
PARTE PRIMA

LA GESTIONE SOSTENIBILE DEI RIFIUTI

ESPERIENZE NAZIONALI ED EUROPEE

Gli effetti del trattamento termico dei rifiuti

Gaetano Settimo

(Istituto Superiore di Sanità)

1. Introduzione

La complessa problematica della corretta gestione dei rifiuti urbani (RU) nel nostro Paese, presenta ancora oggi approcci molto diversificati a seconda della Regione; in alcune specifiche Province si ripropongono periodicamente situazioni emergenziali derivate da croniche carenze gestionali e dall'assenza di attuazione di corretti piani di smaltimento.

Tuttavia nel corso degli ultimi decenni si sono avuti importanti, anche se lenti, miglioramenti nelle strategie di raccolta-selezione-trattamento-smaltimento e nelle tecnologie adottate; si può infatti rilevare un progressivo aumento della raccolta differenziata (circa il 35%) e una riduzione delle quantità di RU indifferenziato avviato a discarica (circa il

41%) mentre la quota avviata al recupero energetico mediante incenerimento è circa il 16% (ISPRA 2012).

Nella Tabella 1, si riportano alcuni dati che forniscono un'indicazione della attuale situazione italiana. Si può notare come le Regioni che hanno raggiunto i valori più alti di raccolta differenziata sono prevalentemente nel nord del Paese che utilizzano una quota di RU anche per un recupero di energia attraverso l'incenerimento, confermando in tal modo la possibile sinergia tra raccolta differenziata e incenerimento.

La situazione relativa all'incenerimento ha subito anch'essa variazioni negli anni; infatti inceneritori di piccola taglia ed obsoleti sono stati dismessi, ed altri sono stati messi a norma secondo le apposite

produzione media nazionale di RU
536 kg/anno per persona
 ovvero circa **1,5 kg/giorno** per persona



Obbligo di legge: raccolta differenziata

DLgs 152/2006

(legge 296/2006)

Entro il 31/12/2007 40 %

Entro il 31/12/2009 50 %

Entro il 31/12/2011 60 %

Entro il 31/12/2012 65%

Situazione italiana: valutazione delle emissioni di diossina da impianti di incenerimento di RU

FF: filtro a maniche ESP: elettrofiltro SNCR: deNOx non catalitico SCR: deNOx catalitico	Linee di Incenerimento	RSU inceneriti (2007)		emissioni PCDD/F I-TE		
		t	%	µg/t	g/anno	%
FF o ESP	4	99.556	2	0,50	0,00005	0,009
FF o ESP+SNCR	45	1.981.640	44	0,20	0,396	74,2
FF o ESP+SCR	12	738.315	17	0,10	0,0738	13,8
ESP+FF+SNCR	25	793.057	18	0,06	0,0476	8,9
FF+FF+SCR	11	831.004	19	0,02	0,0166	3,1

emissioni da incenerimento di RSU in Italia (valutazione su dati 2007):

PCDD+PCDF 0,534 g I-TE/ anno

Considerando le emissioni nazionali, che per l'anno 2007 sono state stimate dall'ISPRA in 323,08 g I-TE, l'apporto dell'incenerimento di RU rappresenta lo 0,18%.

Regione	produzione RU 2009 (1.000 t)	produzione pro capite 2010 (kg/ab)	raccolta differenziata 2010 (%)	incenerimento 2010 (%)	Impianti di incenerimento
Piemonte	2.251	505	50,7	3,90	2
Valle d'Aosta	79	623	40,1	-	-
Lombardia	4.957	500	48,5	44,0	13
Trentino A. A.	508	491	57,9	13,6	1
Veneto	2.408	488	58,7	10,7	3
Friuli V. G.	810	494	49,3	21,3	1
Liguria	991	613	25,6	-	-
Emilia R.	2.999	677	47,7	30,0	8
Toscana	2.513	670	36,6	11,2	8
Umbria	540	597	31,9	-	-
Marche	838	535	39,2	1,90	1
Lazio	3.430	606	16,5	8,00	4
Abruzzo	681	507	28,0	-	-
Molise	132	413	12,8	56,2	1
Campania	2.786	478	32,7	18,5	1
Puglia	2.149	525	14,6	5,20	2
Basilicata	221	377	13,3	12,1	1
Calabria	941	466	12,4	13,3	1
Sicilia	2.610	517	9,4	0,430	1
Sardegna	825	483	44,8	18	2
ITALIA	32.479	536	35,3	16,1	50

Si evidenziano grandi differenze tra regioni

chi ha messo in atto un sistema integrato di gestione dei rifiuti presenta una buona quota di raccolta differenziata ed effettua anche una quota di incenerimento con recupero energetico

In 7 regioni l'intervallo di raccolta differenziata è del 36,6%-58,7% (55% obbligo di legge)

in queste, l'intervallo delle quote di incenerimento è del 3,9%-44,0%

Lenta riduzione dell'utilizzo di discariche

problemi irrisolti ed emergenze in alcune regioni

(Fonte dati: ISPRA rapporto rifiuti urbani 2012)

normative che si sono succedute nel tempo (DLgs 133/05, DLgs 205/2010, 2010/75/CE), mentre limitata è stata la costruzione di nuovi impianti progettati e costruiti secondo le indicazioni delle migliori tecniche, così come indicato nel Best Available Techniques Reference Document e nella linea guida nazionale (Gazzetta Ufficiale 2007). In Italia risultano operativi 50 impianti di incenerimento di RU e assimilabili, la maggior parte allocati al nord; 28 sono localizzati al Nord, (56%), 13 sono gli impianti operativi nel Centro, mentre sono 9 gli impianti localizzati nel Sud. Questi smaltiscono circa 5,2 Mt di RU, con produzione di circa 3726 GWhe/anno di energia elettrica e di circa 1235 GWht/anno di energia termica (ISPRA

2012). Ricalcando l'orientamento europeo, detti impianti, adottano per la maggior parte forni di tipo a griglia. E da notare come oltre il 30% della capacità complessiva di incenerimento è concentrata in quattro impianti di grossa potenzialità (> 600 t/d): tra questi l'ultimo entrato in attività è quello di Acerra (Napoli), dotato di tre linee con forni a griglia e con una potenzialità complessiva annua di 600.000 t. (ENEA Federambiente, 2012). Attualmente, l'incenerimento è possibile solo se presenta un recupero di energia (termica o elettrica); generalmente, oltre che gli RU tal quali, vengono utilizzati rifiuti che provengono da raccolta differenziata e/o come combustibili derivati dai rifiuti (CDR o CSS). Va considerato che il recupero

energetico è un aspetto essenziale nella mitigazione di impatto di questa tipologia di impianti, pur considerando che l'obiettivo principale di questo settore rimane appunto lo smaltimento del rifiuto. Questo aspetto è presente nella direttiva, del Parlamento Europeo e del Consiglio relativa ai rifiuti 2008/98 e recepita in Italia con il DLgs 205/2010, che riporta, nell'allegato C operazioni di recupero, quelle che danno luogo ad un utile impiego dei rifiuti; tra queste le "operazioni di recupero come combustibile o altro mezzo per produrre energia".

Gli impianti di incenerimento di RU per essere compresi in dette operazioni, devono presentare una efficienza energetica \geq a 0,60 per gli impianti anteriori al 2009 e 0,65 per gli impianti autorizzati successivamente al 31 dicembre 2008. Detti coefficienti sono calcolabili secondo le indicazioni presenti nelle linee guida BAT Reference per l'incenerimento dei rifiuti.

A tale proposito sono in corso di definizione a livello europeo, le metodiche che tengono conto dell'effetto delle diverse condizioni climatiche presenti in Europa sulle produzioni di energia termica ed elettrica degli impianti di incenerimento, che influiscono sulla formula R1 (Energy recovery Efficiency in Municipal Solid Waste-to-Energy plants in relation to local climate conditions 2012).

2. La tecnologia di contenimento delle emissioni.

Gli inquinanti prodotti nel processo di incenerimento di RU, sono simili per molti aspetti, a quelli di altri combustibili utilizzati nella produzione di energia (es.

olio combustibile e carbone) e principalmente consistono in: gas quali ossidi del carbonio (CO e CO₂), ossidi dell'azoto (NOX), ossidi dello zolfo (SOX), acido cloridrico (HCl), vapore acqueo, materiali e prodotti non-combustibili che residuano dalla combustione incompleta, essenzialmente da materiale particellare e/o vapori presenti nell'aeriforme e elementi volatili condensati durante il raffreddamento, compreso silicati, ceneri, fuliggine ed elementi di metalli o loro ossidi e sali e i microinquinanti organici che contengono le sostanze con maggiore priorità ambientale, quali policlorodibenzodiossine e policlorodibenzofurani (PCDD/F), idrocarburi policiclici aromatici (IPA), policlorobifenili diossina-simili (DL-PCB).

La prima modalità di contenimento delle emissioni è quella di ridurre quanto possibile la formazione degli inquinanti, agendo sulla carica (riducendo i precursori) e sulla ottimizzazione della combustione. I sistemi di abbattimento multistadio degli effluenti gassosi, attualmente adottati, adottano le seguenti tecniche di abbattimento dipendenti dal tipo di materiale da abbattere.

Così per il materiale particellare abbiamo i precipitatori elettrostatici (ESP), filtri a maniche (FF); per gli NOX (deNOX) la riduzione selettiva non catalitica ad alta temperatura (SNCR) e catalitica (SCR); per i gas acidi HCl, HF, ecc.), i reattori a secco, umido, semisecco, per le PCDD/F misure primarie (combustione), misure secondarie (assorbimento, sistemi catalitici), mentre per i metalli in particolare per il Hg: lavaggio, adsorbimento, condensazione. Tutti gli impianti di incenerimento italiani sono

dotati di una sequenza di tre/cinque sezioni di abbattimento degli inquinanti al fine di minimizzare le emissioni di sostanze inquinanti. In particolare, i microinquinanti inorganici ed organici, clorurati e non, sono comuni alle emissioni di molte tipologie di combustioni e di cicli tecnologici, comprese quelle provenienti da mezzi di trasporto. A tale proposito le emissioni nazionali per l'anno 2007 di PCDD/F sono state stimate dall'ISPRA in circa 321 g I-TE (ISPRA 2007). Le emissioni di PCDD/F da impianti di incenerimento di RU, stimate mediante fattori di emissioni, ammontano a circa 0,53 g I-TE (anno 2007); pertanto il contributo all'emissione nazionale risulta inferiore allo 0,2% **(tabella 2 pag 47)**.

Pur considerando che il comparto ambientale maggiormente interessato, alle emissioni è quello dell'aria, le conseguenti deposizioni al suolo possono comportare veicolazioni di microinquinanti anche nella catena alimentare. I lunghi tempi necessari alla degradazione di PCDD/F e PCB, dell'ordine dei mesi/anni a seconda del comparto ambientale (Olie 1998), collocano queste sostanze tra gli inquinanti ambientali persistenti (Persistent Organic Pollutants – POPs), oggetto di specifiche norme a partire dal Regolamento CE n. 850/2004 del Parlamento europeo e del Consiglio. A tale proposito, la Convenzione di Stoccolma sui POPs si prefigge di ridurre al minimo le emissioni globali di queste sostanze nell'ambiente.

Le normative di settore **(tabella 3 pag 48)** impongono inoltre il rilevamento delle emissioni sia in continuo (SME), sia periodico, in particolare per i metalli (15

impianti sono dotati di analizzatori in continuo del mercurio) e per le PCDD/F ed IPA; in aggiunta, ormai da alcuni anni, ad un sempre maggiore numero di impianti (27 impianti) viene prescritta l'adozione di un sistema di prelievo in continuo per PCDD/F. Allo stato attuale sistemi di questo tipo non sono utilizzabili per la verifica di conformità al valore limite e il dato che forniscono ha solo valore indicativo.

A tale proposito è in corso a livello comunitario (Comitato di Normazione Europeo – CEN), la preparazione di una apposita norma europea (prCEN/TS 1948-5) specifica per il campionamento di lungo periodo di PCDD/F, la cui definizione si avrà nei prossimi anni come integrazione nella EN 1948. In questa vengono definiti i criteri e le procedure da adottare per verificare le prestazioni su lungo periodo (maggiori di un giorno) e una lista di controllo da adottare prima, durante e al termine delle attività di campionamento. Per quanto riguarda gli aspetti autorizzativi si evidenzia una tendenza a prescrivere valori ulteriormente restrittivi rispetto a quelli della normativa; si vedano a tale proposito i limiti imposti, mediante Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA), ad uno degli ultimi impianti di grande potenzialità entrato in attività, il già citato impianto sito nel Comune di Acerra (NA) **(tabella 4 pag 49)**.

In aggiunta a questi controlli alle emissioni è tuttavia necessario attuare idonei piani di sorveglianza ambientale per i microinquinanti considerando le diverse matrici ambientali e riferendosi agli standard di qualità e linee guida già indicati da organismi nazionali ed internazionali.



Commissione Europea, DG Ambiente *Compilation of EU exposure and health data (oct. 1999)*
gli stati membri devono essere incoraggiati a:

- applicare la TDI di **1-4 pg WHO-TE/kg d**
- introdurre sia le diossine che i PCB (diossina simile) nel calcolo della TDI
- ridurre quanto possibile l'introduzione di diossine nell'ambiente
- identificare i gruppi maggiormente esposti e a rischio di danno da contaminazione da PCDD/F + DL-PCB
- predisporre raccomandazioni relativamente alla esposizione per via alimentare

Tolerable Daily Intake (TDI)

quantità cumulativa di PCDD/F (unità TE) e DL-PCB che può essere giornalmente assunta, per la durata di vita media, senza che si abbiano effetti tossici apprezzabili:

2 pg WHO-TE/kg

Tolerable Weekly Intake (TWI):

14 pg WHO-TE/kg (2001)

29

3. Livelli ambientali ed esposizione

Nelle emissioni dei vecchi impianti di incenerimento di RU (anni 80-90) venivano rilevati valori emissivi per PCDD/F nell'intervallo di 2-60 ng I-TE/Nm³ (valori massimi di emissione anche di 2000 ng I-TE/Nm³); orientativamente per i nuovi impianti si può indicare un intervallo di emissione di 0,0002 - 0,08 ng I-TEQ/Nm³. Appare evidente come gli scenari espositivi siano notevolmente cambiati negli ultimi decenni (WHO 1987, Hutzinger 1995, Unione Europea 2006).

Considerando che gli inceneritori presentano camini di emissione dei fumi alti almeno 70 m; i recenti di maggiore

taglia, presentano camini di altezza superiore ai 100 m si può stimare una ricaduta massima dell'ordine dei ng/m³ per il materiale particellare, inferiore al pg/m³ per i metalli pesanti e al di sotto del fg I-TE/m³ per PCDD/F.

Come noto l'esposizione per inalazione di PCDD/F è normalmente molto bassa e costituisce meno del cinque per cento dell'assunzione totale, la principale fonte di esposizione è rappresentata dalla via alimentare, esclusa l'acqua vista la sua bassissima affinità verso le PCDD/F (WHO 2000). La Commissione europea ha adottato, il 24/10/2001, una strategia comunitaria sulle PCDD/F e i PCB (COM 2001) che riporta un parere sulla valutazione dei rischi delle diossine e dei

DL-PCB nei prodotti alimentari (Comitato scientifico dell'alimentazione umana – SCF - Scientific Committee on Food dell'Unione europea). In tale parere si stabilisce un valore cumulativo per la dose tollerabile settimanale (TWI, Tolerable Weekly Intake) di diossine e PCB diossino-simili pari a 14 pg WHO-TE/kg peso corporeo; questo valore corrisponde alla dose tollerabile mensile (PTMI, Provisional Tolerable Monthly Intake) di 70 pg WHO-TEQ/kg peso corporeo.

Nei Paesi europei sono state stimate assunzioni giornaliere, in termini di PCDD/F I-TE, di 1,5-2 pg/kg peso corporeo giorno; nei Paesi del nord Europa di 1 pg/kg peso corporeo giorno e negli USA di 1-3 pg/kg peso corporeo giorno. L'esposizione per inalazione di PCDD/F è normalmente bassa; assumendo un livello di concentrazione nell'aria atmosferica di 0,1 pg I-TE/m³ e un volume di aria inalato di 20 m³ per giorno, per un adulto (70 kg) l'assunzione per inalazione ammonterebbe a circa 0,03 pg/kg peso corporeo giorno.

A conferma di questo, uno studio effettuato a in una città italiana ha consentito, attraverso le abitudini alimentari, di sviluppare un modello stocastico per la stima dell'esposizione a contaminanti presenti negli alimenti e confermare l'importanza della esposizione della popolazione a questi contaminanti in relazione agli stili alimentari (ISTISAN 2008).

La deposizione atmosferica al suolo di PCDD/F 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. La misura dei flussi di deposizione atmosferica di POPs e metalli (Allegato VI del DLgs 155/10, ISTISAN 06/38, UNI EN 15841, 15853, 15980) costituisce quindi uno dei principali elementi della sorveglianza ambientale, altrettanto importanti sono i rilevamenti su matrici biologiche (bioindicatori) quali: latte, uova, ecc. Questi dati risultano di estrema importanza nella valutazione dell'esposizione della popolazione e nella stima dell'assunzione generale di POPs da parte dei potenzialmente esposti.

Alcuni Paesi hanno messo a punto delle linee guida con dei limiti per quanto riguarda la presenza di PCDD/F+DL-PCB nell'aria ambiente e nelle deposizioni atmosferiche: il Belgio ha una linea guida regionale per le deposizioni di 10 pg I-TE/(m² d) e una proposta di linea guida nazionale per le deposizioni di 8 pg WHO-TE/(m² d), la Germania ha una linea guida per l'aria ambiente di 150 fg WHO-TE/m³ e una linea guida per le deposizioni di 4 pg WHO-TE/(m² d), mentre in aree extra europee il Giappone ha una linea guida per l'aria ambiente di 600 fg WHO-TE/m³; e gli USA hanno una linea guida per l'aria ambiente di 600 fg I-TE/m³.

Di particolare interesse risulta la possibile correlazione tra i dati deposimetrici di PCDD/F+DL-PCB e il Tolerable Daily Intake (TDI) in quanto risulta di grande utilità nella valutazione dei dati ambientali in rapporto con gli aspetti sanitari. Detta correlazione viene proposta in uno studio effettuato su diverse aree del Belgio, nelle quali erano presenti sorgenti civili e industriali di PCDD/F (**tabella 5 pag 50**) (Government of Japan, 2003, ATSDR, 1994, Van Lieshout 2001, Cornelis 2007, LAI 2004).

Dati rilevati in un'area italiana con presenza di impianto di incenerimento hanno evidenziato flussi di deposizione di PCDD/F compresi in un range piuttosto ristretto: 1,5-2,3 pg WHO-TE/m²d; paragonabili ai valori di deposizione di zone rurali nell'UE. Le concentrazioni di PCDD/F rilevate nel materiale particolato PM₁₀ sono risultate comprese nel range 2,7-3,2 fg WHO-TE/m³ in siti di campionamento localizzati a circa 1-4 km di distanza dall'impianto di incenerimento. La **tabella 6 pag 50** riassume alcuni valori di concentrazione di PCDD/F rilevati in campagne effettuate in siti italiani in aria ambiente e nelle deposizioni (Menichini 2007; ISTISAN 2006).

4. Aspetti igienico sanitari

L'importanza della tematica ha portato alla messa in atto di studi epidemiologici in diverse aree interessate da emissioni di impianti di incenerimento; alcuni di questi studi hanno indicato evidenze di associazioni con effetti avversi sulla salute umana, tuttavia gli stessi sottolineano la necessità di considerare aspetti che possono avere una rilevante influenza sulle associazioni identificate. Tra questi: la presenza di altre sorgenti emissive simili, la complessità della valutazione della reale esposizione locale, la difficile definizione del profilo socio-economico, l'assenza di dati ambientali sui microinquinanti nell'area. Inoltre la maggior parte degli studi pubblicati si riferisce ad aree e a periodi nei quali erano in funzione vecchi impianti e non viene considerata la distanza dalla sorgente o la definizione di aree interessate alle ricadute mediante modelli di ricaduta, non si considerano le entità della sorgente inceneritore e non si

indicano le presenze di altre sorgenti emissive simili. Pertanto fattori di distorsione e confondimento possono comportare una rilevante influenza sulle associazioni identificate (Franchini 2004; Porta 2009).

Anche l'Associazione Italiana di Epidemiologia (AIE) si è espressa sulla tematica della gestione dei rifiuti, riportando che: le conoscenze epidemiologiche ad oggi disponibili, ancorché non conclusive, fanno ritenere che il conferimento in discariche controllate, costruite e condotte in accordo alla normativa nazionale e comunitaria, non comporti un rischio per l'ambiente e per la salute delle popolazioni insediate nelle vicinanze dello stabilimento.

La stessa cosa si può affermare per il trattamento dei rifiuti mediante incenerimento in impianti basati sulle migliori tecnologie disponibili; le osservazioni epidemiologiche disponibili non depongono per un incremento di rischio per la salute umana. Tale conclusione è sostenuta principalmente dalle concentrazioni estremamente basse di sostanze tossiche nelle emissioni dei nuovi impianti.

Ed ancora, che i dati di letteratura, anche in questo caso non sufficienti e non conclusivi, mostrano che i maggiori rischi per la salute sono associati alle emissioni da discariche illegalmente utilizzate e siti di abbandono illegali, da impianti d'incenerimento con tecnologie obsolete, da siti di abbandono e dalle combustioni incontrollate di rifiuti (AIE 2006).

Recentemente sono state pubblicate le relazioni conclusive della prima parte di

un importante progetto di ricerca, denominato Monitor - monitoraggio degli inceneritori nel territorio dell'Emilia-Romagna (Monitor 2011), avente come scopo la "Organizzazione di un sistema di sorveglianza ambientale e valutazione epidemiologica nelle aree circostanti gli impianti di incenerimento rifiuti solidi urbani in Emilia-Romagna".

Le determinazioni ambientali e gli studi tossicologici, sono stati principalmente rivolti ad un inceneritore considerato il più avanzato in Emilia-Romagna al momento dell'indagine. Le valutazioni dello studio sull'impatto sulle matrici ambientali vengono considerate dallo

studio assicuranti ed estensibili anche alle vicinanze di altri inceneritori, che abbiano le medesime caratteristiche tecnologiche (ma non ad altri, più antiquati). Inoltre per quanto riguarda gli effetti sulla salute umana, l'indagine epidemiologica condotta nell'ambito di Monitor non mostra una coerente associazione con le emissioni degli inceneritori di rifiuti né per le patologie tumorali, né per la mortalità in generale.

Possibile eccezione è un modesto eccesso dei linfomi non Hodgkin a Modena, che tuttavia non raggiunge la significatività statistica e non è comunque attribuibile ad esposizioni recenti.

Gli impianti presentano, in genere, camini con altezze di alcune decine di metri (> 70 m); alcuni nuovi grandi impianti presentano altezze superiori ai 100 m. L'altezza efficace del camino (geometrica + spinta entalpica), le condizioni geografiche e meteorologiche locali, determinano la diluizione della emissione (in generale si possono stimare diluizioni maggiori di 10^5 - 10^6 nel punto di massima ricaduta, 1-10 km).

1 g
 1.000 mg
 1.000.000 µg
 1.000.000.000 ng
 1.000.000.000.000 pg
 1.000.000.000.000.000 fg
 1.000.000.000.000.000.000 ag

Ordini di grandezza di ricadute al suolo di emissioni di inquinanti da un impianto di incenerimento con BAT:

POLVERI (nanogrammi 10^{-9})	ng/m³	(in aree urbane: decine di µg/m ³)
METALLI (picogrammi 10^{-12})	pg/m³	(in aree urbane: ng/m ³)
PCDD/F (I-TE) (attogrammi 10^{-18})	ag/m³	(in aree urbane: decine fg/m ³)

Linea guida Germania per PCDD/F + DL-PCB in aria ambiente: 150 fg WHO-TE/m³
 Ambient Air Quality Standards and Objectives in Ontario: 15 pg TE/m³ (30 min) - 5 pg TE/m³ (24 h)
 Government of Japan PCDD/F + DL-PCB in aria ambiente 600 fg WHO-TE/m³

Negli atti dell'ultimo workshop della Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) sulla gestione dei rifiuti (Population health and waste management: scientific data and policy options) (WHO 2007), si sottolinea come i rischi siano correlabili con il carico inquinante e quindi possono variare consistentemente tra vecchi e nuovi impianti. Infatti si riporta che la maggior parte degli studi pubblicati si riferisce a vecchi impianti e che negli studi vanno considerati i possibili fattori di confondimento, la presenza altre sorgenti industriali, la distanza dalla sorgente, la definizione di aree con modelli di ricaduta ed anche gli effetti dovuti alla deprivazione sociale. Infine si sottolinea che con i nuovi impianti, che presentano emissioni molto contenute, si hanno difficoltà nel valutare gli effetti viste le basse concentrazioni che vengono a determinarsi al livello di esposizione.

In linea con quanto sopra riportato il Ministero della Salute nel Focus presente nel sito istituzionale (www.salute.gov.it), alle FAQ sulla tematica Salute e rifiuti, riporta: gli inceneritori con recupero energetico, detti anche termovalorizzatori, se progettati secondo le migliori tecnologie ormai standardizzate a livello europeo (Best Available Techniques - BAT - indicate nelle linee guida europee e nazionali), gestiti correttamente e posizionati secondo le indicazioni date in sede di valutazione di impatto ambientale, vengono ritenuti compatibili con gli aspetti igienico-sanitari.

Va tenuto inoltre conto che la fase di incenerimento dei rifiuti deve far parte di un piano di gestione integrata dei rifiuti in generale e dei rifiuti urbani in particolare.

5. Conclusioni

Allo stato attuale il settore dell'incenerimento, e più in generale quello dei rifiuti, rappresenta uno dei temi maggiormente passato al vaglio dal punto di vista tecnico-scientifico ed anche tra quelli che suscitano maggiore attenzione e preoccupazione da parte dell'opinione pubblica attraverso comitati, associazioni di categorie, gruppi religiosi, ecc.

Questo ha portato ad una maggiore conoscenza dei vari aspetti non solo tecnologici ma anche ambientali e di salute pubblica legati alla gestione dei RU. In molte aree italiane, ed in particolare nelle grandi aree urbane, ferma restando l'opzione principale della riduzione alla fonte, non appare attualmente agevole trovare soluzioni diverse da quelle che considerino un sistema di trattamento dei rifiuti integrato con raccolta differenziata e impianti di recupero di materia e di energia e con un minimo uso di discariche solo per rifiuti residuali ai trattamenti.

Anche l'Unione Europea, pur ribadendo la priorità delle misure di prevenzione, riutilizzo e riciclaggio, indica tra le forme di recupero quello energetico, preferibile rispetto al conferimento in discarica dei rifiuti.

La gerarchia nella gestione dei rifiuti stabilisce in generale un ordine di priorità; tuttavia discostarsene può essere necessario per flussi di rifiuti specifici quando è giustificato da motivi, tra l'altro, di fattibilità tecnica, praticabilità economica e protezione dell'ambiente e della salute (Unione Europea. Direttiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008 relativa

ai rifiuti e che abroga alcune direttive). Una schematizzazione dei punti di maggiore attenzione può essere così riassunta: riduzione alla fonte dei rifiuti; gestione integrata nel trattamento/smaltimento considerando tutte le diverse possibilità in relazione all'ambito territoriale considerato; localizzazione degli impianti a valle di studi di compatibilità; attenta applicazione delle normative e linee guida di settore; ottimizzazione del recupero energetico; monitoraggi e controlli sull'impianto; progettazione, costruzione, gestione degli impianti secondo le BAT; sorveglianza ambientale/sanitaria considerando matrici e vie di esposizione; informazione ed educazione ambientale e sanitaria; partecipazione/consenso

informato; recupero della fiducia negli organi di controllo istituzionali.

Gaetano Settimo

Gaetano Settimo: ricercatore scientifico dell'Istituto Superiore di Sanità, responsabile Settore igiene dell'Aria dell'I.s.s., autore di numerosi studi sugli aspetti igienico-sanitari del trattamento termico dei rifiuti urbani e sulle ricadute per la salute dei cittadini a causa degli inquinanti dell'aria.

Tabella 1: Produzione e trattamento dei RSU in Italia. Dati rapporto ISPRA 2012.

Regione	produzione RU 2010 (1.000 t)	produzione pro capite 2010 (kg/ab)	raccolta differenziata 2010 (%)	incenerimento 2010 (%)
Piemonte	2.251	505	50,7	3,9
Valle d'Aosta	79	623	40,1	-
Lombardia	4.957	500	48,5	44,0
Trentino A. A.	508	491	57,9	13,6
Veneto	2.408	488	58,7	10,7
Friuli V. G.	610	494	49,3	21,3
Liguria	991	613	25,6	-
Emilia R.	2.999	677	47,7	30,0
Toscana	2.513	670	36,6	11,2
Umbria	540	597	31,9	-
Marche	838	535	39,2	1,90
Lazio	3.430	606	16,5	8,00
Abruzzo	681	507	28,0	-
Molise	132	413	12,8	56,2
Campania	2.786	478	32,7	18,5
Puglia	2.149	525	14,6	5,20
Basilicata	221	377	13,3	12,1
Calabria	941	468	12,4	13,3
Sicilia	2.610	517	9,4	0,43
Sardegna	825	493	44,8	18,0
ITALIA	32.479	536	35,3	16,1

Tabella 2: Emissione di PCDD/F da impianti incenerimento di RU, stimate mediante fattori di emissioni applicati alle singole linee.

Sistemi di abbattimento presenti nella linea di incenerimento *	Linee di incenerimento	RU inceneriti (2007)		emissioni PCDD/F I-TE		
		t	%	µg/t**	g/anno	%
FF o ESP FF o ESP+SNCR	4	99.556	2	0,5	0,00	0,0
	45	1.981.640	44	0,0005	0,39	74,2
FF o ESP+SCR ESP+FF+SNCR	12	738.315	17	0,138	0,07	13,8
	25	793.057	18	0,006	0,04	8,9
FF+FF+SCR	11	831.004	19	0,02	0,01	3,1
totale emissione PCDD/F g I-TE 0,534						

* FF: filtro a maniche; ESP: elettrofiltro; SNCR: deNO_x non catalitico; SCR: deNO_x catalitico

** fattore di emissione

Tabella 3: Limiti alle emissioni per impianti di incenerimento, normativa nazionale e UE.

Inquinanti mg/Nm ³ s ll % O ₂ *	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 ₂)	50 - 200	50 - 200	100 - 200	300	50 - 200	50 - 200	300
Ossidi di azoto (NO ₂)	200 - 400	200 - 400	200 - 400	500	200 - 400	-	-
Monossido carbonio (C)	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 (Cd, Tl)	0,05**	0,05 **	0,05 **	0,2	0,05 **	0,05 **	0,2
Mercurio (Hg)							
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 ³)	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 T₄CDD.

Tabella 4: Limiti alle emissioni per l'impianto di incenerimento di Acerra. Dati normalizzati riferiti all' 11% di ossigeno libero nei fumi emessi.

Inquinante	Limite emissione mg/Nm ³
Polveri totali	3
Monossido di carbonio (CO)	50
Anidride solforosa (SO ₂)	5
Ossidi di azoto (NO ₂)	85
Acido cloridrico (HCl)	7
Acido fluoridrico (HF)	0,3
Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)	0,01
policlorodibenzodiossine (PCDD) + policlorodibenzofurani (PCDF) ng I-TE/Nm ³	0,025
Composti organici totali (COT) (C)	5
Mercurio (Hg)	0,02
Cadmio (Cd), Tallio (Tl)	0,02
Metalli Totali : antimonio e suoi composti (Sb); arsenico e suoi composti (As); cromo e suoi composti (Cr); cobalto e suoi composti (Co); manganese e suoi composti (Mn); piombo e suoi composti (Pb); rame e suoi composti (Cu); nichel e suoi composti (Ni); stagno e suoi composti (Sn); vanadio e suoi composti (V)	0,2

Tabella 5: Correlazione tra dati di deposizione di PCDD/F e DL-PCB e il Tolerable Daily Intake (TDI), Van Lieshout 2001, Cornelis 2007, LAI 2004).

assunzione giornaliera correlata (TDI) pg WHO TE/kg peso corporeo	deposizione PCDD/F (media annua) pg WHO TE/m ² d	deposizione PCDD/F (media mensile) pg WHO TE/m ² d
4	14	27
3	10	20
1	3,4	6,8

assunzione giornaliera correlata (TDI) pg WHO TE/kg peso corporeo	deposizione PCDD/F+DL-PCB (media annua) pg WHO TE/m ² d	deposizione PCDD/F+DL-PCB (media mensile) pg WHO TE/m ² d
2	8,2	21

assunzione giornaliera correlata (TDI) pg WHO TE/kg peso corporeo	deposizione PCDD/F+DL-PCB (media annua) pg WHO TE/m ² d
1,9	0,36 -1,8
2	1,1 -5,5
2,3	0,18 -9,2

Tabella 6: Concentrazioni di PCDD/F rilevate in aria ambiente in siti italiani e nelle deposizioni (Menichini 2007; ISTISAN 2006, Rossini, 2005, Caserini, 2007, Vassura, 2011)

area remota (monti Simbruini)	fg I-TEQ/m ³ 1,5 – 6,6
area rurale (Mantova)	fg I-TEQ/m ³ 4,4 - 195
area rurale (San Nicola di Melfi)	fg I-TEQ/m ³ 2,0
area urbana di medio traffico (Roma)	fg I-TEQ/m ³ 5,4 – 734
area urbana/industriale con inceneritore (Mantova)	fg I-TEQ/m ³ 4,7 - 75
area industriale con inceneritore (S. Nicola di Melfi)	fg I-TEQ/m ³ 3,0

Concentrazioni di PCDD/PCDF rilevate nelle deposizioni in siti italiani

area rurale (Mantova)	pg I-TEQ/m ² d 1,28 – 2,71
area urbana/industriale con inceneritore (Mantova)	pg I-TEQ/m ² d 1,20 – 5,13
area industriale (P. Marghera)	pg I-TEQ/m ² d 15 – 2767
area urbana con inceneritori (Regione Veneto, Adige, Po)	pg I-TEQ/m ² d 10 – 337
area industriale con inceneritore (Rimini)	pg I-TEQ/m ² d 0,75 – 3,7
area industriale con inceneritore (S. Nicola di Melfi)	pg I-TEQ/m ² d 1,47 – 2,33

Bibliografia

- AIE. Trattamento dei Rifiuti e Salute Posizione dell'Associazione Italiana di Epidemiologia. Aprile 2008.
- C. Cornelis, K. De Brouwere, R. De Fré, M.P. Goyvaerts, G. Schoeters, W. Swaans, M. Van Holderbeke. Proposal for environmental guideline values for atmospheric deposition of dioxins and PCBs. Study accomplished under the authority of VMM 2007/IMS/R/277. Final report August. 2007.
- ENEA/Federambiente (2012): Rapporto sul recupero energetico da rifiuti urbani in Italia. Roma: ENEA; 2012.
- U.S. EPA. An Inventory of Sources and Environmental Releases of Dioxin-Like Compounds in the United States for the Years 1987, 1995, and 2000. EPA/600/P-03/002F, November 2006.
- M. Franchini, M. Rial, E. Buiatti, F. Bianchi. Health effects of exposure to waste incinerator emissions: a review of epidemiological studies. *Annali Istituto Superiore di Sanità* 2004; 40(1): 101-115.
- O. Hutzinger, 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.
- Monitor - Monitoraggio degli inceneritori nel territorio dell'Emilia-Romagna. (<http://www.arpa.em>).
- K. Olie, R. Addink, M. Schoonenboom. Metals as Catalysts during the Formation and Decomposition of Chlorinated Dioxins and Furans in Incineration Processes, *J. Air & Waste Manage. Assoc.*, 1998, 48, 101-105.
- D. Porta, S. Milani, A. Lazzarino, C. Perucci, F. Forastiere. Systematic review of epidemiological studies on health effects associated with management of solid waste. *Environmental Health* 2009, 8:6doi:10.1186/1476-069X-8-6
- ISPRA. Rapporto rifiuti 2012.
- ISTISAN 06/38. Metodi per la determinazione di arsenico, cadmio, nichel e idrocarburi policiclici aromatici nelle deposizioni atmosferiche. A cura di E. Menichini, G. Settimo, G. Viviano per il GdL ISS Metodiche per il rilevamento delle emissioni in atmosfera da impianti industriali. Rapporti ISTISAN 06/38.
- ISTISAN 06/43. Microinquinanti organici ed inorganici nel comune di Mantova: studio dei livelli ambientali. A cura di G. Viviano, P. Mazzoli, G. Settimo. Rapporti ISTISAN 06/43.
- ISTISAN 08/2. Studio su comportamenti e abitudini alimentari dei cittadini ferraresi (II fase). Valutazione dell'esposizione a contaminanti ambientali contenuti negli alimenti. M.E. Soggiu, A. Bastone, C. Vollono, M. Masciocchi, G., C. Sellitri, F. Galati. Rapporti ISTISAN 08/2.
- E. Menichini, N. Iacovella, F. Monfredini, L. Turrio-Baldassarri. Atmospheric pollution by PAHs, PCDD/Fs and PCBs simultaneously collected at a regional background site in central Italy and at an urban site in Rome. *Chemosphere* 69 (2007) 422-434.
- Monitor - monitoraggio degli inceneritori nel territorio dell'Emilia-Romagna (<http://www.arpa.emr.it/pubblicazioni/monitor>). Unione Europea (2006). European IPPC Bureau, Integrated pollution prevention and control. Reference document on Best Available Techniques for Waste Incineration, Brussels: Unione Europea; 2006. (<http://www.eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm>).
- L. Van Lieshout et al Deposition of dioxin in Flanders (Belgium) and a proposition for guide values. *Atm. Env.* 35 suppl. n. 1 2001 S83-S90
- WHO (2000). Air Quality Guidelines for Europe. Second edition, European Series N° 91. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen 2000.
- WHO (1987). PCDD and PCDF emission from incinerators for municipal sewage sludge and solid waste. Evaluation of human exposure.

Environmental Health Series n. 17.
WHO (2007). Population health and waste management: scientific data and policy options Report of a WHO workshop Rome, Italy, 29–30 March 2007.
S. Caserini, S. Cernuschi, M. Giugliano, M. Grosso, G. Lonati, P. Mattaini. Air and soil dioxin levels at three sites in Italy in proximity to MSW incineration plants. *Chemosphere* 54 (2004) 1279–1287.
I. Vassura, F. Passarini, L. Ferroni, E. Bernardi, L. Morselli. PCDD/Fs atmospheric deposition fluxes and soil contamination close to a

municipal solid waste incinerator. *Chemosphere* 83 (2011) 1366–1373.
Bericht des Länd erausschusses für Immissionschutz (LAI), Bewertung von Sc_hadstoffen, für die keine Immissionswerte festgelegt sind Orientierungswerte für die Sonderfallprüfung und für die Anlagenüberwachung sowie Zielwerte für die langfristige Luftreinhalteplanung unter besonderer Berücksichtigung der Beurteilung krebserzeugender Luftschadstoffe - Vom 21. September 2004