

Articolo in corso di pubblicazione su rivista E&P:

*“Industria del legno e diossine. Studio prospettico su un caso
di manutentori delle caldaie a scarti di legno e trucioli”.*

Industria del legno e diossine: studio prospettico su un caso di manutentori di caldaie a scarti di legno e trucioli

Wood manufacture and dioxins: a case prospective study on maintenance of boilers powered by wood chips and shavings

¹ Università degli Studi di Parma

Marco Vitelli,¹ Daniele Paciaccioni²

² SPReSAL, ASL Viterbo

Epidemiol Prev 2014; 38(5): XX-ZZ

Corrispondenza
Marco Vitelli
marco.vit22@gmail.com

OBIETTIVI: verificare se in una falegnameria che utilizza gli scarti di lavorazione di legno, trattato e non, per far funzionare l'impianto di riscaldamento possa essere presente un'esposizione alle diossine in un determinato *target* di lavoratori.

DISEGNO: lo studio è stato strutturato a partire dall'analisi di fonti bibliografiche, studio sul campo delle operazioni più rilevanti, verifica dell'esposizione tramite campionamento. I risultati sono stati registrati, riportati in grafico, e confrontati con i dati a disposizione nella bibliografia.

SETTING E PARTECIPANTI: lo studio ha coinvolto addetti alla manutenzione del sistema di riscaldamento per mezzo di incenerimento degli scarti di produzione di falegnameria. Questi lavoratori sono stati informati su modalità e finalità del campione.

PRINCIPALI MISURE DI OUTCOME: ne è risultata un'esposizione potenziale a ceneri contenenti diossine oltre che a polveri di legno, presumibile anche in altre situazioni assimilabili, in questo caso neppure valutata dal datore di lavoro.

RISULTATI: il dato medio di esposizione alle ceneri leggere durante le operazioni di sostitu-

zione dei filtri a maniche dall'impianto di abbattimento delle polveri in fase emissiva è di circa 5 mg/m³, con una conseguente esposizione a diossine, stimata su fonte bibliografica, di circa 20 pg.

La successiva analisi delle diossine contenute nel campione di ceneri prelevato ha ridimensionato di molto questo dato, ma è fondamentale sottolineare che la variabilità della presenza di PCDD e PCDF è funzione della tipologia di scarto combusto.

Anche nelle operazioni di manutenzione ordinaria e di conduzione dell'impianto viene apprezzata una certa esposizione alle polveri presenti nell'ambiente di lavoro: in questi casi tale esposizione risulta aggravata dal fatto che non vengono indossati dispositivi di protezione individuali facciali filtranti.

CONCLUSIONE: gli operatori risultano esposti a polveri di legno e diossine. Ciò implica che in alcune lavorazioni è di fondamentale importanza rivedere la valutazione dei rischi e, di conseguenza, le misure di prevenzione e tutela della salute da attivare.

Parole chiave: cenere, legno, campionamenti, diossine

Cosa si sapeva già

- L'esposizione alle diossine ha un fortissimo impatto sulla salute della popolazione esposta e sulle esposizioni professionali.
- Gli inceneritori sono monitorati costantemente, poiché sono tra le fonti primarie di produzione di tali sostanze.

Cosa si aggiunge di nuovo

- In ambiente *indoor* vi sono lavorazioni che possono dare vita a formazione di diossine con esposizione dei lavoratori.
- Gli addetti alla manutenzione di una caldaia a legno, sebbene non sorvegliati per tale evenienza, ne risultano potenzialmente esposti. A tale esposizione si aggiunge quella alle polveri di legno.

ABSTRACT

Wood manufacture and dioxins: a case prospective study on maintenance of boilers powered by wood chips and shavings*Epidemiol Prev 2014; 38(5): XXX-XXX*

OBJECTIVES: to verify if a carpenter using wood scraps, treated or not, to operate the heating system may involve an exposure to dioxins in a given target workers.

DESIGN: the research was structured on literature sources analysis, study on field of the most relevant exposure, occurs through sampling. The results were recorded and plotted, and compared with the data available in literature.

SETTING AND PARTICIPANTS: the study

has involved maintenance workers of the heating system by means of wood refuse incineration. These workers were informed of the methods and aims of the sample.

MAIN OUTCOME MEASURES: the results confirm a potential exposure to ash containing dioxins, presumably also in other similar situations, in this case not even evaluated by the employer.

RESULTS: the average exposure to the light ash during the maintenance operations of

the plant dust abatement in emissive phase is about 5 mg/m³, with a consequent exposure to dioxins inferred, at about 20 pg.

CONCLUSION: operators are exposed to dioxins: this implies that in some operations is crucial to review the risk assessment and consequently the measures on prevention and health protection to activate.

Keywords: ashes, wood, sampling, dioxins

INTRODUZIONE

In letteratura scientifica sono ben documentati casi di correlazione tra esposizione a diossine e cancerogenesi¹

L'Agenzia internazionale per la ricerca sul cancro (IARC) ha ormai da tempo inserito queste sostanze nell'elenco dei cancerogeni accertati per l'uomo e ne ha definito i limiti di esposizione.²

Generalmente le diossine non vengono rilevate nelle diverse matrici come singoli composti, ma come miscele complesse dei vari congeneri; ma non tutti i congeneri sono tossici o lo sono alla stessa maniera.

Per riuscire a esprimere la tossicità dei singoli congeneri è stato, pertanto, introdotto il concetto di fattore di tossicità equivalente (TEF).

I fattori di tossicità equivalente si basano sulla considerazione che le policlorodibenzo-p-diossine (PCDD) e i dibenzofurani (PCDF) sono composti strutturalmente simili che presentano il medesimo meccanismo strutturale di azione (attivazione del recettore *Aryl hydrocarbon*), producendo effetti tossici simili. Il legame tra le diossine e il recettore Ah costituisce l'innesco degli effetti tossici. Già nel 1977 fu documentato che l'interazione diossine-recettore Ah portava a variazioni genetiche del metabolismo degli xenobiotici e della funzione immunitaria.³ I maggiori contributi in termini di apporto quantitativo di queste sostanze provengono da processi di incenerimento dei rifiuti, da sintesi di sostanze organo-clorurate, ma anche da incendi boschivi, come ben documentato in uno studio condotto in Inghilterra.⁴ E' quindi noto che durante la fase di raffreddamento il processo di incenerimento del legno produce diossine in un range compreso tra circa 300 e 500 gradi centigradi.

Uno studio condotto sulla pratica di utilizzo di legna per riscaldamento nella popolazione austriaca ha dimostrato l'esistenza di un'esposizione alle diossine generate dalla combu-

stione di questo materiale;⁵ tale dato è di importanza determinante nel confermare che il rischio analizzato è presente anche quando si tratti di quantità modeste di materia trattata. Con questi presupposti, si è pensato di indagare l'esposizione dei lavoratori operanti in una ditta di falegnameria che utilizza impianti per l'incenerimento di trucioli e scarti di lavorazione più importanti per la produzione di energia termica. Gli impianti di emissione delle industrie di lavorazione del legno sono normalmente dotati di sistemi di abbattimento di queste molecole e sono soggetti a processi di controllo da parte degli organismi preposti (per esempio, ARPA) o di autocontrollo (nei casi di produzioni che hanno un impatto particolare).

Ciò dimostra che vi è già attenzione verso il potenziale pericolo di inquinamento da diossine in ambiente esterno da parte di questi impianti; al contrario, dallo studio della letteratura scientifica non risulta che la questione sia stata affrontata per ciò che concerne l'ambiente interno.

Come documentato in studi precedenti, le diossine rilevate nella materia secca sono di circa 4.000 ng/kg per le rilevazioni eseguite nelle polveri depositate nei filtri fini, e di 4 ng/kg nelle ceneri pesanti qualora la combustione sia completa, mentre lievitano rispettivamente a 3.000 ng/kg e 20.000 ng/kg in caso di materiale mal combusto.⁶

Questa differenza nella presenza di diossine tra ceneri "pesanti" e ceneri "leggere" dimostra che è il processo di raffreddamento lento a portare alla formazione di diossine.

Nel 1998, l'Organizzazione mondiale della sanità (OMS) aveva fissato a 10 picogrammi (pg) la dose giornaliera tollerabile di diossina per l'uomo, ma nuovi dati sulla cancerogenicità delle diossine suggerirono l'opportunità di un ulteriore abbassamento di questo limite: tra 1 e 4 picogrammi per chilogrammo di peso (pg/kg).

Se ne deduce che giornalmente un uomo di peso medio di

70 chili può assorbire tra i 70 e i 280 pg di diossine, mentre una donna di peso medio 50 kg ne può assorbire una dose compresa tra 50 e 200 pg.

OBIETTIVI

Nel presente lavoro ci si è posti il problema di analizzare l'esposizione potenziale alle diossine di una categoria di lavoratori che normalmente entra a contatto con ceneri di legno e polveri parzialmente combuste, per indagare se effettivamente possa esistere un rischio di questo genere, quale sia l'eventuale grado di esposizione e se questa esposizione superi o meno il valore di fondo ambientale (ambienti di vita) compreso tra 1,5 e 2,95 pg/m³.⁷

Ci si è, pertanto, focalizzati sugli addetti alla manutenzione operanti in una ditta di falegnameria nella quale vengono impiegati legni teneri e duri.

Tutti gli scarti lignei di lavorazione, polveri e trucioli compresi, trattati e non, vengono utilizzati durante il periodo invernale per riscaldare il capannone tramite un sistema a caldaia centralizzata con abbattimento di polveri tramite filtri a maniche. Questo sistema necessita di manutenzione costante, per la quale sono preposti due addetti che si alternano nelle operazioni di conduzione ordinaria, mentre operano congiuntamente in operazioni di conduzione straordinaria. La loro permanenza nei locali caldaia è piuttosto costante e continuativa nell'arco della giornata lavorativa, l'ambiente presenta una polverosità apprezzabile dai depositi presenti sulle giunzioni delle tubazioni, sulle bordature di vari punti di raccordo e in prossimità del punto di posizionamento dei filtri a maniche (molto evidente).

Al fine di evitare intasamenti e relativi malfunzionamenti, i filtri vengono scossi ciclicamente tramite un sistema automatico vibrante che permette la precipitazione delle polveri; inoltre, è previsto un sistema di insufflazione ad aria compressa per liberare le calze filtranti dal materiale di deposito.

Per finire, i manutentori provvedono, all'occorrenza, anche allo smontaggio delle calze dei singoli filtri per poi procedere al lavaggio manuale.

Polveri e ceneri derivanti da tale processo vengono raccolte per precipitazione in un contenitore in acciaio, non del tipo "a tenuta" che viene movimentato quando è colmo. In questa fase è visibile una notevole polverosità nello spazio di operatività del manutentore.

Il processo appena analizzato vede gli addetti coinvolti in un'esposizione professionale di alto rischio potenziale, in quanto le diossine risultano altamente pericolose dal punto di vista del bioaccumulo e degli impatti sulla salute.

METODI

Con presupposti simili, si è pensato di campionare l'esposizione del singolo lavoratore durante la fase lavorativa di maggiore impatto, cioè la sostituzione delle calze dei filtri

a maniche, al fine di verificare se e in che misura vi sia una reale esposizione a diossine.

Il campionamento è durato circa un'ora e trenta, che è stato il tempo necessario a compiere le operazioni di: smontaggio del pannello di verifica e accesso, accesso alle calze filtranti, smontaggio delle calze che necessitano di manutenzione, sostituzione delle calze e rimontaggio.

Per ciascuna delle 3 fasi è stato montato un nuovo filtro in PVC su campionatore personale di tipo IOM con porosità 8 micron.

Sono stati, poi, condotti due ulteriori campionamenti per meglio determinare l'esposizione in altre fasi lavorative, in modo tale da avere un quadro maggiormente rappresentativo dell'esposizione dei lavoratori addetti a questo tipo di mansione.

E' importante precisare che la permanenza dei lavoratori in questi ambienti è maggiore nei mesi invernali, poiché, come già premesso, è il periodo in cui il sistema di riscaldamento funziona a pieno regime.

Le analisi condotte sono relative alle fasi di conduzione ordinaria e di manutenzione ordinaria dell'impianto nei mesi di gennaio e febbraio.

Durante la fase di conduzione ordinaria, gli operatori si limitano a monitorare il corretto funzionamento del sistema senza intervenire manualmente sull'impianto e limitandosi alla verifica del pannello di controllo remoto.

Durante la fase di manutenzione ordinaria, gli operatori verificano che l'impianto non presenti deficit di funzionamento dal punto di vista elettrico, idraulico e di tenuta delle guarnizioni di giunti e sportelli.

Entrambi gli operatori sono addetti alle medesime attività, per cui ne deriva che i livelli di esposizione sono potenzialmente paragonabili.

Si è poi provveduto alla raccolta di un campione di 500 gr di ceneri leggere per la ricerca analitica di PCDD-PCDF, al solo scopo di verificare l'ipotesi di lavoro.

A causa dei lunghi tempi necessari per il reperimento delle polveri raccolte dai filtri a maniche e di costi elevati per la determinazione analitica di tali sostanze, non è stato possibile ripetere più volte quest'ultima tipologia di campionamento.

RISULTATI

Sostituzione filtri a maniche

In circa un'ora e trenta di campionamento totale, è stata riscontrata una concentrazione media di polvere depositata sul filtro di 4,5 mg/m³ (figura 1).

Si noti che, come supponibile, il valore di concentrazione di polveri aerodisperse subisce un incremento all'atto dello smontaggio e della manipolazione delle calze dal reticolo metallico dei filtri, per poi scendere nuovamente a valori più bassi.

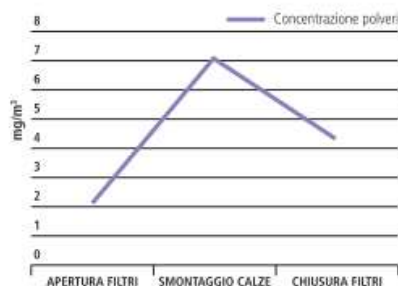


Figura 1. Valori di esposizione in mg/m^3 misurati durante la fase di manutenzione dei filtri a maniche.

Figure 1. Exposure values in mg/m^3 measured during the maintenance phase of bag filters.

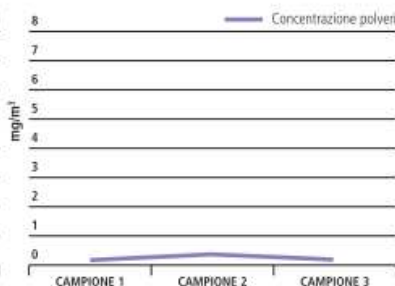


Figura 2. Valori di esposizione in mg/m^3 misurati durante la fase di conduzione ordinaria.

Figure 2. Exposure values in mg/m^3 measured during the ordinary run.

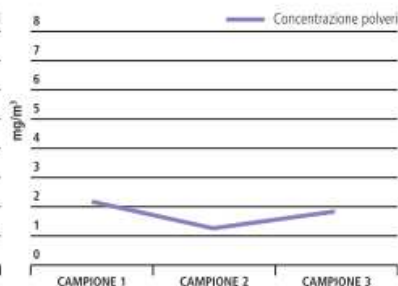


Figura 3. Valori di esposizione in mg/m^3 misurati durante la fase di manutenzione ordinaria.

Figure 3. Exposure values in mg/m^3 measured during ordinary maintenance.

Conduzione ordinaria

In questa fase sarebbe possibile effettuare campionamenti più lunghi rispetto alla precedente, ma è stato scelto di mantenere il medesimo tempo di campionamento e la stessa metodologia per poter raffrontare in modo migliore i dati che ne derivano in termini espositivi.

Come presumibile, l'esposizione è qui molto più bassa, con un dato medio di $0,23 \text{ mg}/\text{m}^3$ (figura 2).

E' importante sottolineare che gli operatori non indossano maschere filtranti facciali durante questa fase e che ciò non è nemmeno previsto dalle procedure operative interne.

Manutenzione ordinaria

Anche in questa fase, come nella precedente, l'operatore attivo non indossa maschera filtrante, sebbene la propria azione venga espletata a contatto di componenti, sistemi e aree in cui è apprezzabile la presenza di polveri già a livello visivo.

In questo caso, il campionamento ha fornito un dato medio di captazione di $1,74 \text{ mg}/\text{m}^3$ di polveri (figura 3).

Anche durante queste operazioni i lavoratori non indossano maschere facciali filtranti.

PCDD-PCDF

L'individuazione analitica delle diossine è stata condotta in accordo con il metodo 1613.⁸ Da questa operazione si è osservata una presenza di PCDD-PCDF pari a circa $3,6 \text{ ng}/\text{Kg}$ ($3.600 \text{ pg}/\text{kg}$).

E' da precisare che nella lettura di tale dato va tenuto conto che non è stato possibile accertare se nel serbatoio di alimentazione di scarti di legno vi fosse soltanto legno vergine, in quanto la linea trasportatrice non risultava esclusivamente dedicata al suo conferimento e, pertanto, potrebbero essere presenti variabili di confondimento legate al tipo di legno e agli eventuali impieghi di sostanze impregnanti/trattanti, e alla percentuale di presenza legno vergine/legno trattato.

CONCLUSIONI

Allo stato dell'arte attuale, con i dati noti a disposizione, si è partiti da una stima teorica di questa esposizione, riparametrando i valori in relazione ai risultati ottenuti.

Ne deriverebbe che, se su un chilogrammo di ceneri leggere totalmente combuste, tipologia presente nei filtri a maniche, sono rilevabili 4.000 ng di diossine, allora su circa $5 \text{ mg}/\text{m}^3$ di ceneri campionate nelle fasi di maggiore esposizione (sostituzione filtri) ci si aspetta un dosaggio proporzionale di $0,02 \text{ ng}/\text{m}^3$, cioè $20 \text{ pg}/\text{m}^3$, che in termini di esposizione potenziale supera di circa dieci volte il valore di fondo ambientale.

Chiaramente si parla di un valore di picco relativo all'esposizione breve, ma il dato che ne deriva giustificerebbe un ulteriore studio dell'esposizione di questa categoria professionale, tanto più che, come visto in precedenza, il dato potrebbe variare sensibilmente al rialzo in caso di combustioni parziali.

La presenza di PCDD e PCDF successivamente riscontrata nelle ceneri raccolte, seppure molto inferiore a quella stimata in via teorica dai dati bibliografici, dimostra la necessità di ulteriori approfondimenti sul tema dell'esposizione alle diossine in questa categoria di lavoratori.

Altro elemento di non trascurabile allarme è dato dalla mancanza di utilizzo di dispositivi di protezione individuale filtranti; su questo aspetto sembra non essere percepito dai manutentori il livello di rischio a cui sono esposti durante le operazioni di routine.

Infine, è utile ricordare che questi lavoratori, in particolare quando operano in ambienti interni diversi dai locali caldaia, sono potenzialmente esposti anche a polveri di legno generate nei vari processi di produzione.

Conflitti di interesse dichiarati: nessuno.

BIBLIOGRAFIA

1. Mannetje A, McLean D, Cheng S, Boffetta P, Colin D, Pearce N. Mortality in New Zealand workers exposed to phenoxy herbicides and dioxins. *Occup Environ Med* 2005;62(1):34-40.
2. International Agency for Research on Cancer. *Polychlorinated Dibenzo-para-Dioxins and Polychlorinated Dibenzofurans. Summary of Data Reported and Evaluation*. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Volume 69. Lyon, IARC, 1997.
3. Fernandez-Salguero P, Pineau T, Hilbert DM et al. Immune system impairment and hepatic fibrosis in mice lacking the dioxin-binding Ah receptor. *Science* 1995;268(5211):722-6.
4. Douben PET, Eduljee GH, Dyke P. A review of potential PCDD and PCDF emission sources in the UK. *Organohalogen Compounds* 1995;24:131-6.
5. Hübner C, Boos R, Prey T. In-field measurements of PCDD/F emissions from domestic heating appliances for solid fuels. *Chemosphere* 2005;58(3):367-72.
6. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage. *Bruciare rifiuti, legname di scarto o scarti di legno in impianti a combustione alimentati con legna o all'aperto*. UFAFP 1996.
7. Turci R, Minoia C, Leoni E et al. Interferenti endocrini. *Schede monografiche. G Ital Med Lav Erg* 2009; 31(4):325-70.
8. US Environmental Protection Agency. *Method 1631 for Analysis of Dioxins and Furans in Wastewater*. 1994. Disponibile all'indirizzo: <http://water.epa.gov/scitech/methods/cwa/organics/dioxins/index.cfm>