

## Capitolo VI

### Aspetti sanitari ed epidemiologici

**Problematiche sanitarie.** Gli aspetti sanitari relativi alle ricadute sulla popolazione di una data attività umana non possono essere valutati solamente sulla base dei valori di emissione al camino (o allo scarico per inquinanti liquidi). In altri termini, fra i valori di emissione e l'effetto sulla salute possono inserirsi altri fattori, direttamente influenzati dalle emissioni ma intermedi fra "emissione" e "salute". Tali inquinanti "intermedi" sono detti inquinanti secondari per distinguerli dagli inquinanti primari direttamente emessi dagli impianti. Risulta ad esempio noto dalla chimica ambientale che alcuni inquinanti di estrema importanza per la salute sono inquinanti secondari (come l'ozono, non prodotto dalla combustione ma generato dall'interazione fra inquinanti primari derivati dalle combustioni e radiazione solare). Un approccio sanitario completo deve (o dovrebbe) quindi valutare anche gli inquinanti secondari, cosa però molto difficile in pratica. Anche per questo motivo ci si limita pertanto agli inquinanti primari (facilmente rilevabili in quanto misurabili al camino o allo scarico) e, per gli inceneritori, le indagini considerano *in primis* le diossine ed i metalli pesanti. A proposito dei dati, appunto strettamente sanitari, si rileva anche il fatto che gli stessi dati epidemiologici per loro natura possono sottostimare o fallire nel rilevare il rischio reale. Il problema è complesso; sull'errore influisce una buona dozzina di fattori, metodologici o no. Se ne segnalano i principali:

- Metodiche di studio in genere che congelano una data situazione anziché seguirla nel tempo, processo lungo e costoso (*cross-sectional vs longitudinal epidemiologic studies*);

- Metodiche di studio in genere che si focalizzano su un determinato agente causale trascurando interazioni e sinergie tra i contaminanti;
- Metodiche di studio in genere che si focalizzano solo su una specifica determinata patologia, magari per direzioni impartite dal committente;
- Metodiche di studio in genere che fanno uso di statistica univariata e non di quella multivariata, di approccio in genere più ostico;
- Metodiche di studio in genere che considerano anche l'individuazione corretta della popolazione esposta;
- Metodiche di studio in genere che considerano come la popolazione generale sia meno sana di quella in studio. Per questo aspetto si può rappresentativamente citare un lavoro di Lorenzo Tomatis, già direttore IARC e punto di riferimento internazionale sugli aspetti sanitari e ambientali. [49]

**Studi epidemiologici.** Studi epidemiologici, anche recentissimi, condotti in paesi sviluppati e basati su campioni di popolazione esposta molto vasti, evidenziano una correlazione tra patologie tumorali (sarcoma) e l'esposizione a diossine derivanti da inceneritori e attività industriali. [50] Altre indagini epidemiologiche prendono in particolare considerazione gli inceneritori come fonte d'inquinamento da metalli pesanti, ed eseguono accurate analisi considerando sia fattori socio-economici sia le popolazioni esposte nelle precise zone di ricaduta (mappe di isoconcentrazione tracciate per rilevamento puntuale e interpolazione spaziale col metodo di *kriging*). L'analisi, accurata pur se limitata solo ad alcune popolazioni, evidenzia inequivocabilmente aumenti statisticamente significativi di patologie tumorali, ad esempio nelle donne residenti in zona da almeno cinque anni. Nello studio viene ugualmente rilevata l'esposizione ad ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>). [51]

Un lavoro giapponese del 2005 ha tentato di mettere in relazione le diossine presenti nel latte materno con la distanza dagli inceneritori. Le conclusioni sono state che (nei limiti e nell'estensione dello studio) “nonostante gli inceneritori fossero la maggior fonte di diossine in Giappone al momento dello studio, i livelli di diossine nel latte materno non hanno mostrato apparente correlazione con le distanze tra il domicilio delle madri e gli inceneritori di rifiuti”. [52]. Un'analisi sintetica degli effetti sulla salute, svincolati dalla sola analisi dei singoli composti emessi - difficilmente studiabili se non in toto per gli effetti sinergici e di amplificazione dei componenti della miscela -, si può invece evincere da alcuni altri lavori: sempre in Giappone si è rilevata correlazione tra l'aumento di una serie di disturbi minori nei bambini e distanza dagli impianti. [53] Passando a problemi di ordine maggiore, si sono rilevati

aggregati (*cluster*) di aumento di mortalità per linfoma non Hodgkin; [54] altri studi, nonostante difficoltà relative all'analisi dei dati, aggiungono risultati significativi sull'incidenza di tumore polmonare, linfoma non Hodgkin, sarcomi ai tessuti molli, tumori pediatrici, malformazioni neonatali. [55] Diversi studi europei rivelano, sempre nell'ambito delle patologie tumorali, correlazioni con la presenza di inceneritori, in coerenza con analoghi studi precedenti. [56]

**In questo ambito, gli studi sono controversi e discordanti:** a titolo di esempio uno studio effettuato in Gran Bretagna, con lo scopo di valutare l'incidenza di varie tipologie di cancro in una popolazione che vive in prossimità di impianti di incenerimento, ha evidenziato che il rischio aggiuntivo di contrarre il cancro dovuto alla vicinanza degli inceneritori è estremamente basso. Sempre lo stesso studio rileva che un moderno inceneritore influisce sull'assorbimento umano medio di diossina in percentuale inferiore all'1% dell'assorbimento totale derivato dall'insieme delle emissioni ambientali (come precedentemente rilevato l'assorbimento di diossina avviene principalmente con la dieta). Inoltre, riguardo a specifiche patologie tumorali, lo studio afferma che non c'è evidente correlazione tra l'esposizione alle emissioni degli inceneritori e l'incidenza di cancro allo stomaco, all'apparato gastrointestinale e ai polmoni; i fattori socio-economici hanno un ruolo determinante. Sull'incidenza dell'angiosarcoma, lo studio in questione evidenzia che non è possibile effettuare alcuna correlazione a causa della mancanza di informazioni sull'accuratezza della diagnosi effettuata sulla popolazione generale; comunque la commissione di studio è giunta alla conclusione che non c'è alcuna prova più generale dell'esistenza di aggregati e non sono necessari ulteriori studi nel breve termine. [57]

Sull'effetto dei metalli pesanti dispersi dalla combustione di rifiuti pericolosi sulla salute della popolazione si rileva che le emissioni non si limitano alle sostanze aero-disperse, ma possono riguardare anche le acque o i siti di stoccaggio delle ceneri. [58] Uno studio britannico ha analizzato la distribuzione del piombo e cadmio derivato dalle emissioni di polveri sottili di un inceneritore per fanghi di depurazione evidenziando che nelle adiacenze dell'inceneritore si rilevano picchi maggiori di concentrazione, seppure l'impatto sia relativamente piccolo rispetto alle altre attività antropiche nella zona oggetto di studio. [59]

In Italia, negli anni 2001-2004, è stato commissionato dal Ministro dell'Ambiente Altero Matteoli uno studio sulla Sostenibilità ambientale della termovalorizzazione dei rifiuti solidi urbani, svolto dal dipartimento di Fisica tecnica dell'Università degli Studi di Roma "La Sapienza" e dal dipartimento di ingegneria impiantistica dell'Università di Perugia. Secondo i resoconti della Commissione Ambiente e Territorio dell'epoca

[60] “la tecnologia di termovalorizzazione è ormai affidabile e sostenibile, [...] Inoltre, quando gli impianti sono a norma, i rischi di insorgenze di malattie tumorali nella popolazione sono stati abbattuti drasticamente. [...] i rischi di carattere sanitario connessi alla realizzazione di termovalorizzatori di ultima generazione sono assolutamente trascurabili”. Tale studio è stato criticato sia in Commissione, sia da soggetti esterni [61] che hanno rilevato come esso trascuri completamente le problematiche ambientali e non specifici quali siano i parametri e indicatori di tale compatibilità ambientale degli impianti di termovalorizzazione.

## EMISSIONI

I limiti di concentrazione degli inquinanti imposti dalla normativa sono riferiti al metro cubo di fumi e non all'emissione totale. Pertanto, bruciando più rifiuti si ottengono più fumi e quindi più emissioni inquinanti, ma si rimane sempre nei parametri di legge. Detto in altri termini, i limiti sono relativi alla concentrazione dell'inquinante all'emissione, ma non al flusso di massa: quindi si occupano della qualità dell'emissione, per incentivare l'adozione delle migliori tecnologie disponibili, ma non della quantità delle emissioni cioè dell'impatto complessivo sull'ambiente. Per tale motivo, le norme non garantiscono necessariamente un valore di concentrazione degli inquinanti "sicuro" in base a studi medici ed epidemiologici sull'effetto degli inquinanti, ma si riferiscono ai valori che è possibile ottenere tecnicamente con gli impianti migliori.

I limiti sulle emissioni non sono stabili ma vengono adeguati nel tempo in base alle tecnologie di abbattimento degli inquinanti disponibili sul mercato, seppure con l'inevitabile ritardo dovuto ai tempi legislativi. Spesso però tali limiti vengono richiesti solo per la costruzione di nuovi impianti, mentre agli impianti già esistenti vengono concesse lunghe deroghe. Nonostante le normative vigenti, non sono comunque mancati casi di impianti, come quello di Brescia, in cui si siano rilevate alcune infrazioni per il mancato rispetto di normative o per il superamento del tonnellaggio di rifiuti inceneriti originariamente ammesso. È comunque difficile che l'accertamento di un'infrazione sfoci in provvedimenti molto severi come il sequestro dell'impianto, perché in tal caso si potrebbe creare un'emergenza rifiuti molto pericolosa. Fra febbraio e giugno del 2007, tuttavia, l'inceneritore di Trieste è stato posto sotto sequestro per il superamento dei limiti di legge riguardanti le emissioni di diossine, superiori anche di 10 volte il limite autorizzato [62]. L'adeguamento dei vecchi impianti alle nuove normative procede a rilento, ed è solitamente collegato agli ampliamenti degli impianti. Da ciò deriva che spesso

impianti di piccole dimensioni hanno emissioni (riferite al metro cubo di fumi e non al flusso totale) maggiori di impianti più grandi.

**Norme sulle emissioni.** Le nuove tecnologie permettono oggi di raggiungere valori assai elevati di abbattimento delle emissioni inquinanti, nel rispetto del Decreto Legislativo 133/2005 [2]. Il provvedimento regola tutte le fasi dell'incenerimento dei rifiuti, dal momento della ricezione nell'impianto fino alla corretta gestione e smaltimento delle sostanze residue:

- disciplina i valori limite di emissione degli impianti di incenerimento e di coincenerimento dei rifiuti;
- descrive i metodi di campionamento, di analisi e di valutazione degli inquinanti derivanti dagli stessi impianti;
- esplicita i criteri e le norme tecniche generali riguardanti le caratteristiche costruttive e funzionali, nonché le condizioni di esercizio degli impianti, con particolare riferimento alle esigenze di assicurare una elevata protezione dell'ambiente contro le emissioni causate dall'incenerimento e dal coincenerimento dei rifiuti;
- determina i criteri temporali di adeguamento degli impianti già esistenti alle disposizioni del presente decreto;
- prevede che i cittadini possano accedere a tutte le informazioni, così da essere coinvolti nelle eventuali opportune decisioni.

**Valori di emissione in atmosfera e nelle acque.** Per ogni tonnellata di rifiuti immessi, si ha l'emissione di circa 6000 metri cubi di fumi [63]. Per quanto riguarda l'Italia, i limiti di legge imposti agli inceneritori per le emissioni in atmosfera sono evidenziati nella tabella 3.9, in paragone - semplificato - con altri tipi di impianto presenti sul territorio (si veda il DL 133/2005 [2] per gli inceneritori e il DL 3 aprile 2006, n. 152 [64] per gli altri impianti).

Tabella 3.9: Limiti normativi alle emissioni in atmosfera: medie giornaliere

Limiti normativi alle emissioni in atmosfera: medie giornaliere (mg/Nm <sup>3</sup> )					Valori reali di un moderno impianto
<i>Inquinante</i>	<i>Incenerimento (DL133/2005, 2000/76/CE)</i>	<i>Grandi impianti di combustione a carbone anteriori al 1988 (DM12/7/1990)</i>	<i>Grandi impianti di combustione a gas nuovi (DL152/2006)</i>	<i>Cementifici DL52/2006</i>	<i>Silla 2, 2005 [65]</i>

Polveri Totali	10	50	5	50	0,14
Anidride Solforosa	50	400	35	600	2,2
NO <sub>x</sub>	200	200	100	1800 - 3000	138,7
CO	50	250	---	---	8,2
Diossine-Furani (ng/Nm <sup>3</sup> )	0,1	10	---	10	0,0147 [66]
Metalli pesanti	---	10	---	5	---
Piombo	0,5	---	---	---	0,0013
Cadmio	0,05	---	---	---	0,0003
Mercurio	0,01	---	---	---	0,001

Tabella 3.10 Limiti normativi per le acque di scarico di un inceneritore (DL 133/2005)

limiti normativi per le acque di scarico di un inceneritore	
Inquinante	Quantità (mg/l)
Solidi sospesi totali (polveri)	30 - 45
Mercurio	0,03
Cadmio	0,05
Tallio	0,05
Arsenico	0,15
Piombo	0,20
Cromo	0,50
Rame	0,50
Nickel	0,50
Zinco	1,50
Diossine e Furani	0,30 (ng/l)
Idrocarburi Policiclici Aromatici	0,20 (ng/l)

I **valori reali di un moderno impianto** sono il risultato dell'applicazione delle migliori tecnologie disponibili (*BAT, Best Available Technology*) la cui applicazione costituisce un onere non indifferente nella costruzione e gestione degli impianti e può essere imposta in fase di autorizzazione dell'impianto: anche per quanto riguarda gli altri impianti citati vale la stessa regola per cui possono essere imposti specifici limiti

minori [67]; allo stesso modo possono fino al 1° gennaio 2008 (o 2010) essere motivatamente consentiti limiti superiori ai valori di legge per polveri e ossidi di azoto nell'ambito di alcune restrizioni [68]. Le emissioni di sostanze tossiche persistenti (in particolare diossine, furani) seppur entro i limiti di legge, sono da considerarsi comunque significative se sono protratte nel tempo nello stesso luogo: lo stesso DL 152/2006 evidenzia questo fatto per chiarire i limiti particolarmente severi su queste sostanze in impianti dalla lunga vita operativa [69]. Le emissioni di un inceneritore non si limitano all'atmosfera, ma si estendono anche alle acque reflue degli impianti: il DL 133/2005 fissa valori massimi anche in questo ambito, riferiti al litro d'acqua scaricata. A partire dagli anni ottanta, visto l'inasprimento delle leggi, si è affermata l'esigenza di rimuovere i macroinquinanti presenti nei fumi della combustione (ad esempio ossido di carbonio, anidride carbonica, ossidi di azoto e gas acidi come l'anidride solforosa e più efficace abbattimento delle polveri).

*Tabella 3.11: Confronto tra i valori delle emissioni dei diversi trattamenti termici. (tra parentesi la specifica tipologia di impianto) - Dati in mg/Nm<sup>3</sup> (diossine in ng/Nm<sup>3</sup>) [70]*

Valori delle emissioni dei diversi trattamenti termici dei rifiuti				
Inquinante	Gassificazione (Thermoselect/Kawasaki)	Pirolisi + vetrificazione (Mitsui R21, Siemens)	Incenerimento: migliore tecnologia disponibile	Incenerimento: Silla 2 [65]
Polveri totali	0,2	< 0,05	< 1 o 1-5	0,14
TOC	2	< 1	< 2	n.d.
HCl	< 0,2	< 0,5	1-8	5,8
HF	< 0,1	< 0,05	< 1	n.d.
Anidride solfor.	< 1	< 0,7	< 5	2,2
NO <sub>x</sub>	< 10	n.d.	120-180	138,7
CO	< 3	< 2,3	5-30	8,2
Cd e Tl	< 0,002	< 0,002	< 0,001	0,0003 (Cd)
Hg	0,007	0,006	< 0,001	0,001
Metalli pesanti	< 0,04	< 0,05	< 0,05	n.d.
Diossine (PCDD/PCDF)	< 0,02	< 0,005	< 0,05	0,0147
Nm <sup>3</sup> fumi su t di rifiuto	3 130	3 470	3 950-4 800	n.d.

Dal confronto tra le emissioni indicate in tabella 3.11, relative ai diversi trattamenti termici dei rifiuti effettuati tramite la tipologia di impianti indicata, è possibile trarre alcune significative conclusioni, riguardo agli impianti specifici considerati (le tecnologie di gassificazione e pirolisi sono molto variabili). Le emissioni di polveri sono minori nel caso della pirolisi e della gassificazione; in particolare, a causa delle temperature di esercizio

non particolarmente elevate, risulta significativa la forte diminuzione legata alla pirolisi e che soprattutto è dovuta alla minore formazione di nanopolveri. Le emissioni gassose risultano molto minori nel caso dei processi di gassificazione/pirolisi (notevole soprattutto il dato sugli ossidi di azoto, anche qui correlato alle minori temperature), mentre la quantità di metalli pesanti prodotti è simile, anche se la gassificazione e la pirolisi tendono ad emettere un maggior quantitativo di mercurio. Infine, degna di nota è la bassa emissione di diossine legata alla pirolisi e imputabile alla scissione subita, con formazione di composti caratterizzati da minore peso molecolare.

**Le polveri.** Gli inceneritori, e in generale qualsiasi processo di combustione di combustibili solidi e liquidi, rilasciano nell'aria polveri sottili. Indicativamente, per un inceneritore, considerando una produzione di fumi di 6000 m<sup>2</sup>/t di rifiuti e il limite giornaliero di 10 mg/Nm<sup>3</sup>, l'emissione è di 60 g/t. Tuttavia, questa è una indicazione solo quantitativa: molto importante è anche l'aspetto qualitativo cioè la finezza delle polveri [71] emesse (PM10, PM2,5 ecc.). In genere più sono alte le temperature di combustione e più aumenta la finezza delle polveri. Tali polveri sottili sono nocive a causa delle loro piccole dimensioni e del fatto che con sé trasportano, tramite fenomeni chimico-fisici quali l'adsorbimento, materiali tossici e nocivi residui della combustione, come idrocarburi policiclici, policlorobifenili, benzene, metalli pesanti e diossine, pericolosi perché persistenti e accumulabili negli organismi viventi. Gli inceneritori contribuiscono all'emissione antropica di polveri fini e ultrafini in aree urbane, motivo per cui tali emissioni sono sotto osservazione per valutarne l'importanza relativa rispetto alle altre fonti (naturali o antropiche), non ancora del tutto chiarita. Anche per via delle recenti preoccupazioni sulle nanopolveri i termovalorizzatori sono visti con sospetto sia da alcuni ricercatori che da parte dell'opinione pubblica, mentre altri li considerano sostanzialmente innocui.

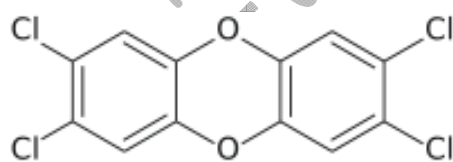
Un recente studio svolto per la Provincia di Bolzano ha misurato la concentrazione di particelle di diametro compreso tra i 5,5 e i 350 nm (quindi polveri cosiddette ultrafini) in vari punti, trovando valori di 10-20000 particelle per centimetro quadrato nei pressi dell'autostrada, 5-7000 al camino dell'inceneritore, 5-10000 nel punto di massima ricaduta delle sue polveri e 5000 in una zona non antropizzata. [72] Si noti che i dati sono espressi in numero di particelle per unità di superficie e quindi non secondo il classico rapporto grammi di polvere per volume d'aria. Questo perché, **data la finezza di tali polveri è inutile "pesarle"**. Del resto questo genere di problematiche è emerso relativamente di recente e non sono state ancora stabilite dalla legge delle regole di determinazione quantitativa. La legge italiana e le norme europee pongono limiti di qualità dell'aria solamente riferiti al PM10 (polveri di diametro inferiore a 10000 nm cioè 10 µm), quantificando il limite medio



massimo di tali polveri sottili nell'aria in  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (milionesimi di grammo per metro cubo d'aria). Purtroppo i limiti relativi alle emissioni degli inceneritori (e degli altri impianti industriali) non considerano la finezza delle polveri, ma solo il peso totale di  $10 \text{mg}/\text{m}^3$  (millesimi di grammo al metrocubo di fumi). Ad oggi, l'unico ambito in cui i limiti di emissione sono imposti sul PM10 è quello dei veicoli (si vedano le norme Euro3 ed Euro4).

**Diossine e furani.** Le diossine e i furani sono tossici, cancerogeni e mutageni per l'organismo umano. Sono poco volatili per via del loro elevato peso molecolare e sono solubili nei grassi, dove tendono ad accumularsi. Proprio per questo motivo tendono ad accumularsi nella catena alimentare e nell'organismo umano per cui anche una esposizione a livelli minimi ma prolungata nel tempo può recare gravi danni alla salute. Le sorgenti delle diossine sono varie e hanno avuto molte variazioni nel corso degli anni, ed è difficile quantificarne esattamente la rilevanza relativa: gli inceneritori sono comunque una delle fonti maggiori, e vanno tenuti sotto accurata osservazione (si veda la voce diossine).

*Figura 3.10: Struttura molecolare della TCDD, la più tossica fra le Diossine*



Per quanto concerne l'incenerimento, le diossine vengono prodotte quando materiale organico è bruciato in presenza di cloro, sia esso ione cloruro o presente in composti organici clorurati come le plastiche in PVC. La soglia minima di sicurezza per tali sostanze è ancora oggetto di investigazione scientifica; i limiti imposti dalla Ue sulle emissioni sono di  $0,1 \text{ng}/\text{m}^3$ , cioè un milionesimo di grammo per metro cubo di fumi (sulle leggi valgono le considerazioni precedenti, all'inizio del paragrafo). Per ridurre l'emissione di vari inquinanti fra cui la diossina, negli inceneritori è vietato (per legge) che i fumi scendano sotto gli  $850^\circ\text{C}$ , che è poi il motivo per cui gli inceneritori non possono accettare materiale dal potere calorifico troppo basso oppure devono integrare la combustione con metano. [16] L'obiettivo di minimizzare le emissioni di diossine contrasta in parte con il recupero dell'energia, in quanto una elevata temperatura di combustione e un veloce raffreddamento dei fumi (condizioni ideali per ridurre la formazione di diossina) sono incompatibili con una massima efficienza nel recupero dell'energia termica. [73]

Gli impianti tecnologicamente più avanzati presentano un elevato grado di efficienza tale da contenere le emissioni a livelli significativamente inferiori al limite di legge ma bisogna considerare che la legge impone solo delle misurazioni periodiche e non continue sulla produzione di diossina, [74] e che solo in pochissimi impianti italiani è tenuta sotto costante controllo. Inoltre, le misurazioni, necessarie solo ad assicurare il rispetto della legge, spesso non sono precise e non servono a conoscere l'effettiva emissione in atmosfera. Ad esempio, in inceneritori come quello di Brescia la concentrazione di diossina nei fumi può essere abbastanza bassa da risultare non rilevabile dagli strumenti adottati (a Brescia la soglia di misurabilità è di  $0,04 \text{ ng/Nm}^3$  di fumi, ovvero circa  $240 \text{ ng/t}$  di rifiuti). Quindi, se la concentrazione fosse di poco inferiore a tale soglia (e dunque non rilevata dagli strumenti), data un'emissione di  $5\,000\,000 \text{ m}^3$  di fumi al giorno, la produzione di diossina sarebbe di  $200\,000 \text{ ng/giorno}$ , cioè la massima dose giornaliera tollerabile ( $0,15$  nanogrammi) per oltre  $1,3$  milioni di persone, ma non verrebbe rilevata. [16]

Gli inceneritori rilasciano diossina non solo nell'atmosfera attraverso i fumi, ma anche nella terra e nell'acqua: le diossine sono presenti nelle scorie e nei residui solidi o liquidi del filtraggio dei fumi, e possono diffondersi per percolazione nel luogo di deposito di tali rifiuti o per dispersione delle acque di lavaggio delle zone inquinate. La quantità di diossina nelle scorie - secondo misurazioni del *DETR*, Dipartimento inglese per l'ambiente - è di circa  $12-72 \text{ ng/kg}$ ; il miglioramento tecnologico ha ridotto notevolmente l'emissione complessiva di diossina, tuttavia i sistemi di filtraggio più sono efficienti più concentrano le diossine prodotte nei loro residui: nei residui del filtraggio dei fumi attraverso precipitatori elettrostatici delle polveri (circa  $30 \text{ kg/t}$  di rifiuti) in passato la concentrazione era elevatissima, fra i  $6600$  e i  $31100 \text{ ng/kg}$ ; negli impianti recenti è di  $810-1800 \text{ ng I-TEQ/kg}$  (quindi ca.  $24,3-54 \text{ ng diossina/t rifiuti}$ ) e  $680-12200 \text{ ng I-TEQ/kg}$  nei fanghi dalle torri di lavaggio dei fumi (circa  $10-15 \text{ kg/t}$  di rifiuti, quindi ca.  $8,5-152,5 \text{ ng diossina/t rifiuti}$ ). [75]

Uno dei principali motivi della differenza tra i risultati dei diversi studi risiede nel diverso arco temporale in cui questi si sono svolti, infatti il fattore di emissione delle diossine da incenerimento si è ridotto di circa  $50$  volte negli ultimi  $15$  anni, quindi chiaramente studi degli anni '90 forniscono dati notevolmente diversi da quelli più recenti.

**Gas serra.** La valutazione dell'emissione effettiva di gas serra da parte degli inceneritori è questione dibattuta. Se da un lato l'emissione al camino è quantificabile ( $\sim 1400 \text{ kg/t}$ , si veda oltre), per una valutazione completa dell'influenza sulle emissioni globali di anidride carbonica bisognerebbe considerare in primo luogo la tipologia di rifiuti (organici o no, pretrattati o indifferenziati ecc.), le altre possibili modalità di smaltimento dei rifiuti residui [76], nonché la produzione di  $\text{CO}_2$  media usata per calcolare le emissioni evitate, eccetera.

Un confronto fra il bilancio totale di CO<sub>2</sub> derivante dall'uso dell'inceneritore (termoutilizzatore) e di una discarica incontrollata, per lo smaltimento di rifiuti urbani è stato presentato nel 2005 dall'Università di Firenze [77]. In base a questo studio, statisticamente per una tonnellata di rifiuto urbano "termovalorizzato" si deve considerare una produzione di 1402 Kg di CO<sub>2</sub> (per combustione) [78], un risparmio di 554 Kg di CO<sub>2</sub> ottenuto col recupero energetico (verrebbero emessi producendo la stessa energia con fonti fossili), altri 910 kg di anidride carbonica assorbita in origine dalla componente rinnovabile, per un bilancio totale negativo di contributo di 62 kg di CO<sub>2</sub> sottratti ai gas serra. Viceversa una discarica produrrebbe per fermentazione della componente organica circa 56 kg/t di metano (gas serra circa 21 volte più potente della CO<sub>2</sub>, e quindi equivalenti a 1181 kg/t di CO<sub>2</sub>) oltre a 295 kg/t di CO<sub>2</sub>; di contro, il carbonio sequestrato in origine dalla componente organica, non trasformato in anidride carbonica durante la fermentazione, equivarrebbe ad un sequestro di 591 kg/t di CO<sub>2</sub>. Si otterrebbe quindi un bilancio totale positivo di 886 kg di CO<sub>2</sub> al contributo dei gas serra. Secondo questo studio la produzione di CO<sub>2</sub> sarebbe quindi nettamente maggiore per una discarica di rifiuti indifferenziati che per un inceneritore. Questa procedura di valutazione ed i suoi risultati sono stati utilizzati per valutare il progetto dell'inceneritore di Torino. [79]

Va tuttavia rilevato che questo tipo di analisi non considera che le discariche controllate abbinata agli impianti di preselezione (TMB) e/o compostaggio con produzione di biogas permettono il recupero del metano di fermentazione (i sopra citati 1181 kg/t equivalenti di CO<sub>2</sub>) riducendo drasticamente le emissioni di gas serra della discarica: inserendo questa componente nel confronto la discarica risulterebbe in vantaggio sull'inceneritore. Occorre anche valutare che questi dati comparativi sono forzatamente solo indicativi, poichè in funzione delle tipologie di impianti, rifiuti e trattamenti considerati, le conclusioni possono essere diverse, dipendendo il risultato principalmente dall'efficienza della produzione e del recupero di metano nelle discariche e da quella del recupero termico negli inceneritori.

**RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI*****INCINERATOR & ADVERSE EFFECTS 1975-2007******Database: Ovid MEDLINE(R): 1950 to June Week 2 2007******Search Strategy: incinerator.mp. & abstracts (651) x adverse effects.mp. (45281)*****Pleus R.C., Kelly K.E.*****Health effects from hazardous waste incineration facilities: five case studies.*****Effetti sulla salute da parte degli impianti di incenerimento di rifiuti nocivi: ricerca su cinque casi.*****Toxicol. Industr. Health. 12, 277-287, 1996. UI 8794540***

L'inquinamento dell'ambiente, soprattutto quello dovuto all'industrializzazione, ha provocato significativi effetti nocivi sull'uomo, sugli animali, e sull'ecosistema. Sono stati fatti tentativi per ridurre e prevenire questi inquinanti migliorando il trattamento di smaltimento dei rifiuti. L'incenerimento è uno di questi trattamenti, esso cerca di prevenire le conseguenze negative per la salute per le generazioni future distruggendo i rifiuti oggi, senza aumentare il rischio per coloro che abitano in prossimità degli impianti dell'inceneritore nel corso del trattamento. Tuttavia, come in ogni attività industriale, l'adeguatezza sia del progetto sia del funzionamento è un obbligo importante affinché l'impianto possa funzionare in modo sicuro. Qualunque tecnologia che non potesse essere attuata con sicurezza non dovrebbe essere ritenuta accettabile. Questa pubblicazione passa in rassegna le basi scientifiche delle asserzioni legate alla pratica dell'incenerimento di rifiuti tossico-nocivi. Questi cinque studi di casi, i quali hanno attirato una grande attenzione del pubblico, non sono stati dimostrati essere scientificamente accurati per essere basati relativamente ai fatti. Questa pubblicazione tenta di separare i fatti dall'immaginazione e di dimostrare alcune delle sensibili inaccurately ripetute in tutte le cinque ricerche. Passando in rassegna i casi sopradetti ed altri presenti nella letteratura, diventano manifesti diversi elementi comuni:

1. La maggior parte dei rapporti sono basati su singoli articoli di giornale, lettere giornalistiche di attivisti, interviste con corrispondenti palesemente prevenuti, o altre sorgenti di informazione secondarie o inappropriate che non hanno superato un'analisi critica scientifica.

2. Gli studi scientifici sono citati in modo incompleto oppure fuori dal contesto. Spesso il punto originale esposto dal ricercatore è esattamente l'opposto dell'impressione lasciata da *Costner and Thornton*.

3. In quattro dei cinque casi, non erano offerti dati che sostanziasero i reclami. Come un'osservazione, dove dati reali di ricerca non sono presenti per appoggiare le asserzioni di effetti lesivi per la

salute, una tendenza pare esser in aumento nel corso del tempo per esporre asserzioni e quindi per non presentare dati d'appoggio. Poichè il danno della collettività è spesso fatto mediante la formulazione di asserzioni, questa tattica pare essere efficace. Pertanto, asserzioni non sostanziate non dovrebbero esser lasciate senza controllo.

4. Un gruppo relativamente piccolo di gente sembra essere capace di generare la maggior parte delle asserzioni.

5. Il formato delle asserzioni tende ad essere costante; spesso cambia solo il nome dell'impianto.

6. Inoltre, questi stessi pochi individui tendono a ripetere le medesime asserzioni a proposito dello stesso impianto, anche molto tempo dopo che le asserzioni sono state dimostrate essere sbagliate. Nonostante l'ampia diffusione degli impianti di incenerimento nel mondo e i milioni di tonnellate di rifiuti distrutti da essi ogni anno, sorprendentemente poche pubblicazioni che riferiscano effetti nocivi per la salute esistono nella letteratura scientifica in relazione con altre tecniche di trattamento dei rifiuti.

7. Le pubblicazioni esistenti non indicano che l'incenerimento dei rifiuti tossico-nocivi ha un potenziale di effetti lesivi per la salute.

Tuttavia, come in tutte le attività industriali, si deve aver cura di assicurare che gli impianti siano progettati e funzionino in modo appropriato per minimizzare o prevenire effetti lesivi per la salute. Come per tutte le esposizioni ambientali, le conseguenze per la salute della collettività devono essere affrontate in modo scientifico. Fare un collegamento scientificamente valido tra il funzionamento di un inceneritore e la malattia che risulta all'interno di una popolazione è un'impresa difficile, perchè richiede gli sforzi combinati di tossicologi, epidemiologi, chimici, medici, e soggetti esperti in altre discipline. Ciononostante, le preoccupazioni derivate dalle possibili conseguenze dell'incenerimento devono essere affrontate e rese pubbliche, entrambe accuratamente e realisticamente, se i veri rischi dell'incenerimento devono essere capiti dal grande pubblico.

Environmental Toxicology International,  
Seattle, USA.

**Carmen Agramunt M., Domingo A., Domingo J.L., Corbella J.**  
***Monitoring internal exposure to metals and organic substances in workers at a hazardous waste incinerator after 3 years of operation.***  
**Monitoraggio dell'esposizione interna a metalli e a composti organici in lavoratori addetti all'inceneritore di rifiuti nocivi dopo tre anni d'attività.**

***Toxicol. Lett.* 146, 83-91, 2003 UI 14615070.**

I potenziali effetti lesivi degli inceneritori di rifiuti tossico-nocivi (*hazardous waste incinerator, HWI*) continuano ad essere causa di preoccupazione. La costruzione del primo, e per ora unico, *HWI* in Spagna terminò nel 1999. Ventisei lavoratori di questo *HWI* furono suddivisi in tre gruppi: fabbrica, laboratorio, amministrazione. Furono eseguite analisi sulla concentrazione plasmatica di *HCb*, *PCB* (28, 52, 101, 138, e 180), e di *PCDD/F*, così come analisi sulla concentrazione urinaria di 2,4- e 2,5-diclorofenolo (*DCP*), e di 2,4,5- e 2,4,6-triclorofenolo (*TCP*), di pentaclorofenolo (*PCP*), e di 1-idrossipirene (*1-HP*). Furono poi determinate le concentrazioni ematiche di Be, Mn, Hg e Pb, e quelle urinarie di Cd, Cr, Ni e V.

Nei lavoratori della fabbrica, le concentrazioni usuali di composti organici e di metalli pesanti nel sangue e nell'urina non apparivano aumentate per nessuno dei composti determinati (ad eccezione del V urinario). Al contrario, le concentrazioni plasmatiche dei *PCDD/F* e dei *PCB* 28, 52, 102, 138 e 153 erano significativamente inferiori rispetto alle corrispondenti concentrazioni della linea basale. Le concentrazioni usuali del clorofenolo nell'urina erano simili od inferiori a quelle basali, ad eccezione dei 2,5-*DCP* che manifestava un aumento significativo. I livelli dei composti organici ed inorganici trovati in questa ricerca non erano differenti da quelli corrispondenti ai soggetti non esposti in condizioni occupazionali.

Laboratory of Toxicology and Environmental Health,  
School of Medicine, University, San Lorenzo 21,  
43201 Reus, Spain.

**Agramunt M.C., Schuhmacher M., Hernandez J.M., Domingo J.L.**  
***Levels of dioxins and furans in plasma of nonoccupationally exposed subjects living near a hazardous waste incinerator.***

**Concentrazioni di diossine e di furani nel plasma di individui esposti in situazione non lavorativa ma abitanti in prossimità di un inceneritore di rifiuti nocivi.**

***J. Expos. Anal. Environ. Epidemiol.* 15, 29-34, 2005. UI 15635452**

I potenziali effetti nocivi degli inceneritori di rifiuti tossico-nocivi (*hazardous waste incinerators, HWI*) continuano ad essere causa di preoccupazione. La costruzione del primo, e per ora unico, *HWI* in Spagna terminò nel 1999. Al fine di stabilire le conseguenze dell'impianto sulla salute pubblica, fu programmato un monitoraggio preoperativo durante il periodo della costruzione. Lo scopo principale della presente ricerca fu di determinare, dopo circa tre anni di funzionamento regolare, le concentrazioni di dibenzo-p-diossine policlorurate e di dibenzofurani (*PCDD/F*) nel plasma di soggetti non esposti in condizioni lavorative abitanti in prossimità dell'*HWI*.

Campioni di sangue erano prelevati da 20 volontari di età compresa tra 19 e 62 anni. La concentrazione media dei *PCDD/F* nel plasma fu di 15,70 pg di *I-TEQ* per grammo di lipidi (intervallo 4,66-29,25 pg di *I-TEQ* per grammo di lipidi), il che è significativamente più basso della concentrazione media della ricerca basale, 27,01 pg di *I-TEQ* per grammo di lipidi (intervallo 14,79-48,95 pg di *I-TEQ* per grammo di lipidi). Erano osservate riduzioni per entrambi i sessi e per tutti i gruppi di età. La comparazione con le concentrazioni dei *PCDD/F* ottenute da numerosi paesi dimostra che, in generale, le concentrazioni usuali sono inferiori alla maggior parte dei risultati pubblicati di recente. Si conclude che le emissioni provenienti dal corpo principale dell'impianto dell'*HWI* misurato in questa ricerca non costituirebbe una significativa esposizione addizionale ai *PCDD/F* per la popolazione che vive in prossimità della fabbrica.

Laboratory of Toxicology and Environmental Health,  
School of Medicine, Rovira i Virgili University, San Lorenzo 21,  
43201 Reus, Spain.

**Lin C.M., Li C.Y., Mao I.F.**

***Birth outcomes of infants born in areas with elevated ambient exposure to incinerator generated PCDD/Fs. –***

**Risultati alla nascita di neonati partoriti in zone con esposizione ambientale elevata a PCDD/Fs prodotti da inceneritore.**

***Environ. Internal. 32, 624-629, 2006. UI 16546257***

Scopo di questa ricerca fu determinare se esposizioni ambientali elevate a dibenzo-p-diossine policlorurate e a dibenzofurani (PCDD/F) originati da inceneritori possano influenzare i risultati delle nascite di neonati esposti nelle zone metropolitane di Taipei, Taiwan. Le correlazioni tra l'esposizione ad un'elevata concentrazione di PCDD/F e diversi parametri della nascita, compresi il peso corporeo, l'età della gestazione, e la proporzione delle femmine erano stabilite in modo incrociato nel 1991 (un anno prima che l'inceneritore cominciasse a funzionare) e nel 1997 (cinque anni dopo), rispettivamente. Noi impiegammo la tecnica di modellazione della *US EPA Industrial Source Complex Model-Sort Term* per determinare le concentrazioni ambientali dei PCDD/F nelle aree osservate, nelle quali 40 distretti con una esposizione media annuale a di PCDD/F di  $> 0 = 0,03$  pg TEQ per  $m^3$  erano considerati come le aree esposte ed un altro gruppo di 40 distretti con una concentrazione stimata di zero erano scelte a caso come aree di riferimento. L'informazione sugli esiti delle nascite fu ricavata dal Registro delle Nascite di Taiwan. Un totale di 6697 e 6282 neonati era incluso nell'analisi per il 1991 e il 1997, rispettivamente. Dopo aver eseguito un controllo dei fattori potenziali di confondimento, i risultati dimostrarono che gli *odds ratios* (ORs) per il peso ridotto alla nascita ( $< 2500$  g) per le esposizioni più elevate erano 0,94 ( $> 0,05$  pg TEQ per  $m^3$ ) e 0,91 (0,03-0,05 pg TEQ per  $m^3$ ) nel 1991 ed erano 1,07 ( $> 0,05$  pg TEQ per  $m^3$ ) e 1,06 (0,03-0,05 pg TEQ per  $m^3$ ) nel 1997. I corrispondenti *odds ratios* erano 1,05/0,86 (1991) e 1,12/1,22 (1997) per nascite premature ( $< 37$  settimane complete di gestazione), così come 0,96/1,00 (1991) e 0,95/0,90 (1997) per nascita di femmine. Gli *odds ratios* suddetti erano tutti vicini all'unità ed erano statisticamente non significativi. Quando il peso alla nascita fu analizzato come variabile continua, la differenza nella media del peso alla nascita tra gruppo esposto (0,03 pg TEQ per  $m^3$ ) e il gruppo di riferimento diminuiva da 3,02 g nel 1991 a - 5,87 g nel 1997. Anche l'analisi dei dati continui dimostrò che la differenza media nell'età gestazionale tra aree esposte ed aree di riferimento diminuì da 0,05 settimane nel 1991 a - 0,09 settimane ( $p < 0,05$ ) nel 1997.

Questa ricerca tende a concludere che le diossine derivate dall'inceneritore procurano effetti minori sul peso alla nascita e sulla nascita di femmine, ma potrebbero dare piccoli effetti sull'età gestazionale. Se gli effetti nocivi osservati si dimostrassero reali, le misure ora prese per migliorare l'abbattimento dei gas da rifiuti



sembrano essere una cosa conveniente da fare.

Department of Healthcare Information and Management, Ming Chuan University,  
Taoyuan, Taiwan, ROC.

**Shibamoto T., Yasuhara A., Katami T.**

***Dioxin formation from waste incineration.***

**Formazione di diossina dall'inceneritore di rifiuti.**

***Rev. Environ. Contamin. Toxicol.* 190, 1-41, 2007. UI 17432330**

C'è stata una grande preoccupazione a proposito della possibilità che le dibenzodiossine policlorurate (*PCDD*), i dibenzofurani policlorurati (*PCDF*), e i bifenili policlorurati (*PCB*) provocassero contaminazione nell'ambiente perché gli effetti nocivi di questi composti chimici sulla salute umana erano noti da parecchi anni. Recentemente la possibilità della contaminazione da diossine ha ricevuto molta attenzione non solo da parte di scienziati ambientali ma anche da parte del pubblico, perché le diossine sono note per formarsi durante la combustione di rifiuti industriali e domestici e per sfuggire nell'ambiente attraverso i gas emessi dagli inceneritori. Di conseguenza, c'è una necessità pressante di studiare scientificamente i meccanismi della formazione o le vie di reazione di questi composti chimici contenenti cloro per riuscire ad ideare dei modi di ridurre la loro contaminazione ambientale. Un inceneritore di piccola scala ben controllato fu impiegato per gli esperimenti di riferimento centrale di questa rassegna.

Queste pubblicazioni riferiscono la ricerca scientifica della formazione della diossina dalla combustione di diversi campioni simulati di rifiuti, comprendenti differenti tipi di carta, diversi tipi di legno, foglie caduche, campioni di cibo, polietilene (*PE*), polistirene (*PS*), polivinilcloruro (*PVC*), polivinilidene cloruro, polietilenetereftalato (*PET*) e diversi tipi di manufatti di plastica. Questi campioni erano anche inceneriti con cloruri inorganici ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{CuCl}_2$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{MnCl}_2$ ,  $\text{FeCl}_2$ ,  $\text{CoCl}_2$ , polvere di cenere ed acqua di mare) o cloruri organici (*PVC*, clordano, e pentaclorofenolo) per valutare il ruolo del contenuto di cloro e/o la presenza di diversi metalli nella formazione della diossina. Alcuni campioni, come i giornali, erano bruciati dopo che essi erano impregnati con  $\text{NaCl}$  o *PVC*, come dopo essere stati co-combusti con cloruri. Erano inoltre studiate le condizioni di incenerimento, comprese le temperature della camera, le concentrazioni dell' $\text{O}_2$ , e le concentrazioni della  $\text{CO}$ , nella formazione della diossina. Le diossine (*PCDD*, *PCDF*, e i *PCB* complanari) formati nel gas di emissione da un inceneritore controllato di piccola scala, nel quale erano bruciati campioni sperimentali, erano analizzate mediante gas cromatografia/spettrometria di massa. La formazione dei *PCDF* totali fu molto maggiore di quella dei *PCDD* in tutti i campioni. I *PCDF* totali comprendevano il 70-80% del totale della diossina formata. La quantità dei *PCDF* totali formati variava da 0,78 ng/g

(carta da giornale) a 8.490 ng/g (*PVC* bruciato in concentrazione elevata di CO). La quantità dei *PCDD* totali formati variava da 0,02 ng/g (carta da giornale) a 430 ng/g (*PVC*). I *PCB* complanari formati erano trovati al più basso livello delle diossine formate. I loro livelli di formazione variavano da 0 ng/g (carta da giornale) a 77,6 ng/g (*PVC*). È ovvio che i campioni contenenti cloruri inorganici od organici producevano molto più diossine rispetto a quelli senza cloruri quando erano inceneriti in condizioni paragonabili. Non è chiaro come il cloruro inorganico e quello organico contribuiscano in modo differente alla formazione di diossina. Tra i metalli presi in esame, il rame pare avere la maggiore attività nel favorire la formazione della diossina rispetto ad altri metalli. Esso agiva non solo come catalizzatore ma anche come un trasmettore di cloro eterogeneo. I valori di quantità equivalente per la tossicità (*TEQ*) generalmente correlavano con la quantità di cloro contenuto nei campioni e la quantità di diossina formata presente nei gas emessi da un inceneritore. Però, quando il medesimo campione era incenerito a temperature differenti, il campione bruciato a temperatura bassa produceva un valore di *TEQ* più elevato di quello del campione bruciato a temperatura elevata. I campioni che non contenevano cloro o non erano bruciati con cloro manifestavano bassi valori di *TEQ*. Al contrario, campioni con un elevato contenuto di cloro, come il *PVC* (51,3 %), davano alti valori di *TEQ*. Le temperature di combustione possono svolgere un ruolo importante nella formazione della diossina nei gas emessi dal processo di incenerimento di materiali di rifiuto. Però, non fu riportato alcuna correlazione significativa tra formazione di diossina e temperature di combustione nelle pubblicazioni centrali. Tuttavia è ovvio che la formazione di diossina si attua a temperature più elevate di 850°C. La reazione che si realizza in un inceneritore è estremamente complessa, e ci sono diversi fattori aggiuntivi alla temperatura di combustione che influenzano la formazione della diossina.

Anche se è possibile ipotizzare meccanismi ragionevoli della formazione delle diossine presenti nei gas emessi in accordo con i risultati ottenuti con ricerche di chimica classica, le reazioni implicate in un inceneritore sono estremamente complesse ed eterogenee. È necessario eseguire ricerche più dettagliate dei diversi fattori che influenzano la formazione della diossina per trovare i modi per ridurre la sua formazione negli inceneritori individuali e municipali.

Department of Environmental Toxicology,  
University of California,  
Davis, CA 95616, USA

**NOTE**

1. ^ *Direttiva europea 2000/76/CE sull'incenerimento dei rifiuti*
2. ^ a b c *Decreto Legislativo 11 maggio 2005, n. 133: Attuazione della direttiva 2000/76/CE, in materia di incenerimento dei rifiuti (da [parlamento.it](http://parlamento.it)). Informazioni più dettagliate sulle emissioni sono disponibili negli allegati 1 (200 KB), 2 e 3.*
3. ^ *Schema sul Piano di sorveglianza e controllo negli impianti di smaltimento di rifiuti (PDF)*
4. ^ *Rapporto rifiuti 2003 - Osservatorio Nazionale Rifiuti*
5. ^ *Dati tratti da Analisi e comparazione delle tecnologie più idonee per il secondo impianto di trattamento area Nord dei rifiuti urbani, assimilati e fanghi della provincia di Torino*
6. ^ (EN) *Ministero per l'Ambiente dei Paesi Bassi, National waste management plan, 2003*
7. ^ *Rapporto Rifiuti 2005 dell'Osservatorio Nazionale dei Rifiuti, capitolo 2, vol. 1.*
8. ^ *Dato menzionato nello studio sul futuro inceneritore torinese del Gerbido.*
9. ^ *Il ricorso alla Corte Europea, avviato nel 2002, è sfociato in una condanna da parte della UE (luglio 2007) e nello specifico riguarda la mancata Valutazione di Impatto Ambientale della terza linea di incenerimento (sentenza)*
10. ^ *lorisparmio.eu: Il termovalorizzatore di Brescia è "il migliore del mondo"*
11. ^ » *da notare che questo organismo annovera nell'elenco degli sponsor diverse società concorrenti che costruiscono impianti di incenerimento. Tra questi figura anche una delle imprese che hanno costruito l'inceneritore premiato.*
12. ^ *Dati di produzione di RSU della provincia comparati con la capacità dell'impianto tratti da documenti dalla Provincia di Brescia.*
13. ^ *"Terni, produceva veleni killer: il pm chiude l'inceneritore" da La Repubblica web e "Chiuso inceneritore di Terni. Produceva veleni killer" da Il Sole 24 Ore on line. Siti consultati il 15/1/2008*
14. ^ *Fatto citato nelle Note preliminari relative allo Studio di Impatto Ambientale del progetto di "impianto di termovalorizzazione dei rifiuti della provincia di Torino*
15. ^ *Sul combustibile, si segnalano alcune precauzioni: esso deve (per legge) avere caratteristiche tali da scongiurare quanto più possibile un eventuale rilascio di sostanze nocive nell'ambiente durante la fase di deposito e trasporto prima dell'utilizzo.*
16. ^ a b c *Mario Tozzi, L'Italia a secco: la fine del petrolio e la nuova era dell'energia naturale, Rizzoli, 2006.*
17. ^ (DA) *Vestforbrænding anlæg 6 - Danmarks største forbrændingsovn*

18. ^ (EN) *Fluidized Bed Combustion Program*
19. ^ *Grammi al normalmetro cubo: unità di misura in cui si considera la quantità di sostanza inquinata presente in un metro cubo di fumi; il volume di fumi è misurato in condizioni normali (Normal) di pressione e temperatura (in quanto le due variabili termodinamiche influiscono su tale volume gassoso. A tal proposito vedi Equazione di stato dei gas perfetti).*
20. ^ *Terttaliisa Lind, Jouni Hokkinen, Jorma K. Jokiniemi, Fine particle and trace element emissions from waste combustion - Comparison of fluidized bed and grate firing, Fuel Processing Technology 88 (7), 2007, pagg. 737-746*  
DOI:10.1016/j.fuproc.2007.03.004
21. ^ (EN) *Pressurized internal circulating fluidized-bed boiler*
22. ^ (EN) *Un modello di inceneritore a forno rotativo*
23. ^ *Immagine di forni rotativi con post-bruciatori*
24. ^ *L'indice di sfruttamento del combustibile è il rapporto tra la somma delle energie (termica ed elettrica) ricavate dalla combustione e quella del combustibile bruciato. Non è corretto parlare di rendimento energetico perchè il numeratore del rapporto è somma di due energie qualitativamente differenti: disordinata (calore) e ordinata (energia elettrica). Vedi "Macchine" di Renato Della Volpe, capitolo IX paragrafo 1.*
25. ^ *Secondo l'APAT lo sviluppo tecnologico ha limitato drasticamente il numero degli insediamenti privi di tecnologie per il recupero energetico<sup>a</sup>, tanto che nel 2001 dei 44 impianti di incenerimento dei rifiuti urbani solo 8 erano privi del recupero di energia. [apat.gov.it](http://www.apat.gov.it): Gestione dei rifiuti.*
26. ^ *Relazione di De Stefanis sul recupero energetico nel ciclo integrato di gestione dei rifiuti*
27. ^ *Il recupero di energia dalla combustione di rsu.*
28. ^ <http://www.torinoscienza.it/img/pdf/it/s10/00/0023/00002379.pdf>.
29. ^ (EN) *Waste to Energy in Denmark, Ramboll (2006)*
30. ^ *Scheda monografica riassuntiva sul recupero di energia da rifiuti, p. 5.*
31. ^ *Infatti l'11% delle scorie, secondo i dati citati, non viene recuperato nell'impianto di Noceto.*
32. ^ *N. Lapa et al., Ecotoxicological assessment of leachates from MSWI bottom ashes, Waste Management 22 (2002) 583-593*
33. ^ *Per i dettagli ed i dosaggi, si veda: Pietro Appendino, Monica Ferraris, Ildiko Matekovits, Milena Salvo, Vetrificazione e riutilizzo di ceneri provenienti da inceneritori di rifiuti solidi urbani, Dipartimento di Scienza dei materiali e Ingegneria chimica del Politecnico di Torino.*
34. ^ *Metodi di rimozione del particolato, Qualità ambientale, Corso di Laurea in Economia e Ingegneria della Qualità, Facoltà di Economia del Polo universitario della città di Prato, A.A. 2004/2005.*
35. ^ *Il documento citato riporta che combustibili a basso tenore di zolfo producono ceneri ad alta resistività elettrica che pertanto sono difficilmente intercettabili con l'effetto elettrostatico. Inoltre, superare il*

90% di efficienza comporta un consumo elettrico che cresce esponenzialmente: passare dal 90% al 99% comporta una quintuplicazione dei consumi elettrici (pag. 13).

36. ^ Secondo la normativa di riferimento italiana, vengono infatti considerate rinnovabili "il sole, il vento, le risorse idriche, le risorse geotermiche, le maree, il moto ondoso e la trasformazione in energia elettrica dei prodotti vegetali o dei rifiuti organici e inorganici" (DL 16 marzo 1999, n.79, art. 2, 15; vedi GSE-GRTN: "Normativa di riferimento", elenco norme di riferimento, PDF).

37. ^ a b Note in materia di CIP/6 e Certificati Verdi, a cura del Gruppo Verdi PdCI Senato.

38. ^ Dati tratti da Aggiornamento per il terzo trimestre 2007 del prezzo di assegnazione dei diritti CIP 6, 4 Lug 2007 e Aggiornamento per il 4° trimestre, 11 Ott 2007.

39. ^ a b Dall'approfondimento di Ecosportello.org del 18 settembre 2006 sull'incentivazione dei termovalorizzatori.

40. ^ Bilancio 2006 ASM SpA (pag. 258). Si segnala che il documento viene spesso spostato di posizione sul sito.

41. ^ Notizia da edilportale.com.

42. ^ QualEnergia anno V n. 1, gennaio-febbraio 2007.

43. ^ La Corte di Giustizia Europea (C 458/00 del 13.02.2003) ha chiaramente sancito che l'incenerimento di rifiuti in un impianto dedicato non può essere considerato come "recupero" nemmeno sotto il profilo energetico.

44. ^ 20 novembre 2003, risposta E-2935/03IT.

45. ^ L'aggiunta delle parole "o autorizzati" è stata definita un "errore materiale di stesura del testo" in risposta alle polemiche seguite alla modifica a sorpresa del testo nel maxi-emendamento, ma evidentemente modifica sostanzialmente il senso della norma.

46. ^ Si veda la scheda del ddl al Senato (mai esaminato).

47. ^ Articolo 2, commi 136-138; si veda la Il testo del ddl finanziaria con la guida alla lettura delle disposizioni del Sole 24 ore. » previsto un tempo di tre mesi per concedere delle eccezioni agli impianti già autorizzati ma non ancora operativi, con priorità a quelli in realizzazione, da parte del "ministro dello Sviluppo economico, sentite le Commissioni parlamentari competenti".

48. ^ Dati citati ne La nuova ecologia n. 5 anno XXVII di maggio 2007; per il dibattito sugli effetti della non incentivazione dell'incenerimento, vedi Rifiuti oggi n. 1 anno 17 di gennaio-febbraio-marzo 2007.

49. ^ Lorenzo Tomatis et al., Business bias: how epidemiologic studies may underestimate or fail to detect increased risks of cancer and other diseases, Int J Occup Environ Health, 2005; 11: 356-359.

50. ^ Chi fra il 1960 e il 1996 ha vissuto a lungo vicino a inceneritori e altre fonti industriali di diossina nella provincia di Venezia ha avuto una probabilità 3,3 volte il normale di contrarre un sarcoma:

Zambon P, Ricci P, Bovo E, Casula A, Gattolin M, Fiore AR, Chiosi F, Guzzinati S. Sarcoma risk and dioxin emissions from incinerators and industrial plants: a population-based case-control study (Italy). *Environmental Health*, 2007, 6:19 (16 July 2007). Una sintesi (in inglese) dello studio, realizzata dagli stessi autori, è disponibile qui.

51. ^ Valutazione dello stato di salute della popolazione residente nell'area di Coriano (Forlì) Progetto "Environmental health surveillance system in urban areas near incinerators and industrial premises / ENHANCE HEALTH" 1999-2001 / 2003-2005 una copia è disponibile qui

52. ^ Tajimi M et al. Correlation coefficients between the dioxin levels in mother's milk and the distances to the nearest waste incinerator which was the largest source of dioxins from each mother's place of residence in Tokyo. *Chemosphere, Japan*, 2005 Dec;61(9):1256-62, PMID: 15922405. Sintesi.

53. ^ Miyake Y, Yura A, Misaki H, Ikeda Y, Usui T, Iki M, Shimizu T. Relationship between distance of schools from the nearest municipal waste incineration plant and child health in Japan. *Eur J Epidemiol*, 2005;20(12):1023-9. PMID: 16331434.

54. ^ Biggeri A; Catelan D. Mortality for non-Hodgkin lymphoma and soft-tissue sarcoma in the surrounding area of an urban waste incinerator. Campi Bisenzio (Tuscany, Italy) 1981-2001. *Epidemiol Prev.*, 2005 May-Aug;29(3-4):156-9.

55. ^ Franchini M; Rial M; Buiatti E; Bianchi F. Health effects of exposure to waste incinerator emissions: a review of epidemiological studies. *Ann Ist Super Sanità*, 2004;40(1):101-15.

56. ^ Institut de veille sanitaire, Etude d'incidence des cancers à proximité des usines d'incinération d'ordure ménagères, France, 30 novembre 2006.

57. ^ Committee on Carcinogenicity/Department of Health Statement, Cancer Incidence near municipal solid waste incinerators in Great Britain, March 2000. (Riassunto.)

58. ^ Sedman et al. The evaluation of stack metal emissions from hazardous waste incinerators: assessing human exposure through noninhalation pathways. *Environ Health Perspect*, 1994 Jun;102 Suppl 2:105-12. PMID: 7925180.

59. ^ Yaping Feng, Rod Barratt, Distributions of lead and cadmium in dust in the vicinity of a sewage sludge incinerator, *J. Environ. Monit.*, 1, 1999, pagg.169-176

60. ^ Resoconto della commissione disponibile nel sito del Senato. Si segnala che il senatore Moncada Lo Giudice (citato nella relazione) è anche professore alla stessa Università di Perugia coinvolto nello studio stesso.

61. ^ Virginio Bettini, Chiara Rosnati, Ricerca scientifica e processo di smaltimento dei rifiuti, *AreaVasta*, n. 10/11, luglio 2004 - giugno 2005.

62. ^ Si veda questo articolo con dati relativi al superamento delle emissioni e ai costi di gestione degli apparati di filtraggio.

63. ^ Studio sul futuro inceneritore torinese del Gerbido, p. 34.

64. ^ Parlamento.it: Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152, "Norme in materia ambientale", allegati alla parte V (in particolare p. 14/282).

65. ^ a b c d e f g Studio sul futuro inceneritore torinese del Gerbido, p. 41.

66. ^ a b Misurazione in  $\text{ng}/\text{Nm}^3$  di tossicità equivalente (TEQ).

67. ^ Sulla base del DL 59/2005, che si applica anche agli inceneritori (come ribadito dall'articolo 4, comma 1b, del DL 133/2005 succitato), i limiti di emissione imposti agli impianti soggetti ad Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) sono basati sulle migliori tecniche disponibili individuate a livello nazionale, ma, per l'articolo 8, "Se, a seguito di una valutazione dell'autorità competente, che tenga conto di tutte le emissioni coinvolte, risulta necessario applicare ad impianti, localizzati in una determinata area, misure più rigorose di quelle ottenibili con le migliori tecniche disponibili, al fine di assicurare in tale area il rispetto delle norme di qualità ambientale, l'autorità competente può prescrivere nelle autorizzazioni integrate ambientali misure supplementari particolari più rigorose, fatte salve le altre misure che possono essere adottate per rispettare le norme di qualità ambientale".

68. ^ Come previsto dallo stesso DL 133/05 (art. 9, comma 7); si vedano le note all'allegato 1 succitato.

69. ^ Si veda ad esempio questo articolo di altreconomia.it (marzo 2006), nel paragrafo dedicato ai rischi da diossina.

70. ^ Convegno De Stefanis 09/07/2007, pag.18.

71. ^ Linzalone N et al. Incinerators: not only dioxins and heavy metals, also fine and ultrafine particles. *Epidemiol Prev.* (2007) Jan-Feb;31(1):62-6

72. ^ Diego Barsotti, Misurate le nanopolveri dell'inceneritore di Bolzano. Presentati in un convegno i dati comparati sulle emissioni delle nanopolveri rilevate con tecnologia tedesca.

73. ^ Dioxin, 2005, Wikipedia in lingua inglese, Come funziona un inceneritore?, 2005, Greenpeace Italia

74. ^ Fatto menzionato nello studio sul futuro inceneritore torinese del Gerbido, p. 40.

75. ^ Inventario europeo delle diossine: (EN) "Releases of dioxins and furans to land and water in Europe" (1999), p. 91 sgg. (dati risalenti al 1994).

76. ^ Si ricorda infatti che l'inceneritore, nello scenario ottimale del sistema integrato di gestione dei rifiuti, rappresenta la penultima scelta, essendo la prevenzione, la riduzione e il riciclaggio sempre le soluzioni migliori

77. ^ Ennio A. Carnevale, Andrea Corti, Lidia Lombardi, *Stato dell'arte internazionale sulle tecnologie di mitigazione dell'impatto ambientale degli impianti di termovalorizzazione dei rifiuti urbani*, Firenze, 2005 online

78. ^ *L'apparente incremento di massa è dovuto alla combinazione del carbonio dei rifiuti con l'ossigeno nella camera di combustione*

79. ^ *Studio per il termovalorizzatore del Gerbido*, p. 50.

## BIBLIOGRAFIA

\* M. Ragazzi, R. Del Duro, *Introduzione alla termovalorizzazione dei rifiuti*, Franco Angeli, 2006. ISBN 8846476387.

\* A. Rossi, *Incenerimento dei rifiuti e depurazione dei fumi*, Tecniche Nuove, 1989. ISBN 8870815218.

\* L. Morselli, *La valorizzazione termica dei rifiuti: pirolisi, incenerimento, gassificazione*. 5<sup>TM</sup> Conferenza nazionale, Maggioli Editore, 2003. ISBN 8838731055.

\* L. Morselli, G. Viviano, *L'incenerimento dei Rifiuti: Caratterizzazione dei Materiali in Ingresso, Tecnologie Emergenti, Controllo degli Effluenti, Impatto Ambientale*. Atti del Convegno Nazionale, Bologna 16-17 Marzo 1995, Maggioli Editore, 1996. ISBN 8838705488.

\* D. Dell'Erba, *Energia dai rifiuti*, Etas, 1991. ISBN 8845304485