

# Piano gestione Rifiuti Urbani

## nella Provincia di Savona.

*Scenari possibili e impatti ambientali a confronto.*

*Federico Valerio*

### Introduzione

Tutti gli oggetti di uso comune, gli imballaggi, gli scarti di cibo, giunti alla fine della loro “vita”, nell’attuale organizzazione, sono smaltiti come rifiuti.

Le più aggiornate normative nazionali ed europee prevedono, invece, una loro gestione, in cui in termini quantitativi, tra le diverse scelte adottate, deve prevalere il riuso e il riciclaggio della materia.

In quest’ottica, gli “scarti” urbani sono materiali ad alto valore aggiunto, rispetto alle materie vergini usate per la loro produzione, i quali opportunamente separati alla fonte, possono avere una nuova vita utile con il loro riuso e/o riciclaggio.

Per tutti i materiali che non si sono potuti raccogliere in modo differenziato e che non è conveniente o igienico riciclare, sono disponibili altre scelte, finalizzate a ridurre gli eventuali rischi ambientali, con possibilità di recupero energetico e di stoccaggio in appositi spazi.

Tutti gli scenari di gestione dei RU hanno diversi impatti ambientali. Una parte di questi impatti sarà l’oggetto di questa nostra relazione.

In particolare saranno analizzati e messi a confronto:

- Emissioni annuali in atmosfera dei principali inquinanti
- Volumi occupati per lo stoccaggio finale dei residui inerti
- Emissione gas serra
- Bilanci energetici

Pertanto, questa relazione non è una analisi esaustiva del ciclo di vita dei rifiuti ma, volutamente è una valutazione d’impatto semplificata.

### **Riduzione alla fonte**

Un particolare capitolo (*allegato 5*) sarà dedicato agli effetti ambientali, in termini di inquinamento evitato, conseguente alle scelte individuali e collettive finalizzate ad evitare, fin dalla sua origine, la produzione di “rifiuti”.

Anche se risultati significativi di riduzione si potranno ottenere a seguito di scelte nazionali, quali ad esempio introduzione obbligatoria del “vuoto a rendere” per imballaggi per bevande, come pure per batterie di cellulari e lampadine a fluorescenza, a causa del loro contenuto di metalli potenzialmente pericolosi, iniziative di “prevenzione”, possono essere adottate in tempi brevi anche su scala provinciale, in base a scelte volontarie e concordate.

Un esempio di questa scelta di riduzione è la promozione del compostaggio domestico, previsto dalla revisione del Piano di Gestione dei RU della Provincia di Savona (*Allegato 5*).

### **Fonti bibliografiche**

Le informazioni su cui si basa questa relazione sono in prevalenza tratte da documenti ufficiali della Unione Europea e da studi pubblicati su riviste scientifiche.

La loro reperibilità su Internet, laddove possibile, renderà più facile l'approfondimento, qualora ritenuto necessario.

Studi e relazioni ritenute interessanti sono allegati in apposito CD.

Per l'approfondimento di specifiche tematiche, utili per stimare l'impatto ambientale dei Piani di Gestione RU messi a confronto si rimanda ai **sette allegati**, che sono parte integrale di questa relazione.

### **Stima degli impatti ambientali.**

In considerazione dei limiti dell'incarico affidatoci, le stime degli impatti ambientali si baseranno, come già accennato, su di una procedura semplificata.

Per ciascuno degli scenari di gestione messi a confronto sarà valutato, in base ai dati di letteratura:

- flusso di massa dei principali inquinanti dell'aria
- flusso di massa di gas con effetto "serra"
- volumi necessari per lo stoccaggio di eventuali frazioni residuali

Nel caso di trattamenti biologici, negli allegati, sono riportate valutazioni sui possibili rischi di esposizione a micro-organismi patogeni.

Le stime degli impatti saranno distinte tra

- scala locale
- scala globale

Le stime su scala locale (Provincia di Savona) riguarderanno le emissioni in atmosfera impattanti sul territorio savonese, in particolare quelle prodotte nella fase di movimentazione dei RU (raccolta e trasporto ai siti di trattamento e/o stoccaggio) e le emissioni prodotte dai trattamenti finali che si prevede possano essere realizzati sul territorio savonese.

Su scala locale saranno anche effettuate stime sui volumi di discarica annualmente necessari, in base agli scenari scelti.

Le stime su scala globale faranno riferimento ai bilanci delle emissioni di gas serra prodotti sia nelle fasi di trattamento dei RU, come pure nelle fasi della loro originaria produzione.

Analogamente saranno fatte su scala globale le stime dei **bilanci energetici**.

Nella parte conclusiva sarà stimato l'impatto ambientale complessivo per ognuno degli scenari proposti nella revisione del Piano per la Gestione dei RU della Provincia di Savona.

### ***Riciclaggio o incenerimento? Come fare confronti corretti.***

Il mandato a noi assegnato richiede di dare risposte alla seguente domanda formulataci dall'amministrazione provinciale savonese:

**quale, tra le scelte possibili, è quella che garantisce una minore emissione nell'ambiente di sostanze tossiche.**

Ovviamente, affinché questo confronto sia corretto, i parametri di riferimento devono essere tra loro omogenei.

A questo riguardo, molte delle referenze che citeremo confrontano i diversi scenari possibili in base ad analisi di "Ciclo di vita" dei materiali e dei prodotti.

In sintesi, queste analisi non si limitano alla sola fase finale dello smaltimento, ad esempio valutando le emissioni prodotte dalla messa a discarica o dall'incenerimento, ma analizzano gli effetti sull'intero ciclo di vita del prodotto "smaltito" ed in particolare gli effetti globalmente indotti dalla tecnologia scelta per la chiusura del ciclo del prodotto.

Ad esempio, se un determinato scarto (un giornale o una bottiglia di plastica) viene termovalorizzato, ovvero usato come combustibile in un impianto termoelettrico, il corrispondente bilancio ambientale tiene correttamente conto (in positivo) dell'inquinamento evitato, ovvero l'inquinamento indotto per produrre la stessa quantità di energia elettrica con l'uso di una fonte energetica convenzionale ( petrolio, carbone).

Tuttavia, se quel giornale o quella bottiglia di plastica erano nelle condizioni di poter essere riciclati, nel bilancio ambientale si deve anche mettere in conto (in negativo) che la termodistruzione di quel determinato oggetto in carta o in plastica riciclabile, obbliga a produrre quello stesso oggetto, che ovviamente continua ad essere richiesto dal mercato, a partire dalle materie prime vergini.

Ciò comporta, l'estrazione, il trasporto e la lavorazione di queste materie prime, fino alla produzione di nuova carta da giornale o di una nuova bottiglia in plastica usa e getta. E ovviamente questo nuovo ciclo produttivo obbligato, richiede consumi di energia e provoca l'emissioni di inquinanti nell'ambiente.

Dal canto suo, il bilancio ambientale di una scelta basata sul riciclaggio di un determinato RU (lo stesso giornale e la stessa bottiglia dell'esempio precedente) deve contare ( in passivo) gli effetti ambientali ed energetici del trasporto e del riciclo, ma deve altresì tener conto, come in precedenza evidenziato, dell'evitata estrazione e lavorazione delle materie prime, conseguenza della scelta di dare nuova vita a quel giornale e a quella bottiglia, riutilizzando carta e plastica "usata"..

## Fattori di emissione

### **Fattori di emissioni per la movimentazione dei RU**

La stima delle emissioni di inquinanti atmosferici attribuibili alla movimentazione dei RU e loro residui, dopo le necessarie lavorazioni, sarà effettuata ipotizzando che tale movimentazione avvenga con veicoli diesel con portata compresa tra 3,5 -7,5 tonnellate, operanti a pieno carico: 7 tonnellate.

I fattori di emissione per chilometro percorso e tonnellata trasportata, sono quelli calcolati con la **procedura CORINAIR** per il parco autoveicolare italiano, con riferimento a veicoli che rispettano la normativa **91/542/EEC Stage II, circolanti prevalentemente su percorsi urbani**.

Le emissioni di diossina, espressi come nanogrammi di diossine e furani a tossicità equivalente, fanno riferimento alle emissioni stimate per un motore diesel per automezzi pesanti, con un lungo chilometraggio (K.Brian, 2002).

Nella Tabella I sono riportate le emissioni a chilometro percorso, per ogni tonnellata di RU trasportati, ipotizzando che ogni camion viaggi con un carico di 7 tonnellate. Tutti i fattori riportati sono espressi in grammi, tranne le diossine, espresse in nanogrammi (ng).

**TABELLA I: Fattori di emissioni per camion Diesel (3,5 -7,5 t) su percorsi urbani**

Inquinanti	Fattore di emissione (grammi/chilometro)	Fattore di emissione (grammi/km.t)
Ossidi di azoto	2,24	0,32
Ossido di carbonio	1,7	0,24
Composti organici volatili non metanici	1,7	0,24
Particolato	0,28	0,04
Anidride carbonica	413,5	59
<i>PCDD/F nanogrammi TEQ*</i>	<i>ng 0,023</i>	<i>ng 0,0033</i>

*\*B.K Gullett. Environ. Sci.Technol. 2002, 36, 3036-3040*

### **Stima delle distanze percorse**

Nel modello semplificato per la stima dell'impatto ambientale dei due principali scenari per la gestione dei RU savonesi, si è ipotizzata per ciascun scenario la realizzazione di un unico impianto di ossidazione (chimica e biologica), baricentrico alla provincia di Savona.

Nello scenario che abbiamo definito "TERMOVALORIZZAZIONE" questo impianto è un termovalorizzatore con produzione di energia elettrica.

Nello scenario definito "BIOSTABILIZZAZIONE" il trattamento finale avviene in un impianto meccanico biologico, finalizzato alla stabilizzazione dei RU indifferenziati.

Il percorso medio complessivo di ciascun mezzo di trasporto per la raccolta e il trasferimento a ciascuno impianto di trattamento ossidativo è stato stimato pari a **40 chilometri**. Questo valore è lo stesso desunto dal piano rifiuti savonese in vigore.

Per la raccolta e il conferimento alle isole ecologiche dei materiali raccolti in modo differenziato e il successivo invio alle aziende che provvedono al riciclo, ipotizzate fuori regione, è stato stimato un percorso medio a pieno carico, pari a **60 chilometri**.

Nel piano in vigore il percorso era stimato di 35 chilometri, probabilmente senza considerare il successivo trasporto agli impianti di riciclaggio veri e propri (cartiere, acciaierie, confezionamento terriccio per orticoltura...).

Per il trasporto a discarica di residui di lavorazione (ceneri, bio-stabilizzato, scarti di riciclo e compostaggio, spazzatura strade), si è ipotizzato un percorso medio di **30 chilometri**.

### ***Fattori di emissioni dei trattamenti finali dei RU***

In uno studio pubblicato nel 2003, il Dipartimento per l'Ambiente, l'Alimentazione e gli Affari Rurali del Regno Unito (*Department for Environment, Food and Rural Affaire- DEFRA*) ha realizzato una rassegna dei principali sistemi di trattamento dei RU e delle loro emissioni nell'ambiente

(<http://www.defra.gov.uk/Environment/waste/research/health/pdf/health-report2.pdf>).

Le migliori stime dei fattori di emissione di inquinanti dell'aria riportate in questa pubblicazione, con riferimento a trattamenti meccanico biologici, e incenerimento, sono riportate nella Tabella II.

I valori con asterisco, non presenti nello studio inglese, oppure considerati più congrui di quelli forniti da DEFRA, sono stati desunti da fonti diverse da queste ed esplicitati nella nota.

I fattori di emissione riportati nella Tabella II sono stati utilizzati per calcolare i bilanci di massa dell'inquinamento atmosferico emesso annualmente sul territorio savonese, in base agli scenari di gestione dei RU messi a confronto.

**TABELLA II:**  
**Fattori di emissione in atmosfera da diversi sistemi trattamento RU**  
*(grammi per tonnellata trattata)*

<b>Inquinanti</b>	<b>Meccanico-biologico</b>	<b>Incenerimento</b>
Ossidi di azoto	<b>72,3</b>	<b>577***</b>
Ossido di carbonio	<b>72,3</b>	<b>132*</b>
Anidride solforosa	<b>28</b>	<b>42</b>
Polveri	<b>4,7**</b>	<b>38</b>
Composti organici	<b>36</b>	<b>8</b>
Acido cloridrico	<b>1,2</b>	<b>58</b>
Ammoniaca	<b>120</b>	<b>73^</b>
<i>PCDD/F ng/TEQ</i>	<b>40</b>	<b>400</b>

\* inceneritore Copenhagen

\*\* da Green Peace

\*\*\* valore garantito inceneritore Trento

^ inceneritore Brescia

E' necessario precisare che nella stima dei fattori di emissione elaborati da DEFRA, la presenza di ossidi di azoto, ossido di carbonio, anidride solforosa, acido cloridrico e PCDD/F nelle emissioni di un impianto per il trattamento meccanico biologico dei RU è dovuta a specifici trattamenti di ossidazione termica degli effluenti, al fine di termodistruggere eventuali composti organici odoriferi.

Questo sistema di trattamento aria, previsto dalla normativa tedesca, non è comunque obbligatorio in Italia e il rispetto dei limiti di emissioni di COV si può ottenere anche con biofiltri posizionati a valle di impianti di depolverizzazione.

Con i biofiltri, le emissioni di NO<sub>x</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, HCl, PCDD/F da impianti MBT sono assenti (allegato 2 e 3), in quanto questi composti non si formano durante la bioossidazione che avviene a temperature molto basse (< 80°C) .

Pertanto, i fattori di emissione utilizzati nella Tabella II, sono da considerarsi come lo scenario peggiore (worst case) per gli impianti MBT.

Per quanto riguarda i fattori di emissione degli inceneritori riportati nella Tabella II, i valori di fonte DEFRA sono le migliori stime (ossia, le più attendibili) derivanti da misure effettuate su 11 termovalorizzatori inglesi, nel corso del 2000 e del 2001. Questi impianti hanno sistemi di trattamento fumi tra di loro simili, nella maggior parte dei casi è previsto il lavaggio fumi a secco o a umido e filtri a manica; in due impianti avviene anche l'iniezione di carbone attivo.

Dai dati riportati nella Tabella II emerge con chiarezza che i trattamenti meccanico biologici, anche con un trattamento di ossidazione termica dell'aria, garantiscono un minor impatto ambientale rispetto all'incenerimento, ad esclusione dell'ammoniaca e dei composti organici volatili.

Anche per quanto riguarda le emissioni di diossine e furani, le migliori prestazioni appaiono essere quelle del trattamento meccanico biologico.

L'esame delle più recenti misure di diossine effettuate sulle emissioni dell'inceneritore di Brescia permettono di stimare, per quest'impianto un fattore di emissione di 40 ng di PCDD/F a tonnellata di materiali inceneriti. Un valore quindi, dieci volte inferiore a quello indicato nella Tabella II e comunque identico a quello attribuito ai sistemi Meccanico-Biologici dalla DEFRA.

Per un'esame più dettagliato delle emissioni di Diossine da questi due sistemi di ossidazione dei RU si rinvia *all'allegato 3*, in cui le misure sperimentali effettuate su impianti italiani di bio-ossidazione con trattamento aria a bio-filtri hanno dimostrato una emissione di PCDD/F trascurabile, nettamente inferiore alle emissioni misurate sperimentalmente in inceneritori italiani, compreso quello di Brescia.

Comunque, è opportuno notare che in base alle norme di legge, le misure di diossine effettuate negli inceneritori, si limitano a poche misure nell'arco dell'anno, ciascuna della durata di solo otto ore (tre campionamenti all'anno, nell'inceneritore di Brescia).

Ci permettiamo di dubitare della rappresentatività di queste poche misure rispetto al vero valore medio su base annuale di una emissione continua come quella di un termovalorizzatore che utilizza "combustibili" che, per loro natura cambiano continuamente composizione. Inoltre, queste misure sicuramente non sono effettuate durante le fasi transitorie (accensione e spegnimento) che, inevitabilmente, producono emissioni di inquinanti persistenti in quantità notevolmente più elevate dei valori medi prodotti durante il normale funzionamento.

Queste emissioni, pur se di breve durata, possono contribuire in modo significativo sulla quantità di composti persistenti annualmente emessi da questo tipo di impianto.

Il fattore di emissione di ammoniaca da parte di un inceneritore, riportato nella Tabella II, fa riferimento alla specifica situazione impiantistica in cui l'ammoniaca è utilizzata per abbattere gli ossidi di azoto nella camera di post-combustione. Questa tecnica è, ad esempio, utilizzata nell'inceneritore di Brescia. Il fattore di emissione di ammoniaca negli impianti di termovalorizzazione, riportato in Tabella II, fa riferimento al valore medio di ammoniaca misurata nei fumi dell'inceneritore di Brescia, nel 2002 e nel 2003.

Per verificare l'attendibilità dei fattori di emissione riportati nella Tabella II, tali valori sono stati confrontati con misure effettuate in impianti reali e con stime da altre fonti.

Nella Tabella III sono messi a confronto i fattori indicati dal DEFRA per gli inceneritori, con i valori garantiti per il costruendo termovalorizzatore di Trento, un impianto da 240.000 tonnellate all'anno e i corrispondenti valori ottenuti da reali misure negli effluenti gassosi dell'inceneritore di Copenhagen, durante un intero anno di esercizio (1993) in cui sono stati termovalorizzati 330.000 tonnellate di RU.

Il termovalorizzatore di Trento è stato scelto a modello in quanto la sua capacità non è molto diversa da quella prevista per Savona e la sua recente progettazione fa presupporre l'adozione delle più aggiornate tecnologie di trattamento fumi. A conferma di ciò, questo impianto sarà dotato di quattro stadi di depurazione: elettrofiltro, filtro a maniche, torre di lavaggio, catalizzatore Denox.

**TABELLA III: Fattori di emissioni per l'incenerimento di RU**

Inquinante	Fattore di emissione (grammi/tonnellata RU)		
	DEFRA	Inceneritore Trento	Inceneritore Copenhagen
Ossidi di azoto	<b>1600</b>	577	2.154
Ossido di carbonio		412	132
Composti organici	<b>8</b>	41,2	11,4
Particolato	<b>38</b>	41,2	34
Acido cloridrico	<b>58</b>	41,2	12
<i>PCDD/F (TEQ)</i>	<i>400 ng</i>	<i>410. ng</i>	nd

Come si può vedere da questa Tabella, la quantità di inquinanti per tonnellata di RU trattato, emessi in modo “garantito” dall’ impianto di Trento non sono molto diversi dai valori medi “misurati” nell’impianto di Copenhagen.

Questi ultimi sono molto ben confrontabili con le migliori stime effettuate da DEFRA.

La maggiore diversità si riscontra nelle emissioni attese di ossidi di azoto, molto più basse nel progetto dell’inceneritore di Trento, rispetto a quelle misurate a Copenhagen e stimate dal Dipartimento inglese. Questa differenza probabilmente è da attribuire all’effetto del **catalizzatore Denox**, specifico per ridurre gli ossidi di azoto che si prevede sarà installato sull’inceneritore di Trento.

Nelle nostre stime per gli ossidi di azoto abbiamo scelto il fattore di emissione previsto per l’inceneritore di Trento, in quanto nei più moderni termovalorizzatori l’uso di catalizzatori DENOX è molto frequente.

Come emerge dalla Tabella II, le principali emissioni di impianti di biostabilizzazione riguardano l’ammoniaca e i composti organici volatili.

Come già accennato, per rispettare i limiti previsti dalle normative tedesche per le emissioni di COV, negli impianti di bio-ossidazione sono stati proposti ed utilizzati diversi sistemi di abbattimento (*Allegato 2*) in particolare l’Ossidazione Termica Rigenerativa (prevista nelle normative tedesche) e i Bio-Filtri.

Ovviamente, l’Ossidazione Termica riduce drasticamente i COV, molto meglio dei biofiltri, ma è costosa e provoca la formazione dei tipici inquinanti da combustioni, comprese diossine e furani

A questo proposito, occorre sottolineare che i COV emessi da un impianto di bio-ossidazione sono in prevalenza terpeni, sostanze certamente presenti in contesti naturali (quali i boschi) e di limitato impatto, prevalentemente odorigeno

Al contrario, nelle emissioni da impianti di combustione dei rifiuti, i COV sono spesso composti tossici quali, ad esempio, il benzene che si può formare durante la combustione.

Pertanto, se l’Ossidazione Termica può essere giustificata per il trattamento delle emissioni di un termovalorizzatore non altrettanto giustificata appare per il trattamento delle emissioni di un biostabilizzatore

Il ruolo del trattamento termico degli effluenti gassosi nelle emissioni di un impianto MTB è confermato da uno studio, effettuato da *Eunomia Research & Consulting* e

dalla *TBU Environmental Engineering*, per conto di *Greenpeace Environmental Trust*.

Questo studio ha valutato la possibilità di un sistema Meccanico Biologico, integrato ad un sistema di riciclaggio spinto, di poter chiudere il ciclo dei RU, senza alcun trattamento termico.

Lo studio ha stimato le emissioni di un Impianto Meccanico Biologico, in cui l'aria della zona di stoccaggio e di pretrattamento, durante le ore di lavoro, è trattata con biofiltri, mentre l'aria proveniente dai trattamenti biologici (in questo caso sia di tipo aerobico che anaerobico) subisce un trattamento termico con recupero del calore (Regenerative Thermal Oxidation): entrambi i sistemi sono supportati da un prelavaggio acido per ridurre il carico di ammoniaca.

I fattori di emissione calcolati per questo impianto, dopo i trattamenti descritti, sono riportati in Tabella IV e confrontati con i valori proposti dal DEFRA.

**TABELLA IV: Fattori di emissione di impianti Meccanico Biologico**

Inquinante	Fattore di emissione (grammi/tonnellata RU)	
	<b>DEFRA</b>	<b>Green Peace</b>
Ammoniaca	<b>120</b>	65
Ossido di carbonio	<b>72,3</b>	56,7
Particolato	<b>n.d.</b>	4,7
Carbonio organico totale	<b>36</b>	34
Acido cloridrico	<b>1,2</b>	n.c.
Anidride solforosa	<b>28</b>	n.c.
Ossido di azoto	<b>72,3</b>	200
<i>PCDD/F (TEQ)</i>	<i>40 ng</i>	<i>13,5 ng</i>

n.c.: non calcolato

n.d: non disponibile

Come si può vedere, esiste un buon accordo tra queste due stime. Le migliori prestazioni dell'impianto presentato nello studio commissionato da **Green Peace** sono da attribuire agli specifici impianti di trattamento dell'aria previsti per questo impianto, mentre le stime **DEFRA** sono valori medi di diversi impianti di trattamento Meccanico Biologico, con diverse tecnologie di trattamento dell'aria.

Facciamo notare che per l'impianto di bio-stabilizzazione proposto da Green Peace non risulta riportata l'anidride solforosa e l'acido cloridrico, in quanto considerate non rilevanti in questo tipo di impianto.

### **Fattori di emissione gas serra.**

Nella Tabella V sono sintetizzati i fattori di emissione di gas serra che saranno utilizzati per confrontare i bilanci dell'impatto ambientale globale dei due scenari di gestione del RU.

I criteri di scelta di questi fattori sono illustrati nell'*allegato 6*.

**TABELLA V: Bilancio gas serra (kg CO<sub>2</sub> eq/ tonnellata RU trattati)**

Riciclo e compostaggio da raccolta differenziata	- 461
Bio stabilizzazione spinta e stoccaggio	- 403
Compostaggio domestico	- 58
Incenerimento RU indifferenziati con produzione elettricità	- 10
CDR in centrale a carbone	- 337
Discarica scarti a basso tenore di carbonio biodegradabile	42
Trasporto (kg/ton.km)	5,9

### **Fattori di emissione per la stima dell'impatto locale**

I fattori di emissione utilizzati per calcolare l'impatto ambientale locale dei due scenari proposti per la gestione dei RU savonesi sono quelli riportati nella Tabella II bis.

Dall'esame di questa Tabella emerge con chiarezza che, a parità di quantità di RU trattati, il Trattamento Meccanico Biologico, tranne che per l'ammoniaca e i VOC, produce emissioni nettamente inferiori all'incenerimento, in particolare per quanto riguarda gli ossidi di azoto, acido cloridrico e le diossine.

**TABELLA II bis: Fattori di emissione in atmosfera da Sistemi di Trattamento Meccanico Biologici e di Incenerimento**

<b>Inquinanti</b>	<i>grammi per tonnellata trattata</i>	
	<b>Meccanico-biologico</b>	<b>Incenerimento</b>
Ossidi di azoto	<b>72,3</b>	<b>577</b>
Ossido di carbonio	<b>72,3</b>	<b>132</b>
Anidride solforosa	<b>28</b>	<b>42</b>
Polveri	<b>4,7</b>	<b>38</b>
Composti organici	<b>36</b>	<b>8</b>
Acido cloridrico	<b>1,2</b>	<b>58</b>
Ammoniaca	<b>120</b>	<b>73</b>
<i>PCDD/F ng/TEQ</i>	<b>40</b>	<b>400</b>

## Gli scenari.

In questa nostra stima metteremo a confronto gli impatti ambientali di **due principali scenari** per la gestione dei RU nella Provincia di Savona, denominati rispettivamente:

- “**termovalorizzazione**”
- “**biostabilizzazione**”

Saranno brevemente esaminati anche altri due scenari:

- Termovalorizzazione con riciclaggio spinto (**termovalorizzazione BIS**)
- Uso del biostabilizzato come combustibile in centrale termoelettrica a carbone (**CDR**). La discussione di questo scenario è riportata nell'allegato 7.

Tutti i due gli scenari principali derivano i propri dati di dimensionamento dal “Piano Provinciale di gestione dei Rifiuti” realizzato dal settore Promozione e difesa ambientale della Provincia di Savona, presentato nel 2002.

Lo scenario denominato “**termovalorizzazione**” corrisponde esattamente al **Modello 3bis** (pag 50 del Piano Provinciale).

Lo scenario denominato “**biostabilizzazione**”, segue la falsariga del **Modello 2** (pag 48 del Piano Provinciale). In questo caso, la modifica più importante da noi apportata, è l'introduzione, rispetto all'originario Modello 2, di una politica di riduzione della produzione dei rifiuti alla fonte ed una raccolta differenziata più spinta.

Il fatto che i Modelli messi a confronto siano molto simili ai modelli originariamente proposti nel Piano Provinciale non è casuale: il Piano per la Gestione dei Rifiuti della Provincia di Savona del 2002 era stato condotto con grande rigore tecnico-scientifico.

## **Scenario TERMOVALORIZZAZIONE**

La Tabella VI sintetizza i flussi di massa di rifiuti urbani nelle singole fasi del loro trattamento previsti nel Piano di Gestione dei Rifiuti della Provincia.

Come già accennato, le quantità riportate sono quelle desunte dal **Modello 3 bis** che

- non prevede alcuna riduzione nella produzione di rifiuti urbani
- raccoglie in modo differenziato e ricicla il **35%** dei rifiuti prodotti
- incenerisce la restante quota.

A discarica vanno lo spazzamento stradale, gli scarti del riciclo e del compostaggio (pari al 18,3 % del materiale riciclato e compostato) e le ceneri prodotte dall'inceneritore.

**TABELLA VI: Bilancio di massa del Piano Rifiuti  
“TERMOVALORIZZAZIONE”**

	Tonnellate/anno
Prodotti e raccolti	<b>200.000</b>
Compostati	<b>24.500</b>
Riciclati	<b>45.000</b>
Inceneriti	<b>125.000</b>
In discarica	
<i>Ceneri</i>	<i>37.500</i>
<i>Pulizia strade</i>	<i>5.000</i>
<i>Scarti riciclo</i>	<i>5.500</i>
<i>Scarti compostaggio</i>	<i>7350</i>
Totale a discarica	<b>55.350</b>

### **Scenario BIOSTABILIZZAZIONE**

In sintesi, questo scenario prevede

- riduzione del **10%** della produzione di rifiuti urbani
- riciclo e il compostaggio del **50%** dei RU prodotti,
- bio-stabilizzazione della frazione indifferenziata con separazione meccanica di metalli e inerti
- stoccaggio della frazione stabilizzata.

A discarica vanno lo spazzamento stradale, gli scarti del compostaggio e del riciclaggio.

Anche il bio stabilizzato, dopo compressione, è messo in discarica, in una sorta di stoccaggio provvisorio, anche in previsione di possibili futuri utilizzi per il recupero di materia o di energia. La quantità di scarti organici da inviare ad impianti di compostaggio è la stessa in entrambi gli scenari.

La Tabella VII schematizza il flusso di massa dello **scenario biostabilizzazione**.

**TABELLA VII: Bilancio di massa dello scenario  
“BIOSTABILIZZAZIONE”**

	Tonnellate/anno
Prodotti e raccolti	<b>180.000</b>
Compostati	<b>24.500</b>
Riciclati	<b>65.500</b>
Biostabilizzati	<b>90.000</b>
In discarica	
<i>Bio-stabilizzato</i>	<i>58.500</i>
<i>Pulizia strade</i>	<i>5.000</i>
<i>Scarti compostaggio</i>	<i>2.450</i>
<i>Scarti riciclo</i>	<i>6.550</i>
Totale discarica	<b>72.500</b>

Nella Tabella VII si è stimato un minore scarto (10 %) delle lavorazioni di compostaggio e riciclaggio, rispetto a quanto stimato nel “vecchio Piano” (18%), presupponendo che la raccolta avvenga con sistemi “porta a porta”, i quali certamente assicurano una migliore qualità merceologica delle frazioni raccolte e quindi minori scarti di lavorazione.

A riguardo, la percentuale in peso degli scarti dei trattamenti per il riciclaggio, riferiti in letteratura, vanno dal 5 al 15%. Il 10% da noi proposto per il nuovo Piano, rappresenta quindi il loro valore medio.

Per il trattamento di biostabilizzazione è stata stimata una perdita di massa pari al 35%. Alla perdita di massa contribuiscono:

- l’ossidazione della frazione putrescibile con emissione di anidride carbonica e acqua
- la riduzione dell’umidità per il riscaldamento indotto dall’attività metabolica della carica microbica
- la separazione di metalli ed inerti con trattamenti meccanici

Il valore di riduzione di massa scelto per lo scenario BIOSTABILIZZAZIONE (35%) si colloca tra i valori medi desumibili da stime effettuate per impianti di bio-essiccazione operanti in Italia.

Nella quota di RU riciclata (50 % del totale di rifiuti urbani prodotti), sono stati anche considerati i metalli e gli inerti separati meccanicamente dai rifiuti urbani indifferenziati sottoposti a bio-stabilizzazione, stimati in circa 100 chili per ogni tonnellata di rifiuti urbani trattati con questa tecnica, per un totale di 9.000 tonnellate all’anno.

Questo significa che in questo scenario, grazie alla riduzione alla fonte e all’introduzione di un sistema di trattamento Meccanico Biologico, i materiali non biodegradabili da raccogliere in modo differenziato potrebbero essere circa 56.500 tonnellate all’anno, circa 11.500 tonnellate in più della quantità che si prevedeva di riciclare nel vecchio piano (45.000 t). Una differenza che giudichiamo “facilmente” realizzabile, anche grazie all’ampia diffusione del sistema di raccolta “porta a porta” proposto nel nuovo piano

## **Scenario TERMOVALORIZZAZIONE BIS**

In sintesi, questo scenario prevede

- riduzione del **10%** della produzione di rifiuti urbani
- riciclo e il compostaggio del **50%** dei RU prodotti,
- termovalorizzazione della frazione indifferenziata

A discarica vanno lo spazzamento stradale, gli scarti del compostaggio e del riciclaggio e le ceneri residuali all'incenerimento.

## **Scenario CDR**

E' una variante dello scenario BIOSTABILIZZAZIONE.

Dopo biostabilizzazione e recupero di metalli e inerti, i rifiuti biostabilizzati sono bricchettati e in questa forma utilizzati come combustibile nella centrale Termoelettrica di Vado, a parziale sostituzione del carbone.

## IMPATTI AMBIENTALI A CONFRONTO

### L'impatto su scala locale

L'impatto ambientale locale tiene conto delle emissioni in atmosfera da parte dei veicoli adibiti alla raccolta e al trasporto dei rifiuti urbani e degli impianti di trattamento meccanico-biologico e di termovalorizzazione.

Gli inquinanti presi in considerazione in questa stima sono:

- Polveri
- Ossidi di azoto
- Ossido di carbonio
- Composti organici volatili
- Anidride solforosa
- Acido cloridrico
- Ammoniaca
- Diossine e Furani

Nella valutazione dell'impatto ambientale attribuito alla movimentazione dei diversi materiali si è tenuto conto delle distanze percorse a seguito dei diversi trattamenti ed ovviamente sono state calcolate solo le emissioni caratteristiche dei motori diesel, riportati nella Tabella I: polveri, ossidi di azoto, ossido di carbonio, composti organici volatili e PCDD/F.

Nelle emissioni veicolari non abbiamo valutato l'anidride solforosa, in quanto nel rapporto CORINAIR non abbiamo trovato informazioni su questo composto per quanto riguarda le emissioni diesel.

I fattori di emissione riportati in Tabella II bis sono stati applicati ai due scenari scelti per la gestione dei RU prodotti nella provincia di Savona, in particolare alla fase di bio-ossidazione e di incenerimento.

Le quantità di ciascun di questi inquinanti emessi in atmosfera, in ognuno dei due scenari scelti per il confronto, sono riportati in Tabella VIII (scenario TERMOVALORIZZAZIONE) e in Tabella IX (scenario BIOSTABILIZZAZIONE).

**TABELLA VIII: Emissioni annuali (kg) in atmosfera per il trasporto e i trattamenti di RU dello scenario TERMOVALORIZZAZIONE**

POLVERI	
Trasporto	457,22
Incenerimento	4.750,00
<b>Totale</b>	<b>5.207,22</b>
OSSIDI DI AZOTO	
Trasporto	3.657,76
Incenerimento	72.125,00
<b>Totale</b>	<b>75.782,76</b>
OSSIDO DI CARBONIO	
Trasporto	2.743,32
Incenerimento	16.500,00
<b>Totale</b>	<b>19.243,32</b>
COMPOSTI ORGANICI VOLATILI	
Trasporto	2.743,32
Incenerimento	1000,00
<b>Totale</b>	<b>3.743,32</b>
ANIDRIDE SOLFOROSA	
Incenerimento	<b>5.250,00</b>
ACIDO CLORIDRICO	
Incenerimento	<b>7.250,00</b>
AMMONIACA	
Incenerimento	<b>9.125,00</b>
PCDD/F ( <i>micro grammi</i> )	
Trasporto	34,80
Incenerimento	50.000,00
<b>Totale</b>	<b>50.034,80</b>

**TABELLA IX: Emissioni annuali (kg) in atmosfera per il trasporto e i trattamenti di RU dello scenario  
BIOSTABILIZZAZIONE**

POLVERI	
Trasporto	430,20
Biostabilizzazione	423,00
<b>Totale</b>	<b>853,20</b>
OSSIDI DI AZOTO	
Trasporto	3.441,60
Biostabilizzazione	6.507,00
<b>Totale</b>	<b>9.948,60</b>
OSSIDO DI CARBONIO	
Trasporto	2.581,20
Biostabilizzazione	6.507,00
<b>Totale</b>	<b>9.088,20</b>
COMPOSTI ORGANICI VOLATILI	
Trasporto	2.581,20
Biostabilizzazione	3.240,00
<b>Totale</b>	<b>5.821,20</b>
ANIDRIDE SOLFOROSA	
Biostabilizzazione	<b>2.520,00</b>
ACIDO CLORIDRICO	
Biostabilizzazione	<b>108,00</b>
AMMONIACA	
Biostabilizzazione	<b>10.800,00</b>
PCDD/F ( <i>micro grammi</i> )	
Trasporto	35,34
Biostabilizzazione	3.600,00
<b>Totale</b>	<b>3.635,34</b>

### **Impatti ambientali a confronto**

La Tabella X mette direttamente a confronto le quantità annue di specifici inquinanti immessi nell'ambiente savonese, dai tre scenari ipotizzati: Termovalorizzazione (Termo), Termovalorizzazione con riciclaggio spinto e riduzione (Termo BIS), Bioossidazione con riciclaggio spinto e riduzione (Bioossidazione).

Nella stessa Tabella è riportato il rapporto tra le emissioni stimate dal modello Termovalorizzazione e modello Bioossidazione (Termo/Bio).

Le emissioni dei due principali Piani (Termovalorizzazione e Bioossidazione) sono riportate in maggior dettaglio nelle Tabelle VIII e IX.

**TABELLA X: Inquinanti emessi annualmente (kg/anno) in atmosfera nella Provincia di Savona a seguito dell'attuazione degli scenari ipotizzati per la Gestione dei rifiuti urbani. :**

Inquinanti	Piano Termo	Piano Termo BIS	Piano Biostabilizzazione	Termo/Bio
Polveri	5.207	3.829	853	<b>6,1</b>
Ossidi di carbonio	19.243	14.335	9.088	<b>2,1</b>
Ossido di azoto	75.783	55.203	9.948	<b>7,6</b>
COV	3.743	3.175	5.821	<b>0,6</b>
Anidride solforosa	5.250	3.780	2.520	<b>2,1</b>
Acido cloridrico	7.250	5.220	<b>108</b>	<b>67</b>
Ammoniaca	9.125	6.570	<b>10.800</b>	<b>0,8</b>
<i>PCDD/F TEQ (µg)</i>	<i>50.005</i>	<i>36.033</i>	<i>3.635</i>	<i>13,7</i>

In base ai criteri scelti per stimare l'impatto ambientale dei due principali scenari messi a confronto, emerge che l'applicazione dello scenario **BIOSTABILIZZAZIONE** rispetto allo scenario TERMOVALORIZZAZIONE potrebbe comportare una **significativa riduzione** della maggior parte degli inquinanti considerati, in particolare **acido cloridrico, diossine e furani, ossidi di azoto e polveri.**

L'eventuale adozione dello scenario BIOSTABILIZZAZIONE rispetto allo scenario TERMOVALORIZZAZIONE comporterebbe, annualmente, i risparmi di inquinanti dell'aria riportati nella Tabella X bis.

**TABELLA X bis:**

**Quantità di inquinanti annualmente evitata con l'adozione dello scenario BIOSTABILIZZAZIONE rispetto allo scenario TERMOVALORIZZAZIONE**

Inquinanti	Ton/anno
Polveri	4,3
Ossidi di carbonio	10,1
Ossido di azoto	65,8
Anidride solforosa	2,7
Acido cloridrico	7,1
<i>PCDD/F TEQ (µg)</i>	<i>46.370</i>

I punti di debolezza dello scenario BIOSTABILIZZAZIONE sono le emissioni di **composti organici volatili** e di **ammoniaca**, superiori alle quantità stimate nello scenario TERMOVALORIZZAZIONE di circa 2 tonnellate/anno per i COV e 1,7 tonnellate/anno per l'ammoniaca.

A riguardo occorre rimarcare il fatto, già rilevato, che i COV emessi da un impianto di bio-ossidazione, oltre al toluene e agli xileni, sono in gran parte terpeni, provenienti dalla bio degradazione del substrato organico, mentre è trascurabile la presenza di idrocarburi tossici quali il benzene.

Nel modello TERMOVALORIZZAZIONE (Tab. VIII) l'inquinamento indotto dalla movimentazione dei rifiuti urbani è in generale nettamente inferiore a quello prodotto dall'incenerimento, esclusi i COV.

Nel modello BIOSTABILIZZAZIONE (Tab.IX), le differenze tra i contributi della movimentazione e del trattamento di bio-ossidazione sono molto minori.

In entrambi i modelli, l'apporto di diossine prodotto dalla movimentazione è trascurabile rispetto a quello dei trattamenti ossidativi messi a confronto.

Il piano TERMOVALORIZZAZIONE comporta una emissione annua di diossine e furani nettamente superiore al piano Biostabilizzazione: 50.005 microgrammi contro 3.635 microgrammi .

.

### **Volumi di discarica necessari nei due scenari.**

Il tipo di materiale che i due scenari principali prevedono di mettere a discarica o allo stoccaggio sono prevalentemente di quattro tipi:

- Ceneri residuali alla termovalorizzazione
- Bio-stabilizzato compresso
- Scarti da operazioni di riciclaggio e compostaggio compressi
- Spazzatura strade

Si ipotizza che tutte queste quattro tipologie di scarti abbiano i requisiti per essere messe a discarica o stoccate, in base alle nuove disposizioni in materia. Infatti certamente si tratta di scarti inerti, o con una attività biologica residuale molto ridotta.

Nel caso dei materiali bio-stabilizzati è possibile ipotizzare che il loro stoccaggio sia anche temporaneo, in quanto teoricamente sono possibili ulteriori forme di recupero, sia di materia che di energia.

I volumi occupati da questi scarti dipendono, ovviamente, dalla loro densità alla fine del ciclo lavorativo il quale certamente deve prevedere la compressione del biostabilizzato e degli scarti delle operazioni di riciclo e compostaggio.

Le rispettive densità finali, stimate in base a dati medi desunti dalla letteratura e i volumi specifici occupati da queste quattro tipologie di scarti sono riportate nella Tabella XI.

**TABELLA XI: Densità degli scarti (tonnellate/m<sup>3</sup>) da mettere a discarica o da stoccare e loro Volumi Specifici (m<sup>3</sup>/tonnellata)**

	<b>Densità</b> <i>t/m<sup>3</sup></i>	<b>Volume specifico</b> <i>m<sup>3</sup>/t</i>
Ceneri termovalorizzatore	1,08	0,92
Bio-stabilizzato compresso	1,5	0,67
Scarti riciclo e compostaggio	0,9	1,11

La Tabella XII sintetizza i volumi annui di discarica necessari per le principali categorie di inerti prodotti da ciascuno dei due principali Piani scelti per il confronto.

**TABELLA XII: Quantità di RU inerti e Volumi annui di discarica necessari per i Piani Provinciali**

<b>Scenario</b> <b><u>TERMOVALORIZZAZIONE</u></b>			<b>Scenario</b> <b><u>BIOSTABILIZZAZIONE</u></b>		
	<i>t/anno</i>	<i>m<sup>3</sup>/anno</i>		<i>t/anno</i>	<i>m<sup>3</sup>/anno</i>
<b>Ceneri</b>	<i>37.500</i>	34.040	<b>Biostabilizzato</b>	<i>58.500</i>	39.195
<b>Scarti riciclo e compostaggio</b>	<i>12.850</i>	14.263	<b>Scarti riciclo e compostaggio</b>	<i>9.000</i>	9.990
<b>Spazzatura strade</b>	<i>5.000</i>	5.550	<b>Spazzatura strade</b>	<i>5.000</i>	5.550
Totale	<i>55.350</i>	<b>53.853</b>	Totale	<i>72.500</i>	<b>54.735</b>

In base alle ipotesi formulate, i **volumi** di scarti da mettere a discarica con l'adozione dei due principali scenari potrebbero **risultare sostanzialmente simili**.

Pertanto il volume per la messa a discarica dei solidi residuali ai trattamenti previsti nei due scenari principali non appare essere un motivo fondamentale per la scelta tra i due principali modelli proposti.

## **Impatto ambientale dei residui messi a discarica.**

Nell'allegato 6, nel paragrafo "Metodi di gestione dello stoccaggio dei RU stabilizzati e gas serra", sono brevemente analizzati i metodi di gestione della discarica per minimizzare gli impatti ambientali dello stoccaggio di RU stabilizzati con tecniche biologiche. Grazie a questi accorgimenti, le emissioni di gas serra sono molto basse e altrettanto ridotte sono la quantità di eluato e la concentrazione di nitrati e fosfati presenti in questi stessi eluati.

E' opportuno ricordare che Il processo di bio stabilizzazione è intrinsecamente a basso impatto ambientale, in quanto non comporta condizioni chimico-fisiche (temperatura e pressione) tali da indurre reazioni in grado di formare *ex-novo* sostanze tossiche.

Inoltre, numerose esperienze, citate nell'allegato 2, hanno documentato una degradazione biologica di diversi composti tossici eventualmente presenti nei rifiuti sottoposti a trattamenti di bio-stabilizzazione.

Gli unici problemi di impatto ambientale prodotti dallo stoccaggio di scarti biostabilizzati potrebbero derivare da precedenti contaminazioni degli scarti stessi, ovvero da smaltimenti illegali di rifiuti tossici, realizzati insieme allo smaltimento di rifiuti urbani.

Tale evento è minimizzabile organizzando insieme alla raccolta differenziata di RU, capillari raccolte dei rifiuti pericolosi di origine domestica o artigianale (contenitori di solventi e pesticidi, batterie nichel-cadmio, batterie al piombo, batterie con mercurio, lampade al neon, farmaci scaduti...).

Un ulteriore elemento di sicurezza di una discarica di rifiuti bio-inertizzati è fornito dalla bassa biodisponibilità di numerose sostanze tossiche, qualora presenti, in associazione ad alte concentrazioni di residui humici quali quelli presenti, per definizione, nel RU biostabilizzato.

Infatti, numerosi studi hanno verificato che l'humus adsorbe fortemente numerosi metalli e composti tossici, riducendo la loro dispersione nell'ambiente per lisciviazione e, più in generale, riducendone la bio-disponibilità e quindi la loro tossicità effettiva.

**Peraltro, studi recenti hanno messo in discussione l'inerzia dal punto di vista tossicologico dei residui solidi prodotti dalla termovalorizzazione, non solo delle cosiddette ceneri volanti, prodotte dalla depurazione dei fumi, ma anche delle ceneri pesanti.**

Ad esempio, uno studio condotto in Svezia sulle ceneri pesanti (bottom ash) prodotte da inceneritori di rifiuti urbani (*I. Johansson, B. van Badel, Chemosphere, 2003, 53(2): 123-8*) ha riscontrato una concentrazione di policiclici aromatici cancerogeni tra 89 e 438 microg/kg, ovvero concentrazioni che nei campioni più inquinati è superiore ai valori che la normativa svedese prevede che debbano essere rispettati per i terreni che hanno usi sensibili.

Altri studi hanno evidenziato una insospettata attività esotermica delle ceneri pesanti prodotte da termovalorizzatori tedeschi (*R. Lein, N. Nestle, T. Baumann. J. Hazard Mater. 2003; 100(1-3): 147-62*) con temperature fino a 90 °C registrate all'interno delle ceneri messe a discarica. E queste temperature, protratte nel tempo potrebbero creare problemi di tenuta alle membrane impermeabili come pure agli strati di argilla posti sul fondo della discarica che, essiccati, potrebbero fessurarsi.

Peraltro, la presenza di PCDD/F nelle ceneri volanti (*fly ash*) è ampiamente documentata anche in impianti moderni, come più ampiamente discusso nell'allegato 3 (Diossine e inceneritori).

Infine, la presenza di metalli tossici facilmente lisciviabili è stata recentemente riscontrata nelle ceneri di termovalorizzatori giapponesi e coreani (*Shim YS, Rhee SW, Lee WK. Waste Manag. 2005; 25(5): 473-80.*). In questo studio la quantità di piombo lisciviato dalle ceneri volanti giapponesi e coreani era superiore ai valori previsti dalle normative di questi due paesi. Alte anche le concentrazioni di cadmio nel lisciviato, trovato a concentrazioni superiori a quelle previste dalle normative coreane.

Le soluzioni a questi problemi sembrano essere tecniche di inertizzazione delle ceneri volanti (vetrificazione, cementificazione...) o l'invio in idonee miniere di salgemma.

In entrambi i casi soluzioni a tempo, d'incerto esito sui tempi di stoccaggio necessariamente "eterni", certamente molto costose.

## ***Impatti ambientali globali***

### **Emissione gas serra**

La Tabella XIII sintetizza la quantità annua di gas serra risparmiata nelle diverse fasi di trattamento dei rifiuti urbani previste nei due scenari messi a confronto.

I calcoli si basano sulle quantità di materiali sottoposti ai diversi trattamenti e ai fattori di emissione stimati dallo studio della AEA Technology (Tab. V).

Per la stima dell'emissione di CO<sub>2</sub> prodotta dal trasporto dei RU, si è utilizzato il fattore di emissione stimato da CORINAIR per automezzi diesel pesanti.

Una dettagliata relazione sui fattori di emissione di gas serra è riportata nell'*Allegato 6*.

Per lo scenario BIOSTABILIZZAZIONE, si è calcolato anche il risparmio di gas serra per il mancato trasporto dei RU non prodotti e il contributo della quota di scarti domestici utilizzati per il compostaggio domestico.

**TABELLA XIII: Bilancio emissione gas serra nei due scenari**

<b><u>Scenario TERMOVALORIZZAZIONE</u></b>			<b><u>Scenario BIOSTABILIZZAZIONE</u></b>		
	<i>t/anno</i>	<b>t CO<sub>2</sub> eq/anno</b>		<i>t/anno</i>	<b>t CO<sub>2</sub> eq/anno</b>
<b>Termovalorizzazione</b>	<i>125.000</i>	-1.250	<b>Biostabilizzazione</b>	<i>90.000</i>	-36.270
<b>Riciclo e compostaggio</b>	<i>69.500</i>	-32.039	<b>Riciclo e compostaggio</b>	<i>90.000</i>	-41.490
			<b>Compostaggio domestico</b>	<i>3.060</i>	-177
			<b>Evitato trasporto per riduzione produzione RU</b>	<i>20.000</i>	<b>-146.000</b>
	<b>Totale</b>	<b>-33.289</b>		<i>Totale</i>	<b>-123.937</b>

I risultati riportati nella Tabella XIII evidenziano che lo scenario BIOSTABILIZZAZIONE nella Provincia di Savona comporta una netta riduzione dell'emissione di **gas serra** rispetto allo scenario TERMOVALORIZZAZIONE.

L'adozione dello scenario BIOSTABILIZZAZIONE permetterebbe una riduzione, di circa 90.600 tonnellate di gas serra all'anno, rispetto ai risultati ottenibili con l'adozione dello scenario TERMOVALORIZZAZIONE.

In entrambi gli scenari è il riciclaggio e il compostaggio che inducono la maggiore riduzione di questi gas, mentre nello scenario BIOSTABILIZZAZIONE il maggiore effetto di riduzione è attribuibile alla mancata emissione di CO<sub>2</sub> per trasporto di RU, trasporto che non è avvenuto per la riduzione del 10% della produzione primaria di RU, pari a 20.000 tonnellate anno.

Come si può vedere dalla Tabella XIII il compostaggio domestico dà un piccolo contributo alla riduzione dei gas serra, principalmente attribuibile alla segregazione di carbonio nel terreno agricolo indotto da questa pratica, mentre un contributo decisamente maggiore, stimabile in 7.200 ton CO<sub>2</sub> eq., deriva dall'evitato trasporto di circa 3.000 tonnellate di scarti biodegradabili che, grazie al compostaggio domestico, non devono essere raccolti, trattati e smaltiti.

La quantità di gas serra annualmente risparmiati con lo scenario BIOSTABILIZZAZIONE (-123.937 tonnellate) corrispondono (Tabella XXII, *allegato 6*) alla quota annua di anidride carbonica assegnata alla Saint Goben Vetri di Dego (+126.126 tonnellate di CO<sub>2</sub>).

Il valore del risparmio di gas serra ottenibile applicando lo scenario BIOSTABILIZZAZIONE, sul mercato dei crediti di gas serra, potrebbe valere 5.000.000 € all'anno se, come è probabile, un credito di una tonnellata di gas serra potrà essere venduto a 40 €.

Questo significherebbe un ricavo di circa 27 € per ogni tonnellata di RU raccolta e trattata con le procedure previste dallo scenario BIOSTABILIZZAZIONE, mentre con lo scenario TERMOVALORIZZAZIONE il ricavo per tonnellata di RU prodotto sarebbe solo di **6,6 €**.

Al momento, questa stima economica è solo un'ipotesi auspicabile in quanto attualmente, sul mercato dei crediti di gas serra, i risparmi ottenuti con politiche di riduzione della produzione dei rifiuti e di riciclaggio non sono conteggiati.

## **Energia risparmiata nei due scenari principali.**

La maggiore quantità di gas serra che si stima si possa risparmiare ricorrendo al riciclaggio e al compostaggio, rispetto all'incenerimento della stessa quantità di RU, fornisce già l'indicazione che la scelta del riciclaggio, rispetto all'incenerimento comporta un maggior risparmio energetico.

Analogamente, la scelta che privilegia la riduzione della produzione di rifiuti comporta, a livello globale, anche un risparmio di energia, in quanto il "rifiuto che non c'è" non deve essere trasportato e trattato, ma un'importante risparmio energetico si ha anche nella mancata produzione dei manufatti "usa e getta": sacchetto di plastica, imballaggio di terzo livello, bottiglie e lattine...

In questa nostra analisi semplificata stimeremo i risparmi energetici indotti dai due scenari messi a confronto applicando, ad entrambi, i bilanci energetici stimati da R.A. Denison (*Environmental life-cycle comparisons of recycling, landfilling and incineration: a review of recent studies. Annu. Rev. Energy Environ. 1996. 21: 191-237*) (Tabella XIV) per diversi trattamenti e fasi di lavorazione. I valori sono espressi in migliaia di British Thermal Unit (BTU) per tonnellata di materiale trattato. Il segno meno indica un risparmio di energia, il segno più un consumo di energia.

I bilanci energetici della termovalorizzazione e del riciclaggio riportati nella TABELLA XIV hanno già tenuto conto dell'energia necessaria al trasporto e alla trasformazione (in negativo), come pure dell'energia elettrica prodotta dalla termovalorizzazione (in positivo).

Nel caso del riciclaggio, il corrispondente bilancio energetico riportato in Tabella XIV ha già tenuto conto dell'energia necessaria per effettuare questa operazione e l'energia risparmiata per la mancata produzione a partire dalle materie vergini, non più necessaria, grazie al riciclaggio.

**TABELLA XIV: Bilanci energetici di trattamenti RU**

	BTU x 1000/ton
Termovalorizzazione	- 4.733
Riciclaggio	- 16.800
Messa a discarica scarti riciclo	+ 42,2
Trasporto	+ 296,6
Trattamento	+ 282,7
Produzione da materie vergini	+18.325,8

*Denison, 1996*

Per stimare i bilanci energetici dei due scenari, dai conti riportati nelle TABELLE IXX e XX, sono state escluse le stime relative alla quantità di materiali compostati, peraltro ipotizzati uguali (24.500 t/anno) in entrambi gli scenari.

La TABELLA IXX sintetizza, in base alle stime di Denison, il bilancio energetico annuale dello scenario denominato TERMOVALORIZZAZIONE attribuito alla quota di rifiuti termovalorizzati e a quella dei rifiuti riciclati previsti da questo scenario.

**TABELLA IXX: Bilanci energetici annuali dello scenario TERMOVALORIZZAZIONE**

<b>Trattamento</b>	<b>Tonnellate</b>	<b>BTU x 1000</b>
Termovalorizzazione	125.000	-5,91 10 <sup>8</sup>
Riciclaggio	45.000	-7,56 10 <sup>8</sup>
<i>Totale</i>		<b>-13,47 10<sup>8</sup></b>

Nel caso dello scenario BIOSTABILIZZAZIONE, per fare un corretto confronto con lo scenario TERMOVALORIZZAZIONE, si è conteggiato il risparmio energetico per l'evitato trasporto delle 20.000 tonnellate di RU non prodotte e il risparmio energetico per l'evitata produzione di 17.000 tonnellate di materiali “usa e getta”.

Le restanti 3.000 tonnellate risparmiate sono attribuite al compostaggio domestico.

Nelle stime di Denison non sono state fatte analisi energetiche su sistemi di trattamento meccanico –biologico. Per ovviare a questa carenza, si è ipotizzato che un trattamento meccanico biologico abbia lo stesso consumo energetico stimato da Denison per il trattamento di riciclaggio. Per la messa a discarica del materiale biostabilizzato si è ipotizzato un consumo energetico pari a quello stimato da Denison per la messa a discarica degli scarti del riciclaggio. (Tabella XIV).

La TABELLA XX sintetizza i bilanci energetici dello scenario BIOSTABILIZZAZIONE:

**.TABELLA XX: Bilanci energetici annuali dello scenario BIOSTABILIZZAZIONE**

<b>Trattamento</b>	<b>Tonnellate</b>	<b>BTU x 1000</b>
Meccanico Biologico	90.000	+0,56 10 <sup>8</sup>
Riciclaggio	65.500	-11,0 10 <sup>8</sup>
<i>Trasporto evitato</i>	<i>20.000</i>	<i>-0,06 10<sup>8</sup></i>
<i>Produzione evitata</i>	<i>17.000</i>	<i>-3,11 10<sup>8</sup></i>
<i>Totale</i>		<b>-13,61 10<sup>8</sup></b>

Il confronto tra i bilanci energetici dei due scenari (Tab IXX e XX) fornisce l'indicazione che, anche senza il recupero energetico di 90.000 tonnellate di RU avviati al trattamento Meccanico Biologico, complessivamente lo scenario BIOSTABILIZZAZIONE **permette un risparmio energetico simile, se non addirittura superiore a quello conseguibile con lo scenario termovalorizzazione.**

**Questo risultato è sostanzialmente da attribuire al rilevante risparmio energetico indotto dal riciclaggio di una maggiore quantità di scarti.**

In base alle stime in precedenza illustrate, il maggior risparmio del modello BIOSTABILIZZAZIONE, rispetto al modello TERMOVALORIZZAZIONE equivale a 3,5 miliardi di chilocalorie l'anno, l'energia di 353 Tonnellate di Petrolio Equivalente.

Peraltro, in entrambi gli scenari, è **la quota destinata al riciclaggio che permette il maggior risparmio energetico.** Questo vantaggio si consegue anche nello scenario BIOSTABILIZZAZIONE, nonostante il fatto che la quantità di RU avviata al riciclo

(65.000 t) sia nettamente inferiore a quella utilizzata per il recupero energetico nello scenario TERMOVALORIZZAZIONE (125.000 t).

## **CONCLUSIONI**

Lo scenario **BIOSTABILIZZAZIONE**, caratterizzato da scelte a favore della riduzione della produzione di RU, di forme di riciclaggio spinto e di tecniche biologiche di ossidazione della frazione bio degradabile dei RU con successivo loro stoccaggio, **garantisce un impatto ambientale locale e globale nettamente inferiore a quello dello scenario TERMOVALORIZZAZIONE**, fatto salvo alcune eccezioni (ammoniaca e COV) relative a composti di ridotta tossicità ambientale.

Queste conclusioni, anche tenendo conto dei limiti dell'analisi semplificata da noi scelta e dai margini di incertezza dei parametri di confronto utilizzati, concordano con quelle dello studio commissionato dalla Confederazione Europea dei Gestori di Termovalorizzatori (*Allegato I*) che attribuisce al riciclo della plastica e della carta un impatto ambientale nettamente inferiore a quello derivante dalla termovalorizzazione della stessa tipologia di RU

Le stime del presente studio dimostrano anche che, nello scenario **BIOSTABILIZZAZIONE**, **la chiusura del ciclo con la messa a discarica dei RU Bio-stabilizzati, complessivamente, non comporta apprezzabili sprechi energetici rispetto allo scenario TERMOVALORIZZAZIONE, pur rinunciando al recupero energetico della frazione biostabilizzata.**

Anche per quanto riguarda i volumi di discarica necessari per lo stoccaggio dei residui stabilizzati (ceneri e biostabilizzato compresso) lo scenario **BIOSTABILIZZAZIONE** potrebbe richiedere volumetrie annue confrontabili con quelle richieste dallo scenario **TERMOVALORIZZAZIONE**.

Lo scenario **TERMOVALORIZZAZIONE BIS**, che prevede la termovalorizzazione a valle di scelte di riduzioni e riciclaggio di entità simili allo scenario **BIOSTABILIZZAZIONE**, ha un impatto ambientale minore dello scenario **TERMOVALORIZZAZIONE**.

Lo scenario **TERMOVALORIZZAZIONE BIS** provoca comunque un maggiore impatto ambientale rispetto allo scenario **BIOSTABILIZZAZIONE**, a causa dell'intrinseca bassa emissione di composti tossici da parte della bio-ossidazione.

Peraltro, un impianto di termovalorizzazione da 90.000 ton/anno, quale quello previsto dallo scenario **TERMOVALORIZZAZIONE BIS**, non gode delle economie di scala degli impianti con maggiori capacità di trattamento (da 400.000 a 700.000 ton/anno) che, non a caso caratterizzano i più recenti progetti di termovalorizzatori. Infatti, solo con queste elevate capacità di trattamento si riesce a contenere l'aumento dei costi dei trattamenti fumi in grado di rispettare limiti sempre più restrittivi.

Lo scenario CDR al momento non riteniamo possa essere proponibile, in quanto non è possibile garantire che la parziale sostituzione del CDR (RU indifferenziato bio essiccato) al posto di carbone nella centrale termoelettrica di Vado produca una costante minore emissione di sostanze tossiche da questo impianto, rispetto a quanto già emesso con l'uso del solo carbone.

Nel complesso, le stime da noi effettuate confermano **l'opportunità di privilegiare politiche di riduzione della produzione alla fonte e di riciclaggio** in quanto entrambe inducono sensibili riduzioni negli impatti ambientali.

E' pertanto importante che nel Piano di gestione dei rifiuti che sarà scelto non siano inseriti elementi che possano impedire di fatto la realizzazione di questi obiettivi e ne limitino l'auspicabile crescita nel tempo.

Questa è la scelta fondamentale dello scenario **BIOSTABILIZZAZIONE**, in cui la realizzazione di uno o più impianti di bio-ossidazione sul territorio della Provincia di Savona da una parte offre l'immediata soluzione al più serio problema ambientale e sanitario dei RU di origine urbana (la putrescibilità) di oltre il 30% di questi scarti, dall'altra, grazie ai ridotti tempi di ammortamento per il loro investimento e alla possibilità di potersi facilmente convertire da impianti di bio-stabilizzazione di RU indifferenziati ad impianti di compostaggio, offrono al Piano complessivo **la flessibilità** richiesta dalla rapida evoluzione tecnica e normativa della gestione dei RU di origine urbana: riduzione della produzione di RU, aumento delle richieste del mercato del riciclo, abolizione dei benefici economici (CIP6, Certificati Verdi) a vantaggio della termovalorizzazione.

### ***Fattori determinanti per le scelte di minor impatto ambientale nella realtà savonese.***

Le conclusioni dello studio PROFU (*allegato 1*) sottolineano la fondamentale importanza, ai fini di scegliere il metodo di trattamento dei RU con il più basso impatto ambientale, che la raccolta differenziata sia di qualità e finalizzata al riciclaggio.

A riguardo è indubbio che le caratteristiche urbanistiche e socio-culturali del territorio savonese sono compatibili con un diffuso sistema di raccolta "porta a porta", metodo che certamente garantisce elevate rese e ottima qualità delle frazioni raccolte, grazie alla partecipazione dei cittadini.

E' inoltre opportuno che il Piano attuato sia compatibile con più significative politiche di riduzione della produzione di RU e del loro effettivo riciclo.

Se uno dei fattori chiave a favore del riciclo è l'effettivo inserimento dei prodotti raccolti in attività finalizzate al riutilizzo, è opportuno che il nuovo Piano per la Gestione dei Rifiuti Savonese miri in modo prioritario a realizzare sistemi di raccolta e di compostaggio di qualità, finalizzati a produrre il substrato organico utile per preparare i terricci altamente specializzati necessari nelle culture realizzate nell'albenganese.

Oltre al riciclo del vetro, già attivo storicamente nella provincia, sarebbe opportuno valutare la possibilità di sfruttare la storica vocazione "chimica" della Val Bomida per la realizzazione di nuove attività produttive a basso impatto ambientale, incentrate sul recupero ed il riciclo di materie plastiche raccolte in modo altamente selettivo: ad esempio bottiglie in PET presso i centri commerciali e piatti, posate e bicchieri in polistirolo, presso mense aziendali e distributori di bevande.

Non si esclude che una simile attività di riciclo, ancora poco presente nel panorama industriale italiano, possa essere messa a servizio dell'intera Liguria e delle regioni limitrofe, favorita dalle possibilità dei collegamenti merci già esistenti.

Peraltro, un fattore che rende meno competitivo nel Savonese l'incenerimento con il recupero energetico, rispetto al riciclo, è la mancanza di una rete di distribuzione di

calore per il teleriscaldamento e la probabile scarsa convenienza di questa forma di recupero energetico.

Infatti, le favorevoli condizioni climatiche di tutti i paesi lungo la costa, anche nel periodo invernale, probabilmente rendono economicamente poco interessanti gli investimenti per la realizzazione di reti di teleriscaldamento.

## **ALLEGATI**

- 1. Studio della Confederazione Europea Gestori Termovalorizzatori (CEWEP)**
- 2. Impatto ambientale degli impianti trattamenti biologici dei RU**
- 3. Diossine: bio essiccatori ed inceneritori a confronto**
- 4. Il rifiuto che non c'è: vantaggi ambientali di politiche di riduzione nella produzione di rifiuti**
- 5. Emissioni di gas con effetto serra nella gestione dei RU**
- 6. Impatto ambientale dell'uso del bio-essiccato in centrali termoelettriche a carbone**

## *Allegato I*

### **Lo studio della Confederazione Europea Gestori Termovalorizzatori (CEWEP)**

Nel Maggio del 2004, la *PROFU*, società di consulenza svedese, specializzata nel settore dell'energia, dell'ambiente e della gestione dei rifiuti presentava la versione finale di un proprio studio commissionato dalla Confederazione Europea dei Gestori di Termovalorizzatori. Il titolo dello studio era il seguente

*“Valutazione da un punto di vista ambientale dell'incenerimento dei rifiuti come metodo di trattamento e recupero energetico”.*

Questo studio, impostato su criteri di rassegna bibliografica, nella sua fase iniziale ha provveduto a raccogliere i risultati di circa 70 studi effettuati sull'argomento scelto.

Gli studi riguardavano valutazione di impatto ambientale attribuito, oltre che **all'incenerimento con recupero di energia**, ad altri sistemi di trattamento dei rifiuti, in particolare:

- **riciclaggio di carta e plastica,**
- **compostaggio,**
- **digestione anaerobica**
- **discarica.**

Gli impatti ambientali messi a confronto hanno riguardato **l'emissione di gas serra**, l'induzione di fenomeni di **acidificazione** e di **eutrofizzazione** di acque, induzione di fenomeni di **smog fotochimico** ed infine l'emissione nell'ambiente di **composti tossici**. Di questi si effettuò una prima selezione di 31 casi-studio giudicati più importanti e per 12 di questi è stata realizzata un'analisi più approfondita dei risultati.

Tra gli studi presi in considerazione erano presenti anche i due studi citati nella nostra relazione: quello di Denison che confronta bilanci energetici ed impatti ambientali di discariche, riciclaggio ed incenerimento e lo studio europeo sui bilanci di gas serra condotti dalla AEA Technology.

Le sintesi dei risultati di ciascuno dei dodici casi-studio scelti, sono riportate in forma grafica nella successiva Figura, in cui le prestazioni dell'incenerimento sono messe a confronto con le altre tecnologie e un codice a colori sintetizza i singoli risultati: in **verde** quelle in cui l'incenerimento risulta fornire prestazioni migliori (minor impatto ambientale), in **rosso** quando l'incenerimento non è la migliore alternativa, in **giallo** quando le differenze tra i sistemi messi a confronto non sono molto diverse.

## Principali conclusioni dello studio PROFU

Di seguito sono riportate “alla lettera” le conclusioni formulate dalla società PROFU:

- La discarica è la peggiore opzione
- Il riciclo dei materiali, l’incenerimento dei rifiuti, e i trattamenti biologici sono opzioni complementari e tutte queste opzioni devono trovare maggiori utilizzi per sostituire il sistema di smaltimento oggi più diffuso in Europa: la discarica
- Per raggiungere i migliori risultati per la tutela dell’ambiente nel caso del ricorso al riciclaggio e al trattamento di materiali organici con elevato potere termico, l’incenerimento è necessario per trattare gli scarti delle operazioni di pretrattamento, e lavorazione delle riciclerie e degli impianti di trattamento biologico.
- Le scelte migliori dipendono anche dalle condizioni locali ad esempio: disponibilità di un mercato per i materiali riciclati, disponibilità di terreni agricoli poveri di humus, possibilità di realizzare forme di teleriscaldamento.
- **Per frazioni merceologiche ben separate in grado di ottenere materiali puliti, il riciclaggio produce un minore impatto ambientale rispetto all’incenerimento.**
- Nel caso di rifiuti biodegradabili, la scelta tra incenerimento, compostaggio e digestione anaerobica non è ovvia.

Figure 1 Results from the detailed examination of the 12 case studies

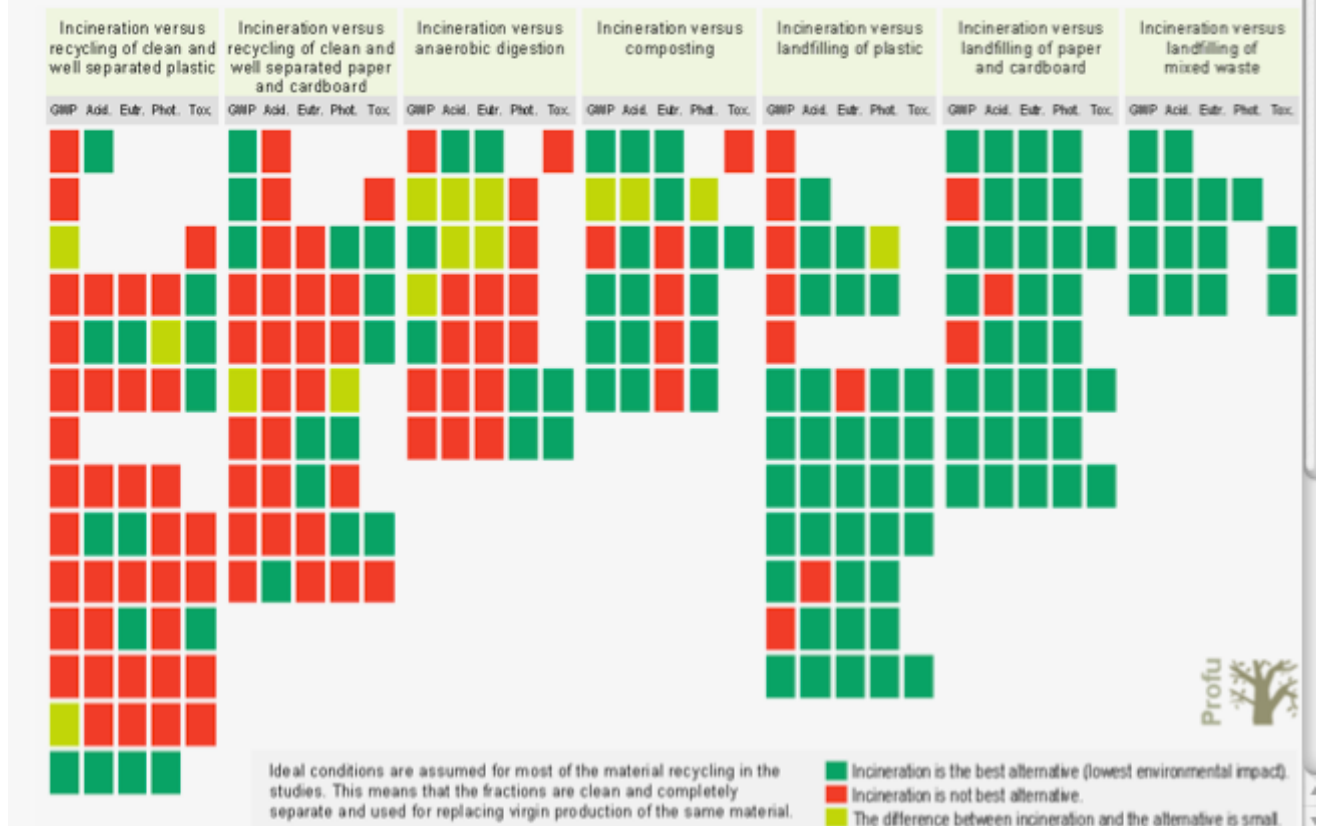


Figura: Rappresentazione sintetica dello studio CEWEP relativo a 12 studi sull'impatto ambientale dell'incenerimento. Per ogni studio, il giudizio sullo specifico impatto ambientale dell'incenerimento (gas serra, piogge acide, eutrofizzazione acque, precursori smog fotochimica, emissione composti tossici) è codificato con un colore (verde: l'incenerimento è la migliore alternativa per il minore impatto ambientale; rosso: l'incenerimento non è la migliore alternativa; verde chiaro: la differenza tra incenerimento e tecniche alternative è piccola)

I confronti hanno riguardato l'incenerimento rispetto al riciclo di qualità di plastica e carta (prime due colonne a sinistra). In ordine successivo: incenerimento vs digestione anaerobica; incenerimento vs compostaggio; incenerimento e messa a discarica di plastica, carta e rifiuti misti.

## **IMPATTO AMBIENTALE DEGLI IMPIANTI DI TRATTAMENTO BIOLOGICO DEI RU**

### **Compostaggio**

Dall'esame della letteratura scientifica è risultato che sono limitate le informazioni disponibili sull'impatto ambientale e sanitario del compostaggio e più in generale dei sistemi biologici di trattamento dei RU.

Tuttavia, la scelta di numerosi paesi industrializzati ed in via di sviluppo di puntare su questa tecnica per risolvere il problema della gestione dei RU sta incentivando l'effettuazione di studi sui possibili rischi sanitari dei lavoratori e su possibili contaminazioni ambientali indotte da questa pratica.

Il principale problema del compostaggio, in particolare nell'ambiente di lavoro, sembra essere quello di una esposizione ad elevate cariche batteriche o fungine e a composti organici volatili (COV), in parte di origine microbica (MVOC), spesso causa di disturbi e fastidi, anche per il loro cattivo odore.

Emissioni di polveri, di ammoniaca e di ossido di carbonio, sono anche menzionati come problemi ambientali derivanti da impianti di compostaggio.

Un altro filone di ricerca sull'impatto ambientale del compostaggio è quello connesso con la presenza di sostanze tossiche nel materiale trattato e nel compost, in particolare per l'uso agricolo di quest'ultimo.

Molte di queste problematiche, in particolare l'esposizione a micro-organismi, sono simili a quelle che si riscontrano nella fase di raccolta, trasporto e stoccaggio dei RU, durante la loro selezione manuale o in altre attività che comportano l'esposizione a materiale di origine biologica (depurazione acque, aziende alimentari, coltivazione funghi).

Peraltro, occorre subito chiarire che nel compostaggio molti dei problemi evidenziati sono associati a gestioni non corrette, anche per mancanza o carenza di norme e controlli, e sono dovuti, nella maggior parte dei casi, ad impianti a cielo aperto (cumuli) non aereati e ad una insufficiente selezione del materiale da compostare.

Peraltro, in letteratura, a carico dei lavoratori che operano in impianti di compostaggio, non risultano essere descritti effetti simili a quelli di coltivatori esposti a micotossine presenti nella polvere di grano (Fisher, 2000).

L'automatizzazione delle operazioni di carico e scarico delle biocelle, l'aerazione spinta dei materiali biodegradabili in ambienti chiusi, il controllo dei parametri chimico fisici e microbiologici che favoriscono la bio-ossidazione ed adeguati sistemi di depurazioni delle emissioni, in particolare la bio-filtrazione, riducono drasticamente questi problemi, in particolare per l'ambiente esterno.

Ad esempio, misure effettuate in Germania, su un moderno impianto di selezione di RU di origine industriale e domestico e successivo compostaggio della frazione organica selezionata, verificava che la carica microbica dell'aria sottoposta a bio-filtrazione risultava simile a quella dell'aria esterna all'impianto, osservazione confermata da rilevazioni condotte in impianti di trattamento biologico italiani. Le misure nell'ambiente di lavoro di questo impianto verificavano che la polverosità più

alta si riscontrava nel reparto di consegna dei RU e che le concentrazioni nell'aria di cadmio, nichel e mercurio risultavano simili a quelle riscontrate nell'aria esterna (Streib, 1996).

Analogamente, le misure effettuate in un impianto olandese per il compostaggio di scarti vegetali evidenziavano che le concentrazioni indoor di COV e di idrogeno solforato erano molto più bassi di quelli previsti dalla normativa olandese per gli ambienti di lavoro, mentre la carica batterica e fungina superavano i limiti previsti.

### ***Controllo della carica batterica patogena nel compostaggio***

Esiste un'ampia documentazione in letteratura sull'inattivazione di batteri patogeni ad opera del compostaggio, grazie a diversi fattori che operano contemporaneamente: alta temperatura, competizione tra diversi batteri, azione antibatteriche di funghi (actinomiceti e streptomiceti).

Le evidenze sperimentali dimostrano chiaramente che le prescrizioni regolamentari relative alla pastorizzazione termica (in Italia, 3 giorni a 55°C) sono sufficienti a garantire la sanitizzazione del prodotto.

Ad esempio, sperimentazione in condizioni controllate di compostaggio di deiezioni bovine hanno verificato che, con una temperatura di 50 °C nel bioreattore, 24 ore di compostaggio inattivano la popolazione di *escherichia coli*, la quale scompariva se questa temperatura era mantenuta per un periodo da 7 a 14 giorni (Jiang X, 2003).

Altri esperimenti di compostaggio di stallatico di mucca, oltre a confermare l'inattivazione delle *escherichia coli* dopo 48 ore di compostaggio a 45 °C, verificavano analogo effetto disattivante nei confronti delle *salmonelle*, non più riscontrabili dopo 48 ore di trattamento (Lung AJ, 2001).

Anche la fase di stoccaggio del compost risulta importante per la disinfezione di contaminazioni biologiche e patogeni fecali (Deportes I, 1998).

Peraltro, la concentrazione di batteri totali e di batteri gram-negativi in operazioni di co-compostaggio di scarti urbani con pannolini per bambini usati, non hanno dimostrato differenze significative, rispetto alla carica batterica presente in compost prodotto senza pannolini (Jager E, 1994).

L'elevata temperatura (70-80 C°) che si raggiunge nell'ultima fase del processo di bio-stabilizzazione e la marcata riduzione dell'umidità presente nel RU bio-stabilizzati è certamente un ulteriore elemento che, nel caso di questo tipo di trattamenti, riduce ulteriormente eventuali rischi di tipo biologico

Sottolineamo il fatto che il trattamento di sanificazione dei RU, realizzato con la bio-stabilizzazione, espone a rischi biologici decisamente minori i lavoratori addetti ai trattamenti successivi, ovvero la cernita e la separazione di metalli ed inerti e l'imballaggio o la pellettizzazione del bio-essiccato.

Inoltre, occorre ricordare che i moderni impianti di bio-stabilizzazione sono dotati di impianto di trattamento dell'aria, biofiltri e/o filtri a manica che sicuramente contribuiscono a ridurre ulteriormente la carica batterica emessa in atmosfera.

Anche in impianti non presidiati, come tipicamente avviene per sistemi di compostaggio di soli scarti vegetali (macrocumuli all'aperto) le evidenze dicono che una "buffer zone" di 200 m è sufficiente a dare ampie garanzie di sicurezza per chi

eventualmente risiedesse intorno all'impianto, o ne frequentasse i dintorni (es. parchi pubblici).

Infatti, studi sulla carica batterica presente nell'aria intorno ad impianti di compostaggio hanno dimostrato, in alcuni casi, l'assenza di contaminazione batterica attribuibile all'impianto di compostaggio (Reinthal, 1999); in altri studi, effettuati intorno ad impianti di compostaggio, realizzati all'aperto o in luoghi parzialmente chiusi, si è riscontrato, nelle peggiori condizioni d'esercizio per l'emissioni di polveri, che la carica batterica proveniente dall'impianto di compostaggio subisce una drastica diminuzione con l'aumentare della distanza dell'impianto e si riporta ai valori naturali di fondo, entro un raggio massimo di alcune centinaia di metri (Neef, 1999).

### ***Depurazione delle emissioni con bio-filtri***

Molto promettente, sia per il miglioramento della qualità dell'aria che per l'abbassamento dei costi di esercizio degli impianti di compostaggio e di bio stabilizzazione, appare l'uso dei biofiltri, come tecnica biologica di decontaminazione degli effluenti gassosi.

Questa tecnica si è cominciata ad applicare intorno agli anni '70 e si è rapidamente affermata per i suoi indubbi vantaggi. Anche se sono previsti ulteriori miglioramenti delle prestazioni, la bio-filtrazione si è dimostrata particolarmente efficace per ridurre la concentrazione degli odori nelle arie intorno ad impianti di compostaggio e di TMB.

Ad esempio, con tempi di residenza nel bio filtro di 30-45", si ottiene la rimozione dal 97 al 98% della concentrazione di sostanze odorigene.

Inoltre, la biofiltrazione, anche grazie all'utilizzo di ceppi batterici opportunamente selezionati, può assorbire e degradare numerosi composti organici tossici, quali **idrocarburi policiclici aromatici e composti organici clorurati**.

Infine, numerosi studi hanno confermato che i bio-filtri non rappresentano un rischio per il rilascio nell'ambiente di micro organismi eucarioti.

Negli impianti Meccanico Biologici l'effetto combinato di umidificatori e bio filtri per abbattere le polveri e minimizzare l'emissione di cattivi odori si è dimostrato degno di attenzione.

### ***Sostanze tossiche nel compost***

Per garantire il minor rischio possibile nell'uso agricolo del compost sono stati effettuati numerosi studi sulla presenza, in questa matrice, di composti tossici, sia di natura organica che metalli.

Ovviamente, non stupisce il fatto che anche nel compost siano presenti composti organici persistenti che si trovano nel latte materno o metalli pesanti di origine naturale o antropica.

Infatti, questo è un risultato della diffusa contaminazione ambientale che non risparmia le derrate alimentari i cui scarti sono la base di partenza per la produzione di compost.

Tuttavia, non risulta che il processo di compostaggio, al contrario dell'incenerimento, induca la formazione ex-novo di sostanze tossiche; al massimo rappresenta un

sistema di concentrazione di alcuni di questi composti per la naturale perdita di carbonio organico (e quindi di massa), durante il compostaggio.

Sottolineamo piuttosto il fatto che numerosi studi confermano che il compostaggio può essere, in molti casi, un sistema di detossificazione chimico-fisica e/o biologica del materiale trattato.

Ad esempio, si è verificato che con il compostaggio si riduce la concentrazione iniziale di diversi inquinanti organici persistenti (POP) presenti nel materiale sottoposto al compostaggio.

In particolare, si è riscontrato una significativa riduzione di Idrocarburi Policiclici Aromatici. Dopo due mesi di compostaggio, la concentrazione di fluorantene e benzo(a)pirene presenti in fanghi fognari, risultava inferiore ai valori minimi determinabili, con una marcata diminuzione rispetto alle concentrazioni iniziali (Amir S., 2002). E il trattamento con compost di terreni contaminati da IPA diminuiva drasticamente la tossicità nei confronti di lombrichi allevati in questi stessi terreni (Potter, 1999)

Ci sono anche evidenze sperimentali che il compostaggio provochi significative riduzioni della concentrazione di pesticidi quali il clorpirifos e il pendimetalin e di erbicidi, quali il Dicamba.

Numerosi studi hanno anche suggerito una potenziale applicazione del compostaggio, quale metodo di bio-degradazione di composti organici clorurati ed in particolare di diossine e furani.

Infatti, è stata verificata la capacità di popolazioni microbiche presente in terreni fortemente contaminati da diossine e furani, a causa dell'attività di incenerimento di rifiuti, di degradare questi composti (Hiraishi, 2001). In particolare, si è osservata una significativa diminuzione di PCDD/F, mescolando terreno contaminato a compost.

Ad esempio, in queste condizioni sperimentali, gli octa derivati dei PCDD/F subivano una riduzione del 31-35 %, dopo 90 giorni di incubazione.

Un simile risultato è stato dimostrato anche da Rosenbrock (1997) che verificava come, aggiungendo compost a terreni con ridotta biomassa microbica, la mineralizzazione delle diossine immesse in questo terreno aumentava del 28 %, mentre nei terreni ricchi di materiale organico e di biomassa microbica, circa il 40 % delle diossine presenti si mineralizzava dopo 70 giorni.

Questi risultati supportano l'ipotesi, emersa dagli studi dell' Istituto Mario Negri sugli effluenti gassosi di un bio-essiccatore (allegato 3), che questo tipo d'impianto ed in particolare il bio-filtro, possa essere considerato come un vero e proprio impianto di decontaminazione delle diossine presenti nell'aria ed eventualmente "strippati" dai materiali sottoposti a questo trattamento.

Peraltro, i risultati ottenuti da Eitzer (1997), confermano che durante il compostaggio non si ha formazione ex novo di PCDD/F. Questi composti furono dosati prima e dopo il compostaggio effettuato in tre diversi cumuli all'aperto di scarti di mensa e di coltivazioni in serra. Non si evidenziarono differenze statistiche tra le concentrazioni misurate prima e dopo il compostaggio e la concentrazione media totale di PCDD/F (2.75 pg TEQ/g) risultava inferiore ai 5 pg TEQ/g raccomandati dal governo tedesco, per l'uso agricolo del compost.

## **Diossine : bioessiccatori ed inceneritori a confronto**

### ***Misure di diossine nell'aria immessa ed emessa da un bio-ossidatore***

L'Istituto Mario Negri, nel Novembre del 2002, ha effettuato una serie di misure nell'aria in ingresso ed in emissione da un impianto per la produzione di CDR, secondo la tecnica della bio-essiccazione. Queste misure sono state finalizzate per dosare la concentrazione di diossine e furani e per verificare se fosse vera l'ipotesi che anche gli impianti di bio-essiccazione sono una fonte di contaminazione da diossine.

Le misure hanno riguardato l'aria esterna, l'aria in ingresso nei biofiltri proveniente dall'impianto di bio-essiccazione, l'aria in uscita dai biofiltri e l'aria in uscita dal reparto per la preparazione del CDR a partire dal prodotto bio essiccato.

In sintesi, i risultati sono riportati nella tabella seguente.

**TABELLA XVII: Concentrazioni di TCDD equivalenti nella linea trattamento aria di un impianto di bio-essiccazione**

	TCDD/F equivalenti (pg/Nmc)
Aria ambiente (100 metri dagli impianti)	0.181
Aria monte Bio filtro	0.129
Aria Uscita Bio filtro	0,033
Aria uscita trattamento CDR	0.015

Come risulta dalla Tabella XVII, la concentrazione di diossine “naturalmente” presenti nell'atmosfera, si riducono progressivamente, in particolare dopo l'uscita dal biofiltro.

Questo risultato è stato confermato da misure effettuate successivamente, ma non è inaspettato. Come già detto, le condizioni operative della bio-essiccazione non permettono in assoluto la sintesi ex-novo di diossine e furani.

Invece, diossine e furani sono presenti, come contaminanti, già nei RU.

Dati di letteratura (Abad, 2002) riportano concentrazioni di diossine nei rifiuti urbani in quantità estremamente variabile, a seconda del livello di contaminazione dei rifiuti stessi: da 64 ng I-TEQ/Kg a 2.2 ng I-TEQ/Kg.

I risultati del Mario Negri smentiscono l'ipotesi che nella bio-essiccazione l'insufflazione d'aria possa volatilizzare le diossine presenti nei rifiuti e contaminare l'aria stessa a concentrazioni superiori a quella prodotta dall'incenerimento di una pari quantità di RU. Questa ipotesi ignora il fatto che le diossine sono intrinsecamente poco volatili e che, in presenza di matrici di natura organica e di particolato fine, come nel caso dei bio essiccatori, si adsorbono a questi substrati e, grazie a questo tipo di interazione, la loro volatilità si riduce ulteriormente.

L'effetto di abbattimento di diossine e furani a valle dei biofiltri, oltre ad una spiegazione di natura chimico-fisica (adsorbimento) potrebbe essere attribuita ad una

vera e propria biodegradazione che ceppi di microorganismi sviluppati sui bio filtri possono esercitare sui composti organici clorurati.

Per comprendere meglio l'importanza dell'effetto decontaminante del trattamento MTB sulle diossine presenti nell'aria, ricordiamo che in un moderno inceneritore, al meglio delle prestazioni del suo sofisticato sistema di trattamenti dei fumi, la quantità di diossine e furani presenti in ogni metro cubo è di 4 picogrammi (Rapporto dell'osservatorio sul funzionamento del termovalorizzatore di Brescia -2002-2003), una quantità 20 volte superiore a quella mediamente presente nell'aria all'ingresso dell'impianto.

### ***Diossine e inceneritori***

In attesa di confermare e chiarire il meccanismo del fenomeno riscontrato negli impianti di bioessiccazione, con biofiltrazione dell'aria, si può certamente affermare che, nella ipotesi più sfavorevole in questi impianti, il bilancio tra diossine in ingresso (nei RU e nell'aria) ed in uscita (emissioni da camino, compost e biofiltri) è neutro. In altre parole, la quantità di diossine presenti nei materiali post consumo trattati è pari a quello presente in uscita nel materiale stabilizzato e nei bio-filtri.

Tuttavia, in entrambi le matrici, l'elevata concentrazione di composti organici humificati garantisce una bassa bio-disponibilità delle diossine, anche se queste sono presenti. E questa caratteristica, ben documentata da numerosi studi chimici e tossicologici, rappresenta una obiettiva opera di detossificazione dei RU trattati con la bio-essiccazione.

Al contrario, è noto che in alcune fasi dell'incenerimento le diossine sono sintetizzate ex novo, a partire da precursori non tossici.

Per far fronte a questo oggettivo problema (gli inceneritori producono diossine) è stato necessario mettere a valle dell'impianto termico complessi e sofisticati sistemi di abbattimento che non riescono a "distruggere" le diossine, ma le segregano in diverse nuove matrici (ceneri volanti, carboni attivi) che devono subire ulteriori trattamenti di inertizzazione che non tutti ritengono conclusivi ai fini di evitare possibili contaminazioni ambientali, specialmente in previsione di tempi di stoccaggio estremamente lunghi, a causa dell'elevata stabilità chimica delle diossine.

Questa problematica è stata studiata a fondo da Abad (2002) su un impianto di termovalorizzazione di RSU da 145.000 t/a, realizzato a Tarragona nel 1991 e adeguato nel 1997 con una linea fumi (filtri a manica, iniezione di calce e carbone attivo) in grado di rispettare ampiamente ( $0.0012 \div 0.0032$  ng I-TEQ/Nmc) i limiti più restrittivi previsti dalla normativa europea sui rifiuti

Lo studio ha realizzato un'accurata analisi della quantità di PCDD/F presente nell'aria ambiente e nell'aria all'interno del bunker di stoccaggio dei RU, negli stessi RU, nelle ceneri volanti, nelle ceneri pesanti e negli effluenti da camino.

La Tabella seguente riporta le concentrazioni medie di diossine riscontrate nell'aria all'esterno dell'impianto, all'interno dello stoccaggio RU e nelle emissioni a camino.

**TABELLA XVIII: Concentrazioni in aria di diossine nelle emissioni, nella zona di stoccaggio e nell'ambiente esterno dell'impianto di incenerimento di RSU di Tarragona.**

	<i>n</i>	pg I-TEQ/Nmc		
		<i>media</i>	<i>max</i>	<i>min</i>
Emissioni a camino	8	8	20	3
Aria bunker stoccaggio RU	5	1.39	4.6	0.085
Aria ambiente esterno	12	0.05	0.5	0.010

Da questa tabella risulta che la concentrazione di diossine nell'aria all'interno dell'impianto (bunker stoccaggio RU) è maggiore di quella riscontrata nell'aria esterna e questo inquinamento è molto variabile. Probabilmente questo fatto è dovuto alla emissione di diossine presenti nei rifiuti stoccati.

Dall'analisi dei dati riportati in Tabella XVIII si può anche constatare che, mediamente, la concentrazione di diossine nell'aria, all'uscita dell'impianto, è 160 volte maggiore di quella riscontrata nell'aria all'ingresso (aria ambiente).

Di fronte a questi numeri ci sembra difficile sostenere che gli inceneritori sono impianti di disinquinamento delle diossine.

Anche le analisi sulle matrici solide confermano la sostanziale infondatezza di questa affermazione.

**TABELLA IXX: Concentrazioni di diossine in diverse matrici solide presenti nell'inceneritore di RSU di Tarragona**

	<b>n</b>	<i>ng I-TEQ/Kg</i>		
		<b>media</b>	<b>min</b>	<b>max</b>
RU	22	11.3	1.5	87.5
Scorie	8	9.6	4	13
Ceneri volanti	8	512	270	720

La Tabella IXX mostra che nei RU inviati alla termovalorizzazione sono presenti quantità molto variabili di diossine. Dopo la combustione, le diossine non spariscono affatto ma si ritrovano nelle ceneri pesanti ed in concentrazioni molto più elevate nelle ceneri volanti, ossia quella parte di emissioni trattenute dai diversi sistemi di controllo fumi dove, insieme alle diossine, si concentrano anche tutti i metalli tossici filtrati dai fumi.

Ogni anno, l'impianto di termovalorizzazione in esame produce 3.120 tonnellate di ceneri volanti che, a causa del contenuto di diossine e metalli, sono da considerarsi un rifiuto tossico il cui smaltimento richiede opportuni, ulteriori trattamenti di inertizzazione ed adeguati stoccaggi.

E' il caso di ricordare che questo tipo di rifiuto prodotto dagli inceneritori tedeschi ed austriaci finisce nelle miniere di salgemma, insieme ad una quota delle ceneri volanti prodotte dall' inceneritore di Brescia. Ovviamente, l'inertizzazione, il trasporto e lo

stoccaggio di questi rifiuti hanno costi molto elevati e comportano rischi per i lavoratori e per l'ambiente ancora poco studiati.

Studi sui bilanci di massa di diossine condotti su un impianto di termovalorizzazione, operante in Italia, hanno fornito risultati simili (Giugliano et al. 2002).

In questo caso l'impianto da 400 ton /giorno è equipaggiato con uno dei più moderni sistemi di trattamento fumi: filtro a manica, *scrubber* umido a due stadi e impianto catalitico per il trattamento degli ossidi di azoto e delle diossine.

Il bilancio di massa delle diossine (I-TEQ) per unità di peso di RU trattato è risultato essere il seguente:

**TABELLA XX: PCDD/F nei residui del termo-valorizzatore per chilogrammo di RU incenerito.**

	I-TEQ (ng/kg RU)	%
Scorie	7.59	72.6
Ceneri boiler	0.58	5.6
Ceneri filtro maniche	1.94	18.6
Fanghi	0.16	1.5
Fumi		
<i>Fase gassosa</i>	0.15	1.5
<i>Fase particellata</i>	0.02	0.2
<b>Totale</b>	<b>10.44</b>	<b>100</b>

Facciamo notare che, in base a queste misure, l'impianto in questione non avrebbe rispettato il limite di rilascio totale di PCDD/F, adottato dal governo giapponese, nel 1997.

In base a questa normativa, che si pone l'obiettivo di garantire che l'inceneritore non sia un "impianto di produzione" di PCDD/F, la quantità complessiva di diossine presente nei fumi, nelle ceneri volanti e nelle ceneri pesanti non deve superare i 5 ng I-TEQ per chilo di rifiuto incenerito.

In conclusione, in base ai risultati di questi studi, un inceneritore può essere considerato un depuratore di diossine solo se i RU inviati a questo impianto sono molto inquinati da diossine.

Nell'inceneritore di Tarragona, il bilancio diossine può essere considerato nullo (la quantità di diossine presenti negli scarti trattati risulta uguale a quella complessivamente presente, a fine ciclo, nelle emissioni, e nelle ceneri) quando la concentrazione media di diossine nei RU è di 13.39 ng I-TEQ/kg.

Solo quando la concentrazione di diossine nei RU è superiore a questo valore il bilancio è negativo, il che significa che l'inceneritore ha degradato le diossine in ingresso e ne ha prodotto una quantità inferiore.

Nello studio effettuato sull'inceneritore di Tarragona, una sola volta, su otto, l'impianto ha prodotto meno diossine di quante ne fossero presenti nei RU trattati. In questo caso, la concentrazione di diossina misurata nei RU risultava particolarmente elevata (64.15 ng I-TEQ/kg).

Su base annua, questo valore sarebbe corrisposto ad una quantità di diossine in ingresso pari a 9.3 grammi. In questa situazione, e sempre su base annua, la quantità di diossine emesse dal camino, presenti nelle ceneri pesanti e nelle ceneri leggere sarebbe stata, rispettivamente, di 0.002, 0.46 , 1.15 grammi (totale: 1.61 grammi).

Nelle successive misure, effettuate sul termovalorizzatore di Tarragona la quantità di diossine in ingresso presente nei RU risultava sempre molto più bassa (da 1.03 a 0.32 g I-TEQ/anno) e in questi casi, rimanendo sostanzialmente costante la quantità di diossine trovate nei fumi e nelle ceneri, l'incenerimento comportava una produzione netta di diossine da 0.16 a 2.28 g I.TEQ/anno.

In conclusione, sia per il compostaggio che per l'incenerimento, la quantità di diossine che queste due tecnologie immettono nell'ambiente dipende dalla contaminazione dei materiali trattati.

Nei sistemi di trattamento biologico questo bilancio è sempre sicuramente nullo (quello che entra, esce) ed è possibile che sia negativo (diossine in uscita in quantità minori di quella in ingresso) se viene confermata la biodegradazione di questi composti ad opera della carica di microorganismi che sono presenti nel compost e nel bio-filtro. Inoltre, i risultati disponibili suggeriscono che i bio filtri possano essere un'eccellente "trappola" per questi composti, in quanto sono in grado di trattenerne, non solo eventuali diossine "strippate" dai RU, ma anche quelle naturalmente presenti nell'aria.

Gli inceneritori sembrano avere un bilancio negativo rispetto alle PCDD/F solo se i RU risultano fortemente contaminati, evento per fortuna sempre meno probabile, grazie alla drastica riduzione della produzione di diossine, a partire dagli impianti di incenerimento rifiuti, e al significativo calo della loro concentrazione in molte matrici ambientali e negli alimenti.

La maggiore quantità di diossine che un inceneritore immette nell'ambiente è su matrice solida (le ceneri), con rischio ambientale ridotto (ma da garantire anche nel lungo periodo), se opportunamente segregata.

La quantità di diossine immesse nell'ambiente attraverso i fumi rappresenta una percentuale molto piccola, rispetto alla quantità totale di diossine presente nelle matrici solide ed aeriformi in uscita all'impianto (inferiore allo 0.4 %, nel bilancio dell'inceneritore di Tarragona), ma tale da peggiorare significativamente ed in ogni caso, la qualità dell'aria in ingresso.

La logica conclusione che si può fare, esaminando questi dati, è che il ricorso all'incenerimento è giustificato solo per il trattamento e la decontaminazione di rifiuti tossici o molto contaminati da diossine.

## Quanti RU possono essere riciclati?

In percentuale, la riciclabilità massima tecnicamente raggiungibile per le diverse tipologie di scarti, si aggira sul 70 – 75 % di quanto immesso al consumo.

Obiettivi di riciclaggio vicini a questo valore (50-60 %), sono stati fissati dai governi di numerosi Stati e da amministrazioni locali, e in ormai numerosi casi, questi obiettivi sono stati raggiunti e superati.

Citiamo, come esempio, Seattle (500.000 abitanti) che, nel 1999 rispettava gli obiettivi di riciclaggio (60% dei RU prodotti) fissati dalla sua amministrazione comunale circa dieci anni prima. Questo obiettivo riguardava i residenti in case unifamiliari, ossia quelle che più facilmente si possono avvalere dell'efficienza della raccolta differenziata porta a porta. Nel complesso, in questa città del nord america, che ha privilegiato il riciclaggio e il compostaggio e ha rinunciato alla termovalorizzazione, il riciclaggio, alla fine del 1999, copriva il 40 % della produzione.

Anche San Francisco (770.000 abitanti) ha da tempo avviato politiche di raccolta differenziata del tipo “porta a porta”. Con la tecnica dei “*magnifici tre*”, ossia tre bidoncini assegnati ad ogni famiglia per raccogliere in modo differenziato scarti organici, carta e altri materiali riciclabili (vetro, plastiche, metalli), nel 2002 San Francisco raggiungeva una percentuale di raccolta differenziata pari al 62%.

Peraltro, molti Stati USA hanno raggiunto tassi di riciclaggio molto alti, adeguandosi all'obiettivo federale, fissato all'inizio degli anni '90, di riciclare il 50 % dei RU.

Se negli Stati Uniti, nel 1960 il riciclaggio ed il compostaggio erano il destino finale del 6,4 % dei RU prodotti, nel 2000 la quota riciclata e compostata in questo stesso paese raggiungeva il 30,1 %, a fronte di un 15 % di incenerimento.

In particolare, i dati statistici più aggiornati forniti dall' EPA (1999) segnalano come in sette Stati Federali il riciclaggio è uguale o superiore al 40 %, mentre in altri quindici Stati, la percentuale di riciclaggio è compresa tra il 30 e il 39 %.

Ma non occorre più uscire dall'Italia per trovare esperienze virtuose di riciclaggio.

Ormai anche in Italia risulta ampiamente dimostrata la possibilità di ottenere su larga scala tassi di riciclaggio dei rifiuti urbani superiori al 50%, con contemporanee forti riduzioni dei rifiuti indifferenziati da smaltire.

Tutte le esperienze condotte a livello nazionale indicano chiaramente come risultati di questa portata siano ottenibili soltanto se vengono applicate in gran parte dei territori coinvolti alcune specifiche modalità operative:

- che escludano o limitino fortemente la possibilità di libero conferimento del rifiuto indifferenziato nei cassonetti stradali.
- che prevedano la raccolta differenziata della frazione organica o, la gestione di questa frazione merceologica attraverso il compostaggio domestico.
- che facciano ampio ricorso alle raccolte differenziate domiciliari, almeno per i materiali aventi maggiore incidenza (carta e frazione organica);

Pertanto i sistemi da attuare devono prevedere la domiciliarizzazione dei servizi di raccolta almeno per carta, frazione organica e rifiuto residuale (indifferenziato). Tale

assetto complessivo dei servizi di raccolta dei rifiuti viene appunto identificato con il termine di sistema integrato di raccolta, dove l'accezione "integrato" si riferisce alla trasformazione del tradizionale ruolo "aggiuntivo" delle raccolte differenziate ad un ruolo (almeno parzialmente) "sostitutivo" della raccolta ordinaria (indifferenziata). Il sistema si fonda sul principio della differenziazione all'origine dei flussi di rifiuto recuperabili e sul superamento del dualismo tra sistema delle raccolte differenziate e sistema della raccolta del rifiuto residuo destinato a trattamento.

Si tratta in sostanza di passare, come descritto in letteratura, da un sistema di raccolta, quale quello stradale, orientato allo smaltimento, ad un sistema di raccolta orientato al recupero, effettuando una sorta di "rivoluzione copernicana" nell'approccio alla raccolta dei rifiuti.

L'efficacia di questi sistemi di raccolta è ampiamente documentata. Esistono ormai risultati consolidati a livello di bacino in diverse aree del Nord e del Centro e del Sud Italia.

Ad esempio, si possono citare i dati di alcuni **Bacini del Veneto**, qui di seguito riportati, che già nel 2003 hanno superato il 50% di RD.. Interessante notare che a fronte di elevate raccolte differenziate, anche la produzione procapite di RU (totale e indifferenziato) risulta inferiore alla media nazionale

PD1	RD 2003: 61,32%	RU residuo: 0,41 kg/ab. giorno
PD3	RD 2003: 57,90%	RU residuo: 0,48 kg/ab. giorno
PD4	RD 2003: 60,41%	RU residuo: 0,41 kg/ab. giorno
TV1	RD 2003: 57,32%	RU residuo: 0,41 kg/ab. giorno
TV2	RD 2003: 57,45%	RU residuo: 0,45 kg/ab. giorno
TV3	RD 2003: 61,62%	RU residuo: 0,40 kg/ab. giorno
VI2	RD 2003: 56,19%	RU residuo: 0,42 kg/ab. giorno
VI3	RD 2003: 60,65%	RU residuo: 0,32 kg/ab. giorno
VI5	RD 2003: 55,31%	RU residuo: 0,49 kg/ab. giorno
VR3	RD 2003: 50,13%	RU residuo: 0,51 kg/ab. giorno.

In **Lombardia**, nel bacino gestito dalla Società Cremasca Servizi si è ottenuta, nel 2003, una % di RD pari al 61,3%, il Consorzio Est Milanese (soggetto che per primo in Italia ha adottato il sistema integrato domiciliare) ha raggiunto il 60,1%, il Consorzio dei Comuni dei Navigli il 56,4%, il Consorzio Alta Brianza "Il Cilindro" il 54,6%, il Consorzio Casalsca Servizi (CR) il 54,6%.

In **Piemonte**, il Consorzio Medio Novarese ha ottenuto nel 2003 una % di RD pari al 56,7, mentre il Consorzio Servizi del Verbano Cusio Ossola ha raggiunto il 49,0% ed il Basso Novarese il 40,9% (che sale al 54,6% escludendo il capoluogo).

Carattere comune di tali esperienze è l'assenza di cassonetti stradali per il conferimento della frazione residua (indifferenziata), la quale viene raccolta tramite contenitori posti nelle pertinenze degli stabili ed esposti solo al momento della raccolta, o tramite sacchi. A volte poi è presente un sistema di controllo sulla frazione

residuale, eventualmente accompagnato a meccanismi tariffari quale i sistemi PAYT (*Pay As You Throw*: paghi in proporzione a quanto butti via), in cui il pagamento della Tariffa Rifiuti, a carico dei singoli nuclei familiari, varia a seconda della quantità di rifiuto indifferenziato prodotto..

Si può affermare che la presenza di cassonetti stradali per il rifiuto indifferenziato (sempre accessibili a chiunque) favorisca la “deresponsabilizzazione” degli utenti, e quindi allontani da comportamenti più attenti all’ambiente, mentre viceversa sistemi domiciliari, specie se associati ad incentivazione tariffaria, inneschino più facilmente comportamenti virtuosi.

La possibile scelta della Provincia di Savona di riciclare almeno il 50 % della propria produzione di RU, va quindi nella giusta direzione.

## **Il rifiuto che non c'è**

Nella Regione Trentino Alto Adige, in cui da qualche anno è partita una energica politica di incentivi alla riduzione della produzione dei rifiuti, nel 2003 si è registrata una sensibile riduzione della produzione pro-capite (-13,5%), rispetto al 2000.

Riduzioni dello stesso ordine di grandezza si sono registrati nel Trevigiano (Consorzio Priula: 22 comuni, 205.000 abitanti), dove, grazie alla raccolta porta a porta e all'applicazione di Tariffa personalizzata, nel giro di due anni la produzione annua procapite di RU è passata da 428 kg a 360 kg, con una riduzione del 16%, con una raccolta differenziata che sfiora il 70%.

Anche il compostaggio domestico è un modo per ridurre alla fonte la produzione di RU. Infatti ogni nucleo familiare che attua questa pratica, riutilizza nel proprio giardino, nell'orto, ma anche nei vasi da fiore tenuti in casa o sul poggiolo, il compost prodotto, sottraendo al ciclo del ritiro e del trattamento gran parte (circa il 70%) dei propri scarti di cucina, degli sfalci, delle patate.

Pertanto, ogni nucleo familiare che attua il compostaggio domestico riduce dal 20 al 30 % la propria produzione di rifiuti da avviare ai successivi trattamenti

Pertanto l'ipotesi di ridurre nel savonese la produzione di RU del 10%, conteggiando in questa quota anche gli scarti avviati al compostaggio domestico, ci sembra realistica.

## **Effetti sull'impatto ambientale di una politica di riduzione della produzione di RU.**

A Savona, la riduzione di un punto in percentuale della produzione di rifiuti urbani, comporta la scomparsa dal ciclo dei rifiuti di circa 2.000 tonnellate all'anno.

L'inquinamento evitato per la mancata raccolta, trasporto e smaltimento di questa massa di rifiuti è sintetizzato nella tabella seguente, a seconda del sistema di gestione adottato, tra i due sistemi principali discussi in questo studio.

**TABELLA: Inquinamento annuo evitato (kg) per ogni punto percentuale di riduzione nella produzione di RU nella Provincia di Savona**

	BIOSTABILIZZAZIONE	TERMOVALORIZZAZIONE
	<i>kg</i>	<i>kg</i>
Particellato	14,2	80
NO <sub>x</sub>	182,7	1.185
CO	173,2	287
COV	28,6	39,5
SO <sub>2</sub>	56	84
HCl	2,4	116
<i>PCDD/F</i>	<i>80,4 pg</i>	<i>800,3 pg</i>

Una politica di riduzione nella produzione dei rifiuti comporta anche un'importante risparmio di volumi di discarica.

In base ai modelli proposti una riduzione di 2.000 tonnellate di RU all'anno comporta una riduzione nella produzione di rifiuti da mettere a discarica pari a:

- 600 tonnellate all'anno nello scenario TERMOVALORIZZAZIONE
- 1.300 tonnellate nello scenario BIOSTABILIZZAZIONE

### **La riduzione dei RU negli USA**

Sulle politiche di riduzione alla fonte dei RU realizzate in altri paesi, riportiamo i risultati ottenuti negli Stati Uniti, in otto anni di attività di prevenzione della produzione di RU, attuata attraverso:

- progettazione dei prodotti e degli imballaggi per ridurre la quantità o la tossicità dei materiali usati o per renderne più facile il riuso
- riuso dei prodotti esistenti, per esempio con il vuoto a rendere
- allungamento della vita media di prodotti di grande consumo, ad esempio gli pneumatici
- trattamento di scarti organici, quali avanzi di cucina e sfalci d'erba con il compostaggio sul luogo di produzione o con metodi alternativi quali lasciare liberamente decomporre gli sfalci sugli stessi prati tosati ("mulching").

Con queste pratiche, la riduzione alla fonte dei RU negli USA, in milioni di tonnellata /anno, a partire dal 1992, è quella riportata in Tabella

Anno	Milioni di tonnellate di RU non prodotti in USA
1992	0.6
1994	8.0
1995	21.4
1996	31.0
1997	31.8
1998	37.3
1999	42.8
2000	55.1

Nell'anno 2000, gli USA hanno prodotto 232 milioni di tonnellate di RU.

Senza nessuna politica di riduzione alla fonte, la produzione di RU sarebbe stata di 287 milioni di tonnellate.

Pertanto gli USA, nel 2000, grazie all'adozione di numerose iniziative di disincentivazione, sono riusciti a ridurre del 19% la loro produzione annua di RU.

## Emissione di gas con effetto serra nella gestione dei RU.

### *Il Protocollo di Kyoto*

L'approvazione, anche da parte italiana, del Protocollo di Kyoto avvenuta il 1 Giugno 2002, e la definitiva ratificazione di questo Protocollo, il 16 Febbraio 2005, da parte di 141 Nazioni, ha inserito una nuova importante variabile nei criteri di scelta dei metodi di gestione dei RU: i crediti di gas serra.

I paesi che hanno sottoscritto il trattato avranno accesso al nuovo mercato internazionale dei crediti dei gas serra, che è stimato valere miliardi di dollari all'anno (Direttiva 2003/87/CE del 13 ottobre 2003). Questo "mercato" permette ad ogni paese di vendere e/o acquistare permessi per emettere gas serra. Infatti un paese che non riesce o non vuole ridurre le proprie emissioni, può comprare crediti per gas serra ad un altro paese che invece ha ridotto le proprie emissioni.

Il valore dei crediti gas serra sarà lasciato al libero mercato.

Indicativamente, i crediti di carbonio derivanti da progetti di Joint Implementation (JI) e da Clean Development Mechanism (CDM) dovrebbero avere un costo medio pari a 4-6 € per ogni tonnellata di anidride carbonica, assunta come termine di confronto unitario anche per gli altri gas-serra, il cui impatto è dato in tonnellate equivalenti di anidride carbonica.

Invece, nel sistema di scambio delle quote di emissione tra paesi della Comunità, il costo stimato è di circa 40 € a tonnellata di gas serra.

L'obiettivo finale di questo mercato è quello di ottenere una riduzione globale delle emissioni di questi particolari gas (specialmente anidride carbonica e metano), senza penalizzare obiettivi di sviluppo di un singolo paese, come pure senza penalizzare le nazioni che non sono ancora in grado di effettuare investimenti per migliorare la propria efficienza energetica o la conversione all'uso di fonti energetiche rinnovabili.

Con la sottoscrizione del Protocollo di Kyoto, l'Italia si è impegnata a ridurre del 6,5% le proprie emissioni di gas serra, rispetto alle emissioni avvenute nel 1990 e questa riduzione deve avvenire tra il 2008 e il 2012.

In base alle dichiarazioni del ministro dell'Ambiente Altero Matteoli, l'Italia dovrà ridurre le proprie emissioni di gas serra per **100 milioni di tonnellate**.

Per raggiungere questo obiettivo, le scelte del governo italiano stanno privilegiando scelte di ottimizzazione della capacità "nazionale" di assorbimento di carbonio atmosferico, in particolare con la realizzazione di nuove piantagioni forestali (anche a scopo energetico).

Una seconda opzione è quella di promuovere e facilitare programmi per l'acquisizione di "crediti di carbonio" e di "crediti di emissione", come pure per progetti in campo energetico.

All'interno di queste opzioni dovrebbe essere evidente l'opportunità che il nostro Paese, anche localmente, dia la priorità alle scelte che possano garantire la minore

emissione o, ancor meglio, la massima riduzione di emissione di gas serra in atmosfera, anche nella gestione dei RU di origine urbana.

A questo riguardo, importanti contributi alla riduzione delle emissioni di gas serra, da parte del nostro apparato produttivo, possono venire da politiche di riduzione alla fonte di imballaggi e prodotti “usa e getta”, realizzati con una diversa progettazione del “packaging”, con la reintroduzione del vuoto a rendere, con la vendita di prodotti sfusi e “alla spina”, con la sostituzione di materie plastiche con polimeri realmente “bio-degradabili” in prodotti di largo consumo quali bicchieri e posate che da prodotti “usa e getta” diventano prodotti “usa e composta”.

Sensibili riduzioni delle emissioni di “gas serra” possono anche essere realizzati, senza effetti negativi sul Prodotto Interno Lordo (PIL), con energiche politiche di riciclaggio dei materiali post consumo e con un uso estensivo e regolare di compost per uso agricolo, utilizzando i campi come “pozzi” di carbonio organico.

Non va dimenticato che grazie all’applicazione di compost ai terreni agrari si riduce la generazione di gas serra da produzione ed applicazione di concimi (con particolare riferimento al minore sviluppo di N<sub>2</sub>O) e pesticidi.

Inoltre, migliorando la lavorabilità dei suoli, grazie al compost, diminuisce la spesa energetica per la loro lavorazione, ecc. , non va poi dimenticato l’obiettivo di contrastare i fenomeni di desertificazioni connessi con il minore contenuto di *humus* dei nostri terreni agricoli.

**Una ulteriore e significativa riduzione delle emissioni di gas serra da parte del nostro Paese può essere realizzata con la segregazione del carbonio “fossile” contenuto nelle plastiche, residuali ad una energica politica di riuso, riciclo e di bio-stabilizzazione.**

Riteniamo opportuno sottolineare che sostanziali politiche di riduzione, riuso, riciclaggio, compostaggio, bio-ossidazione sono elementi fondamentali del nuovo Piano per la Gestione dei rifiuti urbani della Provincia di Savona.

Ciò significa che il nuovo Piano, una volta realizzato, potrebbe mettere a disposizione una quantità di crediti di carbonio tutt’altro che trascurabile.

Tali crediti potranno essere venduti anche alle aziende operanti sul territorio savonese inserite nell’elenco di attività ad elevata emissione di gas serra (centrale a carbone, cokeria, vetrerie....) o, come prevede la Direttiva, utilizzate per assegnare le quote di emissione a nuove attività produttive realizzate sul territorio nazionale a partire dal 2008, fino al 2014.

La Tabella XXII riporta le quote di anidride carbonica assegnate per il 2005, alle principali aziende che operano nella provincia di Savona (*Direttiva 2003/87/CE – Integrazione al Piano Nazionale di Assegnazione*)

**TABELLA XXII: Quote CO<sub>2</sub> assegnate nel 2005 ad impianti produttivi operanti nella provincia di Savona**

<b>Azienda</b>	<b>Località</b>	<b>Ton CO<sub>2</sub> assegnate (2005)</b>
Tirreno Power <i>spa</i>	Vado Ligure	4.179.511
Ferrania <i>spa</i> Centrale termoelettrica	Ferrania	31.489
Italiana coke	S. Giuseppe di Cairo	188.540
Syndial <i>spa</i>	Cengio	29.626
San Goben Vetri	Carcare	45.450
San Goben Vetri	Deگو	126.126
Bormioli Rocco & figlio	Altare	45.457
Vetreteria Etrusca	Altare	21.057
Sanac <i>spa</i>	Vado Ligure	7.793

## **Bilanci di “gas serra” nella gestione dei RU**

Emissioni di gas serra e trattamenti RU: stime USA

Lo studio di R.A Denison (*Environmental life-cycle comparisons of recycling, landfilling and incineration: a review of recent studies. Annu. Rev. Energy Environ. 1996. 21: 191-237*) ha messo a confronto i bilanci globali sia energetici che delle emissioni di diversi inquinanti, tra cui l’anidride carbonica attribuibili al riciclaggio, alla discarica e alla termovalorizzazione dei RU.

Questa pubblicazione è una rassegna bibliografica in cui sono messi a confronto i risultati di quattro diversi studi che hanno stimato i bilanci energetici ed ambientali di queste tre diverse tecniche di trattamento dei RU.

I quattro studi sono stati condotti da:

- Franklin Associates, per conto dell’ organizzazione “Keep America Beautiful” (Mantieni Bella l’America) con riferimento agli USA
- Tellus Institute, per la New York State Energy Research and Development Authority, con riferimento allo stato di New York
- Standford Research Institute, per conto del Dipartimento Americano dell’Energia (DOE), con riferimento a Palo Alto (California)
- Sound Resource Management Group (Ontario, Canada)

Si tratta dell’analisi di situazioni Nord Americane alla metà degli anni ’90, non eccessivamente diversa per tipologia di rifiuti, produzione procapite, tecnologie di trattamento, da quelle presenti attualmente nel nostro paese.

Denison nella sua analisi, condotta con l’ottica della valutazione sull’intero ciclo di vita dei prodotti, definisce diverse ipotesi i cui dettagli possono essere letti nella relazione integrale presente nell’allegato CD.

La Tabella XXIII riporta le stime di Denison sul bilancio dell’emissione di anidride carbonica e metano per ogni tonnellata di RU messo a discarica, termovalorizzato e riciclato. In parentesi sono riportati i valori di CO<sub>2</sub> equivalenti calcolati con riferimento al metano il cui effetto serra, a parità di peso, è stimato 21 volte superiore.

**TABELLA VI: Emissione di gas serra negli USA. con diversi trattamenti di una tonnellata di RU. (Denison, 1996)**

	<b>Anidride carbonica</b> <i>Kg/ton</i>	<b>Metano</b> <i>Kg/ton (CO<sub>2</sub> eq)</i>
Discarica	144	56 (1.176)
Termovalorizzazione	444	0,002 (0,04)
Riciclo	-1.131	- 0,004 (-0,08)

I risultati presentati nella tabella possono sembrare sorprendenti e sono certamente in totale contraddizione con quanto normalmente si legge sulla stampa e si sente dire nelle trasmissioni televisive, anche quelle di divulgazione scientifica, ossia i vantaggi della termovalorizzazione dei rifiuti per ridurre le emissioni di gas serra.

In base alle stime di Denison la **termovalorizzazione di una tonnellata di RU comporta un aumento di oltre 400 chili di gas serra.**

Nel bilancio dei gas serra, a favore della discarica sta il fatto che gran parte del carbonio messo a discarica, in particolare quello fossile delle plastiche, resta segregato nella discarica stessa. Lo svantaggio della discarica, ai fini del bilancio di gas serra, è da attribuire alle emissioni di metano formatesi per fermentazione anaerobica degli scarti biodegradabili e alla più elevata capacità di questo gas di assorbire energia termica raggianti.

Invece gran parte del carbonio presente nei RU, con la loro termovalorizzazione, viene ri-immesso in atmosfera, sotto forma di anidride carbonica. Ovviamente, nel bilancio di Denison è stata conteggiata, sottraendola, l'anidride carbonica risparmiata con la termovalorizzazione per l'evitata produzione di elettricità da fonti energetiche convenzionali, ma questo contributo, in base alla efficienza media dei termovalorizzatori USA e alle modalità di produzione di elettricità in questo paese (che implica il risparmio di CO<sub>2</sub> solo per quella quota percentuale di energia prodotta per via termoelettrica a partire da combustibili fossili), fa risparmiare solo circa la metà della CO<sub>2</sub> prodotta dalla termovalorizzazione.

Le eccezionali prestazioni, in termini di risparmio di gas serra del riciclo sono dovute ai bassi consumi energetici necessari per il recupero dei materiali, ma in particolare alla evitata emissione di gas serra per l'evitata estrazione di materie prime e produzione di nuovi prodotti realizzati con materie vergini.

La stima di Denison valuta a **1.236 chili la quantità di anidride carbonica risparmiata, grazie al riciclaggio**, per l'evitata produzione *ex-novo* di una tonnellata di RU la cui composizione è fatta da

- 500 chili di carta,
- 320 chili di vetro,
- 85 chili di acciaio,
- 35 chili di alluminio,
- 40 chili di polietilene
- 20 chili di poli etilen tereftalato,

ovvero la composizione media dei RU raccolti in modo differenziato e riciclati negli USA.

## **Emissioni di gas serra e trattamenti RU: stime Unione Europea.**

E' possibile che le stime sulle emissioni di gas serra effettuate da Denison in base alla realtà produttiva statunitense, non siano completamente estrapolabili alla realtà europea.

Ad esempio, l'importante ricorso all'energia nucleare e alle fonti rinnovabili quali l'idroelettrico negli Stati Uniti non è favorevole ai bilanci ambientali della produzione di elettricità con la termovalorizzazione dei rifiuti. Infatti in questo caso con la termovalorizzazione si sostituirebbero fonti energetiche "pulite" (idroelettrico) o comunque non impattanti in termini di anidride carbonica (nucleare), con una fonte energetica relativamente più sporca in termini di emissioni di gas serra (la termovalorizzazione dei RU).

Per effettuare stime più congrue alla realtà savonese, è dunque opportuno prendere in considerazione la realtà europea.

A questo scopo ben si presta lo studio affidato dalla Commissione Europea (Direzione Generale Ambiente) alla *AEA Technology Environment*, intitolato "Opzioni nella gestione dei rifiuti e cambiamenti climatici".

Il testo integrale di questo studio, presentato nel 2001, e che copre 15 Stati dell'Unione Europea è consultabile nell'allegato CD.

Lo studio ha valutato il contributo, in termini di bilancio globale di emissioni di gas con effetto serra, dei seguenti metodi di gestione di RU:

- Discarica di rifiuti indifferenziati
- Incenerimento con recupero di energia realizzato con
  - Incenerimento di RU indifferenziato
  - Incenerimento di Combustibile da Rifiuto (CDR)
  - Pirolisi
  - Gassificazione
- Trattamenti meccanico-biologici (MBT)
  - Mediante biostabilizzazione aerobia
  - Mediante digestione anaerobica
- Compostaggio di qualità
  - Domestico
  - Industriale
- Digestione anaerobica
- Riciclo

Lo studio ha anche considerato nei bilanci, il carbonio non fossile opportunamente stoccato (sequestrato) nel terreno o in idonei impianti, per più di 100 anni, secondo la metodologia individuata dalle istituzioni sopranazionali, anche se diversi esperti segnalano la necessità di valutare anche gli effetti a breve-medio termine dell'utilizzo di fertilizzanti organici, quali il rilascio differito di CO<sub>2</sub> e dunque la creazione di "profili di accumulo" di carbonio nel suolo, che può comportare un sensibile aumento del quantitativo totale di C incluso nel suolo<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Si rimanda, ad es., a quanto contenuto in: Favoino, Hogg; "Biowaste and Climate Change: a Strategic Assessment of Composting" Proc. Conferenza Internazionale "Waste Management and Climate Change", Parigi 2002

I principali metodi di “sequestro” del carbonio presi in considerazione sono:

- La lenta degradazione di discariche con scarti bio-degradabili non trattati
- Scarti biodegradabili stabilizzati con metodi meccanico-biologici prima del loro stoccaggio
- Carbonio presente nel compost ed incorporato nell'*humus* stabile nei suoli (agricoli, forestali, giardini, parchi)

In relazione a tutti questi scenari, sono state valutate le quantità di gas serra emessi o evitati e i relativi bilanci complessivi. I gas serra presi in considerazione sono l'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), ossido di azoto (N<sub>2</sub>O).

Posto uguale ad 1 l'effetto serra indotto dalla CO<sub>2</sub>, quello indotto da metano e ossido di azoto è stimato molto più elevato, rispettivamente 21 e 310 volte. I contributi effettivi di ciascuno di questi gas all'effetto serra, calcolati in base a questi fattori, sono stati sommati e riportati come chilogrammi di CO<sub>2</sub> equivalenti per tonnellata di RU trattato.

La composizione media dei RU in Europa utilizzata per queste stime è riportata nella Tabella XXIV

**TABELLA XXIV: Composizione media dei RU in Europa**

<b>Componenti</b>	<b>Percentuale peso umido</b>
Carta	29%
Organico putrescibile	31%
Plastica	8%
Vetro	11%
Metalli	5%
Tessuti	2%
Sottovaglio	13%

Le percentuali delle diverse frazioni merceologiche riportate nella Tabella sono confrontabili con i valori riscontrati nelle zone del centro di Savona nella analisi merceologica realizzata per conto della Provincia di Savona dall'Istituto per le piante da legno e l'ambiente nei primi mesi del 2005.

Nello studio della *AEA Technology* i bilanci di gas serra, nelle diverse opzioni, sono riportati nella tabella seguente.

**TABELLA XXV: Bilancio gas serra (kg CO<sub>2</sub> eq/ tonnellata RU trattati)**

<b>Riciclaggio</b>	
<i>Carta</i>	-600
<i>Polietilene</i>	-491
<i>PET</i>	-1.761
<i>Vetro</i>	-253
<i>Ferro</i>	-1.487
<i>Alluminio</i>	-9.074
<i>Tessuti</i>	-3.169
<b>Materiali riciclabili e compostaggio da raccolta differenziata RU</b>	<b>-461</b>
<b>Bio stabilizzazione e messa a discarica</b>	
Con bio-ossidazione spinta	-403
Con bio-ossidazione breve	-329
<b>Compostaggio</b>	
Compostaggio domestico	-58
Compostaggio in cumulo	-37
Compostaggio in bio-celle	-32
<b>Digestione anaerobica</b>	
Con recupero elettricità	-104
Con recupero elettricità e calore	-185
<b>Bio stabilizzazione e incenerimento con produzione di elettricità</b>	
Con bio-ossidazione spinta	-295
Con bio-ossidazione breve	-221
<b>Incenerimento</b>	
Solo carta con produzione elettricità	-235
Solo plastica con produzione elettricità	1.556
RU indifferenziati con produzione di elettricità	-10
Con CDR in centrale a carbone	-337
<b>Discarica</b>	
RU non trattati <i>(alto contenuto carbonio biodegradabile)</i>	614
RU non trattati <i>(basso contenuto carbonio biodegradabile)</i>	42

Sulla base di tali valori unitari, e ragionando sugli *effetti combinati* – sui diversi materiali - delle diverse strategie complessive di gestione, lo studio della *AEA Technology* ha dimostrato che la raccolta differenziata dei RU, seguita dal riciclaggio di carta, metalli e plastica e compostaggio o digestione anaerobica della

frazione putrescibile, produce il più basso flusso di gas serra, (-461 kg CO<sub>2</sub> eq/t) rispetto a tutte le altre opzioni per il trattamento dei RU tal quale.

Sulla frazione residuale non sottoposta a raccolta differenziata, il sistema di trattamento che produce il minimo flusso di gas serra (-403 kg CO<sub>2</sub> eq/ton RU) è il **trattamento meccanico biologico (TMB)** con recupero dei metalli e messa a discarica degli inerti e del compost stabilizzato in modo spinto. Il risultato è particolarmente positivo nel caso venga considerato il sequestro di carbonio per collocazione di parte dei materiali residuati dal TMB in discarica.

La Tabella XXV mostra anche come la **termovalorizzazione dei rifiuti indifferenziati**, nonostante la produzione di elettricità, comporti una trascurabile riduzione dell'emissione di gas serra (-10 kg CO<sub>2</sub> eq/t), nettamente inferiore a quella ottenibile con il riciclaggio.

Il motivo di questo risultato si può comprendere analizzando il bilancio di gas serra quando solo la plastica è utilizzata come combustibile di un termovalorizzatore.

Come riportato in Tabella XXV, la termovalorizzazione della sola plastica comporta una netta emissione positiva di gas serra (1.556 kg CO<sub>2</sub> eq/t). E ovviamente questo risultato è dovuto al fatto che **tutto il carbonio delle plastiche è carbonio fossile**. E se l'energia elettrica prodotta bruciando una tonnellata di plastiche fa risparmiare 703 chili di gas serra, la quantità di gas serra emessi bruciando questa stessa quantità di plastica equivale a 2.252 kg, a cui si devono aggiungere altri 8 chili di CO<sub>2</sub> durante il trasporto della plastica dal punto di produzione all'inceneritore.

## **Metodi di gestione dello stoccaggio dei RU bio-stabilizzati e gas serra**

L'efficienza della filiera "TMB + discarica del bio-stabilizzato", al fine del contenimento delle emissioni di gas serra, migliora se nella discarica si adottano le migliori tecniche per il controllo della produzione di biogas.

Il bio-stabilizzato può essere compattato con le normali presse usate per i RU, con il raggiungimento di densità molto alte (1.5 ton/mc). Poiché l'originale densità di RU bio stabilizzato è di 0,5 ton/mc (dato dell'impianto di Fusina (VE)), con la compressione si ottiene una importante riduzione dei volumi occupati, ma anche una conduttività idraulica del biostabilizzato compresso molto bassa (da  $1 \times 10^{-10}$  a  $5 \times 10^{-9}$  m/s). Ciò significa una bassa infiltrazione di acqua nel bio-stabilizzato compattato e di conseguenza una forte riduzione della produzione di lisciviato.

In base a dati sperimentali, rispetto a quello che avviene in una discarica del "tal quale", nel lisciviato da bio-stabilizzato compresso la quantità totale di azoto si riduce del 95%, mentre il carbonio organico si riduce dell' 80-90%.

Inoltre, l'emissione di bio-gas da una discarica per il bio-stabilizzato si riduce del 90 % rispetto a discariche che raccolgono rifiuti non trattati, essenzialmente per la produzione distintamente minore di biogas e metano dalla degradazione anaerobica dei materiali in discarica (che nel caso di materiali stabilizzati è marcatamente inferiore).

Se il bio essiccato compattato è ricoperto con un primo strato di ossidazione permeabile (si potrebbero usare gli inerti recuperati con sistemi meccanici dopo la bioessiccazione) e con uno strato di bio-essiccato e/o compost grigio non compattato, di circa 0.8 metri di spessore, l'eventuale produzione marginale di metano che si

libera dagli strati compatti di RU indifferenziati, potrà essere ossidato biologicamente durante l'attraversamento di questo strato superficiale che agisce da bio filtro.

Misure sperimentali hanno verificato che nel bio-stabilizzato compattato si sviluppano condizioni di anaerobiosi, ma la ridotta attività microbica nel materiale essiccato garantisce una ridotta produzione di bio-gas. Inoltre le dinamiche rallentate di produzione rendono possibile l'ossidazione progressiva del metano nello strato di ossidazione superficiale.

Complessivamente, il trattamento descritto rende stabile la discarica grazie alla ridotta attività biologica dei materiali stoccati, può evitare la necessità di raccogliere il biogas formato, riduce in modo significativo le emissioni di gas serra e riduce a valori minimi il lisciviato da trattare.

In maggiore dettaglio, il trattamento meccanico-biologico dei RU può prevedere due diverse opzioni, in base alla durata del compostaggio. Quelle prese in considerazione dalla *AEA Technology* nel suo studio sono le seguenti:

1° Caso. Stabilizzazione biologica spinta. Trattamento per circa 90 giorni.

Carbonio organico biodegradabile residuo tra 5 e 10 %

2° Caso. Stabilizzazione biologica ridotta. Trattamento per 40-60 giorni

Carbonio organico biodegradabile residuo pari a circa il 75%.

Segnaliamo, a riguardo, il fatto che sistemi più moderni di biostabilizzazione, in funzione anche in Italia, prevedono tempi di trattamento relativamente brevi e simili a quelli individuati da AEA nel secondo caso: 15 giorni per trattamenti finalizzati all'essiccazione e al successivo uso come combustibile, 35-40 giorni per trattamenti finalizzati alla stabilizzazione dei RU e al loro stoccaggio.

In Italia ci si pone infatti generalmente l'obiettivo di una riduzione leggermente inferiore del potenziale di produzione del biogas rispetto ai limiti tedeschi; la riduzione del potenziale è infatti estremamente veloce nelle prime settimane, mentre successivamente la velocità diminuisce asintoticamente, e l'ulteriore, marginale vantaggio in termini di stabilizzazione per mineralizzazione di composti a minore degradabilità comporterebbe un tempo di processo prolungato, ma anche maggiori spese energetiche, con un bilancio complessivo non sempre positivo

## *Allegato 7*

### **Impatto ambientale dell'uso del bioessiccato in centrali termoelettriche a carbone.**

Attualmente la maggior parte degli impianti di biostabilizzazione operanti in Italia sono progettati per produrre Combustibile Da Rifiuto (CDR).

Questa pratica è prevista dalla nostra normativa e economicamente incentivata con l'attribuzione ai rifiuti urbani del riconoscimento di "fonte energetica rinnovabile" (Decreto 387).

Grazie a questo riconoscimento i gestori di termovalorizzatori o impianti termoelettrici che utilizzano CDR possono vendere "Certificati Verdi" ai produttori di energia elettrica da fonti convenzionali che, con questo acquisto, possono ottemperare all'obbligo di produrre il 2% della loro elettricità da fonti energetiche rinnovabili.

Oggi, grazie ai Certificati Verdi, un chilowattora prodotto da "fonte energetica rinnovabile" viene pagato circa 9 centesimi di Euro che si aggiungono ai circa 5,6 centesimi del prezzo corrente del chilowattora da fonte convenzionale.

Peraltro, l'uso del CDR in centrali convenzionali a carbone, in parziale sostituzione a questo combustibile fossile è tecnicamente possibile, previa una adeguata pellettizzazione del CDR stesso.

Il vantaggio ambientale di questa pratica è che utilizzando il rifiuto come combustibile in un impianto già esistente, non si aggiunge una nuova fonte di emissione sul territorio interessato e se il CDR ha caratteristiche migliori del combustibile convenzionale, una parziale sostituzione del carbone con CDR dovrebbe garantire minori emissioni di inquinanti nell'ambiente.

Inoltre la trasformazione del rifiuto in CDR, ne aumenta il potere calorifico, riduce la produzione di ceneri e la presenza di metalli pesanti.

In Italia da alcuni anni, presso il Comune di Venezia, sono in corso sperimentazioni sull'impatto ambientale derivante dalla parziale sostituzione di carbone nella centrale termoelettrica di Fusine, con CDR prodotto da un impianto di bio-essiccazione che tratta rifiuto urbano indifferenziato prodotto dal bacino di Venezia-Mestre.

I risultati di questa sperimentazione ad oggi disponibili (Dicembre 2003), permettono di arrivare alle seguenti conclusioni:

- a) Il CDR prodotto con tecniche meccanico biologiche a partire da rifiuti urbani indifferenziati, riesce a rispettare le specifiche previste dalla normativa italiana per questo tipo di prodotto.
- b) Rispetto al carbone, il CDR presenta maggiori concentrazioni di cloro, cadmio, mercurio, piombo, rame e minori concentrazioni di zolfo e nichel
- c) Rispetto al carbone la composizione chimica del CDR è più variabile
- d) Le emissioni di un impianto termoelettrico a carbone (120 t/h), con parziale sostituzione del carbone con CDR (3 – 9 t/h) rispettano i limiti di legge per questo tipo di impianto
- e) L'uso di CDR è correlato ad una minore emissione di polveri totali, di cromo, manganese, vanadio, arsenico, antimonio, rispetto alla combustione del solo carbone.

- f) L'uso del CDR è correlato ad una costante maggiore emissione di ammoniaca, cloro, mercurio, idrocarburi policiclici aromatici totali, diossine e furani, rispetto alla combustione di solo carbone.

In sintesi la sperimentazione effettuata a Fusina ha permesso di verificare che la sostituzione di carbone con CDR, peggiora la qualità delle emissioni in modo rilevante per diversi inquinanti, in particolare diossine e furani

A fronte di una emissione di PCDD/F di 0,179 picogrammi (I-TE)/m<sup>3</sup> con la combustione di solo carbone, le emissioni medie di questa classe di composti nelle tre sperimentazioni con CDR sono risultate, rispettivamente: 1,369, 1,814, 4,050 picogrammi (I-TE) /m<sup>3</sup>.

Questi dati, insieme a quelle delle portate orarie dei fumi e dei quantitativi di carbone e CDR bruciati ogni ora, permettono di fare le seguenti considerazioni:

- a. Per ogni tonnellata di carbone la centrale di Fusina emette in atmosfera circa 1,6 ng di PCDD/F (I-TE).

*E' una quantità di diossine molto bassa, inferiore alle migliori prestazioni degli attuali termovalorizzatori (40 ng/ton sono le emissioni di PCDD/F dell'inceneritore di Brescia), a conferma del ruolo marginale delle centrali termoelettriche a questo tipo di inquinamento.*

- b. Per ogni tonnellata di CDR bruciato nella centrale si è avuta una produzione ex novo di diossine, variabile da 446 a 573 ng.

*La quantità di diossine immessa nell'ambiente a seguito della co-combustione di CDR è molto elevata, tale da peggiorare significativamente l'emissione totale di diossine dalla centrale, che da una "produzione" di diossine di 1,6 ng per tonnellata di combustibile passa a 13 ÷ 40 nanogrammi per tonnellata di combustibile bruciato (carbone +CDR).*

*Il netto incremento della produzione di diossine con la co-combustione di CDR potrebbe avere questa spiegazione:*

*nelle centrali a carbone la produzione di diossine è relativamente bassa in quanto, in base a dati sperimentali, è possibile che lo zolfo inibisca la formazione di diossine, inoltre il cloro è presente nel carbone a concentrazioni molto basse (0,005 ÷ 0,016 nell'impianto di Fusine) e molto bassa è anche la concentrazione di rame (<1mg/kg nel carbone di Fusina) che può catalizzare la formazione di diossine durante la combustione, a partire dai suoi precursori.*

*Al contrario, il CDR di Fusine contiene più cloro (0,66 ÷ 0,38 %) e più rame (25,4 ÷ 3,1 mg/kg) del carbone che ha sostituito, il quale, peraltro ha una bassa concentrazione di zolfo (0,6 ÷ 0,9 %), più alta, ma non di molto, rispetto al CDR ( 0,1 ÷ 0,3%).*

*Pertanto è possibile che il maggior apporto di cloro e di rame da parte del CDR, annulli l'effetto di inibizione dello zolfo.*

Analoghe considerazioni si possono fare per un metallo molto tossico con caratteristiche di bioaccumulo quali il mercurio la cui concentrazione nelle emissioni

*della centrale aumenta, sistematicamente, da due a cinque volte con l'alimentazione a CDR*

*Non si può escludere che, grazie ad una raccolta differenziata mirata a eliminare al massimo dal rifiuto indifferenziato la presenza di mercurio, rame e cloro possa permettere di produrre un CDR di qualità, tale da poter sostituire il carbone con costanti e garantiti miglioramenti della qualità dei fumi di una centrale termoelettrica.*

*Tuttavia, al momento, giudichiamo più saggio ricorrere all'applicazione del Principio di Precauzione ed evitare, con la cocombustione di CDR, di peggiorare la qualità dell'aria nelle zone di ricaduta delle emissioni della centrale di Vado con composti e metalli bioaccumulabili e persistenti quali diossine, furani e mercurio.*