

Regione Autonoma Valle d'Aosta  
Région Autonome Vallée d'Aoste  
ASSESSORATO TERRITORIO E AMBIENTE

INDIVIDUAZIONE DELLE MIGLIORI TECNOLOGIE  
INNOVATIVE PER LA REALIZZAZIONE DI  
IMPIANTI DI PRETRATTAMENTO FINALIZZATI  
ALLA PRODUZIONE DI CDR DI QUALITÀ AD OGGI  
ESISTENTI

## DOCUMENTO FINALE



**DIANA COUT**  
INGEGNERE

Viale F. Chabod, 72 - 11100 AOSTA  
Tel. / Fax +39 0165 44104  
diana@dianacout.com

**NOVEMBRE 2009**

---

Ad uso dei soli destinatari del Documento

---



<b>PREMESSA AL DOCUMENTO FINALE</b> .....	<b>5</b>
---	----------

# **PRIMA PARTE** .....

**7**

## **1 - INQUADRAMENTO NORMATIVO** .....

**9**

1. 1 - CARATTERISTICHE TECNICHE DEL CDR-Q .....	12
1. 2 - UTILIZZABILITA' DEL CDR-Q PRODOTTO .....	14

## **2 - DESCRIZIONE DELLE MIGLIORI TECNOLOGIE DISPONIBILI** .....

**16**

2. 1 - TECNOLOGIE PER LA PRODUZIONE DI CDR .....	16
2. 2 - TRATTAMENTI PER LA PRODUZIONE DI CDR .....	21
2.2.1. Trattamento Meccanico Biologico .....	21
2.2.2. Digestione anaerobica .....	32
2. 3 - COMPONENTI DEGLI IMPIANTI PER LA PRODUZIONE DI CDR .....	40
2. 4 - PRESIDI AMBIENTALI PER GLI IMPIANTI DI PRODUZIONE CDR .....	49
2.4.1 Controllo e trattamento delle emissioni in atmosfera .....	49
2.4.2 Controllo e trattamento delle acque reflue .....	50
2.4.3 Controllo dei rumori e delle vibrazioni .....	51

## **3 - ESEMPI APPLICATIVI DEI PROCESSI DI PRODUZIONE DEL COMBUSTIBILE DA RIFIUTI - CONCLUSIONI** .....

**52**

## **4 - ESPERIENZE PILOTA DI VALORIZZAZIONE DELLA FRAZIONE SECCA** .....

**54**

4.1 - LA SELEZIONE DEL SECCO RESIDUO NEL CENTRO RICICLO VEDELAGO .....	54
--	----

# **SECONDA PARTE** .....

**57**

## **PREMESSA ALLA SECONDA PARTE** .....

**59**

## **1 - SISTEMI INTEGRATI** .....

**61**

1. 1 - LE CRITICITÀ DEI SISTEMI INTEGRATI .....	63
---	----

## **2 - LE TECNOLOGIE ALTERNATIVE DI TRATTAMENTO DEI RIFIUTI** .....

**65**

## **3 - CARATTERISTICHE ENERGETICHE DEI RIFIUTI** .....

**68**

## **4 - LE TECNOLOGIE ALTERNATIVE ALLA COMBUSTIONE DIRETTA** .....

**71**

4. 1 - CARATTERISTICHE E DIFFERENZE DEI VARI SISTEMI .....	77
4. 2 - LE TECNOLOGIE BASATE SU PROCESSI COMBINATI .....	78
4. 3 - TENDENZE IN EUROPA E NEL MONDO .....	79
4. 4 - IMPIANTI DI GASSIFICAZIONE E PIROLISI IN ITALIA .....	82
4. 5 - UN COMMENTO AUTOREVOLE .....	83
4. 6 - NORMATIVA EUROPEA .....	84
4. 7 - NORMATIVA ITALIANA E NORMATIVA TECNICA .....	88
4. 8 - ASPETTI ENERGETICI .....	90

4.8.1 -	Misure di efficienza energetica e utilizzo energetico dei gas prodotti .....	90
4.8.2 -	Efficienze nette di produzione di energia elettrica a confronto .....	92
4.8.3 -	Recupero energetico dai trattamenti termici .....	93
4.8.4 -	Modalità di incremento dell'efficienza di recupero .....	94
4.9 -	CARATTERISTICHE DELLE TECNOLOGIE.....	95
4.10 -	PRO E CONTRO DELLE NUOVE TECNOLOGIE .....	96
4.11 -	RIEPILOGANDO .....	99
4.12 -	SINTESI E CONCLUSIONI .....	99
	Tecnologie innovative e sperimentali .....	100
	Sperimentazione .....	100
	<b>BIBLIOGRAFIA (PER LA REDAZIONE DELLA PRIMA PARTE) .....</b>	<b>103</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA (PER LA REDAZIONE DELLA SECONDA PARTE).....</b>	<b>105</b>
	<b>ALLEGATI ALLA PRIMA PARTE .....</b>	<b>107</b>
	<b>ALLEGATI ALLA SECONDA PARTE.....</b>	<b>107</b>

## **PREMESSA AL DOCUMENTO FINALE**

*In questa Premessa si vogliono illustrare le attività svolte in relazione all'incarico di collaborazione tecnica per supportare gli uffici regionali competenti nell'attività di individuazione delle migliori tecnologie innovative per la realizzazione di impianti di pretrattamento finalizzati alla produzione di CDR di qualità, affidato alla sottoscritta ing. Diana Cout con deliberazione della Giunta regionale n. 1502 del 29 maggio 2009.*

*Tale incarico era strutturato nelle 3 fasi di seguito illustrate:*

### *fase 1:*

- *individuazione delle esperienze più significative e rapportabili alla realtà valdostana*
- *predisposizione delle relative schede tecnico-economiche*
- *eventuali soluzioni integrate (ciclo dei rifiuti)*

### *fase 2:*

*Analisi delle tecnologie individuate nella fase 1) da sottoporre agli uffici competenti concernenti:*

- *caratteristiche e quantità dei rifiuti trattabili*
- *caratteristiche del prodotto ottenuto*
- *qualità delle emissioni e dei sottoprodotti ottenuti dopo trattamento di recupero energetico*
- *diagramma di flusso del ciclo di trattamento dei rifiuti individuato con le relative analisi tecnico-economiche*
- *individuazione delle aree più indicate per l'ubicazione dell'impianto in considerazione del completamento del ciclo di trattamento finalizzato al recupero energetico anche in relazione all'impianto di teleriscaldamento*

### *fase 3:*

*Avvio della sperimentazione della tecnologia individuata*

- *possibilità di trattamento di RSU, RD: quantità e qualità dei rifiuti trattabili e adeguamento dei dati ottenuti dallo studio condotto alla fase 2*
- *destinazione del materiale trattato, con verifica delle soluzioni impiantistiche, in particolare del tipo di combustione del materiale ottenuto.*
- *traslazione della sperimentazione su scala industriale.*

*Nel corso della consulenza, l'indagine sulle tecnologie che producono CDR – Q è stata integrata con uno studio volto a valutare impianti di trattamento a caldo per la chiusura del ciclo di gestione dei rifiuti, una volta prodotto il CDR – Q.*

### *fase integrativa:*

*Si è provveduto a completare l'indagine tecnico-prestazionale degli impianti che producono combustibile da rifiuto a "freddo" (TMB), con l'analisi e la valutazione di due principali tipologie di impianti che utilizzano il combustibile da rifiuto prodotto con i trattamenti TMB mediante trattamenti a "caldo": gassificazione e pirolisi.*

Questo Documento è il risultato delle fase 1 e fase 2 e della fase integrativa sopra dettagliate.

Esso è suddiviso in Prima parte e Seconda Parte.

La **Prima parte** è relativa alla fase 1 e alla fase 2.

La **Seconda parte** è relativa alla fase integrativa.

Si precisa inoltre che questo Documento è il Documento Finale di una serie di Documenti e Sintesi tecniche sottoposti in questi mesi al Gruppo di Lavoro appositamente costituito e delle discussioni avvenute nell'ambito del Gruppo di Lavoro stesso.

In Allegato sono riportate le richieste di Segretezza da parte di alcune Ditte detentrici delle tecnologie.

Negli Allegati, le schede relative alle Ditte che hanno richiesto di sottoscrivere un accordo di Segretezza, riportano in alcune sezioni la definizione "omissis", in quanto la sottoscritta ing. Diana Cout ha preferito, per le Ditte richiedenti, non divulgare le informazioni fornite ritenute soggette a tale accordo.

# PRIMA PARTE



## 1 - INQUADRAMENTO NORMATIVO

Il CDR-Q è normato in Italia per la prima volta dal Decreto Ronchi (Dlgs. 22/97), la cui definizione è stata ripresa dalla legge 308/2004 e successivamente dal D.lgs. 152/2006.

Nel D.lgs. 152/2006 "Norme in materia ambientale" (Testo unico ambientale) viene definito come: *"combustibile da rifiuti di qualità elevata (CDR-Q): il combustibile classificabile, sulla base delle norme tecniche UNI 9903-1 e successive modifiche ed integrazioni, come RDF di qualità elevata, cui si applica l'articolo 229"<sup>1</sup>.*

Attualmente le definizioni in vigore sono quelle contenute nel D.lgs 152/2006, con le modificazioni importanti apportate con il Dlgs 16 gennaio 2008, n. 4, con rimando ai decreti del 2 maggio 2006 ed alle norme tecniche UNI 9903-I sotto riportate.

Parametro	Unità di misura	CDR normale	CDR - Q UNI 9903
Size	mm		
Heating Value	Kj/kg	> 15.000	>20.000
Moisture	Tal quale	< 25 %	< 18 %
Cl	% sulla materia secca	< 0.9 %	< 0.7 %
S	% sulla materia secca	< 0.6 %	< 0.3 %
Ashes	% sulla materia secca	< 20 %	< 15 %
Cr	mg/kg	< 100	< 70
Cu	mg/kg	< 300	< 50
Mn	mg/kg	< 400	< 200
Ni	mg/kg	< 40	< 30
As	mg/kg	< 9	< 5
Cd	mg/kg	< 7	< 3
Hg	mg/kg	< 7	< 1
Pb	mg/kg	< 200	< 100

---

1 Articolo 229 - Combustibile da rifiuti e combustibile da rifiuti di qualità elevata — Cdr e Cdr-Q

1. Ai sensi e per gli effetti della parte quarta del presente decreto, il combustibile da rifiuti (Cdr), di seguito Cdr, e il combustibile da rifiuti di qualità elevata (Cdr-Q) di seguito Cdr-Q, come definito dall'articolo 183, comma 1, lettera s), sono classificati come rifiuto speciale.

### 2. eliminato dal Dlgs. 16/01/08 n. 4.

3. La produzione del Cdr e del Cdr-Q deve avvenire nel rispetto della gerarchia del trattamento dei rifiuti e rimane comunque subordinata al rilascio delle autorizzazioni alla costruzione e all'esercizio dell'impianto previste dalla parte quarta del presente decreto. Nella produzione del Cdr e del Cdr-Q è ammesso per una percentuale massima del cinquanta per cento in peso l'impiego di rifiuti speciali non pericolosi. Per la produzione e l'impiego del Cdr è ammesso il ricorso alle procedure semplificate di cui agli articoli 214 e 216.

4. Ai fini della costruzione e dell'esercizio degli impianti di incenerimento o co-incenerimento che utilizzano il Cdr si applicano le specifiche disposizioni, comunitarie e nazionali, in materia di autorizzazione integrata ambientale e di incenerimento dei rifiuti. Per la costruzione e per l'esercizio degli impianti di produzione di energia elettrica e per i cementifici che utilizzano Cdr-Q si applica la specifica normativa di settore.

La legislazione italiana in materia di recupero dei rifiuti e valorizzazione del CDR-Q si presenta come uno dei rari casi di avanguardia nei confronti degli indirizzi espressi dalla Commissione Europea a partire dalla proposta di modifica della Direttiva Quadro sui Rifiuti del dicembre del 2005.

In Italia già la legge delega al Governo per il riordino della legislazione ambientale (legge 308/2004, del 15 dicembre 2004) aveva escluso il CDR-Q<sup>2</sup> allo status di rifiuto con riferimento alle specifiche qualitative contenute nelle norme tecniche UNI 9903-I con espressa menzione al suo utilizzo nei cementifici e nelle centrali termoelettriche (art. I, comma 29, lettera b).

La legge 308/2004 si presenta come l'ultima integrazione del Decreto Legislativo 22/97 del 5 febbraio 1997 (cosiddetto "Decreto Ronchi") il quale già indicava la possibilità di incentivare, al fine della generazione di energia elettrica, la combustione dei rifiuti urbani sottoposti a preventive operazioni di trattamento finalizzate alla produzione di combustibile da rifiuti.

Il Decreto Ronchi è stato progressivamente modificato dai seguenti provvedimenti:

- Decreto Legislativo 389/1997, dell'8 novembre 1997, cosiddetto "Ronchi bis";
- Legge 128/ 1998, del 24 aprile 1998;
- Legge 426/ 1998, del 9 dicembre 1998, cosiddetto "Ronchi ter";
- Legge 488/1999, del 23 dicembre 1999, Finanziaria 2000;
- Legge 342/2000, del 21 novembre 2000;
- Legge 93/2001, del 23 marzo 2001;
- Decreto Legge 286/2001, del 16 luglio 2001;
- Legge 448/2001, del 28 dicembre 2001, Finanziaria 2002;
- Legge 16/2002, del 27 febbraio 2002 (conversione con modifiche del 452/2001 del 28 dicembre 2001 );
- Legge 39/2002, dell'1 marzo 2002;
- Legge 82/2002, del 6 maggio 2002 (conversione con modifiche del 22/2002 del 7 marzo 2002);
- Legge 179/2002, del 31 luglio 2002;
- Legge 14/2003, del 3 febbraio 2003;
- Decreto Legislativo 36/2003, del 13 gennaio 2003;
- Decreto Legislativo 182/2003, del 24 giugno 2003;
- Decreto Legislativo 209/2003, del 24 giugno 2003;
- Decreto del Presidente della Repubblica 254/2003, del 15 luglio 2003;
- Legge 308/2004, del 15 dicembre 2004.

A queste si potrebbe aggiungere la Legge 178/2002 dell'8 agosto 2002 (conversione con modifiche del 138/2002, dell'8 luglio 2002) la quale, pur non modificando o integrando il Dlgs. 22/97, ha introdotto un'interpretazione autentica della definizione di rifiuto contenuta nel Dlgs. 22/97 nel quale viene stabilito che per i rifiuti che possono essere e sono effettivamente e oggettivamente riutilizzati nel medesimo o in analogo o diverso ciclo produttivo o di consumo senza subire alcun intervento preventivo di trattamento e senza recare pregiudizio all'ambiente, oppure dopo aver subito un trattamento preventivo senza che si renda necessaria alcuna operazione di recupero non ricorrono le fattispecie della definizione di rifiuto.

Tuttavia è solo con la legge delega 308/2004 che il CDR-Q viene espressamente escluso dallo status di rifiuto per passare a quello di prodotto, nel rispetto delle Norme Tecniche UNI 9903-1.

---

<sup>2</sup> Nel testo della legge così come nelle norme tecniche UNI 9903-1, si far riferimento alla sigla RDF (Refuse Derived Fuel) di qualità normale e di qualità elevata; la dicitura CDR (Combustibile Da Rifiuti di qualità normale) e CDR-Q (Combustibile Da Rifiuti di qualità elevata) verrà introdotto solo in seguito dal D.lgs. 152/06.

A tutti gli effetti la normativa italiana, seppur con una trattazione generica, aveva anticipato i contenuti della nuova strategia europea sulla prevenzione e sul riciclaggio dei rifiuti. Tale impostazione volta alla valorizzazione del CDR-Q è stata poi arricchita dal successivo Testo Unico Ambientale (D.Lgs. 152/2006), e ripresa negli atti normativi collegati (D.M. del 2 maggio 2006), nei provvedimenti della Commissione bicamerale sul ciclo dei rifiuti, nonché sulle nuove proposte di riformulazione del testo unico ambientale.

Il Dlgs 16 gennaio 2008, n. 4 modifica poi l'articolo 229 del Dlgs. 152/2006, eliminando il comma 2, **riportando a status di rifiuto il CDR – Q ed escludendolo dalla definizione di fonte rinnovabile e dai regimi di incentivazione di cui all'art. 17 comma 1 del Dlgs. 387/2003.**

L'importanza del D.lgs. 152/2006 non riguarda esclusivamente le disposizioni relative al CDR-Q, bensì la nuova impostazione che viene data alla nozione di rifiuto, ridimensionata rispetto alle precedenti norme in vigore. A questo proposito è importante richiamare come il D.lgs. 152/2006 contenga la definizione di sottoprodotto, di materia prima secondaria, di materia prima secondaria per attività siderurgiche e metallurgiche oltre a quella di combustibile da rifiuto di elevata qualità: tutti concetti che vanno a delimitare la nozione di rifiuto fino ad allora in vigore.

Tuttavia, ad un impianto normativo relativamente chiaro, non fa eco un'altrettanto promettente realtà dei fatti, a dimostrazione di quanto sia prioritario un approccio maggiormente integrato per poter giungere a risultati concreti nel miglioramento del sistema di gestione dei rifiuti nel nostro paese.

Il D.lgs. 152/2006 distingue tre tipologie di combustibile:

- il CDR, combustibile da rifiuti di qualità normale come indicato dalle specifiche UNI 9903- 1 (RDF di qualità normale);
- il CDR-Q, combustibile da rifiuti di qualità elevata come indicato dalle specifiche UNI 9903-1 (RDF di qualità elevata);
- il Combustibile derivato da rifiuti<sup>3</sup> che non risponde alle specifiche della normativa UNI 9903- 1 e che, pertanto, non può essere classificato come CDR o CDR-Q.

Stando a quanto contenuto negli articoli 183 – 184 - 229 del D.lgs. 152/2006 **le varie tipologie di combustibile derivato da rifiuti e CDR sono da ritenersi come rifiuti speciali.**

Fino all'entrata in vigore del Dlgs. 16 gennaio 2008, il CDR-Q poteva sfuggire a tale status nel rispetto delle seguenti condizioni:

- che fosse prodotto in un sistema di gestione per la qualità in linea con le UNI EN ISO 9001;
- che presentasse le caratteristiche indicate dalle norme tecniche UNI 9903-1;
- che fosse destinato all'effettivo utilizzo in co-combustione nei cementifici o in impianti di produzione di energia elettrica.

Le modalità di utilizzo del CDR-Q nelle centrali elettriche e nei cementifici sono state successivamente specificate dal decreto ministeriale del 2 maggio 2006; in particolare l'utilizzo è consentito negli impianti con potenza termica nominale uguale o maggiore a 50 MW o nei forni da cemento con capacità di produzione di clinker superiore a 500 tonn/g nel rispetto dei valori limite per la co-combustione delineati dal decreto stesso.

Venendo meno il comma 2 dell'art. 229 del Dlgs. 152/06 sembrerebbe vengano anche meno i vincoli rispetto alla potenzialità minima dell'impianto presso cui avviare il CDR-Q

---

<sup>3</sup> Tale definizione non è esplicitata nel testo del DLgs. 152/06 ma tale interpretazione trova conferma nel successivo DM 2 maggio 2006

## 1. 1 - CARATTERISTICHE TECNICHE DEL CDR-Q

Il CDR-Q è un particolare tipo di combustibile che si ricava dalla lavorazione dei rifiuti. Normalmente è possibile ottenere dai rifiuti solidi urbani indifferenziati una quantità massima di CDR-Q pari a circa il 40% del peso di rifiuti trattati. In genere, più elevata è la qualità del CDR – Q prodotto, meno elevata è la sua quantità percentuale rispetto al rifiuto tal quale. Anche la complessità dell’impianto è maggiore se la qualità del CDR – Q è migliore.

Il CDR-Q non è normalmente composto da rifiuti tal quali, ma è un combustibile ottenuto dalla separazione, lavorazione ed eventuale ri-composizione dei rifiuti solidi urbani. Tale procedimento permette di ottenere un prodotto di cui è possibile garantire le caratteristiche tecniche (chimiche e fisiche), nonché la composizione.

L'alta controllabilità del CDR-Q, nonostante la varietà di composizione dei rifiuti in entrata, ha permesso di definire standard qualitativi per poter distinguere diversi tipi di CDR.

Come già detto, in Italia questi standard sono stati definiti dalla normativa UNI 9903-I che definiscono i valori minimi in rapporto a due tipologie di CDR:

- CDR di qualità normale;
- CDR di qualità elevata (CDR-Q).

Il secondo (CDR-Q, di qualità elevata) ha caratteristiche tali (alto potere calorifico e ridotte emissioni inquinanti durante la combustione, qualità costante nel tempo) da essere destinato all'utilizzo in co-combustione nei cementifici o nelle centrali elettriche in sostituzione al carbone o al coke da petrolio.

Le disposizioni in base alle quali il CDR è di qualità elevata (CDR-Q) sono contenute nell'articolo 183 del D.lgs 152/2006<sup>4</sup>, il quale fa espressamente riferimento alle norme UNI 9903-I. In rapporto alla normativa vigente, esiste, tuttavia, una terza categoria che rappresenta una qualunque tipologia di “combustibile derivato dai rifiuti” che non rientri nelle due categorie stabilite dalle norme UNI.

E' quindi molto importante nel trattare il tema del recupero energetico dei rifiuti avere sempre chiara la distinzione qualitativa che esiste fra le tre categorie:

- CDR di qualità normale;
- CDR-Q di qualità elevata;
- e qualsivoglia combustibile derivato da rifiuti, non conforme ad alcuna normativa.

La produzione del CDR-Q richiede a monte una forte differenziazione dei rifiuti nel processo di raccolta, poiché è necessario poter disporre dei singoli componenti dei rifiuti per poterli ricomporre in un mix equilibrato che soddisfi i requisiti tecnici.

Per questo il CDR-Q non solo è compatibile con la raccolta differenziata e con il riciclo dei rifiuti, ma ne diviene stimolo poiché permette di trasferire a monte i numerosi benefici economici che derivano dal suo impiego. Il CDR-Q favorisce il riciclo, da un lato, stimolando la differenziazione dei rifiuti e, dall'altro, utilizzando per la sua produzione quelle parti di rifiuti che, anche a seguito della differenziazione, non possono essere avviate al riciclaggio.

---

4 r) combustibile da rifiuti (Cdr): il combustibile classificabile, sulla base delle norme tecniche Uni 9903-1 e successive modifiche ed integrazioni, come Rdf di qualità normale, che è ottenuto dai rifiuti urbani e speciali non pericolosi mediante trattamenti finalizzati a garantire un potere calorifico adeguato al suo utilizzo, nonché a ridurre e controllare: 1) il rischio ambientale e sanitario; 2) la presenza di materiale metallico, vetri, inerti, materiale putrescibile e il contenuto di umidità; 3) la presenza di sostanze pericolose, in particolare ai fini della combustione;

s) combustibile da rifiuti di qualità elevata (Cdr-Q): il combustibile classificabile, sulla base delle norme tecniche Uni 9903-1 e successive modifiche ed integrazioni, come Rdf di qualità elevata;

Il pieno raggiungimento dei requisiti energetici ed ambientali è possibile solo se si ottiene un alto grado di differenziazione nella raccolta dei rifiuti a monte, ad un livello, in ogni caso, superiore a quanto raggiunto con la tradizionale differenziazione non finalizzata alla produzione di CDR-Q.

Il rispetto delle specifiche tecniche stabilite dalle norme UNI 9903-I permette di garantire, ad esempio durante la co-combustione del CDR-Q col carbone, il raggiungimento dei seguenti obiettivi:

- una miglior gestione del ciclo dei rifiuti;
- una riduzione delle emissioni di impianti già esistenti (per effetto della sostituzione del combustibile fossile);
- uno smaltimento alternativo a discarica ed incenerimento, che non prevede costruzione di nuovi camini (in quanto utilizzato in impianti esistenti).

Si precisa che come CDR possono essere considerati anche rifiuti di natura industriale, che includono plastiche e carta di attività imprenditoriali, pneumatici usati, rifiuti da biomassa, tessili, fluff da demolizione dei veicoli (ASR) e rifiuti pericolosi dall'elevato potere calorico come solventi, oli esausti, fanghi industriali, segatura inquinata.

Per essere utilizzati, devono possedere caratteristiche di composizione dettate dalle stesse industrie, ad es. una concentrazione limite di cloro e fosforo nei cementifici oppure una certa dimensione.

Il trattamento dei rifiuti che è destinato alla produzione di CDR in Italia è il seguente:

Canale di produzione rifiuto	RIFIUTI URBANI	Incidenza tipo di gestione su totale produzione %
<b>Tipo di attività</b>		
Produzione	32.547.543	100%
Raccolta differenziata / recupero	8.958.206	28%
Compostaggio	2.368.302	7%
Biostabilizzazione e produzione cdr	8.757.152	27%
Incenerimento	2.975.127	9%
Discarica	17.866.917	55%

**Tabella 01 – Rifiuti e CDR**

Fonte: Rapporto Osservatorio Nazionale dei Rifiuti 2008.

## 1.2 - UTILIZZABILITA' DEL CDR-Q PRODOTTO

Al momento attuale, sono ipotizzabili tre destinazioni principali del CDR-Q prodotto:

### In Valle d'Aosta:

- a) utilizzo del CDR-Q nelle centrali di teleriscaldamento presenti nella Regione.
- b) utilizzo del CDR-Q in un impianto realizzato ex-novo nella zona di produzione del CDR-Q, presumibilmente – in relazione alla localizzazione ed alle superfici disponibili - in prossimità dell'attuale area di discarica regionale (Centro di Trattamento Regionale di Brissogne)

### Fuori Regione:

- c) utilizzo del CDR-Q presso impianti che:
  - siano in grado di trattare tale combustibile,
  - permettano di farlo entro un raggio di poche centinaia di km (oltre una certa distanza l'incidenza dei trasporti sarebbe troppo onerosa in termini di impatti ambientali e di costi),
  - assicurino il trattamento del combustibile in termini di continuità (tutto l'anno) e durata (per un numero assicurato di anni).

### **Fattibilità delle soluzioni regionali:**

#### a) utilizzo del CDR – Q nelle centrali di teleriscaldamento

Come sopra indicato, non è più consentito classificare il CDR come sottoprodotto e quindi, pur venendo meno i vincoli rispetto alla potenzialità minima dell'impianto presso cui avviare il CDR, l'impianto di destinazione finale sarebbe un impianto che tratta rifiuti speciali.

Non si ritiene pertanto ipotizzabile né:

- l'utilizzo di CDR – Q nelle centrali di teleriscaldamento già esistenti sul territorio - essendo tali centrali di teleriscaldamento già operanti con combustibile costituito da biomasse (per cui sarebbe necessario apportare modifiche impiantistiche non di poco conto, in termini di bruciatori, sistema recupero calore, impianti di abbattimento fumi, oltre alla capacità di utilizzare tutto il CDR – Q che sarebbe prodotto) e ubicate in località troppo distanti dal luogo in cui potrebbe essere prodotto il CDR – Q (per cui l'incidenza dei trasporti sarebbe troppo onerosa in termini di impatti ambientali e di costi). Si dovrebbe infine ottenere anche la necessaria autorizzazione per le emissioni.

- l'utilizzo del CDR – Q prodotto nella costruenda centrale di teleriscaldamento di Aosta. La centrale di teleriscaldamento di Aosta, così come progettata al momento, è composta da due cogeneratori per una potenza di 13 MW, da un sistema a biomassa per una potenza termica di 4 MW, da una pompa di calore per 18 MW, da serbatoi di accumulo di acqua calda per 4.000 m<sup>3</sup> che regolano le punte giornaliere, da una caldaia da 16 MW per i mesi invernali più freddi e da 3 caldaie di riserva per 48 MW che entrano in funzione solo in caso di avaria dei sistemi precedenti.

La potenza termica di focolare è pari a circa  $(13+4+16) = 33$  MW distribuita sui cogeneratori e sulla singola caldaia ( quest'ultima verrà, nel progetto esecutivo, ridotta a 10 MW). Non è computata la potenza della pompa di calore.

L'utilizzo del CDR –Q prodotto a monte dei trattamenti del RSU tal quale prodotto nella nostra Regione (circa 30.000 tonn/anno) potrebbe soddisfare una potenza elettrica di circa 3 MW e potrebbe essere utilizzato in sostituzione / ad integrazione della biomassa prevista nell'impianto di teleriscaldamento.

Tale destinazione, prevista dalla norma e possibile dal punto di vista tecnico, potrebbe presentare i seguenti aspetti che renderebbero difficoltoso l'utilizzo di tale combustibile nell'area della progettata centrale, per alcuni motivi che di seguito si sintetizzano:

1. si tratta di un progetto proposto da un soggetto privato che ha già ottenuto le necessarie autorizzazioni per realizzare un impianto che non tratta rifiuti;
2. sarebbe necessario apportare modifiche impiantistiche, in termini di bruciatori, sistema recupero calore, impianti di abbattimento fumi – in un parola: rifare il progetto;
3. la Società che ha presentato il progetto possiede già l'autorizzazione unica e l'autorizzazione alle emissioni per la tipologia di centrale sopra illustrata. E' comunque possibile richiedere una variazione dell'autorizzazione unica con avvio del procedimento dell'*Autorizzazione Integrale Ambientale* (con conseguente allungamento dei tempi di realizzazione della centrale)
4. è necessario verificare se l'area ove è prevista la costruzione della centrale sia idonea al trattamento dei rifiuti (circa 80 tonn/giorno) – sarebbe necessario individuare nuove aree disponibili per i depositi temporanei, per gli impianti di abbattimento degli inquinanti ecc.

Il CDR –Q potrebbe comunque essere ottenuto nell'area della discarica, e poi successivamente trasportato (come di fatto fanno quasi tutti gli impianti di produzione di CDR-Q) considerando che l'impianto potrebbe trovare i propri spazi più adeguati anche per gli stoccaggi.

#### b) impianto realizzato ex-novo

Il CDR potrebbe essere prodotto e utilizzato nell'area di discarica dove l'impianto di trattamento, oltre a produrre energia elettrica, potrebbe cedere calore sia alla centrale di teleriscaldamento di Aosta, sia alla zona autoportuale (*esistono già collegamenti di teleriscaldamento con il cogeneratore della discarica*) tenendo conto che trasportare acqua calda costa meno che trasportare rifiuti. Inoltre:

- anche se, un impianto del genere, per qualche avaria si dovesse fermare, il calore all'utenza di Aosta, o quello ceduto all'utenza autoportuale, verrebbe garantito dalle centrali costruende o già esistenti
- il procedimento autorizzativo è svincolato dai tempi di realizzazione dell'impianto di teleriscaldamento e sarebbe specifico per un impianto che tratta rifiuti
- si potrebbe anche valorizzare il CDR con processi a caldo diversi dall'incenerimento o dal co-incenerimento.

Tale soluzione impiantistica non andrebbe comunque ad aggiungere potenza termica generata perché fungerebbe da riserva energetica della centrale di teleriscaldamento. Infatti è possibile produrre energia nell'impianto "a CDR" ed utilizzarla nell'anello dell'area autoportuale oppure immettere l'acqua calda nell'anello di scambio con quello della centrale di teleriscaldamento con spegnimento di una caldaia della centrale stessa.

## 2 - DESCRIZIONE DELLE MIGLIORI TECNOLOGIE DISPONIBILI

### 2.1 - TECNOLOGIE PER LA PRODUZIONE DI CDR

Il CDR di qualità elevata è il prodotto principale di un processo industriale esclusivamente finalizzato alla sua produzione. La produzione del CDR-Q, infatti, è il risultato di una precisa scelta tecnica destinata alla produzione di un combustibile avente determinate specifiche tecniche, che lo rendono idoneo al suo utilizzo in uno specifico processo di combustione.

La produzione del CDR-Q richiede la progettazione e la costruzione di un apposito impianto, debitamente autorizzato. La funzione principale di tale impianto è quella di trasformare, attraverso un processo complesso e ambientalmente compatibile, i rifiuti non pericolosi in CDR-Q. Il risultato del processo di produzione è un CDR-Q che può raggiungere, in peso, il 40% del rifiuto iniziale.

L'impianto per la produzione di CDR-Q si compone normalmente anche di alcuni processi ausiliari, da svolgersi in:

- impianti di trattamento dell'aria di processo;
- impianti di trattamento dell'acqua di processo;
- laboratorio chimico per i controlli di qualità sulle materie prime, semilavorati e prodotto finito.

Come già dette, il processo di produzione deve essere tale da garantire l'ottenimento di un materiale con le caratteristiche specificate dalle norme UNI 9903-I.

La qualità elevata viene intesa come:

- la corrispondenza ai parametri specifici previsti dall'apposita norma tecnica UNI 9903-I richiamata dallo stesso art. 183, dlgs. 152/2006;
- un elevato potere calorifico, mantenuto costante nel tempo che lo rende in grado di sostituire una fonte fossile, quale il carbone normalmente impiegato nei processi energivori industriali;
- l'elevata trasportabilità, stoccabilità e gestibilità all'interno dell'impianto utilizzatore;
- la facilità di alimentazione all'impianto utilizzatore, in termini di costanza della distribuzione della pezzatura, della densità e della presenza di opportune componenti del CDR-Q di supporto al trasporto;
- il controllo ed il mantenimento nel tempo delle specifiche, previste dalla norma UNI 9903- I o di quant'altro previsto sia dall'utilizzatore sia dalla legislazione vigente;
- l'adozione da parte dell'esercente dell'impianto di produzione di un adeguato sistema di gestione certificabile, che garantisca sia la qualità del CDR-Q prodotto sia la qualità del sistema produttivo.

#### **Le fasi del processo di produzione**

L'impianto appositamente progettato e costruito prevede, al proprio interno, numerose e peculiari fasi, attività e processi di trattamento aventi lo scopo di ridurre le dimensioni del rifiuto in ingresso all'impianto e di ridurre il contenuto di umidità e le componenti d'ostacolo alla combustione fino alla produzione di un materiale combustibile corrispondente alle specifiche tecniche previste dalla normativa vigente.

L'utilizzatore finale può avanzare ulteriori richieste in relazione alle specifiche tecniche del CDR-Q quali ad esempio densità, forma fisica degli aggregati e tipo di imballo; qualità queste prevalentemente finalizzate al trasporto, stoccaggio e movimentazione del combustibile e pertanto non così rilevanti ai fini delle caratteristiche di "combustibile".

Non è però possibile predefinire un'unica sequenza o insieme di fasi, attività o processi di trattamento rifiuti in grado di descrivere qualunque impianto di produzione del CDR-Q.

Ciascun produttore di CDR-Q adoterà le tecniche più opportune, che possono anche essere derivate da uno specifico know-how e talvolta coperte da brevetti.

Anche la tipologia e la provenienza del rifiuto non pericoloso, che costituisce la materia prima per la produzione del CDR-Q, influenza sicuramente le scelte impiantistiche. Tuttavia, è possibile individuare e descrivere alcuni “macroprocessi”, che sono normalmente presenti negli impianti di produzione del CDR-Q.

La presenza simultanea di più di uno di questi macro-processi, nelle loro varie accezioni tecnologiche, consente di distinguere un impianto finalizzato alla produzione di CDR-Q dagli impianti di trattamento rifiuti, concepiti essenzialmente o principalmente per il loro smaltimento o semplicemente per il loro pre-trattamento.

L'elencazione che segue non vuole essere esaustiva, ma solo indicativa e di esempio su come è organizzato, sulla base di esperienze specifiche, un impianto produttivo del CDR-Q.

### **1. Processo di pre-trattamento dei rifiuti in ingresso**

- Finalità del processo: separare le frazioni combustibili da quelle umido putrescibili, allontanare i materiali inerti pesanti e predisporre il rifiuto nella forma fisica ottimale per le successive fasi di produzione del CDR-Q.
- Opzioni tecnologiche: trattamento meccanico e/o trattamento biologico (lacerazione, triturazione, vagliatura, separazione densimetrica, fermentazione aerobica).
- Controlli di processo: codici di provenienza, controllo umidità e controlli visivi.
- Output di processo: frazione secca e/o materiale biostabilizzato a contenuto noto di umidità da impiegare nelle successive fasi di produzione del CDR-Q.

### **2. Processo di riduzione dimensionale e di separazione delle componenti metalliche**

- Finalità del processo: separazione delle componenti metalliche e non metalliche dalla frazione secca o dal materiale biostabilizzato, riduzione dimensionale fino al raggiungimento delle specifiche dimensionali del CDR-Q richieste dall'utilizzatore.
- Opzioni tecnologiche: trattamento meccanico (granulazione e triturazione, vagliatura, separazione densimetrica, separazione magnetica di metalli ferrosi, separazione tramite correnti indotte di metalli non ferrosi).
- Controlli di processo: bilanci di massa, controllo umidità e contenuto di mercurio, controlli visivi.
- Output di processo: materiale combustibile da rifiuti avente le dimensioni desiderate esente da metalli ferrosi e non ferrosi.

### **3. Processo di essiccazione**

- Finalità del processo: stabilizzazione ed igienizzazione del output dal processo ed eliminazione dell'umidità residua fino al raggiungimento del valore richiesto dalla specifica per il CDR-Q o altro valore più stringente richiesto dall'utilizzatore.
- Opzioni tecnologiche: trattamento termico (essiccatori rotanti, essiccatori a tappeto).
- Controlli di processo: bilanci di massa, controllo temperatura e umidità relativa, potere calorifico, controllo del contenuto di cloro, mercurio, ceneri, controlli visivi.
- Output di processo: materiale combustibile secco, di dimensioni ridotte, esente da metalli ferrosi e non ferrosi.

### **4. Processo di classificazione e selezione**

- Finalità del processo: classificazione e separazione del materiale di output del processo precedente sulla base delle dimensioni delle particelle e ulteriore riduzione del contenuto di inerti (ceneri) e di metalli pesanti.

- Opzioni tecnologiche: tecniche di classificazione (vaghi rotanti, lineari, circolari, a “flip-flop”, griglie mobili, classificatori aeraulici,<sup>5</sup> balistici).
- Controlli di processo: bilanci di massa, controllo del contenuto di cloro, mercurio, ceneri, controlli visivi.
- Output di processo: materiale combustibile secco, delle dimensioni desiderate esente da metalli ferrosi, non ferrosi e da frazioni inerti ricche di metalli pesanti.

### **5. Processo di miscelazione o blending**

- Finalità del processo: mediante l'aggiunta di componenti ad elevato potere calorifico (ad esempio altri rifiuti o scarti produttivi aventi caratteristiche energetiche note e costanti) al fine di raggiungere il livello energetico richiesto dall'utilizzatore finale.
- Opzioni tecnologiche: tecniche di miscelazione (silos a fondo mobile, ad aspi rotanti, nastri pesatori, mixer).
- Controlli di processo: bilanci di massa, potere calorifico, controllo del contenuto di cloro, mercurio, ceneri, controlli visivi.
- Output di processo: CDR-Q rispondente alle norme UNI 9903- I .

### **6. Processo di finitura o di confezionamento**

- Finalità del processo: finitura e confezionamento del CDR-Q nella forma adeguata al trasporto ed all'uso.
- Opzioni tecnologiche: tecniche di miscelazione (compattazione, pellettizzazione, confezionamento, insaccatura, insilaggio<sup>6</sup>).
- Controlli di processo: contenuto di umidità, controllo della temperatura.
- Output di processo: CDR-Q rispondente alle norme UNI 9903- I nella forma fisica atta alla movimentazione, al trasporto ed allo stoccaggio.

---

5 Separazione aeraulica : Questo trattamento aggiuntivo consiste nell'eliminazione dei materiali indesiderati, per migliorare le caratteristiche chimico-fisiche come richiesto da utilizzatori diversi da quello attuale. La separazione viene ottenuta con un separatore aeraulico. Il sistema di classificazione aeraulico è preceduto da una tavola vibrante per la distribuzione del materiale in strato sottile; il sistema di aspirazione collegato ad un ventilatore è collocato nella zona di scarico della tavola vibrante e per aspirazione separa le frazioni più leggere (carta, plastica, ecc.), mentre quelle più pesanti, come inerti, metalli, plastiche rigide etc. cadono in una tramoggia sul fondo del separatore aeraulico. Il flusso di aria che trasporta i materiali leggeri viene convogliato ad un ciclone dove la velocità dell'aria immessa si attenua consentendo alle materie solide trasportate dal flusso di precipitare sul fondo del ciclone, da cui una valvola stellare consente lo scarico del materiale combustibile sul nastro sottostante.

6 Pellettizzazione del prodotto: La pellettizzazione viene effettuata con macchine del tipo piano o verticale, in entrambi i casi la pellettizzatrice dispone di una filiera forata del diametro opportuno, il materiale combustibile raffinato viene compresso mediante appositi rulli contro la filiera e grazie all'azione di compressione esercitata, il materiale fuoriesce dalla parte opposta della filiera formando dei cilindretti. Le pellettizzatrici hanno una potenzialità limitata, richiedono una potenza molto elevata e presentano elevate usure causate dall'azione abrasiva del materiale. La pellettizzazione viene operata con una specifica macchina che comprime il materiale in cilindretti molto densi, in modo da raggiungere un peso specifico di 0,6 t/kg, con un consumo di energia che va da 25 a 35 kWh/t. Con il termine addensamento si indica un procedimento simile ma meno spinto (densità circa 300 kg/m<sup>3</sup>) e meno costoso.

Bricchettatura: I rifiuti vengono tritati fino ad una pezzatura di 70–300 mm, quindi deferrizzati e successivamente inviati ad un mulino secondario, che riduce ulteriormente il materiale, riducendolo in “fluff”, in modo da favorire le successive fasi di essiccazione con aria a 250°C (necessaria per evitare la fermentazione del materiale), di separazione dei metalli pesanti, di miscelazione e di estrusione. Il sistema è dispendioso in termini di energia elettrica utilizzata nelle varie operazioni e di energia termica impiegata nella fase di essiccazione; per contro le rese di produzione del CDR sono superiori al 70% (il rimanente è costituito da scarti ferrosi, vetro, plastica, metalli non ferrosi e da perdita di umidità) e le caratteristiche chimico-fisiche del CDR sono conformi alle concentrazioni limite definite dal D.M. 05/02/1998, in particolare il Potere Calorifico Inferiore raggiunge i 20 MJ/kg, contro i 15 MJ/kg previsti dal decreto.

Il rifiuto indifferenziato in ingresso è normalmente caratterizzato da un PCI<sup>7</sup> pari a 8.000 – 12.000 kJ/kg se raccolto in zone con bassi livelli di RD (20-40 %) e di 12.000 –16.000 kJ/kg per le zone con alti livelli di RD (50-70 %).

Questo materiale può raggiungere, dopo il trattamento di selezione ed essiccamento, oltre i 16.000 – 20.000 kJ/kg.

In generale, i rifiuti in ingresso al processo di produzione di combustibile da rifiuti possono essere sia rifiuti urbani indifferenziati residui a valle della raccolta differenziata, che rifiuti non pericolosi di origine industriale (scarti di produzione e rifiuti da post-uso industriale).

A seconda dell'origine, varia sia la composizione, sia il grado di omogeneità dei flussi e, conseguentemente, la complessità del processo di trattamento.

Tipologia	%	RD1	RD2	RD3	RD4
Organico	31	4.186			
Plastiche e gomme	13	30.558	30.558	30.558	
Carta e cartoni	24	12.139	12.139		
Tessili e legno	7	5.442	5.442	5.442	5.442
Vetro e inerti	8				
Metalli	4				
Sottovaglio <sup>8</sup>	13	5.023	5.023	5.023	5.023
<b>PCI medio (KJ/Kg)</b>		<b>10.475</b>	<b>13.895</b>	<b>15.171</b>	<b>5.170</b>
Limite D.Lgs. 36/2003 (KJ/Kg)		13.000	13.000	13.000	13.000
<b>Discarica</b>		<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>SI</b>

**Tabella 02 - Stima PCI a valle della RD**

Elaborazione da dati Feder Ambiente, 1996, ripreso da studio di settore MCC (Capitalia)

Nella produzione del CDR possono essere presenti rifiuti speciali costituiti, in particolare, da:

- plastiche non clorurate
- poliaccoppiati
- gomme sintetiche non clorurate
- resine e fibre artificiali e sintetiche con contenuto di Cl < 0,5% in massa
- pneumatici fuori uso

Per preparare un materiale combustibile partendo da rifiuti contenenti una frazione bioedegradabile, quali i rifiuti urbani, in generale è possibile distinguere due tipi di Trattamenti Meccanici e Biologici (TMB) già illustrati nei paragrafi precedenti:

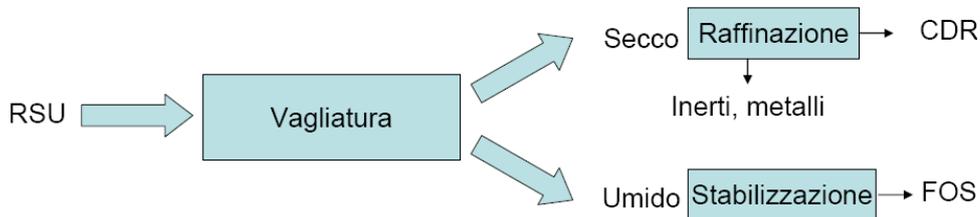
1. trattamento di selezione a doppio flusso;

<sup>7</sup> PCI = Potere Calorifico Inferiore

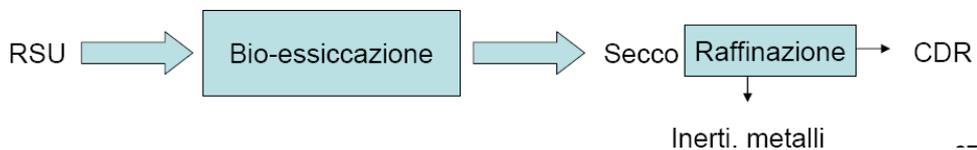
<sup>8</sup> Rifiuti derivanti da vagliatura dell'indifferenziato in impianti TMB

## 2. trattamento di biostabilizzazione-bioessiccazione a flusso unico.

### Sistemi a **flusso separato**:



### Sistemi a **flusso unico**:



Come già detto, il combustibile da rifiuti è tipicamente incenerito in impianti dedicati o coincenerito in impianti di produzione di energia o in cementifici.

A seconda della applicazione possono cambiare i requisiti richiesti. Il processo di raffinazione viene spinto o meno in funzione del tipo di rifiuto in ingresso e dell'uso finale del combustibile da rifiuti. I processi di produzione del combustibile da rifiuti non sono processi standardizzati.

La preparazione finale varia anche in funzione della distanza e del tipo dell'utilizzatore, se questo è lontano dallo stabilimento di produzione, la compattazione in balle o la pellettizzazione è preferibile per diminuire i costi di trasporto.

Il CDR può essere preparato in forma di fluff o addensato in pellets, cubi e mattoncini.

Relativamente ai processi di ulteriore raffinazione del CDR vengono descritte di seguito le diverse soluzioni.

## 2.2 - TRATTAMENTI PER LA PRODUZIONE DI CDR

Il CDR può essere ottenuto dal trattamento dei rifiuti prodotti mediante differenti tecniche di tipo biologico.

L'obiettivo del processo biologico può essere di:

- 1) produrre un materiale biostabilizzato da smaltire in discarica
- 2) produrre un compost da utilizzare come ammendante dei terreni
- 3) produrre un combustibile solido da utilizzare in co-combustione.
- 4) produrre biogas per il recupero energetico

Ai nostri fini sono classificabili come Trattamento Meccanico Biologico i primi tre obiettivi e come Digestione anaerobica il quarto.

Di seguito si riportano i principali elementi qualificanti che caratterizzano tali tecnologie.

### 2.2.1. Trattamento Meccanico Biologico

La tecnica più impiegata è normalmente quella della biostabilizzazione, ed è attualmente tra i più diffusi in Europa ed in particolare in Germania.

Oltre al sopravaglio, da avviare a termo-utilizzazione mediante la sua trasformazione in CDR, con il Trattamento Meccanico Biologico si può prevedere di ottenere un materiale identificabile con il nome di biostabilizzato, che può essere utilizzato come materiale tecnico per la copertura giornaliera o finale di discariche.

Con questo trattamento a carico dei rifiuti indifferenziati, che presentano un carico organico relativamente elevato, si abbatte la fermentescibilità (fino al 90%) e si limita fortemente la produzione di biogas<sup>9</sup> e di percolato ad elevato carico organico e azotato, fino ad ottenere il Biostabilizzato.

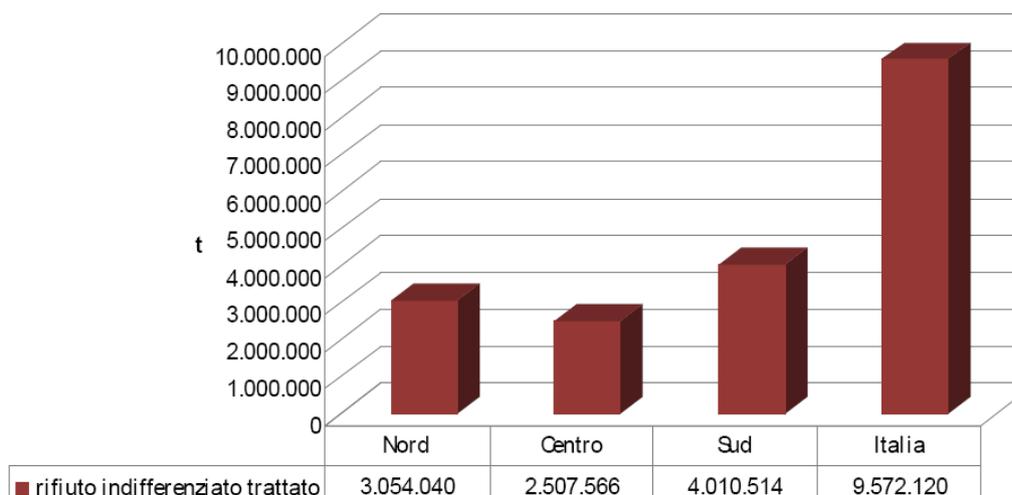
Utile soprattutto nei casi di emergenza, il Trattamento Meccanico Biologico si è rivelato una scelta obbligatoria a seguito della Direttiva 99/31/CE e dal D.Lgs. 36/2003.

L'Italia rappresenta il paese europeo con la maggior quantità di rifiuto trattato tramite Trattamento Meccanico Biologico.

Nel 2007 in Italia più di 9,5 milioni di tonnellate di rifiuti sono state avviate ad impianti di biostabilizzazione e produzione di CDR (+ 6,4% rispetto al 2006).

---

<sup>9</sup> Tra i biogas prodotti nelle discariche prevale il metano CH<sub>4</sub>, potente gas-serra con un effetto di trattenimento del calore all'interno dell'atmosfera terrestre circa 21 volte superiore a quello della CO<sub>2</sub>.



**Grafico 01 - Quantitativi dei rifiuti indifferenziati sottoposti a trattamento meccanico biologico nell'anno 2007.**

Il numero di impianti censiti è di 133 mentre gli impianti operativi passano da 114 a 117.

L'incremento è da attribuirsi ai quantitativi di rifiuti gestiti negli impianti del Centro e del Sud, che aumentano rispettivamente del 19,6% e del 6%. Nel Nord si registra una diminuzione del 2,2%.

Al Nord i rifiuti indifferenziati trattati rappresentano il 31,9% del totale, al Centro il 26,2% e al Sud il 42%.

Il censimento degli impianti autorizzati alla produzione di CDR, aggiornato all'anno 2007, rivela un numero di impianti pari a 63 (55 nel 2004), di cui 41 operativi. Il quantitativo di CDR prodotto, stimato dall'output degli impianti, risulta pari a circa 784,000 tonnellate (+0,6% rispetto al 2006).

Come detto, l'obiettivo del sistema è ottenere, in seguito alla biossidazione della sostanza organica putrescibile, un prodotto stabile da un punto di vista biologico, tale da potersi ritenere "inerte". La stabilità biologica viene raggiunta attraverso un trattamento a "differenziazione di flussi", in cui si individuano tre tappe distinte:

- **pre-trattamento meccanico:** volto a separare la cosiddetta frazione "secca" (sovvallo) dalla frazione umida (sottovaglio) che concentra in sé il materiale organico;
- **stabilizzazione della frazione umida:** in seguito a processi ossidativi da parte di microrganismi, mediante il periodico rivoltamento, aerazione e bagnatura della massa, allo scopo di ottenere un prodotto il più possibile stabile da un punto di vista biologico;
- eventuale **post-trattamento meccanico:** per la raffinazione del materiale da destinare all'attività di ripristino ambientale o alla copertura giornaliera di discariche;

Un'alternativa al trattamento a "separazione di flussi" è data, come visto in precedenza, da quello a "flusso unico", dove tutto il rifiuto in ingresso all'impianto subisce un trattamento biologico, mentre il trattamento meccanico si limita ad una semplice frantumazione del rifiuto.

A seconda della tecnologia adottata la fase del trattamento meccanico può precedere o seguire la fase di trattamento biologico utilizzato principalmente per:

- a) raggiungere la stabilizzazione della sostanza organica (ossia la perdita di fermentescibilità) mediante la mineralizzazione delle componenti organiche più facilmente degradabili, con produzione finale di acqua ed anidride carbonica e loro allontanamento dal sistema biochimico;
- b) conseguire l'igienizzazione del materiale trattato;

c) ridurre il volume e la massa dei materiali trattati tramite l'evaporazione dell'acqua.

I trattamenti che subisce il rifiuto possono quindi dividersi in due tipi:

1. Operazioni meccaniche:

- separare dal flusso principale il materiale fine (<20 mm) costituito in varia misura da organico putrescibile e da inerti;
- produrre una frazione ad alto potere calorifico separando la frazione fine e la frazione organica putrescibile e con successivi trattamenti ottenere CDR a norma di legge.

2. Operazioni biologiche (trattamenti aerobici):

- stabilizzazione della frazione organica putrescibile in frazione organica stabilizzata (FOP in FOS);
- bioessiccazione del rifiuto

I fattori fisico-chimici che condizionano l'andamento delle reazioni biologiche che caratterizzano il processo di biotrasformazione sono i seguenti:

- gestione, controllo ed abbattimento dei potenziali impatti odorigeni delle fasi critiche, individuabili soprattutto in quelle iniziali;
- la concentrazione di ossigeno e l'aerazione;
- l'umidità, che deve essere sufficiente alle attività microbiche, ma non eccessiva in quanto occupando gli spazi vuoti ostacolerebbe il rifornimento di ossigeno;
- la ricerca delle condizioni termometriche ottimali nelle diverse fasi del processo, infatti se per il conseguimento della pastorizzazione il materiale va mantenuto per un tempo relativamente prolungato a temperature relativamente elevate (almeno 3 giorni a 55°C, secondo quanto previsto dalla normativa vigente in materia), la massima velocità delle attività microbiche si consegue, in realtà, successivamente in condizioni mesofite (40-50°C) con un forte rallentamento al di sopra dei 55°C;

Lo strumento principale di gestione del processo è rappresentato dalla gestione dei flussi di aria alla biomassa che può essere estratta o insufflata.

L'aria fa da vettore di ossigeno, garantendo l'aerobiosi del processo; contemporaneamente assicura il drenaggio di calore (soprattutto nel caso dell'aerazione forzata, le deboli correnti convettive che si hanno nel caso dell'aerazione naturale danno un contributo limitato alla termoregolazione), e consente, dunque, il controllo termico delle condizioni di processo, evitando il sovrariscaldamento della biomassa; infine, diventa inevitabilmente il vettore degli effluenti aeriformi potenzialmente odorigeni. Senza una sufficiente ossigenazione la microflora microbica anaerobica prende il sopravvento portando all'accumulo di composti ridotti caratterizzati da odore aggressivo ed elevata fitotossicità. Con il trattamento delle arie esauste mediante specifiche tecnologie si consegue poi la riduzione e l'abbattimento degli odori.

Il mantenimento di un ambiente ossidativo all'interno della biomassa, in corso di stabilizzazione, è quindi importante anche per impedire le reazioni di decomposizione anaerobica.

Il sistema di aerazione, naturale o forzata, deve poi essere coordinato con la eventuale movimentazione/rivoltamento della biomassa a seconda delle principali caratteristiche della biomassa stessa, quali la sua altezza, porosità e fermentescibilità; il rivoltamento inteso a ricostruire nella massa il grado di strutturazione necessaria alla diffusione dell'aria, dovrà essere tanto più frequente quanto

minore è la percentuale di materiale di struttura nella miscela di partenza, e quanto maggiore risulta l'altezza dello strato di biomassa.

In linea generale, le tecnologie adottate devono prevedere:

- sistemi di filtrazione dell'aria in uscita per minimizzare le emissioni di particolato;
- la riduzione delle emissioni di azoto, ottimizzando il rapporto Carbonio/Azoto;
- il controllo della portata di aria mediante un circuito stabilito; la concentrazione di CO<sub>2</sub> deve essere controllata nei vari segmenti (per es. ogni 2,5 m);
- il ricircolo dell'aria per incrementare la concentrazione nell'aria di composti del carbonio; ciò rende possibile la combustione termica come fattibile alternativa ad un biofiltro; in queste condizioni solo 3000 Nm<sup>3</sup> di aria/t di rifiuto devono essere trattati;
- le specifiche dei flussi in ingresso;
- l'uso dell'acqua in modo efficiente; un attento bilancio è utile per valutare la saturazione delle andane e la formazione del percolato;
- la costruzione di superfici pavimentate impermeabili nelle zone di movimentazione dei macchinari e prevedere anche spazio sufficiente per la raccolta dei reflui;
- sistemi di raccolta dei reflui con sistemi di ricircolo del percolato nelle andane per mantenere il corretto contenuto di umidità e per facilitare il trattamento dei reflui;
- il trattamento dell'acqua di condensazione tramite bioreattori e sistemi di filtrazione: l'acqua così depurata può essere usata come acqua di processo nel sistema di refrigerazione e viene poi evaporata in una torre di raffreddamento;
- il riutilizzo delle acque di processo o dei residui fangosi all'interno del processo;
- utilizzo come combustibile solido del deposito solido accumulatosi sui filtri del sistema di trattamento dell'aria;
- isolamento dal punto di vista termico del soffitto dell'area di decomposizione attiva nei processi di tipo aerobico in modo da minimizzare la formazione di condensato.

Ad influenzare l'adozione di un sistema di trattamento aerobico, piuttosto che un altro sono però anche:

- la quantità di rifiuto da stabilizzare,
- la disponibilità di spazio per il trattamento,
- l'entità dell'investimento stanziato per le strutture impiantistiche,
- l'incidenza della manodopera sull'operatività del sistema,
- la dislocazione topografica del sito destinato alla stazione di trattamento ed una molteplicità di considerazioni di carattere ambientale, infrastrutturale e sociale.

Sulla base di queste necessità, non è possibile stabilire a priori quale filiera di trattamento biologico sia più confacente alle esigenze di un determinato contesto.

Tuttavia, anche se l'obiettivo di una corretta stabilizzazione aerobica dei rifiuti organici può essere raggiunto attraverso strategie impiantistiche diverse, è opportuno tenere ben presenti i limiti associati alle specifiche soluzioni, evitando l'adozione di sistemi non appropriati di trattamento, sulla base della mera economicità dell'intervento.

Nella fase di **bioossidazione accelerata** le caratteristiche impiantistiche minime da garantire sono:

- mantenimento in depressione degli edifici preposti alla bioossidazione (la depressione si intende garantita con un minimo di 3 ricambi/ora. Per le strutture dedicate alla bioossidazione, laddove si prevedano sistemi di processo dinamico e la presenza non episodica di addetti, vanno previsti quattro ricambi/ora);
- invio al presidio ambientale dell'effluente gassoso;
- dotazione della strumentazione idonea al controllo dell'andamento del processo e comunque della temperatura, misurata e registrata con frequenza giornaliera;
- presenza di sistemi di raccolta dei reflui liquidi;

Una ulteriore classificazione rilevante ai fini della individuazione della tecnologia da adottare è quella tra i sistemi che propongono meccanismi periodici o continui di movimentazione della biomassa ("**dinamici**") e quelli che ne prevedono l'immobilità ("**statici**").

Occorre precisare che, essendo la movimentazione intesa, ai fini della valutazione processistica, come rimescolamento della massa e ricreazione delle condizioni di porosità e strutturazione, vanno considerati tendenzialmente statici quei sistemi che, pur traslando la massa, non ne provocano rimescolamento né ristrutturazione (per es. traslazione a pistone).

A titolo indicativo e tenuto conto anche delle condizioni medie di stagionalità della natura stessa dei materiali lignocellulosici si possono fornire i seguenti riferimenti operativi:

- impianti con tecnologia di tipo statico richiedono una miscela con almeno il 40% in peso di bulking lignocellulosico;
- impianti con tecnologia di tipo dinamico richiedono una miscela con almeno il 25 – 30% in peso di bulking lignocellulosici.

Particolari criteri gestionali, ad esempio una ottimizzazione del ricircolo degli scarti lignocellulosici (con una triturazione grossolana onde comportare un basso grado di mineralizzazione di tali minerali) possono giustificare percentuali più basse di materiali lignocellulosici in ingresso all'impianto (da dimostrare comunque in base ad una valutazione dei flussi di massa).

Altra importante distinzione è quella tra sistemi **aperti** e sistemi **chiusi**. In questi ultimi il processo viene condotto in spazi confinati o in aree coperte e tamponate, con il duplice scopo di un migliore controllo delle condizioni processistiche e, soprattutto, di una migliore efficacia dei presidi ambientali.

L'affidabilità ed efficacia dei sistemi aperti per la conduzione del processo ed il contenimento degli impatti dipende da alcune condizioni di fondo:

- bassa fermentiscibilità delle matrici;
- elevata percentuale (> 60 - 70% p/p) di strutturante lignocellulosico, che consente l'adozione di sistemi statici di trattamento – come già sopra specificato – evitando rilasci massicci di effluenti odoriferi collegati alle movimentazioni;
- inserimento delle iniziative in situazioni tipicamente rurali o semi – rurali.

L'adozione di sistemi aperti deve dunque, in linea generale, essere ipotizzata e prevista:

- negli impianti di trattamento di soli scarti verdi;
- negli impianti che per tipologie di rifiuti trattati risultano idonei per sistemi statici di trattamento;
- nei casi di impianti a capacità operative limitate ed in situazioni territorialmente favorevoli;
- nelle fasi del processo successive alla ricezione, pretrattamento e stabilizzazione accelerata in cui si verifica:
  - una diminuzione del potenziale odorigeno;
  - un minore consumo d'ossigeno;
  - minore sviluppo di calore.

Altra distinzione tecnologica è tra sistemi **aerati** e **non aerati**. L'aerazione forzata della biomassa è un importante fattore di ottimizzazione delle condizioni di processo nei sistemi intesi al trattamento di materiali a bassa consistenza e elevata fermentescibilità. L'aerazione forzata consente di intervenire, oltre che sulla ossigenazione della biomassa, anche sui valori di temperatura e umidità. L'ottimizzazione della aerazione forzata dipende dal controllo di alcune grandezze fondamentali:

- la **portata di aria specifica** (p.a.s.) generalmente espressa in Normal Metri cubi per ora e per unità di peso della biomassa (Nm<sup>3</sup>/h ton).
- la **proporzione tra tempi di accensione e spegnimento**. E' una abitudine operativa diffusa negli impianti quella della ventilazione intermittente della biomassa, allo scopo di consentire, durante i periodi di spegnimento, l'equalizzazione di umidità e temperatura nelle diverse zone della biomasse (l'aerazione in continuo può comportare invece stratificazioni più o meno estese).
- la **durata assoluta dei tempi di spegnimento delle soffianti**. Spesso si rilevano durate eccessive dei tempi di spegnimento, con abbassamento temporaneo delle concentrazioni di O<sub>2</sub> al di sotto dei limiti di massima velocizzazione del processo (15 – 17%) e di quelli di sostenibilità del processo aerobico stesso (10 – 12%). Tale effetto si può produrre per biomasse ancora "giovani" e metabolicamente attive, in un tempo relativamente breve, dell'ordine dei 20'-30'.

Nella stima di piano dei bilanci di materia, si terrà conto che tali unità dovranno operare su un rifiuto residuo da un sistema di **Raccolta Differenziata** ad alta efficienza<sup>10</sup>.

---

<sup>10</sup> Infatti, le disposizioni di legge di cui al D.Lgs. n. 152 del 3 aprile 2006 e s.m.i. stabiliscono il raggiungimento di obiettivi di raccolta differenziata con i seguenti limiti temporali:

- almeno il 35% entro il 31 dicembre 2006, integrato con un obiettivo intermedio pari ad almeno il 40% al 31 dicembre 2007;
- almeno il 45% entro il 31 dicembre 2008, integrato con un obiettivo intermedio pari ad almeno il 50% al 31 dicembre 2009;
- almeno il 65% entro il 31 dicembre 2012, integrato con un obiettivo intermedio pari ad almeno il 60% al 31 dicembre 2011.

La Legge Regionale n. 31/2007, specifica, all'articolo 10 "Misure per incrementare la raccolta differenziata e la valorizzazione dei rifiuti urbani", fermo restando l'obbligo del raggiungimento degli obiettivi di norma nazionale, gli obiettivi di raccolta differenziata e di valorizzazione dei rifiuti urbani che devono essere raggiunti in ogni sub AT0:

- a) 40% di raccolta differenziata, entro il 31 dicembre 2007;
- b) 50% di raccolta differenziata e 40% di valorizzazione, entro il 31 dicembre 2009;

La valutazione del bilancio di materia, inteso come definizione delle quantità dei vari flussi di materiali in ingresso ed uscita dall'impianto, è indispensabile per:

- dimensionare correttamente le varie sezioni di impianto;
- individuare una corretta logistica dei rifiuti in ingresso e dei materiali in uscita;
- valutare correttamente i rendimenti del processo e la produzione di scarti non recuperabili
- predisporre un bilancio economico dell'iniziativa.

Il bilancio di massa di un impianto/processo è inteso come rapporto tra masse in ingresso e le masse in uscita considerando le seguenti voci: prodotto, scarti, sottoprodotti.

I fattori che influenzano il bilancio di massa possono essere distinti in fattori progettuali e gestionali, infatti il bilancio varia a seconda del tipo di processo, è strettamente correlato alla natura dei rifiuti e alla conduzione dell'impianto.

<b>Fase del processo</b>	<b>Operazione</b>	<b>Fattore progettuale</b>	<b>Fattore gestionale</b>
<b>Pre-trattamenti</b>	Rompisacchi	Portata massima e % di apertura dei sacchetti	Controllo della quantità e della qualità dei materiali introdotti
	Triturazione	Portata massima e pezzatura del materiale in uscita	Controllo della quantità e della qualità dei materiali introdotti
	Vagliatura	Dimensione dei fori Frequenza vibrazionale (se vibrante)	Inclinazione e velocità di rotazione del vaglio
<b>Bioossidazione</b>	/	Tempo di residenza del materiale, modalità aerazione	Temperatura, aerazione ed umidità della biomassa
<b>Maturazione</b>	/	Tempo di residenza del materiale, modalità aerazione	Temperatura, aerazione ed umidità della biomassa
<b>Post-trattamenti</b>	Vagliatura	Dimensione dei fori Frequenza vibrazionale (se vibrante)	Inclinazione e velocità di rotazione del vaglio
	Separazione densimetrica	Portata massima Frequenza vibrazionale	Regolazione del flusso d'aria, umidità del materiale immesso

**Tabella 03 - Fattori che influenzano il bilancio di massa del trattamento aerobico dei rifiuti**

c) 60% di raccolta differenziata e 50% di valorizzazione, entro il 31 dicembre 2011.

### 2.2.2.1 Soluzione A: preselezione a doppio flusso

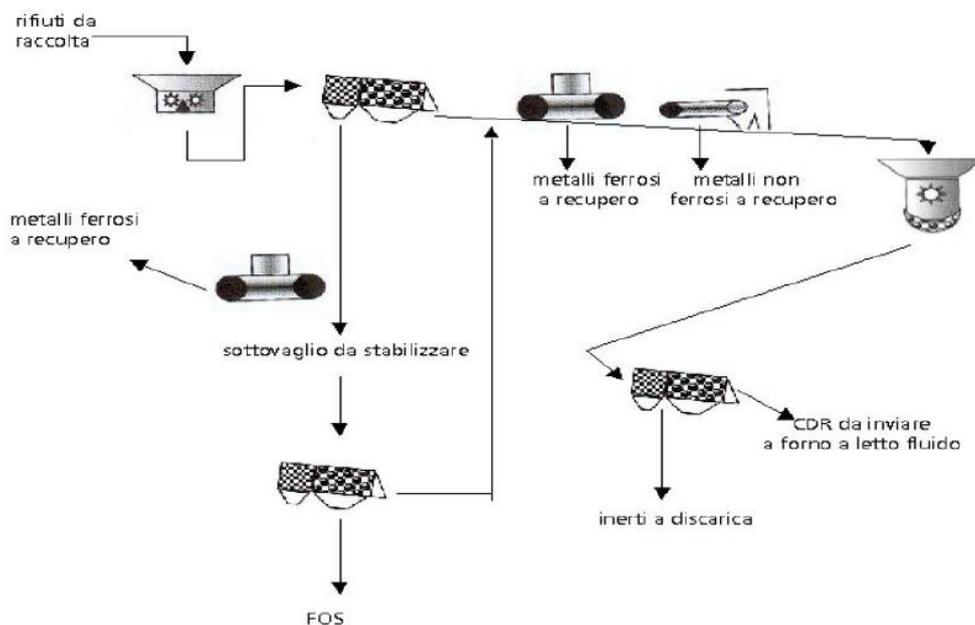


Figura 01 – schema flussi separati

La preselezione consta di due fasi ben differenziate:

- la fase del trattamento **meccanico** nella quale il rifiuto viene vagliato per separare le diverse frazioni merceologiche e/o condizionato per raggiungere gli obiettivi processistici o le performances di prodotto;
- la fase del trattamento **biologico** che è volto a conseguire la mineralizzazione delle componenti organiche maggiormente degradabili (stabilizzazione) e la igienizzazione per pastorizzazione del prodotto.

Vengono di seguito esposti i criteri relativi ai rendimenti impiantistici e alle caratteristiche qualitative delle diverse frazioni di materia; i valori medi attendibili, in funzione delle caratteristiche dei RU e delle percentuali di rendimento sono:

- Rifiuto in ingresso (100%): PCI =>14.000 ÷15.000 KJ/Kg (3.500 ÷ 3.750 Kcal/kg)
- Frazione secca combustibile (dopo separazione): 50÷60% con PCI = 19.000 KJ/Kg (4.500 Kcal/Kg)
- F.O.S.: 25% se non raffinata , 10÷15% se raffinata per ottenere i limiti di qualità Del. C.M. 27/7/84.
- Metalli a recupero: 4-5%
- Scarti: 6-10%, Scarti in caso di raffinazione della FOS 10-15%
- Perdite acqua evaporata e degradazione organico: 12÷15%

Dopo raffinazione frazione secca per produzione CDR:

- CDR: 40÷50% con PCI = 20.000 KJ/Kg (5.000 Kcal/Kg)
- Inerti: 5÷15%
- Metalli a recupero: 2%

Nella figura successiva è descritto il processo di preselezione ed i relativi bilanci di massa.

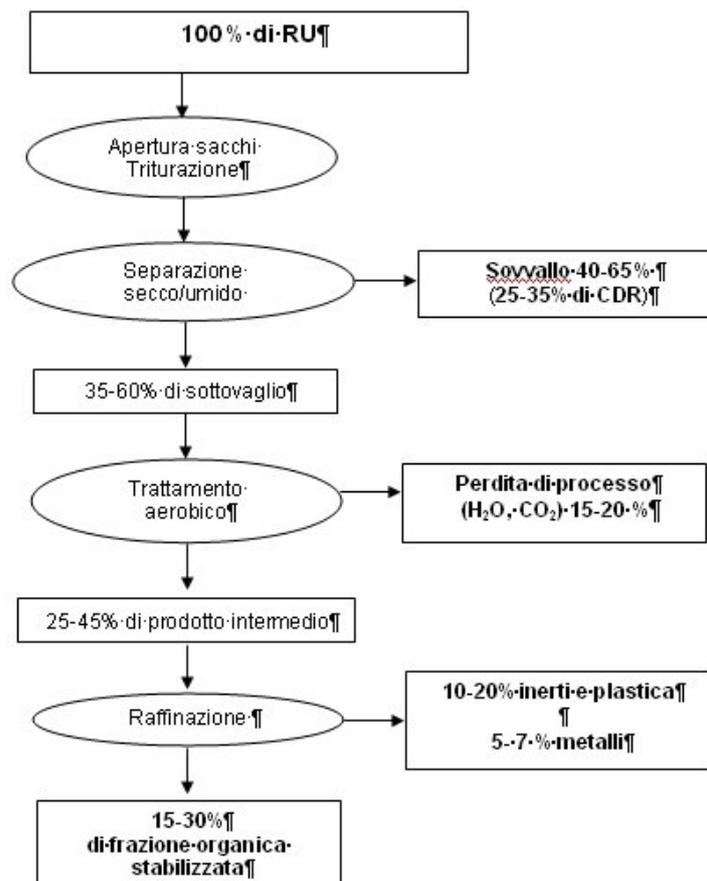


Figura 02 - Schema di processo e bilancio di massa di impianti di preselezione a doppio flusso

### 2.2.1.2 Soluzione B: bioessiccazione a flusso unico

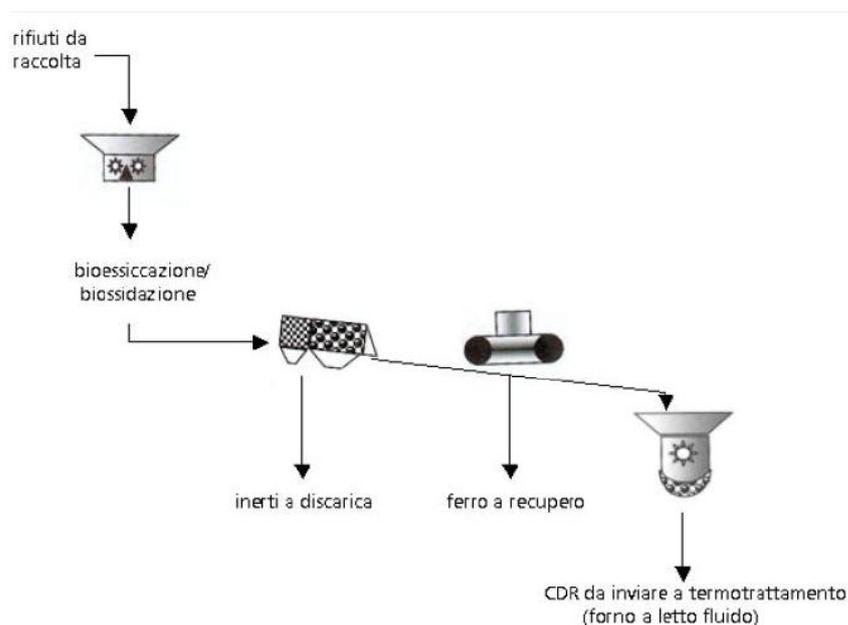


Figura 03 – schema a flusso unico

Il processo di bioessiccamento per la gestione dei rifiuti è noto in letteratura con la definizione di Mechanical-Biological and Stabilate Method (MBS) (Wiemer e Kern, 1996), tale processo ha lo scopo primario di ridurre l'umidità del rifiuto a seguito di una fase di biossidazione della sostanza organica.

Questo processo ha due obiettivi fondamentali:

1. assicurare la stabilità biologica dei rifiuti per lo stoccaggio a lungo termine, in modo tale da ridurre od eventualmente annullare emissioni maleodoranti di gas e polveri, ed igienizzare il rifiuto;
2. produrre un buon substrato per la termoutilizzazione (elevato potere calorifico).

Il carbonio contenuto nei rifiuti rappresenta il potenziale energetico; è quindi auspicabile ridurre al massimo la decomposizione della sostanza organica al fine di mantenere elevato il potere calorifico.

La stabilizzazione del rifiuto avviene tramite la riduzione del contenuto percentuale di umidità fino a valori del 7-15 % (in funzione dell'umidità iniziale); in tali condizioni ogni attività biologica è soppressa e non si ha degradazione.

Il bioessiccamento viene raggiunto attraverso due stadi principali:

- triturazione meccanica blanda del rifiuto tal quale, per aumentarne la superficie di evaporazione e di scambio della massa, ottenendo così un'accelerazione dei processi di bioessiccamento;
- trattamento biologico della matrice precedentemente triturata. Questo stadio avviene a mezzo di aerazione forzata della biomassa, sfruttando il calore sviluppato dalle reazioni biologiche aerobiche. Il prodotto finale bioessiccato, ottenuta a seguito di una fase di raffinazione, dotato di

buon potere calorifico, può essere utilizzato, come combustibile (CDR) in impianti di termoutilizzazione, dove si sfrutta il calore prodotto dalla combustione per il riscaldamento delle abitazioni o lo si converte in altre forme di energia.

Vengono di seguito esposti i criteri relativi ai rendimenti impiantistici e alle caratteristiche qualitative delle diverse frazioni di materia; i valori medi attendibili, in funzione delle caratteristiche dei RU e delle percentuali di rendimento sono:

- Rifiuto in ingresso (100%): PCI = 14.000 KJ/Kg (3.500 Kcal/kg)
- Rifiuto bioessiccato: 70-80 % con PCI = 17.500 KJ/Kg (4.200 Kcal/Kg)
- Perdite acqua evaporata e degradazione organico: 15-20%

Dopo raffinazione bioessiccato per produzione CDR:

- CDR (bioessiccato raffinato): 50÷60% con PCI = 19.000÷20.000 KJ/Kg (4.600÷5.000 Kcal/Kg)
- Fe + Metalli : 5%
- Scarti: 20÷25% (fine + inerti)

La figura seguente mostra il processo di bioessiccazione con i relativi bilanci di massa.

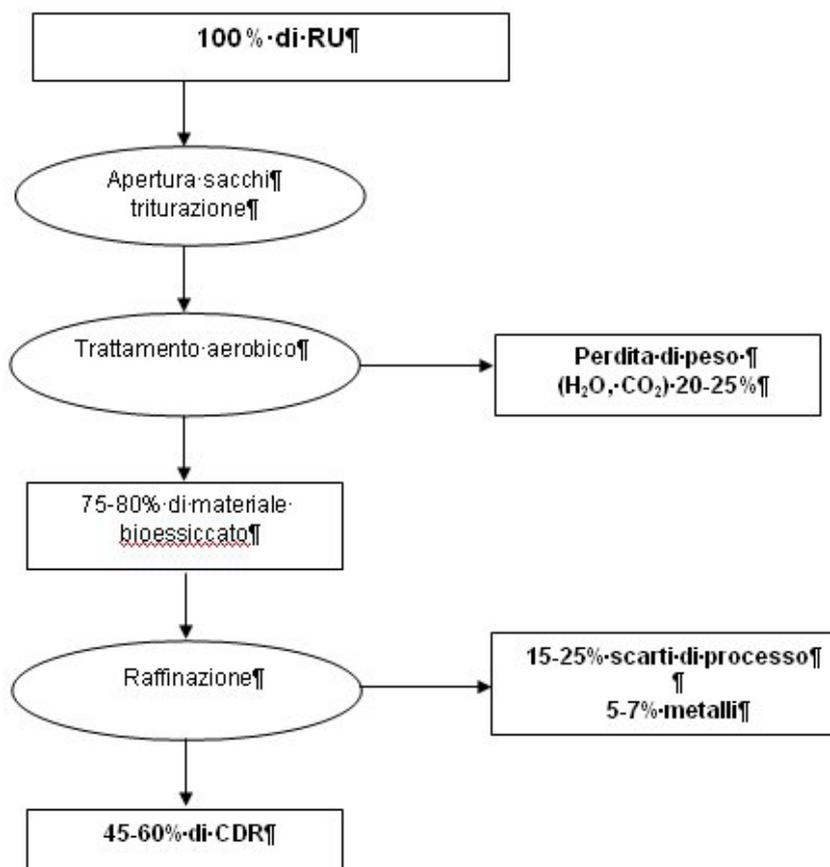


Figura 04 - Schema di processo e bilancio di massa di impianti di bioessiccazione a flusso unico

Dal confronto tra i due sistemi si verifica che per **sistemi a flusso unico** si ha normalmente:

- Resa di produzione di CDR generalmente più elevata (circa 50% nei Sistemi a Flusso Unico rispetto al 30- 40% dei Sistemi a Flusso Separato).
- Riduzione più efficace del contenuto di umidità del materiale.
- Assenza della produzione di materiale di difficile gestione quale la FOS.

## 2.2.2. Digestione anaerobica

Al fine di ottimizzare il processo di produzione di CDR è possibile integrare il Trattamento Meccanico Biologico con la Digestione anaerobica.

Lo scopo del processo di digestione anaerobica è quello di ottenere una stabilizzazione del percolato e dalla frazione liquida organica in uscita dalla stabilizzazione aerobica e contemporaneamente un recupero energetico grazie all'utilizzo del biogas prodotto.

A fronte del consolidamento del ruolo del trattamento aerobico anche la digestione anaerobica sta ottenendo, in particolare in questi ultimi anni, sempre maggiore attenzione tra le tecnologie per il trattamento dei rifiuti solidi organici incentivando molti progettisti ad esaminare le possibili integrazioni dei due processi.

A livello internazionale gli esperti che hanno contribuito alla redazione della BAT<sup>11</sup> ritengono che la digestione anaerobica della frazione organica dei rifiuti urbani sia una tecnologia ormai divenuta, in ambito europeo, nota ed affidabile.

Anche il Rapporto Osservatorio Nazionale sui Rifiuti 2008 indica che questa modalità di trattamento della frazione organica proveniente dalla raccolta differenziata (prima fase di digestione anaerobica con produzione di biogas e seconda fase di compostaggio con produzione di ammendante) si adotti sempre più frequentemente nei prossimi anni.

In alcuni impianti è stata prevista una sezione di trattamento specifico della parte organica (anche estratta con tecniche particolari) dei rifiuti con sistemi di digestione anaerobica.

Infatti, a fronte del trattamento aerobico di cui al paragrafo precedente anche la digestione anaerobica sta ottenendo sempre maggiore attenzione tra le tecnologie per il trattamento dei rifiuti solidi organici.

I principali vantaggi e svantaggi dei due processi possono essere così sintetizzati:

- la digestione anaerobica produce energia rinnovabile (biogas) a fronte del trattamento aerobico che consuma energia;
- gli impianti anaerobici sono in grado di trattare tutte le tipologie di rifiuti organici indipendentemente dalla loro umidità, a differenza del trattamento aerobico che richiede un certo tenore di sostanza secca nella miscela di partenza;

---

<sup>11</sup> "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries" – European IPPC Bureau (a cura di) cfr Bibliografia

- gli impianti anaerobici sono reattori chiusi e quindi non vi è rilascio di emissioni gassose maleodoranti in atmosfera, come può avvenire durante la prima fase termofila del trattamento aerobico all'aperto;
- gli impianti di digestione anaerobica richiedono investimenti iniziali maggiori rispetto a quelli di trattamento aerobico;

L'integrazione dei due processi può però comportare dei notevoli vantaggi, in particolare:

- si migliora nettamente il bilancio energetico dell'impianto, in quanto nella fase anaerobica si ha in genere la produzione di un surplus di energia rispetto al fabbisogno dell'intero impianto;
- si possono controllare meglio e con costi minori i problemi olfattivi; le fasi maggiormente odorogene sono gestite in reattore chiuso e le "arie esauste" sono rappresentate dal biogas (utilizzato e non immesso in atmosfera). Il digestato è già semi-stabilizzato e, quindi, il controllo degli impatti olfattivi durante il postcompostaggio aerobico risulta più agevole;
- si ha un minor impegno di superficie a parità di rifiuto trattato, pur tenendo conto delle superfici necessarie per il post-compostaggio aerobico, grazie alla maggior compattezza dell'impiantistica anaerobica;
- si riduce l'emissione di CO<sub>2</sub> in atmosfera da un minimo del 25% sino al 67% (nel caso di completo utilizzo dell'energia termica prodotta in cogenerazione); l'attenzione verso i trattamenti dei rifiuti a bassa emissione di gas serra è un fattore che assumerà sempre più importanza in futuro.

Un'analisi dell'applicazione del processo di digestione anaerobica della frazione organica è stata condotta da De Baere (2000).

Egli ha preso in considerazione solamente impianti europei che siano divenuti operativi nell'arco dei 10 anni precedenti lo studio e che abbiano potenzialità superiore alle 3.000 tonnellate/anno. Su queste basi la ricerca ha evidenziato che erano operanti in Europa 53 impianti, per una potenzialità di trattamento totale di 1.037.000 tonnellate/anno. Di questi impianti 30 operano in Germania e gli altri per lo più in Olanda, Belgio, Svizzera e Francia.

Occorre però evidenziare che gli impianti tedeschi trattano 450.000 tonnellate/anno (mediamente 15.000 tonnellate/anno) mentre gli impianti costruiti in Olanda, Belgio, e Francia trattano mediamente 30.000-50.000 tonnellate/anno. I nove impianti realizzati in Svizzera sono invece dedicati al servizio di piccole comunità e trattano complessivamente 78.500 tonnellate/anno.

Tutto ciò mette in evidenza, tra l'altro, come questo tipo di tecnologia abbia trovato applicazione sia nel caso del servizio a grandi bacini di utenza sia nel caso di medio-piccole dimensioni. Prendendo spunto da questa ricerca è interessante notare che, mentre nel periodo 1990-1995 il quantitativo di rifiuti organici inviati a digestione anaerobica mostrava incrementi di 30.000 tonnellate/anno, nel periodo successivo (fino al 2000), ha mostrato incrementi pari a 150.000 tonnellate/anno.

La tendenza attuale sia quella di costruire impianti con notevoli capacità di trattamento.

La produzione specifica di biogas è un parametro molto importante e che viene generalmente assunto quale indice di confronto tra differenti tipologie di processo ma che risente fortemente delle caratteristiche del substrato trattato.

Differenze in termini di produzione di biogas sono riportate quando si tratta rifiuto organico separato alla fonte rispetto a quello separato meccanicamente. Il secondo infatti è molto più ricco di materiali non biodegradabili o lentamente biodegradabili e pertanto la produzione di biogas risulta inferiore.

I processi anaerobici possono essere suddivisi in base al numero di fasi presenti nel processo (una o due), regime termico del reattore (mesofilia o termofilia), tipo di rifiuto trattato, tenore di solidi nel rifiuto.

Nella classificazione dei differenti processi, inizialmente si possono distinguere processi ad una o a due fasi, successivamente, nell'ambito di queste classi si sono individuati i differenti processi applicati su scala industriale distinguibili in base alla concentrazione di solidi che caratterizza il rifiuto organico trattato distinguendo:

- processi wet (concentrazione di solidi sino al 10%)
- processi semi-dry (concentrazione di solidi compresa tra 10-20%)
- processi dry (concentrazioni di solidi superiori al 20% fino al 40%)
- processi ultra-dry (concentrazioni di solidi superiori al 40% fino al 70%)

Vengono fornite le valutazioni sintetiche che influenzano la fattibilità di un impianto di digestione anaerobica<sup>12</sup>:

- la gestione delle acque reflue, nel caso della digestione anaerobica, dà luogo ad un flusso netto dall'impianto in eccesso rispetto alle capacità di riassorbimento da parte del processo stesso. Ciò comporta conseguenze in termini operativi (conferimenti a impianti di depurazione) ed economici (applicazione di una tariffa di conferimento). Va però tenuto presente che le tecnologie più recenti consentono però di ridurre drasticamente il fabbisogno di depurazione delle acque di processo;
- i costi di realizzazione di un impianto di digestione anaerobica, sulla base dei dati tipici e medi per tali impianti, sono marcatamente superiori rispetto alla bioessiccazione;
- la composizione del costo di esercizio può beneficiare, nel caso della digestione anaerobica, delle sovvenzioni per la produzione di energia rinnovabile mentre sconterebbe i maggiori costi di ammortamento, manutenzione ed analisi ed i costi di smaltimento reflui;
- il previsto rapido sviluppo della raccolta differenziata in Regione Valle d'Aosta comporterà una evoluzione della composizione del rifiuto residuo con una sensibile variazione della percentuale di frazione organica. La potenzialità prevista, in termini di capacità di produrre biogas per il recupero energetico, è quindi destinata a variare nei prossimi anni e gli impianti di digestione, se opportunamente realizzati, permettono di ottenere un certa elasticità operativa (comunque minore rispetto agli impianti di trattamento aerobici) per una eventuale graduale riconversione a impianto di compostaggio della frazione organica da RD. Infatti gli impianti di bioessiccazione sono normalmente dotati di vari moduli o di varie linee operative che possono consentire una gestione combinata (anche se in sezioni ben distinte e separate dell'impianto) sia dell'umido da RD (nel caso di attivazione della raccolta differenziata dell'organico) che del rifiuto tal quale;
- oltre al biogas ed agli scarti di processo, l'output principale dei processi di digestione anaerobica da rifiuto tal quale è un materiale semitrasformato palabile o pompabile rappresentato dal residuo della biomassa digerita – chiamato anche digestato - per il quale è ipotizzabile l'applicazione diretta e controllata in agricoltura (es. sulla base del disposto del D.lgs. 99/92 sulla applicazione dei fanghi in agricoltura). Il digestato, in uscita dalla digestione anaerobica, non è però assimilabile al compost ottenuto da frazione organica raccolta in modo differenziata in quanto a possibili applicazioni in ragione della maggiore presenza di metalli

---

<sup>12</sup> non individuata come tecnologia dal Piano Regionale attualmente in vigore e in questo studio considerata come tecnologia accessoria alla produzione di CDR-Q

pesanti, inerti ed al potenziale fitotossico ancora relativamente elevato (per la presenza di ammoniaca e la natura ancora relativamente fermentescibile della sostanza organica residua) e va dunque generalmente inteso e gestito come un fango da biostabilizzare aerobicamente per ottenere una FOS da utilizzare in ripristini ambientale o, in mancanza di questa tipologia di utilizzi, da smaltire comunque in discarica.

Il bilancio di massa di un impianto di digestione anaerobica evidenzia che il flusso da inviare a impianti di depurazione e quello della frazione organica biostabilizzata risultano molto significativi.

Come già accennato precedentemente, le due tecniche (TMB e digestione anaerobica) sono al momento attuale alla base dell'evoluzione dei TMB classici, di "prima generazione".

Nella figura 05, che segue, sono riportate due diverse configurazioni dei sistemi TMB di prima generazione.

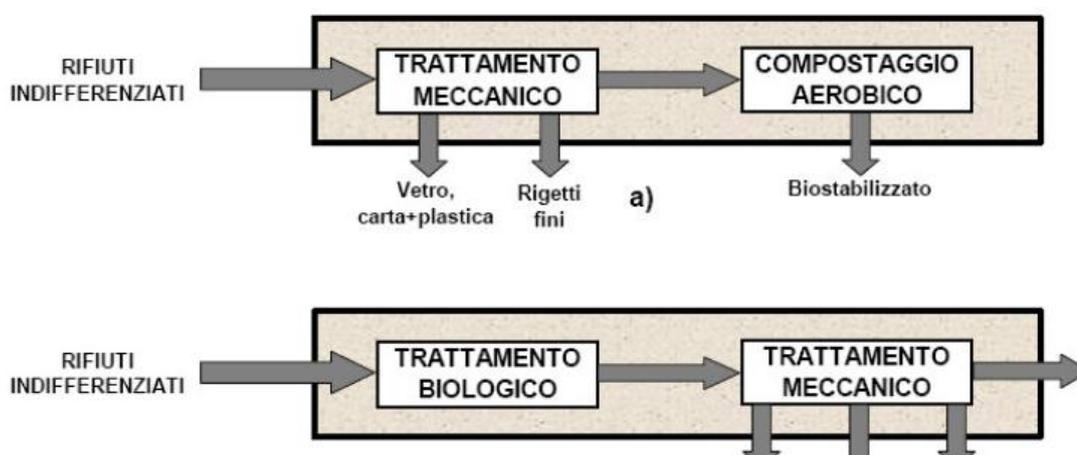


Figura 05 – Sistemi TMB

Il primo schema della Figura 05 può essere usato per la produzione di una frazione secca (CDR) da avviare a recupero energetico e per il recupero di alcune frazioni merceologiche quali il vetro e il ferro. La successiva fase di trattamento biologico ha l'obiettivo di generare un compost che tuttavia risulta essere di scarsa qualità, per la presenza nel prodotto finale di plastiche e vetro in percentuali non trascurabili, tali da renderne spesso non consigliabile l'uso agronomico.

Il secondo schema proposto in Figura 05, in cui le due fasi sono invertite, offre il vantaggio di svolgere la selezione meccanica su un prodotto più stabile, con un tenore di umidità sensibilmente inferiore, favorendo così l'efficienza dei sistemi di separazione.

In questo modo i prodotti che scaturiscono sono di qualità migliore, ed in particolar modo il CDR avrà un PCI maggiore che nel primo caso.

Una evoluzione di tali schemi (Figura 06) ha introdotto alcuni elementi di maggiore complessità impiantistica, ma consente un recupero energetico anche dalla fase di trattamento della sostanza organica.

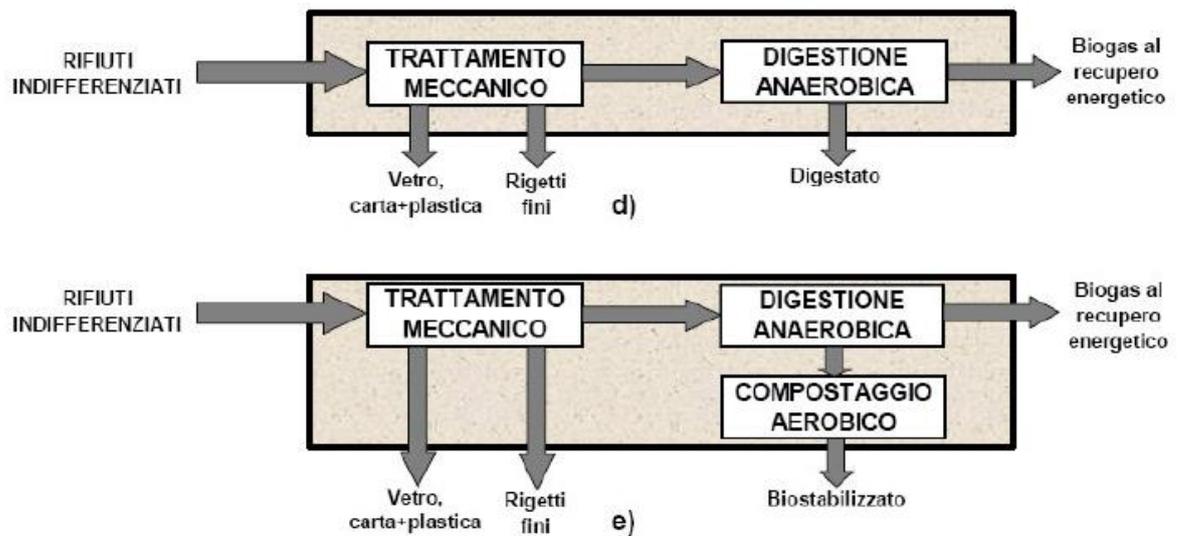


Figura 06: impianti di trattamento meccanico biologico avanzati

Sono molti i processi di questo tipo, sviluppati e applicati su scala industriale, e nelle tabelle degli Allegati a questo documento sono riportati alcuni processi ormai affermati.

Figura 07 - Trattamento meccanico biologico per la produzione di CDR (classica impostazione)

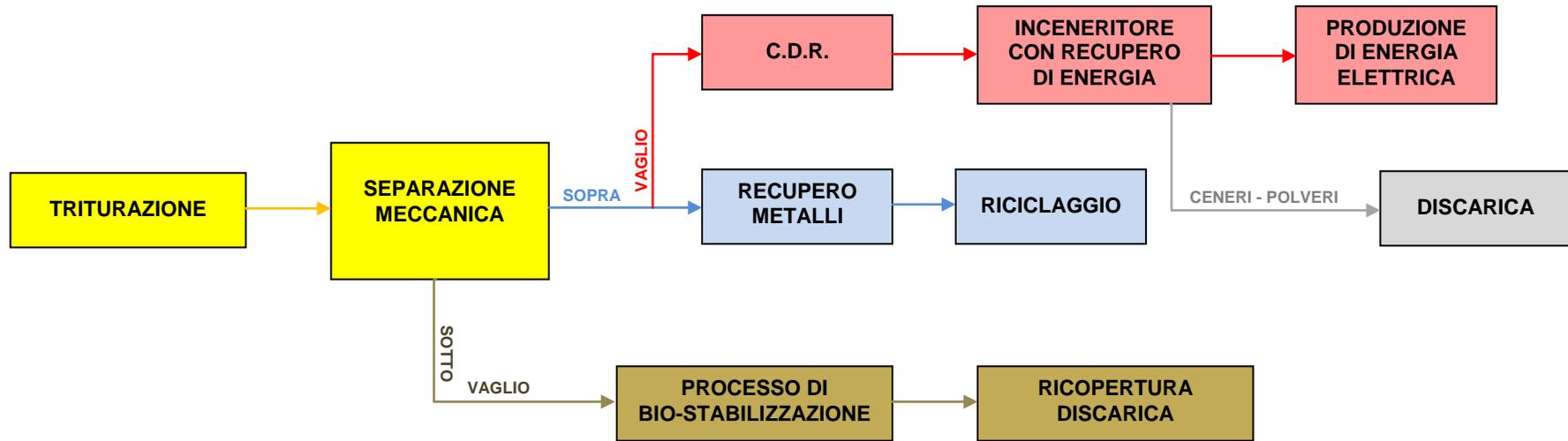


Figura 08 - Gestione a freddo dei rifiuti residui (realizzata in alcuni impianti illustrati in questo lavoro)

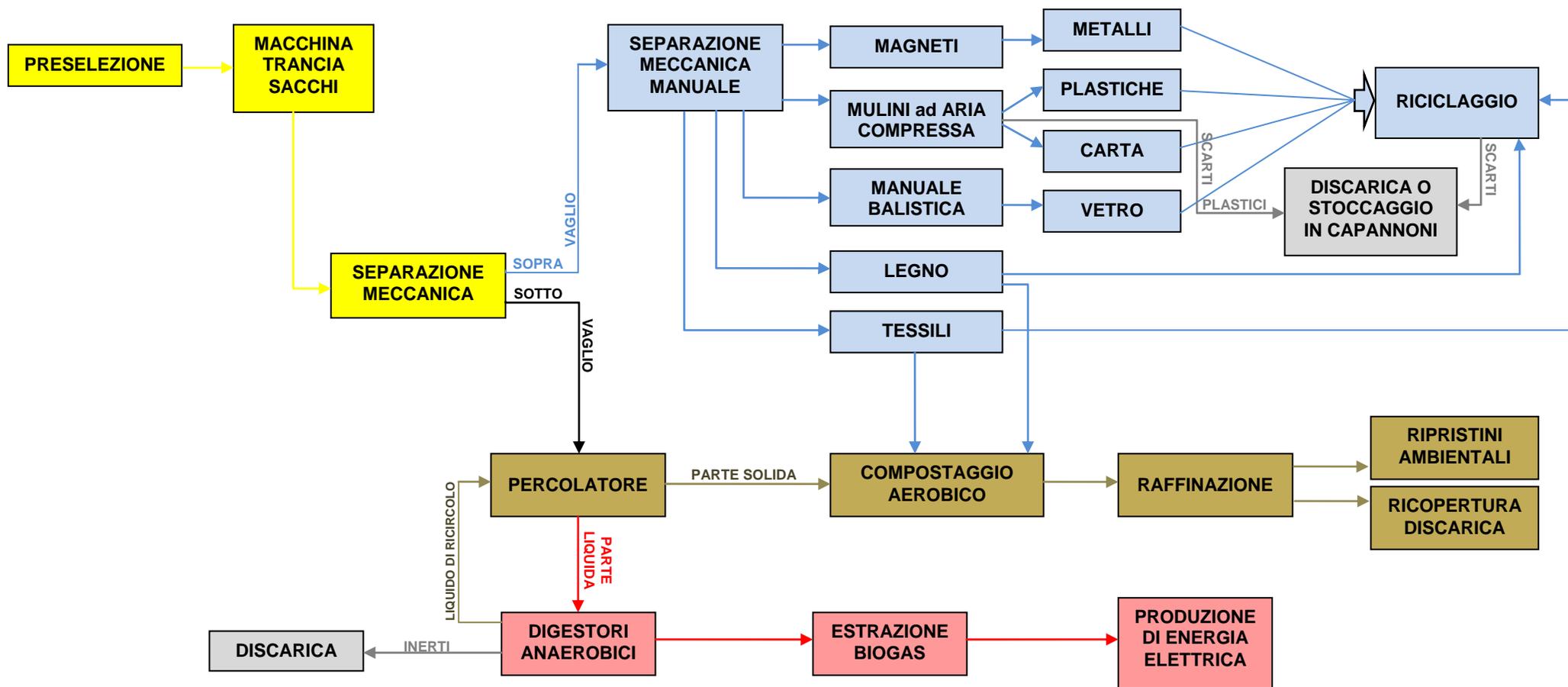
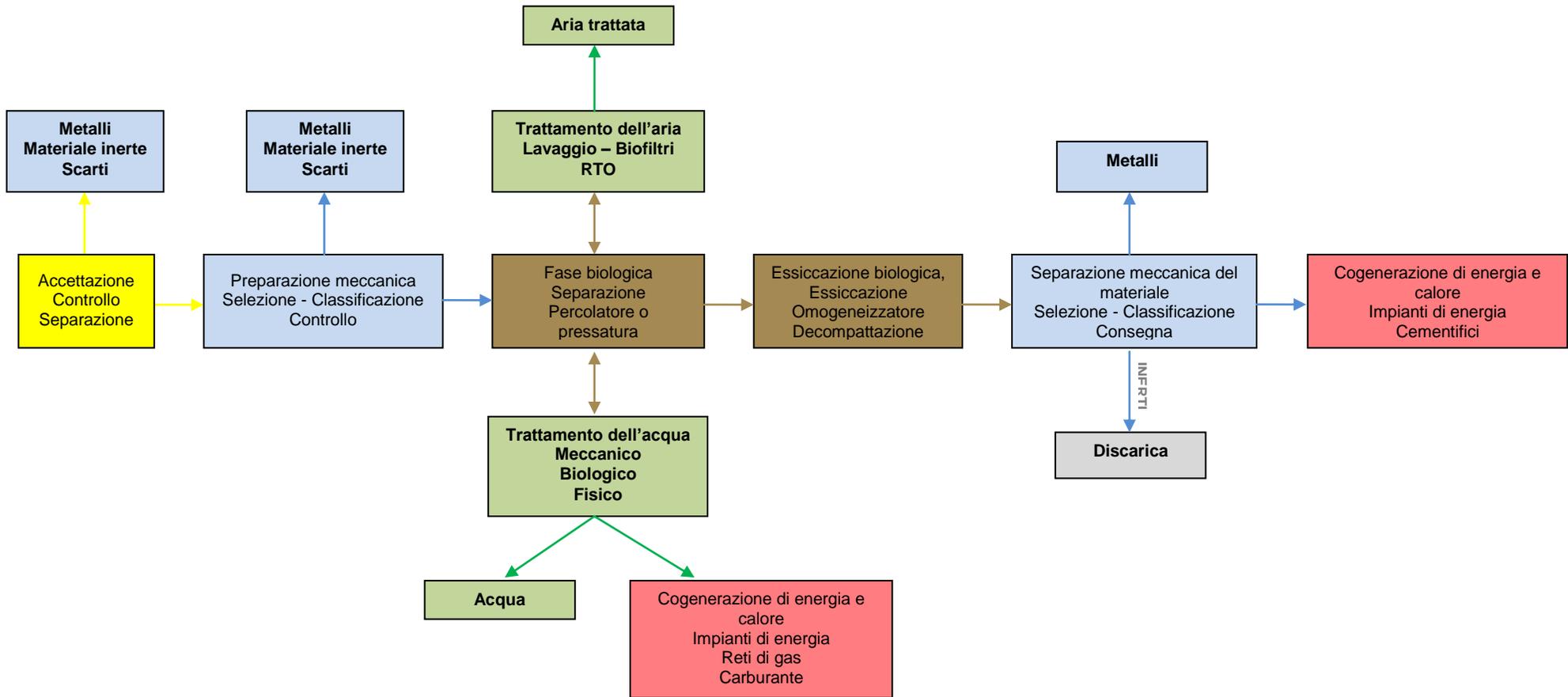


Figura 09 - Gestione a freddo dei rifiuti residui (realizzata in alcuni impianti illustrati in questo lavoro) – Variante



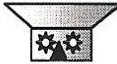
### **2.3 - COMPONENTI DEGLI IMPIANTI PER LA PRODUZIONE DI CDR**

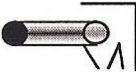
La tabella 04 che segue elenca i principali componenti degli impianti di produzione di combustibile da rifiuti e mette in evidenza le caratteristiche di ciascuno di essi e l'uso che ne viene prevalentemente fatto.

Vengono riportati anche elementi di costo di investimento, ovviamente riferiti al singolo componente e alla data di redazione del documento da cui la tabella è estratta<sup>13</sup>.

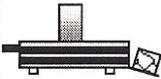
---

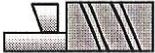
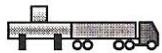
<sup>13</sup> Decreto 29 gennaio 2007 - Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del Mare - Emanazione di linee guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili in materia di gestione dei rifiuti, per le attività elencate nell'allegato I del decreto legislativo 18 febbraio 2005, n. 59. (Suppl. Ordinario n. 133)

Macchina	Simbolo	Funzione	Tipologie	Vantaggi	Svantaggi	Consumi	Costi di investimento
Lacerasacchi		Lacera e apre i sacchi.	A lame	Elevata produzione e bassi consumi energetici.	Completamente inadatto in presenza di altro tipo di materiali se non sacchi. Si blocca in presenza di manufatti metallici e/o inerti di grosse dimensioni.	2-4 kWh/ton	2500-4000 €/t per ora di potenzialità in ingresso
Trituratore Primario		Tritura il tal quale in ingresso all'impianto, lacera i sacchi, strappa i materiali tessili e tritura i manufatti in plastica e legno. Può essere monorotore o birotore	A cesoie pluralbero (<15 rpm) Monoalbero (<60 rpm) Bialbero (<60 rpm)	Adatti a materiali tenaci ed elastici (tessili, gomme). Adatti per un rifiuto misto. Le dimensioni più contenute della bocca di carico permettono installazioni più compatte. Adatto per un rifiuto misto. La tramoggia più ampia garantisce meglio dalla formazione di ponti	Bassa produttività e alte usure. Adatto a materiali resistenti (pneumatici).  Inadatto a rifiuti prevalentemente elastici e resistenti (tessili, gomme) Inadatto a rifiuti prevalentemente elastici e resistenti (tessili, gomme)	7-15 kWh/ton	9000-15000 € per ton/h di potenzialità in ingresso
Vaglio		Separa i materiali in base alla loro pezzatura. Possono essere di tipo monostadio o pluristadio, a seconda del num. di zone vaglianti con fori di diametro differente. Spesso si utilizzano vagli bistadio.	Tamburo Vibrovaglio Vaglio a dischi	Macchina universale che rivolta completamente il materiale.  Adatto a materiali di pezzatura piccola (<10 cm) e per separare materiali fini (fori < 4 cm).  Fa saltellare il materiale ed ha alta produttività.	Macchine di grandi dimensioni  Intasamento per fori >4 cm o per materiali bidimensionali (es. fili di ferro).  Di difficile messa a punto e rumoroso.	0,5-1,5 kWh/ton	3000-4800 €/t per ora di materiale in ingresso

Macchina	Simbolo	Funzione	Tipologie	Vantaggi	Svantaggi	Consumi	Costi di investimento
Magnete deferrizzatore		Separa i materiali ferrosi. Solamente per flussi di materiali a pezzatura uniforme e <15 cm il ferro estratto risulta "pulito ", ovvero senza inquinamento di plastiche, stoffe, carta.	Elettromagnete overbelt  Magnete permanente Overbelt  Puleggia magnetica	Adatto a flussi medio/grandi (10-30 ton/ora) e/o pezzat. medio/grandi (<400 mm) Semplice ed econ. Adatto a piccole pezzature (<200 mm) Economica, OK per pezzat. piccole (<100 mm) e/o in coazione con magneti overbelt.	Consumi elettrici superiori, macchina costosa  Inadatta a grandi pezzature e in presenza di pezzi di ferro >3 Kg  Inadatta a pezzature medio/grandi (>100 mm)	0,2-0,4 kWh/t (magnete permanente) 0,6 -1 kWh/t (elettromag.)	600-1500 €/t per ora di materiale trattato.
Separatore a correnti indotte		Separa i metalli non ferrosi (ad eccezione dell'acciaio inox). La sua efficacia risulta tanto maggiore quanto minore è la pezzatura del materiale (<15 cm)	A rullo induttore a magneti permanenti	Adatto a flussi medi (<15 ton/h). Permette di separare l'alluminio dannoso per combustibile destinato a letti fluidi.	Macchina costosa. Può causare pericoli quali incendi se il rifiuto non è stato accuratamente deferrizzato prima: oggetti di Fe che permangono sul tamburo rotante si arroventano.	0,7-1,2 kWh/t	3800-5000 €/t per ora di materiale trattato.

Macchina	Simbolo	Funzione	Tipologie	Vantaggi	Svantaggi	Consumi	Costi di investimento
Tavola gravimetrica o densimetrica		Separa una frazione "pesante" da una "leggera" in base al peso specifico. Rendimento accettabile con pezzatura costante (<25 cm). Può anche separare un sottovaglio fine. E' utilizzata per separare gli inerti.	A elementi mobili, a moto vibrante.	Adatte a flussi bassi (<10 t/h), separano pesante, leggero, fine (varia pezzatura, fino a 10 cm).	Ingombri elevati, rendimenti di selezione di solito non elevati, di difficile messa a punto.	0,5-1 kWh/t	3300-5000 €/t per ora di materiale in ingresso
Separatore aeraulico		Separa una frazione "pesante" da una "leggera" in base al peso specifico tramite correnti d'aria. Rendimento buono con pezzatura costante (<25 cm). E' utilizzata per separare gli inerti.	A correnti d'aria, con aspirazione	Adatto a flussi medi (<15 t/h), aspira il materiale leggero e non quello pesante. Adatto per pezzature costanti (<25 cm). Flessibilità impiantistica	Elevati flussi d'aria da trattare, consumi energetici non marginali. Di difficile messa a punto.	1-3 kWh/ton	7800-15000 €/t per ora di materiale da trattare

Macchina	Simbolo	Funzione	Tipologie	Vantaggi	Svantaggi	Consumi	Costi di investimento
Trituratore secondario		Riduce la pezzatura del combustibile pretriturato e selezionato per esigenze di combustione (<15 cm letto fluido, <3-4 cm cementeria) e/o addensam.(<10-15 cm). Mono o birotore, si danneggia con Fe e metalli.	Lenti a taglio (<120 giri/min)	Macchina sicura, dotata di frizione, si blocca con grossi corpi infrantumabili.	Bassi flussi (<5 t/h per pezz. <4cm, <10 t/h per pezz. <15 cm). Hanno alti consumi energetici.	15-23 kWh/t	17.000-33000 € per ogni ton/ora di potenzialità in ingresso
Pressa imballatrice		Imballa e reggia materiali di basso peso specifico (materiali combustibili, plastiche, stoffe) ai fini di stoccaggio e trasporto. La pezzatura deve essere >8 cm.	A canale orizzontale, con o senza pressore aggiuntivo	Adatta per grossi flussi (<30-40 t/h). Macchina robusta e di facile gestione.	Si danneggia in presenza di Fe o metalli di grosse dimensioni. E' una macchina costosa.	3-5 kWh/t	7800-9300 € per ogni ton/ora di materiale trattato.

Macchina	Simbolo	Funzione	Tipologie	Vantaggi	Svantaggi	Consumi	Costi di investimento
Press-container		Compatta materiali di basso peso specifico direttamente in container e/o scarrabili	A canale orizzontale, senza camera di compattazione.	Adatta per grossi flussi (<30-40 t/h). Macchina robusta, di facile gestione ed economica.	Richiede un sistema di cambio container quando questi sono pieni. Per flussi importanti, il cambio deve avvenire anche ogni mezz'ora.	1-2 kWh/t	2300-3500 € per ogni ton/ora di materiale trattato
Pressa per mezzi gran volume		Compatta materiali di basso peso specifico trasferendoli poi in mezzi grande volume	A canale orizzontale, dotata di camera di compattazione	Adatta per grossi flussi (<30-40 t/h), consente di fare il pieno carico in mezzi di grande volume (>70 mc di vol. utile).	Necessita di una accurata manutenzione del pistone di compattazione che è a più sfili e molto lungo (>10 mt fuori tutto). Macchina costosa.	1-2 kWh/t	7800-9300 €/t per ora di materiale trattato.

Macchina	Simbolo	Funzione	Tipologie	Vantaggi	Svantaggi	Consumi	Costi di investimento
Macchina	Simbolo	Funzione	Tipologie	Vantaggi	Svantaggi	Consumi	Costi di investimento
Addensatrici, pellettizzatrici, cubettatrici		Tramite estrusione attraverso una griglia forata addensano il materiale in cubetti o pellets. Possono trattare solamente piccoli flussi (<7 t/h), di pezzatura <15 cm e senza metalli.	A estrusione	Consente di semplificare lo stoccaggio (silos) ed ottimizza il carico. Il combustibile addensato è pienamente compatibile con l'utilizzo in forni a griglia o a letto fluido	L'addensato non è compatibile con l'alimentazione in cementeria. Le macchine sono molto sensibili alla presenza di metalli (l'Al tappa i fori), sono, inoltre, costose e consumano molta energia elettrica.	25-35 kWh/t	25000-35000 € per t/ ora di materiale trattato

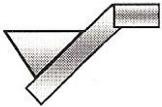
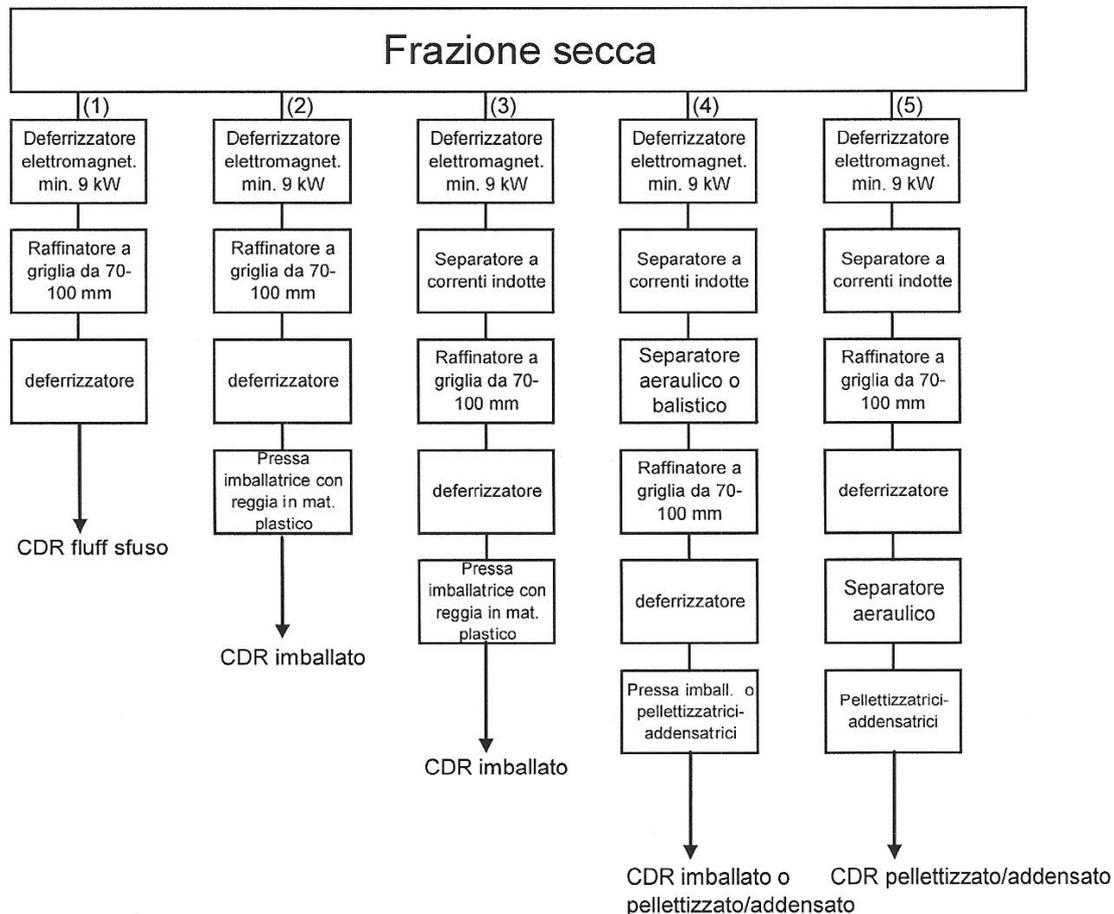
Macchina	Simbolo	Funzione	Tipologie	Vantaggi	Svantaggi	Consumi	Costi di investimento
Estrattori da tramoggia		Estraggono e regolarizzano il flusso di rifiuti da una tramoggia. Ne esistono di molti tipi. In questo caso si fa riferimento ai due tipi più diffusi: a tapparelle (Apron) o a traversini raschianti (Redler)	Apron Redler	Robusto, adatto ad alti flussi (<50 t/h), inclinato Max. 45°, bassi consumi energetici. Più economico, stesse prestazioni del tipo precedente, non sporca perché ricircola il materiale che finisce sul fondo.	Macchina costosa, sporca e richiede un redler di pulizia.  Alte usure e alti consumi energetici.	0,7-0,9 kWh/mt (Apron) 1-1,5 kWh/mt (Redler)	4000-12000 €/metro lineare
Trasportatori		Trasportano il materiale su tappeti o con redler. Possono essere carterizzati o aperti. Ne esistono di moltissimi tipi compositi. In questo caso si fa riferimento ai due tipi più diffusi.	A tappeto in gomma Redler	Economico, bassi consumi energetici, adatto per tratte lunghe. Il tappeto liscio è adatto per inclinazioni <20°. Consente scarichi multipli, è adatto per inclinazioni <70°, può essere è adatto per pezzature <15 cm (si usano modelli semplificati).	Sporca, richiede pulitori efficienti e controlli e registrazioni frequenti (centraggio e sostituzione tappeti).  Costoso, alti consumi energetici, usure elevate.	0,3 -0,4 kWh/m (A tappeto) 0,5-0,9 kWh/mt (Redler)	2000-4500 €/mt lineare (A tappeto); 3500-8000 €/mt lineare (A palette raschianti)

Tabella 04 - Tipologie di apparecchiature utilizzate nei processi di selezione: indicazioni su migliori utilizzi, consumi e costi di investimento

Fonte: Linee guida impianti di trattamento e produzione CDR ex art.3, comma 2 del D.Lgs. 372/99 dell'APAT

Le possibili alternative di produzione di CDR a partire dal sovrillo secco sono indicate negli schemi seguenti, a partire dal più semplice al relativamente più complesso.



#### NOTE

- (1),(2) Linee semplificate, necessitano di un raffinatore in grado di accettare materiali intriturbili con danni minimi al sistema di taglio
- (3) Come le precedenti ma dotata di un separatore di metalli non ferrosi, anche in questo caso non è garantita l'eliminazione di materiali intriturbili
- (4) Linea più complessa con l'inserimento di un separatore aeraulico o balistico con il preciso scopo di salvaguardare il sistema di taglio del raffinatore. La separazione aeraulica è più efficiente ma con maggiori probabilità di ingolfamenti dovuti alla pezzatura grossolana del materiale
- (5) Maggiore complessità per la produzione di CDR pellettizzato o addensato dove la separazione aeraulica è inserita a valle del raffinatore (pertanto il raffinatore deve essere del tipo previsto nelle linee 1 e 2), con lo scopo di eliminare materiali pesanti ferrosi e non ferrosi, inerti e plastiche rigide per salvaguardare le filiere delle pellettizzatrici che diversamente si otturerebbero.

Figura 10 – Confronto delle alternative tecnologiche per la produzione di CDR

## 2. 4 - PRESIDI AMBIENTALI PER GLI IMPIANTI DI PRODUZIONE CDR

Gli impianti di produzione di combustibile da rifiuti necessitano di alcuni presidi che, oltre a mitigare gli impatti sull'ambiente connessi con l'esercizio, determina dei benefici anche per gli operatori impegnati nelle lavorazioni.

Di seguito si illustrano i principali presidi di protezione dell'ambiente che dovrebbero essere realizzati contestualmente ad un impianto di produzione CDR.

### 2.4.1 Controllo e trattamento delle emissioni in atmosfera

Le emissioni gassose provenienti dagli impianti per la produzione di CDR dai rifiuti costituiscono un problema in termini gestionali a causa delle emissioni maleodoranti che si possono diffondere nell'ambiente circostante con conseguenti disagi, lamentele e proteste a volte anche pesanti da parte della popolazione che vive nei paraggi, con tutte le implicazioni sociali conseguenti. Tuttavia tali implicazioni sono state risolte nella maggior parte degli impianti visitati, con tecnologie che hanno risolto con successo il problema.

Il problema degli odori negli impianti di trattamento rifiuti è molto complesso in quanto essi sono generati da una miscela di sostanze, di matrice organica e inorganica, la cui soglia di percezione può essere anche inferiore ai limiti di rilevabilità analitica.

E' da tenere inoltre presente che l'effetto "odore" così come percepito, proprio per la presenza di numerosi composti nelle emissioni, è influenzato anche da fenomeni di sinergia, percezione soggettiva, emulabilità etc..

Le principali classi di composti responsabili degli odori derivanti da un processo di trattamento biologico sono:

- acidi grassi
- aldeidi
- ammine
- composti aromatici
- solfuri inorganici
- solfuri organici
- terpeni
- ammoniacca

In genere il luogo ove viene eseguito lo stoccaggio dei rifiuti e dove si producono sostanze odorogene, talvolta ammoniacca, e produzione di polveri in fase di scarico dei rifiuti, è soggetto a 2-3 ricambi d'aria/h; l'aria estratta utilizzata per il trattamento di biostabilizzazione o di bioessiccazione dei rifiuti viene, quindi, inviata alla depurazione che può essere eseguita con biofiltro o con scrubber chimico.

Nella zona di raffinazione si produce un'elevata quantità di polveri e minori quantità di composti odorigeni. L'aria viene ricambiata 1-2 volte/h e se necessario inviata anch'essa ai reattori biologici, comunque dopo depolverazione generalmente su filtro a tessuto.

La riduzione delle emissioni di polveri generate nella zona di stoccaggio avviene a carico del sistema reattore biologico-scrubber ad acqua-biofiltro, in quanto il volume d'aria viene inviato al biofiltro dopo essere passato attraverso la massa dei rifiuti organici in fase di biostabilizzazione (o di tutti i rifiuti in fase di bioessiccazione).

La riduzione delle emissioni di polveri generate nella zona di raffinazione si esegue normalmente con filtro a manica, che garantisce un elevatissimo abbattimento della concentrazione di polveri.

Si utilizzano maniche in polipropilene o in poliestere con velocità di attraversamento non superiori a 1,2 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> al minuto. Il prelievo dell'aria da depolverizzare viene effettuato in prevalenza con aspirazioni concentrate rispetto ad aspirazioni diffuse, in particolare nella zona di raffinazione del combustibile da rifiuti.

Le emissioni odorigene in un impianto di produzione di combustibile da rifiuti sono associate allo stoccaggio dei rifiuti prima del trattamento, al trattamento biologico e in parte minore alla zona di raffinazione.

La natura degli odori è quindi quella dovuta alla presenza delle sostanze osmogene (composti solforati- mercaptani, ammoniacali-amminici etc).

La tecnica utilizzata per l'abbattimento delle sostanze odorigene, corrispondenti a una modesta concentrazione di composti organici. nell'aria interessata, è generalmente quella dell'abbattimento tramite filtro biologico, dimensionato in modo da garantire un'emissione massima di 300 U.O.I./m<sup>3</sup> nell'aria trattata e mantenuto in buone condizioni di funzionamento (in particolare umidità e stato del materiale filtrante).

Il biofiltro è in genere preceduto da uno scrubber a umido che provvede alla depolverazione dell'aria e alla sua umidificazione.

Il vantaggio dei biofiltri con o senza lavaggio è rappresentato dal basso costo di investimento e di gestione e da una buona efficacia in termini di riduzione degli odori.

Gli aspetti da tenere sotto controllo riguardano anche:

1. la garanzia di mantenere costante la resa di abbattimento, anche in relazione alla variabilità della composizione della frazione trattata, dalla umidità del biofiltro, dalla portata d'aria da trattare, dalla temperatura e umidità etc.
2. la presenza nell'aria di post – trattamento di microrganismi non eliminati completamente dal sistema biofiltro – scrubber

Proprio alla luce di queste ultime considerazioni che lasciano prevedere dei limiti nei sistemi di biofiltrazione, gli impianti di nuova generazione sono stati provvisti di sistemi di abbattimento degli odori con combustione dell'aria in emissione e recupero termico.<sup>14</sup>

## **2.4.2 Controllo e trattamento delle acque reflue**

Le acque reflue dall'impianto di produzione di combustibile da rifiuti sono le seguenti:

- acque di processo (acque di percolazione della zona di scarico, acque di percolazione degli impianti biologici, acque di scarico dello scrubber e di condensazione del biofiltro).
- acque di prima pioggia dei piazzali
- acque meteoriche
- acque sanitarie

Le acque di processo sono in genere riciclate negli impianti biologici (in cui l'umidità della sostanza organica tende a diminuire al di sotto del valore utile per l'attività biologica) e non danno luogo a scarichi

---

<sup>14</sup> Impianto di Fusina – bruciatore LARA (Luft Aufbereitungs und Reinigungs Anlage: impianto di trattamento e depurazione aria ); impianto ZAK-ringsheim – postcombustore rigenerativo, in Inglese Regenerative Thermal Oxidizer (c.d. RTO).

salvo casi eccezionali, comunque è buona norma avere uno stoccaggio adeguato da cui possano essere riciclate o essere inviate a depurazione.

Le acque di prima pioggia dei piazzali (corrispondenti a una precipitazione di min. 5 mm) devono essere captate e inviate a depurazione, insieme con le acque sanitarie.

Le acque meteoriche devono avere uno smaltimento separato e adeguato.

### **2.4.3 Controllo dei rumori e delle vibrazioni**

Le apparecchiature di produzione del combustibile da rifiuti possono produrre rumori e vibrazioni derivanti:

- dai tritutori primari e dai raffinatori secondari
- dai ventilatori e dai cicloni che effettuano la separazione aeraulica
- dal ventilatore che estrae l'aria dagli ambienti e la convoglia al sistema di depurazione
- dai nastri trasportatori

Sono pertanto prescritti limiti alla rumorosità delle macchine in esercizio (80 dB) per la tutela della salute dei lavoratori e limiti al rumore percepibile all'esterno sulla base della zonizzazione eseguita dall'autorità comunale.

### 3 - ESEMPI APPLICATIVI DEI PROCESSI DI PRODUZIONE DEL COMBUSTIBILE DA RIFIUTI - CONCLUSIONI

Nell'“**Allegato 1. 1 – Schede descrittive delle tecnologie individuate**” sono state illustrate le esperienze rappresentative delle tecnologie che stanno ottenendo maggiore diffusione. Di queste tecnologie, molte sono consolidate e affidabili; altre esistono a livello di impianto sperimentale.

E' risultato che solo alcune delle tecnologie individuate presentano carattere di innovazione trattandosi generalmente di sistemi tradizionali che possono produrre varie tipologie di combustibili di rifiuti, più o meno di qualità secondo la necessità dell'impianto finale.

- l'impianto “Thorcem”, che dalle prime informazioni raccolte sembrava possedere caratteristiche idonee per un'applicazione al ciclo di gestione dei rifiuti nel territorio regionale. Dalle informazioni ricevute la tecnologia Thorcem non risulta al momento essere sufficientemente esplorata e sperimentata ed emerge una effettiva impossibilità di avviare una fase di prova su un impianto industriale o semi-industriale. La fase del processo che rappresenta la più significativa componente innovativa, ovvero l'estrazione dal materiale micronizzato degli elementi inquinanti (metalli pesanti e cloro), non risulta essere mai stata oggetto di una effettiva sperimentazione.
- Non sono stati reperiti altri metodi affidabili per la produzione di CDR-Q con basso contenuto di inquinanti quali metalli pesanti e cloro
- l'impianto “ZAK” per il fatto che è stato progettato in modo da utilizzare per ciascuna sezione di trattamento la tecnologia più innovativa (brevetto MYT®);
- l'impianto “ZAK” e la tecnologia “WMPRESS” perché oltre a produrre CDR-Q utilizzano sistemi che producono fanghi da digerire anaerobicamente per ottenere biogas al fine di valorizzare l'energia derivante dai rifiuti;
- l'impianto “Fissore” in quanto, pur non producendo CDR – Q, sembrerebbe avere notevoli vantaggi di trasformabilità quasi completa dei rifiuti,
- l'impianto “Bedmister” che tratta in modo completo i rifiuti tal quale e il CDR anche mediante trattamenti a caldo innovativi (pirolisi).

Si precisa che vi sono state in alcuni casi difficoltà ad assumere informazioni puntuali attraverso una fase di indagine conoscitiva informale, perché i soggetti titolari delle tecnologie hanno fornito solo alcune delle informazioni richieste, non impegnative, anche per salvaguardare condizioni di riservatezza nei confronti di possibili concorrenti.

Per meglio valutare le risultanze di questa indagine, si evidenzia che:

- i criteri applicabili per individuare le migliori tecnologie per ottenere CDR di qualità dipendono anche dalla destinazione finale che si vuole dare a questo prodotto;
- in generale, la quantità di scarti complessivamente ottenuti dal trattamento di produzione di CDR di alta qualità dai rifiuti Tal Quale (a valle della RD) risultano essere circa pari al 30-35% del rifiuto iniziale e devono essere comunque portati a discarica;
- è possibile individuare delle eventuali soluzioni integrate (chiusura del ciclo dei rifiuti) con tecnologie innovative i cui detentori in alcuni casi si sono dichiarati disposti a sperimentare con proprio finanziamento.

## In sintesi

- Non sono stati reperiti metodi affidabili per la produzione di CDR-Q con basso contenuto di inquinanti quali metalli pesanti e cloro;
- Il CDR-Q è un rifiuto a tutti gli effetti;
- Non è possibile utilizzare il CDR-Q in un impianto di teleriscaldamento, esistente o in fase di realizzazione, nella nostra Regione;
- Per la chiusura del ciclo in Valle d'Aosta è necessario realizzare impianti dedicati per la valorizzazione energetica del CDR/ CDR-Q.

Alla luce di quanto sopra, si ritiene sia necessario approfondire anche in quale modo sarebbe possibile chiudere il ciclo di gestione dei rifiuti, una volta prodotto il CDR -Q, essendo quest'ultimo "confezionato" in funzione della destinazione finale e quindi della chiusura del ciclo.

## 4 - ESPERIENZE PILOTA DI VALORIZZAZIONE DELLA FRAZIONE SECCA

In questa sezione si descrive un'esperienza pilota di valorizzazione degli imballaggi in plastica provenienti da raccolta differenziata.

### 4.1 - LA SELEZIONE DEL SECCO RESIDUO NEL CENTRO RICICLO VEDELAGO

L'Azienda Centro Riciclo Vedelago (TV) è nata nel 1990 a Monselice, poi nel 1997 si è trasferita a Vedelago come Centro Riciclaggio Vedelago a supporto del consorzio Priula TV2 e del Consorzio TV3 che avevano cominciato a pianificare la raccolta domiciliare nel 2000.

Il Centro è ubicato su una superficie di 35.000,00 m<sup>2</sup> e si compone di vari fabbricati utilizzati per le diverse operazioni: selezione e imballo delle frazioni secche ricevute, produzione di miscele a matrice prevalentemente plastica estruse a caldo, ottenute dagli scarti della selezione delle frazioni secche riciclabili da raccolta differenziata, produzione di sabbia sintetica.

Le operazioni di selezione e lavorazione si svolgono in due capannoni:

- Selezione e Riduzione volumetrica (6 Ton/ora di RD)
- Produz. Sabbia sintetica (10.000–12.000 Ton/a), dal 2007

Le frazioni secche ricevute da Comuni, Consorzi e da Aziende e quelle lavorate e imballate per la spedizione sono collocate all'esterno dei capannoni perché i tempi di stoccaggio sono abbastanza brevi. Il numero di impianti di destinazione per le varie frazioni sono numerosi e si differenziano a seconda delle frazioni: plastica, vetro, alluminio, acciaio, legno, carta e cartone, RAEE, impianti recupero inerti e discarica per la quota residua. Il Centro riciclo ha stipulato convenzioni con tutti i consorzi di filiera (salvo il Cobat -batterie usate): Corepla, CNA, Cial, Coreve, Comieco, Rilegno.

#### Le lavorazioni di selezione

Il centro seleziona e lavora circa 22.000 t/a di frazioni secche riciclabili, essenzialmente plastica, vetro, alluminio, pari a 80 t/giorno medie. Le frazioni secche riciclabili corrispondono a circa un milione di abitanti equivalenti serviti. Di seguito i flussi trattati negli anni scorsi con le diverse destinazioni:

Descrizione	Anno 2006		Anno 2007		Anno 2008	
	t	%	t	%	t	%
Rifiuti LAVORATI	21.066,354	100,00	22.089,337	100,00	27.062,730	100,00
a RECUPERO di materia	18.893,310	89,69	20.117,480	91,07	25.396,967	93,84

Tabella 05 – Flussi trattati

Le linee di ingresso per la selezione sono sostanzialmente due, entrambe con forte utilizzo della selezione manuale su nastri trasportatori, che supportano sei combinazioni di frazioni secche riciclabili multimateriali o monomateriali, "multipesante" con vetro o "multileggero" senza vetro ottenute da raccolta domiciliare o da raccolte con campane stradali, o dalle aziende. Il Centro comunque, prima di accettare un input, verifica che il metodo di raccolta garantisca una qualità accettabile per i processi di riciclo totale, intervenendo e collaborando con i Comuni nell'attività di informazione ai cittadini per ridurre la presenza di materiali "non conformi". Risulta molto severo anche il controllo in entrata dei carichi dei camion, per verificarne la provenienza e la conformità ai processi di trattamento.

## **Impianti di selezione**

- Linea 1 dedicata al “multimateriale-leggero”: plastica mista e metalli, mono-plastica (flusso bottiglie / flaconi), plastica mista
- Linea 2 dedicata al “multimateriale-pesante”: vetro/plastica/metalli, vetro/plastica, vetro/metalli. Il grosso problema è la presenza del vetro nel multimateriale.

La linea due ha la funzione precipua di togliere i materiali non conformi, i metalli, l'alluminio e il vetro, di modo che le plastiche possano essere avviate alla linea 1 per la separazione delle diverse tipologie di plastiche divise per polimero e per colore.

Entrambe le linee di selezione prevedono l'impiego di manodopera. La forte manualità delle operazioni consente una accurata selezione delle tipologie con riconoscimento del premio di qualità previsto dal Consorzio Recupero Plastiche e permette, inoltre, di estrarre tipologie di plastiche (es. PE, PVC, vasi, reggette, ecc) che non sarebbe possibile con sistemi automatici e sarebbero considerati scarti, mentre trovano buona collocazione sul mercato. I prodotti selezionati finali sono quindi numerosi (es. plastiche 22 tipi), e la loro varietà può essere modificata in funzione del rendimento economico e/o delle richieste del mercato delle materie prime seconde che sono in continua evoluzione e specializzazione.

La qualità di tutti i materiali selezionati è alta e con impurità sempre sotto il 3%, che fa avere il massimo dei rimborsi CONAI e, per i prodotti non di competenza CONAI, il massimo prezzo di mercato che è sempre commisurato alla qualità.

Il prodotto granulato derivato dal trattamento degli scarti di selezione, come sotto specificato nella linea di riciclaggio dedicata, viene utilizzato in edilizia e nell'industria dello stampaggio ed è remunerato da 30 a 80 €/ton, contro un precedente costo di smaltimento in discarica o a incenerimento di 220 euro/ton compreso il trasporto.

### **La linea di riciclaggio degli scarti di selezione**

Le linee di selezione descritte determinano dei flussi di scarto (residuo di fine nastro, sottovaglio, ingombranti) che costituiscono in media il 42% dei conferimenti provenienti dalle raccolte differenziate dei Comuni e/o dei Consorzi. Tali flussi di scarto, prima destinati a discarica o a incenerimento, con l'attivazione di questa linea di riciclo rimangono nel Centro ed entrano nella linea di estrusione assieme agli scarti di produzione, a matrice prevalentemente plastica, conferiti dalle Aziende private industriali, artigianali, commerciali, ecc.. La linea di riciclo, in funzione dal maggio del 2007 rientra nel progetto “100% Recycling” attraverso il quale il Centro Riciclo Vedelago si pone l'obiettivo di riciclare tutto il materiale lavorato.

La linea si compone delle seguenti fasi: controllo in ingresso -deferizzazione – triturazione separazione particelle ferrose e non ferrose – estrusione – granulazione – vagliatura. La linea tratta circa 2 ton/ora in ingresso su due turni di 7,5 ore ciascuno. Nella fase di controllo in ingresso alla linea vengono recuperati quei materiali che possono avere collocazione sul mercato (taniche, teli, ecc.) e nella fase di deferizzazione vengono separati i materiali ferrosi. Dopo la fase di triturazione si rende necessaria una seconda separazione delle parti ferrose e non ferrose (derivanti dalla triturazione dei giocattoli o altri oggetti compositi). Segue la fase di estrusione del “triturato misto” che per effetto del processo raggiunge la temperatura di 180°C e viene reso sotto forma di “masselli” di circa 5 cm di diametro. Durante il processo di estrusione viene espulsa l'umidità con conseguente calo di massa variabile dal 18 al 25%, e nel contempo l'estruso viene igienizzato. Segue il raffreddamento, la granulazione e la vagliatura del materiale in tre pezzature (fine, media e grossa) a seconda delle richieste di mercato. Il granulato prodotto, “sabbia sintetica”, classificato materia prima seconda dall'art.

181 D.lg. 152/2006 risulta conforme alla norma UNI EN 10667 del 2003. Il campo di applicazione è duplice:

1. nel settore industria edile, come aggregante nelle malte cementizie (massetti alleggeriti, cordonate stradali, pozzetti, prolunghe, vasche di raccolta acque di scarico, blocchi per muratura strutturali e per tramezze, ecc.);
2. nel settore industria stampaggio plastiche, per compressione o per iniezione, per la produzione di manufatti (schienali e sedute per sedie , pavimenti autobloccanti, pallets, cordonate e paraspigoli, salvapratò per parcheggi, elementi per rotatorie, tavoli e panche da giardino, canaline per scarichi acqua, casseri a perdere per l'edilizia, distanziatori per ferri d'armo, tegole e scandole per coperture e rivestimento edifici, ecc.).

### **Valutazioni sull'azienda e la tecnologia**

Si tratta di un impianto flessibile, di tecnologia standard, facilmente replicabile.

Di un'esigenza economica di minimizzare i costi di smaltimento la proprietà ha fatto un passo verso l'innovazione di prodotto, facendo uscire un flusso di rifiuto dall'azienda come prodotto da commercializzare secondo le specifiche tecniche di settore. L'attività comporta un investimento non intensivo con ricadute in lavoro manuale che valorizzano la qualità del prodotto e la flessibilità del processo.

E' applicato un efficace sistema di controllo degli input per mantenere costante e/o migliorare la qualità dell'output.

La qualità dei prodotti nel mercato delle materie secondarie non ha problemi di collocazione, per i continui aumenti di richieste soprattutto nei mercati internazionali. Le potenzialità maggiori sono in edilizia, urbanistica e arredo urbano e civile.

Si sottolinea ancora una volta che l'Azienda attualmente opera la valorizzazione degli imballaggi in plastica provenienti da raccolta differenziata.

# SECONDA PARTE



## **PREMESSA ALLA SECONDA PARTE**

*In data 31 luglio 2009 la sottoscritta ing. Diana Cout ha consegnato il “Documento presentato al gruppo di lavoro”, risultante dalla fase 1 e dalla fase 2 di cui all’incarico, da cui sono tratti la Prima parte e gli Allegati alla Prima parte di questo Documento.*

*Nel corso dell’indagine di cui alla Prima Parte di questo Documento<sup>15</sup>, inerente l’individuazione delle migliori tecnologie innovative per la realizzazione di impianti di pretrattamento finalizzati alla produzione di CDR di qualità elevata, è emerso infatti tra l’altro che:*

- i criteri applicabili per individuare le migliori tecnologie per ottenere CDR di qualità dipendono anche dalla destinazione finale che si vuole dare a questo prodotto;*
- in generale, la quantità di scarti complessivamente ottenuti dal trattamento di produzione di CDR di alta qualità dai rifiuti Tal Quale (a valle della RD) risultano essere circa pari al 30-35% del rifiuto iniziale e devono essere comunque portati a discarica;*
- è possibile individuare delle eventuali soluzioni integrate (chiusura del ciclo dei rifiuti) con tecnologie innovative i cui detentori in alcuni casi si sono dichiarati disposti a sperimentare con proprio finanziamento.*

*L’Amministrazione, vista la documentazione tecnica consegnata e riportante le risultanze delle attività eseguite, in considerazione di quanto emerso nel corso delle riunioni tenutesi in data 3 agosto, presso l’Assessorato Territorio e Ambiente, e in data 4 agosto, presso la Presidenza della Regione, ha richiesto che fosse approfondita l’individuazione di ulteriori impianti rivolti alla applicazione di tecnologie innovative di trattamento dei rifiuti urbani quali a titolo esemplificativo, tecnologie di gassificazione, o equivalenti.*

*Tale richiesta deriva principalmente dal fatto che, dalle prime analisi risultanti dallo studio presentato nell’incontro del 3 agosto 2009, nonché da un esame da parte degli uffici e dell’ARPA della documentazione tecnica, emergerebbe la necessità di individuare, oltre alle tecnologie selezionate, ulteriori soluzioni tecnologicamente innovative che risultino riproducibili in scala industriale o semi-industriale in Valle d’Aosta e la necessità, pertanto, di ampliare, come concordato in sede di riunione, il campo di ricerca verso ulteriori tecnologie innovative volte alla valorizzazione dei rifiuti che prevedano comunque un trattamento del rifiuto teso a ridurre il contenuto inquinante e nella prospettiva di una considerazione completa del ciclo di gestione dei rifiuti prodotti in Valle d’Aosta.*

*In seguito a quanto sopra illustrato, si è quindi provveduto a completare l’indagine tecnico-prestazionale degli impianti che producono combustibile da rifiuto a “freddo” (TMB), con l’analisi e la valutazione di due principali tipologie di impianti che utilizzano il combustibile da rifiuto prodotto con i trattamenti TMB mediante trattamenti a “caldo”: gassificazione e pirolisi.*

---

<sup>15</sup> cfr. in particolare Capitolo 3 – Esempi applicativi dei processi di produzione del combustibile da rifiuti – Conclusioni



## 1 - SISTEMI INTEGRATI

Come già evidenziato nella Prima parte, e come discusso in sede di riunione del Gruppo di lavoro costituito, le fasi di preparazione del CDR di qualità elevata riguardano principalmente il trattamento del rifiuto già differenziato secondo delle procedure che generalmente:

- dopo aver:

- 1) separato la frazione umida da quella secca mediante dei procedimenti di natura meccanica;
- 2) utilizzato la parte umida in impianti di conversione biochimica in grado di trasformare tale frazione in concime per usi agricoli (compost da processi aerobici), ovvero in gas combustibile (trasformazione anaerobica);

- possano:

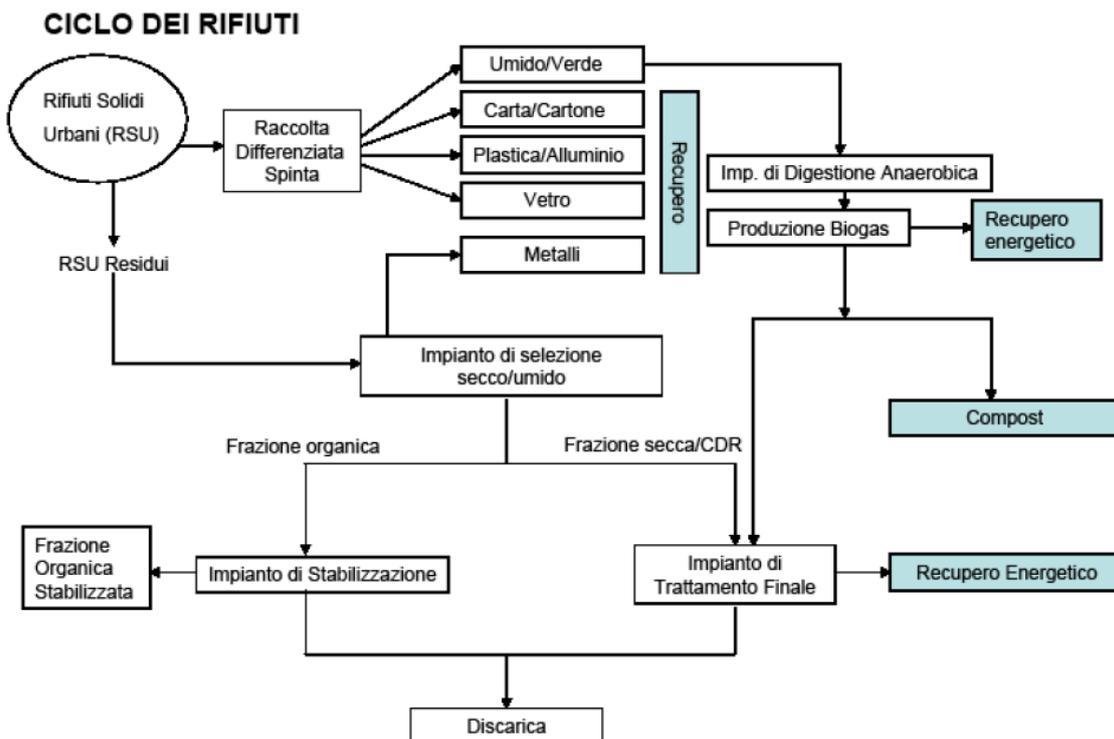
- 3) avviare la parte secca (CDR) verso dei sistemi di conversione energetica che producano energia elettrica o termica;
- 4) conferire in discarica i rispettivi residui delle precedenti fasi di trasformazione, quali ceneri (da trasformazione termica), oppure residuo biostabilizzato da parte di procedure aerobiche o anaerobiche se non idonee per uso agricolo.

Esistono, in questo campo, numerosi esempi di cicli integrati di trattamento di RSU dipendente dal livello di efficacia della raccolta differenziata a monte; a titolo di esempio viene di seguito riportato un diagramma di flusso di un ciclo completo.

Altri schemi, applicabili specificamente alla nostra realtà valdostana, sono riportati in Allegato a questo documento<sup>16</sup>.

---

<sup>16</sup> Schemi applicativi delle tecnologie individuate: CDR e gassificazione o equivalenti.



La suddetta soluzione prevede una fase di differenziazione a monte molto spinta e che consenta il recupero di:

- 1) materiali inerti, quali metalli, vetro etc.;
- 2) carta e plastica;
- 3) frazione mista da trattare in impianti di CDR;
- 4) frazione umida di elevata qualità.

I materiali metallici ed il vetro possono essere immediatamente avviati verso i sistemi di riciclo come materie prime; analogo discorso per quanto concerne la carta, il cartone, la plastica. Per quanto concerne i materiali composti da metalli, cellulosa e materiale plastico (i cosiddetti poliaccoppiati) essi vengono di solito conferiti assieme alla carta, dalla quale poi sono divisi in quanto sono previsti dei processi specifici di separazione e riutilizzo delle materie prime che li compongono.

La frazione mista, composta da residuo umido e da quello secco, viene opportunamente separata nei sistemi di produzione di CDR; da questi si ottiene normalmente un residuo organico secco da inviare verso i sistemi di termo-conversione per la produzione di energia elettrica (ovvero essere utilizzato come combustibile da utilizzare in co-combustione per determinati utilizzi industriali).

Per ultimo rimane la frazione umida direttamente ottenuta dalla raccolta differenziata ed eventualmente unita alla frazione di umido proveniente dall'impianto di produzione di CDR; questa può essere convenientemente utilizzata in un impianto di digestione anaerobica per la produzione di gas combustibile di media qualità (<math><18.000 \text{ kJ/Nm}^3</math>), da utilizzare in impianti di produzione di energia elettrica mossi da motori a combustione interna. Il residuo finale può essere in alcuni casi utilizzato per la produzione di fertilizzante (compost), oppure avviato in discarica nel caso esso risultasse contaminato o dotato di scarse caratteristiche per gli usi agricoli.

In alternativa alla conversione anaerobica può essere utilizzato anche un sistema aerobico per la produzione di compost, dotato di caratteristiche analoghe di quello derivante da processi anaerobici.

## 1.1 - LE CRITICITÀ DEI SISTEMI INTEGRATI

Dalle informazioni raccolte nella parte Prima di questo Documento, inerenti i sistemi integrati per produrre CDR di qualità elevata, l'effettivo funzionamento del ciclo suddetto risulta essere legato ad un elevato numero di aspetti tecnici, economici e sociali.

Il sistema integrato risulta caratterizzato da una certa "lunghezza" nel senso che sono presenti in numero considerevole i processi a cui il rifiuto deve essere sottoposto nelle sue varie forme e che non sempre hanno destinazione certa.

La frazione umida proveniente dalla produzione di CDR non è quasi mai, ad esempio, trasformata in compost per usi agricoli, perché inquinata, pur dovendo essere comunque stabilizzata tramite un processo biochimico per poter essere conferita in discarica senza problemi di contaminazione del suolo.

Un discorso diverso riguarda, invece, la frazione umida direttamente proveniente dalla differenziata, la quale è normalmente inviata verso impianti di digestione anaerobica, oppure è utilizzata come compost al termine di una trasformazione aerobica.

Un altro aspetto critico dei sistemi integrati di tipo convenzionale riguarda proprio la produzione di questo tipo di fertilizzante.

C'è infatti da dire che esso non risulta sempre ben accettato dagli agricoltori, in quanto non è in grado di assicurare le prestazioni di un comune fertilizzante chimico, oltre a non essere sempre idoneo per qualunque tipo di coltivazione; inoltre pone notevoli problemi di concimatura, poiché non si prevede per esso lo spargimento diretto al suolo, ma la miscelazione con il sottostrato di terreno. Per questa ragione, il compost rimane a volte invenduto e ceduto gratis, se non addirittura conferito in discarica (con un costo vivo da sopportare) allorquando sopraggiungono problemi di logistica interna dell'impianto di produzione.

Alla luce anche di quanto evidenziato anche dalle Ditte che hanno completato le schede inerenti l'indagine sulle migliori tecnologie, inseriti in sistemi integrati per produrre CDR di qualità elevata<sup>17</sup>, il processo di gran lunga più critico risulta comunque essere quello di trattamento termico a causa della scarsa flessibilità degli impianti industriali ricettori di CDR rispetto alle variazioni di composizione media del rifiuto da trattare.

Tecnologie differenti da quelle che prevedono la produzione di CDR in sistemi integrati, in grado di trattare anche rifiuti meno selezionati, potrebbero avere le caratteristiche di flessibilità richieste.

D'altro canto non sono solo questi i problemi che caratterizzano la gestione integrata, in quanto un simile approccio al problema comporta, come già detto:

- 1) Elevati costi di gestione ed organizzativi per sostenere una raccolta differenziata spinta;
- 2) Costi impiantistici complessivi elevati a causa del notevole numero di fasi di trattamento del rifiuto;
- 3) Difficoltà di accettazione da parte della popolazione destinata ad accogliere gli impianti di trattamento e di smaltimento finale, anche a causa delle dimensioni e delle potenziali emissioni inquinanti.<sup>18</sup>

Tale situazione ha di fatto provocato una condizione di stallo in alcune Regioni italiane che molti esperti definiscono senza via di uscita.

---

<sup>17</sup> Cfr. "Allegato 1.1. - schede descrittive delle tecnologie individuate"

<sup>18</sup> In un solo caso tra quelli visitati, inerenti tecnologie destinate a produrre CDR di qualità, la situazione di "accettazione" e integrazione dell'impianto con l'abitato circostante era evidente. Cfr. Scheda inserita nel documento "**Allegato 1.1 - Schede descrittive delle tecnologie individuate**" riferito alla tecnologia ZAK

Inoltre, quando pure potessero essere individuati i siti adatti agli insediamenti che trattano in modo integrato i rifiuti (CDR, trattamenti a caldo, digestori anaerobici e discariche), i tempi di avvio della macchina organizzativa e di realizzazione degli impianti risultano essere incompatibili con la situazione di emergenza palese o potenziale nella quale potrebbe versare anche la nostra Regione.

C'è da dire, comunque, che molti cicli integrati di smaltimento hanno fornito degli ottimi risultati operativi in alcune regioni del nord Italia, dimostrando la praticabilità di tali soluzioni. I motivi del successo di queste iniziative può essere individuato nei seguenti punti:

- 1) Elevato fattore di differenziazione del rifiuto da parte del cittadino;
- 2) Ridotto bacino di utenza;
- 3) Sostanziale accettazione da parte della popolazione locale degli impianti, poiché di taglia ed impatto non eccessivo.
- 4) Destinazione finale del CDR prodotto al di fuori della regione di produzione.

Tale situazione è stata illustrata al gruppo di lavoro nel corso della riunione del 3 agosto. Al Gruppo di Lavoro è parso opportuno ampliare ulteriormente l'interesse e l'indagine al fine di verificare in quale modo possa essere chiuso il ciclo o anche diversamente impostato.

## 2 - LE TECNOLOGIE ALTERNATIVE DI TRATTAMENTO DEI RIFIUTI

La possibilità di trattamento delle varie frazioni di cui i rifiuti sono composti è sotto rappresentato.<sup>19</sup>

Come già detto la fase più critica del ciclo di trattamento dei rifiuti risulta essere quella di termovalorizzazione, in quanto non idonea, almeno nelle soluzioni tecniche convenzionali, ad utilizzare un rifiuto scarsamente selezionato, anche se teoricamente può dare un buon risultato in termini di valorizzazione.

Frazione	Composizione (% p)	Riciclo	Compost (TMB)	Combustione (TT)	Discarica
Carta e cartone	24,0	Si	Si ?	Si	Si
Organico / Verde	31,0	--	Si	Si	Si
Plastiche	13,0	Si?	--	Si	Si
Vetro	7,0	Si	--	--	Si
Metalli	3,0	Si	--	--	Si
Legno	4,6	Si	Si?	Si	Si
Tessili	1,6	Si?	--	Si	Si
Vari combustibili	0,8	--	--	Si	Si
Vari inerti	2,0	--	--	--	Si
Sottovaglio	13,0	--	--	Si <sup>(1)</sup>	Si
<b>TOTALE</b>	<b>100,0</b>	<b>53,2</b>	<b>59,6</b>	<b>81,5</b>	<b>100,0</b>

(1) Parzialmente (50%)

 teorico

 effettivo

A fronte di questa problematica strategica si sono sviluppate negli ultimi anni, in molte parti del mondo, alcune soluzioni tecniche di chiusura del ciclo con valorizzazione energetica in grado di:

- 1) Aumentare la flessibilità di trattamento del rifiuto (variazioni quali quantitative);
- 2) Ridurre la lunghezza complessiva del ciclo di trattamento.

Infatti una superiore flessibilità di trattamento ha come risultato una minore criticità della fase di raccolta differenziata, con la possibilità di effettuarla seguendo le norme ma anche i criteri della convenienza economica e dell'effettiva richiesta di mercato per alcune delle materie riciclabili.

Inoltre, la fase di produzione del CDR risulta molto semplificata, perché quanto ottenuto potrà essere molto meno selezionato e prevedere la presenza di materiali diversi, come la frazione umida ed eventualmente piccole percentuali di metalli.

La fase di preparazione del "CDR"<sup>20</sup> può ridursi ad una mera triturazione del rifiuto che attualmente è conferito al Centro Regionale di Trattamento di Brissogne, alla riduzione della propria umidità e

<sup>19</sup> Fonte delle tabelle: Enea – Pasquale De Stefanis. Cfr. bibliografia

<sup>20</sup> il termine "CDR" è inserito tra virgolette in quanto non sarebbe esatto definirlo tale sulla base delle definizioni riportate nella Parte prima del Documento Finale. Cfr. paragrafo 1.1. – *Caratteristiche tecniche del CDR-Q* e sulla base delle definizioni date nel glossario (riportato nell'ultimo paragrafo di questo documento)

all'allontanamento delle frazioni inerti più facilmente rimovibili, con la peculiarità di eliminare, nei fatti, il processo di produzione di CDR di qualità ed i relativi impianti, oltre ad un'eventuale azione di stabilizzazione (realizzabile con diversi sistemi) nel caso di stoccaggio del rifiuto prima del trattamento. Il pretrattamento è nei fatti più o meno spinto in funzione dell'impianto finale di destinazione e della tecnologia che utilizza il combustibile da rifiuto.

La possibilità di trattare la frazione umida anche in notevoli percentuali consentirebbe di eliminare anche la fase di digestione anaerobica o di compostaggio aerobico, in quanto il contenuto organico associato al rifiuto può essere ugualmente recuperato per via diretta ed in modo più rapido ed economico.

Tale aspetto assume una importanza notevole anche in virtù del costo evitato degli impianti suddetti, per la già citata difficile accettazione dei sistemi da parte delle popolazioni e per la difficile collocabilità del compost nel mondo agricolo, con il risultato di destinare comunque a discarica come sottoprodotto della produzione di CDR il 30-35% del rifiuto iniziale.

Per tutte le suddette ragioni, fermo restando gli obiettivi di legge e della Direttiva Comunitaria riguardo il raggiungimento delle percentuali di raccolta differenziata, è possibile rinunciare ad una fase di raccolta differenziata spinta e sfruttare anche la frazione organica come un vero e proprio combustibile, seppur di peggiori caratteristiche caloriche rispetto al CDR di qualità.

La possibilità di poter elaborare i rifiuti tal quale a monte della Raccolta Differenziata attualmente effettuata, nel rispetto delle Leggi vigenti in termini di inquinamento ambientale, deriva dalla intrinseca robustezza del processo termochimico utilizzato da alcuni di questi sistemi; tale flessibilità li renderebbe estremamente promettenti per altre diverse applicazioni, in quanto essi si candiderebbero anche per lo smaltimento di rifiuti di differente natura, quali ad esempio:

- o Biomasse non selezionate;
- o Fanghi (anche industriali);
- o Rifiuti ospedalieri;
- o Residui da rottamazione autoveicoli (Fluff).

Tali voci, normalmente da non considerare nel caso di tecnologie convenzionali di combustione diretta, possono in questi casi essere debitamente trattate, rappresentando una fetta di mercato di notevole importanza, oltre che essere un problema comunque da affrontare e risolvere in termini ambientali nel prossimo futuro.

C'è da aggiungere che un ulteriore obiettivo alla portata di tali sistemi non convenzionali consiste nel privare i materiali riciclabili da tutti i composti organici ad essi congiunti durante la stessa fase di trattamento termico, migliorando il bilancio energetico ed effettuando una separazione altrimenti non facilmente realizzabile; è il caso dei succitati materiali cosiddetti poliaccoppiati, i quali risultano difficilmente separabili e pertanto effettivamente riutilizzabili.

Un altro notevole vantaggio per alcuni dei sistemi non convenzionali risiede nella minore taglia minima di realizzazione; infatti la maggiore sensibilità rispetto alla composizione del rifiuto ed alle emissioni inquinanti da parte degli impianti convenzionali di termovalorizzazione comporta l'adozione di sistemi di trattamento dei fumi allo scarico particolarmente onerosi, che li rendono applicabili in modo conveniente solo al di sopra di una certa taglia di capacità di smaltimento, normalmente ben superiore alle 10 ton/ora.

Ciò comporta inevitabilmente la nascita di impianti di notevoli dimensioni, che trovano un totale rifiuto da parte delle comunità locali; tale evidenza tecnica ha reso l'inserimento dei sistemi di termovalorizzazione ancor più difficile nel tessuto sociale, per cui risulta estremamente complicato il quadro generale che ne deriva.

Alla luce di quanto asserito, gli impianti non convenzionali di trattamento a caldo sono anche caratterizzati da alcuni esclusivi vantaggi competitivi, mirati al superamento del difficile rapporto con la popolazione locale; questi possono essere così elencati:

- 1) Notevole flessibilità di utilizzo rispetto al trattamento di rifiuti scarsamente differenziati;
- 2) Emissioni inquinanti migliori delle BAT (Best Available Technology);
- 3) Ridotti tempi di costruzione, messa in opera ed avviamento;
- 4) Notevole riduzione delle scorie conferite in discarica;
- 5) Contenuta potenzialità di smaltimento dell'impianto al fine di limitare il bacino di raccolta del rifiuto conseguendo lo smaltimento in loco, con la contemporanea riduzione dei costi e dell'inquinamento indotti dal trasporto.
- 6) Costi specifici per tonnellata oraria di rifiuto trattato competitivi con le BAT, sia rispetto alla realizzazione materiale dell'impianto, sia rispetto ai costi di conduzione;
- 7) Consumi energetici compatibili con l'attuale disponibilità del mercato dell'energia elettrica;
- 8) Ridotto impatto ambientale per quanto concerne le dimensioni dell'impianto al fine di ottenere l'accettazione da parte della popolazioni locali.

Tale specifiche esigenze trovano un riscontro anche in molti Paesi con situazioni relative allo smaltimento dei rifiuti (non solo urbani) simili a quelle italiane e nostre locali, laddove bisogna introdurre delle soluzioni per migliorare la convivenza di insediamenti urbani e sistemi di termodistruzione.

### 3 - CARATTERISTICHE ENERGETICHE DEI RIFIUTI

Per meglio comprendere i dati raccolti nelle schede riportate nell'*Allegato 1.1. bis "Schede descrittive delle tecnologie individuate – tecnologie di pirolisi e gassificazione"* a questo Documento, di seguito sono indicati i contenuti percentuali di alcuni elementi contenuti nelle varie frazioni di cui sono composti i rifiuti e i valori dei poteri caloriferi superiori ed inferiori dei singoli componenti del rifiuto, al fine di dare ulteriori informazioni riguardanti il peso energetico relativo di ciascuno dei componenti; appare chiaro che dal punto di vista energetico la parte definibile come organica appaia come non trascurabile.

Per quanto concerne la composizione media chimica del Rifiuto Tal Quale viene qui fornita una tabella di riferimento; questa non può comunque ritenersi esaustiva a causa della notevole variabilità del rifiuto a seconda del luogo di provenienza.

	Composition [wt%]	C [wt%]	O [wt%]	H [wt%]	N [wt%]	S [wt%]	Cl [wt%]	Ash [wt%]	Moisture [wt%]	HHV [MJ/kg]	LHV [MJ/kg]
<b>MSW</b>	100	37.53	26.85	4.98	0.96	0.24	0.79	28.6	24.8	15.6	10.2
<b>Paper / Cardboard</b>	33.1	43.11	40.26	5.89	0.2	0.24	0.3	10	10	17.6	14.3
<b>Plastics</b>	6.5	72.89	10.63	10.11	1.1	0.39	3.88	1	10	36.3	28.2
<b>Metal</b>	3.7	-	-	-	-	-	-	100	0	0	0
<b>Glass</b>	6.4	-	-	-	-	-	-	100	0	0	0
<b>Organic Waste</b>	24.4	49	36.41	6.33	2.4	0.23	0.63	5	70	20.7	3.9
<b>Other combustibles</b>	12.6	52.14	31.34	6.57	2	0.66	2.29	5	30	22.6	13.3
<b>Remaining fraction</b>	13.3	-	-	-	-	-	-	100	0	0	0

D'altro canto i sistemi di smaltimento considerati fanno riferimento ognuno alle composizioni di rifiuto RSU riconosciute nei rispettivi Paesi di appartenenza delle Case costruttrici, le quali, come detto, risultano spesso molto differenti tra di loro; ciò crea dei notevoli problemi in termini di possibilità di diretto confronto tra i vari sistemi, non solo in termini di efficienza termodinamica del processo, ma anche in termini di emissioni inquinanti allo scarico, in quanto non tutti gli impianti mostrano la stessa possibilità di trattamento, essendo alcuni meno flessibili di altri.

Nella Tabella sottostante sono riportate, a titolo di esempio, le caratteristiche medie degli RSU di alcuni Paesi, sottolineando che si tratta di dati che difficilmente potranno essere estesi alla nostra particolare situazione, in quanto il rifiuto medio della nostra Regione risulta avere una composizione media poco stabile e controllabile data la variabilità in termini di qualità e quantità di rifiuti prodotti nel corso dell'anno determinata dai flussi turistici e dalle variabilità stagionali.<sup>21</sup>

<sup>21</sup> si ritiene necessario approfondire ulteriormente tale aspetto, eseguendo ulteriori indagini di composizione merceologica del rifiuto.

Category	Canada '92 figures [wt%]	Finland '98/'99 figures [wt%]	Japan '93 figures* [wt%]	Netherlands '96 figures** [wt%]	Norway '96 figures** [wt%]	Sweden '97 figures** [wt%]	UK '95/'96 figures [wt%]	Australia '93 figures* [wt%]
Paper	21.9	16 ***	46	33	33	32	37	22
Packaging composites	-	1.9	-	-	-	-	-	-
Glass	5.8	9.2	7	7.5	3.6	6	9	9
Metals	3.4	3.2	8	3.5	4.6	3	6	5
Plastics	9	5.4	9	6	8.2	6	10	7
Textiles	-	2	-	-	-	2	1	-
Minerals	-	2	-	-	-	-	-	-
Composites	-	1.1	-	-	-	-	-	-
Nappies	-	2.8	-	-	4.2	6	-	-
Fines / medium grade	-	26.1	-	-	-	-	7	-
Organics (food)	49.5	29.9	26	41	27.9	-	21	50
Misc. Combustibles	-	-	-	-	-	38	7	-
Inorganics	2	-	-	-	-	-	2	-
Hazardous	-	0,4	-	-	-	1	-	-
Wood	-	-	-	1,5	-	-	-	-
Laminates	-	-	-	-	-	3	-	-
Other	8,4	-	12	7,5	11	3	-	8
Sum	100	100	108	100	92,5	100	100	101

\* Figures from worldbank.com

\*\* household waste only

\*\*\* paper and cardboard

La composizione media del rifiuto indifferenziato della nostra Regione per il 2011, quale quella stimata dallo Studio redatto dall'ing. Ziviani e dal Prof. Genon nel febbraio 2009, è sotto riportata.

COMPOSIZIONE MERCEOLOGICA NEL RIFIUTO INDIFFERENZIATO	Composizione merceologica media (2005-2008)	Composizione merceologica stimata (2011)
<i>Sostanze organiche e varie</i>	20,11%	25,53%
<i>Materiale cellulosico</i>	25,34%	16,81%
<i>Materiale plastico</i>	27,98%	29,18%
<i>Metalli</i>	4,19%	2,43%
<i>Inerti</i>	6,27%	3,47%
<i>Sottovaglio</i>	16,13%	22,58%
<b>TOTALE</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>

Le stime di evoluzione dei dati di qualità merceologica e di produzione dei rifiuti nella nostra Regione nel periodo 2008 – 2011, sono riportati nella Tabella sottostante, tratta Studio redatto dall'ing. Ziviani e dal Prof. Genon nel febbraio 2009.

		2008	2009	2010	2011
Obiettivi D.Lgs. 152/06			% RD 50%		% RD 60%
Rifiuti Urbani Indifferenziati [t]		41.967			
Ingombranti [t]		2.982			
<b>RSU + ingombranti [t]</b>		<b>44.949</b>			<b>39.638</b>
Valorizzabili [t]		29.416			39.638
<b>Totale rifiuti urbani (senza pneumatici, spazzamento, pile e farmaci) [t]</b>		<b>74.366</b>			<b>79.276</b>
<u>% valorizzazione</u>		<u>39,6%</u>			<u>50,0%</u>
	Comp. merceolog.				Comp. merceolog.
Rifiuto organico [t]	20,1%	9.035			25,5%
Materiale celluloso [t]	25,3%	11.372			16,8%
<b>Totale [t]</b>		<b>20.407</b>			<b>16.785</b>
Abitanti residenti		126.871	127.611	128.351	129.091
Turisti medi		41.606	41.606	41.606	41.606
Produzione pro-capite annua di organico + mat. celluloso [kg/ab anno]		<b>121,1</b>			<b>98,3</b>

## 4 - LE TECNOLOGIE ALTERNATIVE ALLA COMBUSTIONE DIRETTA

Sono stati presi in esame alcuni processi e tecnologie che si stanno affacciando sul mercato del trattamento termico dei rifiuti, proposti come soluzioni alternative alla loro combustione diretta di tipo convenzionale.

Esse sono state sviluppate a livello di impianto pilota o dimostrativo, anche se per alcune di esse, quali la gassificazione e la pirolisi, sono da anni operativi esempi di installazioni industriali.

Il termine gassificazione comprende i processi di conversione di qualsiasi combustibile carbonioso in un prodotto gassoso con potere calorifico utilizzabile.

La gassificazione di materiali solidi e liquidi a base carboniosa è nota da quasi duecento anni ed è stata ampiamente impiegata per la produzione di gas di città nell'ultima parte del XIX e del XX secolo e comunque quasi esclusivamente su matrici omogenee di materiali anche quando riferiti a scarto (legname, amianto ecc). Solo negli ultimi anni si è assistito all'attivazione di numerosi impianti pilota, ed in Giappone in particolare sono stati realizzati alcuni impianti che trattano rifiuti solidi urbani.

Al di là di risultati anche significativi, le tecnologie in oggetto non sempre e non tutte risultano sufficientemente affidabili ad operare su matrici eterogenee come quelle rappresentate dai rifiuti.<sup>22</sup>

Le tecnologie alternative disponibili oggi commercialmente possono essere ricondotte a tre, che sono rispettivamente:

- 1) **Gassificazione;**
- 2) **Pirolisi;**
- 3) **Trattamento ad arco plasma.**

Per ragioni di chiarezza e per evidenziare le varie differenze che intercorrono tra i vari tipi di impianto si vuole comunque richiamare il principio di funzionamento relativo al sistema di **combustione diretta (incenerimento)**, che viene normalmente effettuata in grandi volumi (forni), con il rifiuto che viene movimentato mediante griglie mobili o all'interno di tamburi rotanti. In tal caso si assiste ad una prima fase di parziale combustione che si completa, di solito, in un secondo stadio mediante l'aggiunta ulteriore di comburente, per un eccesso d'aria complessivo che solitamente supera del doppio il valore medio stechiometrico. Esiste una ulteriore tecnologia di trattamento, ma meno utilizzata a causa dei maggiori costi, che è quella cosiddetta a letto fluido, nella quale il rifiuto, opportunamente pretrattato, reagisce con flussi d'aria in un reattore e viene dalla stessa mantenuto in sospensione fino all'avvenuto incenerimento.

---

<sup>22</sup> Seppur con diversi livelli di sviluppo, ai fini della definizione di BAT al punto K.1 delle Linee guida di cui al Decreto 29 gennaio 2007, nessuna di queste tecnologie ha ancora fornito tutti gli elementi (di carattere tecnico, ambientale ed economico) necessari per una loro corretta ed esaustiva valutazione.

Esse potranno costituire in un futuro più o meno prossimo una valida alternativa all'incenerimento tradizionale, per lo meno per il trattamento di specifiche tipologie di rifiuti.

Ciò non toglie che la loro applicazione non possa essere sin d'ora presa in considerazione, se non altro ai fini di una verifica della ricettività del mercato nei loro confronti, nonché dell'acquisizione di una serie di dati significativi, attraverso i quali effettuare una realistica valutazione della loro applicabilità come BAT.

Cfr. punto G.1 delle "Linee guida recanti i criteri per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili ex art. 3, comma 2 del decreto legislativo 372/99 – Linee guida relative ad impianti esistenti per le attività rientranti nelle categorie IPCC: 5 Gestione dei rifiuti (Impianti di incenerimento)"

I processi di **pirolisi e gassificazione** dei rifiuti sono da tempo oggetto di studi tecnico-scientifici; queste tecnologie contano già svariate applicazioni soprattutto nei settori della chimica e petrolchimica.

Con pirolisi e gassificazione si intendono processi di conversione in assenza o presenza minima di ossigeno, rivolti alla trasformazione di sostanze solide in prodotti liquidi e gassosi dotati delle caratteristiche di combustibile, mediante l'apporto di calore dall'esterno, per il successivo sfruttamento energetico di tali flussi.

La possibilità di trasformare materiali a base organica, piuttosto disomogenei e difficili da stoccare, in prodotti con buone proprietà combustibili, caratteristiche qualitative costanti e maggiore flessibilità di utilizzo, costituisce il principale motivo di interesse dei recenti tentativi di applicazione dei processi di pirolisi e gassificazione ai rifiuti urbani.

Per quanto concerne la **pirolisi** essa consiste nel riscaldare il rifiuto oltre certe temperature in totale assenza d'aria; la reazione che segue prevede la scomposizione del materiale in sottoprodotti combustibili rispettivamente gassosi, liquidi e solidi. I rapporti relativi tra questi dipendono dalle particolari condizioni vigenti nel reattore; è da sottolineare il fatto che in questa ultima particolare forma di trattamento rifiuto non avviene nessuna combustione, ciò rappresentando un notevole vantaggio.

In linea generale i prodotti gassosi rappresentano dal 15% al 30% in peso del prodotto iniziale, anche il loro potere calorifico aumenta con la temperatura, ed è compreso indicativamente tra 2000 e 3000 kcal/Nm<sup>3</sup> (pari a circa 12.500 kJ/ Nm<sup>3</sup>).

Il residuo liquido ottenibile dalla condensazione della fase vapore rappresenta il 50%-60% in peso del prodotto di partenza; esso contiene notevoli tenori di umidità (sino al 60%-80%) ed è costituito da sostanze organiche complesse (ad esempio idrocarburi condensabili di varia natura).

I residui solidi rappresentano circa il 20%-30% in peso del materiale iniziale ed hanno un potere calorifico compreso mediamente tra 5000 e 6000 kcal/kg (pari a circa 21.000 – 25.000 kJ/kg); essi sono costituiti da sostanze a base carboniosa.

L'apporto termico necessario per far avvenire il processo viene di norma coperto con l'utilizzazione di una parte della portata di gas prodotto. In alternativa al ricorso a processi pirolitici, la conversione in gas combustibile di parte del rifiuto può anche condursi per ossidazione (combustione) parziale in difetto di ossigeno, (ovvero il materiale viene fatto bruciare con un basso tenore di ossigeno); in tal caso il processo prende il nome di gassificazione.

Per quanto concerne la **gassificazione** questa prevede la reazione del rifiuto con una quantità di aria nettamente substechiometrica e che ha come risultato la formazione di gas combustibili. I sistemi normalmente utilizzati sono simili a quelli impiegati per la combustione diretta (anche se con determinate differenze) e risultano essere, anche in questo caso, a griglia mobile, tamburo rotante e a letto fluido.

In linea generale le reazioni di gassificazione, rispetto alla pirolisi, permettono di limitare l'incidenza relativa dei solidi e dei liquidi condensabili rispetto al gas, determinando per quest'ultimo una leggera riduzione nel suo potere calorifico, ottenendo più gas dalla stessa sostanza di partenza.

Nella gassificazione, inoltre, il calore necessario al processo viene fornito, totalmente o parzialmente, dalle reazioni di combustione parziale che riducono le esigenze di apporti termici dall'esterno.

Le soluzioni sperimentate sono generalmente orientate alla produzione di un combustibile in fase gassosa, sia tramite gassificazione diretta, sia attraverso una prima fase di pirolisi seguita da gassificazione o combustione dei residui prodotti.

In pratica i due sistemi analizzati si propongono di realizzare una combustione successiva ai trattamenti di pirolisi o gassificazione di un flusso, quello gassoso, altamente energetico e di più facile gestione.

Lo sfruttamento energetico del gas prodotto avviene secondo due alternative principali:

- la prima è mirata alla valorizzazione energetica diretta del gas così come deriva dalla trasformazione (o dopo trattamenti non particolarmente spinti),
- la seconda che prevede la depurazione completa del gas per il suo utilizzo in installazioni quali motori a scoppio, turbine a gas, ecc.

L'interesse ad un'estensione del loro utilizzo nel settore della termovalorizzazione dei rifiuti è determinato essenzialmente dalle possibilità che essi offrono in termini di:

- *maggiori rese di recupero del contenuto energetico del rifiuto,*
- *diminuzione delle portate di gas da sottoporre a trattamenti depurativi (in quanto il gas stesso diventa il flusso da sfruttare energeticamente),*
- *possibilità di riutilizzo dei residui solidi prodotti dal processo (scorie e ceneri volanti).*

Dal punto di vista delle *temperature in gioco* e dell'*energia necessaria* per fare avvenire la trasformazione dei rifiuti, si possono dare le seguenti indicazioni.

La **pirolisi, o distillazione secca**, consiste nella decomposizione termica non ossidativa, cioè senza apporto di ossigeno, tranne quello già eventualmente presente nel rifiuto.

Il processo avviene nel campo di temperature 400 – 800°C, e le molecole delle sostanze organiche vengono trasformate in elementi più semplici. I prodotti della reazione sono:

- idrocarburi solidi ("Char"): 20 – 30% in peso del materiale iniziale, a base carboniosa;
- liquidi: 50 – 60% in peso, con sostanze organiche quali alcoli, chetoni, idrocarburi condensabili;
- gassosi ("gas di pirolisi"): 15 – 30% in peso, costituito prevalentemente da idrogeno, monossido di carbonio, anidride carbonica, idrocarburi leggeri

Il controllo della rapidità del processo permette di massimizzare nella reazione la formazione delle frazioni più leggere (liquidi e gas; pirolisi veloce, a temperature più elevate) o pesanti (char e liquidi: pirolisi lenta)

La pirolisi è un processo che complessivamente richiede l'apporto di calore dall'esterno; tale energia è ottenibile per combustione di parte del gas di pirolisi.

La **gassificazione** consiste nell'ossidazione parziale (cioè con quantità d'aria inferiore a quella stechiometrica) di un materiale liquido o solido, a temperature di 800 – 1100°C, che viene trasformato in:

- un gas ("gas derivato" o "syngas"), con eventuali frazioni condensabili a temperatura ambiente ("TAR"); è la frazione più cospicua della reazione, ed è costituita da ossido di carbonio, anidride carbonica, idrogeno, metano, acqua, ed eventuali idrocarburi;
- un residuo solido ("char") costituito dalla frazione inerte del materiale trattato, più eventuali parti organiche non convertite; ha struttura non lisciviabile, quindi rispetta le normative per il reimpiego

Il processo di gassificazione richiede calore, fornito completamente o parzialmente dall'ossidazione parziale che si svolge all'interno dell'ambiente di reazione.

A differenza dei processi di combustione diretta, nei quali si ricerca l'utilizzo immediato dell'energia termica, nella gassificazione l'attenzione è focalizzata nella trasformazione del rifiuto in combustibile gassoso.

Le tipologie di reattori utilizzati sia per la pirolisi che per la gassificazione sono principalmente:

- a letto fisso,
- a letto mobile,
- a letto fluido,
- a tamburo rotante.

Lo smaltimento dei rifiuti tramite pirolisi o gassificazione risulta economicamente e ambientalmente interessante nel caso di rifiuti omogenei (es: rifiuti agricoli e forestali).

Per il trattamento di rifiuti urbani, e alcune tipologie di rifiuti industriali, sono state sviluppate tecnologie complesse che combinano due o più processi (combustione, pirolisi, gassificazione, vetrificazione).

In tal modo si possono privilegiare obiettivi differenti, in base alla condizione specifica, ad esempio:

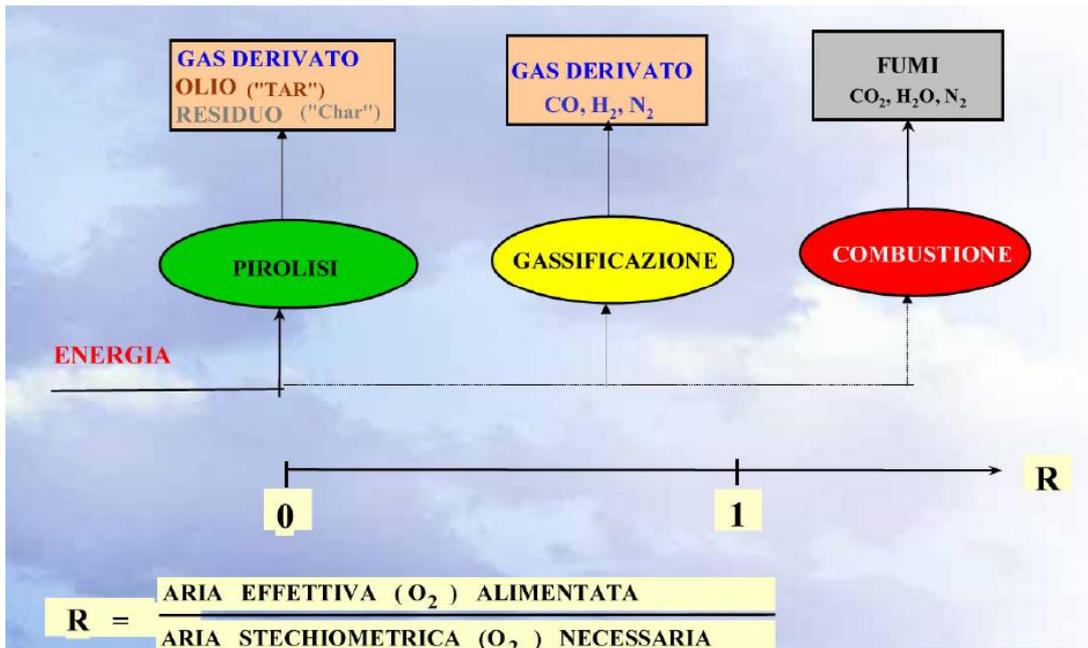
- la valorizzazione energetica,
- o l'ottenimento di materiale inerte riutilizzabile,
- o il recupero del gas.

L'impiego del gas prodotto nei processi di pirolisi o gassificazione può essere di tipo:

- termico: combustione diretta in caldaie, dopo depurazione non spinta
- elettrico: utilizzo in unità di generazione elettrica (turbina, motore a combustione interna..), dopo trattamenti di depurazione più complessi, per la presenza di particelle solide, gas acidi e alcalini, frazioni condensabili
- chimico: come materia prima per sintesi chimiche.

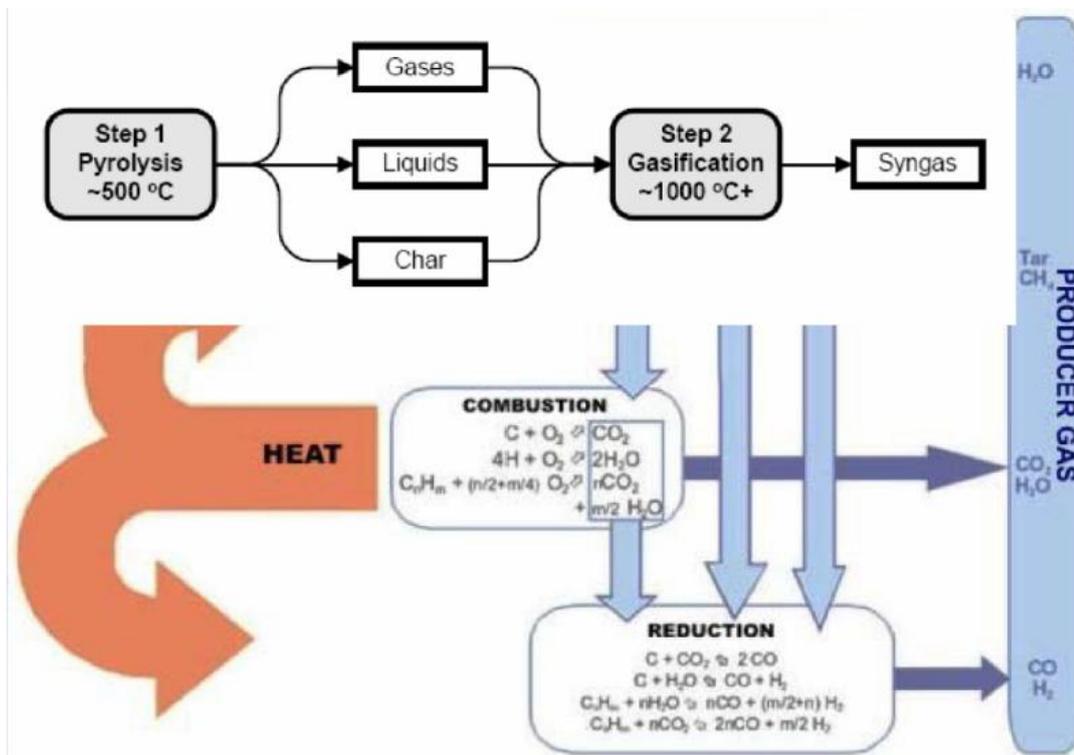
Per quanto concerne i sistemi di trattamento al **plasma**, esistono due tipologie di configurazione in funzione del tipo di torcia al plasma utilizzata. In generale nel trattamento al plasma i rifiuti introdotti nel reattore subiscono una efficiente decomposizione termica grazie alle elevate temperature che localmente possono raggiungere 4000-5000°C. Durante il trattamento si assiste alla gassificazione in atmosfera riducente di tutto il materiale organico con formazione di gas combustibile e fusione delle componenti inorganiche eventualmente presenti nel rifiuto, oltre alla formazione di un sottoprodotto vetrificato inerte utilizzabile per vari usi.

Grazie a tale sistema è possibile trattare sia rifiuti pre-selezionati derivanti da rifiuti solidi urbani sia sostanze pericolose altrimenti non trasformabili con nessuna delle tecnologie prima viste.



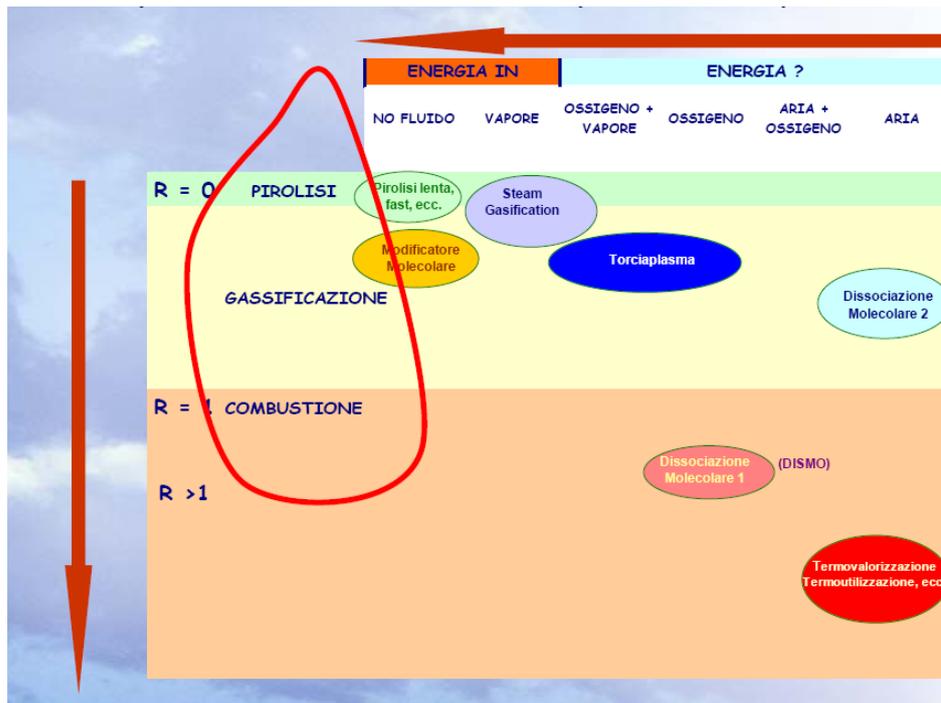
**Tabella - prodotti e apporto di ossigeno (aria)**

Fonte: ENEA



**Tabella - prodotti, temperature e sistemi**

Fonte: ENEA



**Tabella** - sistema, apporto di aria, energie in gioco

Fonte: ENEA

#### 4. 1 - CARATTERISTICHE E DIFFERENZE DEI VARI SISTEMI

Nella tabella che segue si riportano schematicamente le principali caratteristiche e differenze fra i processi "caldi": combustione (incenerimento), gassificazione e pirolisi, cui si fa anche riferimento nelle "Linee guida recanti i criteri per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili ex art. 3, comma 2 del decreto legislativo 372/99 – Linee guida relative ad impianti esistenti per le attività rientranti nelle categorie IPCC: 5 Gestione dei rifiuti (Impianti di incenerimento)".

	COMBUSTIONE	GASSIFICAZIONE	PIROLISI
<b>Scopo del processo</b>			
	Massimizzare la conversione del rifiuto a CO <sub>2</sub> e H <sub>2</sub> O (produrre gas effluenti ad alta temperatura)	Massimizzare la conversione del rifiuto a CO e H <sub>2</sub> (produrre gas combustibile ad alto potere calorifico)	Massimizzare la conversione del rifiuto tramite degradazione termica a gas (idrocarburi) e oli
<b>Condizioni di esercizio</b>			
Ambiente di reazione	Ambiente fortemente ossidante (elevati eccessi d'aria)	Ambiente riducente (quantità di ossigeno inferiore a quella stechiometrica)	Assenza di ossigeno
Temperatura	Più bassa (minore del punto di fusione delle ceneri)	Generalmente superiore agli 800 °C (maggiore del punto di fusione delle ceneri)	Comprese tra i 500 °C e gli 800 °C (minore del punto di fusione delle ceneri)
Pressione	Generalmente atmosferica	Generalmente atmosferica ma può essere anche elevata	Leggera sovrappressione
Gas reagente	Aria	Aria, ossigeno, anidride carbonica, vapor d'acqua	Nessuno (si usa azoto o parte del gas prodotto)
<b>Output del processo</b>			
Gas prodotti	CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O	CO, H <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, CH <sub>4</sub>	CO, H <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> e in genere C <sub>n</sub> H <sub>m</sub> con n>5
Inquinanti	SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , HCl	H <sub>2</sub> S, HCl, NH <sub>3</sub> , HCN, tar	H <sub>2</sub> S, HCl, NH <sub>3</sub> , HCN, tar
Stato delle ceneri	Spesso secche (materiale minerale convertito a ceneri di fondo e ceneri volanti)	Spesso vetrose (materiale minerale convertito a scorie vetrose) e particolato fine devolatilizzato	Spesso con contenuto di carbonio non trascurabile
<b>Trattamento dei gas</b>			
	A pressione	Anche ad alta pressione	A pressione atmosferica
	Gas effluenti trattati e poi emessi in atmosfera	Gas di sintesi trattati e poi usati per produzione di chemicals o di energia (con successiva emissione in atmosfera)	Gas trattati e poi usati per produzione di chemicals o di energia (con successiva emissione in atmosfera)
	Zolfo convertito ad anidridi ed emesso in atmosfera	Recupero dello zolfo come sotto prodotto vendibile in varie forme	

**Tabella** – principali differenze fra tecnologie di combustione, gassificazione e pirolisi

## 4. 2 - LE TECNOLOGIE BASATE SU PROCESSI COMBINATI<sup>23</sup>

I trattamenti termici di rifiuti basati su un singolo stadio di gassificazione o pirolisi, come già affermato, ben si adattano al trattamento di rifiuti piuttosto omogenei quali quelli costituiti da rifiuti agricoli e forestali, che presentano limitate variazioni delle loro caratteristiche chimico-fisiche. In questo caso essi riescono a garantire, oltre alla compatibilità ambientale, anche interessanti risvolti economici in termini di costi di investimento e di esercizio.

Sono state tuttavia sviluppate alcune tecnologie più complesse, che impiegano la combinazione di due o più processi di trattamento termico, in grado di trattare rifiuti (e anche miscele di rifiuti) aventi caratteristiche meno omogenee e variabili nel tempo, quali, ad esempio i Rifiuti Urbani ed alcune tipologie di rifiuti industriali.

L'adozione di processi combinati può scaturire dall'esigenza di conseguire particolari obiettivi di trattamento, molto spesso legati alla volontà del proponente di accedere a specifici segmenti di mercato ovvero alla necessità di fare fronte a precisi vincoli o prescrizioni, soprattutto di carattere ambientale, che possono essere presenti a livello locale (ad esempio, come nel caso della nostra Regione: limitate superfici disponibili, basse quantità di rifiuti da trattare, indisponibilità di discariche di servizio e quindi necessità di minimizzare le quantità di residui prodotti dal trattamento, eventuale disponibilità di processi ad utilizzare il gas di sintesi in loco ecc...).

Nella tabella sottostante sono sinteticamente riportate le possibili combinazioni di processi attualmente proposte.

La combinazione di diversi processi, oltre che da un'esigenza commerciale di "personalizzare" la propria tecnologia, deriva principalmente da differenti obiettivi che si vogliono conseguire, in funzione anche della situazione locale nella quale l'impianto sarà installato.

Così, ad esempio, trattamenti che prevedono solo uno stadio secondario di combustione sono finalizzati alla massimizzazione del recupero evitando la necessità di trattare preventivamente il gas prima del suo impiego finale.

Processi invece che abbinano la pirolisi e la gassificazione tendono a massimizzare il recupero del gas derivato, che tuttavia necessita di trattamenti di depurazione preventiva prima del suo impiego come combustibile in installazioni di recupero energetico non convenzionali (turbogas, motori alternativi, cicli combinati ad alta efficienza) ovvero come materia prima secondaria per l'industria chimica.

### **Tabella - Tecnologie basate su processi combinati**

---

Pirolisi + gassificazione

---

Pirolisi + combustione

---

Gassificazione + combustione

---

Pirolisi + gassificazione + combustione

---

Gassificazione + vetrificazione

---

Pirolisi + vetrificazione

---

Gassificazione + combustione + vetrificazione

---

Trattamenti infine che prevedono uno stadio di vetrificazione dei residui solidi mirano ad ottenere un prodotto stabile, creando le condizioni di un suo potenziale riutilizzo, a scapito della quantità netta di energia elettrica e/o termica potenzialmente recuperabile.

---

<sup>23</sup> Fonte: Linee Guida - Decreto 29 gennaio 2007 -

### 4. 3 - TENDENZE IN EUROPA E NEL MONDO

La pirolisi e la gassificazione (anche in combinazione fra loro), come già detto contano da tempo svariate applicazioni in campo industriale, soprattutto nei settori della chimica e della petrolchimica e, in misura minore, nella produzione di energia elettrica e/o termica a partire da colture e scarti di biomasse.

A differenza dell'incenerimento, basato sulla combustione diretta e l'utilizzo del calore sensibile dei fumi per produrre vapore da utilizzare in un ciclo termico per la produzione di energia elettrica (soluzione non ottimale in termini energetico-ambientali, ma di gran lunga la più adottata anche per la presenza di incentivi), tali processi possono dare luogo a prodotti derivati costituiti principalmente da un gas (e da una frazione liquida e/o solida nel caso della pirolisi), da destinare alla produzione di energia in loco o essere impiegati per ottenere combustibili o materie prime per l'industria chimica.

L'interesse relativamente recente verso un'estensione del loro impiego al settore del trattamento termico dei rifiuti è determinato essenzialmente da una serie di potenziali vantaggi in termini di :

- maggiore recupero del contenuto energetico dei rifiuti,
- riduzione delle portate di effluenti gassosi da sottoporre a trattamenti depurativi, (in quanto il gas stesso diventa il flusso da sfruttare energeticamente),
- miglioramento delle caratteristiche di inertizzazione dei residui solidi,
- possibilità di riutilizzo dei residui solidi prodotti dal processo (scorie e ceneri volanti) in impianti industriali (ad esempio le scorie nei cementifici)
- possibilità di conseguire la convenienza economica per taglie di impianto più ridotte, con conseguente migliore integrazione con lo sviluppo della piccola e media impresa a livello locale.

A questi potenziali vantaggi fanno riscontro alcuni aspetti, principalmente di carattere tecnico-economico, che ne hanno frenato a tutt'oggi l'applicazione su vasta scala quali:

- i problemi di carattere tecnico tuttora irrisolti, (scale-up degli impianti pilota alla taglia commerciale, tecniche e sistemi di pretrattamento e alimentazione del rifiuto, di depurazione spinta del gas prodotto, di conversione dello stesso in energia elettrica tramite soluzioni impiantistiche a elevata efficienza),
- le incertezze di tipo economico legate alla definizione dei costi di trattamento (a causa della limitata esperienza acquisita nell'esercizio di impianti industriali),
- la necessità di mettere in atto ulteriori programmi di ricerca, sviluppo e dimostrazione.

In tema di trattamenti termici innovativi si assiste periodicamente alla proposizione di tecnologie, molto spesso caratterizzate da nomi altisonanti (inclusa quella del plasma), che sotto l'aspetto tecnico sono sempre riconducibili a processi di pirolisi, gassificazione e combustione (anche in combinazione fra di loro), magari con utilizzo di aria arricchita o ossigeno puro.

Per applicazioni finalizzate al recupero energetico di rifiuti, soprattutto quelli di origine urbana, solo la gassificazione può essere ritenuta attualmente competitiva con l'incenerimento. Il suo impiego è poco diffuso in Europa, dove le esperienze relative all'esercizio di impianti commerciali nel corso degli anni

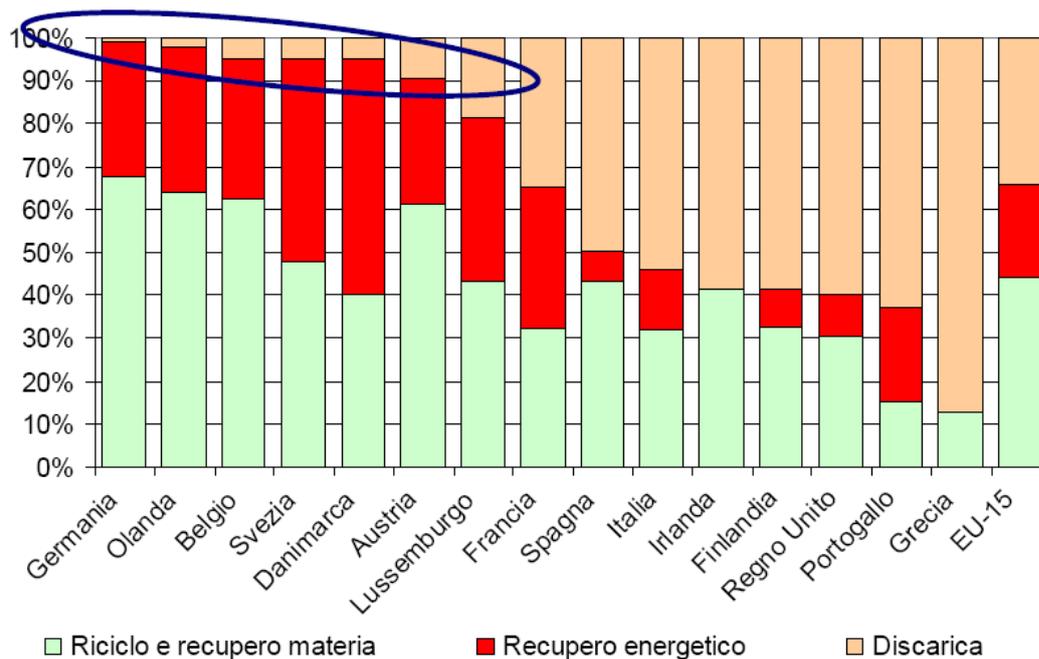
'90 hanno fornito risultati deludenti, ma è abbastanza diffusa in Giappone dove sono presenti numerosi impianti su scala industriale già operativi da anni, in misura minoritaria, accanto all'incenerimento.

Va comunque evidenziato che la stragrande maggioranza degli impianti di gassificazione attualmente operativi si configurano sostanzialmente come inceneritori a due stadi: il gas grezzo prodotto dal processo viene immediatamente combusto in loco per produrre energia elettrica e/o calore tramite un ciclo termico di tipo convenzionale.

In linea con l'indirizzo europeo ribadito di recente dalla direttiva 2008/98/CE in tema di gerarchia di gestione dei rifiuti, le attività di Ricerca e Sviluppo si vanno sempre più orientando verso applicazioni finalizzate principalmente alla valorizzazione dei rifiuti piuttosto che allo smaltimento, in un panorama in cui il depauperamento delle risorse e la crisi economica si configurano come fattori limitanti dai quali non è possibile prescindere.

In questo contesto anche i trattamenti termici possono essere visti come un punto di partenza soprattutto se vanno oltre il recupero energetico diretto e mirano allo sviluppo di una "chimica del recupero" finalizzata all'ottenimento di materie prime e combustibili di seconda generazione.

Nel 2006 la situazione di gestione dei rifiuti nella comunità europea era la seguente:



**Figura - Gestione dei rifiuti nella UE – 15 (anno 2006)**  
Elaborazione ENEA su Fonte Eurostat

In Europa le apparecchiature di Trattamento Termico di RU si suddividono in 432 impianti e 888 linee (dati aggiornati al 2005).

La distribuzione per numero di linee è di:

- 744 a griglia
- 55 a letto fluido
- 35 a tamburo rotante
- 4 a gassificatore
- 14 di altro tipo
- 36 non ancora dichiarate

La distribuzione per capacità (t/g) è:

- 187.108 a griglia
- 13.124 a letto fluido
- 8.658 a tamburo rotante
- 360 a gassificatore
- 1.457 di altro tipo
- 1.080 non ancora dichiarate

## 4. 4 - IMPIANTI DI GASSIFICAZIONE E PIROLISI IN ITALIA

Nella tabella che segue sono raccolti dati relativi agli impianti di gassificazione e pirolisi in Italia (Anno 2007):

Località	Denominazione	Stato <sup>(1)</sup>	Anno avvio	Sviluppo	Tecnologia	Rifiuti trattati <sup>(2)</sup>	Capacità (t/a)	Potenzialità termica (MWt)
<b>Fondotoce (VB)</b>	<b>Thermoselect</b>	<b>I</b>	<b>1992</b>	<b>Dimostrativo</b>	<b>Pirolisi+Gassific.</b>	<b>RU</b>	<b>32.000</b>	
Villa Santina (UD)	Daneco	I	1992	Pilota	Gass. Statico	RDF, RPM	-	2,0
Sedegliano (UD)	Gesteco	P	2005	Dimostrativo	Pirolisi+Gassific.	RI	25.000	22
Montebelluna (TV)	Montepower	P	2004	Commerciale	Torciaplasma	Fraz. secca/CDR	115.000	
Dueville (VI)	Futuro Ambiente	P	2004	Commerciale	Torciaplasma	CDR, RS	92.000	
Vicenza	Mannesman	?		Dimostrativo	Gassif. Statico	Carbone, CDR		
<b>Legnano (MI)</b>	<b>AMGA</b>	<b>C</b>	<b>2004</b>	<b>Dimostrativo</b>	<b>Gassif. Statico</b>	<b>Scarti-legnosi</b>	<b>0.000</b>	<b>2x2,5</b>
Fornovo S.G. (BG)	RGR Ambiente	O	1998	Pilota	Gassificazione	PFU, CDR, RS	0,4 t/h	
<b>Greve in Chianti (FI)</b>	<b>SAFI</b>	<b>O</b>	<b>1992</b>	<b>Dimostrativo</b>	<b>Gass. Letto-Fluidi</b>	<b>CDR</b>	<b>66.000</b>	<b>2x16</b>
<b>Porto Azzurro (LI)</b>	<b>D.G.L.</b>	<b>I</b>	<b>1998</b>	<b>Dimostrativo</b>	<b>Gass. Statico</b>	<b>CDR</b>	<b>43.000</b>	<b>7,5</b>
Cascina (PI)	Bioelettrica	C	2002	Commerciale	Gass. Letto Fluidi	Biomasse	50.000	31
Roma	Consorzio Malagrotta	P	2003?	Sperimentale	Torciaplasma	CDR	35.000	
Brindisi	Brindisi Power	P	2004?	Commerciale	Torciaplasma	RU trattati	125.000	
Rossano Calabro (CS)	Rossano Energia	C	2002	Commerciale	Gassificazione	Sanse esauste	35.000	21,5
Torregrande (OR)	Sipsa Ecologica	O	1997	Commerciale	Pirolisi	ROS, RS	15.000	2,3
Siniscola (NU)	Sard. Eco Energy	P	2004?	Commerciale	Torciaplasma	RS / RI	50.000	

### Legenda:

(1) O = operativo, I = inattivo, C = in realizzazione/ristrutturazione, P = programmato/in progettazione

(2) RU = rifiuti urbani, CDR (o RDF) = combustibili derivati da rifiuti, PFU = pneumatici fuori uso, RS = rifiuti speciali, ROS = rifiuti di origine sanitaria, RI = rifiuti industriali, FRA = fluff da rottamazione auto, RPM = rifiuti di plastiche miste

Elaborazione ENEA su fonti varie

In Italia le apparecchiature di Trattamento Termico si suddividono in 51 impianti e 97 linee (dati aggiornati al 2008).

La distribuzione per numero di linee è di:

- 79 a griglia
- 14 a letto fluido
- 4 a tamburo rotante

La distribuzione per capacità è:

- 80,7% a griglia
- 17,6% a letto fluido
- 2% a tamburo rotante

#### 4. 5 - UN COMMENTO AUTOREVOLE

Nel Mondo<sup>24</sup> l'83% degli impianti di gassificazione e pirolisi per il trattamento dei Rifiuti solidi urbani è stato fornito da società Giapponesi.

*Seguono Australia e Norvegia (5%), Germana e Regno Unito (2%), Francia e Svezia.*

*Ci sono più di 150 aziende di tutto il mondo che commercializzano sistemi basati sulla pirolisi e gassificazione per il trattamento dei rifiuti. Molti di questi sono ottimizzati per determinati tipi di rifiuti o particolari scale di funzionamento.*

*Ad oggi, circa 10 aziende sono in gara per la gestione del mercato degli RSU.*

*Ci sono più di 100 impianti in esercizio nel mondo<sup>25</sup>, in grado di trattare oltre 4 milioni di tonnellate di rifiuti all'anno.*

*Alcuni impianti (in particolare in Europa e in Giappone ) sono operativi da più di cinque anni. Tuttavia, molti dei sistemi funzionano come impianti pilota. Ancora oggi non è assicurata l'affidabilità dei processi.*

*Vi è una carenza di dati sul reale costo del capitale e dei costi operativi per il "mondo reale": molti progetti sono stati sostenuti da sussidi, mentre, in altri casi, i venditori hanno presentato progetti di impianti di basso prezzo solo per garantirsi un posto sul mercato.*

*Molti studi hanno dimostrato che la gassificazione e la pirolisi possono diventare sistemi commercialmente realizzabili. Ma, per nostra<sup>26</sup> esperienza, i costi del progetto sono, soltanto in rari casi, significativamente inferiori rispetto a quelli delle convenzionali alternative.*

*I singoli progetti devono essere esaminati caso per caso, per determinarne l'economia.*

*Molta attenzione è stata concentrata sul potenziale di queste tecnologie per la gestione dei rifiuti domestici.*

*Ad oggi, ci sono pochi progetti su larga scala in Europa. Sono presenti molti siti commerciali in Giappone. Pertanto, la gassificazione per tecnica e fattibilità economica non può essere definita come pienamente dimostrata. Crescente attenzione sul recupero delle risorse e le energie rinnovabili può rendere i processi più interessanti a medio termine.*

NOTA: A una conclusione simile sono pervenuti i redattori delle Linee Guida Linee guida recanti i criteri per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili ex art. 3, comma 2 del decreto legislativo 372/99 – Linee guida relative ad impianti esistenti per le attività rientranti nelle categorie IPCC: 5 Gestione dei rifiuti (Impianti di incenerimento) – cfr. pag. precedenti di questo documento.

---

<sup>24</sup> Fonte: I dati che seguono sono forniti da Juniper Consultancy Services Ltd –Gasification processes for generating syngas - luglio 2009. Traduzione della consulente.

<sup>25</sup> Cfr. con pagina precedente – dati ENEA 2005

<sup>26</sup> Juniper Consultancy Services Ltd – luglio 2009

## 4.6 - NORMATIVA EUROPEA

La direttiva 76/2000 sull'incenerimento fornisce le definizioni di "impianto di incenerimento" e di quello di "coincenerimento".

La nuova direttiva sui rifiuti 2008/98/CE specifica quando gli impianti di incenerimento dei rifiuti solidi urbani possono essere compresi nelle operazioni di recupero, e ciò avviene "solo se la loro efficienza energetica è uguale o superiore a 0,60 per gli impianti funzionanti e autorizzati in conformità della normativa comunitaria applicabile anteriormente al 1 gennaio 2009; 0,65 per gli impianti autorizzati dopo il 31 dicembre 2008" indicando come deve essere calcolata l'efficienza energetica.<sup>27</sup>

---

<sup>27</sup> DIRETTIVA 2008/98/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 19 novembre 2008 relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive (Testo rilevante ai fini del SEE)

### ALLEGATO II - OPERAZIONI DI RECUPERO

R 1 Utilizzazione principalmente come combustibile o come altro mezzo per produrre energia (\*)

R 3 Riciclaggio/recupero delle sostanze organiche non utilizzate come solventi (comprese le operazioni di compostaggio e altre trasformazioni biologiche) (\*\*)

R 5 Riciclaggio/recupero di altre sostanze inorganiche (\*\*\*)

R 12 Scambio di rifiuti per sottoporli a una delle operazioni indicate da R 1 a R 11 (\*\*\*\*)

R 13 Messa in riserva di rifiuti in attesa di una delle operazioni indicate da R 1 a R 12 (escluso il deposito temporaneo, prima della raccolta, nel luogo in cui i rifiuti sono prodotti) (\*\*\*\*\*)

L 312/24 IT Gazzetta ufficiale dell'Unione europea 22.11.2008

(\*) Gli impianti di incenerimento dei rifiuti solidi urbani sono compresi solo se la loro efficienza energetica è uguale o superiore a:

— 0,60 per gli impianti funzionanti e autorizzati in conformità della normativa comunitaria applicabile anteriormente al 1o gennaio 2009,

— 0,65 per gli impianti autorizzati dopo il 31 dicembre 2008, calcolata con la seguente formula:

$$\text{Efficienza energetica} = (E_p - (E_f + E_i)) / (0,97 \times (E_w + E_f))$$

dove:

$E_p$  = energia annua prodotta sotto forma di energia termica o elettrica. È calcolata moltiplicando l'energia sotto forma di elettricità

per 2,6 e l'energia termica prodotta per uso commerciale per 1,1 (GJ/anno)

$E_f$  = alimentazione annua di energia nel sistema con combustibili che contribuiscono alla produzione di vapore (GJ/anno)

$E_w$  = energia annua contenuta nei rifiuti trattati calcolata in base al potere calorifico netto dei rifiuti (GJ/anno)

$E_i$  = energia annua importata, escluse  $E_w$  ed  $E_f$  (GJ/anno)

0,97 = fattore corrispondente alle perdite di energia dovute alle ceneri pesanti (scorie) e alle radiazioni.

La formula si applica conformemente al documento di riferimento sulle migliori tecniche disponibili per l'incenerimento dei rifiuti.

(\*\*) Sono comprese la gassificazione e la pirolisi che utilizzano i componenti come sostanze chimiche.

(\*\*\*) È compresa la pulizia del suolo risultante in un recupero del suolo e il riciclaggio dei materiali da costruzione inorganici.

(\*\*\*\*) In mancanza di un altro codice R appropriato, può comprendere le operazioni preliminari precedenti al recupero, incluso il pretrattamento come, tra l'altro, la cernita, la frammentazione, la compattazione, la pellettizzazione, l'essiccazione, la triturazione, il condizionamento, il ricondizionamento, la separazione, il raggruppamento prima di una delle operazioni indicate da R 1 a R 11.

(\*\*\*\*\*) Il deposito temporaneo è il deposito preliminare a norma dell'articolo 3, punto 10.

La nuova direttiva sui rifiuti definisce inoltre la gerarchia della gestione dei rifiuti preferendo il recupero di energia al mero incenerimento - forma di smaltimento e operazione residuale della gestione (anche se la nuova disciplina sui rifiuti mantiene la possibilità di smaltire i rifiuti attraverso l'incenerimento senza recupero energetico).<sup>28</sup>

E' evidente che gli impianti di incenerimento e gli impianti di coincenerimento siano soggetti a regole differenti per quanto riguarda le condizioni di esercizio e i valori limite di emissione loro applicabili.

La differenza fondamentale fra i due tipi di impianti (secondo il disposto comunitario) sta nel fatto che un impianto di coincenerimento ha come funzione principale quella di produrre energia o materiali a partire dai rifiuti ossia utilizzarli come combustibile "normale o accessorio" oppure sottoporli a un "trattamento termico a fini di smaltimento".

Un impianto di incenerimento invece non assolve necessariamente a questa funzione perché pur essendo destinato al trattamento termico dei rifiuti non è detto che recuperi il calore prodotto dalla combustione. Dunque l'elemento di discriminazione fondamentale fra le due figure è proprio il recupero di calore e la produzione di energia.

---

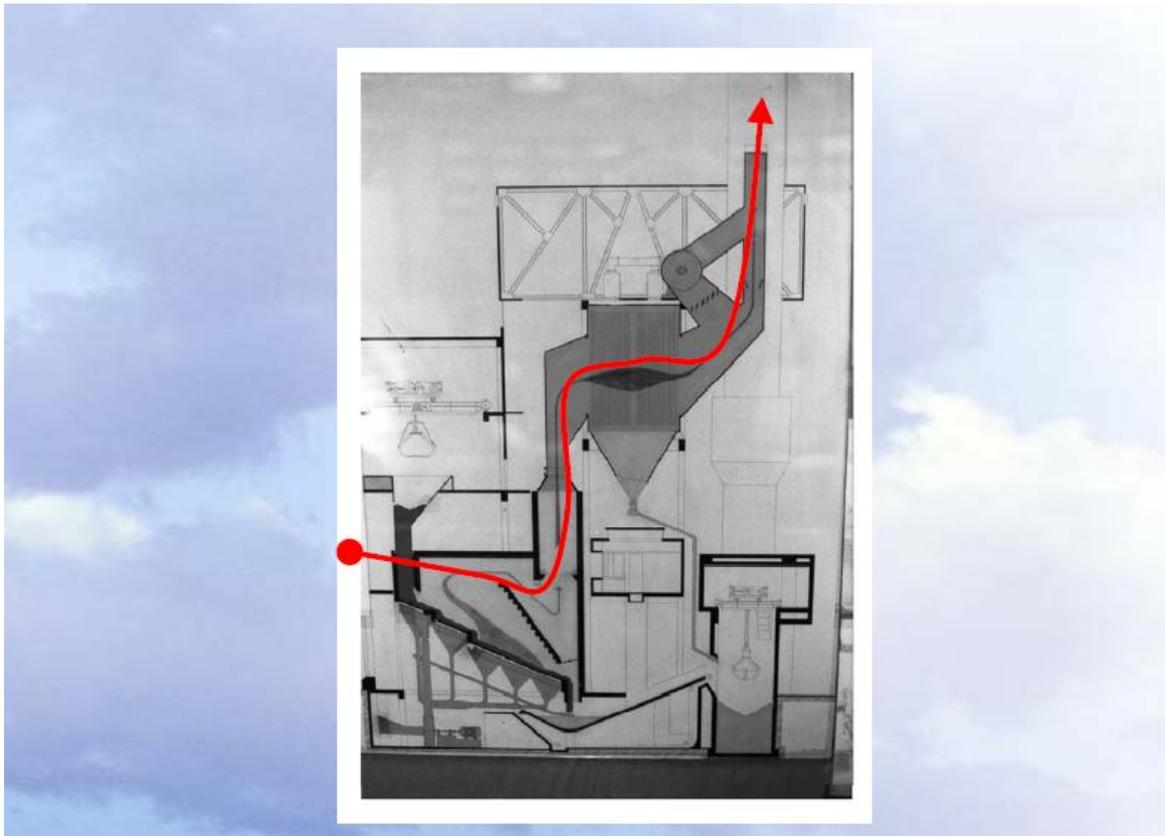
<sup>28</sup> Dal punto di vista normativo, la Corte di Giustizia europea nel dicembre 2008 alle domande della Corte finlandese:

- un impianto di gassificazione in cui si ottiene gas dai rifiuti attraverso un processo di pirolisi deve essere considerato un impianto di incenerimento anche se non ha una vera e propria linea di incenerimento?
- il prodotto gassoso è un rifiuto?
- di conseguenza la centrale che utilizza tale gas in aggiunta a combustibile fossile rientra nella disciplina sull'incenerimento?

ha risposto che l'impianto di gassificazione è un impianto di coincenerimento e la centrale elettrica che utilizza il gas come combustibile aggiuntivo in sostituzione di combustibili fossili impiegati in prevalenza, non rientra nella sfera di applicazione della direttiva sull'incenerimento.

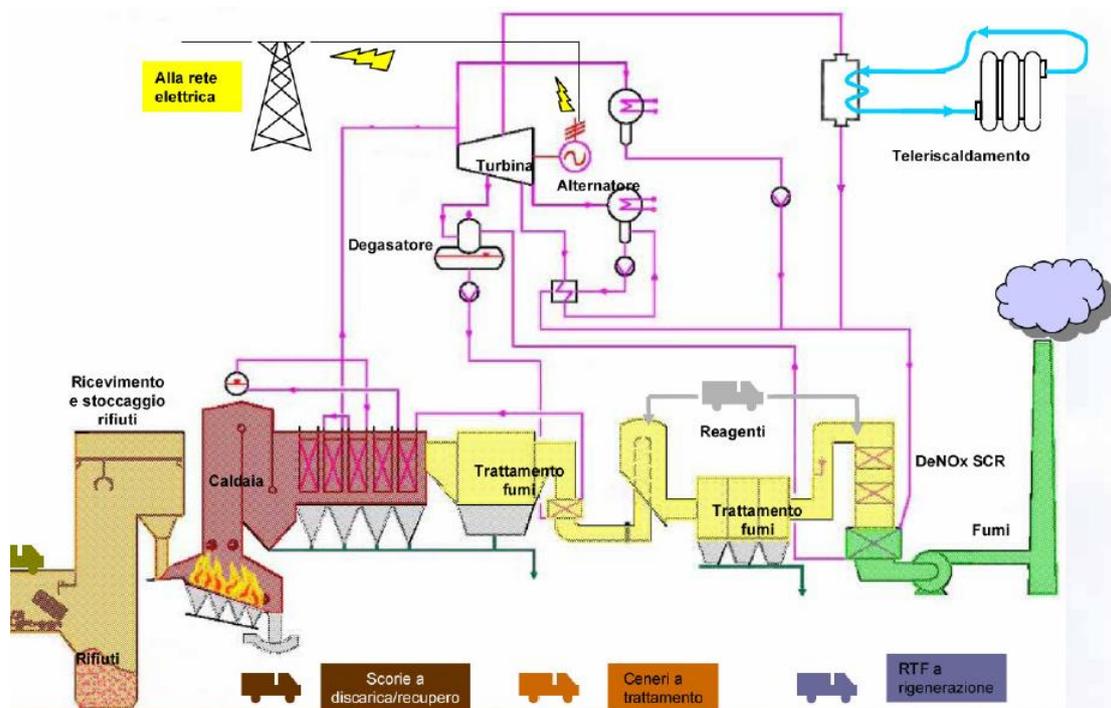
Ciò perché:

- è sulla base della funzione principale dell'impianto che si può definirlo come inceneritore o coinceneritore.
- la nozione di "rifiuto" - contenuta all'art. 3, punto 1, della direttiva sull'incenerimento dei rifiuti (che rimanda alla disciplina sui rifiuti che è stata da poco modificata) - non riguarda sostanze che si presentano in forma gassosa.



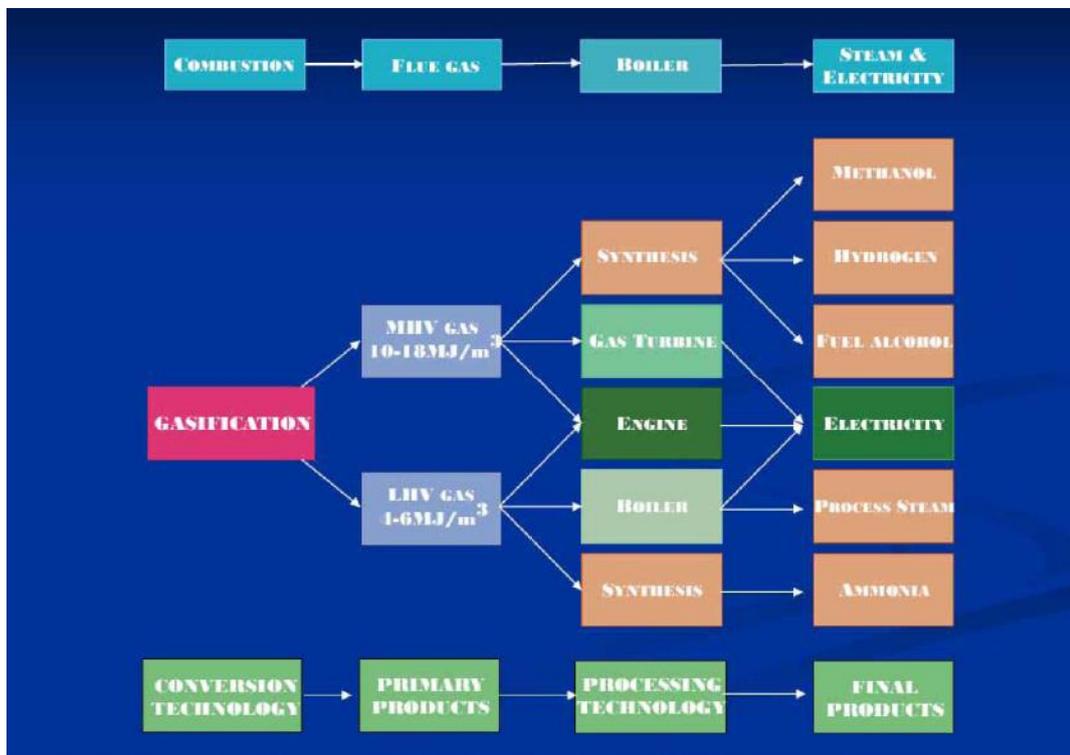
**Figura** – il sistema a combustione diretta – inceneritore - smaltimento

Fonte: ENEA



**Figura** – il sistema alternativo – il moderno impianto di recupero energetico

Fonte: ENEA



**Figura** – confronto Gassificazione / Combustione

Fonte: ENEA

## 4.7 - NORMATIVA ITALIANA E NORMATIVA TECNICA

Dal punto di vista normativo (D.Lgs.133/2005) al momento attuale i sistemi di gassificazione, pirolisi e similari sono processi equiparati alla combustione diretta, purché i prodotti combustibili risultanti siano combustibili, senza trattamenti, all'interno dello stesso impianto.<sup>29</sup>

Occorre rilevare che un gas di sintesi depurato costituisce un vero e proprio prodotto (materia prima seconda) e, quindi, il suo impiego non dovrebbe essere più disciplinato dalla normativa afferente alla gestione dei rifiuti.

A proposito di normativa specifica, la circolare del Ministero degli interni prot. DCPST/A4/RS/400 del 31 gennaio 2007 specifica che, oltre ad essere soggetti alla normativa antincendio, gli inceneritori di rifiuti solidi, i termocombustori e i termovalorizzatori, quali impianti destinati all'eliminazione totale o parziale di sostanze solide mediante combustione, sono soggetti almeno agli obblighi di cui all'art. 5 comma 1 e 2, del Dlgs. 334/99 e s.m.i. (cfr. punto 3 dell'allegato A del Decreto), per cui il Comando dei VVFF dovrà acquisire il parere del CTR di cui all'art. 20 del DPR 577/82.

Le norme tecniche di riferimento sono:

- a) A livello europeo: *"Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration (BRef)"* Final document, August 2006
- b) A livello nazionale: *"Linee guida recanti i criteri per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili ex art. 3, comma 2 del decreto legislativo 372/99 – Linee guida*

---

<sup>29</sup> Art. 2. lett. d) impianto di incenerimento: qualsiasi unità e attrezzatura tecnica, fissa o mobile, destinata al trattamento termico di rifiuti ai fini dello smaltimento, con o senza recupero del calore prodotto dalla combustione. Sono compresi in questa definizione l'incenerimento mediante ossidazione dei rifiuti, nonché altri processi di trattamento termico, quali ad esempio la pirolisi, la gassificazione ed il processo al plasma, a condizione che le sostanze risultanti dal trattamento siano successivamente incenerite. La definizione include il sito e l'intero impianto di incenerimento, compresi le linee di incenerimento, la ricezione dei rifiuti in ingresso allo stabilimento e lo stoccaggio, le installazioni di pretrattamento in loco, i sistemi di alimentazione dei rifiuti, del combustibile ausiliario e dell'aria di combustione, i generatori di calore, le apparecchiature di trattamento, movimentazione e stoccaggio in loco delle acque reflue e dei rifiuti risultanti dal processo di incenerimento, le apparecchiature di trattamento degli effluenti gassosi, i camini, i dispositivi ed i sistemi di controllo delle varie operazioni e di registrazione e monitoraggio delle condizioni di incenerimento;

Art. 2. lett. e) impianto di coincenerimento: qualsiasi impianto, fisso o mobile, la cui funzione principale consiste nella produzione di energia o di materiali e che utilizza rifiuti come combustibile normale o accessorio o in cui i rifiuti sono sottoposti a trattamento termico ai fini dello smaltimento. La definizione include il sito e l'intero impianto, compresi le linee di coincenerimento, la ricezione dei rifiuti in ingresso allo stabilimento e lo stoccaggio, le installazioni di pretrattamento in loco, i sistemi di alimentazione dei rifiuti, del combustibile ausiliario e dell'aria di combustione, i generatori di calore, le apparecchiature di trattamento, movimentazione e stoccaggio in loco delle acque reflue e dei rifiuti risultanti dal processo di coincenerimento, le apparecchiature di trattamento degli effluenti gassosi, i camini, i dispositivi ed i sistemi di controllo delle varie operazioni e di registrazione e monitoraggio delle condizioni di coincenerimento. Se il coincenerimento avviene in modo che la funzione principale dell'impianto non consista nella produzione di energia o di materiali, bensì nel trattamento termico ai fini dello smaltimento dei rifiuti, l'impianto è considerato un impianto di incenerimento ai sensi della lettera d);

*relative ad impianti esistenti per le attività rientranti nelle categorie IPCC: 5 Gestione dei rifiuti (Impianti di incenerimento) - Decreto 29 gennaio 2007 - Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del Mare - Emanazione di linee guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili in materia di gestione dei rifiuti, per le attività elencate nell'allegato I del decreto legislativo 18 febbraio 2005, n. 59. (Suppl. Ordinario n. 133)";*

a) Il documento *BRef* su gassificazione e pirolisi fornisce le seguenti considerazioni:

- Applicabilità ad una gamma ristretta di rifiuti
- Capacità di trattamento mediamente inferiori rispetto ad altri sistemi
- Costi di trattamento mediamente superiori rispetto ad altri sistemi
- Richiesta di personale qualificato
- Non consolidate o ancora in fase di sviluppo

b) Le “Linee guida”<sup>30</sup> definiscono le tecniche di riferimento individuate per i sistemi di valorizzazione energetica.

---

<sup>30</sup> cui più volte in questo Documento si è fatto riferimento

## 4.8 - ASPETTI ENERGETICI

### 4.8.1 - Misure di efficienza energetica e utilizzo energetico dei gas prodotti

Per misurare l'efficienza energetica dei processi alternativi alla combustione diretta non basta un solo parametro, come invece accade per l'incenerimento.

I parametri più usati sono:

- L'*efficienza di conversione* in carbonio, o CCE, definita come rapporto tra la portata di carbonio trasformata in prodotti gassosi e la portata di carbonio alimentata con il combustibile; questo indice fornisce una informazione sul grado di conversione ottenibile e, conseguentemente, sulla produttività dell'impianto e sulla quantità di prodotto non convertito da trattare in altro modo ovvero smaltire;
- L'*efficienza termica apparente*, o CGE, definita come rapporto tra l'energia chimica del gas prodotto e quella del rifiuto alimentato; viene anche definita "efficienza a freddo" in quanto include solo il contenuto energetico potenziale, cioè l'entalpia di combustione del gas e del rifiuto;
- L'*efficienza termica*, o HGE, definita come rapporto tra la somma del calore sensibile e dell'energia chimica del gas prodotto e quella del rifiuto alimentato; questo indice riveste particolare importanza in processi di pirogassificazione condotti in alti campi di temperatura (tipicamente la gassificazione al plasma) nei quali risulta di primaria importanza recuperare non solo il calore di combustione del syngas, ma anche il calore sensibile associato al flusso di syngas in uscita del reattore di conversione.

Le possibilità di utilizzo energetico dei gas prodotti da processi di pirolisi o gassificazione sono strettamente legate, oltre che al loro contenuto energetico, alla presenza di alcune componenti minori che possono rendere problematico sia il trasporto ad utenze esterne all'impianto, sia l'eventuale impiego.

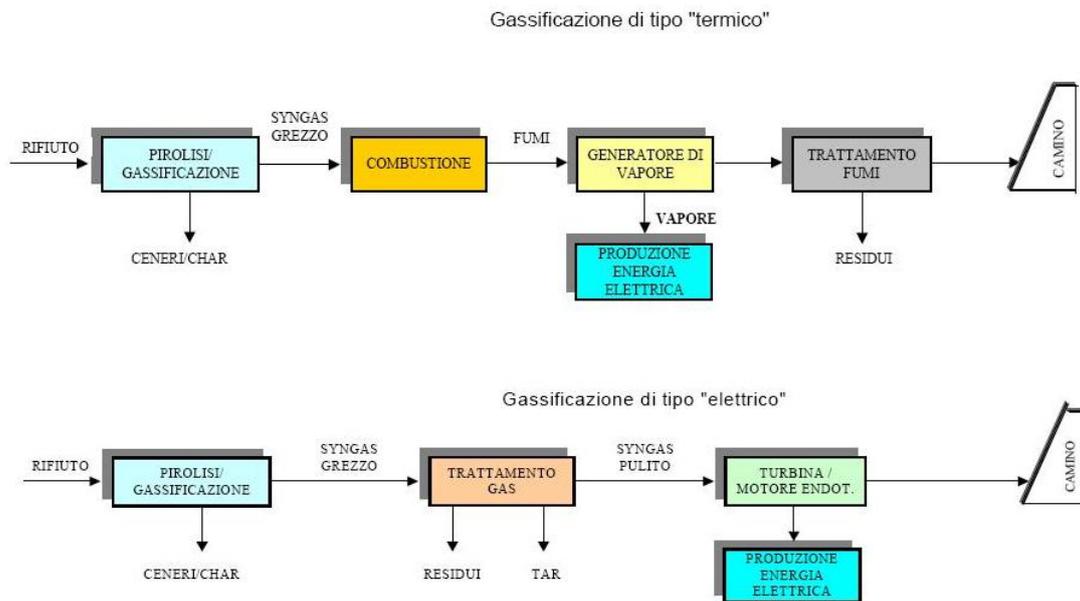
Tra queste particolare importanza rivestono le particelle solide trascinate, i gas acidi (HCl, H<sub>2</sub>S, acidi organici) ed alcalini (NH<sub>3</sub>) ed il TAR, costituito da un complesso di idrocarburi pesanti condensabili. Quest'ultimo, in particolare, può formare depositi viscosi di sostanze oleose e polveri a seguito del raffreddamento del gas già a temperature intorno ai 250-300°C, con conseguenti problemi di sporcamento e di intasamento delle superfici e degli organi meccanici.

Il trasporto a distanza del gas o il suo utilizzo in apparati o in cicli di produzione di energia elettrica ad elevato rendimento (motori alternativi, turbine a gas) richiede, di norma, trattamenti di depurazione piuttosto spinti (depolverazione, lavaggi multistadio) che, oltre alle complicazioni di carattere operativo-gestionale, determinano un impoverimento del contenuto energetico del gas, sia in termini di calore sensibile (raffreddamento) che di potere calorifico (rimozione del TAR).

In generale lo sfruttamento energetico del gas prodotto può essere effettuato secondo due alternative:

- la combustione diretta del gas così come prodotto oppure dopo trattamenti non particolarmente spinti, in sistemi convenzionali di combustione (es.: caldaia) posti a valle del gassificatore (conversione di tipo "termico");
- l'utilizzo del gas di sintesi in installazioni non costituite da centrali termiche convenzionali (motori alternativi, turbine a gas), previa depurazione spinta (gassificazione di tipo "elettrico").

I relativi schemi di flusso sono riportati in forma sintetica nella figura seguente.



**Figura -** Modalità di recupero energetico da pirolisi/gassificazione dei rifiuti  
*Fonte: ENEA*

La gassificazione di tipo "termico" non differisce sostanzialmente dalla combustione convenzionale dei rifiuti.

La differenziazione diviene pressoché formale nei casi nei quali non è possibile separare fisicamente la fase di pirolisi/gassificazione da quella di combustione finale del gas derivato, per cui il trattamento viene a configurarsi come un incenerimento in due stadi e come tale sottoposto a tutte le prescrizioni e le normative ad esso applicabili.

Nella gassificazione di tipo "elettrico", invece, risultano ben distinte le due fasi della "produzione del gas derivato" e del suo "impiego in turbina o motore endotermico" per la produzione di energia elettrica, previo trattamento di depurazione spinta.

E' proprio questa soluzione che, allo stato attuale, presenta maggiori potenzialità di sviluppo, in quanto, sulla base di quanto già sperimentato con il carbone ed alcune biomasse, la produzione di un combustibile gassoso destinato ad essere impiegato in una turbina consente l'adozione di cicli combinati per la produzione di energia elettrica.

Dal recupero energetico effettuato sui fumi di scarico della turbina è possibile produrre vapore da destinare alla produzione di energia elettrica tramite espansione in una turbina secondaria. Questa soluzione offre la possibilità di incrementare notevolmente il rendimento di conversione in energia elettrica, con conseguenti benefici di carattere economico ed ambientale.

Un confronto fra le due soluzioni alternative di impiego del syngas prodotto ai fini della produzione di energia è riportato, in forma sintetica, nella tabella sottostante, nella quale sono evidenziati i rispettivi vantaggi e svantaggi.

**Tabella - Vantaggi / Svantaggi delle diverse modalità di combustione del syngas**

Opzione	Vantaggi	Svantaggi
Combustione del syngas "grezzo"(gassificazione di tipo "termico")	Il TAR fornisce PCI addizionale con conseguente incremento dell'energia producibile. Non è necessaria la rimozione del TAR/dal syngas. Non è previsto nessun trasporto o stoccaggio del syngas. Maggiore sicurezza di esercizio.	E' paragonabile all'incenerimento. Maggiori volumi di fumi da trattare, con conseguente incremento dei relativi costi. Costi operativi mediamente superiori. Potenziale maggiore impatto sull'ambiente. Minore accettabilità da parte dell'opinione pubblica. Maggiori dimensioni di impianto. Necessità di controlli più rigorosi sulle emissioni.
Combustione del syngas "pulito"(gassificazione di tipo "elettrico")	Necessità di trattare volumi minori di gas. Costi operativi inferiori. Minori dimensioni dell'impianto. Produzione di un combustibile derivato pulito. Possibilità di ritorni economici dal recupero del TAR. Rischi di sporcamento e corrosione ridotti nelle apparecchiature di conversione di energia. Migliore accettabilità da parte delle autorità e dell'opinione pubblica. Consente la conversione diretta del syngas prodotto attraverso turbine o motori endotermici	Il trattamento del gas presenta delle difficoltà operative. Maggiori complicazioni impiantistiche. Maggiori rischi in tema di sicurezza e salute.

Fonte: ENEA

#### 4.8.2 - Efficienze nette di produzione di energia elettrica a confronto

Trattamento	Combustione	Gassificazione/Pirolisi		
		Ciclo a vapore	Motore a gas	IGCC*
Produz. E.E.	Ciclo a vapore	Ciclo a vapore	Motore a gas	IGCC*
Efficienza dichiarata		14 – 20 %	13 – 24 %	34 %
Efficienza realistica	19 – 27 %	9 – 20 %	<b>13 – 24 %</b>	<b>23 – 26 %</b>

\*Integrated Gasification Combined Cycle – IGCC - impianto di generazione elettrica che usa gas di sintesi  
Fonte: Juniper 2008

### 4.8.3 - Recupero energetico dai trattamenti termici

Motore principale	Efficienza di recupero energia, %	Andamento
Turbina a vapore	18-27	Tecnologia maggiormente testata. Più alte efficienze richiedono caldaie con più precise condizioni di operatività. Gassificazione + combustione percepita come surrogato di incenerimento (impianto a due stadi)
Motore a gas	37-41	Testata in Giappone su numerosi impianti. Motori a gas indipendenti potrebbero raggiungere il 35-37 %. Per maggiori efficienze, sarebbe necessaria l'integrazione con un Ciclo Organico Rankine (ORC), ma è attualmente da testare.
CHP**	60-80	Sistema di recupero del calore e dell'energia elettrica. Alti livelli di interesse dovuti ai requisiti per cambiamenti climatici.
Turbina a gas (IGCC)	45-50	Turbine a gas e IGCC sono testate su larga scala in impianti di gassificazione del carbone (carbone pulito). Alcune compagnie hanno annunciato l'intenzione di incorporare una turbina a gas nei loro processi.
Fuel cell	40-80	Obiettivo finale ma necessita di 5-10 anni ancora. Molti impegni per Ricerca & Sviluppo e finanziamenti del governo in quest'area.

	Consolidato
	Limitata esperienza
	Non provato

\*\*Cogenerazione (combined heat and power, CHP)

Fonte: Juniper 2008

#### 4.8.4 - Modalità di incremento dell'efficienza di recupero

E' possibile incrementare l'efficienza di recupero energetico mediante le seguenti tecniche:

- Incremento dell'efficienza di conversione in energia elettrica
- Produzione combinata di energia elettrica e termica
- Produzione di energia termica per teleriscaldamento
- Produzione di vapore da cedere ad utenze industriali/civili
- Produzione di calore/vapore per l'impiego come fluido motore per sistemi di refrigerazione / condizionamento

Se si confrontano i diversi sistemi di recupero energetico (da discarica, da produzione di combustibile da rifiuto - CDR o syngas-, o da combustibili fossili) e i risvolti sull'ambiente, è evidente che ognuno produce impatti qualitativamente confrontabili (anche se non quantitativamente):

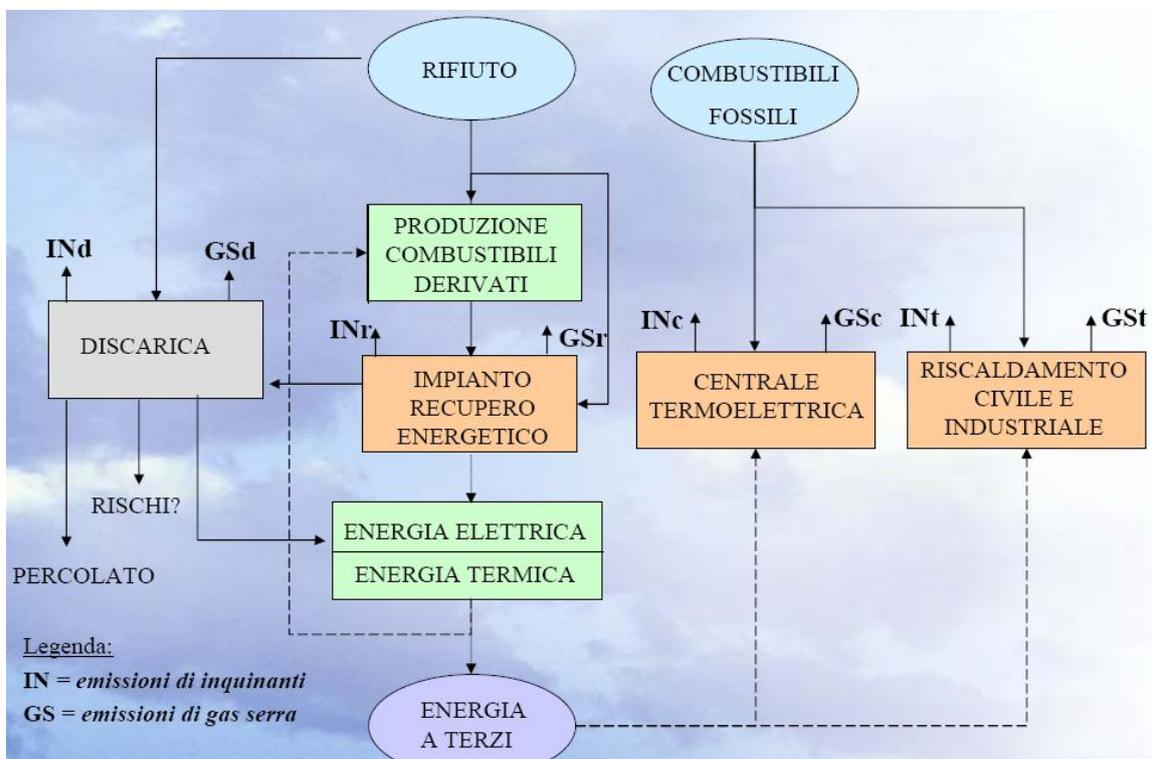


Figura – Sistemi alternativi – recupero energetico e risvolti sull'ambiente

## 4. 9 - CARATTERISTICHE DELLE TECNOLOGIE

Normalmente, ad una tecnologia che deve essere applicata si richiede che sia:

- Provata, consolidata, referenziata
- Flessibile, di agevole gestione e controllo
- Di elevata affidabilità e ridotta richiesta di manutenzione
- A costi accettabili ma soprattutto certi (costi di investimento e soprattutto di manutenzione)
- A ridotto impatto sull'ambiente (emissioni, reflui liquidi, residui solidi)
- Energeticamente efficiente ed efficace (massimo recupero e minimi consumi, costanti nel tempo)
- A rischio minimo in termini di sicurezza e di salute

Se si confrontano i diversi sistemi di trattamento a caldo (combustione/incenerimento e gassificazione/pirolisi), gli indicatori sembrerebbero più promettenti dal punto di vista ambientale, di recupero energetico e sottoprodotti per le nuove tecnologie; gli aspetti tecnici, gestionali ed i costi devono ancora essere approfonditi, soprattutto in ordine al controllo del processo, affidabilità, manutenzione e sicurezza.

	<b>Combustione</b>	<b>Gassificazione / pirolisi</b>
<b>Impatto ambientale</b>	Molto buono	Potenzialmente migliore
<b>Recupero energetico</b>	Buono	Potenzialmente superiore
<b>Recupero sottoprodotti e residui</b>	In sviluppo	Migliore anche se mercato non stabile. Potenziale recupero di materia.
<b>Aspetti tecnici</b>	Tecnologia consolidata ed affidabile	Problematiche tuttora irrisolte <sup>(1)</sup>
<b>Aspetti gestionali <sup>(2)</sup></b>	Definiti e controllabili	Non ancora dimostrati
<b>Costi di investimento ed esercizio</b>	Piuttosto elevati, ma definiti	Non facilmente definibili, ma simili a combustione o superiori

<sup>(1)</sup> Pulizia del gas di sintesi, alimentazione, rifiuto e scorie residui, difficoltà di "scale up", elevati consumi endogeni, ecc..

<sup>(2)</sup> Controllo del processo, affidabilità, richiesta di manutenzione, sicurezza

**Figura** – confronto tra impianto con tecnologia di tipo "Convenzionale" e impianto "Nuovo"

## 4. 10 - PRO E CONTRO DELLE NUOVE TECNOLOGIE

Le nuove tecnologie possono essere descritte con i seguenti aspetti positivi e negativi che le caratterizzano.

PRO: potenzialità ed “immagine”

- Potenziali maggiori recuperi energetici e possibilità di recupero materia (gas derivato, sottoprodotti)
- Competitività economica per impianti di taglia medio-piccola
- Migliore adattamento a specifiche realtà locali (sviluppo PMI, principio di prossimità, liberalizzazione mercato EE)
- Problematiche e costi crescenti per lo smaltimento dei residui da incenerimento
- Immagine negativa dell'incenerimento
- “Percezione” che le nuove tecniche siano ambientalmente più compatibili ed a più elevato contenuto tecnologico
- Forte azione di “marketing” da parte dei proponenti

CONTRO: le problematiche aperte

- Sistemi di alimentazione rifiuti e scarico ceneri
- Monitoraggio e controllo dei parametri operativi in tempo reale
- Difficoltà di scale-up, cioè di trasferire a impianti di taglia industriale le innovazioni messe a punto su scala ridotta
- Carenza di criteri tecnico-economici affidabili, ai fini della definizione della taglia e delle condizioni di esercizio ottimali

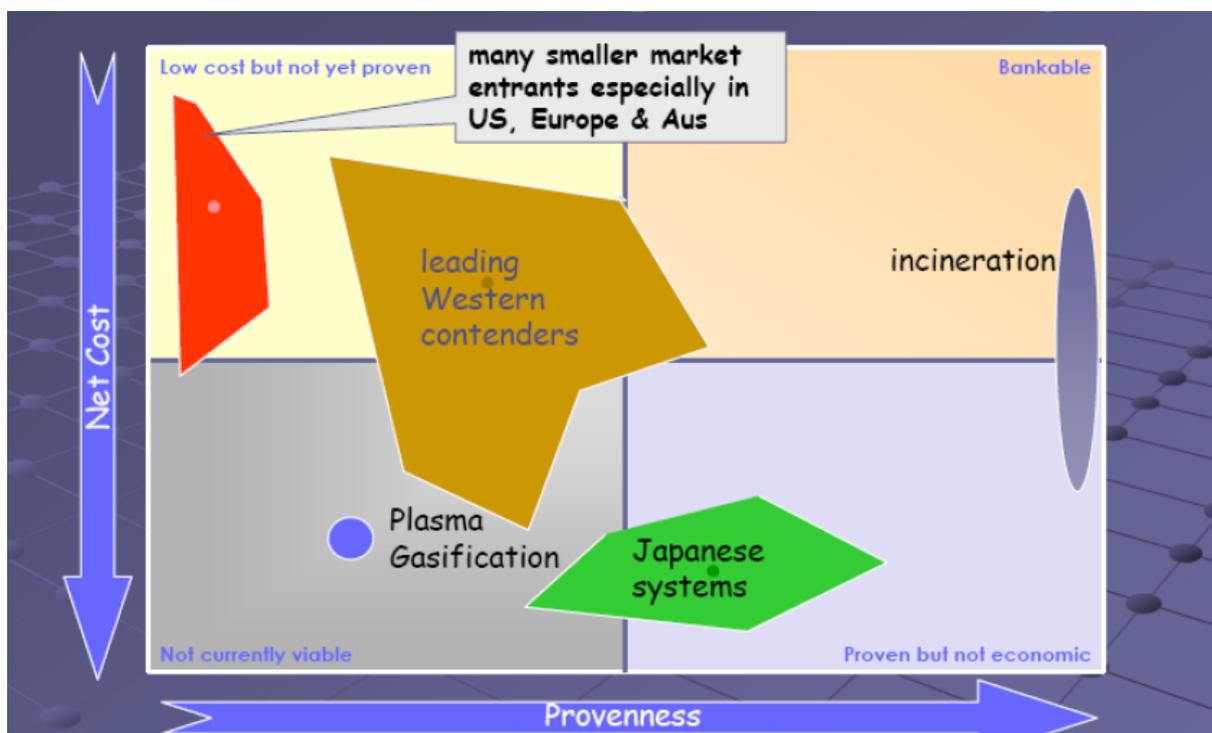
In sintesi, ad oggi i problemi evidenziati dalle nuove tecnologie rispetto alle tecnologie tradizionali di trattamento a caldo sono:

- Maggiore complessità impiantistico e gestionale
- Minori affidabilità, disponibilità, sicurezza
- Rischi economici nella realizzazione e gestione degli impianti

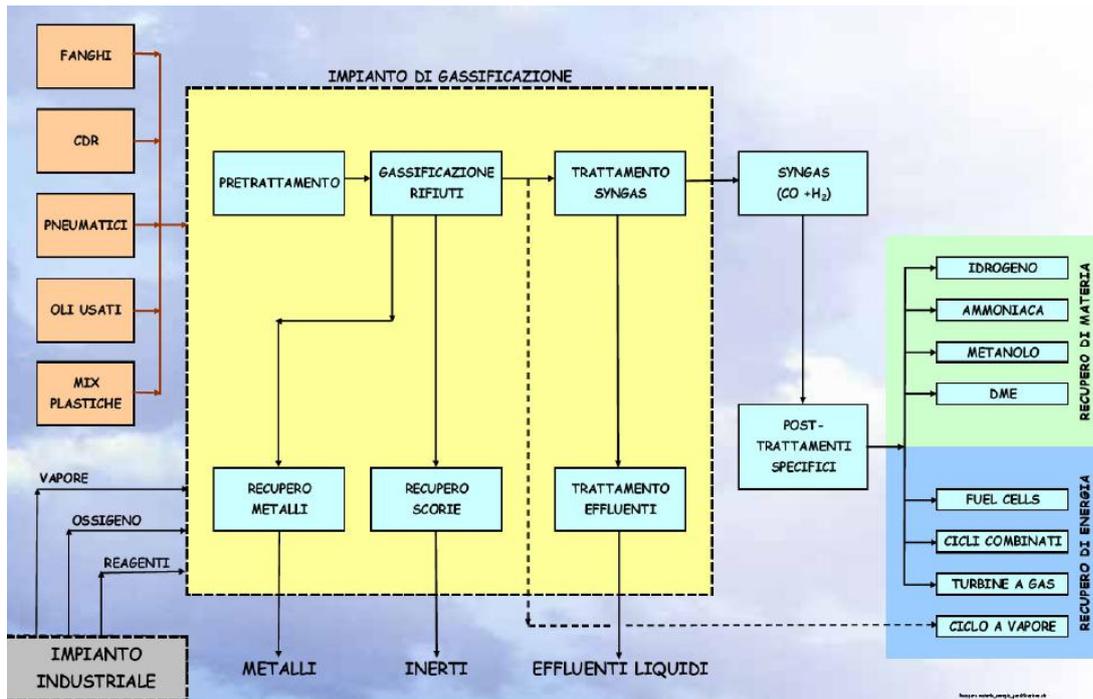
Ne risulta che ad oggi nel mondo la situazione è quella illustrata nella tabella seguente.

	EU	USA	CDN	AUS	JAP
<b>Situazione attuale</b>	Stallo	No Iniziative	Interesse	Interesse (in calo)	Mercato attivo
<b>“PRO”</b>					
<b>Mancanza discariche</b>					X
<b>Riduzione discarica</b>	X				
<b>“No” incenerimento</b>	X		X	X	X
<b>Semplificazione normativa</b>		X			
<b>“CONTRO”</b>					
<b>Discarica conveniente</b>		X	X	X	
<b>Rischio tecnologico</b>	X				
<b>Fattori economici</b>					X

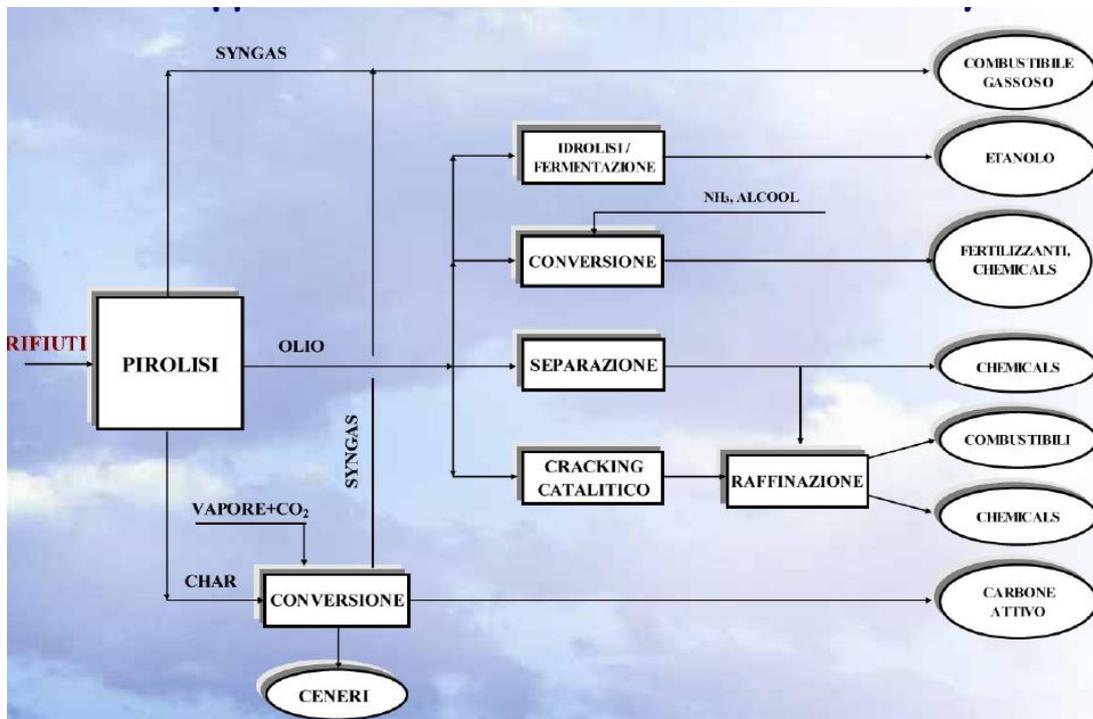
**Tabella – PRO e CONTRO**  
Elaborazione Enea su fonte Juniper



**Tabella – Ragioni della mancanza di sviluppo al di fuori del Giappone**  
Elaborazione Enea su fonte Juniper



**Tabella** – come chiudere il ciclo con applicazioni innovative  
Elaborazione ENEA



**Tabella** – come chiudere il ciclo con applicazioni avanzate  
Elaborazione ENEA

## 4. 11 - RIEPILOGANDO

La **gassificazione** ha buone prestazioni su rifiuti omogenei a matrice organica.

Nel caso di trattamento dei **rifiuti urbani**, è utile un pretrattamento, ad esempio tramite **pirolisi**, per ottenere un combustibile derivato (CDR) da sottoporre quindi a **gassificazione**.

Il processo all'arco **plasma** ha applicazione in vari campi industriali (ad esempio, il recupero di metalli dalle scorie di trattamento) e nello smaltimento di rifiuti speciali e pericolosi (di natura organica ed inorganica). L'applicazione per il recupero energetico dai rifiuti è di interesse relativamente recente.

Processo	Rec. Energia	Sistema
Combustione	Elettrica	Impianto dedicato
Gassificazione	Termica	Impianto industriale
Pirolisi	Elettrica – Termica	Dedicato c/o industriale

**Tabella** – Individuazione del sistema di recupero energetico da RU

## 4. 12 - SINTESI E CONCLUSIONI

Dalle risultanze dei documenti presentati al gruppo di lavoro ed ivi discussi, sulla base delle riunioni svolte e delle indicazioni ricevute dall'Amministrazione, emerge che:

### (prima parte)

- Non sono stati reperiti metodi affidabili per la produzione di CDR-Q con basso contenuto di inquinanti quali metalli pesanti e cloro;
- Il CDR-Q è un rifiuto a tutti gli effetti;
- Non è possibile utilizzare il CDR-Q in un impianto di teleriscaldamento, esistente o in fase di realizzazione, nella nostra Regione;
- Per la chiusura del ciclo in Valle d'Aosta è necessario realizzare impianti dedicati per la valorizzazione energetica del CDR/ CDR-Q.

### (seconda parte)

- l'impianto utilizzatore, non essendo di tipo industriale (e quindi essendo slegato dall'utilizzo in co-combustione) e dovendo essere realizzato ex novo, può essere realizzato senza vincoli derivanti dalla qualità del combustibile da utilizzare;
- esistono tecnologie innovative (pirolisi e gassificazione), che possono trattare il rifiuto conferito, effettuando su quest'ultimo solo i pretrattamenti necessari;
- riducendo il numero di pretrattamenti, si riduce anche la quantità di sottoprodotti da destinare alla discarica;
- le scorie ottenute da alcune tipologie di impianti di gassificazione / pirolisi sono destinabili in impianti utilizzatori (cfr. in cementifici) o come sottofondi stradali;
- la quantità dei rifiuti da trattare in Regione è adatta per la taglia media degli impianti di gassificazione e pirolisi.

Ne consegue che il ciclo di trattamento dei rifiuti compatibile con quanto sopra illustrato è uno scenario che prevede il trattamento termico dei rifiuti in impianto di gassificazione / pirolisi realizzato nell'area dell'attuale Centro di Trattamento di Brissogne. La sezione di pretrattamento dei rifiuti sarà

ridotta al massimo, al fine di diminuire la quantità di rifiuti destinati alla discarica. L'impianto dovrà consentire il massimo riutilizzo delle scorie prodotte dal trattamento.

Tali risultanze sono evidenziate nel Documento ***"Individuazione degli indicatori ambientali e tecnici"*** elaborato da ARPA e dalla consulente ing. Diana Cout, in occasione della riunione conclusiva del 15 ottobre scorso.

## **Tecnologie innovative e sperimentali**

Nelle schede allegate al Documento Finale sono state inserite e classificate "per similitudine" anche tecnologie innovative e ancora sperimentali che producono Combustibile da Rifiuto in forma liquida e gassosa, trattando i rifiuti con sistemi alternativi rispetto al TMB classico, quali tecnologie di depolimerizzazione o similari (steam reforming) finalizzate alla produzione di combustibili utilizzabili come sostituti dei combustibili fossili tradizionali anche in impianti industriali (e non) esistenti.

## **Sperimentazione**

Poiché nella prima fase di studio (riportata nella Prima Parte del Documento Finale) la ricerca di nuove tecnologie innovative e sperimentali non ha dato l'esito sperato in quanto:

- le tecnologie esistenti di produzione di CDR-Q sono affidabili, replicate e replicabili e non necessitano di sperimentazione
- non esistono tecnologie innovative ma affidabili anche se sperimentali che potrebbero produrre CDR-Q nei tempi e con le modalità compatibili con le necessità della Regione, tali da rendere la qualità del combustibile prodotto adeguata alla sua destinazione finale (co-combustione) e tali da minimizzare le quantità di rifiuti conferiti in discarica (visti i minimi volumi ormai disponibili della discarica regionale)
- non è più consentito classificare il CDR come sottoprodotto e quindi, avviarlo a processi di valorizzazione energetica secondo le casistiche previste dal DM 2 maggio 2006 (con particolare riferimento all'allegato 1 del decreto stesso) in quanto il CDR è a tutti gli effetti, anche se CDR-Q, un rifiuto speciale.
- Il CDR-Q non è utilizzabile nelle centrali di teleriscaldamento esistenti o da costruire

si ritiene che le tecnologie di cui al paragrafo precedente, alternative al Trattamento Meccanico Biologico normalmente utilizzato per produrre CDR e CDR -Q e che non richiedono il trattamento termico in impianti dedicati dei rifiuti, potranno essere oggetto di una sperimentazione, da condurre parallelamente alla realizzazione di un ciclo chiuso di gestione dei rifiuti in Valle d'Aosta.

## Glossario

**Bioessiccazione** – processo finalizzato alla riduzione del quantitativo d’acqua presente nel materiale trattato.

**Biostabilizzazione** – processo biologico aerobico, che sfrutta il calore prodotto dalle reazioni di degradazione aerobica, finalizzato ad ottenere una frazione organica stabilizzata, ovvero non più soggetta a fenomeni putrefattivi.

**Bioossidazione** - stabilizzazione accelerata dei rifiuti

**CDR** (Combustibile Derivato dai Rifiuti) è la traduzione dell'acronimo inglese RDF (Refuse Derived Fuel). E' un combustibile solido triturato secco ottenuto dal trattamento dei rifiuti solidi urbani.

### **Co-incenerimento**

(Art.1 c.1 D.Lgs 133/05 , recep. Dir. 2000/76/CE): – e) impianto di co-incenerimento: qualsiasi impianto, fisso o mobile, la cui funzione principale consiste nella produzione di energia o di materiali e che utilizza rifiuti come combustibile normale o accessorio o in cui i rifiuti sono sottoposti a trattamento termico ai fini dello smaltimento. La definizione include il sito e l'intero impianto (...). Se il co-incenerimento avviene in modo che la funzione principale dell'impianto non consista nella produzione di energia o di materiali, bensì nel trattamento termico ai fini dello smaltimento dei rifiuti, l'impianto e' considerato un impianto di incenerimento ai sensi della lettera d)

**FOP** Frazione Organica Putrescibile

**FOS** Frazione Organica Stabilizzata

### **MBT, BMT**

Le due sigle, in lingua inglese, stanno per” MECHANICAL-BIOLOGICAL TREATMENT “ e per”BIOLOGICAL-MECHANICAL TREATMENT”. L’apparente piccola distinzione segna al contrario lo scopo dei due “sistemi impiantistici” definendone al contempo una “diversa organizzazione modulare”.

Nel primo (MBT) caso si tratta di impianti dotati di due braccia : un “braccio automatico” finalizzato a recuperare le frazioni riciclabili”secche” ancora contenute nei residui appartenenti al cosiddetto”sopravaglio” e costituite da carta-cartoni-metalli ferrosi ma non ferrosi-vetro-plastiche ecc. ed un “braccio” finalizzato a “stabilizzare” i materiali organici e biodegradabili quali gli scarti alimentari, le falciature, la carta contaminata e il sottovaglio fine. Questo”braccio” può essere dotato di una sezione di digestione anaerobica (ad umido, a semiumido o a secco) per la valorizzazione energetica delle frazioni biodegradabili per la produzione di biogas ad alta componente metanica (55-70%). Tale sistema non ricorre a modalità preliminari di triturazione che comprometterebbero le successive modalità di recupero dei materiali omogenei e si avvale, in genere, di uno (o due) cilindri (o setacci) orizzontali rotanti (dotati di fori di svariate dimensioni), di classificatori ad aria, di mulini e di magneti nonché, nei casi più avanzati, di lettori ottici a raggi infrarossi ( NIR-Near Infrared system).

Nel secondo caso (BMT) il residuo viene subito triturato per poi essere “stabilizzato” subendo un processo di selezione, quasi sempre rivolto a recuperare i metalli. Buona parte di questi sistemi che segue un processo di stabilizzazione “accelerata” (bioossidazione) è volto a produrre Combustibile Derivato da Rifiuti (CDR) ricavato dal “sopravaglio” che è il risultato di una a separazione attraverso il vaglio rotante dal “sottovaglio” a prevalenza organica.

In altri casi ha il compito di produrre i cosiddetti "bio-cubi" da mettere a discarica anche con recupero energetico della frazione putrescibile sfruttando la produzione di bio-gas.

**RDF** (Refuse Derived Fuel) è prodotto dai rifiuti solidi urbani (Municipal Solid Waste - MSW) mediante separazione della frazione non combustibile.

**SRF** (Solid Recovered Fuel) è prodotto dai rifiuti solidi urbani (Municipal Solid Waste - MSW) mediante separazione della frazione non combustibile

## BIBLIOGRAFIA (PER LA REDAZIONE DELLA PRIMA PARTE)

- Decreto 29 gennaio 2007 - Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del Mare - Emanazione di linee guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili in materia di gestione dei rifiuti, per le attività elencate nell'allegato I del decreto legislativo 18 febbraio 2005, n. 59. (Suppl. Ordinario n. 133); in particolare:
  - *Linee guida recanti i criteri per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili ex art. 3, comma 2 del decreto legislativo 372/99 – Linee guida relative ad impianti esistenti per le attività rientranti nelle categorie IPCC: 5 Gestione dei rifiuti (impianti di selezione, produzione di CDR e trattamento di apparecchiature elettriche ed elettroniche dimesse)*
  - *Linee guida recanti i criteri per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili ex art. 3, comma 2 del decreto legislativo 372/99 – Linee guida relative ad impianti esistenti per le attività rientranti nelle categorie IPCC: 5 Gestione dei rifiuti (impianti di trattamento meccanico biologico)*
- European IPPC Bureau (a cura di) "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries", August 2005
- CITEC (2002), "Linee guida per la progettazione, realizzazione e gestione degli impianti a tecnologia complessa per lo smaltimento dei rifiuti urbani", Ed. Hyper
- APAT/Osservatorio Nazionale sui Rifiuti "Rapporto Rifiuti 2008", dicembre 2008
- APAT/Osservatorio Nazionale sui Rifiuti "Rapporto Rifiuti 2005", dicembre 2005
- ANPA/Osservatorio Nazionale sui Rifiuti "Il trattamento anaerobico dei rifiuti. Aspetti progettuali e gestionali" (2002)
- APAT/Osservatorio Nazionale sui Rifiuti "Rapporto Rifiuti 2004", dicembre 2004
- APAT "Metodi di misura della stabilità biologica dei rifiuti"
- (2003)APAT/ONR " Il recupero di sostanza organica dai rifiuti per la produzione di ammendanti di qualità" (2002).
- Regione Lombardia – Deliberazione di Giunta Regionale n. 7/12764 del 16.04.2003 "Linee guida relative alla costruzione e all'esercizio degli impianti di produzione di compost – Revoca della D.g.r. 16 luglio 1999, n. 44263"
- Regione Sicilia – Presidenza Commissario Delegato per l'emergenza rifiuti e la tutela delle acque – O.P.C.M. n. 2983 del 31.05.1999 "Linee guida per la progettazione, la realizzazione e la gestione degli impianti di compostaggio".
- Regione Basilicata (2002): Linee guida per la progettazione, la costruzione e la gestione degli impianti di compostaggio e di stabilizzazione.
- Regione Campania (2002) - Criteri e linee guida per l'utilizzo della frazione organica stabilizzata-Comitato tecnico ex ordinanza Commissariale n.058/2002.
- Regione Puglia Bollettino ufficiale Puglia n.135 del 23/10/2002 (pag. 9978-5.4.2 Opzione 2-Produzione di RBM e FSC-2.B Trattamento di biostabilizzazione primaria).
- Provincia di Taranto (2007): Piano provinciale di gestione dei rifiuti urbani
- S. Piccinini – Il compostaggio in Italia – Maggioli Editore – Marzo 2002.
- G. Lissens, P. Vandevivere, L. De Baere, E.M. Bley, W. Vestraete (2001), "Solid waste digestors: process performance and practice for municipal solid waste digestion", Water Science and Technology, vol. 44, n. 8, 91-102

- Autori vari (1999): "Utilizzazione termica dei rifiuti", Secondo convegno nazionale, Abano Terme 20 – 21 Maggio
- S. Paoli, A. Miorandi (2001): "Produzione ed utilizzi di CDR di elevata qualità con il processo di biostabilizzazione a secco", Atti dei seminari, Ricicla 2001, Rimini 26-29 Settembre
- E. Lo Casto (1998): "Studio energetico e ambientale del sistema di generazione del calore in un impianto di termodistruzione dei rifiuti solidi urbani", Tesi di Laurea, Padova
- A. Soppelsa (1998): "Analisi e verifiche delle prestazioni energetiche di un impianto per lo smaltimento dei rifiuti solidi urbani", Tesi di Laurea, Padova
- E. Grüneklee, M. Heering, B. Heering, A. Pulchet (1999): "The HERHOF Trockenstabilat process, mechanical – biological treatment for the recycling of residual waste", Herhf Umwelttechnik GmbH
- P. De Stefanis, M. Mincarini (1999): "CDR: il riutilizzo di RSU e assimilati nella produzione di CDR e suo impiego per il recupero energetico", Rifiuti, Documentazione complementare, ed. Reteambiente
- Juniper Consultancy Services Ltd (2005) "Mechanical-Biological-Treatment: A guide for decision makers Processes, Policies and Marrkets – Annexe D – Process reviews " – Version 1.0
- Staffetta Quotidiana - quotidiano delle fonti di energia – articolo del 19 gennaio 2008
- Dipartimento di Elettronica, Informatica e Sistemistica Alma Mater Studiorum - Università di Bologna "Elementi per una gestione integrata ottimale dei rifiuti solidi urbani - Esperienze Internazionali" - ottobre 2007
- European commission – Directorate general environment "Refuse derived fuel, current practice and perspectives (b4-3040/2000/306517/mar/e3)- Final report" - WRc Ref: CO5087-4 July 2003
- Decision maker's guide to solid waste management Vol II (EPA/600/) – 1995
- Maurizio Pernice, Giuseppe Mininni – "Il sistema normative e tecnico di gestione dei rifiuti – Testo Unico Ambientale" – IPSOA - 2008
- Rossana Cintoli e Marco Rizzato – Short term experts ARPA Lazio – "Linee guida sui rifiuti speciali . Monitoraggio e controllo delle discariche in fase di gestione operativa e post operativa – PHARE TWINNING PROJECT RO2004/IB/EN-07 - 2007

NOTA: Un interessante studio "Indagine di mercato sulla gestione dei rifiuti urbani in Italia", realizzato da ecoprogram GmbH, labelab srl e dott. ing. Giuseppe Pastorelli, che analizza in dettaglio il mercato italiano sulla gestione dei rifiuti urbani, è stato pubblicato ad agosto 2009 e non ha potuto essere preso come riferimento per la prima fase di questo lavoro. Si ritiene necessario inserirlo nella bibliografia come utile informazione in quanto esso illustra come il mercato italiano sulla gestione dei rifiuti sia uno dei più interessanti e dinamici in Europa. Il paese mostra in modo chiaro differenti fenomeni in atto: esistono chiari segnali di esaurimento delle discariche in essere e carenza di nuovi siti di smaltimento e allo stesso tempo il recupero dei rifiuti ha subito un incremento maggiore del 30% dal 2003 ad oggi. In Italia sono operativi più di 120 impianti di trattamento meccanico-biologico (TMB) e circa 50 impianti di incenerimento e ciò nonostante una parte dei rifiuti urbani prodotti in Italia viene esportata per l'incenerimento in Germania. Alla luce di queste premesse gli autori hanno analizzato in dettaglio il mercato italiano sulla gestione dei rifiuti urbani. Questo studio aggiornato include un'analisi di dettaglio basata sulle nostre conoscenze del mercato supportate da una specifica indagine appositamente condotta. Esso offre dati e informazioni aggiuntive sugli impianti di incenerimento, di trattamento meccanico-biologico e di utilizzo termico del CDR (combustibile derivato dai rifiuti) che sono attualmente in costruzione, pianificati o in fase di studio. Cfr. anche paragrafo 2.2.1. di questo Documento.

## BIBLIOGRAFIA (PER LA REDAZIONE DELLA SECONDA PARTE)

### Norme

- Decreto 29 gennaio 2007 - Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del Mare - Emanazione di linee guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili in materia di gestione dei rifiuti, per le attività elencate nell'allegato I del decreto legislativo 18 febbraio 2005, n. 59. (Suppl. Ordinario n. 133); in particolare:

- *Linee guida recanti i criteri per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili ex art. 3, comma 2 del decreto legislativo 372/99 – Linee guida relative ad impianti esistenti per le attività rientranti nelle categorie IPCC: 5 Gestione dei rifiuti (Impianti di incenerimento)*

### Testi e documenti

EUROPEAN IPPC Bureau: *Reference Document on Best Available Techniques for Waste Incineration*, July 2005

NUOVO COLOMBO: *Manuale dell'ingegnere - 84a edizione*, 2003; Hoepli Editore

MARTINO, ZAGAROLI, RIVA: *Nuove esperienze industriali di valorizzazione energetica dei rifiuti urbani. Il caso della gassificazione*.

JUNIPER CONSULTANCY SERVICES LTD –*Gasification processes for generating syngas* – Luglio 2009

Mininni G., De Stefanis P., Barni E., Chirone R., Urciuolo M., *New technologies for MSW thermal treatment: the state of the art. Proceedings of "XXXI Combustion Meeting"*, Turin (I) 17-20 June 2008, pp III 3, 1-III 3, 6.

A.A.V.V., ENEA e le tecnologie per la gestione sostenibile dei rifiuti. Dossier ENEA, 2008

INTEGRATED WASTE MANAGEMENT BOARD – State of California - *Draft Final Report: Evaluation of Conversion Technology - Processes and Products* - September 2004

CSIRO Energy Technology - *Review of small scale waste to energy conversion systems iea bioenergy agreement* - Task 36 - Work topic 4 - March, 2004

### Siti

<http://didattica.dma.unifi.it>

<http://www.amb.polimi.it>

<http://www.det.cnr.it> - *Il ciclo integrato dei rifiuti in Campania: prospettive e possibilità reali di applicazione* Consiglio Nazionale delle Ricerche - Dipartimento Energia e Trasporti – commissione di studio sull'eprobematiche del ciclo di smaltimento dei rifiuti –11/06/08

<http://www.trm.to.it> - TRM trattamento rifiuti metropolitani – Torino

### Convegni

- La gestione integrata dei rifiuti: ricerche, tecnologie e aspetti gestionali – Latina, 28 maggio 2009 (intervento di Pasquale De Stefanis – ENEA - Dipartimento Ambiente, Cambiamenti Globali e Sviluppo Sostenibile)

- 63° Corso di aggiornamento in Ingegneria Sanitaria- Ambientale, 2008 del Politecnico di Milano

- Consiglio Nazionale delle Ricerche - Dipartimento Terra e Ambiente - *La ricerca per la gestione dei rifiuti secondo gli standard europei* - 15 aprile 2009 – Roma (intervento di Pasquale De Stefanis – ENEA

- Dipartimento Ambiente, Cambiamenti Globali e Sviluppo Sostenibile)

- *Per una gestione sostenibile dei rifiuti: tecnologie a confronto* – Bologna 9 luglio 2007 – (intervento di Pasquale De Stefanis – ENEA - Dipartimento Ambiente, Cambiamenti Globali e Sviluppo Sostenibile)



## **ALLEGATI ALLA PRIMA PARTE**

Allegato 1 – Criteri per individuare le tecnologie

Allegato 1. 1 – Schede descrittive delle tecnologie individuate

Allegato 1. 2 – Schede descrittive delle tecnologie individuate - comparazione

Allegato 1. 3 – Foto dei sopralluoghi effettuati

Allegato 1. 4 - Segretezza

## **ALLEGATI ALLA SECONDA PARTE**

Allegato 1. bis – Criteri per individuare le tecnologie innovative di trattamento dei rifiuti urbani quali tecnologie di gassificazione o equivalenti

Allegato 1. 1. bis – Schede descrittive delle tecnologie individuate – tecnologie di gassificazione o equivalenti

Allegato 1. 2. bis – Schede descrittive delle tecnologie individuate – Comparazione - tecnologie di gassificazione o equivalenti

Allegato 1. 3. bis – Segretezza – tecnologie di gassificazione o equivalenti