

Regione autonoma Valle d'Aosta

Assessorato Territorio, Ambiente e Opere pubbliche

**Studio comparativo fra i sistemi di trattamento e smaltimento dei rifiuti in
Valle d'Aosta**

Approfondimenti richiesti dalla III Commissione Consiliare

ALLEGATO TECNICO I

Approfondimenti relativi allo scenario 1

Trattamento meccanico biologico (TMB) – trattamento a freddo

DICEMBRE 2007

INDICE

1. PREMESSA	2
2. ANALISI DEL CONTESTO REGIONALE	2
3. TRATTAMENTI MECCANICO-BIOLOGICI (TMB).....	3
3.1. TRATTAMENTO MECCANICO	4
3.2. TRATTAMENTO BIOLOGICO	5
3.2.1. TRATTAMENTI AEROBICI.....	5
3.2.2. TRATTAMENTI ANAEROBICI.....	10
3.2.3. IMPATTI AMBIENTALI DEL TRATTAMENTO BIOLOGICO	21
4. DESTINAZIONE FINALE DEL COMBUSTIBILE DERIVATO DA RIFIUTO.....	23
4.1 IMPIANTI CUI DESTINARE IL CDR PRODOTTO	24
4.2 VANTAGGI E SVANTAGGI DERIVANTI DALL'UTILIZZO DEL COMBUSTIBILE DERIVATO DA RIFIUTO	25
5. DIFFUSIONE ED ESEMPI DI IMPIANTI A LIVELLO NAZIONALE ED EUROPEO.....	27
5.1 IMPIANTO ACEA DI PINEROLO	28
5.2 IMPIANTO DI AMIENS (FRANCIA), FERMENTAZIONE A SECCO, PROCESSO VALORGA	31
5.3 IMPIANTO DI WAASA (FINLANDIA), FERMENTAZIONE A UMIDO	32
5.4 ALTRI IMPIANTI SPERIMENTALI	32
6. CONCLUSIONI	33

1. PREMESSA

L'obiettivo del presente documento è quello di esaminare nel dettaglio la gestione dei rifiuti utilizzando i trattamenti meccanico-biologici (trattamenti a freddo). Tale soluzione gestionale è quella su cui si basa il Piano Regionale di gestione dei rifiuti.

Vengono pertanto descritti i principali trattamenti ricompresi all'interno della famiglia dei Trattamenti meccanici biologici (TMB), così come individuati dal Decreto del Ministero dell'ambiente 29 gennaio 2007 (*Dlgs 18 febbraio 2005, n. 59 - Linee guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili, in materia di gestione dei rifiuti*), potenzialmente applicabili nel contesto regionale della Valle d'Aosta.

Per la descrizione dei trattamenti si è inoltre fatto riferimento al documento CITEC, "*Linee guida per la progettazione, realizzazione e gestione degli impianti a tecnologia complessa per lo smaltimento dei rifiuti urbani*", IV edizione, 2007.

Sono stati altresì analizzati gli aspetti inerenti le possibili destinazioni del combustibile derivato da rifiuto (CDR).

Vengono infine fornite indicazioni sulla diffusione di tali trattamenti a livello europeo nonché su una serie di impianti rappresentativi esistenti a livello nazionale ed internazionale.

2. ANALISI DEL CONTESTO REGIONALE

La scelta dei sistemi di trattamento meccanico-biologici adottabili in Valle d'Aosta è condizionata dalle caratteristiche dei rifiuti raccolti, che a loro volta sono direttamente dipendenti dall'organizzazione dei sistemi di raccolta attuati sul territorio.

La modalità organizzativa prevista dal vigente Piano regionale di gestione dei rifiuti ed attualmente adottato, si basa su un sistema misto fondato sostanzialmente sulla raccolta stradale affiancata da raccolte di tipo domiciliare (porta a porta) limitate ai centri urbani più importanti. Fanno eccezione le utenze non domestiche per le quali il piano prevede l'attivazione di sistemi specifici di raccolta (ad esempio la raccolta domiciliare).

Il sistema adottato prevede la raccolta separata delle diverse frazioni valorizzabili (carta, vetro, plastica, alluminio, legno, verde, ecc.) e avviabili a smaltimenti particolari (rifiuti urbani pericolosi), nonché del rifiuto indifferenziato.

Non è prevista la raccolta della frazione umida.

Non è inoltre prevista la raccolta multimateriale.

Il suddetto sistema organizzativo, previsto nella pianificazione regionale, nasce da attente valutazioni di carattere ambientale ed economico-gestionali, tenendo conto del contesto sociale, economico e produttivo del territorio regionale caratterizzato da una elevata dispersione insediativa e da una elevata vocazione turistica.

Infatti, il sistema organizzativo adottato consente di ottenere il giusto equilibrio economico, ambientale e gestionale tenuto conto delle specificità della Regione Valle d'Aosta.

Con riferimento a quanto sopra il rifiuto indifferenziato raccolto si presenta fortemente eterogeneo e miscelato con il rifiuto a base organica.

Come evidenziato nella tabella che segue, in relazione alla presenza di pochi importanti agglomerati urbani ed alla chiara vocazione turistica della regione, il contenuto di sostanza organica nel rifiuto indifferenziato è relativamente basso, mentre è piuttosto elevato il contenuto di plastica e carta.

Analisi eseguite da Valeco s.p.a., secondo la metodologia IRSA-CNR	
Valore medio - periodo 2002-2006	
frazione analizzata	%
sottovaglio (1)	13,0%
materiale celluloso	27,6%
materiale plastico	28,6%
metalli	4,7%
inerti (2)	6,0%
sostanze organiche (3)	20,1%
totale	100,0%
(1) frazione con pezzatura inferiore a 20 mm al netto delle sostanze organiche	
(2) vetri, ceramica, pietre, ecc.	
(3) al lordo delle sostanze organiche nel sottovaglio	

3. TRATTAMENTI MECCANICO-BIOLOGICI (TMB)

Il trattamento meccanico biologico è costituito da diverse fasi:

- Trattamento meccanico del rifiuto indifferenziato: il rifiuto viene vagliato per separare le due frazioni merceologiche (frazione secco-leggera e frazione umida) da avviare ai successivi sistemi di trattamento e/o valorizzazione;
- Trattamento biologico della frazione umida, il cui scopo è la stabilizzazione delle componenti organiche degradabili;
- Trattamento della frazione secco-leggera, attraverso il recupero, il riuso o la valorizzazione energetica.

Gli scopi dei TMB sono:

- Stabilizzazione della frazione organica putrescibile (FOP);
- Conseguire una parziale igienizzazione della massa;
- Riduzione del volume e della massa dei materiali trattati.

Attualmente in Italia ed in Europa si possono distinguere due tipologie di trattamento meccanico-biologico:

- trattamento a differenziazione di flussi: trattamenti meccanico-biologici in cui un pre-trattamento meccanico dei rifiuti in ingresso all'impianto permette di ottenere una frazione a base organica (sottovaglio) da destinarsi al trattamento biologico ed una frazione secco-leggera (sovrvallo) da destinarsi ad eventuali ulteriori trattamenti con successiva valorizzazione e/o recupero energetico;

- trattamenti a flusso unico: trattamenti meccanico-biologici in cui tutto il rifiuto in ingresso all'impianto subisce un trattamento biologico, mentre il trattamento meccanico si limita ad una semplice dilacerazione e frammentazione del rifiuto.

In ragione del fatto che con il trattamento meccanico-biologico verrebbero trattati i rifiuti indifferenziati con le caratteristiche descritte al punto precedente, il trattamento meccanico-biologico adottabile in Valle d'Aosta non può che basarsi sulla prima tipologia.

In particolare il vigente Piano regionale di gestione dei rifiuti prevede un trattamento di selezione meccanica dei rifiuti indifferenziati con la separazione della frazione secco leggera (sovvallo) e della frazione a base organica (sottovaglio).

I flussi in uscita dal trattamento meccanico-biologico sono pertanto i seguenti:

- Frazione secco-leggera data dal sopravaglio della separazione secco-umido preliminare al trattamento biologico;
- Frazione organica stabilizzata, prodotto finale del trattamento biologico della frazione organica putrescibile (FOP);
- Flussi gassosi dipendenti dallo specifico trattamento biologico adottato, tra i quali vapore acqueo, anidride carbonica, sostanze organiche volatili, metano (nel caso si effettui un trattamento anaerobico);
- Flussi liquidi, derivanti dalla digestione anaerobica, da inviare al trattamento di depurazione.

3.1. TRATTAMENTO MECCANICO

Il trattamento meccanico dei rifiuti indifferenziati mediante selezione meccanica prevede le seguenti fasi:

- *ricevimento dei rifiuti e stoccaggio intermedio;*
- *apertura dei sacchi:* mediante una macchina apri-sacco che provvederà a dilacerare i rifiuti al fine di armonizzarne la granulometria per le successive lavorazioni;
- *vagliatura:* mediante l'utilizzo di un vaglio con caratteristiche idonee per ottimizzare la produzione della frazione secco-leggera in relazione alle caratteristiche merceologiche dei rifiuti trattati;
- *deferrizzazione:* mediante l'utilizzo di un deferrizzatore in grado di separare i materiali ferrosi presenti, che saranno avviati a valorizzazione.

La scelta della tecnologia di trattamento di selezione meccanica è condizionata principalmente dalla destinazione finale del sovvallo.

In particolare, se si prevede, come indicato nel Piano regionale di gestione dei rifiuti, di inviare il sovvallo al recupero energetico presso un impianto di termovalorizzazione ubicato fuori regione, la tecnologia di trattamento dipende dalla tipologia costruttiva del termovalorizzatore.

Il trattamento di selezione meccanica può essere di tipo semplice (selezione meccanica ad un solo stadio), nel caso in cui la frazione secco-leggera venga trattata in un termovalorizzatore utilizzando un forno a griglia, mentre deve essere più raffinata (selezione meccanica a più stadi)

ed abbinata ad una triturazione del rifiuto, nel caso in cui la frazione secco-leggera venga trattata in un termovalorizzatore utilizzando un forno a letto fluido.

3.2. TRATTAMENTO BIOLOGICO

I possibili trattamenti biologici a cui sottoporre la frazione a base organica (sottovaglio) proveniente dalla selezione meccanica possono essere distinti in due gruppi:

- trattamenti aerobici;
- trattamenti anaerobici.

3.2.1. TRATTAMENTI AEROBICI

Il trattamento aerobico è un processo biologico finalizzato alla promozione delle reazioni microbiche esotermiche che si svolgono in presenza di ossigeno, a carico della frazione organica biodegradabile presente nel rifiuto.

A) Descrizione dei possibili trattamenti aerobici distinti a seconda delle finalità

Esistono differenti tipi di trattamento aerobico, che a seconda delle finalità vengono così distinti:

Compostaggio

Trattamento biologico il cui scopo è la valorizzazione agronomica delle matrici organiche. Si compone di due diverse fasi: la fase di bioossidazione, detta anche attiva, e la fase di trasformazione, nella quale si raggiunge la maturazione della matrice trattata.

Biostabilizzazione

Attualmente tra i TMB più diffusi in Europa, soprattutto in Germania. Ha lo scopo di ottenere la stabilizzazione della sostanza organica putrescibile attraverso la bioossidazione.

Può essere attuata mediante trattamento a “separazione di flussi”, che presenta le fasi di vagliatura, la separazione della frazione secca (sopravaglio), stabilizzazione della frazione umida (sottovaglio), e raffinazione del FOP (Figura 1), oppure attraverso un trattamento a “flusso unico”, nel quale il trattamento biologico viene effettuato su tutto il rifiuto (Figura 2).

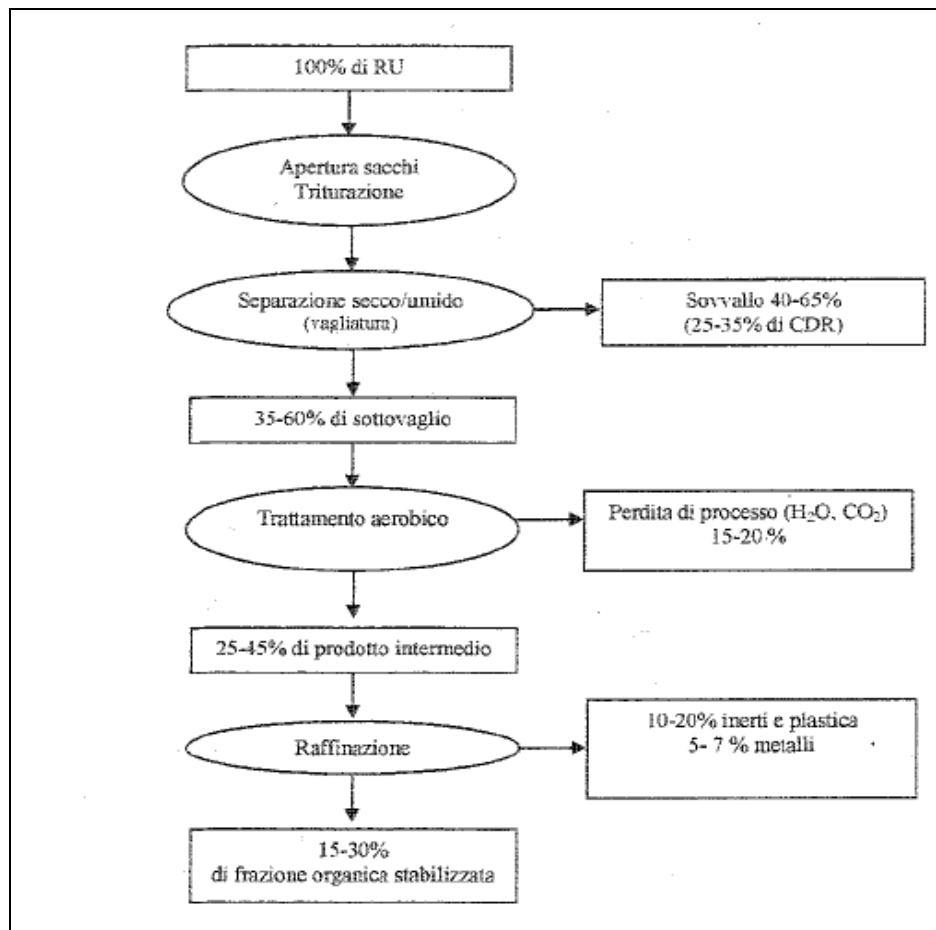


Figura 1: schema di processo e bilancio di massa con metodo a separazione di flussi

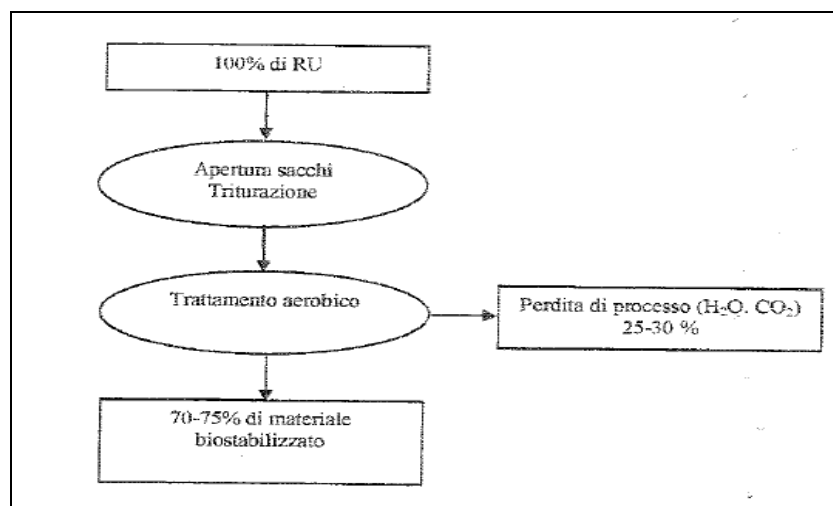


Figura 2: schema di processo e bilancio di massa con metodo a flusso unico

Bioessiccazione

Anche detto MBS (Mechanical-Biological Method, Wiemer e Kern, 1996), ha lo scopo di ridurre l'umidità del rifiuto attraverso bioossidazione della frazione organica, al fine di ottenere stabilità biologica dei rifiuti per lo stoccaggio a lungo termine (riduzione o eliminazione emissioni

maleodoranti di gas e polveri), e di produrre buon substrato per la termoutilizzazione (elevato potere calorifico). Il potenziale energetico del rifiuto è rappresentato dal tenore di carbonio, per mantenere elevato il potere calorifico è necessario quindi ridurre la decomposizione della sostanza organica. La stabilizzazione del rifiuto avviene attraverso la riduzione del tenore di umidità, in funzione dell'umidità iniziale, fino a valori del 7-15%, condizioni in cui l'attività biologica è soppressa e non si hanno fenomeni di degradazione. Il bioessiccamento avviene in un primo momento attraverso la triturazione del rifiuto, in modo da aumentare la superficie di evaporazione e di scambio della massa, ed in seguito attraverso il trattamento biologico della matrice triturata, tramite aerazione forzata della biomassa, sfruttando il calore sviluppato dalle reazioni biologiche aerobiche. Il prodotto finale possiede un elevato potere calorifico (Figura 3). Il bioessiccato può essere utilizzato per la produzione di combustibili da rifiuti o collocato in corpo discarica.

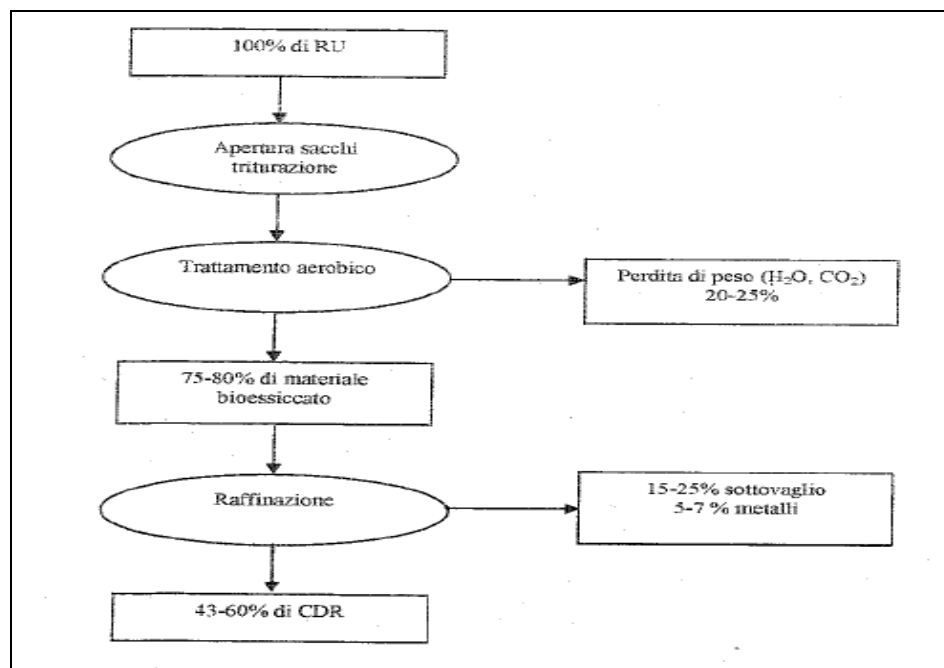


Figura 3: schema di processo e bilancio di massa

B) Aspetti processistici

Esistono diversi fattori chimico-fisici che condizionano l'andamento delle reazioni biologiche aerobiche:

- Concentrazione di ossigeno e aerazione, che garantisce l'aerobiosi del processo, assicura il drenaggio del calore, consente il controllo termico delle condizioni di processo, fa da vettore degli effluenti odorosi prodotti;
- Temperatura ottimale, che deve mantenersi tra i 40 e i 50°C;
- Umidità, che deve essere sufficiente alle attività microbiche ma non deve ostacolare il rifornimento di ossigeno;
- Gestione, controllo e eventuale abbattimento delle emissioni odorose.

Per la stabilizzazione dei rifiuti organici possono essere utilizzate numerose soluzioni processistiche di trattamento aerobico, a seconda della tipologia di matrice da trattare. Il requisito fondamentale di ogni soluzione processistica è la capacità di mantenere, nella matrice da trattare, il tenore di ossigeno a livelli compatibili con il metabolismo dei microrganismi.

I sistemi di processo si suddividono in:

- Intensivi e estensivi, a seconda del grado di articolazione tecnologica, dell'importanza data ai processi naturali e a quelli indotti, e degli input energetici unitari;
- Chiusi e aperti, a seconda del grado di confinamento;
- Statici e dinamici, a seconda della presenza e della frequenza degli interventi di movimentazione;
- Aerati e non aerati, a seconda dell'utilizzo di aerazione forzata o dei processi spontanei di diffusione e convezione.

Trattamento aerobico in cumuli con rivoltamento della biomassa substrato

La matrice viene disposta in lunghe andane, dette windrows, che vengono movimentate o rivoltate periodicamente. Le dimensioni delle andane dipende dalla densità del materiale. Normalmente l'altezza è compresa tra 2 e 3 m e la larghezza della base del cumulo tra 3 e 6 m.

I cumuli vengono aerati attraverso le correnti d'aria e i moti convettivi e diffusivi che si originano all'interno del cumulo stesso. Il ricambio d'aria dipende dalla porosità del cumulo. Il rivoltamento consente il mescolamento dei materiali, la riduzione della pezzatura delle particelle, il ripristino della porosità della matrice trattata, l'incremento degli scambi passivi del vapore acqueo e degli altri gas che si producono all'interno del cumulo. Garantisce inoltre la variazione ciclica della concentrazione di ossigeno all'interno del cumulo, attraverso una eguale esposizione di tutta la matrice sia all'atmosfera esterna, sia alle temperature interne del cumulo. La frequenza dei rivoltamenti dipende dal tasso di decomposizione della biomassa, dal contenuto di umidità e dalla porosità del substrato.

La fase di decomposizione dura generalmente dalle 3 alle 9 settimane, a seconda della natura del substrato di partenza e della frequenza dei rivoltamenti.

Trattamento aerobico in cumuli statici aerati

L'ossigenazione è garantita dalla circolazione di aria in appositi sistemi di tubi diffusori. È possibile fare una distinzione tra i sistemi nei quali si applica l'aerazione passiva del cumulo e quelli nei quali si ricorre all'aerazione forzata:

- Cumuli statici aerati passivamente: l'aria viene immessa nel substrato attraverso una rete di tubi forati, posti sul fondo del cumulo, diffondendosi attraverso il cumulo grazie all'effetto ciminiera creato dai gas caldi, che dall'interno del cumulo si spostano verso la superficie per poi fuoriuscire. Il cumulo ha un'altezza pari a 1-1,2 m e viene ricoperto da uno strato di compost maturo, che ha funzione coibente e di adsorbimento delle emissioni odorose. Il cumulo non viene movimentato, è quindi necessario miscelare bene il substrato di partenza per renderlo il più omogeneo possibile. Quando il processo è terminato, i tubi vengono sfilati e il cumulo viene miscelato con il materiale coibente di copertura.
- Cumuli statici con aerazione forzata: i materiali da trattare vengono sistemati in cumulo, di altezza non superiore ai 2,5 m, mentre il sistema di aerazione viene posto sul fondo del cumulo. Il rifornimento dell'aria può essere attuato in due differenti modi: attraverso aspirazione di aria dalla superficie, oppure attraverso insufflazione forzata di aria. Nel sistema di aerazione per aspirazione (suction o vacuum induced ventilation) l'aria esausta viene convogliata e immessa in un sistema filtrante, che permette l'abbattimento

di emissioni maleodoranti e del vapor acqueo. Il richiamo di aria fredda dall'esterno può favorire la condensazione del vapor acqueo, che alla lunga può provocare ristagni d'acqua all'interno del cumulo, con la conseguente insorgenza di condizioni anaerobiche; la minor evaporazione inoltre determina una minore dissipazione del calore e un difficile controllo della temperatura.

Nel sistema di aerazione per insufflazione (blowing o forced ventilation), invece, l'aria esausta viene spinta verso la superficie del cumulo e filtrata da uno strato di compost maturo presente sulla superficie stessa, per abbattere le emissioni odorose. L'insufflazione permette un miglior controllo della temperatura: con l'insufflazione in continuo le zone del cumulo più vicine al cumulo possono raffreddarsi e disidratarsi, mentre con l'insufflazione ad intermittenza la temperatura nelle diverse sezioni del cumulo tende ad equalizzarsi, tra i diversi turni di insufflazione.

Bioreattori

Il trattamento biologico in bioreattore (in-vessel composting) prevede l'utilizzo di particolari strutture che combinano tecniche di movimentazione e di aerazione forzata.

- Cilindri rotanti: disposti orizzontalmente e caratterizzati da un lento movimento rotatorio, nei quali la matrice organica viene immessa attraverso una estremità, viene miscelata e spinta attraverso tutta la lunghezza del cilindro, e viene poi scaricata all'estremità opposta a quella di carico. L'aria è alimentata in direzione opposta rispetto all'avanzamento della matrice trattata. All'interno del cilindro si raggiungono temperature > di 55°C. Le dimensioni più frequenti adottate sono: un diametro pari a 3 m, lunghezza di circa 35 m, permettono una capacità giornaliera di circa 50 t di rifiuti, con tempi di residenza superiori a 3 giorni.
- Silos: reattori verticali cilindrici completamente chiusi, nei quali la matrice da trattare è immessa dall'alto, mentre quella trattata è estratta dal basso, giornalmente. L'aerazione è attuata tramite un sistema di diffusori posti al fondo del silos. Il tempo di ritenzione è circa pari a 2 settimane. Gli svantaggi principali sono: la tendenza alla compattazione del materiale da trattare, la difficoltà di aerare in maniera omogenea, la formazione di condensa lungo le pareti fredde del cilindro, con conseguente ristagno d'acqua nella matrice da trattare. Per questi motivi i silos si prestano al trattamento di materiale organico particolarmente soffice e ben strutturato.
- Biocelle: la loro utilizzazione prevede inizialmente il trattamento della matrice all'interno di containers scarrabili che consentono l'adduzione di aria dal fondo. E' un sistema statico che richiede una accurata composizione della miscela iniziale. Dopo lo stazionamento nel container, per circa 7-12 giorni, la matrice viene sistemata in cumuli all'aperto dove raggiunge la maturazione in circa 8 settimane. L'intero ciclo di trattamento dura 9-10 settimane. Ogni biocella può trattare un volume di materiale compreso tra 30 e 60 mc. Questo sistema permette sia di controllare le emissioni di odori che di gestire il percolato prodotto.
- Trincee aerate: dette anche letti agitati (agitated beds), nelle quali la matrice viene posta in strette vasche delimitate solamente lungo l'asse longitudinale da pareti, sulle quali è montata una macchina rivoltatrice. Questa ha il compito di movimentare il materiale, favorendone l'omogeneizzazione e il rilascio di vapore acqueo e di calore, e di spingerlo verso l'estremità di scarico. Sul pavimento delle vasche è presente un sistema di diffusione dell'aria per aerare la matrice anche in fase di stazionamento. Le trincee hanno lunghezza di 25-30 m, larghezza di 3-4 m e sono delimitate da pareti alte 1,5-3 m. I tempi

di ritenzione variano a seconda del substrato, da 3 a 5 settimane. Questo tipo di reattori è particolarmente efficace per matrici ad elevato contenuto di umidità.

C) Trattamenti applicabili nel contesto regionale

Con riferimento a quanto sopra, la frazione a base organica (sottovaglio) proveniente dalla selezione meccanica può essere stabilizzata con un trattamento aerobico di biostabilizzazione finalizzato all'ottenimento di un prodotto il più possibile stabile dal punto di vista biologico.

Dal punto di vista processistico, al fine di limitare gli impatti e l'occupazione di superficie, tale trattamento dovrà effettuarsi mediante tecnologie basate su reattori chiusi, all'interno dei quali i rifiuti vengono sottoposti ad un'aerazione forzata (bioreattori).

3.2.2 TRATTAMENTI ANAEROBICI

Per digestione anaerobica si intende il processo biologico di stabilizzazione (riduzione del contenuto di carbonio o C/N) di un substrato organico putrescibile condotto in uno o più reattori controllati, in assenza di ossigeno.

Lo scopo del processo è quello di ottenere una stabilizzazione del rifiuto, intesa come riduzione almeno del 50% della frazione volatile, con conseguente riduzione del rapporto C/N e contemporaneamente recupero energetico grazie all'utilizzo del biogas prodotto.

Substrati

Le matrici normalmente trattate sono:

- FOP (frazione organica putrescibile) da raccolta presso utenze selezionate;
- FOP da raccolta differenziata urbana;
- FOP da selezione meccanica di rifiuto indifferenziato.

Si fa presente che, molte delle applicazioni industriali dedicate al trattamento di rifiuti organici selezionati meccanicamente (FOP proveniente da selezione meccanica di rifiuto urbano indifferenziato), sono poi state dismesse o completamente revisionate in conseguenza del fatto che questa tipologia di materiale determina una serie di problemi di trattamento, soprattutto in relazione ai seguenti punti:

- la linea di selezione e pre-trattamento risulta complessa e ad elevato dispendio energetico;
- si osservano notevoli problemi di intasamento e abrasione in tutte le utilities a servizio del reattore anaerobico e nel reattore stesso;
- il materiale digerito ottenuto, anche dopo compostaggio, risulta di difficile riutilizzo e può trovare come collocazione finale la discarica o l'incenerimento.

Gli impianti che trattavano i soli rifiuti da selezione meccanica, hanno dimostrato di soffrire notevoli disfunzioni di processo, tanto che questo tipo di rifiuto non risulta compatibile, se trattato singolarmente, con un processo di digestione anaerobica economicamente sostenibile.

Fasi del processo di digestione anaerobica

La conversione di substrati organici complessi in metano avviene attraverso 3 fasi:

- idrolisi e acidogenesi;
- acetogenesi;
- metanogenesi.

Nella fase di *idrolisi*, per intervento di diversi gruppi batterici, si ha la degradazione di substrati organici complessi particolati o solubili (proteine, grassi e carboidrati) in composti semplici (amminoacidi, acidi grassi e monosaccaridi). Contestualmente all'idrolisi del materiale organico complesso avviene il processo di *acidogenesi* in cui i batteri fermentativi degradano i composti semplici producendo acidi grassi volatili, chetoni e alcoli.

Nella fase di *acetogenesi* i batteri, a partire dai substrati formati nella precedente, producono acido acetico (CH_3COOH), acido formico (HCOOH), CO_2 e H_2 .

La *metanogenesi* rappresenta la conclusione della catena trofica anaerobica, infatti il metano è l'unico composto non reattivo nell'intero processo di digestione anaerobica e può, pertanto, essere considerato il prodotto finale.

La produzione di metano può avvenire attraverso due differenti vie di reazioni:

- ossidazione anaerobica dell'idrogeno;
- dismutazione anaerobica dell'acido acetico con formazione di metano e biossido di carbonio.

Classificazione dei processi anaerobici

I processi anaerobici controllati possono essere suddivisi secondo i seguenti criteri:

- Regime termico: psicrofilia (20°C) (poco utilizzato industrialmente);
mesofilia ($35\text{-}37^\circ\text{C}$);
termofilia (55°C ed oltre);
- Fasi biologiche: unica (l'intera catena microbica è mantenuta in un singolo reattore);
separate (fase idrolitica e fermentativa sono separate da quella metanigena).

La scelta di operare a fase singola o a fasi separate è subordinata alle caratteristiche del substrato. Substrati ad alta biodegradabilità (es. rifiuti mercatali, TVS > 90% ST) sono più difficilmente gestibili con processi a fase unica, mentre possono venire convenientemente sfruttati sistemi a fasi separate.

Processi di digestione a fase unica

Nei processi a fase unica i tre stadi biologici della digestione, precedentemente descritti, avvengono in un unico reattore e contemporaneamente. Tali processi, distinti in base al tenore di solidi che caratterizza il rifiuto trattato, sono:

- Processo umido;
- Processo semi-secco;
- Processo secco.

PROCESSO UMIDO

Nel processo di tipo umido il rifiuto di partenza viene opportunamente trattato facendo ricorso a diluizione in modo tale da poter utilizzare un classico reattore miscelato.

In generale, il processo prevede, dopo la fase di pre-trattamento del rifiuto, uno stadio di miscelazione in cui si ottiene una miscela con caratteristiche omogenee e l'opportuno contenuto di solidi. La diluizione può avvenire tramite aggiunta di acqua di rete o dal parziale ricircolo dell'effluente del reattore (Figura 4).

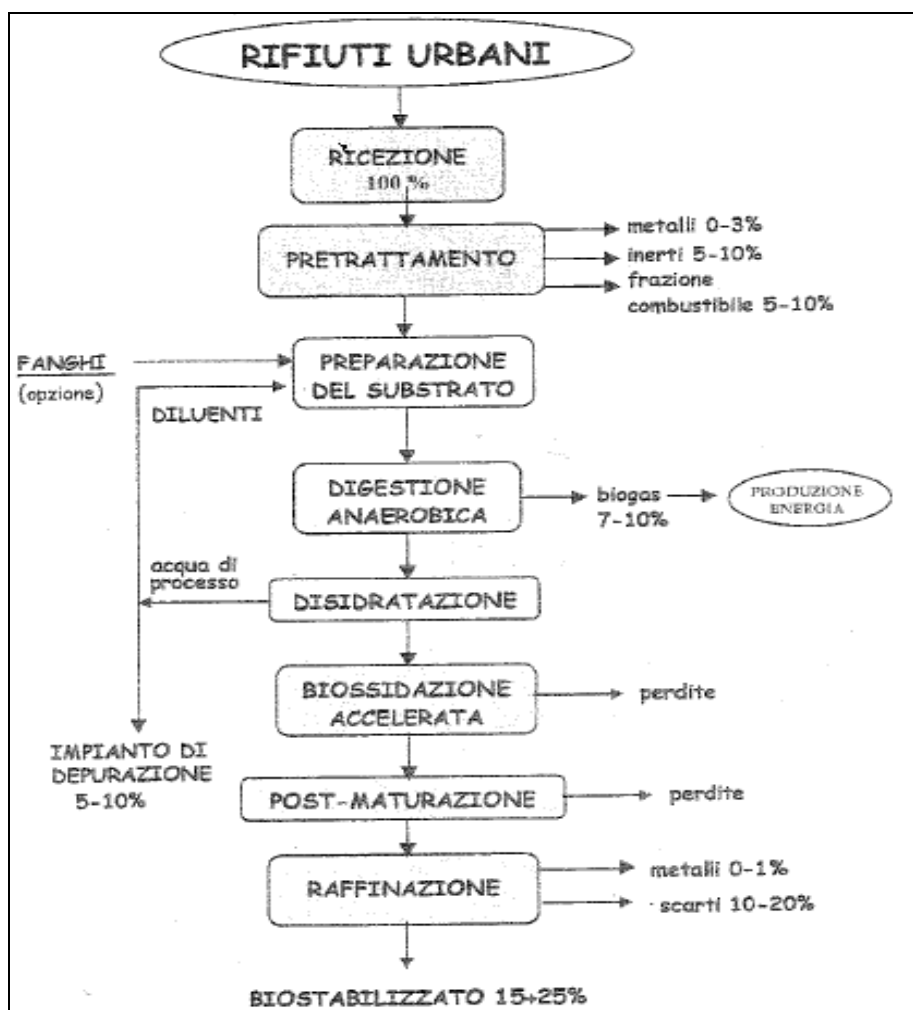


Figura 4: Processo umido - schema di processo e bilancio di massa

A causa delle caratteristiche fisiche dei rifiuti trattati non è solitamente possibile ottenere una miscela omogenea e pertanto si osserveranno all'interno del reattore tre fasi separate, caratterizzate da distinte densità. La frazione più pesante tende ad accumularsi sul fondo del reattore e può determinare danni nel sistema di miscelazione se il rifiuto trattato non è sufficientemente pulito, mentre materiali leggeri e schiume si accumulano nella parte superiore del reattore. La fase a densità intermedia è quella in cui avvengono per lo più le effettive reazioni di degradazione e produzione del biogas.

Tra i processi adottati sul mercato ci sono:

- processo BIMA;
- processo LINDE;
- processo WAASA;
- processo WABIO.

Il *processo BIMA* viene utilizzato per trattare rifiuti organici solidi, fanghi di depurazione e acque ad elevato contenuto in sostanza organica.

Il digestore BIMA è diviso in due differenti compartimenti: uno inferiore, più grande, ed uno più piccolo superiore; i due compartimenti sono connessi attraverso tubature per il trasporto del biogas. Attraverso la chiusura di una apposita valvola lungo la tubatura di connessione tra i due compartimenti è possibile mettere in pressione il comparto inferiore, a causa dell'accumulo di biogas. Ciò comporta lo spostamento di una parte di substrato nel comparto superiore, fino ad un certo livello, raggiunto il quale la valvola automatica si apre rilasciando improvvisamente il biogas compresso nel comparto inferiore. Di conseguenza il substrato raccolto nel comparto superiore viene inviato con forza nel comparto sottostante.

Il *processo LINDE* si basa su una buona separazione degli inerti nella fase di preparazione, grazie al ricorso a pulpers e vagli a tamburo che consentono di rimuovere le frazioni inerti leggere (carta e plastiche). Il digestore viene miscelato attraverso il ricircolo del biogas in un tubo posto al centro del digestore. Il residuo solido presenta generalmente caratteristiche tali da consentirne l'utilizzo come materiale di partenza per il processo di compostaggio.

Il *processo WAASA* per il trattamento dei rifiuti solidi urbani è stato sviluppato dalla CITEC Environment International Ltd. (Finlandia). L'alimentazione dei digestori viene effettuata attraverso frazione organica selezionata meccanicamente. Il tempo di ritenzione varia dai 10 giorni del processo operato in regime termofilo fino ai 20 giorni del processo operato in mesofilia. A monte del digestore è previsto un hydropulper che funge da omogeneizzatore del flusso influente.

Il *processo WABIO* è stato messo a punto per trattare la frazione organica dei RU e i fanghi provenienti dal trattamento biologico delle acque reflue. Tale processo è in genere accoppiato ad una unità di compostaggio.

I tipici vantaggi e svantaggi del processo umido, evidenziati in anni di applicazione, sia dal punto di vista tecnologico, biologico che economico/ambientale, sono riportati in tabella 1.

Il processo umido opera generalmente con carichi organici piuttosto bassi, inferiori a 6 kgVS/m³d, tipicamente nell'intervallo 2-4 kgVS/m³d.

Le prestazioni sono variabili a seconda del rifiuto trattato e della temperatura del reattore.

Critério	Vantaggi	Svantaggi
Tecnologico	- Buona conoscenza ed esperienza nel campo del processo; - applicabilità in co-digestione con rifiuti liquidi ad alto contenuto in sostanza organica.	- Corto-circuitazione idraulica; - fasi separate di materiale galleggiante e pesante; - abrasione delle parti meccaniche dovuta alla presenza di sabbie ed inerti; - pre-trattamenti di preparazione del rifiuto complessi.
Biologico	- Diluizione dei picchi di concentrazione di substrato e/o sostanze tossiche influenti il reattore.	- Forte sensibilità ad eventuali shock per la presenza di sostanze inibitorie e carichi organici variabili che entrano in contatto intimo con la biomassa; - perdita di sostanza volatile biodegradabile nel corso dei pre-trattamenti.
Economico ed ambientale	- Spese ridotte per i sistemi di pompaggio e miscelazione, ampiamente diffusi sul mercato.	- elevati costi di investimento a causa degli equipaggiamenti utilizzati per i pre-trattamenti, volumi dei reattori, produzione di elevate quantità di acque di processo.

Tabella 1: vantaggi e svantaggi del processo umido

PROCESSO SEMI-SECCO

Dal punto di vista impiantistico la soluzione adottata è quella di un reattore miscelato, che può operare tanto in regime mesofilo che termofilo. Operando con rifiuti organici derivanti da raccolta indifferenziata con un elevato contenuto di sostanza solida, e derivanti dalla separazione meccanica di RSU indifferenziato, è necessario procedere ad un pre-trattamento di pulizia del rifiuto piuttosto spinto e poi a diluizione del rifiuto con acqua, che potrà essere, di volta in volta, acqua di processo riciclata, o acqua di rete.

Anche in questo processo, si osserva la formazione di tre fasi distinte all'interno del reattore.

Le volumetrie del reattore sono minori rispetto ai processi ad umido, ma comunque, superiori a quelle dei processi a secco. Complessivamente, quindi, i costi di investimento per i sistemi semi-secco e secco risultano confrontabili. La necessità di aumentare i volumi trattati con acqua determina maggiori spese per il riscaldamento del flusso entrante e per il mantenimento del reattore alla temperatura desiderata. L'energia ed il calore prodotti dalla combustione del biogas sono, comunque, più che sufficienti all'autosostentamento energetico del reattore.

Il carico organico applicato al reattore è superiore rispetto a quanto previsto nel processo umido e può arrivare fino a 18 kgVS/m³d in regime termofilo con tempi di ritenzione idraulica di soli 6 giorni.

Tra i processi sul mercato è presente quello brevettato da SNAM Progetti che trova applicazione in piena scala presso l'impianto di Cà del Bue, Verona. L'impianto, attualmente in fase di avviamento, deve smaltire 500 tonnellate/giorno di RU che vengono pre-trattate al fine di ricavarne la sola parte organica da inviare alla sezione di digestione anaerobica.

I principali vantaggi e svantaggi del processo semi-secco sono riportati in tabella 2.

Criterio	Vantaggi	Svantaggi
Tecnologico	- Semplicità dei sistemi di pompaggio e miscelazione; - possibilità di trattare il rifiuto da raccolta differenziata senza particolari pre-trattamenti.	- Accumulo di materiali inerti sul fondo del reattore e necessità di scaricarli; - abrasione delle parti meccaniche; - pre-trattamenti complessi per RSU indifferenziato.
Biologico	- Diluizione dei picchi di concentrazione di substrato e/o sostanze tossiche influenti il reattore.	- Sensibilità ad eventuali shock per la presenza di sostanze inibitorie e carichi organici variabili che entrano in contatto intimo con la biomassa; - perdita di sostanza volatile biodegradabile nel corso dei pre-trattamenti del rifiuto indifferenziato.
Economico ed ambientale	- Spese ridotte per i sistemi di pompaggio e miscelazione.	- Elevati costi di investimento a causa degli equipaggiamenti utilizzati per i pre-trattamenti e per i volumi dei reattori; - produzione di elevate quantità di acque di processo.

Tabella 2: vantaggi e svantaggi del processo semi-secco

PROCESSO SECCO

Nel processo secco solamente particolari rifiuti con elevato tenore di solidi (>50%) necessitano di essere diluiti con acqua per poter essere convenientemente trattati. Ciò non comporta significative variazioni dal punto di vista biochimico e microbiologico nel processo anaerobico, ma determina la necessità di una completa revisione dei metodi di trattamento per quanto concerne la tecnologia dei reattori. Sono infatti necessari particolari metodi di pompaggio e miscelazione (Figura 5).

A causa dell'elevata densità e viscosità dei flussi trattati, i reattori per il trattamento a secco sono del tipo con flusso parzialmente o totalmente a pistone (plug-flow): ciò rende i reattori più semplici dal punto di vista meccanico ma può comportare problemi di miscelazione tra il rifiuto organico fresco e la biomassa fermentante. Il fatto di operare con flussi molto densi porta inoltre al superamento del problema delle suddivisioni di tre fasi distinte all'interno del reattore, come poteva invece avvenire nei processi umido e semi-secco.

Una differenza fondamentale tra i processi di tipo secco e quelli di tipo umido o semi-secco consiste nel ridotto utilizzo, nel caso dei processi secco, di acqua per la diluizione dei rifiuti. Ne consegue che la quantità di acqua di scarico sarà ridotta.

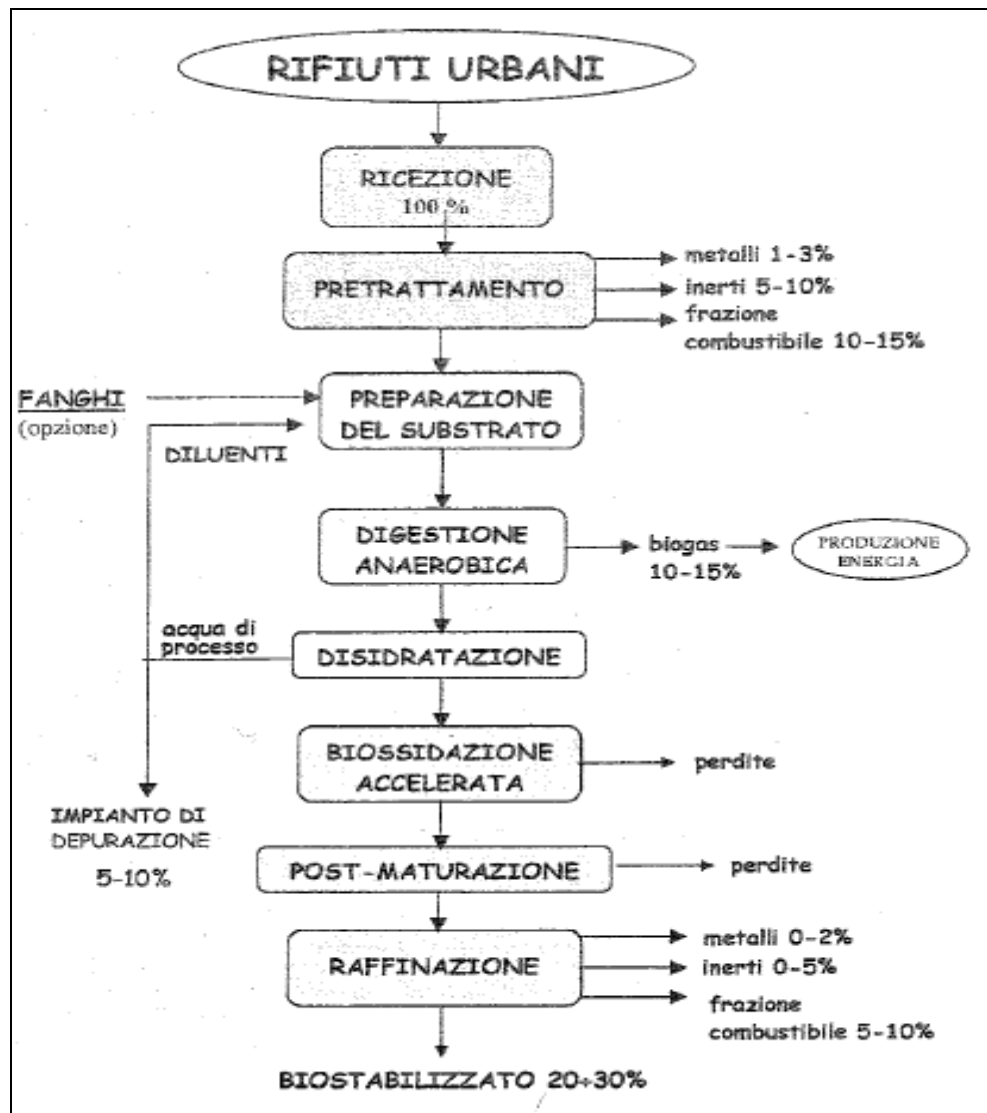


Figura 5: Processo secco - schema di processo e bilancio di massa

I processi adottati sul mercato si differenziano per la fluidodinamica del reattore utilizzato:

- processo Dranco;
- processo Kompogas;
- processo Valorga.

Nel *processo Dranco* la miscelazione tra rifiuto influente e biomassa avviene grazie al ricircolo dell'effluente estratto dal fondo del digestore anaerobico che viene pompato nella parte superiore del reattore stesso; il tipico rapporto di ricircolo è una parte di rifiuto fresco per sei parti di effluente ricircolato. Questo tipo di processo ha dimostrato di operare con efficacia con rifiuti con un tenore in solidi nell'intervallo 20-50% (Figura 6).

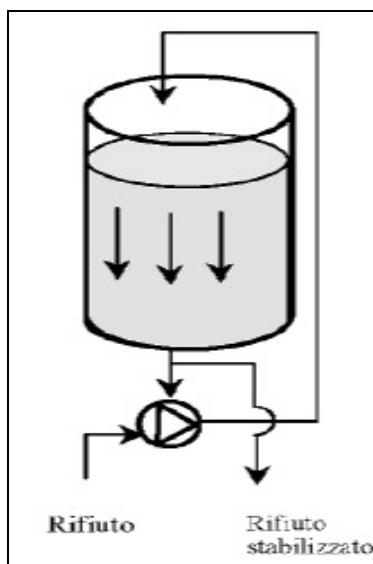


Figura 6: Reattore secco processo Dranco

Nel processo Kompogas si utilizza un reattore cilindrico in cui il flusso a pistone prosegue orizzontalmente. Il moto di avanzamento del materiale trattato è assistito da miscelatori a lenta rotazione posti internamente al reattore che omogeneizzano il materiale trattato, lo degasano, e risospescono il materiale inerte grossolano. Questo tipo di processo ha dimostrato di operare con efficacia con rifiuti con un tenore in solidi del 25%; per valori inferiori si è osservata la tendenza all'accumulo di materiale inerte grossolano sul fondo del reattore, mentre, per concentrazioni maggiori, si osserva una eccessiva resistenza al flusso orizzontale del materiale all'interno del reattore (Figura 7).

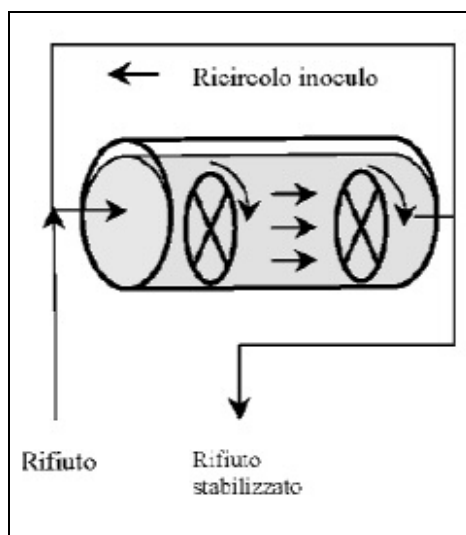


Figura 7: Reattore secco processo Kompogas

Il processo Valorga è caratterizzato da un reattore di forma cilindrica, in cui il flusso a pistone del materiale trattato è di tipo circolare e la miscelazione avviene grazie all'iniezione di biogas dal fondo del reattore attraverso una serie di iniettori ogni 15 minuti circa. Vi è la necessità di ricircolare l'acqua di processo al fine di raggiungere una concentrazione di sostanza solida del 30% nel rifiuto da trattare. Per contro, concentrazioni più basse, fino al 20% TS, determinerebbero seri problemi di accumulo di materiale inerte sul fondo del reattore (Figura 8).

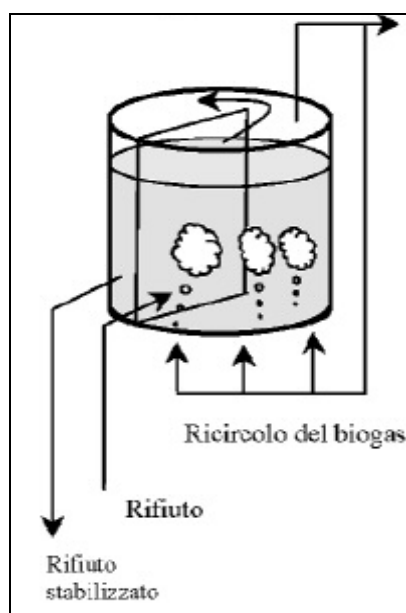


Figura 8: Reattore secco processo Valorga

I principali vantaggi e svantaggi del processo secco sono riportati in tabella 3.

Critério	Vantaggi	Svantaggi
Tecnologico	<ul style="list-style-type: none"> - Nessun bisogno di miscelatori interni al reattore; - robustezza e resistenza ad inerti pesanti e plastiche; - nessuna corto-circuitazione idraulica. 	<ul style="list-style-type: none"> - Rifiuti con basso tenore in sostanza solida (< 20% ST) non possono essere trattati da soli.
Biologico	<ul style="list-style-type: none"> - Bassa perdita di sostanza organica biodegradabile nei pre-trattamenti; - elevati carichi organici applicabili; - resistenza a picchi di concentrazione di substrato o sostanze tossiche. 	<ul style="list-style-type: none"> - Minima possibilità di diluire sostanze inibitorie e carichi organici eccessivi con acqua fresca.
Economico ed ambientale	<ul style="list-style-type: none"> - Pre-trattamenti minimi e più economici; - ridotti volumi dei reattori; - ridotto utilizzo di acqua fresca; - minime richieste di riscaldamento del reattore. 	<ul style="list-style-type: none"> - Elevati costi di investimento a causa degli equipaggiamenti utilizzati per il trattamento.

Tabella 3: vantaggi e svantaggi del processo secco

Analizzando i vantaggi e gli svantaggi dei tre tipi di processo umido, semi-secco e secco, risulta che al momento attuale le tre tecnologie sostanzialmente si equivalgono. Occorre valutare di volta in volta la tecnologia da preferirsi in relazione alle matrici da trattare ed alla capacità di ottenere ottime rese in termini di produzione di biogas e riduzione dei volumi di fanghi da smaltire.

RENDIMENTI

Il rendimento in biogas, e quindi energetico, del processo è molto variabile e dipende dalla frazione biodegradabile del substrato. In tabella 4 si riportano i dati disponibili in letteratura relativi agli intervalli di resa in termini di conversione a biogas nel trattamento della FOP.

Substrato	Mesofilia (umido)	Termofilia (umido)	Mesofilia (semi-secco)	Termofilia (semi-secco)	Mesofilia (secco)	Termofilia (secco)
FOP RF (da raccolta presso utenze selezionate)	0.65-0.85	0.60-0.85	0.60-0.80	0.60-0.80	0.50-0.70	0.50-0.70
FOP RS (da raccolta differenziata urbana)	-	-	0.40-0.50	-	0.40-0.50	0.40-0.50
FOP SM (da selezione meccanica di rifiuto indifferenziato)	0.17-0.23	0.20-0.30	0.23-0.30	0.30-0.41	0.35-0.45	0.35-0.45

Tabella 4: dati disponibili in letteratura relativi al rendimento in biogas, rese espresse in termini di $\text{m}^3/\text{Kg TVS}_{\text{alimentati}}$

Processi di digestione a due fasi

Questo approccio prevede la separazione fisica della fase idrolitica e fermentativa dalla fase metanigena, che avvengono in due reattori distinti posti in serie, ciascuno dedicato ad una serie di reazioni.

Nonostante i due processi avvengano separatamente, si è osservato che i sistemi a due fasi non consentono incrementi delle rese in termini di produzione di biogas tali da giustificare i maggiori costi d'investimento e di gestione.

Post-trattamenti

I post-trattamenti vengono effettuati sui seguenti flussi in uscita:

BIOGAS

Nella digestione anaerobica il principale prodotto è il biogas, che può essere utilizzato ai fini energetici. Prima di tale utilizzo, il biogas deve essere sottoposto ad opportuni trattamenti di depurazione:

- *deumidificazione* (l'umidità potrebbe condensare all'interno delle tubazioni provocando malfunzionamenti);
- *desolfurazione* (l'acido solfidrico potrebbe danneggiare le strutture e le parti meccaniche o dare luogo a delle emissioni fuori norma di SO_2);
- *rimozione della CO_2* (la rimozione o riduzione è finalizzata ad incrementare il tenore in metano di biogas).

Il recupero energetico dal biogas può essere realizzato mediante il solo recupero del calore attraverso la combustione in caldaia ovvero il recupero termico associato alla produzione di energia elettrica attraverso gruppi di co-generazione di energia elettrica e calore.

In questo caso le rese attese sono di 6 kWh per m^3 di biogas di cui il 33% circa sono utilizzabili come energia elettrica.

Affinché il processo di trattamento sia economicamente sostenibile è opportuno che le rese in termini di energia elettrica siano superiori ai consumi energetici implicati nel trattamento.

Il biogas in eccesso potrà essere utilizzato per la:

- produzione di calore sotto forma di acqua calda, di vapore o d'aria calda (rendimento medio 80-85%);
- produzione di elettricità (rendimento medio 30-35%);
- produzione combinata di calore e di elettricità (rendimento medio 80-85%).

FLUSSI LIQUIDI SOLIDI

Durante la fase di digestione anaerobica la materia secca volatile si trasforma in biogas e quindi fuoriesce dal digestore, mentre nella massa rimane un fango costituito dalla materia non digerita e dalla maggior parte dell'acqua. Tale fango deve essere sottoposto ad un trattamento di disidratazione al fine di ottenere un prodotto più concentrato, avente caratteristiche compatibili (circa 45% di materia secca) con la successiva fase di stabilizzazione aerobica.

L'effluente liquido derivante dalla disidratazione sarà ricircolato al digestore ed in parte dovrà trovare adeguato trattamento in un impianto di depurazione.

La disidratazione del materiale solido effluente deve essere condotta utilizzando sistemi resistenti all'abrasione dei materiali inerti contenuti nel fango.

FANGO DIGERITO

Il fango digerito risulta in genere non completamente stabilizzato, a causa del ridotto tempo di permanenza dei rifiuti nel reattore. Pertanto deve essere prevista una successiva fase di stabilizzazione aerobica, finalizzata al completamento della degradazione della materia organica.

Trattamenti applicabili nel contesto regionale

Sulla base di quanto riportato in precedenza, non emerge ad oggi una tecnologia di trattamento anaerobico che prevalga oggettivamente sulle altre in termini di resa, efficienza e semplicità impiantistica e gestionale. Si tratta in generale di trattamenti che allo stato attuale si basano su sistemi complessi e costosi.

Fermo restando quanto sopra, il processo a secco potrebbe essere ritenuto in prima analisi il più idoneo tenuto conto del contesto territoriale regionale, infatti in tale processo non sono necessari particolari pre-trattamenti del rifiuto ed i volumi dei reattori necessari sono ridotti, inoltre si ha un utilizzo pressoché nullo di acqua per la diluizione del rifiuto con conseguente minore produzione di acqua di scarico. Invece nel processo umido e semi-secco, oltre a richiedere la presenza di impianti più estesi, si avrebbe un'elevata produzione di effluenti liquidi, da trattare in un apposito impianto di depurazione, non previsto nel nuovo polo ecologico di Issogne.

Con riferimento al contesto regionale, la tipologia di rifiuto trattato, proveniente da selezione meccanica da RU indifferenziato, rende comunque il trattamento anaerobico non sostenibile dal punto di vista economico. A tale riguardo nella tabella 4 si può osservare che il rendimento in biogas della digestione anaerobica della frazione organica putrescibile risulta basso nel caso venga trattato la frazione organica putrescibile derivante da selezione meccanica.

Anche nel caso in cui si decida in una ipotesi futura di modificare l'attuale sistema di raccolta nel territorio regionale, sostituendo la raccolta del rifiuto indifferenziato con una raccolta specifica della frazione a base organica affiancata da una raccolta della frazione secca (raccolta

multimateriale), le quantità che verrebbero avviate al trattamento anaerobico non sarebbero sufficientemente elevate da giustificare l'impianto.

Infatti le quantità di RU ed assimilati a base organica potenzialmente intercettabili dalla raccolta dedicata, tenuto conto dei RU ed assimilati complessivi prodotti annualmente (circa 48.000 t/a (dato 2006)) e del loro contenuto in sostanza organica (circa il 21%), sarebbero teoricamente pari a circa 10.000 t/a. Su tale base, fermo restando che una raccolta dedicata delle frazioni di RU a base organica non può essere avviata sull'intero territorio regionale data l'elevata dispersione insediativa, ma potrebbe riguardare unicamente i centri abitati medio grandi, le quantità reali avviate al trattamento difficilmente potrebbero superare le 4.000 t/a (ipotizzando l'attuazione della raccolta dedicata sul 40% della popolazione regionale).

3.2.3. IMPATTI AMBIENTALI DEL TRATTAMENTO BIOLOGICO

Gli impatti dovuti al trattamento biologico dei rifiuti sono:

- emissioni/impatti odorigeni generati dalle fasi di ricezione delle materie prime, stoccaggio, pre-trattamento e delle prime fasi di bioconversione;
- emissioni di rumori;
- produzioni di polveri e particolato fine;
- consumo di acqua e scarichi liquidi;
- consumo energetico;
- produzione di scarti delle materie recuperate;
- inserimento territoriale e paesaggistico.

La maggior parte di questi impatti possono essere ridotti mediante l'adozione di particolari accorgimenti costruttivi e di opportuni dispositivi di abbattimento degli inquinanti.

La formazione ed il rilascio di inquinanti atmosferici costituisce uno dei punti più critici di un qualsiasi impianto di trattamento biologico dei rifiuti; pertanto è importante conoscere le diverse situazioni che possono portare alla generazione di emissioni, in modo da rendere possibili interventi di prevenzione e/o mitigazione.

Nei successivi paragrafi si approfondisce l'impatto ambientale provocato dalle emissioni in atmosfera e negli scarichi idrici, distinguendo fra il trattamento aerobico e anaerobico.

Trattamento aerobico

Emissioni in atmosfera

Negli impianti di trattamento aerobico dei rifiuti le emissioni in atmosfera riguardano sia le emissioni dei composti inquinanti dai materiali che vengono affidati al trattamento sia, la formazione di composti odorigeni nel corso del processo. In realtà i composti ad elevato impatto olfattivo non dovrebbero verificarsi nel corso del processo di biostabilizzazione/bioessicazione, in quanto è un processo di tipo aerobico.

In particolare le più comuni fonti di inquinanti atmosferici possono essere le seguenti:

- prolungato accumulo dei materiali freschi e altamente fermentescibili non ancora sottoposti a trattamento o stazionamento all'aperto di sottovagli ad elevata fermentescibilità;

- presenza di zone anaerobiche nei materiali sottoposti a trattamento;
- presenza di percolato non idoneamente captato e raccolto;
- bassa efficienza dei sistemi di abbattimento delle arie esauste;
- la fuoriuscita di arie odorose da portali (es. fosse di carico);
- messa in maturazione; in aree aperte di materiali non ancora fermentescibili;
- interruzione precoce dei processi aerobi.

I più significativi gruppi di composti odorigeni identificati presso impianti di trattamento biologico includono:

- composti organici (mercaptani) e inorganici dello zolfo (H₂S);
- ammoniaca e ammine;
- acidi grassi volatili;
- composti aromatici;
- composti organici volatili;
- terpeni;
- acetone;
- toluene;
- fenoli;
- bioparticolato (polveri dotate di reattività biologica) e bioaerosoli.

Emissioni negli scarichi idrici

In linea generale le acque reflue rilasciate dalla biomassa o comunque entrate in contatto con essa attestano un contenuto relativamente elevato in composti organici (BOD), composti minerali dell'azoto e microrganismi; mentre le acque meteoriche incidenti sui piazzali hanno tenori relativamente elevati di solidi sospesi e composti organici ed inorganici disciolti.

Il recapito diretto di tali acque al suolo o in acque superficiali è ammesso solo nel caso di bassa contaminazione e nel rispetto della normativa vigente; altrimenti si rende necessaria la depurazione di queste acque con successivo recapito al sistema fognario.

Trattamento anaerobico

La maggior parte degli impatti prodotti dai processi di digestione anaerobica dei rifiuti vengono originati nei reparti di ricezione, selezione, stabilizzazione aerobica, raffinazione, stoccaggio, metanizzazione, disidratazione e recupero energetico.

Emissioni in atmosfera

Le principali fonti di odori derivanti dagli impianti di digestione anaerobica sono:

- sostanze volatili prodotte nel corso di processi fermentativi durante lo stoccaggio dei rifiuti in attesa del trattamento e durante le fasi di pre-trattamento e selezione;
- sostanze volatili originate dalla sezione di metanizzazione;
- sostanze volatili originate dall'eventuale processo di post-stabilizzazione aerobica e maturazione della frazione organica digerita o dal fango prodotto dalla digestione anaerobica.

Nel caso in cui il biogas venga utilizzato come combustibile per la produzione di energia, possono prodursi due tipologie di emissioni:

- il primo tipo è correlato alla depurazione del biogas prima dell'utilizzo;
- l'altro è correlato con l'abbattimento delle emissioni al termine della combustione di biogas.

Emissioni negli scarichi idrici

Generalmente, nell'impianto di digestione anaerobica gli effluenti sono simili a quelli del trattamento aerobico, ma con volumi più elevati, e sono:

- i percolati prodotti nelle aree adibite allo stoccaggio dei rifiuti;
- i percolati prodotti nelle zone di stabilizzazione aerobica;
- acque di lavaggio degli ambienti di lavoro;
- quantità non trascurabili di acque provenienti dalla disidratazione del fango digerito, che in genere vengono parzialmente riciclate come diluenti nei digestori e di acque di condensa provenienti dalla fase di raffreddamento del biogas;
- acque provenienti dal trattamento ad umido delle emissioni gassose (acque di spurgo degli scrubber e percolati dei biofiltri);
- reflui da laboratorio di analisi.

Tutti i reflui prodotti devono essere opportunamente raccolti e convogliati ad un opportuno trattamento prima di essere inviati allo scarico finale.

4. DESTINAZIONE FINALE DEL COMBUSTIBILE DERIVATO DA RIFIUTO

La frazione secca del rifiuto urbano ha vocazione energetica e da essa si ottiene il combustibile derivato da rifiuto (CDR). Il CDR deve avere granulometria regolare e composizione simile a quella di un combustibile classico. I possibili destini del CDR sono:

- Smaltimento in un impianto dedicato appositamente costruito (termovalorizzatore);
- Inserimento nel mercato dei combustibili, ossia cederlo a termovalorizzatori ubicati fuori Regione, centrali termoelettriche, cementifici o impianti per laterizi.

Per ciò che riguarda la realtà valdostana la seconda destinazione risulta l'unica adottabile. E' importante evidenziare come l'unica possibile valorizzazione del CDR sia quella energetica mediante termovalorizzazione e l'unica reale alternativa alla combustione sia la messa in discarica. E' infatti impensabile ed allo stesso tempo improponibile di porre, in una società moderna, delle persone a fare una cernita manuale dei materiali contenuti nel CDR per tentare di valorizzarli, dunque come già scritto, ribadiamo che l'unica valorizzazione possibile per tale materiale è quella energetica mediante combustione.

4.1 IMPIANTI CUI DESTINARE IL CDR PRODOTTO

Per ciò che riguarda la situazione italiana relativa all'utilizzo del combustibile derivato da rifiuto, il CDR prodotto potrebbe essere destinato ai seguenti impianti:

1. Impianti di termovalorizzazione e centrali termoelettriche, i principali sono quelli riportati in tabella 5:

Impianti di termovalorizzazione	Centrali termoelettriche
Impianto di Massafra-Taranto	Impianto di Schio (Vicenza)
Impianto Bas-Bergamo (ASM)	Impianto di Fusina (Venezia)
Impianto di Colleferro-Roma	Impianto di Cologna-Veneta (Verona)
Impianto di Lomellina Energia-Parona (Pavia)	Impianto di Cà del Bue (Verona)
Impianto di Energonut-Isernia	

Tabella 5: Termovalorizzatori e centrali termoelettriche esistenti in Italia che utilizzano CDR

Gli impianti riportati in tabella risultano essere quelli che attualmente funzionano anche alimentati da combustibile derivato da rifiuti. Tuttavia tali impianti non costituiscono una destinazione certa in quanto utilizzano CDR solo in parte e la domanda è sicuramente molto inferiore rispetto all'offerta di mercato;

2. Cementifici o impianti per laterizi. I cementifici risultano un'altra possibile destinazione finale del CDR prodotto, forse la più realistica. Tuttavia anche in questo caso troviamo alcune criticità. La produzione del cemento richiede che materiale finemente macinato e miscelato, prevalentemente argilla e calcare, venga essiccato e sinterizzato per ottenere un semilavorato definitivo clinker. Il clinker viene successivamente macinato con gesso per ottenere cemento Portland, il più diffuso in Europa. Vengono inoltre prodotti cementi cosiddetti di miscela con aggiunta di altri materiali quali ceneri volanti, calcare e pozzolana. L'industria del cemento impiega notevoli quantità di materie prime naturali e di energia. Il combustibile più comunemente impiegato è il carbone. La sostituzione di parte del carbone con combustibile derivato da rifiuti è una pratica accettabile, purché si tenga conto di due aspetti fondamentali:
 - a. Influenza sulle emissioni. Occorre considerare che, l'eventuale emissione di diossine è correlata al tenore di cloro presente nel combustibile e alle modalità di combustione. Per quanto riguarda i metalli contenuti nel CDR, quelli meno volatili (Ba, Be, Cr, As, Ni, Ti, Ca, Fe, Mn, Cu) sono trattenuti nel clinker al 99,9% mentre i metalli semivolatili (Cd, Pb, Se, Zn, K, Na) sono trattenuti al 99,5%. Fanno eccezione il mercurio e talvolta il selenio; per il mercurio risultati di prove evidenziano che, per elevate temperature dei fumi, si deve ritenere che tutto il quantitativo venga emesso in atmosfera; per quanto riguarda il selenio, le basse temperature di ebollizione che caratterizzano sia l'elemento puro sia i suoi composti (ossidi e cloruri) sono causa di rilasci in atmosfera anche del 50% dei quantitativi presenti nel CDR. Per il piombo, l'ossido e l'elemento puro sono caratterizzati da elevate temperature di evaporazione che ne consentono l'abbattimento nei depolveratori, insieme al particolato. In presenza di cloro è possibile invece la formazione di cloruri, caratterizzati da temperature di ebollizione più basse, cui corrispondono maggiori emissioni di piombo in presenza di rifiuti con elevati tenori di cloro. Appare evidente che la mancanza di

un lavaggio ad umido dei fumi, non applicato per i cementifici, rende inapplicabile la co-combustione di rifiuti caratterizzati da elevati tenori di metalli volatili e di rifiuti che contengono piombo e cloro;

- b. Influenza sulle caratteristiche merceologiche del clinker e sul cemento. Per valutare le ripercussioni sul prodotto derivanti dall'utilizzo del CDR nella produzione di cemento si devono considerare in primo luogo gli oligoelementi ed il loro comportamento nel calcestruzzo. Tutti gli oligoelementi contenuti nelle materie e nei combustibili per la produzione del cemento passano infatti, attraverso questo, nel calcestruzzo. Ciò ha come risultato la presenza di metalli pesanti nel prodotto finito con un intervallo di concentrazione che dipende dalle concentrazioni presenti nei materiali di partenza.

Considerando inoltre, più nello specifico, la realtà valdostana, occorre tener presente che tali impianti sono lontani rispetto al territorio considerato (minimo 150 km da Aosta), occorre dunque considerare tutti gli impatti che gravano sui trasporti.

4.2 VANTAGGI E SVANTAGGI DERIVANTI DALL'UTILIZZO DEL COMBUSTIBILE DERIVATO DA RIFIUTO

L'utilizzo del CDR presenta vantaggi e svantaggi che per motivi di chiarezza vengono elencati nel seguito distinguendo tra le tre destinazioni possibili:

- Costruzione di impianti dedicati (combustori o gassificatori). Per ciò che riguarda questa destinazione i principali vantaggi, sia ambientali che economici, sono:
 - Piena autonomia di smaltimento;
 - Riduzione delle emissioni di gas serra, quali anidride carbonica e metano, che deriverebbero dallo smaltimento in discarica dei rifiuti;
 - Allungamento della vita utile della discarica;
 - Minori costi energetici per l'utilizzatore del combustibile.

A fronte di tali vantaggi si hanno i seguenti principali svantaggi:

- Problemi di impatto;
 - Problemi di scala (se si sceglie di bruciare il solo CDR prodotto);
 - Problemi di innovatività (legati alla costruzione dell'impianto di combustione o del gassificatore).
- Impianti di termovalorizzazione e centrali termoelettriche fuori Regione. Per ciò che riguarda questa destinazione i principali vantaggi, sia ambientali che economici, sono:
 - Miglioramento dell'impatto ambientale complessivo, grazie all'utilizzo di impianti esistenti per il recupero energetico;
 - Riduzione delle emissioni di gas serra, quali anidride carbonica e metano, che deriverebbero dallo smaltimento in discarica dei rifiuti;
 - Minori oneri di smaltimento per la collettività;
 - Allungamento della vita utile della discarica;
 - Minori costi energetici per l'utilizzatore del combustibile.

A fronte di tali vantaggi si hanno i seguenti principali svantaggi:

- Necessità di smaltimento fuori Regione;
- Aggravio degli impatti ambientali a causa del trasporto fuori Regione;

- Ad oggi l'offerta di CDR supera di gran lunga la domanda, dunque questa soluzione risulta essere rischiosa soprattutto a grande scala;
- Concorrenza con i combustibili convenzionali;
- Accertamento dell'idoneità del sistema a trattare CDR, in quanto esso presenta diverse caratteristiche termotecniche e diversa composizione chimica rispetto ai combustibili tradizionali;
- Nel caso del CDR di qualità normale l'impianto di conversione energetica deve essere autorizzato con tutte le prescrizioni dovute all'applicazione della normativa sui rifiuti; ciò comporta necessariamente ripercussioni sull'iter autorizzativo;
- E' necessario prevedere impianti di trattamento fumi simili a quelli dei termovalorizzatori a rifiuti con conseguente aggravio dei costi di investimento, manutenzione e smaltimento delle ceneri;
- Per evitare problemi dovuti alla corrosione a caldo, è necessario utilizzare parametri del vapore che non consentono l'ottenimento di rendimenti elettrici superiori al 25% per piccoli impianti.

Gli ultimi quattro punti riguardano per lo più la destinazione alle centrali termoelettriche.

- Cementifici o impianti per laterizi. Per ciò che riguarda questa destinazione i principali vantaggi, sia ambientali che economici, sono:
 - Piazzamento del CDR sul mercato dei combustibili;
 - Riduzione delle emissioni di gas serra, quali anidride carbonica e metano, che deriverebbero dallo smaltimento in discarica dei rifiuti;
 - Minori oneri di smaltimento per la collettività;
 - Allungamento della vita utile della discarica;
- A fronte di tali vantaggi si hanno i seguenti principali svantaggi:
- Necessità di smaltimento fuori Regione;
 - Aggravio degli impatti ambientali a causa del trasporto fuori Regione;
 - Ad oggi l'offerta di CDR supera di gran lunga la domanda, dunque questa soluzione risulta essere rischiosa soprattutto a grande scala;
 - Concorrenza con i combustibili convenzionali;
 - Accertamento dell'idoneità del sistema a trattare CDR, in quanto esso presenta diverse caratteristiche termotecniche e diversa composizione chimica rispetto ai combustibili tradizionali;
 - Possibile peggioramento della qualità del prodotto;
 - E' necessario prevedere impianti di trattamento fumi simili a quelli dei termovalorizzatori a rifiuti con conseguente aggravio dei costi di investimento, manutenzione e smaltimento delle ceneri.

5. DIFFUSIONE ED ESEMPI DI IMPIANTI A LIVELLO NAZIONALE ED EUROPEO

In figura 9 è illustrata la diffusione degli impianti di trattamento meccanico biologico nel contesto europeo.

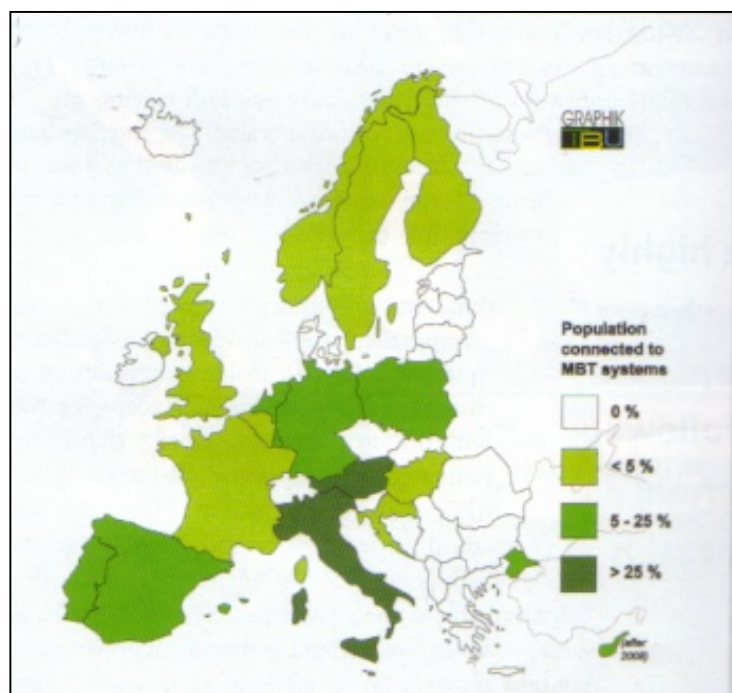


Figura 9: Diffusione degli impianti TMB in Europa

Nelle tabelle 6 e 7 vengono riportate alcune indicazioni relative la diffusione di impianti produttori di combustibile derivato da rifiuti (mediante trattamento meccanico biologico e mediante semplice trattamento meccanico) attualmente esistenti a livello europeo.

STATO	TIPO DI TRATTAMENTO	PERCENTUALE
Austria	MBT ¹	23
Belgio	MBT	40 – 50
Finlandia	MT ²	Variabile
Olanda	MT	35
Gran Bretagna	MT	22 - 50

Tabella 6: Percentuale di produzione di CDR da diversi tipi di trattamento in diversi stati europei

¹ MBT = Trattamento Meccanico Biologico

² MT = Trattamento Meccanico

Nazione	Tipo e numero di impianti	Rifiuti in ingresso		Combustibile in uscita
		Capacità (x10 ³ tpa)	Quantità processata (x10 ³ tpa)	Quantità prodotta (x10 ³ tpa)
Austria	10 TMB (+2) ³	340 (+ 60)	340	70
Belgio	1 + (4 TMB)	NI + (600)	-	NI + (240 – 300)
Danimarca	d ⁴	-	-	-
Finlandia	12 + (8)	200 - 300	140 – 300	40 – 90
Francia	D	-	-	-
Germania	14 TMB	1.100	NI	330
Grecia	-	-	-	-
Irlanda	-	-	-	-
Italia	16 TMB + 6 + (3)	1.500 + NI	1.000 + NI	300
Lussemburgo	-	-	-	-
Olanda	13 (+ 12)	2.000 (+ 1.300)	2.000	700
Portogallo	-	-	-	-
Spagna	NI ⁵	NI	NI	NI
Svezia (d)	NI	NI	NI	1.350
Gran Bretagna	3	250	250	90
Totale Europa	> 50	> 5.500	> 3.700	≈ 3.000

Tabella 7: CDR prodotto da rifiuti in Europa

Riportiamo nei successivi paragrafi alcuni esempi di impianti funzionanti sia a livello italiano che europeo.

5.1 IMPIANTO ACEA DI PINEROLO

L'impianto ACEA di Pinerolo è un impianto di valorizzazione secco-umido per la produzione del CDR. Il consorzio ACEA di Pinerolo ha constatato che il trattamento ecologicamente corretto dei rifiuti inizia alla fonte e il presupposto, indipendentemente dal procedimento finale scelto, è la differenziazione. ACEA fornisce ai cittadini sacchetti in plastica bicolore: bianchi all'esterno, verdi all'interno; l'utente rivolterà il nuovo involucro (che presenterà allora la superficie verde all'esterno), manifestando così la sua volontà di partecipazione a questo progetto e vi getterà poi i rifiuti umidi. La frazione secca, invece, potrà essere raccolta in sacchetti di altro colore o in quelli bicolori non rigirati.

L'impianto di valorizzazione consente pertanto la separazione dei rifiuti residui rispetto alla raccolta differenziata tradizionale (materiali secchi riciclabili): "umido", collocato da parte degli utenti in sacchetti di colore verde, e "secco" (tutto il resto), che può essere conferito in qualsiasi altro tipo di sacchetto. Alla suddivisione dei sacchi in frazione "umida" e frazione "secca", provvede l'innovativo sistema di separazione cromatica dell'impianto il quale, attraverso un selettore ottico chiamato OptiBag brevettato in Svezia, invia le due diverse frazioni alle rispettive linee di trattamento. La frazione umida, dopo una doppia fase di ripulitura della vasca, viene sottoposta a digestione anaerobica in vasche chiuse ermeticamente, alla temperatura di circa 55°C.

³ Le parentesi indicano impianti in costruzione

⁴ d = CDR prodotto in modo discontinuo per ragioni economiche

⁵ Dati non chiaramente disponibili

Il trattamento di digestione consente di ridurre in modo consistente il materiale digerito uscente, il quale sarà utilizzato per la produzione di compost. Inoltre, la digestione anaerobica è produttrice di biogas, utilizzabile per rendere energeticamente autosufficiente l'impianto.

La frazione secca viene ulteriormente essiccata utilizzando il calore autoprodotta dall'impianto, e nuovamente sottoposta ad un sistema di selezione per eliminare eventuali metalli inerti ancora presenti; quindi viene modificata dimensionalmente. E' evidente che questo trattamento oltre a rappresentare di per sé una valorizzazione meno energivora rispetto alle altre soluzioni alternative, consente, grazie alla produzione di biogas e alla sua autosufficienza, di ottenere un bilancio energetico positivo. Ciò contribuisce al progetto di riduzione delle emissioni in atmosfera di gas inquinanti e produttori l'effetto serra.

La digestione anaerobica consente di ridurre i problemi di controllo delle emissioni odorigene, che in altre situazioni si possono formare nella prima fase di decomposizione acida della sostanza organica putrescibile.

L'impianto è costituito dalle seguenti sezioni:

- Conferimento;
- Separazione cromatica sacchetti (Sistema OptiBag);
- Linea di separazione meccanica del secco;
- Linea di separazione meccanica dell'umido-verde sacchetto;
- Digestione anaerobica;
- Produzione CDR.

L'impianto prevede tre diversi modi per il conferimento del materiale: uno per i rifiuti misti ed industriali, uno per i rifiuti derivanti da raccolta differenziata da utenze domestiche secco-umido ed uno per i conferimenti di rifiuti organici da utenze selezionate.

Il sistema di separazione dei sacchetti secco umido avviene attraverso il separatore cromatico: in questa macchina vengono distinti, in base al colore, i sacchetti del secco, deviati sul nastro dei rifiuti indifferenziati, e quelli dell'umido, sacchetti verdi, deviati sul nastro dei rifiuti organici.

I rifiuti derivanti da conferimenti indifferenziati, i sacchetti contenenti il materiale secco da raccolta differenziata domestica, così come separati dal separatore cromatico, vengono inviati ad un tritratore che riduce di pezzatura i rifiuti. Il materiale così tritratato viene deferrizzato attraverso l'azione di un magnete posizionato sul nastro di scarico del mulino e quindi avviato al vaglio cilindrico rotante, dotato di griglia attraverso i cui fori passa il materiale sottovaglio, costituito principalmente da organico, mentre il materiale secco procede fino allo scarico del vaglio sul nastro diretto alla sezione di produzione del CDR.

La potenzialità massima di trattamento dell'impianto è pari a 101.000 t/a.

Linea di separazione meccanica dell'umido – verde sacchetto

A questa linea sono avviati i rifiuti da utenze selezionate ed i sacchetti contenenti il materiale organico da raccolta differenziata domestica, così come separati dal separatore cromatico. Il lacerasacchi provvede a liberare il contenuto dei sacchetti, mentre il successivo sistema vagliante ha il compito di separare la plastica dei sacchetti che viene quindi avviata alla linea di separazione meccanica, sul nastro di scarico del tritratore.

Digestione anaerobica

Le frazioni organiche “sporche” e “pulite” vengono alimentate, previa ulteriore deferrizzazione e raffinazione (trituratori secondari), attraverso nastri, ai rispettivi “mix separator”, dove avviene la miscelazione con l’acqua contenuta nei serbatoi. I “mix separator” hanno anche la funzione di selezionare ulteriormente la miscela da digerire in quanto le frazioni pesanti residue (inerti, vetro, etc.) precipitano sul fondo, mentre quelle leggere (plastica, carta, etc.) galleggiano e vengono conseguentemente allontanate. I “mix separator” hanno un volume unitario pari a 250 m³, per consentire la preparazione della miscela giornaliera.

Attraverso l’insufflazione di vapore viene garantito il riscaldamento della miscela. La miscela preparata nel “mix separator” viene eliminata mediante un sistema di pompaggio ai due digestori, serbatoi di volume unitario pari a 2.750 m³, nei quali viene mantenuta la temperatura di processo di 55°C. Lo scarico del materiale digerito avviene transitando preliminarmente nei serbatoi di rottura, di capacità unitaria pari a 40 m³, da cui vengono alimentati i vagli aventi lo scopo di trattenere la parte più grossolana come pezzetti di plastica, di tessuto, di legno, preliminarmente all’invio alle presse a nastro.

Fanno parte del comparto di disidratazione l’impianto di preparazione del flocculante polimerico, accessorio alla disidratazione dei fanghi, e l’unità di filtrazione e stoccaggio dell’acqua di lavaggio delle tele. L’acqua di disidratazione viene in parte stoccata nei serbatoi a tal fine preposti di volume unitario pari a 120 m³ da dove viene poi utilizzata per la preparazione della miscela nei “mix separator”, la parte eccedente viene inviata alla depurazione presso il vicino impianto consortile. Il materiale filtropressato è stoccato in cassoni all’esterno: uno per il digerito proveniente dalla degradazione della frazione organica “pulita”, uno per il digerito proveniente dalla frazione organica “sporca” ed uno per gli scarti separati dai vagli.

Il biogas estratto dai digestori è opportunamente captato ed avviato allo stoccaggio nel serbatoio da 3.000 m³, previo scarico della condensa presente nel gas attraverso appositi sistemi di filtraggio. Preliminarmente all’alimentazione dei gruppi di co-generazione, il biogas viene filtrato e compresso alla pressione necessaria per l’alimentazione. Abbinata al gasometro si trova la torcia per lo smaltimento del biogas in eccesso non utilizzato e non stoccabile.

Produzione CDR

Il comparto di produzione di combustibile da rifiuti è alimentato dalla frazione secca separata dal vaglio a tamburo rotante della linea di separazione meccanica, e da eventuali materiali sfusi costituiti da materiali di imballaggio, previo stoccaggio nel locale attiguo a quello di produzione del CDR.

Il processo ha inizio con una separazione aerea che provvede alla separazione delle parti pesanti che hanno superato le precedenti vagliature (legno, plastica pesante, etc.) dalle parti più leggere (carta, plastica leggera, etc.), che aspirate e convogliate attraverso un ciclone separatore vengono triturate nel mulino e successivamente sottoposte alla separazione dei materiali ferrosi (elettromagnete) e non ferrosi (separatore a correnti indotte). Le parti pesanti accumulate nel separatore aereo vengono estratte mediante nastri e portate nel cassone che si trova all’esterno del fabbricato. A valle del trituratore, a seconda del verso di trasporto del nastro, il materiale può essere alimentato alla tramoggia di caricamento dell’essiccatoio e quindi all’essiccatoio vero e proprio ed infine alle presse addensatrici oppure direttamente a quest’ultime.

Nella fase di avviamento dell’impianto non si prevede l’installazione dell’essiccatoio. Il materiale addensato nelle presse è successivamente avviato ad un raffreddatore ad aria e quindi al magazzino di stoccaggio che è suddiviso in due comparti. Il CDR è distribuito nell’area di

stoccaggio, di 500 m³ di capacità massima per ogni comparto, tramite un particolare sistema di insilaggio con raschiatori di superficie che livellano il mucchio e si allontanano dal pavimento seguendo il livello di stoccaggio crescente.

Esaurita l'area di stoccaggio si procede allo svuotamento del magazzino sempre attraverso i raschiatori di superficie (si inverte il loro senso di marcia) che movimentano ora il CDR verso il nastro di caricamento abbassandosi verso il pavimento. E' possibile anche produrre del CDR in forma di fluff evitando le presse scaricandolo direttamente su autocarro all'esterno.

Le destinazioni del CDR prodotto sono quelle riportate in tabella 5.

In tabella 8 vengono riportati i dati di progetto dell'impianto:

Rifiuti trattati	50.000 t/a, dei quali:
Rifiuti provenienti da cassonetti	35.800 t/a
Rifiuti organici da utenze selezionate	5.500 t/a
Rifiuti secchi da aree produttive	8.700 t/a
Acqua consumata	10.500 m³/a
Biogas prodotto	3.300.000 m³/a
Energia elettrica da vendere	280 MWh/a
Energia termica da vendere	3.800 MWh/a
Acqua da depurare	19.000 m³/a
Fanghi digeriti compostati	2.800 t/a
Combustibile da rifiuto	12.500 t/a 58.000 MWh/a
Metalli recuperati	1.000 t/a
Scarti a discarica	5.300 t/a
Inerti per copertura discarica	6.200 t/a

Tabella 8: Dati di progetto

5.2 IMPIANTO DI AMIENS (FRANCIA), FERMENTAZIONE A SECCO, PROCESSO VALORGA

Un importante esempio del processo di fermentazione a secco è il "Processo Valorga" – Amiens – Francia, dove, dal 1988, un impianto tratta rifiuti domestici indifferenziati. Attraverso un vaglio rotante ed un separatore balistico si segregano la componente leggera e la frazione pesante (inerti).

L'impianto tratta attualmente circa 50.000 t/a nella linea di digestione.

Il flusso residuo, rappresentato dalla componente organica, è miscelato con acqua o fanghi per ottenere un fluido con un contenuto di secco pari al 35%. La fermentazione avviene in una unica fase in un serbatoio di 2.400 m³ a 37-40 °C in condizioni mesofile.

L'omogeneizzazione delle materie in fermentazione è realizzata da un sistema di tipo pneumatico, adatto agli ambienti con alta concentrazione di sostanza secca.

Una parte del biogas prodotto è iniettato nuovamente ad alta pressione alla base del reattore per garantire l'omogeneizzazione del rifiuto.

Non si hanno pertanto parti meccaniche all'interno del digestore.

Il tempo di permanenza varia da 12 a 18 giorni. Il biogas generato ha un contenuto di metano pari al 54%. Il rifiuto fermentato viene scaricato e disidratato sino al 50% di sostanza secca; il

prodotto in uscita è pari a circa 37.000 t/a; l'acqua viene reimpiegata nel processo. I fanghi vengono quindi inviati a maturazione aerobica e il compost ottenuto è oggi impiegato in impianti di viticoltura, mentre non ne è consentito l'uso nelle colture alimentari.

5.3 IMPIANTO DI WAASA (FINLANDIA), FERMENTAZIONE A UMIDO

Un importante processo di fermentazione ad umido dai rifiuti urbani è rappresentato dall'impianto di Waasa (Finlandia).

L'impianto di Waasa è sorto sulla base della tecnologia Wabio.

Il processo Wabio è stato successivamente sviluppato in collaborazione con la società tedesca DBA e sperimentato (ma solo per rifiuti organici e fanghi) nell'impianto di Bottrop (Germania).

Nell'impianto di Waasa, dopo la fase di pretrattamento il rifiuto è miscelato con acque di processo (ricircolo) per ottenere un fluido con contenuto di secco pari al 15%. L'alto contenuto di acqua nella sospensione preparata permette ai materiali più pesanti di separarsi per gravità ed a quelli più leggeri di galleggiare (la componente leggera non degradabile viene separata con mezzi meccanici). La frazione restante in sospensione acquosa viene immessa in un fermentatore ad uno stadio (37-40 °C condizioni mesofile).

Il tempo di permanenza varia da 15 a 20 giorni; il biogas generato ha un contenuto di metano pari al 65%.

Il rifiuto fermentato viene scaricato e igienizzato a 70°C e disidratato sino al 50% di sostanza secca. L'acqua viene reimpiegata nel processo; la fase di maturazione dello stabilizzato dura diverse settimane.

Per il prodotto stabilizzato è previsto un impiego come materiale di copertura delle discariche.

5.4 ALTRI IMPIANTI SPERIMENTALI

In Germania sono stati realizzati impianti sperimentali a Munster e a Bassum.

A Bassum, la fermentazione anaerobica utilizza il processo Dranco. A Munster viene invece provata una digestione ad umido di tipo mesofilo.

Rispetto ai costi di investimento e gestione dei sistemi di stabilizzazione aerobica, i sistemi combinati di digestione anaerobica/stabilizzazione aerobica risultano sensibilmente più onerosi.

Questi sistemi richiedono, viceversa, un minore ingombro in termini di superfici a causa dei minori tempi di processo; inoltre si stanno studiando bilanci di energia che potrebbero evidenziare una lieve convenienza nella produzione di energia da vendere a seguito della combustione del biogas.

E' indubbio, infine, che l'effettuazione del processo di digestione anaerobica all'interno di manufatti chiusi senza contatto con l'atmosfera, riduce notevolmente il problema del trattamento dell'aria aspirata delle aree dei processi aerobici.

6. CONCLUSIONI

In conclusione, sulla base delle argomentazioni riportate nei precedenti paragrafi, sintetizziamo i principali vantaggi e svantaggi derivanti dal trattamento meccanico biologico. Per ciò che riguarda i vantaggi, i principali sono:

- Stabilizzazione della sostanza organica;
- Riduzione di volume dei materiali trattati;
- Produzione di CDR;
- Produzione di biogas.

Mentre per ciò che riguarda le principali criticità troviamo:

- Difficoltà di funzionamento che si traduce in problemi dal punto di vista biologico (problemi relativi al controllo del processo) e dal punto di vista meccanico (problemi relativi la movimentazione del materiale);
- Difficoltà di smaltimento del digestato;
- Forte impatto sull'impianto di depurazione;
- Emissioni/impatti odorigeni generati soprattutto dalle fasi di ricezione delle materie prime, stoccaggio, pretrattamento e nelle prime fasi di bioconversione;
- Emissioni di rumori, che possono essere importanti quando si usano macchine per riduzione volumetrica (tritinatori, mulini, vagli);
- Produzione di polveri e particolato fine (polveri dotate di reattività biologica – bioparticolato, endotossine – tossine prodotte all'interno delle cellule di alcuni microrganismi e rilasciate a seguito dagli involucri cellulari);
- Consumi energetici;
- Consumi idrici per la conduzione del processo;
- Inserimento territoriale e paesaggistico.