

Impatto ambientale dei processi di incenerimento di rifiuti

Caldioli Marco

Centro per la salute «Giulio A. Maccacaro», Castellanza

Corrispondenza: Caldioli Marco, Centro per la salute «Giulio A. Maccacaro», via Roma 2, 21053 Castellanza, VA

Peculiarità delle emissioni degli impianti di incenerimento per rifiuti

La normativa in materia definisce «*impianti di incenerimento*» tutti quegli impianti destinati al «trattamento termico dei rifiuti con o senza recupero del calore prodotto dalla combustione (...) inclusi l'incenerimento mediante ossidazione dei rifiuti nonché altri procedimenti di trattamento termico, quali ad esempio i procedimenti del plasma...».¹

Gli impatti principali dei processi di incenerimento dei rifiuti sull'ambiente e sulla salute sono determinati dalle emissioni dal camino dell'impianto e dalla produzione e gestione dei residui solidi (ceneri leggere, ceneri pesanti, scorie, altri residui dai processi di abbattimento).

Per quanto concerne le emissioni, l'eterogeneità delle matrici trattate (rifiuti) sono tali che i processi di combustione generano numerose sostanze pericolose trascinate con i fumi; solo in parte la concentrazione delle sostanze tossiche può essere ridotta grazie alle caratteristiche tecnologiche e gestionali degli impianti nonché dall'efficacia dei sistemi di captazione prima dell'emissione all'atmosfera.

Non va taciuto che i sistemi di abbattimento operano una traslazione dei tossici dalla fase aeriforme a una solida e/o liquida, in altri termini una maggiore efficacia nella captazione dei tossici ha come contraltare un aumento della produzione dei residui solidi e una maggiore tossicità degli stessi. Diversi studi hanno tentato di *contare* le sostanze prodotte dalla combustione di matrici costituite da rifiuti e i risultati sono concordi nell'indicare in oltre 200 le specie chimiche organiche prodotte e immesse nell'ambiente da un inceneritore per rifiuti urbani, sostanze in buona parte sintetizzate *ex novo* dall'impianto, a partire da precursori presenti nelle matrici con una struttura chimica diversa da quella iniziale e spesso con caratteristiche di maggiore tossicità.²

Un altro aspetto da considerare nella valutazione delle emissioni di un impianto di incenerimento (come in altri impianti di combustione) sono i cosiddetti *transitori* cioè le fasi di avvio e/o di spegnimento o quelle in cui – per diversi motivi – si verificano condizioni anomale (condizioni frequenti negli inceneritori di rifiuti). In queste condizioni le emissioni possono modificarsi in modo considerevole, a partire – per fare un esempio – dalle situazioni *favorevoli* alla formazione di precursori cloroorganici in grado di incrementare la formazione delle sostanze più pericolose (PCDD/PCDF, PCB, PCDB, eccetera).

Waste incineration: environmental impact

Evoluzione normativa e tecnologica relativa alle emissioni degli impianti di incenerimento

Per quanto concerne l'evoluzione normativa ci si limita ad alcuni cenni storici. La prima normativa italiana che ha interessato gli inceneritori è stata la cosiddetta *legge antismog* (Legge 615 del 13.07.1966).

Solo dopo il 1976, ovvero dopo il crimine di Seveso, si è giunti dapprima alla definizione di prescrizioni tecniche sulle caratteristiche degli impianti di incenerimento,³ quindi alla definizione di limiti alle emissioni.⁴

L'effetto di queste normative può essere così sintetizzato:

- fino al 1984 gli impianti di incenerimento erano paragonati a qualunque altro impianto di combustione, il numero di impianti presenti sul territorio italiano, per lo più di dimensioni molto piccole, era cospicuo;

- le prescrizioni tecniche emanate nel 1984 hanno comportato la chiusura di moltissimi impianti (105 nella sola Lombardia) e il blocco della costruzione di molti altri;

- solo dal 1990 esistono limiti di emissione specifici – anche per i microinquinanti – per gli impianti di incenerimento.

Dal 1990 ad oggi sono state introdotte norme di origine comunitaria (l'ultima è la Direttiva 2000/76/CE, v. nota 1), con l'obiettivo dell'abbassamento delle emissioni. Nella tabella 1 si riassume questa evoluzione.

Solo recentemente l'approccio normativo è entrato in una nuova fase: con la Direttiva IPPC⁵ per «la prevenzione e la riduzione integrata dell'inquinamento» si è fatto un ulteriore passo principalmente con l'introduzione di due principi:

- la necessità di considerare le attività industriali a maggior impatto ambientale – tra cui gli inceneritori – non per singola matrice ambientale (e con autorizzazioni separate), ma tenendo conto di tutte le componenti interessate (aria, acqua, suolo e sottosuolo), considerando i limiti normativi generali come una condizione necessaria ma non sufficiente per garantire l'obiettivo di un livello di protezione «elevato»;

- la necessità di richiedere e valutare che la tecnologia adottata per ogni impianto sia la «migliore tecnologia disponibile» (Best Available Technology - BAT).

Sotto quest'ultimo profilo va evidenziato che l'Unione Europea ha in corso la raccolta e la definizione di tali BAT per i diversi settori industriali interessati,⁶ per quanto concerne gli inceneritori la discussione è ancora aperta.

Nella direttiva 2000/76 sugli inceneritori il nuovo approccio si traduce in quella che è – al momento – una «considerazio-

ne» (la tredicesima) ovvero che «Per assicurare tale rispetto (dei requisiti della direttiva IPPC, ndr) può essere necessario prevedere valori limite di emissione più severi per le sostanze inquinanti contemplate dalla presente direttiva, valori di emissione relativi ad altre sostanze e altre componenti ambientali e altre condizioni opportune». Un complesso di considerazioni che danno anche un senso nuovo ai processi autorizzativi (dei singoli impianti e dei piani connessi) e alle modalità di Valutazione di Impatto Ambientale.⁷

Anche per quanto concerne i residui solidi la normativa ha avuto una evoluzione: in sintesi le prime norme prevedevano una classificazione restrittiva solo per i residui provenienti dai sistemi di abbattimento (e anche per questi la possibilità di *derogare* ai conseguenti obblighi inertizzando tali rifiuti con cemento), attualmente i criteri di classificazione come rifiuti pericolosi sia delle scorie che degli altri residui sono più restrittivi, implicano maggiori costi per lo smaltimento e/o impongono di studiare sistemi di inertizzazione più complessi.⁸

Possiamo ripercorrere sinteticamente l'evoluzione tecnologica di questi impianti come segue:

■ i *vecchi* inceneritori, non molto di più di caldaie a griglia per combustibili solidi. Possiamo dire che questa fase è durata dal 1880 fino al 1984 e gli impianti allora funzionanti o si sono adeguati alle nuove prescrizioni o hanno cessato l'attività entro il 1990;

■ caldaie di nuova generazione, con l'adeguamento alle peculiarità del combustibile/rifiuto e applicando all'incenerimen-

to nuove tipologie di impianti – derivandole da altre applicazioni tecnologiche – come i *letti fluidi*, i *pirolizzatori*, i *gassificatori*, le *torce al plasma*;

■ il maggiore impegno è stato rivolto ai sistemi di abbattimento fumi incrementando, con sistemi *pluristadio* la capacità di captare i singoli contaminanti nonché introducendo sistemi di trattamento delle scorie e delle ceneri (dal loro inglobamento in matrici cementizie a sistemi di sinterizzazione e/o vetrificazione) con l'obiettivo di rientrare in parametri tali da rendere meno costose le successive fasi di smaltimento.

Stima del contributo degli impianti di incenerimento alla contaminazione ambientale

I più recenti studi, europei e nazionali, in tema di valutazione del contributo alla contaminazione ambientale delle sostanze emesse dagli impianti di incenerimento si sono incentrati principalmente sul tema delle policlorodibenzodiossine e dei policlorodibenzofurani (e in parte alle sostanze omologhe tra i policlorobifenili).

Va ricordato che si tratta di un approccio di stima che utilizza dati statistici generali sia sulle emissioni sia sulle attività industriali (approccio *top-down*), ed è pertanto affetto da una certa approssimazione. L'approccio più corretto (*bottom-up*), basato su informazioni sui singoli siti di emissione, è di difficile applicazione per la mole di informazioni necessarie, attualmente non disponibili.

Nel concreto si tende a utilizzare fattori di emissione che in-

Contaminante	Limiti DPR 203/88 (Linee Guida DM 12.07.1990)	Limiti DM 19.11.97 (nuovi inceneritori)	Limiti DM 19.11.97 (nuovi inceneritori)	Direttiva UE 2000/76 del 4.12.2000	Direttiva UE 2000/76 del 4.12.2000
		giornaliero	orario	giornaliero	su mezz'ora
Polveri mg/mc	30	10	30	10	30
Cadmio mg/mc	0,2		0,05 (un'ora)	0,05 (mezz'ora)	0,1 (8 ore)
Mercurio mg/mc	0,2		0,05 (un'ora)	0,05 (mezz'ora)	0,1 (8 ore)
Piombo mg/mc	5	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.
Metalli totali mg/mc	5		0,5 (un'ora*)	0,5 (mezz'ora*)	0,1 (mezz'ora*)
Fluoro (HF) mg/mc	2	1	4	1	4
Cloro (HCl) mg/mc	50	20	40	10	60
Cianuri mg/mc	1	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.
Ossidi di zolfo mg/mc	300	100	200	50	200
Ossidi di azoto mg/mc	500	200	400	200	400
TCDD+TCDF µg/mc			0,0001 (otto ore **)	0,0001	(otto ore **)
PCDD+PCDF µg/mc	4	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.
PCB+PCT+PCN µg/mc	500	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.
IPA mg/mc	0,05		0,01 (otto ore)	n.p.	n.p.
Ossido di carbonio mg/mc	100	50	100	50	100
COT mg/mc	20	10	20	10	20

n.p. = Non previsto

(*) Somma di Piombo, Antimonio, Arsenico, Cromo, Cobalto, Rame, Manganese, Nichel, Vanadio, Stagno.

(**) Sommatoria dei congeneri considerati espressi in TCDD equivalenti

Tra parentesi la durata del campionamento per le analisi semestrali dei microinquinanti.

Tabella 1. Evoluzione normativa dei limiti alle emissioni degli impianti di incenerimento rifiuti.

Tabella 2. Distribuzione dei metalli pesanti in funzione della granulometria del particolato volatile in sospensione nei fumi (valori in microg/Nmc).

Granulometria	Cadmio	Zinco	Piombo	Antimonio	Cromo	Arsenico
> 10,50 micron	0,41 - 4,0	31,2 - 372,0	25,5 - 136,0	0,31 - 0,36	9,6	1,00
< 0,56 micron	6,13 - 23,0	321,0 - 967,0	315,0 - 392,0	2,26 - 4,50	1,7	0,18

Fonte: A. Donati, M. Gallorini, L. Morselli *I metalli pesanti nel ciclo dell'incenerimento dei RSU in L'incenerimento dei rifiuti*, Atti del Convegno Nazionale, Bologna 16-17/3/1995, Maggioli Editore, 1996, p. 312.

tegrano entrambi gli approcci utilizzando le conoscenze che via via si accumulano, mentre, per il futuro, si conta sul rispetto integrale delle nuove norme.

Un altro limite è costituito dallo stato ancora iniziale di un approccio *integrato*, cioè alla costruzione di inventari non solo riferiti alle emissioni atmosferiche ma anche ai rilasci nell'acqua e sul suolo/sottosuolo.

Ciò premesso, proviamo ad analizzare le stime più recenti, a partire dalle emissioni di metalli pesanti, argomento assai meno studiato rispetto ai microinquinanti clororganici.

Emissioni di metalli pesanti da impianti di incenerimento di rifiuti

Va ricordato che l'emissione di metalli pesanti è strettamente correlata a quella delle polveri, sia in termini assoluti che in relazione alle dimensioni granulometriche del particolato che *sfugge* ai sistemi di trattamento dei fumi. Nella tabella 2 si presentano le concentrazioni di metalli pesanti al variare della dimensione delle polveri.

Una stima dell'emissione mondiale ed europea di metalli pesanti dagli impianti esistenti di incenerimento per rifiuti viene mostrata nella tabella 3 che segue unitamente al peso per-

centuale di tali emissioni sul totale delle emissioni dei metalli dalle fonti considerate.

E' possibile elaborare anche una stima relativa all'Italia sulla base dei fattori di emissione individuati dall'ANPA (ora APAT), relativi alle emissioni di impianti di incenerimento per rifiuti urbani e industriali/speciali e in relazione alla quantità di rifiuti attualmente inceneriti.

La stima annua di emissione, presentata nella tabella 4, fa riferimento ai quantitativi di rifiuti inceneriti per i quali si dispone di un dato recente ovvero:

- per i rifiuti solidi urbani la quantità di 1.901.435 tonnellate incenerite nei 41 impianti italiani funzionanti nel 2000 (Fonte : Rapporto Annuale CONAI, 2001);

- per i rifiuti industriali la quantità di 1.882.416 tonnellate incenerite (incluse quelle sottoposte a «recupero energetico») nei 172 impianti italiani attivi nel 1998 (Fonte: Rapporto rifiuti ANPA, 2001).

Per quanto concerne gli impianti per rifiuti urbani, in assenza o con un ridotto impatto di politiche di riduzione della presenza di metalli alla fonte (nelle merci/rifiuti), è da attendersi un incremento del contributo degli inceneritori, sia in termini assoluti sia relativi, in virtù della previsione del-

Metallo	Emissioni da inceneritori stima mondiale al 1995(*) (t/anno)	Contributo degli inceneritori sul totale delle emissioni mondiali al 1995 (*) %	Contributo degli inceneritori sul totale delle emissioni, stima europea al 1999 (**) %
Antimonio	670	19,0	n.r.
Arsenico	310	3,0	0,3
Cadmio	750	9,0	3,2
Cromo	840	2,0	2,3
Rame	1.580	4,0	0,7
Piombo	2.370	20,7	1,0
Manganese	8.260	21,0	n.r.
Mercurio	1.160	32,0	11,0
Nickel	350	0,6	0,3
Selenio	110	11,0	n.r.
Stagno	810	15,0	n.r.
Vanadio	1.150	1,0	n.r.
Zinco	5.900	4,0	2,7

Fonti: (*) Agenzia Europea per l'Ambiente *Europe's Environment. The Dobris Assessment*, elaborato da D. Stanners, P. Bourdeau, 1995, e ripreso in *Dangerous Substances in Waste*, elaborazione di J. Schimid, A. Eisler, R. Strobel, ABAG-Itm, M. Crowe, AEA, 2000, p. 29.
(**) EMEP-CORINAIR, 1999 *Atmospheric Emission Inventory Guidebook*, 2nd edition (settembre 1999), p. B921-1 - B921-15. I valori riportati derivano dall'OSPARCOM HELCOM-UNECE emission inventory, 1997, relativo a 39 paesi europei.

Tabella 3. Emissioni annuali, nel mondo, di metalli da impianti di incenerimento e contributo percentuale sul totale delle emissioni.

Metallo	Fattori di emissione incenerimento rifiuti urbani (*) grammi/tonn	Fattori di emissione incenerimento rifiuti industriali (*) grammi/tonn	Totale emissioni da impianti di incenerimento per rifiuti urbani (2000) kg/anno	Totale emissioni da impianti di incenerimento per rifiuti industriali (1998) kg/anno
Arsenico	0,05	0,12	95,0	225,9
Cadmio	0,25	0,8	475,4	1.505,9
Cromo	0,45	1,6	855,6	3.011,9
Rame	1,0	1,2	1.901,4	2.258,9
Piombo	1,35	24,0	2.566,9	45.177,9
Mercurio	0,15	0,8	285,2	1.505,9
Nickel	16,35	0,8	31.088,5	1.505,9
Selenio	0,01	0,01	19,0	18,8
Zinco	0,02	12,6	38,0	23.718,4

(*) ANPA, Centro Tematico Nazionale Atmosfera Clima ed Emissioni in Aria, *Manuale dei fattori di emissione nazionali*, Gennaio 2002.

Tabella 4 Fattori di emissione annuali di metalli pesanti da impianti di incenerimento e quantità emessa in atmosfera annualmente in Italia con riferimento ai rifiuti urbani e industriali inceneriti

l'aumento in Italia della quantità di rifiuti urbani avviati all'incenerimento (a fronte dei 2 milioni di tonnellate di rifiuti urbani inceneriti dagli impianti in funzione, sono attualmente in costruzione o sono entrati in funzione dal 2001 ad oggi, impianti con una capacità pari a oltre 5 milioni di tonnellate/anno mentre l'obiettivo dichiarato dai vari enti è il raggiungimento di almeno una quota del 30 % di rifiuti urbani inceneriti ovvero circa 9 milioni di tonnellate/anno). Il tema della contaminazione dell'aria da metalli pesanti è stato oggetto di accordi internazionali, in particolare la Convenzione di Aarhus⁹ ha individuato le principali fonti di emissione (di Cadmio, Mercurio e Piombo) e definito gli ambiti di intervento per la loro riduzione, a partire dai prodotti, nella consapevolezza che «può essere necessaria un'ulteriore e più efficace azione per limitare e ridurre le emissioni di taluni metalli pesanti e che, ad esempio, gli studi incentrati sugli effetti delle emissioni possono fornire la base per un'ulteriore azione». Una sottolineatura della convenzione è appunto sulla presenza dei metalli nei rifiuti: «I metalli pesanti sono presenti in tutte le componenti del flusso di rifiuti urbani (...). Di conseguenza, si possono ridurre le emissioni di metalli pesanti riducendo la quantità di rifiuti urbani da incenerire. Questo può essere ottenuto mediante diverse strategie di gestione dei rifiuti, tra cui i programmi di riciclaggio e il compostaggio delle materie organiche».

Per quanto concerne l'apporto dei metalli pesanti provenienti dagli inceneritori alla qualità dell'aria nelle zone ove sono collocati gli impianti, non esistono studi adeguati per una valutazione esaustiva.

Per quanto concerne il contenuto di metalli nei residui solidi da incenerimento, nelle tabelle 5 e 6 si riportano le concentrazioni di metalli pesanti nelle ceneri leggere e nei residui da sistemi di abbattimento fumi tratti da uno studio europeo. Si evidenzia che i dati si riferiscono unicamente a impianti di incenerimento di rifiuti solidi urbani.

I fattori dell'incenerimento dei rifiuti negano la problematica della dispersione ambientale di sostanze tossiche dai residui solidi, in quanto danno per scontato che i trattamenti di inertizzazione e/o le caratteristiche costruttive delle discariche azzerino il rischio di cessione all'ambiente delle sostanze contenute. La Convenzione di Aarhus, di cui si è già detto, evidenzia che «Va inoltre tenuta in considerazione la destinazione delle polveri raccolte da una migliore depurazione dei gas. Infatti, il vantaggio di una minore emissione nell'atmosfera di polveri e fumi di processo sarà sminuito da un impatto ambientale negativo derivante da un'errata gestione dei suddetti rifiuti». I dati relativi a monitoraggi su discariche attive

Elemento	Range concentrazione metalli nelle ceneri leggere mg/kg	Range concentrazione metalli nei residui dei sistemi di abbattimento fumi mg/kg
Zinco	5.000 - 4.000	20.000 - 30.000
Piombo	1.000 - 12.000	4.000 - 10.000
Nichel	100 - 400	30 - 100
Cromo	50 - 2.000	50 - 200
Rame	300 - 5.000	500 - 1.500
Cadmio	50 - 1.000	300 - 500
Arsenico	10 - 100	40 - 100
Mercurio	2 - 30	10 - 30
Tallio	0 - 50	0 - 2
Cobalto	30 - 100	5 - 20
Antimonio	300 - 1.000	300 - 1.000
Stagno	500 - 3.000	n.r.

Fonte: Agenzia Europea per l'Ambiente *Dangerous Substances in Waste*, elaborazione di J. Schmid, A. Eisler, R. Strobel, ABAG_Itm, M. Crowe, 2000, p. 29.

Tabella 5. Concentrazione di metalli nelle ceneri leggere e nei residui dai sistemi di abbattimento dei fumi di inceneritori per rifiuti urbani.

INTERVENTI

Tabella 6. Metalli presenti nelle scorie pesanti. (I valori sono riferiti alle analisi effettuate presso gli impianti ACCAM di Busto Arsizio (VA) e dati di letteratura, fonti italiane ed europee.

Elemento	Inceneritore ACCAM concentrazioni minime e massime rilevate in più analisi (*) mg/kg	Concentrazioni medie da più analisi riportate in letteratura (**) mg/kg	Range di concentrazione di metalli, studio europeo (***) mg/kg
Zinco	1.295,3 - 5.000	12.000	500 - 2.500
Piombo	1.056,7 - 4.100	6.000	100 - 3.500
Nichel	19,8 - 1008	180	25 - 100
Cromo	n.r.	3.300	50 - 1000
Manganese	228,2 - 550	n.r.	n.r.
Rame	600 - 896,4	1.700	500 - 1.500
Cadmio	1,04 - 5,0	20	< 0,5 - 10
Arsenico	0,5 - 50	300	0,5 - 50
Alluminio	21.008 - 23.000	32.000	n.r.
Bario	50 - 319	n.r.	n.r.
Berillio	1 - 50	n.r.	n.r.
Mercurio	0,3 - 10	1	< 0,05 - 5
Tallio	n.r.	n.r.	< 2
Cobalto	n.r.	n.r.	15 - 35
Antimonio	n.r.	n.r.	20 - 200
Stagno	n.r.	n.r.	100 - 250

Fonti:

(*) Certificati di analisi delle scorie 1987-1991 dell'inceneritore ACCAM, Busto Arsizio (VA).

(**) Media da 500 pubblicazioni relative ai residui di inceneritori di RSU, S. Cernuschi, M. Giugliano, G. Lonati, M. Ragazzi *Flussi di materiali e di energia per il bilancio ambientale*, in *Incenerimento di RSU e recupero energetico*, CIPA, 1995.

(***) Agenzia Europea per l'Ambiente *Dangerous Substances in Waste*, elaborazione di J. Schimid, A. Eisler, R. Strobel, ABAG_ltm, M. Crowe, 2000, p. 29.

n.r. = dato non riportato.

Tabella 7. Stime di emissione in atmosfera di PCDD e PCDF da tutte le fonti considerate e dall'incenerimento di rifiuti. Sommario dei principali studi nazionali e internazionali.

Fonte e data dello studio	Stime delle emissioni di PCDD e PCDF da tutte le fonti considerate e da impianti di incenerimento di rifiuti - valori in grammi/anno			
	Paesi considerati e anno di riferimento dello studio	Emissioni totali stimate Paesi considerati	Emissioni stimate di rifiuti da impianti di incenerimento nei Paesi considerati	Contributo percentuale dell'incenerimento di rifiuti sul totale delle emissioni stimate
UNEP 1999 (1)	Austria, Australia, Belgio, Svizzera, Canada, Germania, Danimarca, Francia, Ungheria, Giappone, Olanda, Svezia, Gran Bretagna, Slovacchia, USA (*) al 1995	10.514 (**)	7.241	69 %
Comunità Europea 2000 (2)	Paesi della comunità europea + Svizzera al 1985	13.690	6.300 4.000 (RSU ***)	46 % 29 %
Comunità Europea 1999 (3)	Paesi della comunità europea + Svizzera al 1994	38.230	7.325	19,1 %
Comunità Europea 2000 (2)	Paesi della comunità europea + Svizzera al 1995	3.685 - 6.470	973 - 1.213 (RSU ***) 149-183 (Ind.) 133-530 (rifiuti ospedalieri)	26,4 - 18,7 % 4,0 - 2,8 % 3,6 - 8,3 %
Comunità Europea 2000 (2)	Paesi della comunità europea + Svizzera al 2000	2.435 - 4.660	412 - 506 (RSU ***) 131-166 (Ind.) 96-392 (rifiuti ospedalieri)	16,9 - 10,8 % 5,3 - 3,6 % 3,9 - 8,5 %
Comunità Europea 2000 (2)	Paesi della comunità europea + Svizzera al 2005	1.959 - 3.834	178 - 232 (RSU ***) 16-45 (Ind.) 51-161 (rifiuti ospedalieri)	9,1 - 6,0 % 0,8 - 1,2 % 2,6 - 4,3 %

1) United Nations Environment Programme, *Dioxin and Furan Inventories*. National and Regional Emissions of PCDD/PCDF, UNEP Chemicals, Ginevra, maggio 1999.

2) Commissione Europea *The European Dioxin Emission Inventory - Stage II*, Dicembre 2000.

3) Commissione Europea, *Releases of Dioxins and Furans to Land and Water in Europe, Final Report*, settembre 1999. I dati fanno riferimento non solo alle emissioni in atmosfera ma al rilascio in aria, sul suolo e in acqua dalle diverse fonti comprensive della produzione di pesticidi che risultano essere - al 1994 - la principale fonte di diossine e furani.

(*) L'assenza dell'Italia- e di altri paesi - è motivata dall'assenza di dati; (**) Stima massima complessiva : 28.615 grammi/anno TCDEquivalenti.

(***) Escluso incenerimento illegale di rifiuti solidi urbani.

Anno di riferimento	ENEA (1)			Unione Europea 1999/2000		
	Emissione annuale tutte le fonti	Emissione annuale incenerimento rifiuti	Contributo percentuale dell'incenerimento di rifiuti sul totale delle emissioni stimate	Emissione annuale tutte le fonti	Emissione annuale incenerimento rifiuti	Contributo percentuale dell'incenerimento di rifiuti sul totale delle emissioni stimate
1990	450,5	259,2(134,3 RSU)	57,5 (29,8)	n.r.	n.r.	n.r.
1994/1995	558,8	295,5(170,6 RSU)	52,9 (30,6)	840 - 15.300 (2)	563 - 2.780 (*)	67,0 - 18,3
				366 - 967 (3)	148,7 - 405,8 (2,2-36,8 RSU)	40,6 - 41,9 (0,6 - 3,8)
2000	338,8	147,7 (85,3 RSU)	43,6 (25,5)	370 - 985 (3)	148,7 - 405,8 (2,2-36,8 RSU)	40,2 - 41,2 (0,6 - 3,7)
2005 (proiezione)	191,4	53,7 (34,1 RSU)	28,1 (17,8)	227 - 628 (3)	33,1 - 84,7 (5,6-8,5 RSU)	14,6 - 13,5 (2,5 - 1,3)
2010 (proiezione)	143,4	18,7 (12,8 RSU)	13,0 (8,9)	n.r.	n.r.	

1) R. De Lauretis *Stima delle emissioni di Diossine e Furani*, 1998; <http://www.amb.casaccia.enea.it>.
2) Commissione Europea, *Releases of Dioxins and Furans to Land and Water in Europe, Final Report*, settembre 1999.
3) Commissione Europea *The European Dioxin Emission Inventory - Stage II*, Dicembre 2000.
(*) Solo rifiuti solidi urbani e rifiuti ospedalieri, escluso incenerimento di rifiuti industriali.

Tabella 8. Stima delle emissioni annuali di PCDD e PCDF in Italia 1990-2010 (valori in grammi TCDD equivalenti)

hanno evidenziato la cessione nel tempo dei metalli dai rifiuti sversati (anche se trattati) e va ricordato che i sistemi di contenimento (fondo e lati delle discariche) hanno durato «garantite» solo per alcuni decenni.

Emissioni in atmosfera di microinquinanti clororganici da impianti di incenerimento di rifiuti

Per quanto concerne la stima delle emissioni complessive di PCDD e PCDF nei paesi industrializzati, sono diverse le ricerche che hanno tentato di elaborare dati affidabili anche per confrontarli con stime relative alle emissioni di tali sostanze da altri processi di combustione o produttivi. Nella tabella 7 viene riportata una stima mondiale al 1995, le stime EPA per gli USA e le stime svolte a livello europeo.

Per quanto concerne l'Italia l'ENEA ha presentato un inventario nazionale con una valutazione anche della tendenza futura, che si riassume nella tabella 8, integrata dalle stime a livello europeo relative al nostro paese.

Questi dati evidenziano, in particolare:

a. l'elevata incertezza delle stime, ammessa da tutti gli studi in materia, dovuta alla ancora insufficiente conoscenza delle caratteristiche delle diverse fonti; ne consegue l'indeterminatezza

dei fattori di emissione utilizzati e della valutazione del peso delle attività considerate come fonti delle sostanze in esame;

b. l'incertezza è anche dovuta al fatto che la fonte meglio studiata è appunto quella degli inceneritori rispetto ad altre fonti di origine industriale e non (per esempio la produzione di acciaio e di non metalli, le combustioni industriali, eccetera);

c. per gli impianti di incenerimento, le stime europee e italiane basano la proiezione al 2010 su un fattore di emissione pari al limite più recente (0,1 nanog/Nmc per le PCDD/PCDF espresse come TCDD equivalenti), che evidenzerebbe una tendenza al decremento sia in valori assoluti sia relativi del contributo dell'incenerimento dei rifiuti, in particolare di quelli urbani. (Questo anche in quanto l'ENEA ha mantenuto inalterati i fattori di emissione per le fonti diverse dall'incenerimento, ovvero ha considerato questi settori come incapaci o da cui non è possibile ottenere riduzioni). Studi sul contenuto di microinquinanti clororganici, e in particolare di PCDD e PCDF, nei residui solidi degli inceneritori sono limitati.

Nella tabella 9 si riportano range di concentrazione relativi ad analisi di diversi inceneritori europei per rifiuti urbani e alle diverse tipologie di residui.

Sostanza	Scorie pesanti	Ceneri leggere	Residui da sistemi abbattimento fumi
PCDD/PCDF TEQ (1)	4-25 nanog/kg	100-1.000 nanog/kg	100-10.000 nanog/kg
PCDD/PCDF TEQ (2)	15-300 nanog/kg	n.r.	680-4.500 nanog/kg

Fonti:

- 1) Agenzia Europea per l'Ambiente *Dangerous Substances in Waste*, elaborazione di J. Schimid, A. Eisler, R. Stöbel, ABAG_Itm, M. Crowe, 2000, p. 29.
2) Commissione Europea *Releases of Dioxins and Furans to Land and Water in Europe- Final Report*, settembre 1999.

Tabella 9. Concentrazione di PCDD-PCDF nei residui solidi da impianti europei di incenerimento di rifiuti solidi urbani.

Stato	Concentrazione in aria femtog TCDDeq /mc				Deposizione al suolo picog TCDDeq /mq/giorno	
	Area non specificata	Area urbana	Area rurale	Area contaminata	Area urbana	Area rurale
Austria	1,3 - 587					
Belgio		86 - 129	70 - 125		< 1 - 12	< 1 - 3,1
Germania	2 - 812				< 1 - 464	
Italia		48 - 277				
Lussemburgo		54 - 77	30 - 64			
Olanda		4 - 99	9 - 63	6 - 140		
Svezia	5,4 - 53,7	< 1 - 29				
Gran Bretagna		0 - 810	1 - 24	14.800	< 1 - 312	0 - 517

Fonte : D. Buckley-Golder – AEA Technology, *Dioxins in the European Union*, intervento al Seminario *Diossina nell'aria*, di Bruges, novembre 2001.

Tabella 10. Concentrazioni in aria di diossine e furani in alcuni paesi europei e in diverse aree.

Recenti stime europee¹⁰ indicano una quantità totale di immissione nell'ambiente di queste sostanze tra i 55 e i 150 grammi/anno (come TCDDeq) dovuto allo smaltimento delle scorie e dei residui dall'abbattimento dei fumi.

Contaminazione ambientale da PCDD e PCDF emessi dagli impianti di incenerimento

L'attenzione alla contaminazione ambientale e agli effetti sanitari è stata oggetto di numerosi studi nell'ambito della valutazione e definizione di obiettivi di riduzione a livello europeo. Solo recentemente sono stati definiti livelli massimi di diossina negli alimenti (carne, pesce, latte e derivati, olii e grassi vegetali e animali),¹¹ anche se si ammette che «misure basate unicamente sulla definizione di livelli massimi per le diossine e i PCB diossina-simili negli alimenti non sarebbero abbastanza efficaci nel ridurre l'esposizione umana alle diossine, a meno che i livelli non siano fissati a quote tanto basse che una gran parte degli alimenti dovrebbe essere dichiarata inadatta al consumo umano» (11° considerando del Regolamento citato).

In Italia sono stati fissati dei limiti per il suolo (DM 471 del 25.10.1999), che riguardano sia metalli pesanti sia microinquinanti organici.

Nel caso delle diossine e dei furani i limiti sono pari a 0,01 microg/kg espressi come TCDDeq per i suoli a uso residenziale e 10 volte maggiori per i suoli a destinazione industriale. Al di là delle considerazioni in merito alla loro intrinseca validità, si tratta di standard che stanno facendo emergere la necessità di interventi di decontaminazione per migliaia di siti nella sola Italia, tra questi molti interessano le aree ove sono – o erano – attivi impianti di incenerimento.

Per quanto concerne la presenza ambientale di questi tossici in un recente seminario europeo¹² in materia sono stati presentati i valori che vengono riproposti nella tabella 10.

Va comunque evidenziato che la maggiore fonte espositiva (valutata in un range tra il 95% e il 98%) ai microinquinanti clorurati è dovuta alla alimentazione per gli effetti di cumu-

labilità nella catena alimentare dovute alle emissioni e alle deposizioni dei tossici.

Oltre al noto caso dei «polli alla diossina» del Belgio, dovuto a una forma di recupero illegale di rifiuti contaminati da diossine e PCB, o quello dei bovini tedeschi contaminati con residui di agrumi brasiliani contaminati, nel 1997 un'indagine del Ministero dell'agricoltura francese¹³ ha evidenziato tassi allarmanti di diossina nel latte prodotto in 34 dei 95 Dipartimenti del Paese. In tre Dipartimenti del Nord il tasso riscontrato è stato superiore a 3 picogrammi per grammo di grassi dei prodotti lattiero-caseari (limite poi assunto dal Regolamento europeo citato). La diossina dispersa nell'atmosfera appare dovuta all'attività degli inceneritori. In diversi casi si sono riscontrati concentrazioni di diossine nel pesce dei mari del Nord Europa con livelli anche superiori ai 100 picog TCDDeq/grammo di sostanza grassa (il Regolamento europeo citato infatti definisce una apposita deroga per il pescato di queste zone).

In Italia, un recente studio di Greenpeace¹⁴ ha evidenziato non solo la presenza di metalli pesanti e diossine nel latte di aziende agricole poste nelle vicinanze di impianti di incenerimento per rifiuti urbani (per le diossine la concentrazione in alcuni casi è prossima al limite francese di 3 picogrammi per grammo nei grassi) ma soprattutto il decrescere della concentrazione delle diossine con l'incremento della distanza dell'azienda agricola dall'impianto evidenziando così il ruolo dell'incenerimento alla contaminazione rispetto ad altre fonti. Infine è della primavera del 2003 (ma le prime analisi sono della fine del 2001) l'emersione, in termini di estensione, della «mozzarella alla diossina» che ha interessato gran parte delle zone di produzione DOP della Campania di questi prodotti ovi-caprini. In quest'ultimo caso la fonte della contaminazione è certamente plurima e connessa con pratiche illegali di smaltimento di rifiuti pericolosi.¹⁵

Prospettive

Nel complesso siamo a un livello intermedio di conoscenza

e di coscienza della problematica relativa alla contaminazione ambientale da microinquinanti, compresi quelli immessi nell'ambiente dagli inceneritori per rifiuti.

L'attenzione internazionale sulla contaminazione dovuta ai POP's (Inquinanti Organici Persistenti) ha, recentemente, conseguito l'elaborazione della Convenzione di Stoccolma (21.05.2001) che concerne anche sostanze prodotte non intenzionalmente tra cui figurano i PCDD/PCDF, l'esaclorobenzene e i PCB.

Per quanto concerne il settore dei rifiuti le misure proposte si incentrano sulla riduzione alla fonte ovvero nella applicazione di tecnologie a bassa – e non pericolosa – produzione di rifiuti, nel recupero e riciclaggio delle sostanze nei cicli produttivi e dai cicli di consumo, la necessità di valutare, prima di realizzare nuovi impianti di smaltimento di rifiuti, le alternative per la minimizzazione della produzione di rifiuti e il recupero degli stessi. Solo da ultimo si fa riferimento all'utilizzo della BAT e in particolare dei sistemi di abbattimento e/o di detossificazione dei residui contaminati (rifiuti tal quali e residui dai processi di smaltimento).

L'obiettivo europeo (V° Programma d'azione sull'ambiente) della riduzione del 90% delle emissioni di diossine e furani, rispetto al 1985, **non** verrà complessivamente raggiunto entro il 2005 (va precisato che nel caso dell'incenerimento dei rifiuti si conta di raggiungere tale obiettivo relativamente ai rifiuti urbani e ospedalieri ma non per la combustione dei rifiuti industriali) in quanto nelle altre attività le riduzioni conseguite sono insufficienti.

La Commissione dell'Unione Europea¹⁶ ha recentemente evidenziato che:

■ «Lungo la catena trofica si osservano fenomeni di bioaccumulo da ricondurre al rilascio di queste sostanze (diossine, furani, PCB, ndr) provenienti da discariche, suoli inquinati o sedimenti. La netta diminuzione dei cosiddetti "livelli di base" nell'ambiente osservata nell'arco degli ultimi 20 anni, si ripeterà difficilmente nei decenni futuri»;

■ «Sembra che le caratteristiche tossiche delle sostanze siano state sottovalutate: recenti studi epidemiologici, tossicologici e sui meccanismi biochimici riferiti in particolare agli effetti sullo sviluppo cerebrale, sulla riproduzione e sul sistema endocrino hanno dimostrato che gli effetti delle diossine e di alcuni PCB sulla salute sono molto più gravi di quanto precedentemente supposto, anche a dosi estremamente ridotte»;¹⁷

■ «L'esposizione a diossine e a PCB diossino-simili supera la dose tollerabile settimanale (TWI...) e la dose tollerabile giornaliera (TDI...) in una parte considerevole della popolazione europea»; in particolare si riferisce che «dati più recenti e rappresentativi sull'assunzione giornaliera indicano che i valori medi di diossine e PCB diossino-simili assunti con la dieta alimentare nell'Unione europea sono compresi tra 1,2 e 3 pg/kg di peso corporeo/giorno» (a fronte del valore indicato dall'OMS nel 1998 che indica un TDI pari a

1 (obiettivo) e 4 (limite massimo) picog/kg di peso corporeo/giorno.

Per quanto concerne le fonti di diossine, furani e PCB la Commissione ritiene che l'attenzione andrà posta su altre fonti rispetto a quelle dell'incenerimento di rifiuti urbani (l'incenerimento di rifiuti sanitari, l'incenerimento incontrollato di rifiuti, la sinterizzazione di metalli ferrosi, i forni elettrici ad arco, l'industria dei metalli non ferrosi, la combustione della legna).

Che vi sia ancora molto da fare – anche a livello conoscitivo – emerge dalle iniziative illustrate che concernono in particolare il monitoraggio (ambientale – aria, suolo, acqua – degli alimenti, delle emissioni, di tipo epidemiologico) e la protezione dei consumatori, *in primis*, della catena alimentare.

A fronte di queste considerazioni cautelative non ha fondamento l'assunto che la riduzione ottenuta negli ultimi dieci anni dei livelli ambientali di questi tossici permetterebbe un massiccio incremento dell'incenerimento dei rifiuti senza conseguenze ambientali e sanitarie significative.

Si tratta di una filosofia fondata sulla regolamentazione (anziché la prevenzione) dell'inquinamento, che Barry Commoner analizzava e di cui evidenziava la pochezza, tempo fa, e che possiamo così riassumere con le sue parole:

■ «... la prassi ambientale corrente è un ritorno all'atteggiamento del Medioevo di fronte alla malattia, quando questa – e con essa la morte – era considerata uno scotto inevitabile, un debito da pagare a causa del peccato originale. Questo tipo di filosofia è stato ora rielaborato in forma più moderna: un certo livello di inquinamento e un certo rischio per la salute sono il prezzo inevitabile da pagare per i vantaggi materiali offerti dalla tecnologia avanzata... e il problema della fissazione degli standard diventa un campo di battaglia in cui si scontrano interessi economici, politici e morali contrapposti. Questi scontri sono elaboratamente ammantati di statistiche, in modo da portarli far passare per "scienza"».¹⁸

■ «L'impatto di un inquinante sull'ambiente può essere affrontato ... in due modi: o si cambia l'attività che produce l'inquinante per eliminarlo o, senza mutare l'attività, si introduce in un processo produttivo un dispositivo che cattura o distrugge l'inquinante prima che possa immettersi nell'atmosfera. (...) questi mezzi di contenimento aggiunti non sono serviti a ottenere quelle riduzioni di inquinanti che erano state prescritte... in ciascun caso (in cui si è ottenuta una riduzione delle emissioni come nel caso del piombo nelle benzine, ndr) il degrado ambientale è stato prevenuto semplicemente con la cessazione della produzione o dell'impiego degli inquinanti. ... "Se non metti qualcosa nell'ambiente non ce la ritrovi"»;¹⁹

Infine, a proposito di inceneritori, in merito alla contrarietà alla loro realizzazione anche per i relativi impatti ambientali e alle relative accuse di allarmismo e di sindrome NIMBY, Commoner replica: «A motivare l'opposizione del pubblico agli inceneritori non è stata la preoccupazione per la santità

del proprio cortile, ma piuttosto la qualità dell'ambiente che gli oppositori condividono con il resto della società...».²⁰ Non bisogna dimenticare che quanto fin qui descritto concerne l'impatto del ciclo dello smaltimento dei rifiuti mediante incenerimento (e relative discariche per i residui solidi) ma una valutazione completa (e una critica corrispondente) deve considerare l'intero ciclo di vita di un materiale/prodotto, dalla estrazione dei materiali dalla natura, alla sua produzione, al suo consumo e infine alla sua *morte*, ognuna di queste fasi comporta un impatto che può essere modificato (riducendo o azzerando i relativi inquinanti) solo intervenendo efficacemente sul modello produttivo e non certo mettendo un filtro *alla fine del tubo*.

Conflitti di interesse: nessuno.

Bibliografia

1. Direttiva 2000/76/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 4.12.2000 sull'incenerimento dei rifiuti; GU L. 332/91 del 28.12.2000.
2. Sul tema si veda Jay K. and Stieglitz L. Identification and quantification of volatile organic components in emissions of waste incineration plants. *Chemosphere* 1995; 30 (7):1249-60; ripreso in M. Allsopp *et al.* *Incineration and human health*, Greenpeace International, marzo 2001.
3. Delibera 27.07.1984 e seguenti del Comitato Interministeriale in applicazione delle norme del DPR 10.09.1982 n. 915 sullo smaltimento dei rifiuti.
4. DM 12.07.1990. *Linee guida per il contenimento delle emissioni inquinanti degli impianti industriali e la fissazione dei valori minimi di emissione* in applicazione al DPR 203 del 24.05.1988.
5. Direttiva 96/61/CE del Consiglio, del 24.09.1996, sulla prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento (IPPC), GU L. 257 del 10.10.1996, recepita in Italia nel 1999.
6. Il programma di lavoro e i documenti finora redatti sono disponibili sul sito web: <http://eippcb.jrc.es/>.
7. Per i singoli impianti la normativa derivante, da ultimo, dalla Direttiva 97/11 del 3.03.1997, che ha modificato la precedente Direttiva 85/337 del 27.06.1985; per i piani la recente Direttiva 2001/42 del 27.06.2001 non ancora recepita in Italia.
8. Si veda, in particolare, la *Decisione della Commissione del 16 gennaio 2001 che modifica l'elenco dei rifiuti istituito dalla Decisione 2000/532* e le successive integrazioni.
9. Protocollo alla convenzione sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero a grande distanza relativo ai metalli pesanti del 1979, sottoscritto dalla Comunità Europea il 24.06.1998 e approvata con Decisione del Consiglio del 4.04.2001 (GU delle Comunità Europee L 134 del 17.05.2001).
10. Il già citato documento della Commissione Europea *Releases of Dioxins and Furans to Land and Water in Europe - Final Report*, settembre 1999.
11. Da ultimo il Regolamento CE n. 2375/2001 del Consiglio del 29.11.2001 che modifica e integra i precedenti regolamenti europei sui tenori massimi di taluni contaminanti presenti nelle derrate alimentari (GU L. 321 del 6.12.2001).
12. *Seminar Dioxins in the Air*; Bruges, 19-20 novembre 2001.
13. Direction générale de l'alimentation. *Resultats du plan de surveillance de la contamination des produits laitiers per les dioxines* 28 mai 1997.
14. Greenpeace Italia, *Diossine e metalli nel latte vaccino in prossimità di impianti di incenerimento*, giugno 2002; www.greenpeace.it/inquinamento/latte.htm.
15. ARPA Campania. *Programma di monitoraggio ambientale per la verifica dei livelli di diossine nelle aree delle province di Napoli e Caserta*, marzo 2003.
16. Comunicazione della Commissione al Consiglio, al Parlamento Europeo e al Comitato Economico e Sociale *Strategia comunitaria sulle diossine, i furani e i bifenili policlorurati*, GU delle Comunità Europee, C 322/2, 17.11.2001.
17. Sull'argomento si veda anche quanto riportato sul sito web dell'Istituto superiore di sanità, <http://www.iss.it/sitp/dist.html>.
18. Barry Commoner. *Far pace col pianeta*, Garzanti editore, 1990, pp. 94-95.
19. *Ibidem*, pp. 73-74.
20. *Ibidem* p. 158.