

## Valutazione della esposizione: la situazione italiana

**Giuseppe Viviano**

La produzione *pro capite* nel territorio nazionale di rifiuti solidi urbani (RSU) attualmente risulta essere di circa 540 kg/anno, con una tendenza ad un leggero aumento rispetto agli anni precedenti. Circa il 24% di questi rifiuti vengono raccolti in maniera differenziata; la quota avviata tal quale in discarica è di circa il 49% e la quota che trova un trattamento mediante incenerimento con recupero energetico è di circa il 10% (APAT/ ONR 2007). Mentre in origine la tecnica dell'incenerimento dei rifiuti veniva attuata per ragioni igieniche e per consentire riduzioni di volume e di peso, attualmente a queste motivazioni si sono aggiunte anche quelle del recupero energetico (termico e/o elettrico), grazie anche al sempre maggiore potere calorifico. Quest'ultimo aspetto risulta importante anche per la mitigazione dell'impatto di questa tipologia di impianti, pur considerando che l'obiettivo principale di questo ciclo tecnologico rimane quello dello smaltimento del rifiuto.

I dati relativi al territorio nazionale (ENEA/Federambiente, 2006; APAT/ONR, 2006) indicano la presenza di 51 impianti di incenerimento per RSU, assimilabili e rifiuti sanitari (RS), che trattano circa 4,4 Mt/anno di rifiuti con un recupero di energia elettrica di 2626 GWhe e di energia termica di 706 GWht. La dislocazione geografica di detti impianti è prevalentemente nel nord del Paese (60%). La situazione relativa a questa tecnologia di trattamento ha subito anch'essa variazioni negli anni; infatti inceneritori di piccola taglia e obsoleti sono ormai stati dismessi, altri sono stati adeguati con l'introduzione di una sezione di recupero energetico e il potenziamento della sezione di abbattimento ed un limitato numero di impianti più recenti è stato già progettato e costruito secondo le attuali *Best available techniques (BAT)* (Viviano 1987, 1988; De Stefanis 1998; Federambiente 2001; Caggiano 2003, ENEA/Federambiente 2006).

Il quadro normativo nazionale, in questo specifico settore, può considerarsi ormai completamente adeguato alle direttive comunitarie e rispondente alle moderne linee di indirizzo tecnologico. Infatti si è passati dalle prime "linee guida" del DPR 203/88, ai DM 19/11/97 n. 503 e 25/2/2000 n. 124, che hanno recepito le direttive 89/369/CEE, 94/67/CE ed infine il D.Lgs. 11 maggio 2005, n. 133 "Attuazione della direttiva 2000/76/CE, in materia di incenerimento dei rifiuti", che ha recepito la direttiva

2000/76/CE; la tabella 1 riassume i limiti alle emissioni emanati negli anni.

In aggiunta ai vari riferimenti normativi vanno ricordati il documento BRef (*Best Available Techniques Reference document*: documenti di riferimento per le migliori tecniche disponibili emanati dal gruppo europeo *Integrated Pollution Prevention and Control Bureau* come previsto dalla Direttiva 96/61/EC) sul “*Waste Incineration*” e l’equivalente italiano pubblicato nella Gazzetta Ufficiale nel giugno 2007 “*Emanazione di linee guida per l’individuazione e l’utilizzazione delle migliori tecniche disponibili in materia di gestione dei rifiuti, per le attività elencate nell’allegato I del DL.vo 18 febbraio 2005, n.59*”. Relativamente alle emissioni, alla luce dei BRef, per il rispetto degli attuali limiti rendono necessarie tecnologie che considerino diversi stadi di abbattimento: per gas acidi, per materiale particolato, per microinquinanti (in particolare mercurio, PCDD/F, PCB diossina-simili, IPA).

Le emissioni prodotte nel processo di incenerimento di RSU e sue frazioni (es.: combustibili derivati dai rifiuti - CDR) possono assimilarsi a quelle di altri combustibili solidi (gas, ossidi del carbonio, dell’azoto, dello zolfo, acido cloridrico, vapore acqueo; solidi non-combustibili, materiale particolato da combustione incompleta, da condensati durante il raffreddamento, silicati, ceneri, fuliggini, metalli - ossidi e sali, microinquinanti organici - PCDD/F, IPA, PCB, ecc.) (NRC 2000).

Valori indicativi di PCDD/F nelle emissioni dei vecchi impianti di incenerimento di RSU negli anni 80-90 sono nel range di 2-60 ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup> (con valori massimi di emissione: 2000 ng I -TEQ / Nm<sup>3</sup>) (WHO 1987) e di 0,04-80 ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup> (Hutzinger, 1995). Per alcuni inquinanti selezionati, gli intervalli di concentrazioni nelle emissioni (medie annuali) per moderni impianti di incenerimento di RSU, con l’applicazione delle migliori tecniche disponibili, vengono riassunte nella tabella 2, (European Commission 2006).

In Italia, tutti gli impianti di incenerimento sono dotati di una sequenza di tre - cinque sezioni di trattamento degli effluenti per minimizzare l’emissioni di sostanze inquinanti; il 22% degli impianti di incenerimento ha un doppio stadio di rimozione del materiale particolato e l’86% degli impianti è equipaggiato con un sistema deNO<sub>x</sub>. Generalmente i camini presentano altezze di almeno 70 m; gli impianti più recenti e di maggiore taglia presentano camini di altezza superiore ai 100 m (es.: Acerra e Brescia rispettivamente 120 e 110 m.).

L’altezza efficace del camino (altezza geometrica più la spinta entalpica), le

condizioni meteo locali e la situazione orografica sono importanti per i fenomeni della diluizione delle emissioni in atmosfera (generalmente questa risulta maggiore di  $10^4$ – $10^6$  nei punti di massima ricaduta, che si possono avere ad alcuni km dalla sorgente). Questo porta ad avere un contributo di microinquinanti inorganici ed organici, al livello del suolo nell'aria ambiente, dell'ordine dei  $\text{ng}/\text{m}^3$  per il materiale particolato, inferiore al  $\text{pg}/\text{m}^3$  per i metalli pesanti e al di sotto del  $\text{fg I-TEQ}/\text{m}^3$  per PCDD/F.

Per tali inquinanti la esposizione della popolazione attraverso gli alimenti rappresenta la principale fonte; nei Paesi europei sono state stimate assunzioni giornaliere, in termini di PCDD/F I-TEQ, di 1,5-2  $\text{pg}/\text{kg}$  peso corporeo; negli USA e nei paesi del nord Europa sono state stimate assunzioni rispettivamente di 1-3 e 1  $\text{pg}/\text{kg}$  peso corporeo/giorno. L'assunzione con le acque potabili viene considerata trascurabile in quanto tali prodotti hanno una bassissima affinità per l'acqua. L'esposizione per inalazione di PCDD/F è normalmente bassa; assumendo un livello di concentrazione nell'aria atmosferica di 0,1  $\text{pg I-TEQ}/\text{m}^3$  e un volume di aria inalato di 20  $\text{m}^3$  per giorno, per un adulto (60 kg) l'assunzione per inalazione ammonterebbe a circa 0,03  $\text{pg}/\text{kg}$  peso corporeo/giorno.

La deposizione al suolo di diossine è il fattore chiave della contaminazione della catena alimentare; per tale motivo il rilevamento del rateo di deposizione di inquinanti, misurato mediante deposimetri, costituisce un buon sistema di controllo ambientale. Sarebbe infatti opportuno che in aree potenzialmente interessate da ricadute di emissioni da impianti di combustione si procedesse a tali rilevazioni seguendo le metodiche di riferimento relative (metodiche CEN in preparazione, metodica ISS in Menichini 2006).

A tale proposito risulta utile ricordare uno studio effettuato in Belgio, paese in cui la Commissione per la valutazione dei regolamenti ambientali (CEM) ha proposto un valore di *tolerable daily intake* di 3  $\text{pg TEQ kg}^{-1}\text{d}^{-1}$ . Detto studio ha stimato per alcune aree urbane, industriali e rurali del Paese, nelle quali si avevano diverse sorgenti di diossina (inceneritori di rifiuti, raffinerie, industrie chimiche, fonderie, ecc.), l'esposizione umana e ha definito l'*intake* totale associandolo ai valori di flussi di deposizione rilevati. Da questo è derivata una proposta di valori guida, che vengono richiamati in tabella 3 (Van Lieshout 2001).

A titolo di esempio si riportano alcuni dati rilevati nell'ambito di uno studio, tuttora in corso, effettuato dal nostro Reparto con l'ARPA della Regione Basilicata,

relativo ad un impianto di incenerimento (un forno a griglia da 100 t/d che tratta RSU e assimilabili e un forno a tamburo da 150 t/d che tratta rifiuti pericolosi). Sono stati considerati diversi comparti ambientali quali: emissioni ed immissioni in aria ambiente, suoli e matrici ambientali (latte, uova). La tabella 4 riassume i dati di diossine rilevati alle emissioni delle due linee dell'impianto. I flussi di deposizione di PCDD/F sono risultati compresi in un *range* piuttosto ristretto: 1,5-2,3 pg WHO-TEQ/m<sup>2</sup> d. Tali valori, riferiti al periodo invernale, relativi a sei siti di campionamento distanti qualche km dall'impianto, risultano paragonabili ai valori di deposizione di zone rurali nell'UE. (Fiedler ed altri., 1999; Carrera ed altri., 2002). Le concentrazioni di PCDD/F rilevate nel materiale particolato PM<sub>10</sub> sono risultate comprese nel *range* 2,7-3,2 fg WHO-TEQ/m<sup>3</sup> in siti di campionamento localizzati a circa 1-4 km di distanza dall'impianto di incenerimento. Dette concentrazioni risultano significativamente inferiori a quelle riscontrabili in siti urbani e sono in linea con i livelli misurati in alcune aree rurali/remote, si veda la tabella 5 (Fiedler 1999, Turrio 2001, Berlincioni 2002, Viviano 2006).

### **Bibliografia**

APAT/ONR (2007) Rapporto rifiuti 2006

Berlincioni M., Martellini F., Croce G., Dellatte E., Donati P., Lolini M., Marsico A.M., Baldassini M., Guerranti G., di Domenico A. (2002). Polychlorinated dibenzodioxins (PCDDs) and dibenzofurans (PCDFs) in the urban air of Florence, Italy — A preliminary evaluation. *Organohalogen Compounds* **56**, 465–469.

Bove B., Cattani G., Cusano M.C., De Luca S., Dellatte E., di Domenico A., Fochi I., Fulgenzi A.R., Iacovella N., Inglessis M., Settimo G., Viviano G. (2005). PCDD, PCDF, and PCB baseline levels in air near a waste incineration plant site in southern Italy. *Organohalogen Compounds* **67**, 2083–2085.

Caggiano R., Cipriano V., Viselli R. (2003): Incenerimento di RU in Italia: Situazione attuale e prospettive per il prossimo decennio. *GEA* **4**, 22–31.

Carrera G., Fernandez P., Grimalt J.O., Ventura M., Camarero L., Catalan J., Nickus U., Thies H., Psenner R. (2002). Atmospheric deposition of organochlorine compounds to remote high mountain lakes of Europe. *Environmental Science and Technology* **36**, 2581–2588.

De Stefanis P. (1998): Le prospettive del recupero energetico da rifiuti in Italia. In: Atti del Convegno “Inquinamento dell’Aria e Tecniche di Riduzione”, 30/11–3/12, 1998, Rubano. Università di Padova, Dipartimento di Processi Chimici dell’Ingegneria.

ENEA/Federambiente (2006): Rapporto sul recupero energetico da rifiuti urbani in Italia. Ottobre 2006.

European Commission (2006): Integrated pollution prevention and control. Reference document on the best available techniques for waste incineration. August 2006.

Federambiente (Editor) (2001): Impianti di smaltimento: Indagine sui termoutilizzatori di RU. *GEA X*, 10–44.

Fiedler H., Buckley-Golder D., Coleman P., King K., Petersen A. (1999). Compilation of EU dioxin exposure and health data: Environmental levels. *Organohalogen Compounds* **43**, 151–154.

Hutzinger O., H. Fiedler. 20 anni di incenerimento di rifiuti: problemi e soluzioni. In: Atti convegno L’incenerimento dei rifiuti. Bologna 16-17 marzo 1995. A cura di L. Morselli, G. Viviano

Menichini E., Settimo G., Viviano G. (2006) (per il GdL ISS “Metodiche di rilevamento delle emissioni in atmosfera da impianti industriali) Metodi per la determinazione di arsenico, cadmio, nichel e idrocarburi policiclici aromatici nelle deposizioni atmosferiche. Rapporti ISTISAN 06/38. Istituto Superiore di Sanità (Roma).

NRC (National Research Council) (2000): Waste incineration and public health. National Academy Press (Washington, DC).

Turrio-Baldassarri L. et al.(1994); PCDD, PCDF and PCB contamination of air and inhalable particulate in Rome. *Fresenius J Anal Chem* (1994) 348: 144-147.

Turrio-Baldassarri L., Abate V., di Domenico A., Iacovella N., La Rocca C., Menichini E. (2001). PCDD, PCDF, PCB and PAH in outdoor air in Rome: Comparison with a remote area and indoor levels. *Organohalogen Compound* **51**, 18–21.

Van Lieshout L., Desmedt M., Roekens E., De Fré R., Van Cleuvenbergen R., Wevers M. (2001) Deposition of dioxins in Flanders (Belgium) and a proposition for guide values.

Viviano G., Ziemacki G. (1987): Municipal incinerators in Italy. Management of risks. In: Fourth meeting of NATO/CCMS pilot study on risk management of chemicals in the environment. Rome, April 27–28, 1986. Proceedings edited by A.R. Bucchi (1987). *Rapporti ISTISAN*, 191–208. Istituto Superiore di Sanità (Rome).

Viviano G. et al. (1988): Censimento degli impianti di incenerimento dei rifiuti nel territorio nazionale. Gruppo di Studio ISS “Emissioni atmosferiche da impianti di incenerimento”. *Rapporti ISTISAN* 88/37, Istituto Superiore di Sanità (Rome).

Viviano G., Mazzoli M., Settimo G. (a cura di) (2006) Microinquinanti organici ed inorganici nel comune di Mantova: studio dei livelli ambientali. *Rapporti ISTISAN* 06/43. Istituto Superiore di Sanità (Roma).

WHO (1987). PCDD and PCDF emission from incinerators for municipal sewage sludge and solid waste. Evaluation of human exposure. *Environmental Health Series* No. 17.

**Tabella 1:** Limiti alle emissioni per gli impianti di incenerimento: normativa nazionale e UE.

Inquinanti mg/Nm <sup>3</sup> s 11 % O <sub>2</sub> *	DLgs 11/5/05 n.133 Rifiuti	DM 25/2/00 n. 124 rifiuti pericolosi	DM 19/11/97 n. 503 RSU e RS	Linee guida DM 12/7/90 (vecchi impianti)	Direttiva 2000/76/CE Rifiuti	Direttiva 94/67/CE rifiuti pericolosi	Direttiva 89/369/CEE RSU
Polveri	10 - 30	10 - 30	10 - 30	30 - 100	10 - 30	10 - 30	30 - 200
Acido cloridrico (HCl)	10 - 60	10 - 60	20 - 40	50 - 100	10 - 60	10 - 60	50 - 250
Acido fluoridrico (HF)	1 - 4	1 - 4	1 - 4	2	1 - 4	1 - 4	-
Ossidi di zolfo (SO <sub>2</sub> )	50 - 200	50 - 200	100 - 200	300	50 - 200	50 - 200	300
Ossidi di azoto (NO <sub>2</sub> )	200 - 400	200 - 400	200 - 400	500	200 - 400	-	-
Monossido carbonio (CO)	50 - 100	50	50 - 100	100	50 - 100 (150)	50	-
Composti organici C	10 - 20	10 - 20	10 - 20	20	10 - 20	10 - 20	-
Cadmio, Tallio, Mercurio (Cd, Tl, Hg)	0,05**	0,05 **	0,05 **	0,2	0,05 **	0,05 **	0,2
Totale altri metalli	0,5	0,5	0,5	5	0,5	0,5	5
Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)	0,01	0,01	0,01	0,1		-	-
PCDD + PCDF (ng/Nm <sup>3</sup> )	0,1***	0,1 ***	0,1 ***	4 000	0,1 ***	0,1 ***	-

\*Valori medi giornalieri e valori medi di punta (orari o semiorari);

\*\*Il limite si riferisce al Cd e Tl come somma e al Hg separatamente;

\*\*\* Espresso in termini di tossicità equivalente riferita alla 2,3,7,8 T<sub>4</sub>CDD.

**Tabella 2:** Intervalli di concentrazione di inquinanti nelle emissioni di moderni impianti di incenerimento (RSU) in Europa (ripreso da: European Commission 2006)

materiale particellare mg/m <sup>3</sup>	HCl mg/m <sup>3</sup>	NO <sub>x</sub> mg/m <sup>3</sup>	Hg mg/m <sup>3</sup>	Cd+Tl mg/m <sup>3</sup>	Altri metalli * mg/m <sup>3</sup>	Σ(PCB) mg/m <sup>3</sup>	IPA mg/m <sup>3</sup>	PCDD/F ** ng/m <sup>3</sup>
0,1 4	0,1 6	20 180	0,0002 0,05	0,0002 0,03	0,0002 0,05	<0,005	<0,01	0,0002 0,08

(\*) Σ(Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V).

(\*\*) Calcolati in termini di tossicità equivalente (I-TEQ) come 2,3,7,8-T<sub>4</sub>CDD.

**Tabella 3:** Proposta di valori guida per le deposizioni di diossine (Van Lieshout 2001)

assunzione giornaliera (TDI)	media annua permessa	media mensile permessa
4 pg I-TEQ kg pc	14 pg I-TEQ/m <sup>2</sup> d	27 pg I-TEQ/m <sup>2</sup> d
3 pg I-TEQ kg pc	10 pg I-TEQ/m <sup>2</sup> d c	20 pg I-TEQ/m <sup>2</sup> d
1 pg I-TEQ kg pc	3,4 pg I-TEQ/m <sup>2</sup> d	6,8 pg I-TEQ/m <sup>2</sup> d

**Tabella 4:** Valori di emissione da impianto di incenerimento costituito da due linee; periodi rilevamenti 2003-2004 (Bove 2005).

Emissioni camino Nm <sup>3</sup> s, 11% O <sub>2</sub>	Forno Rotante		Forno a Griglia	
	<i>media (numero campioni)</i>	<i>range</i>	<i>Media (numero campioni)</i>	<i>range</i>
Portata (m <sup>3</sup> /h)	71960 (6)	67860-80600	66064 (3)	59440-76230
Materiale Particellare (mg/Nm <sup>3</sup> )	2,8 (3)	2,0-3,6	2,4 (2)	1,7-3,1
Hg (mg/Nm <sup>3</sup> )	0,008 (4)	0,0004-0,015	0,034 (3)	0,020-0,046
Cd (mg/Nm <sup>3</sup> )	0,005 (5)	0,001-0,012	0,004 (3)	0,003-0,006
PCDDs+PCDFs (ng I-TEQ/Nm <sup>3</sup> )	0,0060 (3)	0,0022-0,0110	0,0046 (2)	0,0025-0,0067

**Tabella 5:** Concentrazione di PCDDs+PCDFs nel particolato atmosferico sospeso, rilevata in diverse aree italiane

PCDD+PCDF fg I-TEQ/m <sup>3</sup>		
sito urbano, città di Roma	11,4 – 38,4	(Turrio 2001)
sito urbano, città di Mantova	5,02 - 75	(Viviano 2007)
siti urbani, Paesi Europei	0,2 - 357	(Fiedler 1999; ELICC 2002)
area remota, Parco Monti Simbruini	1,89 – 6,31	(Turrio 2001)
area remota, bosco Fontana Mantova	4,70 - 195	(Viviano 2007)
area rurale, Paesi Europei	2 - 244	(Fiedler 1999; ELICC 2002)