

Tra gli altri, analizzati anche gli impianti di trattamento meccanico-biologico

PCB, stoccaggio, incenerimento e oli: le migliori tecniche disponibili

di Valeria Frittelloni e Andrea Massimiliano Lanz, APAT - Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici

Tra i temi affrontati dal D.M. 29 gennaio 2007, recante «Emanazione di linee guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili in materia di gestione dei rifiuti, per le attività elencate nell'allegato I del decreto legislativo 18 febbraio 2005, n. 59», ci sono anche le attività di trattamento per la decontaminazione dei trasformatori, dei condensatori, degli apparati contenenti PCB e dei rifiuti contenenti PCB, gli impianti di incenerimento, la rigenerazione degli oli usati, gli impianti di trattamento chimico-fisico dei rifiuti solidi e di trattamento meccanico-biologico.

La linea guida sul trattamento dei PCB, degli apparati e dei rifiuti contenenti PCB e sugli impianti di stoccaggio fa riferimento al BRef comunitario "Reference Document on Best Available Techniques for Waste Treatments Industries", formalmente adottato ad agosto 2005, dopo una elaborazione durata 3 anni.

Lo specifico settore a cui si riferisce il documento include tutte le attività di trattamento per la decontaminazione dei trasformatori, dei condensatori, degli apparati contenenti PCB e dei rifiuti contenenti PCB. Sono definiti «apparecchi contenenti PCB» tutti quelli che contengono o sono serviti a contenere PCB e che non sono stati decontaminati; i PCB sono:

- policlorobifenili;
- policlorotriphenili;
- monometiltetraclorodifenilmetano;
- monometildiclorodifenilmetano;
- monometiltetrabromodifenilmetano;
- ogni miscela che presenti una concentrazione complessiva delle suddette sostanze superiore allo 0,005% in peso.

Le tecnologie descritte si riferiscono allo stoccaggio, alla decontaminazione dei PCB, degli apparati e dei rifiuti contenenti PCB. Le diverse tecniche, altamente specifiche, portano a risultati diversi nella produzione finale di rifiuti e nel recupero finale degli apparati che avevano contenuto PCB prima della decontaminazione. La scelta della tecnologia da utilizzare dipende, quindi, anche da considerazioni iniziali del detentore dell'apparecchio contenente PCB che deve

disfarsi dell'apparecchio stesso o vuole continuare ad utilizzarlo nella sua precipua funzione.

L'individuazione delle BAT, pertanto, si basa anche su valutazioni di carattere tecnico-economico, quali:

- la vetustà dell'apparecchio;
- il suo valore economico;
- le sue condizioni operative e di buon funzionamento.

La loro applicabilità, inoltre, non può risultare di carattere generale, essendo fortemente influenzata dalla tipologia di rifiuti trattati e, soprattutto, dalle condizioni locali nelle quali lo specifico impianto è o dovrà essere installato.

A questo riguardo, di particolare rilevanza risulta essere l'aspetto relativo all'analisi costi-benefici delle BAT individuate, che assume un significato molto ampio che deve includere i costi e i benefici sia per gli operatori che per la collettività.

La fattibilità economica sia in sede di definizione che di valutazione deve essere effettuata caso per caso, in quanto non può prescindere da fattori locali (ambientali, gestionali, territoriali, economici e sociali) riguardanti sia l'azienda (ad esempio: dimensioni ed età dell'impianto) sia la presenza o meno sul territorio interessato di servizi, infrastrutture o problematiche particolari che possono influenzare in maniera notevole la quantificazione di oneri e benefici (di tutti) e quindi, in ultima analisi, le scelte di carattere tecnico-gestionale dell'azienda stessa.

Lo spirito della linea guida, pertanto, è teso, più che all'individuazione di tecnologie specifiche, a for-

TABELLA 1

Matrice decisionale per diverse tecniche disponibili

Tecniche	Sicurezza funzionale	Sicurezza ambientale	Sicurezza lavoratori	Ecobilancio ed emissioni	Rapporto globale costo/beneficio
Refilling	***	**	***	*	**
Sodio, litio e derivati	*	*	*	**	*
KPEG	**	***	***	**	**
Continuo a ciclo chiuso (CDP)	***	***	***	****	****

**** = ottimo *** = buono; ** = medio; * = critico

nire indicazioni di carattere generale, che dovranno essere oggetto di verifica quantitativa di dettaglio a livello di singolo impianto, inserito in una specifica realtà locale.

Nella LG vengono esaminate le tecnologie di decontaminazione e quelle di stoccaggio e movimentazione dei rifiuti. Va rilevato che, per quanto riguarda le tecniche di decontaminazione di trasformatori, di apparecchiature elettriche e di liquidi isolanti contaminati da PCB, il documento fa riferimento alle direttive europee, alle leggi nazionali e alle norme tecniche di riferimento (IEC, CEN, CENELEC, CEI) con particolare riguardo alla norma CEI 10-38 (edizione 2002) «Guida tecnica per l'inventario, il controllo, la gestione, la decontaminazione e/o lo smaltimento di apparecchiature elettriche e liquidi isolanti contenenti PCB». Il BRef europeo, infatti tratta molto marginalmente le tecnologie di decontaminazione dal PCB, mentre approfondisce le tecniche di stoccaggio dei rifiuti. L'approccio metodologico generale cui fanno riferimento le tecnologie di decontaminazione individuate nella LG soddisfa i seguenti requisiti:

- la riduzione del rischio per i lavoratori, per la salute pubblica e per l'ambiente, derivante da anomalie o guasti degli apparecchi che possono originare incendio o perdita di prodotti pericolosi e persistenti;
- l'applicazione a "regola d'arte"

delle migliori tecniche e metodologie di sicurezza disponibili, privilegiando criteri di prossimità, autosufficienza e recupero funzionale;

- la fattibilità tecnica ed economica delle attività suggerite o imposte dalla normativa e dalla legislazione vigente, nel tempo previsto.

Una prima classificazione delle tecnologie e processi di decontaminazione utilizzati per apparecchi contenenti liquidi isolanti contaminati da PCB può essere effettuata in base alla capacità o meno di recupero funzionale del liquido isolante e permette di distinguere tra:

- sostituzione del liquido isolante contaminato (*refilling* o *retrofilling*) con altri non contaminati, aventi equivalenti o migliori caratteristiche funzionali e ambientali e successivo trasporto e smaltimento del PCB;
- decontaminazione mediante deaerazione chimica mirata alla detossificazione dei composti pericolosi e persistenti e al recupero funzionale del liquido isolante e dell'apparecchiatura.

Un'ulteriore classificazione delle tecnologie di decontaminazione viene effettuata in base alla modalità operativa di circolazione e/o produzione nel processo:

- **processi a ciclo aperto**, che prevedono lo svuotamento degli apparecchi e la manipolazione e trasferimento del liquido contenete PCB in altri contenitori per il trattamento o lo smaltimento;

- **processi a ciclo chiuso**, operanti senza svuotamento dell'apparecchio, mediante collegamento diretto dell'apparecchiatura utilizzata per la decontaminazione all'apparecchio contenente il PCB;

- **processi discontinui (batch)**, nei quali volumi costanti (lotti) del liquido contenente PCB vengono svuotati dall'apparecchio e sottoposti a una serie di processi chimici o fisici non contemporanei, ma che avvengono in fasi successive, ben distinte tra loro;
- **processi continui per circolazione**, nei quali il liquido contenente PCB viene sottoposto a una serie di processi chimici e fisici contemporanei mediante circolazione attraverso l'apparecchio di decontaminazione. Questa condizione non prevede lo svuotamento, neanche parziale, dell'apparecchio e/o l'utilizzo di serbatoi esterni con funzione di compensazione e capacità aggiuntive di liquidi isolanti esterni.

A seconda che le tecnologie vengano utilizzate "in situ" o presso centri specializzati è possibile classificarle in tre categorie:

- **interventi in centro attrezzato (off site)** che prevedono lo smontaggio e il trasporto dell'apparato e del liquido isolante in esso contenuto;
- **interventi sul posto (on site)** con messa "fuori servizio" dell'apparato;
- **interventi sul posto (on site)** con mantenimento "in servizio" dell'apparato.

L'individuazione delle migliori

TABELLA 2

Condizioni operative dei trattamenti termici di rifiuti

	Incenerimento	Gassificazione	Pirolisi
Temperatura operativa (°C)	850-1.450	500-1.600	250-700
Pressione (bar)	1	1-45	1
Atmosfera con presenza di:	Aria	Aria, O ₂ , H ₂ O	Inerte/ N ₂
Rapporto stechiometrico	> 1	< 1	0
Prodotti del trattamento:			
Gassosi	CO ₂ , H ₂ O, O ₂ , N ₂	H ₂ , CO, CO ₂ , CH ₄ , H ₂ O, (N ₂)	H ₂ , CO, idrocarburi, H ₂ O, (N ₂)
Liquidi	--	--	"Tar", soluzione acquosa
Solidi	Scorie e ceneri, carbonio incombusto	Vetrificato (alta T) Scorie e ceneri (medio-bassa T)	Scorie e ceneri "Char"

tecniche e/o modalità operative deve essere effettuata in funzione delle caratteristiche dell'apparecchiatura e delle esigenze di continuità del servizio. In generale, sono da privilegiare le tecniche in grado di operare "on site" con l'apparecchio in funzione (per gli apparati elettrici, sotto tensione e sotto carico). Questa tecnica, peraltro, evita i rischi e i costi connessi alle operazioni di disinstallazione e trasporto.

Indipendentemente dalla tecnologia utilizzata e dalle modalità operative impiegate, l'espletamento di un intervento di decontaminazione deve prevedere:

- definizione dei requisiti di continuità di esercizio, delle condizioni operative, dei rischi e delle condizioni di sicurezza, delle competenze e dei tempi di attuazione;
- verifiche analitiche preliminari e valutazione del degrado funzionale del liquido isolante e dell'apparecchiatura;
- trasporto, installazione e predisposizione degli impianti e dei materiali necessari per realizzare l'intervento;
- operazioni di decontaminazione secondo le tecniche e modalità scelte, eseguite a cura di imprese autorizzate e personale qualificato in possesso di specifica formazione e addestramento;
- verifiche analitiche finali e controlli degli esiti dell'intervento, ripe-

tute a distanza di un congruo periodo di tempo dalla data di decontaminazione;

- riclassificazione "NO PCB" degli apparecchi in conformità alla norme e specifiche richieste;
- smaltimento dei rifiuti prodotti durante le operazioni del ciclo.

La scelta delle BAT è fortemente influenzata dallo scenario operativo e da fattori economici e funzionali legati all'apparecchiatura o al lotto di apparecchiature interessate dal processo. In particolare, il valore economico e funzionale delle apparecchiature influenza l'opportunità o meno di movimentarle, nel caso si vogliano mantenere in esercizio dopo l'intervento. Vanno poi considerati i fattori legati alla logistica, alla accessibilità, alla distanza che condizionano l'intervento per il trattamento.

Un altro fattore chiave per l'individuazione delle BAT per la decontaminazione da PCB di apparecchiature elettriche è l'obiettivo che si vuole raggiungere, che può essere diverso a seconda dei casi. Infatti, mentre per i trasformatori e le apparecchiature elettriche in esercizio l'attività di decontaminazione può mirare a ridurre la concentrazione di PCB al di sotto della soglia di 50 mg/kg, questo limite scende a 25 mg/kg di PCB quando l'apparecchio giunge a fine vita operativa per soddisfare le normative in

materia di trattamento dei rifiuti.

In genere, è auspicabile che tutti gli interventi di decontaminazione si pongano come obiettivo la soglia di 25 mg/kg. Il processo può risultare più o meno critico a seconda delle condizioni iniziali di contaminazione da PCB dell'apparecchiatura elettrica.

Una valutazione comparativa tra le diverse tecnologie disponibili per la decontaminazione da PCB viene proposta nella LG sulla base dei seguenti fattori:

- sicurezza dei lavoratori;
- sicurezza ambientale;
- sicurezza funzionale;
- ecobilancio ed emissioni;
- rapporto costo/beneficio.

Sulla base di quanto esposto nella linea guida e in relazione ai diversi scenari operativi analizzati, vengono individuate come BAT:

- per trasformatori o apparecchiature "in esercizio" contaminate da PCB: la dealogenazione in continuo a circuito chiuso;
- per trasformatori o apparecchiature elettriche contaminate da PCB "a fine vita": la dealogenazione in continuo a circuito chiuso o processi chimici (KPEG o al sodio, litio e derivati) utilizzati in centri fissi attrezzati;
- per trasformatori o apparecchiature elettriche "in esercizio" isolate in PCB: sostituzione dell'olio (refilling)

integrata dalla successiva dealogenazione in continuo a circuito chiuso. Questa opzione deve essere attentamente preventivamente valutata in termini di un accurato progetto di fattibilità con analisi costi/benefici;

- per trasformatori o apparecchiature elettriche "a fine vita" isolate in PCB: decontaminazione con integrazione di processi di recupero dei materiali solidi costituenti la macchina.

Nella linea guida sono state individuate e descritte anche eventuali tecniche alternative ai trattamenti più diffusi e tecniche di concezione più recente a cui è dedicato l'apposito Capitolo F, con la definizione, ove possibile, dei range prestazionali di queste tecnologie.

Impianti di incenerimento

La linea guida fa riferimento al BRef comunitario «Reference Document on Best Available Techniques for Waste Incineration», formalmente adottato ad agosto 2006.

Con il termine "incenerimento"

viene identificato un processo di ossidazione di sostanze organiche, il cui scopo principale è quello di convertire sostanze pericolose o perché putrescibili e potenzialmente patogene (è il caso dei RU) o perché presentano caratteristiche di nocività (è il caso di alcuni rifiuti speciali di origine industriale) in composti gassosi (acqua, anidride carbonica) e in residui solidi praticamente inerti ("ceneri").

L'incenerimento è, dunque, una tecnica di smaltimento dei rifiuti finalizzata alla distruzione della frazione organica, con conseguenti notevoli riduzioni in massa e volume dei rifiuti stessi. La sua efficacia è misurata in termini di distruzione e rimozione delle sostanze inquinanti anche se questa definizione andrebbe applicata, a rigore, al solo incenerimento dei rifiuti pericolosi per i quali vale appieno il termine «termodistruzione». Per i RU e per alcune tipologie di rifiuti speciali, invece, l'incenerimento ha come funzione principa-

le la drastica riduzione del volume, di norma combinata con il recupero energetico (sotto forma di energia elettrica e/o termica) del contenuto entalpico dei fumi di combustione.

Va rilevato che il termine incenerimento viene di norma identificato con la combustione diretta dei rifiuti anche se, in accordo a quanto enunciato all'art. 3, direttiva 2000/76/CE, in questa accezione sono inclusi anche «altri procedimenti di trattamento termico quali, ad esempio, la pirolisi, la gassificazione e i procedimenti del plasma, sempre che le sostanze risultanti dal trattamento termico siano successivamente incenerite». Ciò significa che anche gli impianti basati su processi termici operanti in condizioni parzialmente ossidative (gassificazione) o in atmosfera inerte (pirolisi), vengono equiparati alla combustione diretta dei rifiuti dal punto di vista normativo se i prodotti

TABELLA 3

Quadro sintetico delle tecnologie di incenerimento di rifiuti

Tecnologia forno	Tipologia rifiuto					
	RU	CDR/ Speciali	Fanghi	Rifiuti sanitari	Industria chimica	Scarti animali
A griglia mobile	+	+/-	+/(1)	+	--	--
A tamburo rotante	+	+	+	+	+	+
A letto fluido	+/-	+	+	+/-	+/-	+/-
A griglia fissa	+	--	-	+	--	--
Statici	--	--	-	+	--	+
A raggi infrarossi	--	+/-	-	+/-	+/-	--
A camera statica (per liquidi e/o gas)	--	--	-	--	+	--
A piani multipli	+/-	--	+	--	+/-	--
Semi-pirolitico	+/-	+/-	--	+/-	--	--
Combustore ciclonico	--	+/-	--	--	+/-	--
Gasificazione	--	+	+/-	+/-	+/-	+/-
Pirolisi	+/-	+	+/-	--	+/-	--
Trattamenti all'arco-plasma	+/-	+	+/-	+/-	+/-	--

(1) In co-incenerimento con i RU che costituiscono il rifiuto principale trattato.

Legenda:

+ = idoneo; +/- = idoneo con limitazioni; -- = non idoneo.