

LCA APPLICATO A PERIC

per il loro riciclo e valor



I rifiuti pericolosi sono uno degli argomenti più discussi nell'ambito di una corretta gestione e trattamento dei rifiuti. Sono stati condotti studi sulla loro valorizzazione attraverso il riciclaggio come materiali da costruzione e sulla compatibilità con la matrice cementizia, allo scopo di evitare qualsiasi compromissione delle proprietà meccaniche del cemento.

L. Morselli, J. Luzi, F. Passarini, R. Mezzogori,
Dipartimento di Chimica Industriale e dei Materiali,
Bologna.
P. Masoni, ENEA, Bologna.

AI RIFIUTI SOLIDI PERICOLOSI

immobilizzazione

Luciano Morselli, Paolo Masoni, Joseph Luzi,
Fabrizio Passarini, Roberto Mezzogori



Ogni anno in Italia vengono prodotti milioni di tonnellate di rifiuti industriali, sia pericolosi che non pericolosi. L'esigenza di una corretta strategia di trattamento e smaltimento emerge sia dall'analisi dei dati sperimentali che dalle stime degli andamenti della produzione dei rifiuti. In Italia ed in Europa la popolazione si è sensibilizzata all'esigenza di una gestione integrata per fornire una risposta al problema dei rifiuti industriali (Morselli et al., 1995). La pericolosità di tali rifiuti è riconducibile alle interazioni che subiscono nei vari comparti ambientali; vista la tipologia di rifiuti e l'attuale sistema di smaltimento loro dedicato, risulta immediata la consapevolezza che la loro interazione con il mezzo acquoso rivesta la priorità negli sforzi da dedicare nello studio di sistemi di smaltimento alternativi al conferimento in discarica. D'altro canto, perché il recupero, riciclo e riuso possano divenire soluzioni realmente applicabili sono richieste premesse di tipo economico, tecnico ed ambientale, quali un mercato disponibile ad accettare questi prodotti ed una serie di metodologie tecniche capaci di intervenire sui processi industriali.

Per la definizione dei sistemi di trattamento più congeniali è conveniente avere un approccio separato riguardo la diversa natura dei residui: si possono classificare due tipologie più generali di rifiuti, residui contenenti microinquinanti di origine organica e residui contenenti microinquinanti di natura inorganica. I primi possono subire trattamenti termici, quali incenerimento e vetrificazione, in quanto il fenomeno di combustione ha lo scopo di ridurre le macromolecole organiche in frazioni a minore peso molecolare e potere inquinante e tossico. I rifiuti pericolosi di natura inorganica sottoposti a trattamenti termici subiscono la volatilizzazione soprattutto della frazione a maggiore potere tossico rappresentata dalla classe dei metalli pesanti; tale processo ormai conosciuto sulla base delle esperienze di incenerimento dei RSU comporta un trasferimento della fonte inquinante dalla matrice in cui è inglobato al comparto aria. L'impossibilità di utilizzare trattamenti termici per un loro corretto riutilizzo/smaltimento sposta l'attenzione sui processi di inertizzazione che puntano sull'impiego di matrici cementizie per l'immobilizzazione delle specie inquinanti; tale approccio tecnologico ha lo scopo di ridurre il rilascio soprattutto dei metalli in fase acquosa in modo tale da poter in secondo luogo riutilizzare l'aggregato come inerte nella composizione di materiali da costruzione, da riempimento ed altri usi.

	Italia	Nord	Centro	Sud
Produzione di rifiuti speciali inerti	6.292.502	4.329.334	846.111	1.117.057
Produzione di rifiuti speciali non determinati	210.271	30.520	47.963	131.788
Produzione di rifiuti pericolosi	4.067.672	2.757.496	427.745	872.432
Produzione di rifiuti speciali non pericolosi escluso inerti	43.708.971	28.445.031	8.936.257	8.325.683

Tabella 1
Produzione rifiuti speciali per aree geografiche (1998) in t/anno.

Figura 1
Schema del ciclo di vita di un prodotto e/o servizio.



Figura 2
Confini del sistema.

APPROCCIO METODOLOGICO

Il presente lavoro descrive il caso-studio condotto sull'inceneritore di Coriano (Rimini), gestito da AMIA, i cui rifiuti prodotti sono rappresentativi del livello di tecnologie di incenerimento e purificazione degli effluenti presenti in Italia. Scopo di questo lavoro è l'applicazione dello stato dell'arte della metodologia LCA (Badino et al., 1998) al processo di inertizzazione/riciclo dei residui da incenerimento dei rifiuti attraverso l'uti-

lizzo del codice di calcolo TEAM (Riva et al., 1998). Questo approccio risponde all'esigenza di una verifica dettagliata dell'affidabilità del software come strumento di valutazione di sistemi specifici, sulla base di un'analisi sistematica dei singoli moduli che lo compongono.

La procedura che permette di valutare gli impatti ambientali potenziali, associati all'intero ciclo di vita di un prodotto, è la Life Cycle Assessment (LCA) standardizzata dalla norma internazionale ISO 14040, approvata come standard europeo dal CEN (Comitato Europeo di Normazione) e ratificata in Italia con la norma UNI EN ISO 14040; tale strumento operativo, nell'art. 3 del decreto "Ronchi", viene indicato come strumento utile per la valutazione delle strategie presenti e future della gestione dei rifiuti e come strumento di pianificazione ambientale. La definizione proposta dalla SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) (1993) sulla metodologia LCA, oggi formalizzata nella ISO 14040, è la seguente: "è un procedimento oggettivo di valutazione di carichi energetici ed ambientali relativi ad un processo o un'attività, effettuato attraverso l'identificazione dell'energia e dei materiali usati e dei rifiuti rilasciati nell'ambiente. La valutazione include l'intero ciclo di vita del processo o attività, comprendendo l'estrazione e il trattamento delle materie prime, la fabbricazione, il trasporto, la distribuzione, l'uso, il riuso, il riciclo e lo smaltimento finale". L'esecuzione di un LCA può consentire di comparare diverse opzioni tecnologiche, valutare scenari differenti di gestione dei rifiuti, o in specifico di opzioni di riciclaggio, in particolare finalizzate all'individuazione di un tasso ottimale di riciclo. La LCA diviene così un utile strumento di supporto al "decision making" in fase di redazione e aggiornamento dei piani territoriali di gestione dei rifiuti, costituendo un valido strumento in fase di programmazione, valutazione e riduzione degli impatti ambientali. Lo strumento a disposizione per lo studio è il TEAM TM, acronimo di Tools for Environmental Analysis and Management, il quale permette di eseguire la fase di inventario ed il calcolo degli impatti ambientali associati ad un processo o prodotto. Il TEAM TM si presenta come uno strumento di facile impiego grazie anche all'interfaccia grafica che permette all'utente un agevole approccio nel costruire il diagramma di flusso del sistema di prodotto considerato. L'ipotesi gestionale studiata riguarda i residui da incenerimento i quali sono caratterizzati da un elevato potenziale inquinante; in questo specifico contesto di ricerca si è ipotizzato di effettuare una separazione granulometrica delle scorie in modo tale da inviare al riutilizzo come materiale da costruzione la frazione a granulometria grossolana caratterizzata da una ridotta tossicità (tabella 2). La frazione a granulometria fine, caratterizzata da un elevato potere inquinante, insieme alle ceneri volanti viene così inviata

(Scenario 2). L'applicazione del Life Cycle Assessment è stata eseguita in rispetto delle norme (serie ISO 14000) definite per tale metodologia, i risultati ottenuti hanno permesso di valutare le performance ambientali del processo, in particolare in riferimento alla configurazione tecnologica adottata che comprende la separazione granulometrica delle scorie ed inertizzazione della frazione fine e delle polveri:

- La valutazione del ciclo di vita dell'impianto del processo ha permesso di individuare una gerarchia di criticità delle categorie di impatto interessate dal processo; le categorie che presentano nel complesso un impatto positivo sono per entrambi gli scenari quelle ad azione tossica riconducibili al percolamento in falda dei metalli pesanti.

- Lo scenario associato al recupero di tali frazioni ha riportato per tutte le categorie una diminuzione degli impatti molto marcata (figura 2).

In particolare:

1. Il consumo delle risorse non rinnovabili è caratterizzata da una diminuzione del prelievo di un ordine di grandezza grazie al riutilizzo dei residui come aggregati cementizi, non è da trascurare il prelievo di risorse associate alla costruzione e manutenzione della discarica caratteristico dello Scenario 1.

2. Per quanto concerne l'Ecotossicità Acquatica si assiste ad una diminuzione di 3 ordini di grandezza degli impatti associati allo Scenario 2, ciò è riconducibile all'immobilizzazione degli inquinanti in matrici cementizie il cui contributo si ripercuote marcatamente sul rilascio di percolato associato al conferimento in discarica soprattutto delle Fly ash.

3. L'Ecotossicità Terrestre per entrambi gli scenari è caratterizzata dal contributo a tale tematica da parte del Mercurio, l'inertizzazione dei residui garantisce una diminuzione degli impatti di un ordine di grandezza.

4. I contributi maggiori, nella categoria Ecotossicità sui Sedimenti, sono riconducibili in generale alla famiglia dei metalli pesanti presenti nelle emissioni in fase acquosa; l'apporto maggiore è caratterizzato dalle emissioni di Cadmio, Rame e Zinco, anche riguardo tale tematica lo Scenario 2 contribuisce ad una diminuzione degli impatti di circa 3 ordini di grandezza.

5. La riduzione degli impatti associata allo Scenario 2, nei confronti della Tossicità Umana è di circa di due ordini di grandezza inferiore, ciò grazie all'immobilizzazione di quelle specie inquinanti presenti in elevate concentrazioni nei residui quali Piombo, Rame e Zinco. Gli impatti associati al recupero dei residui in cementi di miscela nello Scenario 2 rappresentano il maggior contributo ma non sono trascurabili, visti gli ordini di grandezza, i flussi di inquinanti associati alla logistica di raccolta.

Questo studio costituisce sicuramente un modello di approccio innovativo, volto all'applicazione della metodologia LCA a tutti i sistemi di trattamento rifiuti in modo tale da avere una banca dati sufficientemente completa ed aggiornata che permetta di fare studi comparativi, al fine della definizione di Sistemi Integrati di Gestione Rifiuti (pericolosi e non) caratterizzati dalle migliori performance ambientali riassumibili nei seguenti target:

- Minimizzazione degli impatti ambientali;
- Riduzione del prelievo di risorse naturali;
- Valorizzazione in materia ed energia dei rifiuti;
- Affermare la metodologia LCA come strumento di supporto alla certificazione EMAS II per i sistemi produttivi e servizi.



BIBLIOGRAFIA

- ANPA, Osservatorio Nazionale sui Rifiuti, Primo Rapporto sui Rifiuti Speciali, Roma, 1999.
- AMIA - Università di Bologna, Rapporto Interno, 2002.
- Badino V., Baldo G.L., *Progetto Leonardo*, 1998.
- Morselli L.: *Prevention and valuable resources of waste. A new approach* - In: Chemistry and Environmental: Legislation, Methodologies and Application (Facchetti and Pitea), Netherlands, pp. 479-488, 1995.
- Riva A., Morselli L., Furini M.: *LCA and LCI for the management of Municipal Solid Waste (MSW)* - Annali di Chimica, 88 (1998) 915-924.
- Morselli L.: *LCI applied to municipal solid waste incinerator. A survey of the plant operating in the Emilia-Romagna region and correlation with national statistics* - Recycling '99 Congress Proceedings, I, 404-409, 1999.
- Morselli L., Masoni P., Luzi J., Passarini F., Mezzogori R.: *Processes for hazardous waste recycling and inertization* - ISWA 2002, Istanbul, Vol. 2, 257-262, 2002.
- Masoni P., Scimia E., Sacchetto F.: *Life Cycle Assessment (LCA) della filiera di raccolta, smaltimento e recupero degli RSU nella Provincia di Ravenna* - Rapporto finale, 1999

ad un primo trattamento di inertizzazione il cui scopo è quello di immobilizzare gli inquinanti ed in secondo luogo migliorare la compatibilità dell'aggregato con i materiali da costruzione; la struttura così ottenuta viene in seguito macinata in modo tale da renderla omogenea con la granulometria ottimale di un aggregato cementizio al fine di riutilizzarlo. Tale studio ha permesso di individuare quindi una via strategica da attuare per la gestione di tali residui; la possibilità di detossificare le scorie mediante separazione granulometrica garantisce di inviare al recupero unicamente la frazione a ridotto carico inquinante mentre la restante, caratterizzata da un elevato potenziale tossico, viene inviata alle operazioni di stabilizzazione; ciò comporta una netta diminuzione degli impatti sull'ambiente in quanto la maggior parte degli inquinanti verrà successivamente immobilizzata. Una volta definita la strategia gestionale è utile poter effettuare studi di tipo previsionale su scenari diversi, in particolare per quanto concerne l'oggetto dello studio risulta interessante poter confrontare due scenari caratterizzati da un differente fine vita; lo scopo è quello di determinare gli impatti associati alle due tipologie di trattamento ed in un secondo tempo valutare la bontà della strategia di gestione ipotizzata. Gli scenari che si è scelto di confrontare rappresentano le ipotesi:

- Scenario 1: Totale conferimento in discarica dei residui da incenerimento; in particolare le scorie vengono smaltite tal quale mentre le ceneri volanti sono sottoposte ad un trattamento di inertizzazione-stabilizzazione.

- Scenario 2: Recupero dei residui da incenerimento; in particolare si ipotizza una separazione granulometrica delle scorie al fine di inviare la frazione a granulometria fine, caratterizzata da elevato potenziale inquinante, ai trattamenti di stabilizzazione insieme alle polveri mentre la frazione a granulometria grossolana viene riciclata tal quale.

L'Unità funzionale prescelta è il trattamento di una tonnellata di residui da incenerimento costituiti dal 92% di scorie ed il restante 8% da fly ash. Lo studio comprende le operazioni ed i processi della logistica di raccolta; il ciclo di vita considerato inizia con il carico dei residui nella fossa di accumulo dell'impianto e finisce con le operazioni di trattamento e/o smaltimento finale dei residui prodotti dal processo di incenerimento. Il ciclo di vita considera anche le operazioni ed i processi legati alla produzione e all'approvvigionamento di sostanze ausiliarie, combustibili ed energia (figura 2).

RISULTATI E DISCUSSIONE

Una volta individuata la strategia gestionale, riguardo i Rifiuti Pericolosi ed il loro trattamento, la ricerca si è rivolta verso studi di compatibilità tra i rifiuti e la matrice cementizia in modo tale da scongiurare possibili interferenze che pregiudichino le prestazioni meccaniche del cemento; i risultati sono stati piuttosto positivi in quanto l'unico inconveniente che si verifica nell'aggiunta di rifiuti pericolosi (di origine inorganica) è stato un lieve allungamento dei tempi di presa. L'applicazione della metodologia Life Cycle Assessment al sistema considerato ha permesso di quantificare, mediante l'utilizzo di modelli software, i flussi di materia ed energia associati a due scenari limite, uno caratterizzato dal totale conferimento in discarica dei residui da incenerimento (Scenario 1) ed un secondo caratterizzato dal loro totale riciclo

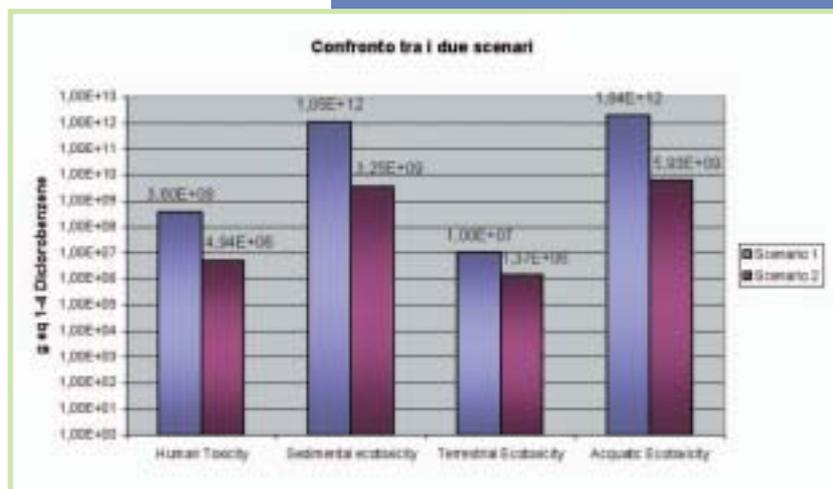


Figura 3
Confronto degli
impatti dei due
scenari.

Tabella 2
Distribuzione
granulometrica delle scorie
Determinazione analitica
dei metalli nelle frazioni
più fini della scoria e
nell'intera scoria.

Diametro		% del campione seccato		Peso della frazione (Kg)		
d > 16 mm	E	29.1		3.83		
9,5<d < 16 mm		13.7		1.80		
4<d < 9,5 mm	D	20.4		2.68		
2<d < 4 mm	C	13.2		1.74		
1<d < 2 mm	B	8.0		1.05		
d < 1 mm	A	15.6		2.05		
Parametro						
Unità						
(d<1 mm) A						
(1<d<2 mm) B						
(2<d<4 mm) C						
(4<d<9,5 mm) D						
(4<d<9,5 mm) E Intera Scoria						
As	ppm	9.0	11.0	33.0	45.0	18.1
Cd	ppm	16.0	10.0	6.0	5.0	5.3
Cr tot	ppm	480	342	301	412	87
Cu	ppm	1480	3423	1613	2064	1410
Hg	ppm	5.0	5.0	5.0	5.0	1.5
Mn	ppm	960	897	748	740	-
Ni	ppm	200	157	121	194	-
Pb	ppm	2890	4956	2421	2039	2152
Sb	ppm	208	268	140	106	-