiologica (funzionalità epatica ed endocrina, espressione genica, addotti al DNA). Da tali studi emergono differenze di impatto per i residenti intorno a impianti vecchi^{21,22} e nuovi,^{23,24} incrementi dei valori di biomarcatori di diossine in residenti intorno a vecchi impianti e livelli alterati di biomarcatori di esposizione a diossine e metalli in lavoratori addetti a operazioni di manutenzione e pulizia in impianti moderni.^{16,17,25-27}

Non c'è dubbio che l'evoluzione delle indagini di biomonitoraggio umano apporti un significativo contributo alla definizione dell'esposizione e quindi allo studio del nesso tra contaminazione, esposizione ed effetto, tuttavia la situazione è assai complessa e di non univoca interpretazione, specie nella circostanza in cui i livelli di esposizione misurati non aiutano a chiarire il nesso tra causa ipotizzata ed effetti osservati.

Il caso dello studio delle diossine è emblematico per la sua complessità d'indagine e di interpretazione dei risultati. Un recente lavoro, condotto dall'Istituto francese per la sorveglianza sanitaria (Institut del Veille Sanitaire), ha riguardato 135.567 nuovi casi di cancro osservati nel periodo 1990-1999 su una popolazione di circa 2,5 milioni residente in aree intorno a 16 inceneritori di RSU in attività tra il 1972 e il 1990. Per la definizione dell'esposizione sono state costruite celle geografiche comprendenti almeno 10.000 abitanti (IRIS, Ilots regroupés pour l'information statistique) a cui è stato assegnato un livello di esposizione sulla base di un modello spaziale basato sia sulla dispersione degli inquinanti emessi sia della concentrazione al suolo degli stessi. Lo studio ha osservato eccessi di rischio statisticamente significativi tra zone a media esposizione (IRIS al 50° percentile) e zone a bassa esposizione (IRIS al 2,5° percentile) per i tumori del fegato (+6,8%), linfomi non hodgkin (+1,9%) e sarcomi dei tessuti molli (+9,1%) nei maschi e femmine e per tutti i tumori (+2,8%) e il tumore della mammella (+4,8%) nelle femmine. Considerando le zone a elevata esposizione (90° vs 2,5° percentile) emergevano ulteriori aumenti di rischio di circa il 40% per quattro gruppi di cause e di oltre 4 volte per il LN_H.²⁸

I risultati di questo studio sono coerenti con quelli di diverse ricerche epidemiologiche precedenti, ma ai fini della comprensione della relazione tra esposizione ed effetto non ap-

paiono consistenti con i risultati di un altro studio sull'assorbimento di diossine (17 PCDD e PCDF, 12 PCB diossina-simili, 3 PCB non DS) nel sangue di residenti nelle vicinanze di 8 inceneritori di RSU e in aree di controllo, pubblicato recentemente dalla stessa istituzione.²⁹

Lo studio ha riguardato 1030 adulti suddivisi in tre gruppi: (a) residenti in aree limitrofe inceneritore e consumatori di prodotti locali (carni, uova, latticini, verdure), (b) residenti nella stessa zona ma non consumatori di prodotti locali, (c) autoconsumatori e non autoconsumatori residenti a oltre 20 km dall'impianto. I risultati sono di complessa interpretazione, infatti, a fronte di differenze non significative (tossicità totale equivalente in pg TEQ/g) tra esposti e non esposti nel complesso degli impianti e in ciascuno di essi (tranne uno che aveva come area di controllo una zona di montagna senza agricoltura), anche considerando l'anzianità degli impianti, sono invece emerse associazioni di rischio con il consumo di prodotti locali, specie di origine animale. L'assorbimento di diossine risulta più elevato negli auto-consumatori sia nelle zone esposte che in quelle non esposte, ma il differenziale è più elevato in quelle esposte, in accordo con la conoscenza consolidata che oltre il 90% dell'assorbimento avviene attraverso via alimentare.

Dunque, risultati scientifici da affrontare con un approccio responsabile, esente da pre-giudizi e da fini pre-stabiliti, evitando che le evidenze di uno studio potenzino o depotenzino l'altro, ma anche di chiudere gli occhi sull'uno o sull'altro sulla base della convenienza del momento.

Conoscenze e scelte

Queste conoscenze, ancorché incomplete, non entrano quasi mai tra i criteri per le decisioni sulla gestione del ciclo dei rifiuti. La scelta dell'opzione incenerimento viene solitamente basata su considerazioni di tipo economico (non di pertinenza del presente intervento) e di tipo tecnologico, imperniate sulla fiducia nelle moderne tecnologie di controllo delle emissioni (filtri a manica, precipitatori, *scrubbers*) e nell'ottimizzazione della gestione del processo di combustione (sistemi di controllo computerizzati che mantengono livelli ottimali di temperatura nella camera di combustione e i giusti tempi di permanenza in essa dei rifiuti, con conseguente capacità nominale di rimozione fino al 99% di diossine e furani, e anche superiore di metalli pesanti e particolato totale). Su questi due versanti, e in generale sul ciclo dei rifiuti, in quanto temi strettamente connessi con le valutazioni sanitarie, riteniamo utile un approfondimento anche di *Epidemiologia & Prevenzione*, che coinvolga professionisti competenti ed esenti da conflitti di interessi.

Dal punto di vista epidemiologico, dalle evidenze disponibili ci sembra emerga con sufficiente chiarezza che l'impatto sulla salute dei nuovi impianti deve essere ancora adeguatamente indagato, tramite misure valide e attendibili di esposizione, per caratterizzare il rischio specifico, specie in situa-

zioni locali caratterizzate da fonti multiple e diversificate di inquinamento.

Polveri fini e ultrafini

Questa esigenza è ancora più stringente alla luce del dibattito che si sta sviluppando sul tema della pericolosità delle polveri fini e ultrafini (o nanopolveri) in ambiente urbano, cioè quelle polveri di dimensione inferiore a 2,5 o a 0,1 micron (millesimo di millimetro).

Infatti, recenti lavori scientifici sulle nanopolveri, di seguito considerati, aprono nuovi fronti di studio e riflessione (in aggiunta alle consuete e motivate preoccupazioni sulle emissioni di diossine e metalli, soprattutto cadmio e mercurio, più refrattari alle tecniche di abbattimento) anche sui moderni impianti di incenerimento. In particolare, la preoccupazione riguarda l'attitudine dei sistemi di combustione a elevate temperature a ridurre il particolato grossolano in frazioni di taglia più ridotta, incrementando la componente fine e ultrafine, che non viene in seguito validamente rimossa poiché i processi di abbattimento del particolato totale non necessariamente producono una riduzione delle componenti più fini. E' chiaro che si tratta di un fenomeno variamente presente in tutti i processi di combustione, a partire dai motori a scoppio che in molte circostanze rappresentano la fonte maggioritaria di emissione, tuttavia il riconoscimento dell'esistenza e della gravità di effetti sanitari imputabili al nanoparticolato atmosferico³⁰ richiede che venga effettuata una seria e attenta caratterizzazione di questo rischio anche per la salute di popolazioni residenti intorno ai siti con impianti basati su combustione, e tra questi quelli di incenerimento.

In questo scenario, l'identificazione dei rischi sanitari non può prescindere dalla caratterizzazione qualitativa e quantitativa del particolato fine e ultrafine immesso in atmosfera dagli impianti.

Recenti ricerche di laboratorio hanno fornito chiarimenti sulle caratteristiche che determinano la tossicità del particolato fine e ultrafine, e sulle patologie conseguenti.^{31,32} Mentre il PM10 si deposita soprattutto nelle vie aeree superiori, il PM2,5 e il PM0,1 penetrano nella zona alveolare dei polmoni da dove il PM0,1 rapidamente permea l'epitelio. Questa capacità di migrazione del particolato ultrafine si riflette in effetti significativi a carico di altri organi raggiunti direttamente attraverso il circolo sanguigno.

La tossicità delle particelle fini prodotte da un inceneritore è dovuta alla presenza di cloruri e metalli (soprattutto mercurio e cadmio) nei rifiuti bruciati ed è legata alla capacità del particolato ultrafine di veicolare sostanze tossiche attraverso la cellula fino al nucleo. Poiché la patogenicità di questa frazione di particelle cresce in modo quasi esponenziale con il diminuire del diametro, per valutare gli effetti sulla salute occorre che le particelle siano non pesate ma classificate per dimensione e contate. Rispetto alle particelle più gran-

di il particolato ultrafine è caratterizzato da una concentrazione numerica elevata, da una concentrazione in termini di massa bassa ma da una grande area superficiale. Queste caratteristiche sono responsabili della più elevata concentrazione di inquinanti tossici atmosferici adsorbiti o condensati per unità di massa.

Dunque, la complessità della dinamica di formazione e della natura chimico-fisica del particolato ultrafine richiede un notevole sforzo per la sua caratterizzazione al fine di svelare e chiarire i nessi tra l'esposizione e i possibili effetti sulla salute, sia in riferimento alla esposizione della popolazione sia a quella del singolo individuo. In individui suscettibili, un'elevata esposizione a particolato ultrafine porta a una infiammazione sistemica attraverso la risposta da stress ossidativo a specie chimiche reattive promuovendo il progredire di aterosclerosi, l'aggravarsi di effetti cardiovascolari acuti, dall'aumento della pressione del sangue all'infarto del miocardio, e di patologie a carico del sistema respiratorio.³²

Gli effetti dannosi legati all'inquinamento atmosferico sono ormai consolidati, tanto che i dati di morbosità e mortalità prodotti da numerosi studi epidemiologici sono di riferimento per l'intervento di competenze tecniche e legislazione al fine di tutelare la salute pubblica modificando le emissioni delle principali fonti di inquinamento imputate (autoveicoli, industrie, impianti di riscaldamento e combustione). Si stima che il 50% delle emissioni inquinanti atmosferiche derivi dai veicoli a motore circolanti e che una consistente parte del particolato fine e ultrafine urbano sia dovuto alle emissioni dei motori diesel e degli autoveicoli.³³

Questa complessità spiega, in parte, la carenza di indagini precedenti atte a stimare il carico di emissioni fini e ultrafini da inceneritore e il contributo relativo di questa componente al livello di background.

Un'utile rassegna delle attuali conoscenze sulle emissioni di particolato fine da inceneritori è quella recentemente prodotta da Cormier et al.³⁴ E' ben dettagliato il processo che all'interno della camera di combustione dell'inceneritore dà origine al particolato ultrafine (ma anche ad altri principali composti tossici) seguendo l'approccio metodologico del «modello a zone» (i meccanismi di formazione e distruzione degli inquinanti si replicano quasi esclusivamente entro una data zona tra quelle che caratterizzano le fasi di combustione). Tra le segnalazioni rilevanti sul piano sanitario, viene evidenziata la presenza di radicali liberi persistenti nel particolato fine e ultrafine in grado di indurre danni al DNA in tessuti umani. Tuttavia, come sostiene lo stesso autore della rassegna, una discussione sugli effetti sanitari delle nanoparticelle emesse dagli inceneritori risente delle ancora scarse conoscenze specifiche e si è costretti a utilizzare la letteratura relativa agli effetti dell'inquinamento atmosferico dovuti ad altre fonti (soprattutto traffico). In tal senso una revisione dei recenti studi su inceneritori³⁵ evidenzia un'alterazione dei livelli di alcuni biomarcatori di esposizione (la cui pre-

senza è legata alla possibile comparsa di danno immunitario e di processi infiammatori) associati a effetti sanitari descritti da vari autori^{31,32,34} e imputabili a inquinanti atmosferici prodotti da fonti diffuse e puntuali di diversa tipologia.

Necessità dell'approccio precauzionale

Data la pericolosità intrinseca delle nanoparticelle, la carenza di dati solidi sulla relazione dose-risposta e l'incompleta conoscenza delle loro concentrazioni, ci pare necessaria l'adozione di un approccio precauzionale teso a minimizzazione i livelli complessivi di inquinanti dannosi qualunque sia la sorgente che li produce e qualunque sia il suo contributo. Il ricorso al principio di precauzione, chiamato in causa nella circostanza di rischi identificati ma non ancora solidamente quantificati, appare in questo caso indicato poiché le condizioni attuali comportano già un rischio evidente a causa dei livelli di particolato che mediamente ritroviamo nei centri urbani (è stato stimato che un aumento di PM10 di 10µg/m³ determina un aumento della mortalità giornaliera dello 0,5%,³⁶ un aumento di PM2,5 di 10µg/m³ aumenta la mortalità per cancro al polmone dell'8%³⁷).

Le nuove conoscenze scientifiche acquisite hanno avuto sicuramente un ruolo nel complesso processo iniziato a livello comunitario per l'adeguamento della normativa sul particolato atmosferico, che ha registrato non poche controversie. La lettera aperta di ricercatori alla Commissione europea del 31 Ottobre 2005 (<http://www.epicentro.iss.it/temi/ambiente/LetteraRicercatori.pdf>) metteva in chiara evidenza i rischi di una normativa troppo permissiva proprio sul PM2,5 (proposta di direttiva della CE del 21.09.2005), richiamando un uso improprio dell'incertezza a fronte di evidenze solide sulle pesanti ripercussioni sulla salute che il PM2,5 può avere in tutti i Paesi comunitari. A seguito del dibattito aperto, che ha visto anche posizioni del Parlamento Europeo più permissive rispetto a quelle della Commissione, il Consiglio dei Ministri europei dell'ambiente (riunione n.2757 del 23.10.2006) ha trovato un accordo politico per una direttiva «per un'aria più pulita in Europa», basata tra l'altro sull'assunzione che «risultati scientifici hanno dimostrato che le particelle più piccole (PM2,5) sono particolarmente pericolose per la salute e dovrebbero essere ridotte in Europa», anche se poi sono stati fissati tempi di adeguamento flessibili e una riduzione del 20%, tra il 2010 e 2019, di questa frazione di particolato.

Sulle nuove evidenze si basa il processo di revisione delle linee guida sulla qualità dell'aria che ha portato l'OMS a fissare nuovi e più restrittivi obiettivi di qualità dell'aria nel mondo. L'aggiornamento 2005 ha preso in esame il particolato, oltre a ozono e biossido di zolfo e di azoto (la revisione è disponibile al sito OMS).³⁸ Le raccomandazioni mirano a ridurre il PM10 a 20 µg/m³ come media annuale e 50 µg/m³ sulle 24 ore e il PM2,5 a una media annuale di 10 µg/m³ e 25 µg/m³ sulle 24 ore (stimando di poter arrivare a una ri-

duzione della mortalità nelle città inquinate del 15%).

Anche se il particolato è considerato il principale fattore di rischio dell'inquinamento atmosferico per la salute umana, le nuove linee guida raccomandano un limite giornaliero più basso per l'ozono (passando da 120 a 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come media su 8 ore) e per il biossido di zolfo (da 125 a 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in media su 24 ore).

Restano invece ancora fuori dalle linee-guida della qualità dell'aria altri inquinanti particolarmente pericolosi per la salute, come diossine e PCB, che sono invece contemplati dalle normative sulle emissioni di impianti industriali.

Qualche domanda e qualche considerazione

Il riconoscimento che il particolato fine inalato è un importante veicolo di trasporto delle sostanze tossiche prodotte dalla combustione all'interno dell'organismo, sollecita da una parte la componente scientifica, sia tecnica sia biomedica, e dall'altra le autorità politiche a rispondere sul terreno della tutela della salute pubblica. Ma si deve prendere atto che, in riferimento alle emissioni di polveri fini e ultrafini dagli inceneritori disponiamo di conoscenze ancora scarse e frammentarie per cui alcuni quesiti principali di natura tecnica hanno urgenza di essere precisati: come viene modificato il livello di emissioni sottili in base alla qualità dei rifiuti bruciati? Qual è il meccanismo che durante la combustione porta alla produzione del particolato fine? Quali sostanze dannose si raccolgono nel particolato fine e come se ne può modificare la composizione ottimizzando la qualità del rifiuto? Protocolli di ricerca sviluppati intorno a queste problematiche sono stati proposti in alcuni paesi Europei per valutare l'opportunità o meno di introdurre la costruzione di nuovi inceneritori nell'ambito della programmazione dei piani di smaltimento nazionali (alcuni utili materiali su questo punto sono stati trattati nel convegno «Polveri ultrafini e nanoparticelle» tenutosi a Ferrara nel novembre 2006, http://www.arpa.emr.it/pubblicazioni/generale/notizie_307.asp).

Da quanto analizzato e commentato emerge, a nostro parere, rafforzata la necessità di usare la massima cautela nell'interpretazione dei risultati (specie di studi con finalità diverse), di utilizzare disegni di studio adeguati alla complessità dell'ipotesi da testare, di divulgare all'opinione pubblica in modo ragionevole e comprensibile fornendo ai decisori informazioni utili a una migliore valutazione dei rischi basata su tutte le evidenze disponibili, comprensive di raccomandazioni sul piano preventivo o precauzionale, per evitare di sottoporre strati significativi di popolazione a rischi aggiuntivi oggi non ancora completamente compresi.

Queste considerazioni assumono maggiore rilevanza alla luce di risultati di studi geografici di ultima generazione sull'associazione tra esposizioni ambientali a diverse sorgenti con emissioni da oli combustibili (residenza in prossimità di stazioni di autobus, ospedali, siti industriali, inceneritori) e cancro nei bambini.^{39,40} Nel vivo dibattito attuale sul ruolo

dei diversi tipi di studio epidemiologico, la capacità di questi studi epidemiologici geografici con disegno avanzato di contribuire all'identificazione di cause ambientali è discussa e valorizzata da un editoriale di Kogevinas & Pearce.⁴¹ Per affrontare in modo corretto ed efficace le questioni evidenziate sembra sempre più urgente una modalità di lavoro che valorizzi le competenze multidisciplinari d'esperti scientificamente accreditati ed esenti da conflitti d'interesse.

E' nostro parere che una conferenza di consenso che veda al tavolo ricercatori e tecnici preparati sui diversi aspetti connessi al ciclo dei rifiuti, dai rischi sanitari del tipo di smaltimento, alle tecnologie di combustione, ai costi delle diverse opzioni, ai problemi etici, sarebbe di aiuto alla definizione di raccomandazioni per le decisioni basate sulle prove e sull'assunzione corretta dell'incertezza.⁴²

Conflitti di interessi: i due autori sono ricercatori del CNR e svolgono attività di ricerca in epidemiologia e sanità pubblica. Sul tema in oggetto hanno sempre svolto attività con finanziamenti istituzionali propri o di soggetti pubblici non responsabili di decisioni e non hanno prestato attività per conto di soggetti privati.

Bibliografia

1. Department for Environment Food and Rural Affairs (DEFRA). Review of environmental and health effects of waste management: municipal solid waste and similar wastes; May 2004. (<http://www.defra.gov.uk/environment/waste/research/health/index.htm>).
2. Committee on Health Effects of Waste Incineration, Board on Environmental Studies and Toxicology, National Research Council. Waste Incineration and Public Health. Washington, D.C., National Academy Press, 2000.
3. Rushton L. Health hazards and waste management. *Br Med Bull* 2003; 68: 183-97.
4. Franchini M, Rial M, Buiatti E, Bianchi F. Health effects of exposure to waste incinerator emissions: a review of epidemiological studies. *Ann Ist Super Sanità* 2004; 40(1): 101-15.
5. Angerer J, Heinzow B, Reimann DO, Knorz W, Lehnert G. Internal exposure to organic substances in a municipal waste incinerator. *Int Arch Occup Environ Health* 1992; 64(4): 265-73.
6. Schecter A, Furst P, Furst C et al. Chlorinated dioxins and dibenzofurans in human tissue from general populations: a selective review. *Environ Health Perspect* 1994; 102 Suppl 1: 159-71.
7. Malkin R, Brandt-Rauf P, Graziano J, Parides M. Blood lead levels in incinerator workers. *Environ Res* 1992; 59(1): 265-70.
8. Wang JY, Hsiue TR, Chen HI. Bronchial responsiveness in an area of air pollution resulting from wire reclamation. *Arch Dis Child* 1992; 67(4): 488-90.
9. Barbone F, Bovenzi M, Cavallieri F, Stanta G. Air pollution and lung cancer in Trieste, Italy. *Am J Epidemiol* 1995; 141(12): 1161-69.
10. Elliott P, Shaddick G, Kleinschmidt I et al. Cancer incidence near municipal solid waste incinerators in Great Britain. *Br J Cancer* 1996; 73(5): 702-10.
11. Biggeri A, Barbone F, Lagazio C, Bovenzi M, Stanta G. Air pollution and lung cancer in Trieste, Italy: spatial analysis of risk as a function of distance from sources. *Environ Health Perspect* 1996; 104(7): 750-54.
12. Michelozzi P, Fusco D, Forastiere F, Ancona C, Dell'Orco V, Perucci CA. Small area study of mortality among people living near multiple sources of air pollution. *Occup Environ Med* 1998; 55(9): 611-15.
13. Fontana V, Baldi R, Franchini M et al. Epidemiologic study of the residents of the southeastern area of the Municipality of La Spezia. *Epidemiol Prev* 2000; 24(4): 172-79.
14. Biggeri A, Catelan D. Mortality for non-Hodgkin lymphoma and soft-tissue sarcoma in the surrounding area of an urban waste incinerator.

- Campi Bisenzio (Tuscany, Italy) 1981-2001. *Epidemiol Prev* 2005; 29(3-4): 156-59.
15. Bianchi F, Minichilli F. Mortality for non-Hodgkin lymphoma in the period 1981-2000 in 25 Italian municipalities with urban solid waste incinerators. *Epidemiol Prev* 2006; 30(2): 80-81.
 16. Maitre A, Collot-Fertey D, Anzivino L, Marques M, Hours M, Stoklov M. Municipal waste incinerators: air and biological monitoring of workers for exposure to particles, metals, and organic compounds. *Occup Environ Med* 2003; 60(8): 563-69.
 17. Hu SW, ChangChien GP, Chan CC. PCDD/Fs levels in indoor environments and blood of workers of three municipal waste incinerators in Taiwan. *Chemosphere* 2004; 55(4): 611-20.
 18. Van Gerven T, Geysen D, Vandecasteele C. Estimation of the contribution of a municipal waste incinerator to the overall emission and human intake of PCBs in Wilrijk, Flanders. *Chemosphere* 2004; 54(9): 1303-8.
 19. Agramunt MC, Schuhmacher M, Hernandez JM, Domingo JL. Levels of dioxins and furans in plasma of nonoccupationally exposed subjects living near a hazardous waste incinerator. *J Expo Anal Environ Epidemiol* 2005; 15(1): 29-34.
 20. Bianchi F, Buiatti E, Bartolacci S et al. HIA for the location of an incineration plant near Florence: an experience. *Epidemiol Prev* 2006; 30(1): 46-54.
 21. Leem JH, Hong YC, Lee KH, Kwon HJ, Chang YS, Jang JY. Health survey on workers and residents near the municipal waste and industrial waste incinerators in Korea. *Ind Health* 2003; 41(3): 181-88.
 22. Agramunt MC, Schuhmacher M, Hernandez JM, Domingo JL. Levels of dioxins and furans in plasma of nonoccupationally exposed subjects living near a hazardous waste incinerator. *J Expo Anal Environ Epidemiol*. 2005 Jan;15(1): 29-34.
 23. Gonzalez CA, Kogevinas M, Gadea E et al. Biomonitoring study of people living near or working at a municipal solid-waste incinerator before and after two years of operation. *Arch Environ Health* 2000; 55(4): 259-67.
 24. Chen HL, Su HJ, Liao PC, Chen CH, Lee CC. Serum PCDD/F concentration distribution in residents living in the vicinity of an incinerator and its association with predicted ambient dioxin exposure. *Chemosphere* 2004; 54(10): 1421-29.
 25. Yoshida R, Ogawa Y, Mori I et al. Associations between oxidative stress levels and total duration of engagement in jobs with exposure to fly ash among workers at municipal solid waste incinerators. *Mutagenesis* 2003; 18(6): 533-37.
 26. Nakao T, Aozasa O, Ohta S, Miyata H. Survey of human exposure to PCDDs, PCDFs, and coplanar PCBs using hair as an indicator. *Arch Environ Contam Toxicol* 2005; 49(1): 124-30.
 27. Hours M, Anzivino-Viricel L, Maitre A et al. Morbidity among municipal waste incinerator workers: a cross-sectional study. *Int Arch Occup Environ Health* 2003; 76(6): 467-72.
 28. Incidence des cancers à proximité des usines d'incineration d'ordures ménagères, Premiers Résultats. Institut del Veille Sanitaire. http://www.inv.sante.fr/publications/2006/incidence_cancers_uiom/synthese_etude_UIOM.pdf.
 29. Etude d'imprégnation par les dioxines, des populations vivant à proximité d'usines d'incineration d'ordures ménagères, Synthèse des résultats, Novembre 2006, Institut del Veille Sanitaire. http://www.inv.sante.fr/publications/2006/etude_impregnation_dioxines/etude_impregnation_dioxines.pdf.
 30. Wichmann HE, Peters A. Epidemiological evidence of the effects of ultrafine particle exposure. *Phil Trans R Soc Lond* 2000; 358: 2751-69.
 31. Sioutas C, Delfino RJ, Singh M. Exposure assessment for atmospheric ultrafine particles (UFPs) and implications in epidemiologic research. *Environ Health Perspect* 2005; 113(8): 947-55.
 32. Delfino RJ, Sioutas C, Malik S. Potential role of ultrafine particles in associations between airborne particle mass and cardiovascular health. *Environ Health Perspect* 2005; 113(8): 934-46.
 33. Kim S, Shen S, Sioutas C. Size distribution and diurnal and seasonal trends of ultrafine particles in source and receptor sites of the Los Angeles basin. *J Air Waste Manag Assoc* 2002; 52(3): 297-307.
 34. Cormier SA, Lomnicki S, Backes W, Dellinger B. Origin and health impacts of emissions of toxic by-products and fine particles from combustion and thermal treatment of hazardous wastes and materials. *Environ Health Perspect* 2006; 114(6): 810-17.
 35. Bianchi F, Franchini M, Linzalone N. Dossier inceneritori: Salute in cenere? Rivista trimestrale della Società nazionale degli operatori della prevenzione. Editore Snop, N. 67 maggio 2006(b), anno 21.
 36. Samet JM, Dominici F, Curriero FC, Coursac I, Zeger SL. Fine particulate air pollution and mortality in 20 U.S. cities, 1987-1994. *N Engl J Med* 2000; 343(24): 1742-49.
 37. Pope CA 3rd, Burnett RT, Thun MJ et al. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *JAMA* 2002; 287(9): 1132-41.
 38. WHO air quality guidelines – global update 2005. Report on a working group meeting. Bonn, Germany, 18-20 October 2005. Disponibile in internet all'indirizzo: <http://www.who.int/phe/air/aqg2006execsum.pdf>.
 39. Knox EG, Gilman EA. Childhood cancers and atmospheric carcinogens. *J Epidemiol Community Health* 2005 59: 101-5.
 40. Knox EG. Oil combustion and childhood cancers. *J Epidemiol Community Health* 2005 Sep; 59: 755-60.
 41. Kogevinas M, Pearce N. Geographically based approaches can identify environmental causes of disease. (editorial) *J Epidemiol Community Health* 2005; 59: 717-18.
 42. Michaels D. Manufactured Uncertainty. Protecting Public Health in the Age of Contested Science and Product Defense. *Ann N Y Acad Sci* 2006; 1076: 149-62.

ep
2007

ABBONARSI
E' IMPORTANTE

abbonamenti@inferenze.it