

Commissione altamente specializzata per la scelta delle migliori tecnologie per la  
realizzazione di un impianto di valorizzazione dei rifiuti costituita con  
DGP n. 971 - 348920 del 26 luglio 2005

**Rosanna Laraia, Fulvia Chiampo, Jörg Krüger**

**ANALISI E COMPARAZIONE DELLE TECNOLOGIE PIÙ IDONEE PER IL  
SECONDO IMPIANTO DI TRATTAMENTO AREA NORD DEI RIFIUTI  
URBANI, ASSIMILATI E FANGHI DELLA PROVINCIA DI TORINO**

**Torino, 3 giugno 2006**

## Indice

Premessa .....	4
1 I CRITERI PER LA SCELTA DEL SISTEMA DI TRATTAMENTO .....	6
2 INQUADRAMENTO NORMATIVO.....	9
2.1 La normativa nazionale .....	9
2.2 La normativa in materia di discariche: il D.Lgs. 36/2003 ed il DM 3 agosto 2005 .....	9
2.3 Il D.Lgs. 29 dicembre 2003, n. 387 .....	10
2.4 Il D.Lgs.133/2005.....	12
2.5 Il D.Lgs. 59/2005 di attuazione della direttiva 96/61/CE .....	17
2.6 Il D.Lgs. 152/2006 di riordino della legislazione ambientale .....	19
2.7 Le nuove modalità di affidamento del servizio di gestione integrata dei rifiuti urbani .....	24
2.8 Il quadro legislativo regionale .....	25
3 STATO DELL'ARTE DEL TRATTAMENTO DI RU.....	29
3.1 Gli impianti di trattamento meccanico biologico.....	29
3.2 La digestione anaerobica dei rifiuti urbani .....	31
3.3 Il trattamento termico a livello comunitario e nazionale .....	32
4 LE TECNOLOGIE DI TRATTAMENTO .....	35
5 I PRETRATTAMENTI BIOLOGICI .....	36
5.1 La digestione anaerobica .....	42
5.2 Il bioreattore attivato.....	45
6 TRATTAMENTI TERMICI .....	47
6.1 Incenerimento .....	47
6.2 Gassificazione.....	48
6.3 Pirolisi .....	51
6.4 Impianti per gassificazione e pirolisi .....	54
6.5 Distruzione al plasma .....	55
6.6 Considerazioni generali.....	56
6.7 Costi e confronto economico dei sistemi .....	60
6.8 Inceneritori a griglia.....	64
6.9 Inceneritori a tamburo rotante .....	67
6.10 Inceneritori a letto fluidizzato.....	68
6.11 Postcombustione.....	70
6.12 Recupero energetico.....	70
6.13 Trattamenti dei fumi .....	73
6.14 Particolato solido.....	74
6.15 Gas a comportamento acido .....	75
6.16 Metalli pesanti .....	77
6.17 Policlorodibenzodiossine e policlorodibenzofurani.....	77
6.18 Emissioni e consumi .....	78
7 L'AGGIORNAMENTO DEL PROGRAMMA PROVINCIALE DI GESTIONE DEI RIFIUTI ED I FLUSSI DA GESTIRE NELL'IMPIANTO DELL'AREA NORD.....	81
7.1 Flussi di rifiuti da gestire nell'area Nord.....	82
8 INDIVIDUAZIONE DELLA TECNOLOGIA DA ADOTTARE PER L'IMPIANTO DELL'AREA NORD.....	89
8.1 Trattamento meccanico biologico.....	89
8.2 Digestione anaerobica .....	91

8.3	Forno di incenerimento .....	92
8.4	Recupero energetico.....	95
8.5	Depurazione dei fumi .....	96
8.6	Emissioni solide .....	98
8.7	Emissioni liquide .....	102
9	ASPETTI GESTIONALI DELL'INCENERIMENTO DI RIFIUTI SOLIDI NON PERICOLOSI.....	104
9.1	Ubicazione dell'impianto.....	104
9.2	Controllo dei rifiuti in ingresso .....	104
9.3	Stoccaggio dei rifiuti .....	104
9.4	Alimentazione dei rifiuti .....	105
9.5	Sistemi di monitoraggio e controllo del processo di incenerimento.....	105
9.6	Piano di monitoraggio degli impatti sull'ambiente .....	106
9.7	Sistemi di gestione ambientale.....	106
9.8	Bnechmarking .....	108
9.9	Comunicazione e informazione .....	108

## PREMESSA

Con il Protocollo d'intesa, siglato in data 6 settembre 2004 tra l'Amministrazione Provinciale di Torino, i Consorzi di Bacino (Bacino ACEA Pinerolese, Bacino 12, 13, 14, 15A, 15B, 16, 17A, 17B/D, 17C), e una serie di Amministrazioni Comunali (Comune di Torino per il Bacino 18, i comuni di Pinerolo, Chieri, Moncalieri, Rivoli, Avigliana, Settimo Torinese, Ciriè, Rivarolo Canavese e Ivrea), è stato previsto, tra l'altro, che la stessa Amministrazione Provinciale di Torino promuovesse la costituzione di una Commissione altamente specializzata allo scopo di acquisire "in un tempo massimo di due mesi, elementi utili alla scelta delle tecnologie disponibili per la realizzazione dell'impianto di termovalorizzazione di Gerbido" e del secondo impianto previsto dal Protocollo stesso.

In particolare il primo impianto di termovalorizzazione servirà i Bacini 12, 13, 14, 15 e 18, il secondo impianto servirà, invece, i Bacini 16, 17A e 17B-C-D.

La Commissione per la scelta del primo impianto è stata costituita dall'Amministrazione provinciale nei termini previsti dal Protocollo ed ha concluso i suoi lavori nel febbraio del 2005; le risultanze dei lavori sono state recepite dall'Amministrazione provinciale e riportate nell'aggiornamento del Programma Provinciale di Gestione dei Rifiuti – PPGR (Appendice 5) [1].

Così come previsto dal PPGR [2], è stata istituita una seconda commissione tecnica per l'analisi e la valutazione delle tecnologie di trattamento da utilizzare nel secondo impianto che, nella sua composizione comprende un esperto internazionale in ambito Europeo, con esperienza realizzativa sugli impianti ed operativa sulle problematiche gestionali in ordine ad emissioni, recupero energetico e deposito degli stoccaggi “

Nello specifico le attività richieste alla Commissione riguardano l'analisi e la comparazione dei sistemi di trattamento dei rifiuti urbani (RU), assimilabili (RSA) e dei fanghi di depurazione finalizzate all'individuazione della tecnologia più idonea per l'impianto di trattamento finale da localizzarsi nell'area nord della provincia di Torino.

Come evidenziato, la zona Nord comprende, secondo quanto indicato nell'aggiornamento del Piano Provinciale, i bacini 16, 17A – CISA, 17B/D – CSAC, 17C – CCA.

In particolare l'attività riguarda :

- analisi del contesto legislativo nazionale profondamente mutato negli ultimi tempi per il recepimento di importanti direttive di settore;
- valutazione dell'impatto che i nuovi orientamenti nazionali in materia di gestione dei rifiuti, espressi nel recente decreto legislativo 152/2006 di riordino della legislazione ambientale, determinano sulle scelte di pianificazione e governo del sistema provinciale di gestione;
- valutazione dell'impatto che i nuovi orientamenti nazionali in materia di gestione dei rifiuti, espressi nel decreto legislativo predisposto in attuazione della delega al governo per il riordino della legislazione ambientale, ed in via di pubblicazione potranno determinare sulle scelte di pianificazione e governo del sistema provinciale di gestione;
- analisi della legislazione e degli atti relativi alla pianificazione territoriale (aggiornamento del Programma Provinciale di Gestione dei Rifiuti - PPGR, deliberazioni regionali in materia di riduzione dei rifiuti biodegradabili in discarica);
- analisi della situazione territoriale sia in relazione ai flussi che alle caratteristiche dei rifiuti da gestire con particolare riferimento agli scenari prospettati nell'aggiornamento del PPGR;
- analisi delle soluzioni alternative ed individuazione dei criteri per la scelta della tecnologia più idonea di trattamento finale dei rifiuti,.
- analisi comparata delle tecnologie di gestione in relazione ai flussi e alla tipologia dei rifiuti da trattare;

- indicazione delle migliori tecniche di gestione relative alla tipologia impiantistica prescelta.

I membri designati a far parte della Commissione sono:

- Dott.ssa Rosanna Laraia – Responsabile del Servizio Rifiuti dell’Agenzia Nazionale per la Protezione dell’Ambiente e per i Servizi Tecnici (APAT) e membro della commissione nazionale che ha elaborato le “Linee guida per l’individuazione e l’utilizzazione delle migliori tecniche disponibili per gli impianti di incenerimento dei rifiuti”.
- Dr. Jörg Krüger – Libero professionista in Schwandorf (Germania); Ingegnere chimico con una consolidata esperienza nel campo del trattamento termico dei rifiuti (progettazione, realizzazione e gestione). Ha brevettato, a titolo personale e come dipendente della VAW, poi consorzio pubblico ZMS, numerosi strumenti/processi per il miglioramento prestazionale di impianti di incenerimento.
- Prof. Fulvia Chiampo – Professore associato di Impiantistica chimica presso la 1<sup>a</sup> Facoltà di Ingegneria del Politecnico di Torino dove in passato ha tenuto corsi di Impianti di trattamento degli effluenti inquinanti e Tecnica della sicurezza ambientale; attualmente insegna Ingegneria ambientale. E’ esperta di sistemi di trattamento e smaltimento di rifiuti solidi.

## 1 I CRITERI PER LA SCELTA DEL SISTEMA DI TRATTAMENTO

La scelta della tipologia di trattamento finale del rifiuto residuo a valle della raccolta differenziata (RD) può avvenire solo a valle di una dettagliata analisi delle quantità e delle caratteristiche dei rifiuti da trattare, dei sistemi di raccolta esistenti e delle scelte operate per la loro riorganizzazione in relazione agli obiettivi di raccolta differenziata raggiunti ed a quelli che si vogliono raggiungere a regime, delle tipologie degli impianti esistenti e delle relative capacità di trattamento.

Il sistema di trattamento deve essere inserito nell'ambito del sistema generale di gestione integrata dei rifiuti che deve essere attuato a livello di ambito territoriale ottimale (ATO).

La scelta di operare a livello di bacini di utenza sufficientemente vasti consente di proporre scelte tecnologiche non monoculturali, caratterizzate da un equilibrio tra azioni di prevenzione, riciclaggio attraverso il conferimento selezionato, recupero anche energetico delle frazioni residue, utilizzo residuale della discarica per i soli rifiuti che non possono essere, in nessun modo, avviati a circuiti di valorizzazione.

Riguardo ai flussi di rifiuti da trattare, va rilevato che, una serie di fattori rendono molto complessa una definizione completamente attendibile delle loro quantità e delle caratteristiche qualitative, anche laddove il sistema di gestione sia già strutturato e gli obiettivi fissati in materia di RD siano abbastanza vicini a quelli fissati.

Tra le diverse variabili da considerare riguardo alla produzione è il "grado di assimilazione" operato dai diversi comuni nell'ambito dei regolamenti di cui all'articolo 21 del D.Lgs.22/97; si segnala, al riguardo che a livello nazionale si stima che circa il 50% della produzione complessiva dei RU sia di provenienza non domestica, derivando da utenze artigianali, industriali e di servizio presenti nel tessuto urbano.

L'assimilazione dei rifiuti speciali ai rifiuti urbani influenza non solo le quantità complessivamente prodotte ma, anche, le caratteristiche merceologiche dei rifiuti, si pensi ai casi abbastanza frequenti di assimilazione di rifiuti di imballaggio provenienti dalla media e grande distribuzione.

La situazione riguardo ai rifiuti attualmente assimilati appare oggi modificata in maniera sostanziale dal decreto legislativo 3 aprile 2006, n.152 "Norme in materia ambientale". La nuova legge quadro in materia di rifiuti, come si chiarirà meglio nel paragrafo dedicato alla normativa, introduce, infatti, alcuni criteri molto restrittivi in materia di assimilazione.

Un'ulteriore variabile nella definizione dei flussi dei rifiuti è rappresentata dal sistema di RD adottato nei diversi contesti territoriali. Anche in questo caso i nuovi orientamenti normativi sulla definizione di RD ed sugli obiettivi da raggiungere a livello di ambiti ottimali potrebbero modificare il quadro delineato.

Numerose campagne merceologiche effettuate sul rifiuto residuo a valle dei diversi sistemi di RD documentano le significative modifiche quali quantitative del rifiuto in dipendenza delle frazioni merceologiche oggetto di raccolta separata, delle modalità di organizzazione del servizio, delle attrezzature utilizzate (cassonetto stradale, porta a porta, raccolte diversificate per le diverse categorie di utenze, raccolta monomateriale, multimateriale, combinata...).

Ad esempio la raccolta di vetro e metalli determina un incremento del potere calorifico inferiore (PCI) del rifiuto residuo, la situazione inversa si riscontra nel caso di una raccolta spinta delle frazioni cellulosiche e della plastica, la raccolta porta a porta della frazione umida è la sola in grado di ridurre la percentuale di rifiuti biodegradabili, altri tipi di raccolta, a causa dell'effetto concentrazione, determinano, viceversa, un aumento della frazione biodegradabile.

In generale le caratteristiche quali quantitative dei rifiuti variano in relazione al tipo di raccolta, alle percentuali raggiunte, al livello di risposta degli utenti del servizio, al loro grado

di informazione. Detta variabilità deve necessariamente fare optare per un sistema di gestione del rifiuto residuo flessibile ed in grado di adattarsi a livelli di raccolta differenziata modificabili nel tempo.

Nel caso di riferimento la scelta della tecnologia di trattamento più idonea va operata prendendo in esame i seguenti fattori:

- la compatibilità con le norme di legge, con i nuovi orientamenti normativi, con le indicazioni del Piano regionale e del PPGR
- la flessibilità e la sicurezza da assicurare all'intero sistema di gestione, sia rispetto alla necessità di ridurre lo smaltimento in discarica che a quella di garantire l'autosufficienza su scala provinciale
- l'affidabilità tecnologica
- la sostenibilità ambientale in termini di riduzione degli impatti generati dall'impianto compresi eventuali pretrattamenti
- la sostenibilità economica in relazione alle risorse necessarie per realizzazione dell'impianto e per la gestione completa del sistema.

Per quanto attiene al primo punto sarà necessario garantire:

- il raggiungimento degli obiettivi in materia di raccolta differenziata;
- il rispetto delle limitazioni previste per lo smaltimento in discarica e per l'incenerimento (riduzione del contenuto di frazione organica biodegradabile, P.C.I., composizione chimica del rifiuto, recupero energetico).

Riguardo al punto due sarà necessario privilegiare scelte impiantistiche che, grazie alla loro flessibilità, consentano di adattarsi a livelli non sempre costanti di raccolta differenziata ed in generale alla variabilità di composizione chimico – fisica del rifiuto.

Relativamente alla affidabilità tecnologica il sistema di trattamento dovrà contemplare l'utilizzo di tecnologie "consolidate" che non creino problemi sia in termini di realizzazione che di gestione .

Ai fini della sostenibilità ambientale sarà necessario fare un bilancio complessivo, valutando gli impatti determinati dalle emissioni generate dalle diverse fasi del ciclo di gestione dei rifiuti. Accanto alle emissioni dirette andranno valutate le emissioni indirette (consumi di energia elettrica) e quelle evitate per effetto del recupero di materiali ed energia.

Riguardo alla sostenibilità economica sarà necessario valutare i costi di investimento relativi sia al trattamento che allo smaltimento e i relativi costi di gestione.

In ogni caso appare chiaro che le tecnologie da preferirsi, fermo restando l'affidabilità e la qualità dei sistemi e delle apparecchiature utilizzate e, tenendo conto di quanto detto in merito alla variabilità del rifiuto residuo, sono quelle che garantiscono elevate prestazioni anche in presenza di rifiuti con caratteristiche non sempre omogenee sia in termini di potere calorifico che di contenuto di sostanze biodegradabili, di inerti, o di altre frazioni merceologiche.

La tecnologia da scegliere e le tecniche da adottare nell'esercizio degli impianti devono sempre fare riferimento alle migliori tecniche disponibili in grado di minimizzare e/o contenere le emissioni nei diversi comparti ambientali (aria, acqua, suolo)

Le migliori tecniche sono quelle individuate nei relativi Documenti Europei "Waste Incineration" [3] e "Waste Treatment" [4] e nelle relative "Linee Guida nazionali per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili per gli impianti di gestione dei rifiuti" elaborate ai sensi dell'articolo 3 del D.Lgs.372/99.

Dette Linee guida sono state approvate dalla Conferenza Stato Regioni e dovrebbero, in tempi brevi, essere adottate con decreto del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio ai sensi dell'articolo 4 del D.Lgs. 59/2005 di integrale recepimento della direttiva 96/61/CE sulla prevenzione e controllo integrato dell'inquinamento".

**Documenti Europei di Riferimento (Brefs) e Linee Guida sono documenti che devono essere tenuti in conto dagli Enti autorizzatori nel momento di definire le Migliori Tecniche Disponibili, sia in casi generali che specifici.**

Il D.Lgs. 59/2005, che verrà più estesamente descritto di seguito, ha abrogato il D.Lgs.372/99.

## **2 INQUADRAMENTO NORMATIVO**

### **2.1 La normativa nazionale**

Molte sono le novità normative intervenute nell'ultimo anno destinate ad incidere profondamente sul ciclo di gestione dei rifiuti e sulla stessa pianificazione territoriale. Di seguito si fornisce un quadro sintetico dei principali provvedimenti compreso il citato decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 di riordino dell'intera legislazione in materia di rifiuti.

### **2.2 La normativa in materia di discariche: il D.Lgs. 36/2003 ed il DM 3 agosto 2005**

La vigente normativa in materia di discariche, è in grado di svolgere un ruolo determinante nell'innovazione del sistema di gestione che incentivi il riciclaggio dei materiali e la valorizzazione energetica dei rifiuti.

Le rigide prescrizioni tecniche relative alla realizzazione e gestione di nuove discariche, cui anche quelle esistenti dovranno adeguarsi, e la nuova disciplina sui prezzi di smaltimento riequilibreranno, infatti, i costi di allocazione in discarica rispetto ai costi relativi ad altre forme di smaltimento e/o recupero.

Il costo dello smaltimento in discarica risulta essere infatti, al momento attuale, troppo basso rispetto ad altre forme di gestione, compreso l'incenerimento, in quanto non rispecchia i costi reali associati con il suo esercizio.

Con la nuova normativa, invece, i prezzi che i gestori dovranno applicare per lo smaltimento di qualsiasi tipo di rifiuto dovranno coprire tutti i costi derivanti, non solo dalla realizzazione dell'impianto e dal suo esercizio, ma anche quelli sostenuti per la prestazione della garanzia finanziaria, per la chiusura e la successiva gestione "post mortem" che dovrà protrarsi per un periodo non inferiore ai 30 anni.

Anche i rigidi criteri relativi all'ammissibilità dei rifiuti in discarica, introdotti dal DM 13 marzo 2003 ed integrati dal DM 3 agosto 2005 che ha abrogato il precedente decreto e trasposto integralmente la decisione europea 2003/33/CE, imporrà a molte tipologie di rifiuti forme di smaltimento alternative alla discarica.

In particolare il nuovo decreto, in conformità al dettato comunitario, fissa le caratteristiche che i rifiuti dovranno possedere per essere ammessi nelle tre diverse tipologie di discarica (discariche per rifiuti inerti, per rifiuti non pericolosi e per rifiuti pericolosi).

Tutti i rifiuti dovranno essere caratterizzati dal punto di vista chimico-fisico secondo analisi standard e, sottoposti a test di eluizione, dovranno avere un eluato conforme ai limiti fissati per una serie di parametri chimici.

Solo se i rifiuti soddisfano, in base alle loro caratteristiche di base, i criteri di ammissibilità per una categoria di discarica, potranno essere ammessi nella corrispondente categoria di discarica. La mancata conformità ai criteri comporta, invece, l'inammissibilità dei rifiuti a tale categoria.

Significative sono le restrizioni che riguardano il contenuto di sostanze organiche nei rifiuti ammessi in discarica, determinato dai parametri TOC (carbonio organico totale) e DOC (carbonio organico disciolto); molte tipologie di rifiuti (vedi fanghi di depurazione) in base a tali parametri non saranno più smaltibili in discarica e, di conseguenza, dovranno essere avviati ad altre forme di gestione.

Va detto che, le autorità territorialmente competenti potranno, comunque, autorizzare, anche per settori confinati, sottocategorie di discariche per rifiuti non pericolosi così definite:

- discariche per rifiuti inorganici a basso contenuto organico o biodegradabile;
- discariche per rifiuti in gran parte organici da suddividersi in discariche considerate bioreattori con recupero di biogas e discariche per rifiuti organici pretrattati;
- discariche per rifiuti misti non pericolosi con elevato contenuto sia di rifiuti organici o biodegradabili che di rifiuti inorganici, con recupero di biogas.

I relativi criteri di ammissibilità per queste sottocategorie di discariche saranno individuate dalle stesse autorità in sede di rilascio dell'autorizzazione, stabiliti caso per caso sulla base delle caratteristiche dei rifiuti, della valutazione del rischio di emissioni della discarica e dell'idoneità del sito.

I criteri di ammissibilità introdotti dal DM 3 agosto 2005 saranno operativi solo dal 1° gennaio 2007, a causa di due leggi intervenute successivamente che hanno prorogato i criteri di ammissibilità di cui alla deliberazione 27 luglio 1984 fino al 31 dicembre 2006 (vedi D.L. 30 settembre 2005 n. 203 "Misure di contrasto all'evasione fiscale e disposizioni urgenti in materia tributaria e finanziaria" convertito in legge, con modificazioni, dall'art. 1, Legge 2 dicembre 2005, n. 248).

Sempre dal 1° gennaio 2007, sarà vietato smaltire in discarica rifiuti con un potere calorifico inferiore > 13.000 kJ/kg; tale disposizione che riguarda in particolare il combustibile derivato da rifiuti (CDR) e, in alcuni casi, la frazione secca dei rifiuti derivante da impianti di trattamento meccanico biologico, imporrà la ricerca di forme alternative di trattamento ed in particolare il recupero energetico.

Importanti sono, poi, le disposizioni contenute nell'articolo 5 del D.Lgs 36/2003, relative agli obiettivi di progressiva riduzione del conferimento in discarica della frazione biodegradabile di rifiuti urbani, da raggiungersi a livello degli ambiti territoriali ottimali, o qualora questi ultimi non siano costituiti, a livello provinciale .

Gli obiettivi di riduzione fissati sono:

- entro il 2008, i rifiuti urbani biodegradabili allocati in discarica dovranno essere inferiori a 173 kg/anno per abitante;
- entro il 2011, i rifiuti urbani biodegradabili dovranno essere inferiori a 115 kg/anno per abitante;
- entro il 2018, i rifiuti urbani biodegradabili dovranno essere inferiori a 81 kg/anno per abitante.

Per il raggiungimento di tali obiettivi ciascuna regione doveva redigere ed approvare, entro il 27 marzo 2004, un apposito programma per la riduzione dei rifiuti biodegradabili da collocare in discarica ad integrazione del Piano regionale di gestione dei rifiuti, contenente l'indicazione degli strumenti e delle modalità di trattamento (riciclaggio, trattamento aerobico e/o anaerobico, recupero di energia) necessari per il raggiungimento degli obiettivi fissati dalla normativa.

### **2.3 Il D.Lgs. 29 dicembre 2003, n. 387**

Il D.Lgs. 387/2003 di "attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità" traspone nell'ordinamento nazionale la direttiva in questione.

La direttiva 2001/77/CE ha come finalità principale di garantire una maggiore penetrazione sul mercato a medio termine dell'elettricità prodotta da fonti energetiche rinnovabili attraverso la fissazione di obiettivi nazionali di consumo di energia elettrica prodotta da tali fonti che dovranno essere compatibili con gli impegni nazionali assunti nel contesto degli obblighi in materia di cambiamenti climatici contratti dalla Comunità con il Protocollo di Kyoto.

Le principali misure nazionali per promuovere l'aumento del consumo di energia elettrica da fonti rinnovabili sono costituite, oltre che dalle disposizioni dello stesso D.Lgs. 387/2003,

anche dal D.Lgs.79/1999, e dalle azioni insorgenti dall'attuazione della legge 120/2002 di ratifica del Protocollo di Kyoto.

In particolare il D.Lgs.79/99 introduce l'obbligo, a carico dei grandi produttori e importatori di energia elettrica prodotta da fonti non rinnovabili, di immettere nella rete elettrica, a decorrere dal 2002, una quota minima di elettricità prodotta da impianti alimentati a fonti rinnovabili entrati in esercizio dopo il 1 aprile 1999. La quota è stata fissata nel 2% della produzione eccedente i 100 GWh prodotti e/o importati al netto delle esportazioni. Con il D.Lgs.387/2003 viene stabilito un incremento di 0,35 punti percentuali ogni anno per il triennio 2004-2006; il Ministro delle attività produttive, con propri decreti emanati di concerto con il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio, sentita la Conferenza unificata, dovrà stabilire gli ulteriori incrementi della medesima quota minima, per il triennio 2007-2009 e per il triennio 2010-2012.

Secondo il D.Lgs.387/2003 sono da intendersi come "fonti energetiche rinnovabili", quelle non fossili ed, in particolare, l'eolica, la solare, la geotermica, del moto ondoso, la maremotrice, l'idraulica, la biomassa, il gas di discarica, i gas residuati dai processi di depurazione ed il biogas.

In particolare la "biomassa" viene definita come la parte biodegradabile dei prodotti, rifiuti e residui provenienti dall'agricoltura (comprendente sostanze vegetali e animali), dalla silvicoltura e dalle industrie connesse, nonché la parte biodegradabile dei rifiuti industriali e urbani.

L'articolo 17, tuttavia, include tra le fonti energetiche rinnovabili e, di conseguenza, le ammette a beneficiare del regime ad esso riservato, anche la frazione non biodegradabile ed i combustibili derivati dai rifiuti disciplinati dai decreti previsti dagli articoli 31 e 33 del D.Lgs.22/97 (DM 5 febbraio 1998 e DM 12 giugno 2002, n. 161), e dalle norma tecnica UNI 9903-1, relativa ai combustibili solidi non minerali ricavati da rifiuti individuati.

In tal modo viene estesa agli impianti alimentati da rifiuti, ivi incluse le centrali ibride (cioè le centrali che producono energia elettrica utilizzando sia fonti rinnovabili, che fonti non rinnovabili), la possibilità di accedere agli incentivi previsti dalla direttiva 2001/77/CE.

Lo stesso articolo 17 prevede l'adozione, da parte del Ministro delle attività produttive di concerto con il Ministro dell'ambiente, di un decreto che individui gli ulteriori rifiuti e combustibili derivati dai rifiuti ammessi a beneficiare del regime giuridico riservato alle fonti rinnovabili.

In attuazione dell'articolo 17 del D.Lgs. 387/2003 è stato emanato il DM 5 maggio 2006 *"Individuazione dei rifiuti e dei combustibili derivati dai rifiuti ammessi a beneficiare del regime giuridico riservato alle fonti rinnovabili"* (pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale del 31 maggio 2006, n.125).

Il nuovo decreto include nell'elenco dei rifiuti assimilati alle fonti rinnovabili, anche i rifiuti di origine urbana, per i quali verrà esteso il diritto ad accedere ai certificati verdi con le modalità di cui all'articolo 11 del citato D.Lgs.79/1999 e successive modificazioni e aggiornamenti, con particolare riguardo a quanto disposto dal decreto previsto dall'articolo 20, comma 8 del D.Lgs.387/2003.

L'individuazione dei rifiuti ammessi al regime delle fonti rinnovabili è stata effettuata sulla base dell'elenco europeo dei rifiuti, distinguendo due categorie di rifiuto:

a) la prima categoria (allegato 1, sub allegato A) include i rifiuti ammessi direttamente a beneficiare del regime giuridico riservato alle fonti rinnovabili in quanto, anche in considerazione dell'attuale destinazione finale, la valorizzazione energetica viene considerata forma elettiva di gestione nel rispetto della gerarchia comunitaria;

b) la seconda categoria (allegato 1, sub allegato B), include i rifiuti che potranno beneficiare dei certificati verdi solo sulla base di uno o più accordi di programma che, entro 90 giorni dalla data di entrata in vigore del decreto, saranno conclusi dal Ministro delle attività produttive e dal Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio con le associazioni maggiormente rappresentative dei soggetti che effettuano raccolta differenziata e selettiva di

questi rifiuti, con i soggetti che effettuano il riutilizzo e il riciclo ed i soggetti che esercitano impianti di valorizzazione energetica dei medesimi rifiuti. L'accordo è finalizzato alla individuazione di specifiche tipologie di rifiuti, incluse nell'allegato 1, sub allegato B, per le quali sono definiti termini, condizioni e modalità per la destinazione dei medesimi rifiuti alle attività di riutilizzo, riciclo e valorizzazione energetica, nel rispetto della gerarchia comunitaria di trattamento. La stipula degli accordi è subordinata all'intesa con la Conferenza unificata .

I rifiuti indicati nell'allegato 1 sub allegato B potranno beneficiare del regime giuridico delle fonti rinnovabili senza essere inclusi in accordi di programma, qualora soddisfino le seguenti condizioni:

- siano utilizzati per recupero di energia nello stesso sistema produttivo locale o distretto industriale nel quale sono stati prodotti;
- siano utilizzati per recupero di energia gli scarti ed i sovralli provenienti dal trattamento dei rifiuti, finalizzato al recupero di materia tramite le operazioni di recupero comprese dal punto R2 al punto R9 dell'allegato C alla parte quarta del decreto legislativo 3 aprile 2006, n.152.

Il decreto stabilisce anche che i valori limite di emissione consentiti per tutte le tipologie di impianti che utilizzano i rifiuti ammessi a beneficiare del regime delle fonti rinnovabili sono quelli fissati dal D.Lgs.133/2005 di recepimento della direttiva 2000/76/CE in materia di incenerimento dei rifiuti.

## **2.4 Il D.Lgs.133/2005**

Il 15 luglio 2005 (G.U. n. 163) è stato pubblicato il decreto legislativo 11 maggio 2005, n. 133 "Attuazione della direttiva 2000/76/CE in materia di incenerimento dei rifiuti". Il suo iter di approvazione è stato molto lungo e travagliato e, per questo motivo, la direttiva viene trasposta nell'ordinamento nazionale con oltre due anni di ritardo rispetto ai termini fissati dall'Europa.

Il provvedimento, in conformità a quanto disposto dalla direttiva, rappresenta un testo unico in materia di incenerimento di rifiuti, regolamentando in maniera completa l'incenerimento ed il coincenerimento dei rifiuti pericolosi e non pericolosi a partire dalla realizzazione degli impianti comprendendo, anche, le diverse fasi dell'attività di incenerimento dal momento della ricezione dei rifiuti fino allo smaltimento dei residui.

A tal fine non dovevano più trovare applicazione, a partire dal 28 dicembre 2005, la previgente normativa in materia, rappresentata dal decreto 19 novembre 1997, n. 503 e dal decreto 25 febbraio 2000, n. 124. Tale termine è stato prorogato dall'articolo 22 del D.L. 30/12/2005 n. 273 "Definizione e proroga di termini, nonché conseguenti disposizioni urgenti.(G.U. 30 dicembre 2005, n. 303)" al 28 febbraio 2006.

Il D.Lgs.133/2005 disciplina, inoltre, anche il coincenerimento dei prodotti trasformati derivati dai materiali di categoria 1, 2 e 3 di cui al regolamento (CE) n. 1774/2002, fornendo i requisiti, le modalità di esercizio e le prescrizioni cui gli impianti dovranno ottemperare.

L'obiettivo della direttiva 2000/76/CE e, quindi, del decreto di recepimento è quello di definire un quadro organico ed omogeneo di riferimento per tutte le attività di trattamento termico dei rifiuti indipendentemente dal loro contenuto di sostanze pericolose con lo scopo di evitare o di limitare, per quanto possibile, gli effetti negativi sull'ambiente derivanti dall'incenerimento e dal coincenerimento dei rifiuti, ed in particolare l'inquinamento dovuto alle emissioni nell'atmosfera, nel suolo, nelle acque superficiali e sotterranee nonché i rischi per la salute umana.

Per il conseguimento di tale obiettivo vengono previsti l'adozione di rigorose condizioni di esercizio e prescrizioni tecniche per gli impianti, nonché di valori limite di emissione assai restrittivi sia per l'incenerimento che per il coincenerimento dei rifiuti.

I valori limite stabiliti dovrebbero prevenire o limitare, per quanto praticabile, gli effetti dannosi per l'ambiente e i relativi rischi per la salute umana.

La nuova normativa regolamerà in modo dettagliato anche il coincenerimento che viene assoggettato a specifica disciplina con l'obiettivo di garantire che il trattamento termico dei rifiuti effettuato in impianti non destinati in primo luogo a tale scopo non provochi emissioni più elevate di sostanze inquinanti rispetto a quelle derivabili da impianti dedicati di incenerimento.

In particolare le disposizioni riguardano:

- i valori limite di emissione;
- i metodi di campionamento, di analisi e di valutazione degli inquinanti derivanti dagli impianti di incenerimento e di coincenerimento dei rifiuti;
- i criteri e le norme tecniche riguardanti le caratteristiche costruttive, funzionali e gestionali degli impianti di incenerimento e di coincenerimento, con particolare riferimento alle esigenze di assicurare una protezione integrata dell'ambiente contro le emissioni causate da detti impianti;
- i criteri temporali di adeguamento degli impianti alle nuove disposizioni.

In particolare, gli articoli 4 e 5 disciplinano rispettivamente le modalità per la concessione dell'autorizzazione alla costruzione e all'esercizio rispettivamente degli impianti di incenerimento e di coincenerimento.

Per gli impianti di incenerimento, viene, in primo luogo, operata una distinzione tra gli impianti assoggettati all'autorizzazione integrata ai sensi del recente decreto legislativo 18 febbraio 2005, n.59 sulla prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento (IPPC) e quelli non assoggettati a tale regime e, di conseguenza, sottoposti alle procedure autorizzative di cui al D.Lgs.22/97 (articoli 27 e 28).

Esiste, quindi, un regime procedurale e tecnico differente a seconda che gli impianti ricadano o meno nel campo di applicazione dell'Autorizzazione Integrata Ambientale<sup>1</sup> (AIA), fermo restando, comunque, il rispetto dei valori limite e delle prescrizioni tecniche fissate dal decreto incenerimento.

Come si chiarirà di seguito il decreto legislativo 59/2005, recepisce integralmente la direttiva 96/61/CE sulla prevenzione e controllo integrato dell'inquinamento (IPPC), prevedendo l'estensione della disciplina IPPC anche agli impianti nuovi e a quelli soggetti a modifiche sostanziali.

Come previsto dalla direttiva 2000/76/CE, il D.Lgs.133/2005 fa, quindi, salve le disposizioni della direttiva IPPC, per cui un impianto ricadente nell'ambito di applicazione di detta disciplina, dovrà necessariamente richiedere l'AIA seguendo l'iter procedurale fissato dal D.Lgs. 59/2005 ed adottare le migliori tecniche disponibili (MTD o più generalmente BAT - Best Available Techniques), stabilite nell'ambito delle linee guida emanate con decreto dei Ministri dell'ambiente e tutela del territorio, delle attività produttive e della salute, ai sensi dell'articolo 4 dello stesso D.Lgs.59/2005.

Come è noto l'AIA produce un effetto sostitutivo rispetto alle altre autorizzazioni ambientali indicate in maniera esemplificativa e non esaustiva nell'allegato 2 al decreto; tra le

---

<sup>1</sup> Gli impianti di incenerimento assoggettati ad AIA sono: 1) Impianti di incenerimento dei rifiuti urbani con una capacità superiore a 3 tonnellate all'ora e 2) Impianti per l'eliminazione di rifiuti pericolosi, con capacità di oltre 10 tonnellate al giorno

autorizzazioni, in ogni caso, sostituite figurano quelle di interesse degli impianti di incenerimento e coincenerimento dei rifiuti e relative alla realizzazione ed esercizio degli impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti (articoli 27 e 28 del D.Lgs.22/97), alle comunicazioni (articoli 31 e 33 del D.Lgs.22/97), alle emissioni in atmosfera (D.P.R. 24 maggio 1988, n. 203) e agli scarichi idrici (D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152).

Quanto detto in merito al nuovo sistema autorizzativo degli impianti di incenerimento evidenzia come essi non possano più accedere alle procedure semplificate e, di qui, la necessità di prevedere un regime transitorio per quelli operanti secondo dette procedure (articolo 21) al fine di consentire il proseguimento dell'attività in attesa del rilascio della nuova autorizzazione.

Più articolato è il sistema autorizzativo riguardante gli impianti di coincenerimento ; esiste anche in questo caso la distinzione tra impianti assoggettati ad AIA ed al suo iter procedurale ed impianti sottoposti al regime ordinario di cui agli articoli 27 e 28 del D.Lgs.22/97.

Vanno, inoltre, considerati gli impianti rientranti nell'ambito di applicazione dell'art 17, del citato D.Lgs. n. 387 del 2003 e quelli sottoposti alle procedure semplificate di cui agli articoli 31 e 33 del citato D.Lgs.22/97.

Nel primo caso, il decreto rinvia espressamente al procedimento di rilascio dell'autorizzazione unica previsto dall'art. 12 dello stesso D.Lgs.387/2003; riguardo alle procedure semplificate ne viene previsto l'accesso anche per i nuovi impianti di coincenerimento, qualora non siano assoggettati alla normativa IPPC e non utilizzino rifiuti pericolosi.

La nuova disciplina si differenzia, comunque, per alcuni aspetti dalla procedura prevista dall'articolo 33 del D.Lgs.22/97; infatti, pur se semplificata e con termini più brevi rispetto a quelli ordinari, richiede un maggiore controllo da parte dell'autorità competente in considerazione del fatto che si tratta di operazioni di gestione dei rifiuti potenzialmente pericolose sul piano ambientale e prevede, inoltre, la possibilità per la regione di richiedere la prestazione di adeguata garanzia finanziaria a suo favore.

Tutti gli impianti sia di incenerimento che di coincenerimento, esistenti al momento dell'entrata in vigore del decreto si sarebbero dovuti adeguare alle nuove disposizioni entro il 28 dicembre 2005 (termine fissato dall'articolo 20 della direttiva 2000/76/CE).

Le domande di autorizzazione dovranno, in base alla nuova disciplina, contenere una descrizione delle misure previste per garantire che:

- l'impianto sia progettato e gestito in maniera conforme alle prescrizioni del decreto ed, in particolare, siano rispettati i requisiti dell'Allegato 1 per gli impianti di incenerimento e dell'Allegato 2 per quelli di coincenerimento;
- il calore generato durante il processo di incenerimento e di coincenerimento sia, per quanto possibile, recuperato attraverso, ad esempio, la produzione combinata di calore ed energia, la produzione di vapore industriale o il teleriscaldamento,
- i residui derivanti dal trattamento termico siano ridotti al minimo in quantità e nocività e, ove possibile, siano riciclati o recuperati in conformità alle disposizioni del D.Lgs.22/97;
- lo smaltimento dei residui che non possono essere riciclati o recuperati sia effettuato conformemente al D.Lgs.22/97;
- le tecniche di misurazione per le emissioni negli effluenti gassosi e nelle acque di scarico siano conformi ai requisiti fissati dagli Allegati al decreto.

L'autorizzazione concessa dall'autorità competente dovrà tra l'altro riportare, per entrambe le tipologie di impianti (incenerimento e coincenerimento), le categorie di rifiuti che possono essere trattati con l'indicazione dei relativi codici dell'elenco europeo dei rifiuti, la capacità nominale e il carico termico dell'impianto e le quantità autorizzate per le singole categorie dei rifiuti, i valori limite di emissione per ogni singolo inquinante, le procedure di campionamento e misurazione utilizzate per ottemperare agli obblighi di controllo periodico e sorveglianza, nonché la localizzazione dei punti di campionamento e misurazione. Sono inoltre riportate le modalità e la frequenza dei controlli programmati per accertare il rispetto delle condizioni e

delle prescrizioni contenute nell'autorizzazione, da effettuarsi da parte delle agenzie regionali e provinciali per la protezione dell'ambiente, con oneri a carico del gestore.

Nel caso di trattamento termico di rifiuti pericolosi, al fine di garantire un maggiore controllo, l'autorizzazione dovrà indicare anche le quantità ed i poteri calorifici inferiori minimi e massimi delle diverse tipologie di rifiuti trattati, i loro flussi di massa minimi e massimi, e il contenuto massimo di inquinanti quali, per esempio PCB/PCT e PCP, cloro totale, fluoro totale, zolfo, metalli pesanti.

Importante è la disposizione che prevede che la dismissione degli impianti sia di incenerimento che di coincenerimento debba avvenire nelle condizioni di massima sicurezza e che il sito debba essere bonificato e ripristinato ai sensi della normativa vigente

In considerazione della particolarità dell'attività di trattamento termico dei rifiuti e dei possibili impatti ambientali causati da impianti non idonei, per una maggior garanzia in termini ambientali viene disposto che, prima dell'inizio delle operazioni di incenerimento e/o coincenerimento, l'autorità competente verifichi che l'impianto soddisfi tutte le condizioni e le prescrizioni contenute nell'atto autorizzativo. L'esito favorevole della verifica non comporta, comunque, minori responsabilità a carico del gestore.

Con lo scopo di promuovere sistemi di certificazione ambientale, quali la registrazione EMAS, come già disposto per gli impianti di discarica con il D.Lgs.36/2003, viene previsto che nel caso in cui un impianto risulti registrato ai sensi del regolamento 761/01/CE, il rinnovo dell'autorizzazione venga effettuato ogni 8 anni.

Significative sono le novità introdotte dal decreto riguardo ai valori limite di emissione in atmosfera, che sono sostanzialmente uguali a quelli del DM 124/2000 in materia di incenerimento dei rifiuti pericolosi, ma si applicano non solo agli impianti che trattano rifiuti pericolosi ma anche a quelli di rifiuti non pericolosi.

Tale approccio, ampiamente condivisibile, chiarisce che la distinzione tra rifiuti pericolosi e non pericolosi si basa essenzialmente sulle loro diverse caratteristiche prima dell'incenerimento o del coincenerimento, e non sulle emissioni provocate dalla loro combustione. All'incenerimento o al coincenerimento dei rifiuti, pericolosi e non, vanno, pertanto, applicati gli stessi valori limite di emissione, pur prevedendo tecniche e condizioni di combustione differenti e misure di controllo diverse al momento della ricezione dei rifiuti.

In particolare, l'allegato 1 al decreto, in conformità a quanto disposto dall'allegato V alla direttiva, fissa i valori limite per le emissioni in atmosfera degli impianti di incenerimento; l'allegato 2 definisce, invece, le modalità di determinazione dei valori limite per le emissioni provenienti dagli impianti di coincenerimento che dovranno essere calcolati secondo il procedimento che tiene conto della quota di emissione attribuibile alla combustione del rifiuto rispetto all'emissione totale (combustibile convenzionale + rifiuto).

Qualora, invece, più del 40% del calore liberato in un impianto di coincenerimento sia prodotto da rifiuti pericolosi o vengano inceneriti rifiuti urbani misti non trattati, i valori limite alle emissioni saranno quelli dell'allegato 1.

Una importante novità, rispetto alla previgente normativa ed in conformità con la direttiva comunitaria, riguarda l'introduzione di disposizioni specifiche per la determinazione dei valori limite alle emissioni per alcune tipologie di impianti di coincenerimento: i cementifici e i grandi impianti di combustione. In particolare il decreto fissa valori limite totali di emissione collegati alla specifica tecnologia di combustione ed indipendenti dalla quantità di rifiuti inceneriti.

Specifiche disposizioni riguardano le acque reflue provenienti dalla depurazione dei gas di scarico la cui evacuazione è assoggettata ad autorizzazione e al rispetto di specifici valori limite di emissione. Detti valori sono quelli indicati dalla direttiva 2000/76/CE e non potranno, in nessun caso, essere raggiunti dai reflui tramite diluizione. Resta fermo il divieto di scarico sul suolo, nel sottosuolo e nelle acque sotterranee.

Le disposizioni introdotte dal decreto seguono la logica dell'approccio integrato che mira a ridurre complessivamente il rilascio di sostanze inquinanti nell'ambiente terrestre, evitandone il passaggio da un comparto all'altro, in questo caso dall'atmosfera ai corpi idrici.

Il provvedimento si raccorda anche alla normativa in materia di scarichi, prevedendo, tra l'altro, che qualora le acque reflue contengano le sostanze di cui alla tabella 5 dell'Allegato V del D.Lgs.152/99, debbano essere separate dalle acque di raffreddamento, dalle acque di prima pioggia rispettando i valori limite di emissione di cui all'Allegato 1 a piè di impianto di trattamento.

Viene anche sottolineata la necessità di adottate le misure necessarie all'eliminazione ed alla riduzione dei consumi di acqua sia attraverso l'incremento del riciclo e del riutilizzo di acque reflue o di processo come quelle di raffreddamento, sia con l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili.

Rispettando, sempre, la logica dell'approccio integrato e la gerarchia comunitaria in materia di rifiuti, il decreto dispone che i residui prodotti durante il funzionamento dell'impianto di incenerimento o di coincenerimento, vengano ridotti il più possibile in termini di quantità e nocività. I rifiuti dovranno, inoltre, essere riciclati, se del caso, direttamente nell'impianto o al di fuori di esso o smaltiti nel rispetto delle disposizioni contenute nel D.Lgs.22/97.

In ogni caso, prima di determinare le modalità di gestione dei rifiuti, dovranno essere effettuate opportune prove per stabilirne le caratteristiche fisiche e chimiche, e il loro potenziale inquinante.

Particolarmente significative sono le disposizioni riguardanti l'accesso alle informazioni sui provvedimenti autorizzativi e sulla gestione degli impianti di incenerimento e coincenerimento.

Al fine di garantire un maggiore coinvolgimento dei cittadini nei processi decisionali, responsabilizzandoli e informandoli correttamente sulle scelte operate dalle amministrazioni competenti, il decreto prevede che essi ricevano le informazioni riguardanti le domande di nuove autorizzazioni per impianti di incenerimento e di coincenerimento.

Le domande dovranno, in particolare, essere accessibili in uno o più luoghi aperti al pubblico e, comunque, presso la sede del comune territorialmente competente, per un periodo adeguato, non inferiore a trenta giorni, affinché i cittadini possano esprimere le proprie osservazioni prima della decisione dell'autorità competente.

La stessa decisione, l'autorizzazione e qualsiasi suo successivo aggiornamento dovranno essere rese accessibili al pubblico.

Il gestore degli impianti di incenerimento o coincenerimento in esercizio aventi una capacità nominale di due o più tonnellate l'ora dovrà, invece, fornire all'autorità competente ed ai cittadini tutte le informazioni relative alla gestione degli stessi impianti attraverso la predisposizione di una relazione annuale sull'andamento del processo di combustione e sulle emissioni in atmosfera e nei corpi idrici.

L'autorità competente dovrà, a sua volta, redigere e rendere accessibile al pubblico l'elenco degli impianti di incenerimento e coincenerimento aventi una capacità nominale inferiore a due tonnellate l'ora.

Sempre con l'obiettivo di garantire la più ampia informazione ed un'ampia fruibilità dei dati contenuti nelle autorizzazioni rilasciate e nelle relazioni predisposte dai gestori degli impianti, il decreto prevede la loro trasmissione, da parte dell'ente competente per territorio, all'Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici (APAT).

Il decreto regola anche le modalità per l'effettuazione delle ispezioni e dei controlli da parte dell'autorità competente riguardanti l'accertamento del rispetto dei valori limite di emissione in atmosfera e in ambienti idrici, e delle condizioni e prescrizioni relative a tutte le fasi di gestione dalla ricezione dei rifiuti, al trattamento termico, al recupero e/o smaltimento dei residui. Viene, anche, chiarito che tutte le spese relative alle ispezioni e ai controlli, all'espletamento dell'istruttoria per il rilascio dell'autorizzazione e alla verifica degli impianti siano carico del titolare dell'impianto.

In conformità a quanto previsto dai criteri di delega al governo per il recepimento della direttiva, il decreto stabilisce, infine, specifiche sanzioni da comminare ai soggetti responsabili dell'esercizio di impianti di incenerimento e/o coincenerimento sia nel caso in cui

operino in assenza delle dovute autorizzazioni, sia nel caso in cui non ottemperino alle prescrizioni contenute negli atti autorizzativi.

Viene, anche, definita la responsabilità dell'operatore nei confronti del danno ambientale che potrebbe derivare da un impianto di incenerimento e/o coincenerimento; in particolare il soggetto responsabile di danno alle acque, al suolo, al sottosuolo ed alle altre risorse ambientali dovrà procedere, a proprie spese, agli interventi di messa in sicurezza, di bonifica e di ripristino ambientale delle aree inquinate e degli impianti dai quali è derivato il danno.

## **2.5 Il D.Lgs. 59/2005 di attuazione della direttiva 96/61/CE**

Il Decreto legislativo 18 febbraio 2005, n. 59, pubblicato nella G.U. del 22 aprile 2005 (supplemento ordinario 72/L) recepisce integralmente la direttiva 96/61/CE sulla prevenzione e controllo integrato dell'inquinamento (IPPC), prevedendo l'estensione della disciplina IPPC anche agli impianti nuovi e a quelli soggetti a modifiche sostanziali.

Il nuovo decreto amplia, quindi, in conformità alla direttiva 96/61/CE, il campo di applicazione dell'Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) ed, a tal fine, abroga il decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 372, che trovava applicazione per i soli impianti esistenti.

Nello specifico, il decreto 59/2005 disciplina il rilascio, il rinnovo e il riesame dell'autorizzazione integrata ambientale per le categorie di impianti elencati nell'allegato I che, a sua volta, traspone fedelmente l'allegato I della direttiva 96/61/CE; regola, inoltre, le modalità di esercizio degli impianti assoggettati all'AIA.

Una importante novità rispetto alla precedente disciplina è l'allargamento della competenza statale per il rilascio dell'Autorizzazione Integrata Ambientale.

Il decreto, infatti, individua, come autorità competente per il rilascio dell'AIA per certe categorie di impianti, il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio; si configura, in tal modo, una doppia via per la concessione dell'AIA: una statale per gli impianti elencati nell'Allegato V (tabella 1) al decreto ed una regionale per tutte le altre categorie di impianti indicate nell'Allegato I.

Con le nuove previsioni non si applica, pertanto, più il parallelismo, sancito dall'articolo 2 del D.Lgs.372/99, fra autorità deputata al rilascio dell'AIA e quella competente in materia di Valutazione di Impatto Ambientale (VIA).

La differenza più importante riguarda proprio il settore dei rifiuti; si ricorda al riguardo che la vigente disciplina sulla VIA assoggetta alla competenza statale gli "impianti di eliminazione dei rifiuti tossici e nocivi mediante incenerimento, trattamento chimico o stoccaggio a terra", mentre per il D.Lgs.59/2005 tutti gli impianti di gestione dei rifiuti sono di competenza regionale.

Per l'istruttoria e la consulenza tecnica connesse al rilascio dell'AIA per gli impianti di competenza statale, il decreto, prevede la costituzione, presso il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, di una Commissione Istruttoria IPPC composta di 27 esperti .

Ben sei articoli del decreto disciplinano il nuovo sistema autorizzativo, dalla richiesta alla concessione dell'autorizzazione, compresi il rinnovo ed il riesame della stessa.

In particolare l'articolo 5, regola l'iter procedurale per il rilascio dell'AIA; la domanda di autorizzazione, oltre a quanto richiesto dalla normativa concernente aria, acqua, suolo e rumore, deve, comunque, contenere informazioni relative all'impianto, al sito in cui è ubicato, alle fonti ed il tipo di emissioni ed i loro effetti, nonché alle misure previste per prevenirle e ridurle, illustrate anche da una sintesi non tecnica.

Il decreto a questo punto elenca le attività da porre in essere a carico sia dell'autorità competente che del gestore, indicando nel dettaglio i tempi e le procedure da utilizzare. L'obiettivo è quello di concludere in tempi certi l'iter procedurale sia per le autorizzazioni di competenza statale che per quelle regionali.

L'iter procedurale prevede che il rilascio dell'AIA o il diniego, in caso di non conformità, avvenga entro 150 giorni dalla presentazione della domanda, previa convocazione di apposita conferenza dei servizi ai sensi della legge 241/1990, alla quale sono invitate le amministrazioni competenti in materia ambientale e comunque, nel caso di impianti di competenza statale, i Ministeri dell'interno, della salute e delle attività produttive. Nell'ambito della conferenza vengono acquisite le determinazioni delle amministrazioni coinvolte nel procedimento e considerate le osservazioni presentate dai soggetti interessati.

Per gli impianti di competenza statale l'AIA è rilasciata tramite un decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio; nel caso si tratti di impianti sottoposti a procedura di valutazione di impatto ambientale, il termine di 150 giorni viene sospeso fino alla conclusione della VIA.

I presupposti che sono alla base della concessione di un'autorizzazione integrata ambientale (adozione delle migliori tecniche costruttive e gestionali, condizioni per il monitoraggio ed il controllo) impongono la previsione di un costante aggiornamento dell'AIA.

Il rilascio dell'AIA avviene valutando i criteri e le considerazioni indicate nell'Allegato IV al decreto e nel rispetto delle linee guida relative alle migliori tecniche disponibili (MTD o più generalmente BAT - Best Available Techniques), emanate con uno o più decreti dei Ministri dell'ambiente e tutela del territorio, per le attività produttive e della salute, sentita la Conferenza Unificata. L'aggiornamento di dette linee guida avviene seguendo la medesima procedura.

L'elaborazione delle linee guida avviene avvalendosi del supporto di una commissione, istituita con decreto dei Ministri dell'ambiente e della tutela del territorio, delle attività produttive e della salute; alla commissione, composta da esperti della materia partecipano, anche a titolo consultivo, i rappresentanti di interessi industriali e ambientali.

Si ricorda al riguardo che l'articolo 3 del D.Lgs.372/99 prevedeva l'istituzione di analoga commissione che, ai sensi del comma 4 del nuovo decreto, continuerà ad operare fino all'istituzione della nuova. L'articolo 19 fa anche salve le linee guida già predisposte ai sensi del D.Lgs.372/99 in attesa dell'approvazione di linee guida da elaborarsi con il supporto della nuova commissione.

Le **"migliori tecniche disponibili"** sono definite come: "la più efficiente e avanzata fase di sviluppo di attività e relativi metodi di esercizio indicanti l'idoneità pratica di determinate tecniche a costituire, in linea di massima, la base dei valori limite di emissione intesi ad evitare oppure, ove ciò si riveli impossibile, a ridurre in modo generale le emissioni e l'impatto sull'ambiente nel suo complesso".

A tale scopo occorre tenere presente le seguenti definizioni:

**"tecniche"**, si intende sia le tecniche impiegate, sia le modalità di progettazione, costruzione, manutenzione, esercizio e chiusura dell'impianto;

**"migliori"**, qualifica le tecniche più efficaci per ottenere un elevato livello di protezione dell'ambiente nel suo complesso;

**"disponibili"**, qualifica le tecniche sviluppate su una scala che ne consenta l'applicazione in condizioni economicamente e tecnicamente valide nell'ambito del pertinente comparto industriale, prendendo in considerazione i costi e i vantaggi, indipendentemente dal fatto che siano o meno applicate o prodotte in ambito nazionale, purché il gestore possa avervi accesso a condizioni ragionevoli.

Le tecniche individuate devono minimizzare l'impatto dell'impianto sulla salute umana e sull'ambiente in relazione a tutte le matrici interessate (acqua, aria, suolo), nel rispetto degli specifici requisiti stabiliti dalla normativa vigente.

Per l'individuazione delle migliori tecniche disponibili, a livello europeo, la Commissione ha istituito da tempo un apposito "ufficio IPPC" con sede presso il Centro Comunitario di Ricerche di Siviglia. L'ufficio in questione coordina una serie di gruppi tecnici cui spetta il compito di redigere dei documenti di riferimento, i cosiddetti "Best Available Techniques Reference documents", (BRefs).

Riguardo al settore dei rifiuti due sono i BRefs di riferimento: "Waste Incineration" [3] e "Waste Treatments" [4] di cui risultano approvati, solo recentemente, i documenti finali; detti documenti indicano le migliori tecniche per gli impianti di gestione dei rifiuti e ad essi si deve fare riferimento per l'elaborazione delle Linee Guida nazionali previste dall'articolo 4 del D.Lgs.59/2005.

In vigore del D.Lgs.372/99, con decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio, di concerto con il Ministro delle attività produttive e con il Ministro della Salute, è stata istituita la Commissione per la redazione di linee guida nazionali che ha istituito, a sua volta, numerosi Gruppi Tecnici Ristretti (GTR), ed ha incaricato detti gruppi di predisporre una proposta di linee guida per ciascuno dei settori assoggettati alla direttiva IPPC, fra i quali figurano anche gli impianti di gestione dei rifiuti (paragrafo 5 dell'Allegato I).

I gruppi tecnici ristretti hanno elaborato una serie di linee guida, alcune definite "trasversali" in quanto affrontano tematiche comuni a tutti gli impianti assoggettati ad AIA (aspetti metodologici, sistemi di monitoraggio, aspetti economici), le altre "verticali" si riferiscono, invece, alle migliori tecniche disponibili per specifici impianti produttivi.

Con il decreto 31 gennaio 2005 (Supplemento ordinario n.107 alla G.U.13 giugno 2005, n.135) "*Emanazione di linee guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili per le attività elencate nell'allegato I del D.Lgs.4 agosto 1999, n. 372*", sono state emanate le prime linee guida di cui due orizzontali (linee Guida Generali e sistemi di monitoraggio) e quattro verticali (linee guida per cokerie, produzione e lavorazione metalli ferrosi, impianti di metalli non ferrosi, impianti di produzione della carta).

Riguardo al settore dei rifiuti il relativo GTR ha elaborato sette linee guida approvate dalla Conferenza Unificata il 9 febbraio 2006, ed attualmente in via di pubblicazione, riferite a diverse tipologie impiantistiche (rigenerazione degli oli usati, incenerimento dei rifiuti [5], trattamento meccanico biologico [6], selezione meccanica, produzione di CDR e trattamento di apparecchiature elettriche ed elettroniche dismesse [7], trattamento chimico - fisico e biologico di rifiuti liquidi, trattamento chimico - fisico di rifiuti solidi, trattamento dei PCB, degli apparati e dei rifiuti contenenti PCB e stoccaggio dei rifiuti).

## **2.6 Il D.Lgs. 152/2006 di riordino della legislazione ambientale**

Il quadro normativo in materia di rifiuti ha subito modifiche sostanziali con l'entrata in vigore del D.Lgs. 3 aprile 2006, n.152 "Norme in materia ambientale".

La parte quarta del decreto regola l'intera materia della gestione dei rifiuti e della bonifica dei siti inquinati e sostituisce la norma quadro sui rifiuti, rappresentata dal D.Lgs.22/97.

Le novità destinate a modificare gli attuali scenari di gestione sono numerose, tra le altre, si ritengono più significative ai fini della scelta del sistema di trattamento quelle relative a:

- Nuove definizioni
- Criteri di assimilazione dei rifiuti speciali ai rifiuti urbani
- Accordi e contratti di programma
- Organizzazione territoriale del servizio di gestione integrata dei rifiuti
- Disciplina ed affidamento del servizio di gestione integrata
- Nuovi obiettivi di raccolta differenziata.

Riguardo alle definizioni significative sono le modifiche su raccolta differenziata, e l'introduzione delle definizioni di frazione umida, frazione secca e gestione integrata dei rifiuti.

*La raccolta differenziata viene individuata come la raccolta idonea, secondo criteri di economicità, efficacia, trasparenza ed efficienza, a raggruppare i rifiuti urbani in frazioni merceologiche omogenee, al momento della raccolta o, per la frazione organica umida, anche al momento del trattamento, nonché a raggruppare i rifiuti di imballaggio*

separatamente dagli altri rifiuti urbani, a condizione che tutti i rifiuti sopra indicati siano effettivamente destinati al recupero.

La frazione umida rappresenta *il rifiuto organico putrescibile ad alto tenore di umidità, proveniente da raccolta differenziata o selezione/trattamento dei rifiuti urbani* mentre la frazione secca è *il rifiuto a bassa putrescibilità, a basso tenore di umidità proveniente da raccolta differenziata o selezione o trattamento dei rifiuti urbani, avente un rilevante contenuto energetico.*

La gestione integrata dei rifiuti *rappresenta il complesso delle attività volte ad ottimizzare la gestione dei rifiuti, ivi compresa l'attività di spazzamento delle strade, quest'ultimo inteso come modalità di raccolta dei rifiuti su strada.*

Secondo la nuova impostazione anche la frazione organica proveniente da impianti di selezione concorre al raggiungimento degli obiettivi di raccolta differenziata purchè destinata al recupero sia di materia che energetico.

Tale approccio potrebbe portare ad una revisione della pianificazione territoriale ed ad incentivare la costruzione di impianti di trattamento meccanico biologico a doppio flusso in controtendenza con gli orientamenti assunti dalle regioni in materia di programmi di riduzione della frazione biodegradabile in discarica.

Altro elemento importante che potrà incidere in maniera significativa sulla quantità e tipologia di rifiuti urbani da gestire nei diversi contesti territoriali sono le nuove regole in materia di assimilazione dei rifiuti speciali agli urbani.

Si riconferma che è compito dello Stato la determinazione dei criteri qualitativi e quali-quantitativi per l'assimilazione, ai fini della raccolta e dello smaltimento, dei rifiuti speciali ai rifiuti urbani, anche ai fini dell'individuazione delle superfici ove si applica il prelievo sui rifiuti.

In attesa del decreto che disciplinerà la materia, l'articolo 195 individua già alcuni criteri di assimilazione. In particolare si stabilisce che possono essere assimilati solo i rifiuti derivanti da attività di enti e imprese esercitate su aree con superficie *non superiore ai 150 metri quadri nei comuni con popolazione residente inferiore a 10.000 abitanti, o superficie non superiore a 250 metri quadri nei comuni con popolazione residente superiore ai 10.000 abitanti.*

Non possono, inoltre, essere di norma assimilati ai rifiuti urbani i rifiuti che si formano nelle aree industriali compresi i magazzini di materie prime e di prodotti finiti, salvo i rifiuti prodotti negli uffici, nelle mense, negli spacci, nei bar, nei locali al servizio dei lavoratori e, comunque, aperti al pubblico. Il nuovo approccio metodologico determinerà una significativa diminuzione delle quantità di rifiuti speciali assimilati (basti pensare alla rilevante quota di imballaggi provenienti dalla grande e, forse, anche dalla media distribuzione, la possibile esclusione di rifiuti provenienti da bar, ristoranti, alberghi .. ). Andranno, in molti contesti, riviste quindi le valutazioni effettuate sui flussi di rifiuti da gestire che potrebbero modificarsi anche in termini qualitativi in considerazione del fatto che non potranno più essere assimilati i rifiuti provenienti da attività industriali compresi i magazzini.

Questi nuovi criteri dovrebbero trovare immediata applicazione, determinando una immediata riduzione del gettito da TARSU e/o da Tariffa per i Comuni non sempre correlata ad una reale riduzione del costo del servizio.

Secondo un'altra interpretazione i nuovi criteri troverebbero, invece, applicazione solo a seguito dell'emanazione da parte dello Stato del decreto sui criteri quali quantitativi per l'assimilazione dei rifiuti speciali ai rifiuti urbani.

Altro elemento da considerare il cui peso non è, al momento, stimabile riguarda l'importanza affidata dal nuovo testo sui rifiuti in materia di accordi e contratti di programma.

Questi strumenti, regolamentati agli articoli 181 e 206, del nuovo testo assumono un ruolo di primo piano nel promuovere politiche di gestione dei rifiuti più sostenibili dal punto di vista ambientale.

In particolare gli accordi disciplinati dall'articolo 181 della legge quadro sono finalizzati a favorire il riutilizzo, il reimpiego, il riciclaggio e le altre forme di recupero dei rifiuti, nonché

l'utilizzo di materie prime secondarie (MPS), di combustibili o di prodotti ottenuti dal recupero dei rifiuti provenienti dalla raccolta differenziata e sono stipulati dalle pubbliche amministrazioni con i soggetti economici interessati o con le associazioni di categoria rappresentative dei settori interessati.

Gli accordi potranno, addirittura, attuare le disposizioni legislative, oltre a stabilire agevolazioni in materia di adempimenti amministrativi nel rispetto delle norme comunitarie e con il ricorso a strumenti economici.

Potranno, inoltre, definire i metodi di recupero dei rifiuti destinati all'ottenimento di MPS, di combustibili o di prodotti, le modalità e gli adempimenti amministrativi per la raccolta, per la messa in riserva, per il trasporto dei rifiuti, per la loro commercializzazione, anche tramite il mercato telematico, con particolare riferimento a quello realizzato dalle Camere di commercio (Borsa recupero), i controlli delle loro caratteristiche e i relativi metodi di prova.

I medesimi accordi potranno, altresì, fissare le caratteristiche delle materie prime secondarie, dei combustibili o dei prodotti ottenuti, nonché le modalità per assicurare in ogni caso la loro tracciabilità fino all'ingresso nell'impianto di effettivo impiego.

Questi accordi sono stipulati dai soggetti economici interessati o dalle associazioni di categoria, anche con riferimento ad interi settori economici e produttivi, con il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio, di concerto con il Ministro delle attività produttive, sentito il parere del Consiglio economico e sociale per le politiche ambientali (CESPA). Per essere efficaci devono, comunque, essere approvati con decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio di concerto con il Ministro delle attività produttive e con il Ministro della salute, e successivamente pubblicati nella Gazzetta Ufficiale.

Decisamente più ampio è il campo d'azione degli accordi e contratti di programma disciplinati dall'articolo 206 del decreto.

Questi accordi, finalizzati ad implementare i principi e gli obiettivi della nuova legge quadro, devono perseguire la razionalizzazione e la semplificazione delle procedure, con particolare riferimento alle piccole imprese, ed essere stipulati dal Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio, di concerto con il Ministro delle attività produttive, d'intesa con le regioni, le province autonome e gli enti locali con enti pubblici, con imprese di settore, soggetti pubblici o privati ed associazioni di categoria.

L'oggetto degli accordi riguarda l'intera politica di gestione dei rifiuti a partire dalla prevenzione e riduzione, al recupero, al corretto smaltimento. Gli obiettivi da raggiungere sono quelli indicati dal VI Programma d'Azione per l'ambiente e riguardano in particolare:

- l'attuazione di specifici piani di settore di riduzione, recupero e ottimizzazione dei flussi di rifiuti;
- la sperimentazione, la promozione, l'attuazione e lo sviluppo di processi produttivi e di tecnologie pulite per la prevenzione quantitativa e qualitativa dei rifiuti;
- lo sviluppo di innovazioni nei sistemi produttivi, o di modifiche degli stessi, ai fini di favorire la produzione di beni meno inquinanti e comunque riciclabili;
- la sperimentazione, la promozione e l'attuazione di attività di riutilizzo, riciclaggio e recupero di rifiuti;
- l'adozione di tecniche per il reimpiego ed il riciclaggio dei rifiuti nell'impianto di produzione;
- lo sviluppo di tecniche appropriate e di sistemi di controllo per l'eliminazione dei rifiuti e delle sostanze pericolose in essi contenute;
- l'impiego da parte dei soggetti economici e dei soggetti pubblici dei materiali recuperati dalla raccolta differenziata dei rifiuti urbani.

Sempre con l'obiettivo di garantire una gestione più ecosostenibile delle risorse, intervenendo anche sui consumi, nonché di migliorare le performance ambientali degli impianti di gestione dei rifiuti, il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio, di concerto con il Ministro delle attività produttive, potrà, altresì, stipulare appositi accordi e contratti di

programma con soggetti pubblici e privati o con le associazioni di categoria finalizzati a promuovere l'utilizzo dei sistemi di certificazione ambientale o ad attuare programmi di ritiro dei beni di consumo al termine del loro ciclo di vita ai fini del riutilizzo, del riciclaggio e del recupero di materia prima secondaria.

Il decreto prevede anche di destinare risorse finanziarie per promuovere tutti gli strumenti negoziali, e rinvia ad un successivo decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio, di concerto con il Ministro delle attività produttive, l'individuazione delle stesse.

Gli accordi ed i contratti di programma fin qui descritti, potranno determinare comportamenti diversi da parte di utenze artigianali e di servizio nella gestione dei propri rifiuti con notevoli ripercussioni sull'organizzazione dei servizi di igiene urbana.

Le novità più significative riguardano proprio l'organizzazione territoriale del Servizio di gestione dei rifiuti urbani che deve avvenire sulla base di ATO, delimitati, entro mesi dall'entrata in vigore del decreto, dalle Regioni, sentite le Province ed i Comuni interessati, nell'ambito delle attività di programmazione e di pianificazione, nel rispetto delle linee guida elaborate dallo Stato e secondo i seguenti criteri:

- superamento della frammentazione delle gestioni
- conseguimento di adeguate dimensioni gestionali, definite sulla base di parametri fisici, demografici, tecnici e delle ripartizioni politico-amministrative
- adeguata valutazione del sistema stradale e ferroviario di comunicazione al fine di ottimizzare i trasporti all'interno dell'ATO
- valorizzazione di esigenze comuni e affinità nella produzione e gestione dei rifiuti
- ricognizione di impianti di gestione di rifiuti esistenti
- considerazione degli ATO esistenti affinché i nuovi ATO si discostino dai precedenti solo sulla base di motivate esigenze di efficacia, efficienza ed economicità.

Viene prevista la costituzione di ATO che interessino più regioni, in questo caso le relative regioni interessate, d'intesa tra loro, delimitano gli stessi ATO. Le città o agglomerati di Comuni, di dimensioni maggiori alle dimensioni medie di un singolo ambito, possono suddividersi tenendo conto sempre dei criteri enunciati. I singoli Comuni, infine, possono presentare motivate e documentate richieste di modifica all'assegnazione ad uno specifico ambito territoriale e di spostamento in un ambito territoriale diverso, limitrofo a quello di assegnazione.

Rispetto a quanto disciplinato in materia dal decreto Ronchi, si può osservare che il parametro politico/amministrativo rappresentava prima il criterio prevalente per la delimitazione dell'ATO mentre, in base alla nuova norma, detto parametro diventa uno dei criteri da utilizzare per la sua individuazione, fermo restando, come evidenziato, che le nuove delimitazioni geografiche possano discostarsi *dalle precedenti solo sulla base di motivate esigenze di efficacia, efficienza ed economicità.*

Va anche detto che l'ATO disciplinato dal D.Lgs.22/97 con l'obiettivo di superare la frammentazione delle gestioni comunali e garantire l'autosufficienza impiantistica a livello provinciale, si inserisce in un contesto in cui rimane ferma la privativa comunale ed il processo di aggregazione tra gli enti locali avviene secondo le forme di cooperazione di cui al D.Lgs.267/2000. La disciplina richiamata norma le convenzioni, i consorzi tra gli enti locali, garantendo l'esercizio associato dei servizi di competenza.

Il nuovo testo, invece, si caratterizza per la creazione di una nuova autorità deputata all'organizzazione, all'affidamento ed al controllo del servizio integrato di gestione dei rifiuti, cui partecipano obbligatoriamente gli enti locali ricadenti nel medesimo ambito ottimale: l'Autorità di ambito.

La nuova Autorità, dotata di personalità giuridica, organizza il servizio e determina gli obiettivi da perseguire per garantirne la gestione secondo criteri di efficienza, di efficacia, di economicità e trasparenza. Adotta, inoltre, un piano d'ambito comprensivo di un programma degli interventi e di un piano finanziario e del connesso modello gestionale ed organizzativo.

All'Autorità d'ambito viene, quindi, trasferito l'esercizio delle competenze comunali in materia di gestione integrata dei rifiuti (art. 21 del D.Lgs.22/97); si supera la privativa comunale, pur mantenendo in capo all'ente locale le funzioni di controllo e coordinamento del sistema.

L'Autorità d'ambito dovrà aggiudicare il servizio di gestione integrata dei rifiuti mediante gara, nel rispetto della normativa comunitaria e nazionale sull'evidenza pubblica. La gara sarà assegnata, con riferimento all'ammontare del corrispettivo per la gestione svolta, tenendo conto delle garanzie di carattere tecnico e delle precedenti esperienze specifiche dei concorrenti, e secondo modalità e termini definiti con decreto dal Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio nel rispetto delle competenze regionali in materia.

I soggetti partecipanti alla gara dovranno formulare, con apposita relazione tecnico-illustrativa allegata all'offerta, proposte di miglioramento della gestione, di riduzione delle quantità di rifiuti da smaltire e di miglioramento dei fattori ambientali, proponendo un proprio piano di riduzione dei corrispettivi per la gestione .

Nella valutazione delle proposte si terrà conto, in particolare, del peso che graverà sull'utente sia in termini economici, sia di complessità delle operazioni a suo carico.

I rapporti tra le Autorità d'ambito e i soggetti affidatari del servizio integrato saranno regolati da contratti di servizio, da allegare ai capitolati di gara, conformi ad uno schema tipo adottato dalle Regioni in conformità ai criteri ed agli indirizzi fissati dallo Stato.

La durata dell'affidamento non potrà, comunque, essere inferiore a 15 anni; detto termine appare notevolmente superiore alla durata media attuale dei contratti di servizio a imprese private (vedi Rapporto sulle forme di gestione dei rifiuti urbani, edizione Fise Servizi, 2006).

Il nuovo testo regola anche il passaggio dal vecchio al nuovo sistema e prevede, inoltre, che gli impianti e le altre dotazioni patrimoniali di proprietà degli enti locali già esistenti al momento dell'assegnazione del servizio, siano conferiti in comodato ai soggetti affidatari del servizio stesso.

Quanto detto evidenzia la volontà del Legislatore di pervenire alla completa liberalizzazione del sistema di gestione dei rifiuti urbani, dividendo in maniera netta il ruolo di organizzazione e controllo generale del sistema, affidato agli enti locali, dalla gestione vera e propria del settore, affidata agli operatori economici. Il modello proposto ricalca quello del servizio idrico integrato.

La Gestione integrata dei rifiuti a livello di ATO riguarda le seguenti attività:

la realizzazione, gestione ed erogazione dell'intero servizio, comprensivo delle attività di gestione e realizzazione degli impianti,

la raccolta, raccolta differenziata, commercializzazione, recupero e smaltimento completo di tutti i rifiuti urbani e assimilati prodotti all'interno dello stesso ATO.

Gli obiettivi da raggiungere in ogni ambito sono:

l'autosufficienza di smaltimento, nell'arco di 5 anni dalla costituzione, anche, attraverso forme di cooperazione e collegamento con altri soggetti pubblici e privati

la garanzia della presenza di almeno un impianto di trattamento a tecnologia complessa, compresa una discarica di servizio.

E' chiara la volontà di spingere verso il recupero energetico dei rifiuti, prevedendo, addirittura, la presenza di un impianto di trattamento termico in ogni ambito.

Vengono, inoltre, modificati gli attuali obiettivi di raccolta differenziata (articolo 24 del D.Lgs.22/97) da raggiungersi a livello di ATO; le nuove percentuali minime sono:

- almeno il 35% entro il 31 dicembre 2006
- almeno il 45% entro il 31 dicembre 2008
- almeno il 65% entro il 31 dicembre 2012.

Va rilevato che concorre al raggiungimento degli obiettivi anche la frazione organica umida separata fisicamente dopo la raccolta e finalizzata al recupero complessivo tra materia ed

energia, secondo il criterio dell'economicità, dell'efficacia e dell'efficienza e trasparenza del sistema.

Le Regioni potranno, comunque, tramite apposita legge, e previa intesa con il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio, indicare obiettivi maggiori di riciclo e recupero.

Questa nuova impostazione, sicuramente meno rigorosa della precedente e che sposta al 2006 l'obiettivo che doveva, secondo il decreto Ronchi, essere raggiunto nel 2003, potrà portare, come già evidenziato, a sostanziali cambiamenti nella pianificazione territoriale, imponendo un modello basato essenzialmente sulla raccolta differenziata degli imballaggi e di altre frazioni recuperabili, sul trattamento meccanico biologico del rifiuto residuo con produzione di un biostabilizzato e di una frazione secca e/o CDR da avviare a circuiti di valorizzazione soprattutto energetica, sullo smaltimento in discarica dei sovralli e degli altri rifiuti non valorizzabili.

Per spingere verso questa impostazione il decreto introduce alcuni strumenti economici; in particolare, nel caso in cui a livello di ATO non siano conseguiti gli obiettivi minimi, viene prevista l'applicazione di un'addizionale del 20% al tributo di conferimento dei rifiuti in discarica a carico dell'Autorità d'ambito, che dovrà ripartirla tra i Comuni del proprio territorio sulla base delle quote di RD raggiunte dai singoli Comuni. Viene, inoltre, riconfermata la previsione del decreto Ronchi che prevedeva l'emanazione di un apposito decreto per stabilire la metodologia e i criteri di calcolo delle percentuali di RD, nonché la nuova determinazione del coefficiente di correzione sul tributo in discarica di cui alla legge 549/95 in relazione al conseguimento degli obiettivi di RD.

## **2.7 Le nuove modalità di affidamento del servizio di gestione integrata dei rifiuti urbani**

Uno dei primi decreti attuativi del D.Lgs.152/2006, emanati dal governo, è il decreto 2 maggio 2006, pubblicato sulla Gazzetta ufficiale 11 maggio 2006 n. 108 che fissa le modalità per l'aggiudicazione, da parte dell'Autorità d'ambito, del servizio di gestione integrata dei rifiuti urbani, ai sensi dell'articolo 202, comma 1, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.

Il nuovo decreto disciplina nel dettaglio le procedure di gara, individuando i soggetti ammessi, quelli esclusi, gli elementi da includere obbligatoriamente nel bando di gara, la documentazione da presentare per la partecipazione alla gara, i criteri di valutazione delle offerte, i criteri di aggiudicazione.

Il decreto è correlato da tre allegati di cui il primo (allegato A) fornisce gli elementi per il calcolo della popolazione servita e del fatturato medio, il secondo (allegato B) elenca gli elementi da riportare nel bando di gara, ed il terzo (allegato C) fornisce i criteri per la dimostrazione della capacità tecnico finanziaria.

La nuova disciplina chiarisce che le Autorità di ambito sono soggetti aggiudicatori e procedono all'affidamento della gestione del servizio mediante gara pubblica, da espletarsi con il sistema della procedura aperta, adottando per l'aggiudicazione il sistema dell'offerta economicamente più vantaggiosa, individuata secondo le modalità fissate dal decreto.

In particolare, l'aggiudicazione deve avvenire a norma dell'articolo 113, comma 5, lettera a) del D.Lgs.267/2000 ("Testo unico delle leggi sull'ordinamento degli Enti locali"). Qualora l'affidamento del servizio riguardi anche attività di costruzione di nuovi impianti, essi devono essere realizzati dal soggetto affidatario o direttamente, ai sensi del D.Lgs. 267/2000, o mediante il ricorso alle procedure di cui alla legge 11 febbraio 1994, n. 109, ovvero secondo lo schema della finanza di progetto di cui agli articoli 37 -bis e seguenti della predetta legge n. 109 del 1994.

I soggetti ammessi alla gara, aventi sede in uno dei Paesi dell'Unione Europea, sono:

- le società di capitali, costituite anche in forma consortile

- le associazioni temporanee di imprese e i consorzi, costituiti dai soggetti di cui al punto 1
- i soggetti che abbiano stipulato il contratto di gruppo europeo di interesse economico (GEIE) ai sensi del decreto legislativo 23 luglio 1991, n. 240.

L'ammissione alla gara è subordinata alla verifica di una serie di requisiti, puntualmente elencati nel decreto, quali la precedente gestione di servizi di gestione dei rifiuti urbani con una popolazione servita da calcolarsi secondo i criteri dell'allegato A, la realizzazione di un fatturato medio annuo non inferiore a quello calcolato secondo quanto indicato nell'allegato A, il possesso di specifiche capacità tecnico organizzative, il possesso dell'iscrizione all'Albo gestori ambientali.

Ulteriori requisiti potranno, comunque, essere introdotti dalle Autorità di ambito qualora ritenuti indispensabili in relazione alla tipologia dei servizi da gestire, al migliore svolgimento degli stessi ed al sistema tariffario più economico per gli utenti, con particolare riferimento alle capacità economico-patrimoniali e di accesso al credito e a condizione che ciò non comporti eccessive restrizioni alla partecipazione alla gara del maggiore numero possibile di soggetti interessati.

L'articolo 4 regola le cause di esclusione; oltre alle cause cosiddette "classiche" (procedure fallimentari, condanne penali, gravi infrazioni accertate alle norme in materia di sicurezza e obblighi derivanti dai rapporti di lavoro..), viene prevista l'esclusione nel caso in cui, secondo motivata valutazione delle Autorità d'ambito (AATO), le società abbiano commesso grave negligenza o agito in malafede nell'esecuzione delle prestazioni affidate dall'AATO che bandisce la gara o abbiano commesso un errore grave nell'esercizio della loro attività professionale, accertato con qualsiasi mezzo di prova da parte della stessa Autorità. Tutte le cause di esclusione sussistono anche se riguardano solo una delle aziende associate o anche solo uno dei soci o dei componenti.

L'articolo 8 del decreto individua i criteri di aggiudicazione della gara che, in particolare, riguardano:

- sicurezza e affidabilità degli impianti, del lavoro e del servizio, con particolare riguardo al rispetto delle normative ambientali;
- organizzazione del servizio e delle attività di gestione dei rifiuti urbani con riferimento sia ai servizi di raccolta, anche differenziata, sia alle attività di trattamento e smaltimento;
- condizioni ambientali e qualità del servizio;
- miglioramento del piano economico-finanziario, comportante la riduzione del valore delle entrate tariffarie per la durata dell'affidamento del servizio;
- anticipazione del raggiungimento o miglioramento degli obiettivi previsti dal Piano di ambito considerando anche eventuali miglioramenti della qualità del servizio;
- piano di riutilizzo del personale delle gestioni preesistenti, nell'obiettivo di miglioramento della relativa produttività, efficacia ed efficienza.

Va, inoltre, tenuto conto, qualora l'offerta riguardi la realizzazione di nuovi impianti e/o l'adeguamento di impianti esistenti, del valore previsto di tali interventi alla luce delle tecnologie proposte e relative misure di salvaguardia e certificazione ambientale.

L'Autorità d'ambito ed il primo soggetto classificato in graduatoria dovranno stipulare, entro 30 giorni dall'aggiudicazione del servizio, un contratto di servizio.

## **2.8 Il quadro legislativo regionale**

I principali riferimenti normativi a livello regionale sono rappresentati dal Piano Regionale di Gestione dei Rifiuti, dalla Legge regionale 24 ottobre 2002, n.24, dalla Deliberazione della Giunta Regionale del 5 luglio 2004, n.22-12919 "Programma regionale per la riduzione dei rifiuti urbani biodegradabili da collocare in discarica" e dalla deliberazione della Giunta

regionale 14 febbraio 2005, n.47-14763, sui criteri di assimilazione, per quantità e qualità, dei rifiuti speciali ai rifiuti pericolosi.

In particolare il Piano regionale di gestione dei rifiuti, approvato con Deliberazione del Consiglio Regionale del 30 luglio 1997, n. 436 – 11546, è stato modificato con la citata Deliberazione della Giunta Regionale 5 luglio 2004 al fine di ottemperare a quanto disposto dall'articolo 5 del D.Lgs.36/2003 in materia di riduzione dei rifiuti biodegradabili in discarica. Detta Deliberazione è stata integrata dalla Deliberazione della Giunta Regionale del 24 gennaio 2005, n. 14 – 14593.

Tali deliberazioni, nell'individuare gli interventi necessari, per raggiungere gli obiettivi fissati dalla normativa in materia di discariche, hanno rivisto gli orientamenti espressi nel Piano regionale totalmente indirizzato verso il pretrattamento meccanico biologico del rifiuto residuo a valle della raccolta differenziata. Il sistema di gestione integrata dei rifiuti prescelto dal Piano prevedeva infatti:

- la riduzione della produzione dei rifiuti;
- la raccolta differenziata e riciclaggio delle frazioni raccolte attraverso il loro reinserimento nei cicli produttivi;
- forme alternative di recupero di materia a valle della raccolta differenziata, attuate attraverso sistemi più o meno spinti di selezione e stabilizzazione aerobica e/o anaerobica delle frazioni biodegradabili;
- la valorizzazione energetica del rifiuto residuo dotato di buon potere calorifico;
- lo smaltimento in condizioni di sicurezza dei soli rifiuti che non hanno altra possibilità di recupero o trattamento.

Il Programma di riduzione dei rifiuti urbani biodegradabili (RUB) individua, invece, per il raggiungimento degli obiettivi di legge una serie di azioni consistenti in :

- la riduzione del RUB conferito al servizio pubblico di raccolta, ed in particolare delle frazioni merceologiche costituite da rifiuti di alimenti e rifiuti dei giardini, grazie alla pratica del compostaggio domestico;
- l'aumento della raccolta differenziata oltre il 35 %, concentrando gli sforzi in particolare presso i mercati ed altre utenze il cui contenuto di RUB nel rifiuto indifferenziato è particolarmente rilevante; a tale proposito si rileva che adottando la raccolta differenziata spinta del rifiuto biodegradabile, il rifiuto urbano indifferenziato residuo può avere caratteristiche merceologiche simili a quelle della frazione secca, destinata al recupero energetico, proveniente dagli impianti di preselezione del rifiuto indifferenziato. Ne consegue che, in attesa della realizzazione dei previsti termovalorizzatori, il suddetto rifiuto indifferenziato prima della sua collocazione in discarica, non abbia la necessità di essere sottoposto ad un trattamento in quanto lo stesso non contribuisce sostanzialmente alla riduzione della quantità dei rifiuti o dei rischi per la salute umana e l'ambiente;
- l'avvio al recupero presso impianti di termovalorizzazione del rifiuto oggi avviato a discarica;
- la realizzazione di impianti di trattamento del rifiuto indifferenziato che abbiano caratteristiche di elasticità riguardo in particolare alla capacità di trattamento della frazione organica del rifiuto; tali impianti devono quindi essere strutturalmente in grado di trattare sia il rifiuto organico contenuto nel rifiuto indifferenziato che quello proveniente dalla raccolta differenziata destinato alla produzione di ammendante compostato (costruzione di linee separate), così da poter essere "riconvertiti" nel tempo ad impianti di compostaggio."

Ai fini del calcolo del RUB collocato in discarica, i rifiuti indifferenziati sottoposti a pretrattamento biologico (es. biostabilizzato, bioessiccato, digestato, scarti di impianti di trattamento biologico) vengono considerati non biodegradabili, per la loro allocazione in discarica, solo se presentano un grado di stabilità biologica, misurato con metodi respirometrici, pari ad un determinato valore (Indice Respirometrico Dinamico, IRD, inferiore

a 1.000 mg O<sub>2</sub>/kg VS/h oppure Indice Respiriometrico Statico, IRS, inferiore a 400 mg O<sub>2</sub>/kg VS/h). La frazione organica stabilizzata (FOS) che non trova, però, collocazione come ripristini ambientali e copertura finale delle discariche, ma viene smaltita in discarica, non concorre al calcolo dei rifiuti biodegradabili smaltiti in discarica esclusivamente per un periodo transitorio (2002- 2008) e solo se prodotta da impianti in esercizio o in fase avanzata di realizzazione.

Tale impostazione, dovuta alla limitatissima possibilità di impiego della FOS sia in ripristini ambientali che come ricopertura discariche, conferma che la scelta della Regione per ottenere la riduzione complessiva del conferimento dei rifiuti in discarica è quella di potenziare la raccolta differenziata, in modo da destinare i rifiuti raccolti al recupero di materia mentre per i rifiuti indifferenziati, a valle della raccolta differenziata, la strada è quella del recupero energetico.

La conseguenza di tale scelta è quella di disincentivare la realizzazione di impianti che producano rifiuto stabilizzato destinato allo smaltimento in discarica e, viceversa, di incentivare la riconversione degli impianti di stabilizzazione della frazione organica sporca a trattare frazioni organiche selezionate alla fonte che, per il loro grado di purezza, consentono la produzione di compost di qualità allocabile sul mercato.

La Deliberazione, nell'esaminare la situazione a livello dei diversi ATO riguardo alla produzione procapite di RUB e al sistema impiantistico di trattamento realizzato e da realizzare, puntualizza che per l'ATO relativo alla provincia di Torino, *"in considerazione del fatto che in determinate zone dell'ATO stesso sono state riorganizzate le raccolte differenziate con il passaggio al metodo porta a porta occorrerà, prima di realizzare i previsti impianti di stabilizzazione del rifiuto indifferenziato, preliminarmente valutare se le caratteristiche merceologiche del rifiuto indifferenziato prodotto nelle suddette zone siano già conformi in termini di caratteristiche qualitative (contenuto di frazioni biodegradabili) a quelle della frazione secca destinata al recupero energetico, proveniente dagli impianti di preselezione del rifiuto indifferenziato."* In caso di conformità (la deliberazione riporta le modalità di accertamento)<sup>2</sup> il rifiuto indifferenziato potrà essere direttamente smaltito in discarica senza alcun trattamento preliminare.

La Deliberazione n. 14 – 14593 ha, ulteriormente, chiarito che il rifiuto urbano residuo a valle della raccolta differenziata può essere conferito, senza alcun pretrattamento, in discarica qualora già contenga un quantitativo di RUB inferiore al limite previsto dalla normativa nazionale (173 kg/anno per abitante entro il 2008, 115 kg/anno per abitante entro il 2011 e 81 kg/anno per abitante entro il 2018).

Nel caso in cui tali condizioni non siano raggiunte e risulti necessario la costruzione di impianti di trattamento dei rifiuti per gestire il periodo transitorio prima della realizzazione degli impianti di termovalorizzazione, sarà, comunque, opportuno, secondo la regione, realizzare "impianti leggeri", in tempi brevi (obbligo dal luglio 2005).

Importante per i risvolti che potranno verificarsi riguardo alla valutazione dei flussi complessivi di rifiuti da gestire nell'impianto di trattamento finale dell'area Nord della provincia di Torino, è la deliberazione della Giunta Regionale 14 febbraio 2005, n.47-14763,

---

<sup>2</sup> Rispetto contemporaneo dei seguenti criteri:

rifiuto esclusivamente urbano

proveniente da uno specifico bacino

sommatoria frazione organica + verde + 70% del sottovaglio inferiore al 20% in peso sul tal quale.

sui criteri di assimilazione, per quantità e qualità, dei rifiuti speciali ai rifiuti pericolosi (B.U. n.8 del 24 febbraio 2005).

Detta deliberazione nell'approvare, in attesa dell'emanazione dei criteri statali, i criteri regionali di assimilazione, stabilisce che le Amministrazioni comunali e i loro Consorzi di Bacino applichino detti criteri entro dodici mesi dalla data di pubblicazione del provvedimento, utilizzando tale periodo per adeguare i rispettivi regolamenti comunali e consortili, le modalità di erogazione del servizio di raccolta dei rifiuti non domestici e per adottare ogni altra iniziativa necessaria ai fini dell'applicazione dei succitati criteri di assimilazione.

Lo stesso aggiornamento del Programma provinciale di Gestione dei rifiuti solleva la questione delle problematiche connesse alle differenti posizioni assunte dai Comuni della Provincia sull'assimilazione dei rifiuti speciali agli urbani e delle ripercussioni che tali differenti atteggiamenti possono avere in particolare per quanto concerne le raccolte differenziate.

Nello specifico si evidenzia" una situazione di regolamentazione disomogenea quale quella che si registra nella Provincia, non può che portare ad interpretazioni dei dati relativi ai flussi discordanti tra i vari comuni. Pertanto si condivide e si auspica in proposito una rapida applicazione di indicazioni a livello regionale, che possano condurre alla predisposizione di criteri di assimilazione, per quantità e qualità, dei rifiuti speciali non pericolosi ai rifiuti urbani, ai fini della raccolta e dello smaltimento, delle quali si condividano metodo e contenuti".( pag.18 del PPGR).

La nuova deliberazione regionale tenta di dare una risposta alle esigenze sollevate in sede locale, anche se alcuni dei criteri individuati non appaiono più conformi alle recenti disposizioni nazionali contenute nel D.Lgs.152/2006 .

Va, comunque, detto che già i criteri individuati a livello regionale pongono un argine all'estesa assimilazione dei rifiuti speciali. In particolare i rifiuti per essere assimilati dovranno rispondere a specifici criteri qualitativi e quantitativi (lista positiva e quantitativi massimi espressi in kg/mq per ciascuna categoria di attività).

Per la categoria 20 rappresentata da attività industriali con capannone di produzione, attività di recupero, trattamento e smaltimento dei rifiuti, attività di trattamento e potabilizzazione delle acque, viene prevista la possibilità di assimilare i rifiuti prodotti, limitatamente alle superfici, alle aree ed ai locali non adibiti ad attività di produzione ed immagazzinamento e ad attività di stoccaggio, recupero, trattamento, smaltimento e potabilizzazione.

La stessa limitazione viene prevista per la categoria 31, relativa alle attività agricole, laddove si escludono dall'assimilazione i rifiuti provenienti da aree adibite a coltivazione, allevamento e trasformazioni agro-industriali.

La deliberazione prescrive che, ai fini della corretta applicazione delle nuove disposizioni, i Consorzi di Bacino, ai sensi delle competenze loro attribuite dalla L.R.24/02, organizzino campagne di monitoraggio e di verifica, anche eventualmente adottando un sistema a campione, finalizzate ad individuare i rifiuti assimilati, prodotti e conferiti al servizio pubblico dalle singole utenze non domestiche ed a quantificare le frazioni dei medesimi rifiuti destinate allo smaltimento.

Le risultanze delle suddette operazioni di monitoraggio dovranno trasmesse alle Amministrazioni comunali interessate ed al Settore Programmazione Gestione Rifiuti della Direzione regionale Tutela e Risanamento Ambientale.

I risultati del monitoraggio consentiranno, oltre che l'aggiornamento degli indici fissati, anche una valutazione reale dei flussi di RSA, fondamentali per la corretta pianificazione/programmazione del sistema di gestione.

### 3 STATO DELL'ARTE DEL TRATTAMENTO DI RU

#### 3.1 Gli impianti di trattamento meccanico biologico

I dati che si espongono sono tratti dal Rapporto Rifiuti 2005 elaborato da APAT in collaborazione con l'Osservatorio Nazionale sui Rifiuti [8].

Il trattamento meccanico biologico contribuisce, in modo significativo, al sistema di gestione del rifiuto residuo da raccolta differenziata.

Dopo uno sviluppo significativo del settore registrato nel biennio 2002-2003, nell'anno 2004 il sistema sembra aver raggiunto una fase di stabilità. I rifiuti trattati in impianti di selezione e biostabilizzazione, sono stati, infatti, pari a circa 7,4 milioni di tonnellate, quantità pressoché invariata rispetto all'anno 2003. Anche la potenzialità degli impianti è passata da 11,7 milioni di tonnellate ad 11,8 milioni di tonnellate, evidenziando quindi la possibilità di un ulteriore sviluppo del settore. La tabella 3.1 riporta il riepilogo regionale del numero degli impianti e dei relativi quantitativi trattati quelli attivi nell'anno 2004.

Tabella 3.1 – Trattamento meccanico biologico per Regione, anno 2004

Regione	Numero impianti	Potenzialità autorizzata (t/y)	Rifiuto in ingresso all'impianto (t/y)
Piemonte	14 (12)	762.220	370.686
Lombardia	14 (10)	944.540	677.638
Trentino	1 (1)	22.000	3.263
Veneto	11 (9)	869.300	620.509
Friuli	3 (3)	243.000	183.292
Liguria	2 (2)	35.600	97.049
Emilia	9 (8)	1.088.000	581.366
<b>Totale NORD</b>	<b>54 (45)</b>	<b>3.964.660</b>	<b>2.533.802</b>
Toscana	14(14)	1.307.200	931.663
Umbria	3 (3)	341.885	306.901
Marche	4 (2)	209.120	166.212
Lazio	7(3)	1.709.250	394.695
<b>Totale CENTRO</b>	<b>28 (22)</b>	<b>3.567.455</b>	<b>1.799.470</b>
Abruzzo	4 (3)	178.000	149.845
Molise	1 (1)	58.400	57.796
Campania	9 (7)	3.025.034	2.258.727
Basilicata	3 (1)	13.000	5.795
Puglia	5 (3)	268.155	148.795
Calabria	7 (6)	514.000	266.562
Sicilia	1 (1)	60.000	47.021
Sardegna	4 (4)	216.000	159.424
<b>Totale SUD</b>	<b>34 (26)</b>	<b>4.332.589</b>	<b>3.093.965</b>
<b>Italia</b>	<b>116 (93)</b>	<b>11.864.704</b>	<b>7.427.237</b>

I valori in parentesi rappresentano gli impianti operativi

Nell'anno 2004, al Nord la quantità di rifiuti complessivamente trattati risulta pari a 2,5 milioni di tonnellate, facendo riscontrare, così, un incremento rispetto al 2003, pari al 12%. Al Centro, i quantitativi trattati registrano una lieve flessione rispetto al 2003 (-3%), e rappresentano circa il 24% dei rifiuti trattati; anche al Sud le quantità diminuiscono passando da 3,4 milioni di tonnellate del 2003 (45,6%) a 3,1 milioni di tonnellate del 2004 (42%).

Anche il numero degli impianti nell'anno 2004 non ha subito particolari variazioni, infatti si passa da 117 (di cui attivi 94) nel 2003, a 116 nel 2004 di cui 93 in esercizio.

La localizzazione di tale tipologia di impianti risulta essere, sempre più omogenea rispetto agli impianti di compostaggio, in quanto non vincolati ad un sistema strutturato di raccolta differenziata, infatti al Nord sono localizzati il 46% degli impianti presenti sul territorio nazionale, al Centro il 24% ed al Sud circa il 30%.

Il numero complessivo degli impianti autorizzati alla produzione di CDR, nel 2004, risulta pari a 55, di cui 31 sono operativi. La potenzialità complessiva risulta pari a circa 8 milioni di tonnellate con un incremento del 2,5% rispetto alla potenzialità dell'anno 2003.

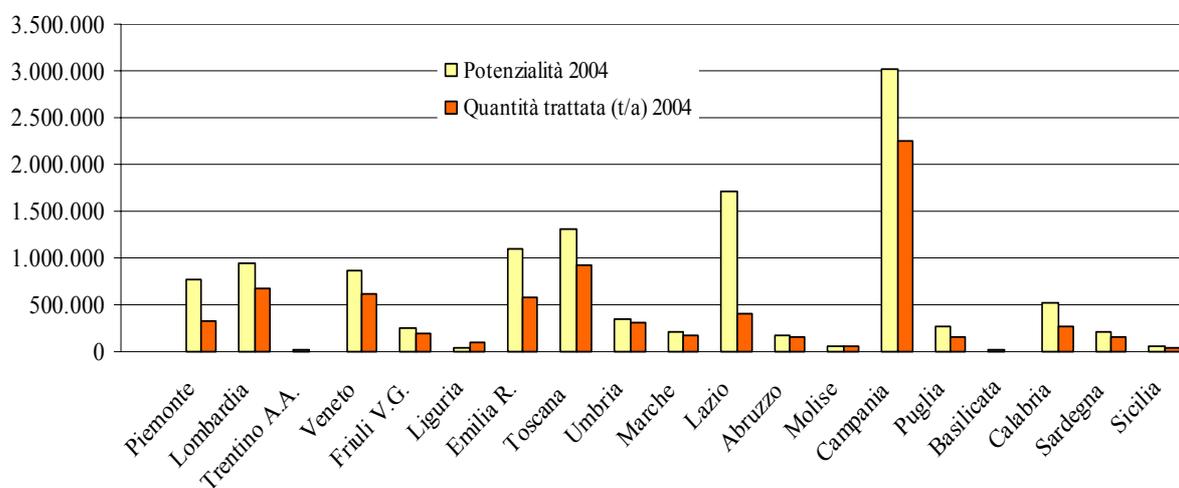


Figura 3.1 - Trattamento meccanico-biologico per Regione, anno 2004 [8]

La figura 3.1 illustra le quantità trattate a livello regionale in relazione alla potenzialità installata. In particolare, nell'anno 2004, al Nord la quantità di rifiuti complessivamente trattata risulta pari a 2,5 milioni di tonnellate, facendo riscontrare, così, un incremento rispetto al 2003, pari al 12%.

Al Centro, i quantitativi registrano una lieve flessione rispetto al 2003 (-3%), e rappresentano circa il 24% dei rifiuti trattati; anche al Sud le quantità diminuiscono passando da 3,4 milioni di tonnellate del 2003 (45,6%) a 3,1 milioni di tonnellate del 2004 (42%).

Anche il numero degli impianti nell'anno 2004 non subisce particolari variazioni, infatti si passa da 117 (di cui attivi 94) nel 2003, a 116 nel 2004 di cui 93 in esercizio.

La localizzazione di tale tipologia di impianti risulta essere, sempre più omogenea rispetto agli impianti di compostaggio, in quanto non vincolati ad un sistema strutturato di raccolta differenziata, infatti al Nord sono localizzati il 46% degli impianti presenti sul territorio nazionale, al Centro il 24% ed al Sud circa il 30%.

Il numero complessivo degli impianti di trattamento meccanico biologico autorizzati nell'anno 2004, alla produzione di CDR risulta pari a 55, di cui 31 sono operativi. La potenzialità complessiva risulta pari a circa 8 milioni di tonnellate con un incremento del 2,5% rispetto alla potenzialità dell'anno 2003. La quantità prodotta di CDR nell'anno 2004 è stimabile a circa 553.000 tonnellate.

### 3.2 La digestione anaerobica dei rifiuti urbani

In Italia, come in Europa, la digestione anaerobica rappresenta un trattamento molto diffuso per i fanghi di depurazione di acque reflue urbane; si sta, comunque, diffondendo una nuova impostazione che affianca al trattamento dei fanghi quello della frazione organica selezionata di rifiuti urbani insieme a scarti zootecnici e dell'agroindustria.

In questi ultimi anni si sta facendo strada una nuova impostazione che prevede l'integrazione dei processi anaerobici con quelli aerobici.

Detta integrazione può portare a notevoli vantaggi, di seguito si citano quelli elencati nella bozza di Linee Guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili per gli impianti di trattamento meccanico biologico [6]:

- miglioramento del 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;
- miglioramento del controllo dei problemi legati all'inquinamento olfattivo; le fasi maggiormente odorigene sono, infatti, gestite in reattore chiuso e le "arie esauste" sono rappresentate dal biogas (utilizzato e non immesso in atmosfera). Il digestato è già un materiale semi-stabilizzato e, quindi, il controllo degli impatti olfattivi durante il post-compostaggio aerobico risulta più agevole;
- 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;
- riduzione dell'emissione di CO<sub>2</sub> in atmosfera (Wiljan et al. [9]) da un minimo del 25% sino al 67% (nel caso di completo utilizzo dell'energia termica prodotta in cogenerazione).

L'inserimento della digestione anaerobica, risulta interessante anche per tutti quegli impianti di compostaggio che, alla luce dell'incremento delle raccolte differenziate secco/umido, si trovano nella necessità di aumentare la capacità di trattamento dell'umido.

Tabella 3.2 - Impianti di digestione anaerobica di frazione organica da selezione, anno 2005

Tipologia impianto	Località	N. linee di trattamento	Potenzialità complessiva (m <sup>3</sup> )	Potenzialità giornaliera (t/d)
Frazione organica da selezione meccanica	Verona	4	8.000	350
	Villacidro (CA)	2	4.000	120
	Bassano del Grappa (VI)	3	7.500	109 (+1 di fanghi)
	Roma *	1	n.d.	135

\*In avviamento

Sono, comunque, ancora pochi gli impianti presenti in Italia che utilizzano la sola digestione anaerobica o l'integrazione dei due processi per il trattamento dei rifiuti urbani. Di seguito si elencano gli impianti censiti [6]. La tabella 3.2 elenca i quattro impianti che trattano frazione organica da selezione meccanica con l'indicazione della potenzialità (complessiva e giornaliera) e delle linee di trattamento.

La tabella 3.3 riporta, invece, il quadro degli impianti che trattano la frazione organica da raccolta differenziata dei rifiuti urbani.

Tabella 3.3 - Impianti di digestione anaerobica di frazioni organiche selezionate, anno 2005

Tipologia impianto	Località	Tipologia Rifiuti	Potenzialità giornaliera (t/d)
Frazione organica Selezionata da raccolta differenziata (FORSU)	Lozzo Atestino (PD)	FORSU reflui zootecnici fanghi agroindustria	n.d
	Treviso	FORSU Fanghi di depurazione	10 80
	Pinerolo (TO)	FORSU Frazione organica da RD	185
	Camposampiero (PD)	Reflui civili ed industriali FORSU Fanghi di depurazione Reflui zootecnici	115 - 230 55 42 - 84 85 - 170

L'impianto di Camposampiero rappresenta un esempio di sistema integrato, essendo composto da tre moduli, funzionalmente autonomi, ma connessi tra di loro per gli scambi di flussi di rifiuti:

- modulo depurazione reflui civili ed industriali
- modulo di codigestione anaerobica di fanghi di depurazione, frazione organica da raccolta differenziata, reflui zootecnici e scarti lignocellulosici
- modulo di compostaggio della frazione solida digestata.

### 3.3 Il trattamento termico a livello comunitario e nazionale

La tabella 3.4 fornisce il quadro degli impianti di trattamento termico dei rifiuti a livello europeo con l'indicazione del numero di linee di trattamento installate e della tecnologia di combustione. L'analisi dei dati evidenzia la larga diffusione del sistema a griglia rispetto ad altre tecnologie di trattamento: su 733 linee di combustione, 616 sono, infatti, a griglia mobile.

La tabella 3.5 fornisce il quadro del degli impianti di incenerimento di RU e CDR in Italia, nel triennio 2002/2004, e quelli destinati ad entrare in funzione nel biennio 2005/2006.

La tabella 3.6 riporta le caratteristiche tecnologiche degli impianti esistenti.

Tabella 3.4 - Situazione degli impianti di combustione dei rifiuti in Europa, anno 2002 [10]

Nazione	Numero impianti	Numero linee di combustione	Quantitativi trattati (t/y)	Numero di linee a griglia mobile	Numero di linee a letto fluido	Altri tipi di impianti (****)
Austria	2	5	406.700	5	-	-
Belgio	18	(**)	2.652.000	(**)	(**)	(**)
Danimarca	32	69	3.136.000	55	-	14
Francia	112	221	11.965.800	189	5	27
Germania	60	174	16.787.400	152	3	19
Inghilterra	3	8	1.071.000	2	-	6
Italia	51 (*)	93	3.488.776	66	14	13
Norvegia	4	6	273.000	6	-	-
Olanda	11	32	4.412.000	32	-	-
Portogallo	2	5	933.800	5	-	-
Spagna	8	16	1.070.300	9	4	3
Svezia	19	40	2.344.000	32	6	2
Svizzera	31	60	3.150.700	59	1	-
Ungheria	1	4	420.000	4	-	-
<b>Totale</b>	<b>354</b>	<b>733 (***)</b>	<b>52.111.476</b>	<b>616 (***)</b>	<b>33 (***)</b>	<b>84(****)</b>

(\*) Dati 2003 [11]

(\*\*) Dati non disponibili

(\*\*\*) Escluso il Belgio

(\*\*\*\*) Per altri tipi si intendono sistemi a griglie fisse, tamburi rotanti, sistemi con gassificazione, con pirolisi

Tabella 3.5 – Numero impianti di incenerimento per regione

Regione	2002	2003	2004	2005-2006
Piemonte	2	2	2	2
Valle d'Aosta	-	-	-	-
Lombardia	14	13	13	13
Trentino-Alto Adige	1	1	1	1
Veneto	4	4	4	4
Friuli-Venezia Giulia	3	2	1	1
Liguria	-	-	-	-
Emilia-Romagna	10	8	8	9
<b>TOTALE NORD</b>	<b>34</b>	<b>30</b>	<b>29</b>	<b>30</b>
Toscana	8	8	8	9
Umbria	1	1	1	1
Marche	1	1	1	1
Lazio	1	3	3	3
<b>TOTALE CENTRO</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>14</b>
Abruzzo	-	-	-	-
Molise	-	-	-	-
Campania	-	-	-	-
Puglia	1	2	2	2
Basilicata	1	1	1	2
Calabria	-	-	-	1
Sicilia	1	1	1	1
Sardegna	2	2	2	2
<b>TOTALE SUD</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>8</b>
<b>TOTALE ITALIA</b>	<b>50</b>	<b>49</b>	<b>48</b>	<b>52</b>

Tabella 3.6 - Situazione degli impianti di combustione dei rifiuti in Italia, anno 2004 [5]

	Impianti operativi	Linee di trattamento	Potenzialità media giornaliera (t/d)
Griglia raffreddata ad aria	29	60	8.531
Griglia raffreddata ad acqua (sia con raffreddamento misto aria/acqua o con predisposizione per raffreddamento ad acqua)	8	12	3.267
Letto fluido bollente	6	8	1.446
letto fluido ricircolato	2	3	467
Tamburo rotante	1	2	120
Impianto con tecnologia mista griglia/tamburo rotante	2	5	694
<b>Totale</b>	<b>48</b>	<b>90</b>	<b>14.936</b>

Gli impianti con tecnologia a griglia costituiscono la maggioranza: 37 impianti con 72 linee di trattamento per complessive 11.798 tonnellate di potenzialità media giornaliera.

Le 72 linee di trattamento a griglia sono per la stragrande maggioranza con raffreddamento ad aria (60), mentre 12 linee hanno sistema misto aria/acqua, o solo acqua o con predisposizione del raffreddamento ad acqua.

Gli impianti a letto fluido sono 8, con 11 linee di trattamento per complessive 1.913 tonnellate di potenzialità media giornaliera. Delle 11 linee a letto fluido operative, 3 trattano esclusivamente CDR, 8 linee trattano anche rifiuti speciali e frazione secca e biomasse.

Solo due impianti utilizzano il tamburo rotante, tecnologia più consona al trattamento dei rifiuti speciali, mentre sono presenti due impianti, costituiti da un insieme misto di linee a griglia e tamburo rotante, che trattano anche rifiuti speciali di origine industriale.

Nel 2004, i rifiuti urbani avviati ad incenerimento ammontano a circa 3,1 milioni di tonnellate a cui si aggiungono 473 tonnellate di CDR, 43 tonnellate di rifiuti sanitari e 485 mila tonnellate di altri rifiuti speciali, per un totale di oltre 4,1 milioni di tonnellate; i rifiuti pericolosi trattati sono 39 mila tonnellate costituiti quasi esclusivamente da rifiuti sanitari.

Analizzando la situazione a livello regionale, si osserva che in generale sono le regioni del Nord ad avviare ad incenerimento la maggior quantità di rifiuti urbani e CDR; in particolare la Lombardia (45,7%), l'Emilia-Romagna (17,7%) e il Veneto (5,3%). Nel Centro, la Toscana (7,2%) e il Lazio (6,2%), sono le regioni più rappresentative, mentre nel Sud, sono la Sardegna (4,7%) e Puglia (2,6%), le regioni che avviano ad incenerimento la maggior quantità di rifiuti urbani e CDR.

## **4 LE TECNOLOGIE DI TRATTAMENTO**

Di seguito viene effettuata un'analisi comparata delle tecnologie applicabili alla gestione dei rifiuti prodotti nei bacini di riferimento al fine di individuare la migliore tecnologia di trattamento finale, in relazione ai flussi e alla tipologia dei rifiuti da gestire.

I trattamenti descritti sono riconducibili a due tipi: biologici e termici. I primi comprendono il trattamento meccanico biologico, la bioessiccazione, la digestione anaerobica, e il bioreattore attivato. Nei trattamenti termici si analizzano l'incenerimento, la gassificazione e la pirolisi.

## 5 I PRETRATTAMENTI BIOLOGICI

Nel sistema di gestione integrata dei rifiuti un ruolo molto importante è svolto dai trattamenti biologici come forma di pretrattamento del rifiuto residuo da raccolta differenziata in vista di un avvio dei materiali trattati a circuiti di valorizzazione.

Tali trattamenti, effettuati allo scopo di ridurre la disomogenità, il contenuto di umidità ed il tenore di inquinanti, si basano sull'impiego di processi meccanico-biologici articolati in schemi più o meno complessi in funzione delle caratteristiche del materiale in ingresso e della destinazione finale dei materiali in uscita.

I trattamenti biologici si dividono in aerobici (trattamento meccanico biologico, bioessiccazione) ed anaerobici (digestione anaerobica).

Il trattamento meccanico biologico (TMB) consta di due fasi ben differenziate:

il trattamento meccanico (pre e/o post trattamento del rifiuto) che può consistere anche in una triturazione iniziale e poi in una serie di trattamenti iniziali o a valle del trattamento biologico finalizzati a separare le diverse frazioni merceologiche e/o condizionare i materiali per raggiungere gli obiettivi processistici o le performances di prodotto

il trattamento biologico volto a conseguire la mineralizzazione delle componenti organiche maggiormente degradabili (stabilizzazione) e la igienizzazione dei materiali.

**Il trattamento meccanico biologico** può essere di due tipi:

- trattamento a differenziazione di flussi: in cui un trattamento meccanico del rifiuto in ingresso, consente l'ottenimento di una "frazione umida" (sottovaglio:  $\emptyset < 50 - 90$  mm) da avviare al successivo trattamento biologico e di una "frazione secca" (sovvallo:  $\emptyset > 50 - 90$  mm) da destinarsi ad ulteriori trattamenti per la produzione di una frazione combustibile da avviare alla valorizzazione energetica
- trattamento a flusso unico: in cui tutto il rifiuto in ingresso all'impianto (frazione secca e umida) subisce un trattamento biologico, mentre il trattamento meccanico si limita ad una semplice triturazione del rifiuto. Gli schemi di processo possono, anche prevedere ulteriori trattamenti di raffinazione al fine di raggiungere le performances di prodotto.

Il trattamento a flussi separati, come evidenziato, si compone di varie fasi:

- *trattamento meccanico*: volto a separare le due frazioni: secca e umida;
- *ulteriori trattamenti della frazione secca*: volti a trattare la frazione combustibile fino ad ottenere un materiale rispondente ai requisiti richiesti in relazione alla specifica destinazione d'uso (CDR di qualità normale, CDR di alta qualità di cui alla norma UNI 9903 -1);
- *stabilizzazione della frazione umida*: in seguito a processi ossidativi ad opera 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 della frazione umida*: per la raffinazione del materiale in relazione alla specifica destinazione d'uso (utilizzo controllato in agricoltura, recuperi ambientali, ricopertura discariche).

Nello specifico il **trattamento meccanico** si articola in una **triturazione primaria**, al fine di facilitare la successiva selezione per la separazione della frazione secca da quella umida.

In uscita dalla fase di triturazione primaria i rifiuti sono sottoposti ad una **deferrizzazione** mediante un separatore magnetico in grado di asportare i metalli. Il flusso principale dei rifiuti confluisce ad una sezione di **vagliatura primaria** che dà origine a due differenti flussi di materiali: frazione umida a prevalente matrice organica; frazione secca combustibile (sovvallo). Tali flussi vengono poi movimentati fino all'area di caricamento o di ulteriore trasformazione.

Il materiale secco combustibile in uscita dal vaglio subisce, di solito, una seconda asportazione dei metalli ferrosi mediante deferrizzatore elettromagnetico, prima di essere avviato ad eventuali trattamenti di **raffinazione**, come la riduzione della pezzatura per ottenere un prodotto omogeneo con caratteristiche costanti.

Il prodotto che si ottiene è della dimensione voluta (<100\*100 mm) e può avere già le caratteristiche per essere utilizzato come CDR.

Ulteriori eventuali trattamenti consistono in **fase di miscelazione** del materiale con rifiuti e/o materiali ad elevato potere calorifico, tra cui pneumatici fuori uso (PFU) e plastiche non clorurate. In questo caso il trattamento è finalizzato alla preparazione di una miscela composta da più materiali, in modo che la stessa sia omogenea ed abbia un potere calorifico più elevato e costante (CDR di qualità) e concentrazioni contenute di sostanze inquinanti. Può, infine, essere previsto un **confezionamento** allo scopo di agevolare le operazioni di stoccaggio e di trasporto.

La **fase di bioossidazione** della frazione umida si caratterizza per la degradazione della sostanza organica putrescibile fino ad ottenere un prodotto stabile dal punto di vista biologico. La stabilità biologica viene misurata attraverso metodi respirometrici.

Il processo di degradazione consiste nella mineralizzazione delle componenti organiche più facilmente degradabili, con produzione finale di acqua ed anidride carbonica ed il loro allontanamento dal sistema biochimico. Le alte temperature di processo consentono, inoltre, di debellare i microrganismi fitopatogeni presenti nei residui vegetali nonché i patogeni umani veicolati presenti nei rifiuti.

Una serie di fattori fisico-chimici ed edafici (cioè attinenti alle specifiche caratteristiche del substrato) condiziona l'andamento delle reazioni biologiche che caratterizzano la fase della degradazione aerobica. I fattori che vanno presi in considerazione per una rigorosa gestione del processo sono:

- la concentrazione di ossigeno e l'aerazione
- la ricerca delle condizioni termometriche ottimali nelle diverse fasi del processo: per l'igienizzazione del materiale vanno garantite temperature elevate per un tempo relativamente prolungato (almeno 3 giorni a 55°C, secondo quanto previsto dal DM 5 febbraio 1998 per il compostaggio), ma per garantire la massima velocità delle attività microbiche, è necessario operare in condizioni mesofile (40-50°C)
- l'umidità, che deve essere sufficiente alle attività microbiche, ma non eccessiva in quanto occupando gli spazi vuoti ostacolerebbe il rifornimento di ossigeno;
- il controllo e l'abbattimento dei potenziali impatti odorigeni delle fasi critiche (soprattutto quelle iniziali).

Il requisito fondamentale per garantire un decorso rapido ed efficiente del processo di degradazione biologica, è, comunque, quello di mantenere la presenza di ossigeno nelle matrici in trasformazione, ai livelli compatibili con il metabolismo microbico aerobico. Ne consegue che, nelle diverse situazioni operative, il metodo di trattamento biologico adottato, determina il modo attraverso il quale la suddetta esigenza è soddisfatta e finisce per condizionare gli altri aspetti del processo come il controllo della temperatura, la movimentazione del materiale in trasformazione, il controllo delle emissioni maleodoranti ed il tempo di stabilizzazione.

I sistemi di processo si suddividono in:

- sistemi *intensivi* ed *estensivi*, a seconda del grado di articolazione tecnologica, dell'importanza data ai processi naturali e a quelli indotti, e degli input energetici unitari;
- sistemi *chiusi* ed *aperti*, a seconda del grado di confinamento degli stessi rispetto all'intorno ambientale;
- sistemi *statici* e *dinamici*, a seconda della presenza e frequenza degli interventi di movimentazione per la ricostituzione periodica dello stato strutturale e per l'aerazione della massa in reazione;

- sistemi *aerati* e *non aerati*, a seconda dell'aerazione forzata o, di converso, dell'affidamento esclusivo ai processi spontanei di diffusione e convezione.

La tabella 5.1 riporta i vantaggi dei diversi sistemi tecnologici adottabili, ma, soprattutto, fornisce indicazioni riguardo alle matrici che possono essere trattate con i diversi sistemi. I dati sono tratti dalle Linee guida per l'individuazione ed utilizzazione delle migliori tecniche disponibili per gli impianti di trattamento meccanico biologico [6], elaborate dalla Commissione di cui all'articolo 3 del D.Lgs.372/1999 e che saranno allegate ad un decreto del Ministero dell'ambiente e tutela del territorio di prossima pubblicazione.

Tabella 5.1 - Fase di bioossidazione: principali sistemi tecnologici adottabili

Sistema	Vantaggi	Indicato per
Chiuso	Maggiore efficacia dei presidi ambientali Migliore controllo delle condizioni di processo	Matrici ad elevata putrescibilità
Aperto	Minori costi di costruzione e gestione	Matrici a bassa putrescibilità
Dinamico	Rimescolamento della biomassa con riproduzione delle condizioni ottimali di porosità e struttura della matrice	Matrici a bassa percentuale di strutturante (tendenti all'autocompattamento)
Statico	Ridotta e più graduale dissipazione dell'umidità; mantenimento dell'integrità dei miceti fungini coinvolti nella degradazione delle componenti lignocellulosiche	Matrici con buon grado di strutturazione e non eccessivamente umide
Ad aerazione naturale	Economicità	Matrici a bassa fermentescibilità ed a elevata porosità
Ad aerazione forzata	Aerazione ottimale della biomassa	Matrici ad elevata fermentescibilità e scarsa porosità

Riguardo alle tecnologie, si riconoscono essenzialmente tre tipologie generali di metodi di trattamento aerobico: a) *in cumuli periodicamente rivoltati*, b) *in cumuli statici aerati* e c) *in bioreattori*. Ciascuna tipologia si articola in una vasta gamma di sistemi applicativi.

I processi in cumuli con rivoltamento della biomassa substrato si attuano disponendo la matrice di partenza in lunghe andane (*windrows*), normalmente a sezione triangolare o trapezoidale più o meno rastremata, che vengono periodicamente movimentate o rivoltate.

Variabile, a seconda del substrato, è l'altezza delle andane. I cumuli sono aerati principalmente grazie alle correnti d'aria e ai moti convettivi e diffusivi della stessa. Il ricambio d'aria all'interno della matrice dipende dalla porosità del cumulo. Quindi, la dimensione di un cumulo compatibile con una efficiente aerazione è determinata dalla porosità dello stesso. Cumuli troppo grandi tendono a compattarsi, con il rischio di insorgenza di reazioni anaerobiche nella parte centrale. Di contro, andane di dimensioni modeste perdono calore troppo rapidamente; cosicché, le temperature necessarie per una progressiva evaporazione dell'acqua e per la distruzione degli eventuali organismi patogeni non sono raggiunte.

Il rivoltamento consente il rimescolamento dei materiali contribuendo anche a ridurre la pezzatura del materiale, con conseguente aumento della superficie disponibile per l'attacco microbico. La frequenza dei rivoltamenti dipende da vari fattori quali il tasso di decomposizione della biomassa, il contenuto di umidità e la porosità del substrato.

Con il metodo dei cumuli rivoltati periodicamente, la prima fase di decomposizione dura, generalmente, da tre a nove settimane, a seconda della natura del substrato di partenza e della frequenza delle movimentazioni.

**Il trattamento aerobico effettuato in cumuli statici aerati** elimina la necessità di movimentare il materiale, rendendo, di contro, possibile l'ossigenazione grazie alla circolazione di aria in appositi sistemi di tubi diffusori. Una prima importante distinzione, nell'ambito del metodo, è tra i sistemi nei quali si applica l'aerazione passiva dei cumuli e sistemi nei quali, invece, si ricorre all'aerazione forzata.

Nel caso dei cumuli aerati passivamente il trasporto dell'aria all'interno del substrato in trasformazione avviene attraverso un apparato di tubi bucherellati, immersi nel cumulo.

Il metodo dei cumuli statici aerati forzatamente si basa, invece, sull'uso di apparati che costringono l'aria a fluire forzatamente attraverso la matrice sottoposta a trattamento aerobico. Questi apparati consentono, in generale, un maggiore controllo del processo. Il rifornimento di aria nella matrice organica in trasformazione può essere attuato in due modi: attraverso aspirazione di aria dalla superficie del cumulo ovvero per insufflazione forzata di aria nel substrato.

Il sistema di biostabilizzazione con aerazione forzata per insufflazione rappresenta, fra tutte le alternative in cumuli statici, la procedura più razionale per la gestione del processo. L'insufflazione rende possibile, infatti, un miglior controllo della temperatura, che è poi il parametro che maggiormente condiziona il metabolismo microbico durante la fase prima fase di decomposizione.

**Il trattamento in bioreattore** prevede la stabilizzazione della biomassa substrato in particolari strutture di contenimento, dove tecniche di movimentazione e di aerazione forzata della matrice sono variamente combinate. Questi "bioreattori" possono essere contenitori chiusi o semplici vasche aperte. La maggior parte di questi apparati assolve solo ad una prima parziale omogenizzazione e trasformazione delle matrici organiche. La biostabilizzazione aerobica vera e propria del materiale in uscita dai reattori avviene, di solito, attraverso uno dei numerosi sistemi in cumulo.

Da un punto di vista delle applicazioni tecnologiche, le più diffuse tipologie di bioreattori sono: i cilindri rotanti, i silos, le biocelle e le trincee dinamiche aerate. Cilindri rotanti, silos e biocelle rientrano nella categoria dei reattori chiusi, mentre le trincee dinamiche aerate sono un esempio di reattori aperti.

Nel caso del trattamento a flusso unico o **bioessiccazione**, il processo viene condotto con lo scopo di ridurre l'umidità dal rifiuto in seguito ad una fase di bioossidazione della sostanza organica.

Gli obiettivi da raggiungere sono la stabilità biologica dei rifiuti per lo stoccaggio a lungo termine, in modo tale da ridurre le emissioni osmogene e di polveri ed igienizzare il rifiuto, nonché la produzione di un materiale combustibile che può assumere le caratteristiche di CDR.

La stabilizzazione del rifiuto avviene per effetto sinergico dovuto alla riduzione della frazione organica facilmente biodegradabile mediante mineralizzazione aerobica, con produzione di una notevole quantità di calore (~ 3.4 kcal/g O<sub>2</sub> consumato), che provoca la riduzione dell'umidità del materiale in reazione fino a valori del 10-15 %. (in funzione dell'umidità iniziale). In tali condizioni ogni attività biologica è praticamente soppressa e non si ha degradazione.

Le fasi di trattamento prevedono:

- la 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;
- il trattamento biologico della matrice triturata. Questo stadio avviene a mezzo di aerazione forzata della biomassa, sfruttando il calore sviluppato dalle reazioni biologiche aerobiche.

Il prodotto finale, bioessiccato, dotato di buon potere calorifico, e stabilizzato dal punto di vista biologico, può, come evidenziato, essere utilizzato come combustibile (CDR) in impianti di termovalorizzazione e/o in impianti industriali in sostituzione di combustibili convenzionali (coincenerimento).

In figura 5.1 sono descritti i processi di trattamento meccanico biologico a doppio flusso o a flusso unico ed i relativi bilanci di massa.

Nelle tabelle 5.2 e 5.3 è riportato un quadro dei principali parametri di processo e impiantistici dei processi di biostabilizzazione e bioessiccazione tratti dalle citate Linee Guida

per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili per gli impianti di trattamento meccanico biologico [6].

*Tabella 5.2 - Fase di biossidazione: parametri di processo*

<b>Parametri di processo</b>	<b>Biostabilizzazione</b>	<b>Bioessiccazione</b>
Temperatura massima (°C)	70	70
Temperatura minima (°C)	55 per almeno 3 giorni	55 per almeno 3 giorni
Umidità (% tal quale)	> 50 %*	Non significativa
Ossigeno (% v/v)	> 10 %	> 10 %
Densità apparente (t/m <sup>3</sup> )	< 0.7	< 0.7

Note: \* per il trattamento di rifiuti tal quali, i valori di umidità ottimali possono assumere valori inferiori al 45%.

*Tabella 5.3 - Fase di biossidazione: parametri impiantistici*

<b>Parametri impiantistici</b>	<b>Biostabilizzazione</b>	<b>Bioessiccazione</b>
Recupero reflui	Si	Si
Irrorazione della biomassa	Si	No
Aerazione della biomassa	Generalmente forzata*	Forzata
Aerazione della biomassa nella fase di trasformazione	Naturale/forzata	/
Localizzazione	Al chiuso	Al chiuso
Captazione e trattamento dell'aria	Si	Si
Igienizzazione	Biomassa a 55°C per almeno 3 giorni	Biomassa a 55°C per almeno 3 giorni
Strumentazione per controllo processo	Si	Si

\* se presente

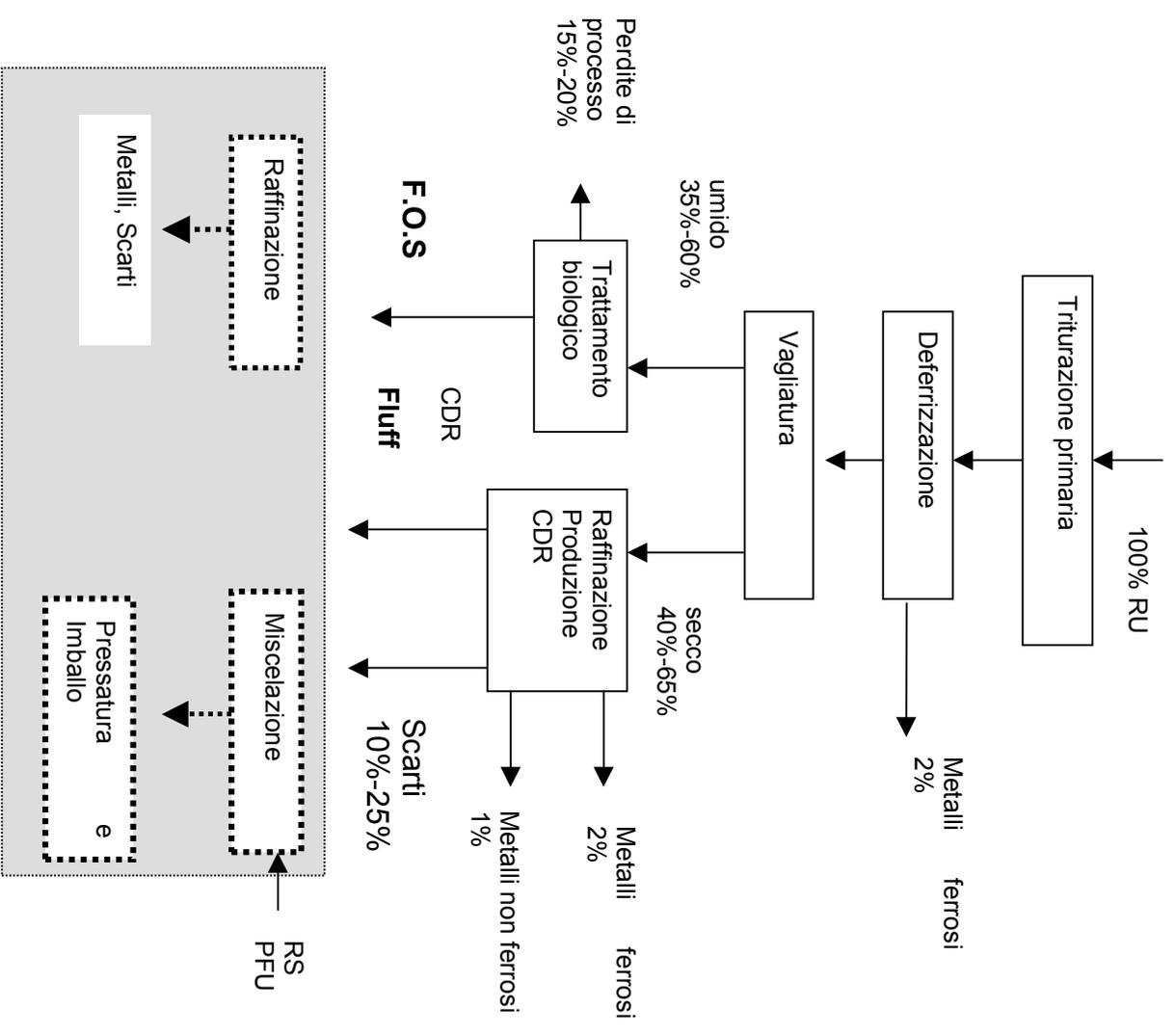
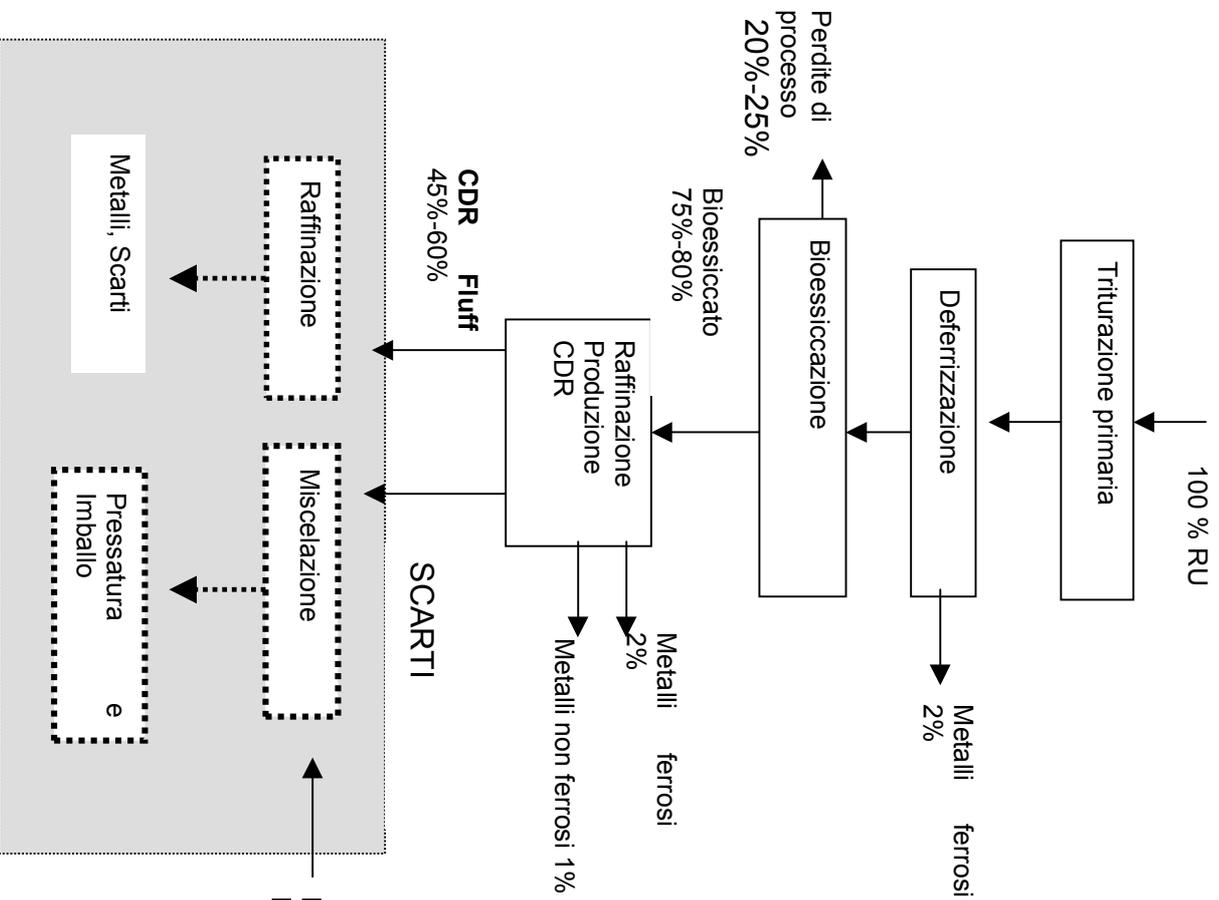


Figura 5.1 – Impianti di trattamento meccanico biologico : flusso unico e flusso doppio (nel riquadro grigio sono illustrate le fasi accessorie, eventualmente aggiungibili)

L'analisi dei processi fin qui descritti evidenzia come, nel caso dei trattamenti meccanico biologici a flussi separati, i materiali in uscita siano costituiti da una frazione organica stabilizzata (FOS) e da una frazione secca che, a seconda del tipo di processo più o meno spinto (più stadi di vagliatura, deferrizzazione, raffinazione, pellettizzazione) potrà assumere caratteristiche chimico fisiche diverse.

Nel caso della biostabilizzazione a flusso unico e della bioessiccazione non si ha produzione di FOS, ma unicamente della frazione combustibile.

In entrambi i casi il processo di produzione del combustibile potrà portare o meno ad ottenere un CDR conforme alla norma UNI 9903-1, dal quale potranno essere rimossi metalli ed inerti con conseguente variazione del potere calorifico. In generale nel caso del processo di bioessiccazione il PCI può variare da 10,5 fino a 13 MJ/kg.

Nel caso di aggiunta di plastiche o altri rifiuti dotati di elevato potere calorifico (figura 5.1), il CDR potrà assumere le caratteristiche del cosiddetto CDR-Q, regolamentato dall'articolo 229, comma 6, del *decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152*, e dell'art. 17, comma 1, del *decreto legislativo 29 dicembre 2003, n. 387*.

Con il D.M. 2 maggio 2006, pubblicato nella Gazz. Uff. 9 maggio 2006 n. 106, sono state, inoltre, disciplinate le modalità di utilizzo del CDR-Q per la produzione di energia in cementifici e centrali elettriche.

Risulta evidente che nella scelta del processo si dovrà tenere conto della destinazione finale dei materiali prodotti; nel caso di un trattamento a flussi separati sarà, quindi, necessario assicurarsi prioritariamente che la FOS prodotta possa essere avviata ad un circuito di valorizzazione e/o a ricopertura giornaliera o finale delle discariche. In caso contrario sarà necessario optare per un trattamento a flusso unico.

Riguardo agli impianti di produzione di CDR, va rilevato che i principali impatti sono riferibili all'energia spesa per la sua produzione, alla selezione più o meno spinta a seconda del tipo di prodotto che si vuole ottenere e dell'utilizzo al quale è destinato.

Tutte le lavorazioni aggiuntive (separazione di metalli ferrosi e non ferrosi, inerti, raffinazione, pellettizzazione) devono essere strettamente legate alla specifica destinazione finale (impianti produttivi, impianti dedicati o di co-incenerimento). In generale si deve cercare di realizzare cicli con il massimo recupero netto di energia, tenuto conto di tutte le condizioni d'uso.

Ulteriori impatti generati dagli impianti sono ascrivibili alle emissioni aeriformi (polveri, e soprattutto emissioni osmogene particolarmente elevate nel caso del trattamento a doppio flusso), liquide (molto limitate in quantità e qualità), ai rumori e alla produzione di rifiuti solidi, dovuti agli scarti di lavorazione

*Va, comunque, sottolineato che, gli impianti di trattamento meccanico biologico possono essere considerati ambientalmente positivi solo quando con questo processo viene assicurata la valorizzazione dei materiali in uscita e, nello specifico, per il CDR l'avvio in impianti dedicati o in coincenerimento o in cocombustione.*

## **5.1 La digestione anaerobica**

In questi impianti viene sfruttato il processo biologico condotto da microrganismi i quali, in assenza di ossigeno, utilizzano come substrato per le loro funzioni metaboliche la sostanza organica biodegradabile contenuta nei rifiuti avviati al trattamento. Il metabolismo dei microrganismi dà come prodotto finale un gas biologico (biogas), costituito essenzialmente da metano (CH<sub>4</sub>) e anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), più tracce di composti azotati e solforati allo stato ridotto, spesso ammoniacca (NH<sub>3</sub>) e idrogeno solforato (H<sub>2</sub>S), responsabili del cattivo odore di tale gas.

La concentrazione di metano è sempre superiore al 55 % in volume, e a seconda del substrato utilizzato nel processo può arrivare a valori intorno all'80 % (ad esempio, scarti dell'industria casearia).

Dal punto di vista termodinamico, la digestione anaerobica è pressoché atermica, cioè non produce né necessita di calore, e poiché il processo avviene in condizioni mesofile (30-40 °C) o termofile (50-55 °C) è necessario fornire calore dall'esterno, al fine di scaldare e mantenere in temperatura il sistema in reazione.

E' evidente che la decisione della realizzazione di un impianto di digestione anaerobica è condizionata dalla valutazione del bilancio tra biogas prodotto e consumo dello stesso per mantenere il digestore alla temperatura di processo.

Il processo di digestione anaerobica può essere suddiviso in tre fasi, precisamente:

- *idrolisi*: è la fase iniziale, nella quale le molecole complesse, quali proteine, grassi, amidi, vengono ridotte a molecole più semplici, normalmente le unità costituenti, in altre parole amminoacidi, acidi grassi e mono- e disaccaridi
- *acidificazione (o acidogenesi)*: fase in cui vengono prodotti acidi organici a corta catena di atomi di carbonio (< 4) e anidride carbonica
- *metanogenesi*: in questa fase si forma metano e continua la produzione di anidride carbonica.

La formazione di biogas in discariche per rifiuti solidi contenenti sostanza organica biodegradabile avviene con la stessa sequenza, seppure in tempi molto più lunghi, e con minori concentrazioni di metano nel biogas (raramente superiori al 55 % in volume).

Nei digestori anaerobici il tempo medio di permanenza della miscela in reazione varia fra 15 e 30 giorni, in dipendenza della temperatura di processo e della tipologia di rifiuto alimentato.

Il residuo del processo (digestato) contiene ancora sostanza organica biodegradabile, pertanto deve essere stabilizzato in modo da evitare impatti ambientali quando successivamente venga smaltito in discarica o sia ulteriormente utilizzato, ad esempio in agricoltura.

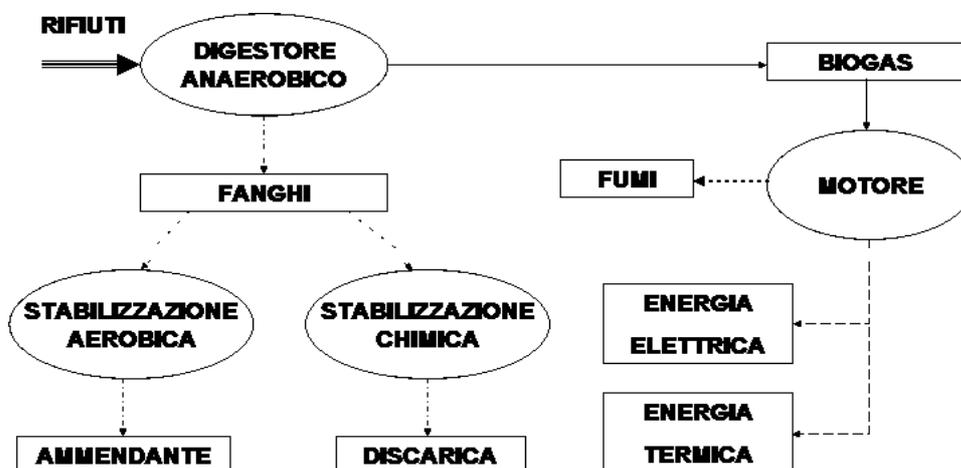
L'operazione di stabilizzazione può essere condotta:

- *chimicamente*, ad esempio con latte di calce ( $\text{Ca(OH)}_2$ ), quando il residuo venga conferito in discarica; a valle della stabilizzazione viene poi effettuata una disidratazione del rifiuto per via meccanica;
- *biologicamente*, in genere mediante un trattamento aerobico; in questo caso la disidratazione del residuo deve essere fatta prima della stabilizzazione.

L'acqua derivata dalla disidratazione è caratterizzata da un notevole carico inquinante di natura biodegradabile, pertanto può essere mandata alla depurazione in un classico impianto di trattamento per acque di scarico civili.

La figura 5.2 riporta lo schema complessivo del trattamento.

Figura 5.2 - Schema complessivo del trattamento di digestione anaerobica



Il processo di digestione anaerobica viene spesso classificato in base alla concentrazione di solido nel sistema in reazione, precisamente in:

- *processo ad umido (wet process)*: quando il tenore di solidi è inferiore al 10 % in peso
- *processo a semi-secco (semy-dry process)*: se la concentrazione di solido è fra il 10 e il 25 % in peso
- *processo a secco (dry process)*: con concentrazione di solido fra il 25 e il 40 % in peso.

### **Processi ad umido**

L'utilizzo classico è il trattamento dei fanghi originati dagli impianti di trattamento delle acque di scarico; in questo caso l'alimentazione del digestore non necessita di diluizione in quanto perviene già con una concentrazione di solidi totali inferiore al 10 % in peso, né di pretrattamenti quali la triturazione e/o la rimozione di materiale inerte in quanto il solido della sospensione è omogeneo, sia in granulometria che in concentrazione.

La miscelazione è garantita mediante insufflazione discontinua di una parte del biogas prodotto nella massa in reazione.

Nel caso, invece, che il digestore venga alimentato con rifiuti, devono essere eliminati quanto più possibile le frazioni merceologiche inerti quali metalli, plastiche, vetro, e deve essere effettuata una triturazione in modo che la pezzatura dei solidi sia la minore possibile, compatibilmente con i costi derivati dall'operazione. Infine, al rifiuto deve essere aggiunta l'acqua sufficiente per avere la concentrazione di solido opportuna per il processo; parte dell'acqua può essere sostituita dal ricircolo dell'effluente del digestore.

Il contenuto del digestore è mantenuto miscelato, seppure in questi casi in maniera eterogenea, con lo stesso sistema previsto per i fanghi, cioè insufflazione di una quantità di biogas all'interno del digestore stesso.

### **Processi a semi-secco**

Operano con concentrazioni di solidi totali fra il 10 e il 25 % in peso, e come i precedenti, danno rese in biogas tanto maggiori quanto più il rifiuto alimentato è selezionato in termini di contenuto di sostanza organica biodegradabile.

In genere è necessario aggiungere il rifiuto con acqua, che può essere di rete o parzialmente mescolata con il ricircolo dell'effluente dal processo.

La miscelazione del contenuto del reattore, sempre discontinua, può essere effettuata ancora con insufflazione di biogas, oppure meccanicamente, con agitatori o mediante estrazione e ricircolazione di una parte del contenuto stesso.

### **Processi a secco**

In questi processi sono impiegate concentrazioni di solidi totali tra il 25 e il 40 %, pertanto con il rifiuto derivante dalla raccolta differenziata dell'organico l'addizione di acqua può essere non necessaria.

Il contenuto dei digestori che utilizzano processi a secco può essere miscelato con le tecniche previste per i processi a semi-secco.

L'efficienza biologica dei vari processi deve essere comparata sulla base della produzione di biogas, che in termini pratici può essere data nella forma di volume di biogas prodotto per unità di massa di rifiuto alimentato, mentre in termini tecnici viene espressa in volume di metano prodotto per unità di massa di solidi volatili alimentati al digestore.

I processi a secco danno una produzione di biogas leggermente maggiore di quella data dai processi ad umido, dell'ordine del 10 % in più, e comunque la produzione può essere influenzata da fattori esterni ai processi stessi (ad esempio, presenza di sostanze inibenti).

Si può affermare comunque che nei vari processi la produzione di metano varia tra 0.2 e 0.35 Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/kg SV alimentati., che equivale a circa 0.08-0.12 Nm<sup>3</sup> biogas/kg rifiuto alimentato.

Per quanto concerne il recupero energetico, il biogas viene bruciato, previo trattamento di deumidificazione e di raffreddamento, in motori a combustione interna con lo scopo primario di produrre energia elettrica, e in secondo ordine, energia termica. Gli attuali impianti di combustione danno rese di trasformazione in energia elettrica sempre superiori al 35 %, e nei motori attuali di grossa taglia la resa è oramai dell'ordine del 40 %: questo significa che da 1 Nm<sup>3</sup> di biogas al 65 % in volume di metano possono essere recuperati 2.25-2.55 kWh.

A questo deve essere aggiunto il recupero in termini di energia termica, normalmente acqua calda, che nei motori dotati di recuperatori sui fumi di combustione e sui circuiti di raffreddamento dell'impianto arriva ad essere dell'ordine del 40-45 %, pertanto in questi casi il recupero complessivo è di circa 75-85 %.

La Tabella 5.4 seguente riassume le principali caratteristiche dei digestori anaerobici, sia in termini di prestazioni che di emissioni.

Tabella 5.4 - Principali caratteristiche dei digestori anaerobici

<b>Necessità pretrattamento</b>	Si
<b>RSU tal quale</b>	No
<b>Organico fresco</b>	Si
<b>Verde urbano</b>	Si
<b>Carta e cartone</b>	Si
<b>Plastica</b>	No
<b>Fanghi di impianti di trattamento acque</b>	Si
<b>RSA</b>	No
<b>Temperatura (°C)</b>	Termofilo: 50-55 Mesofilo: 35-38
<b>Solidi Totali (% in peso)</b>	10-40
<b>Tempo di permanenza (d)</b>	14-30
<b>Produzione biogas (Nm<sup>3</sup>/t RS)</b>	80-150
<b>Contenuto medio di metano nel biogas (% in volume)</b>	55-70
<b>Produzione ammendante (t/t RS)</b>	0.5-0.65
<b>Produzione fumi (Nm<sup>3</sup>/t RS) (°)</b>	540-1000
<b>Produzione energia elettrica (kWh/t RS) (*)</b>	150-300
<b>Recupero termico (kWh/t RS) (*)</b>	225-430
<b>Consumo energia elettrica (kWh/t RS)</b>	50-55
<b>Consumo energia termica (kWh/t RS)</b>	Non quantificabile a priori
<b>Consumo idrico (l/t RS)</b>	~ 80
<b>Produzione netta energia elettrica (kWh/t RS)</b>	100-250

(°) Combustione con aria e rapporto stechiometrico 1.1

(\*) Valori lordi, dai quali devono essere sottratti i consumi per il trattamento

## 5.2 Il bioreattore attivato

**Il bioreattore** è classificato dal DM 3 agosto 2005 sui criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica come una discarica per rifiuti non pericolosi in gran parte organici (*articolo 7: bioreattori con recupero di biogas*). All'interno di una discarica i rifiuti organici biodegradabili vanno incontro a processi di degradazione biologica con conseguente produzione di percolati e biogas.

E' chiaro che i processi biologici richiedono un certo grado di umidità che deve essere sufficiente alle attività microbiche; il termine bio sta, infatti, ad indicare l'attività microbica, mentre il termine reattore significa che i processi avvengono in maniera controllata.

Nel bioreattore attivato viene assicurato che il processo di stabilizzazione dei rifiuti organici avvenga rapidamente grazie all'introduzione di percolati o altri liquidi nella massa dei rifiuti allocati in discarica al fine di garantire un tenore di umidità intorno al 40%. E' noto che con un'umidità al di sotto del 20%, la quantità di acqua presente è insufficiente a supportare l'attività biologica dei batteri metanigeni responsabili della produzione di biogas.

Il tipo di trattamento che si realizza nel bioreattore è, infatti, sostanzialmente identico a quello utilizzato nella digestione anaerobica dei rifiuti solidi organici.

Oltre al controllo dell'umidità, il processo di trattamento può richiedere l'inserimento di altre sostanze o ammendanti, il controllo della temperatura e l'aggiunta di sostanze nutrienti.

I principali vantaggi di questo tipo di tecnologia sono [12, 13]:

- aumento del potenziale di conversione dei rifiuti in energia;
- accelerazione del processo di decomposizione dei rifiuti con conseguente riduzione del periodo di controllo della discarica nella fase post operativa;
- immissione del percolato nel corpo della discarica per garantire l'umidità richiesta dai processi di degradazione; in tal modo il percolato viene trattato mentre fluisce all'interno della massa di rifiuti. Il trattamento on-site è sicuramente più economico, anche se occorre considerare che spesso il percolato estratto è trasportato in un altro sito di trattamento;
- sostenibilità ambientale di una discarica una volta completata la fase di coltivazione. In particolare, attraverso la degradazione accelerata si riducono i costi legati al periodo di monitoraggio e controllo nella fase post operativa, si rende, altresì, possibile la disponibilità di ulteriori volumi utili a causa del veloce assestamento della massa dei rifiuti, e soprattutto si ottimizza la produzione di biogas e la possibilità del suo recupero energetico.

Riguardo, in particolare, al ricircolo del percolato va evidenziato che numerosi studi condotti in laboratorio e su impianti pilota hanno dimostrato che l'incremento di umidità nei rifiuti determina un miglioramento nel contenuto in composti organici dei percolati (COD e TOC), nonché una riduzione di quella componente tossica legata ai metalli pesanti e a sostanze organiche pericolose [14, 15].

Il bioreattore attivato può essere previsto anche dopo un trattamento di bioessiccazione; in questo caso tutto il bioessiccato, allocato in discarica, subisce la riattivazione del processo di degradazione anaerobica, consentendo, quindi, di produrre biogas quando si ritiene opportuno (nei lotti e per le quantità volute). I processi si riattivano grazie alla presenza nel bioessiccato di almeno il 40% di componente organica biodegradabile.

Il grado di distribuzione dell'umidità nella massa dei rifiuti è l'aspetto più importante del controllo della velocità e della durata della produzione del biogas, per tale motivo, la migliore stratificazione del materiale bioessiccato migliora i processi di degradazione in quanto riduce i tempi della fase iniziale di transizione (fase di adattamento enzimatico) del processo di produzione del biogas. Il bioreattore influenza, infatti, accorciandole, le fasi della degradazione anaerobica, in particolare la fase acidogenica e metanogenica.

In alternativa al processo che prevede di sottoporre a degradazione tutto il bioessiccato, si può optare di trasformare in biogas la sola componente organica più umida e con il potere calorifico più basso derivante dalla bioessiccazione. In questo caso si sottopone il bioessiccato ad un'ulteriore vagliatura, utilizzando un separatore per via aeraulica delle frazioni leggere (plastica e in parte carta).

Tali frazioni (circa 40%) producono un ottimo CDR, dotato di un elevato potere calorifico (circa 18-19 MJ/kg) in quanto privo della componente organica putrescibile, che può essere utilizzato in impianti produttivi in sostituzione di combustibili convenzionali o in impianti dedicati.

## 6 TRATTAMENTI TERMICI

I trattamenti termici sono rappresentati da processi chimici ad alta temperatura, nei quali molte sostanze vengono demolite per originarne altre aventi composizioni chimiche più semplici.

L'obiettivo primario di un qualsiasi trattamento termico è la trasformazione del rifiuto, con produzione di sostanze meno dannose per l'ambiente e per l'uomo, e conseguente riduzione delle quantità di sostanze da mandare allo smaltimento finale; in secondo luogo si prevede un recupero energetico, per quanto possibile e compatibilmente con il trattamento in questione.

Appartengono ai trattamenti termici:

- l'incenerimento
- la gassificazione
- la pirolisi
- la distruzione al plasma.

Fra tutti, l'incenerimento è l'operazione che è stata finora maggiormente applicata ai rifiuti solidi, e l'esperienza su scala industriale è oramai vasta; gli altri trattamenti sono stati sviluppati (o ripresi da altre applicazioni) come tecnologie alternative all'incenerimento.

L'impulso allo studio di tecnologie alternative fu dato sicuramente dalla crisi energetica dei primi anni Settanta del secolo scorso. Parecchie esperienze fallimentari, anche su scala industriale, hanno però limitato la loro diffusione.

In generale, sono state applicate essenzialmente a rifiuti selezionati e/o su piccola scala.

L'obiettivo di queste tecnologie, oltre al trattamento dei rifiuti, è il recupero di frazioni aventi sia valore energetico che come prodotti, normalmente allo stato gassoso (*syngas*).

E' possibile fare un quadro generale dei vari trattamenti, con le principali caratteristiche.

### 6.1 Incenerimento

E' un processo di ossidazione del rifiuto, nel quale gli elementi fondamentali costituenti le sostanze organiche contenute nel rifiuto vengono ossidati, dando origine a molecole semplici e sostanzialmente allo stato gassoso in condizioni ambiente (fumi): il carbonio organico variamente legato nelle molecole costituenti il rifiuto viene ossidato ad anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), l'idrogeno ad acqua (H<sub>2</sub>O), lo zolfo a biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), etc.; la parte inorganica del rifiuto in genere non subisce reazioni ed esce dal processo come residuo solido da smaltire e/o recuperare (cenere o scoria).

Poiché il processo è di tipo ossidativo, è necessario ossigeno per le reazioni: normalmente viene inviata aria, in eccesso rispetto allo stechiometrico per facilitare le reazioni chimiche in quanto il sistema è di tipo solido-gas, pertanto fortemente eterogeneo. I fumi uscenti dal processo sono a temperatura superiore a 850 °C, pertanto sono soggetti a un recupero energetico, che può consistere in produzione di vapore surriscaldato da utilizzare in turbina per generare energia elettrica, vapore saturo e/o acqua calda. Dopo l'operazione di recupero energetico, i fumi devono essere trattati in una apposita sezione dell'impianto, dove viene ridotto il carico inquinante: anche questa operazione produce residui da smaltire.

Il diagramma di flusso di un impianto di incenerimento è riportato nella figura 6.1.

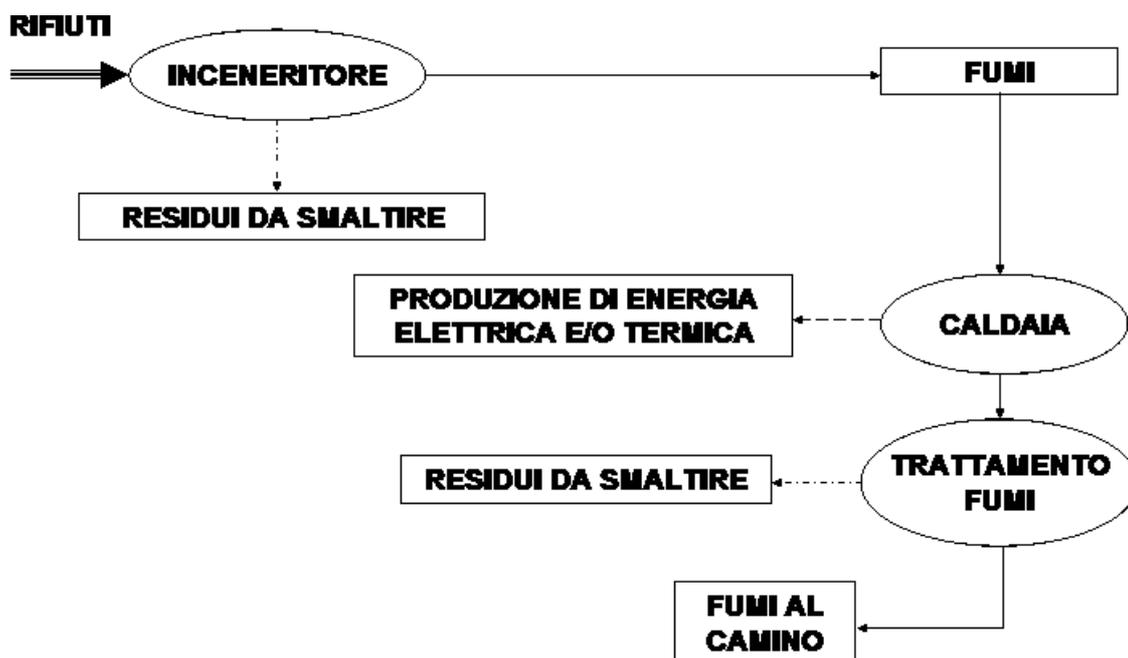


Figura 6.1 - Incenerimento

## 6.2 Gassificazione

La gassificazione consiste in una parziale ossidazione del rifiuto, avviene cioè con un quantitativo di ossigeno inferiore al valore stechiometrico definito dalle reazioni di ossidazione, pertanto nei fumi prodotti (*syngas*) sono presenti anche sostanze non completamente ossidate che potranno quindi essere utilizzate in un'ossidazione successiva in modo da effettuare un recupero energetico.

Gli agenti ossidanti utilizzabili sono: aria, aria arricchita in ossigeno, ossigeno puro; può essere utilizzato anche vapor d'acqua, con la funzione di volano termico. L'utilizzo di ossigeno puro dà come risultato la produzione di un gas con un più alto potere calorifico inferiore, ma di contro richiede maggiori oneri impiantistici, soprattutto per quanto concerne la sicurezza.

La temperatura operativa è compresa nell'intervallo 900-1.100 °C nel caso di utilizzo di aria, e 1000-1400 °C quando si utilizza ossigeno: in questo secondo caso, le elevate temperature possono produrre una vetrificazione, seppure parziale, del residuo solido uscente dall'impianto.

Il gas di sintesi è costituito essenzialmente da monossido di carbonio (CO), idrogeno (H<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), oltre ad anidride carbonica ed acqua derivate dalle reazioni di ossidazione completa, e azoto (N<sub>2</sub>) derivante dall'aria di combustione; la composizione del gas dipende dalle condizioni operative di processo.

Il residuo solido che si ottiene al termine del processo può essere:

- inerte, nel caso di gassificazione completa, cioè quando al termine del processo tutto il carbonio organico presente nel rifiuto alimentato si ritrova nel gas di sintesi
- carbonioso, quando la gassificazione è incompleta.

Nel secondo caso, la Normativa vigente in materia di trattamenti termici sui rifiuti prevede che i residui non possano presentare un tenore di incombusti, misurato come carbonio

organico totale (TOC), superiore al 3 % in peso, o una perdita per ignizione superiore al 5% in peso sul secco (articolo 8, comma 2 del D. Lgs. 133/2005).

La figura 6.2 riporta lo schema di un impianto di gassificazione.

Come riportato nella figura, il gas di sintesi può essere

- bruciato direttamente in caldaia, recuperando energia elettrica e/o termica tramite produzione di vapore e/o acqua calda
- oppure dopo trattamento per l'eliminazione di sostanze inquinanti e polveri, necessario per evitare danni alle apparecchiature in cui viene utilizzato, può essere
- bruciato in motori a combustione interna
- utilizzato in turbine a gas; in questo caso lo scarico della turbina dovrà essere mandato ad un combustore per il trattamento finale.

Nello schema è riportata anche la possibilità di recuperare materia in termini di sostanza contenute nel gas, attività non espressamente citata nella definizione di "impianto di incenerimento" riportata all'articolo 2, comma 1, lettera d) del citato D.Lgs. 133/2005.

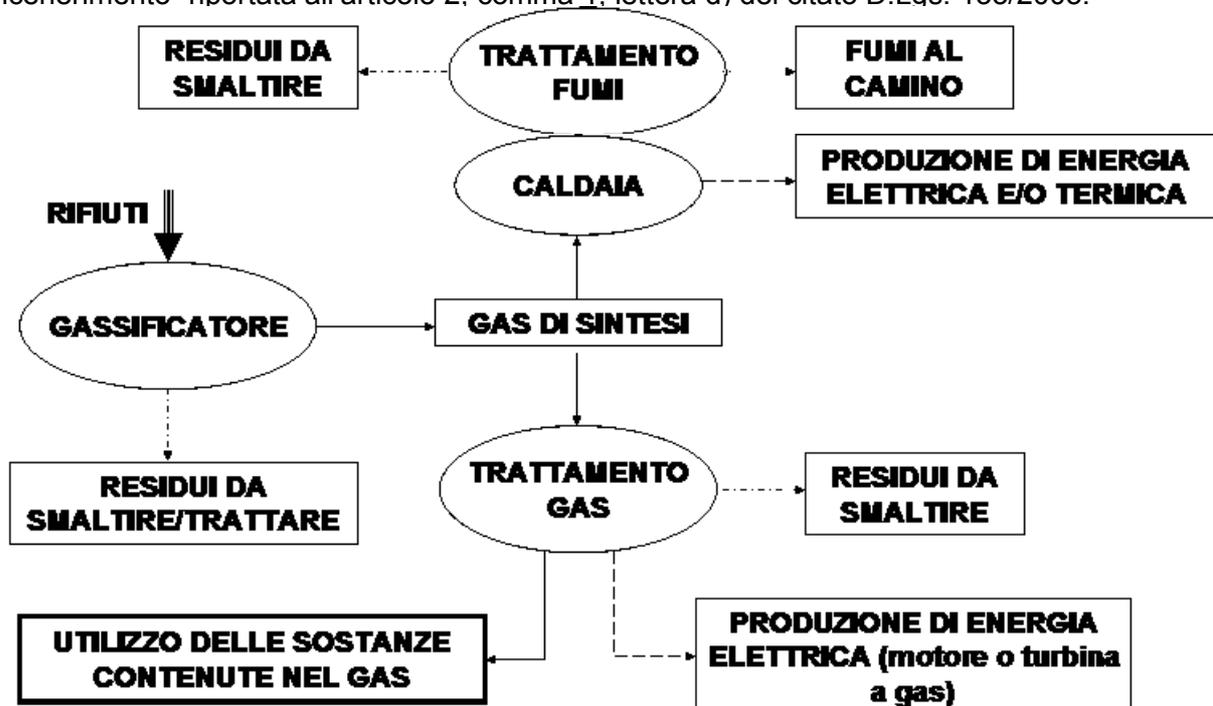


Figura 6.2 – Gassificazione

In generale, gli impianti di gassificazione sono caratterizzati da:

- minori quantitativi di fumi prodotti rispetto agli inceneritori tradizionali
- formazione di monossido di carbonio piuttosto che di anidride carbonica
- utilizzo del gas di sintesi sia in termini di materiali che di energia.

Tuttavia, il processo di gassificazione presenta i seguenti svantaggi:

- il materiale da sottoporre al processo deve essere tritato
- un'elevata umidità del materiale può influenzare la resa del processo, il quale è complessivamente esotermico, ma alcune delle reazioni sono endotermiche
- nella gassificazione ad alta temperatura (oltre 1.000 °C) si possono formare notevoli quantità di ossidi di azoto, che devono successivamente essere eliminati, facendo così aumentare i costi di trattamento dei fumi
- nel caso di gassificazione incompleta, cioè con formazione di residuo solido ancora combustibile, può darsi che non risultino soddisfatti i requisiti per lo smaltimento di tale

rifiuto in discarica, rendendosi necessario un successivo trattamento, presumibilmente di combustione.

In Europa sono presenti al momento pochi esempi di impianti di gassificazione per scarti e con potenzialità industriale, nessuno dei quali funzionante con rifiuti urbani: la tabella 6.1 riporta un quadro degli impianti attualmente in funzione (Novembre 2005).

*Tabella 6.1-Impianti di gassificazione a scala industriale operativi in Europa (Novembre 2005)*

<b>Impianto</b>	<b>Combustibile</b>	<b>Anno di inizio operatività</b>	<b>Potenzialità (t/anno)</b>
Belgio – Ruien (*)	Scarti di legno, cortecce, legno da demolizioni	2003	40.000
Finlandia – Lathi (*)	Scarti di legno e di plastica	1998	100.000
Finlandia - Varkaus	Scarti di plastica	2001	27.000
Germania - Schwarze Pump	Scarti di plastica, gomma, legno	1997	275.000
Olanda – Amer (*)	Legno di demolizioni	2000	150.000

(\*) Il gas di sintesi viene utilizzato per co-combustione nel medesimo impianto

In Italia, risulta operativo dal 2001 a Legnano (MI) un gassificatore statico per soli scarti legnosi con una capacità di 9.000 t/anno ed in costruzione a Roma un impianto di gassificazione con ossigeno ad alta temperatura, per CDR con una capacità di 192.000 t/anno [16].

Altri impianti sono stati operativi per periodi più o meno brevi, e poi dismessi per motivi differenti. Ad esempio l'impianto di Greve in Chianti, operativo dal 1993 al 1997 con RDF, ha funzionato solo 5000 ore, a causa dello sporcamento della caldaia da parte di particelle carboniose e vapori condensabili, con un'operatività della turbina a vapore del 30-50 % rispetto al valore nominale, con evidenti effetti negativi sull'economia dell'impianto.

L'impianto di Porto Azzurro (LI) per CDR di potenzialità termica pari a 7,5 MWt non è mai entrato in esercizio.

Riguardo alla situazione nei Paesi extraeuropei, praticamente la totalità degli impianti di gassificazione operanti con rifiuti solidi urbani e potenzialità industriale è ubicata in Giappone, Paese la cui Normativa per gli impianti di trattamento termico (incenerimento, gassificazione, pirolisi) dei rifiuti solidi prevede solo il controllo di PCDD e PCDF, con i seguenti limiti di emissione, dati come concentrazione totale di PCDD e PCDF calcolata come "concentrazione tossica equivalente":

- Per impianti esistenti all'1.12.2002:
  - 1 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> (per capacità > 4 t/h)
  - 5 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> (per capacità > 2 t/h e ≤ 4 t/h)
  - 10 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> (per capacità ≤ 2 t/h)
- Per impianti costruiti dopo l'1.12.2002:
  - 0,1 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> (per capacità > 4 t/h)
  - 1 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> (per capacità > 2 t/h e ≤ 4 t/h)
  - 5 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> (per capacità ≤ 2 t/h)

A scopo di confronto, occorre ricordare che il D.Lgs. 133/2005 prevede un limite, come concentrazione totale di PCDD e PCDF, non dipendente dalla potenzialità dell'impianto e pari a 0,1 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> (valutato come media di un campionamento di 8 ore).

La tabella 6.2 riporta l'elenco dei gassificatori per rifiuti solidi urbani attualmente operativi e con potenzialità giornaliera superiore a 100 t/d (30.000-33.000 t/anno).

Tabella 6.2 – Gassificatori per rifiuti solidi urbani su scala industriale

Impianto	Anno di inizio operatività	Potenzialità giornaliera dell'impianto (t/d)
Sakata (Giappone)	2002	217
Kawaguchi (Giappone)	2002	475
Ube (Giappone)	2002	218
Chuno (Giappone)	2003	186
Minami-Shinshu (Giappone)	2003	155
Nagareyama (Giappone)	2004	229
Chiba (Giappone)	1990	100
Niigata (Giappone)	1997	390
Ibaraki (Giappone)	1980	500
Oita (Giappone)	2003	428
Akita (Giappone)	2002	440
Ibaraki 2 (Giappone)	1996	332
Utashinai (Giappone)		300
Kagawa (Giappone)	2004	300
Narashino city (Giappone)	2002	222
Itoshima-Kumiai (Giappone)	2000	220
Kazusa (Giappone)	2002	220
Kagawatobu-kumiai (Giappone)	1997	216
Lizuka city (Giappone)	1998	198
Tajimi city (Giappone)	2003	188
Genkai (Giappone)	2003	176
Ibaraki 3 (Giappone)	1999	166
Ishikawa (Giappone)	2003	160
Kochi (Giappone)	2002	154
Nara (Giappone)	2001	150
Toyokama (Giappone)	2003	144
Mutsu (Giappone)	2003	140
Iryu-Kumiai (Giappone)	1997	132
Maki-machi-kumiai (Giappone)	2002	132
Kamaishi (Giappone)	1979	110
Takizawa (Giappone)	2002	110

### 6.3 Pirolisi

La pirolisi è un processo termochimico che comporta una degradazione termica della sostanza organica in assenza di ossigeno, con formazione di gas di pirolisi (*syngas*) e di residuo solido carbonioso (*char*) nel quale si concentrano le sostanze inerti.

Poiché complessivamente il processo è endotermico, il calore necessario per il funzionamento del reattore di pirolisi può essere ottenuto bruciando parte del gas di sintesi.

Il riscaldamento può avvenire sia *direttamente*, inviando nel reattore un gas inerte caldo, che *indirettamente*, attraverso le pareti del reattore.

Il gas di sintesi ha normalmente un potere calorifico inferiore di 5-15 MJ/Nm<sup>3</sup>, se derivante da rifiuti urbani, e di 15-30 MJ/Nm<sup>3</sup> se derivante da CDR.

Nel gas prodotto, oltre a sostanze quali metano, idrogeno, monossido di carbonio, anidride carbonica e idrocarburi a pochi atomi di carbonio, sono spesso presenti sostanze organiche allo stato vapore, costituite in alta percentuale da composti organici ossigenati, che dopo condensazione forniscono una frazione liquida combustibile (*tar*); l'utilizzo di questa frazione non è praticabile direttamente a causa della composizione che comporta elevata acidità e alta viscosità. Inoltre, in essa possono concentrarsi eventuali composti clorurati e altri contaminanti, pertanto in tali casi il suo successivo utilizzo richiede quasi sempre un trattamento spinto dei fumi di combustione.

Il residuo solido della pirolisi contiene in genere un quantitativo di carbonio organico totale superiore al 3 % in peso, quindi, deve essere previsto un successivo trattamento, ad esempio di combustione, prima dello smaltimento finale. Tale residuo contiene altresì metalli recuperabili come rottami, e come tali vendibili, mentre la restante parte è costituita da frazioni inerti da inviare allo smaltimento finale.

Le quantità di gas, frazione liquida combustibile e residuo solido che si possono formare dipendono dai parametri operativi di processo, essenzialmente:

- temperatura
- composizione del materiale pirolizzato
- dimensioni del materiale
- velocità di riscaldamento del materiale.

Possono essere individuate tre tecnologie di processo, che si differenziano proprio sulla base dei parametri operativi, riportate nella tabella 6.3:

- pirolisi *convenzionale*: dà uniformità nella ripartizione dei prodotti nelle tre fasi risultanti dal processo (*syngas*, *tar*, *char*)
- pirolisi *fast*: favorisce la produzione della frazione gassosa e di quella liquida
- pirolisi *flash*: fomenta la pirolisi *fast*, favorisce la produzione di gas di sintesi e di frazione liquida combustibile, ma richiede un trattamento spinto di macinazione del materiale, oltre a notevoli velocità di riscaldamento.

Tabella 6.3 – Parametri operativi per le diverse tecnologie di pirolisi

	<b>Pirolisi convenzionale</b>	<b>Pirolisi fast</b>	<b>Pirolisi flash</b>
Temperatura (°C)	300-700	600-1.000	800-1.000
Velocità di riscaldamento (°C/s)	0,1-1	10-200	< 200
Tempo di permanenza del solido (s)	600-6.000	0,5-5	< 0,5
Dimensione media delle particelle di solido (mm)	5-50	< 1	Polvere

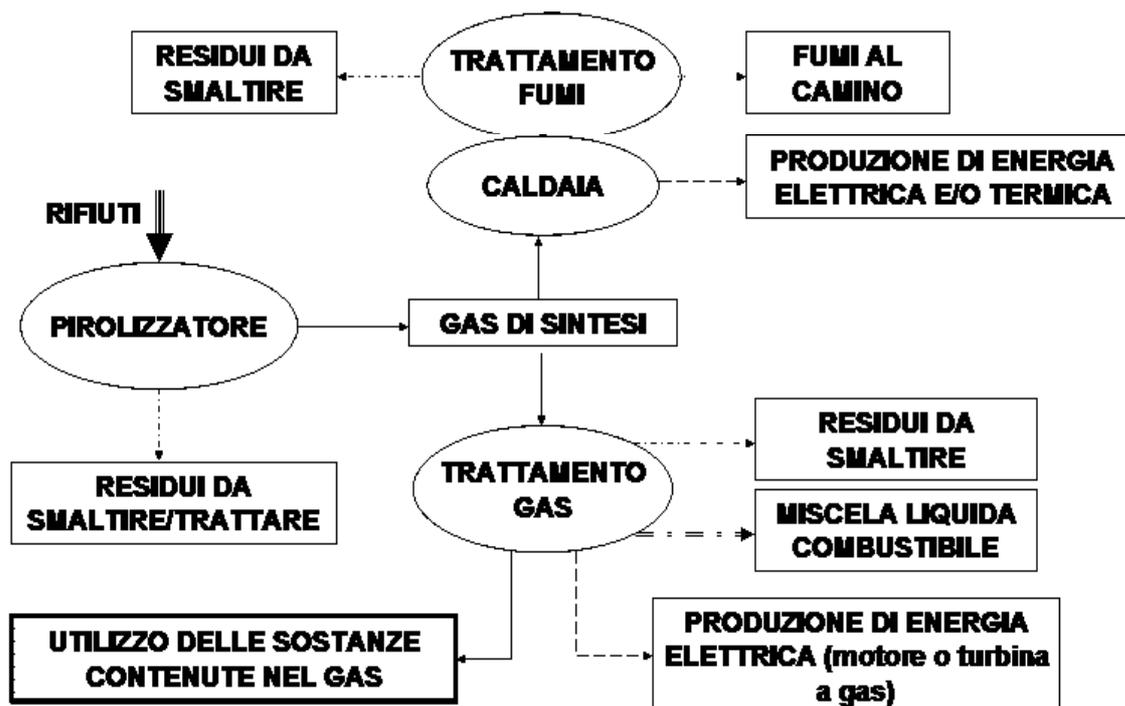


Figura 6.3 – Pirolisi

La figura 6.3 rappresenta uno schema di impianto di pirolisi.

Le possibilità di utilizzo del gas di sintesi sono molto simili a quelle viste per la gassificazione:

- combustione diretta in caldaia
- utilizzo in turbine a gas
- combustione in motori a combustione interna.

Nello schema è riportato anche il possibile recupero di materia.

Questa tecnologia offre potenzialmente le seguenti possibilità:

- riduzione della quantità di fumi rispetto agli inceneritori tradizionali
- aumento della resa di produzione di energia elettrica, mediante uso di motori a gas
- recupero di materia in termini di sostanze organiche (opzione al momento non prevista dalla Normativa vigente in materia di trattamenti termici dei rifiuti solidi)
- concentrazione dei metalli pesanti nel residuo solido.

Per contro il processo:

- è tanto più svantaggioso, in termini energetici e conseguentemente economici, quanto più il materiale da trattare è umido e/o ha un contenuto elevato di sostanze non combustibili
- richiede che il materiale alimentato all'impianto sia tritato
- genera un residuo solido che normalmente contiene ancora un discreto quantitativo di carbonio, che potrebbe, quindi, presentare caratteristiche non conformi a quanto previsto dall'articolo 8, comma 2 del D.Lgs.133/2005 (carbonio organico totale (TOC) al massimo pari al 3 % in peso, o una perdita per ignizione inferiore al 5% in peso sul secco)
- concentra nel residuo solido i metalli pesanti; nel caso di una successiva combustione del residuo è necessario un severo trattamento dei fumi per l'abbattimento di tali sostanze.

Al momento in Europa è in funzione un solo impianto di pirolisi di RU su scala industriale (Arras, Francia, operativo dalla primavera 2004, con una potenzialità di 50.000 t/anno di rifiuti solidi urbani).

La tabella 6.4 riporta l'elenco dei pirolizzatori per rifiuti solidi urbani attualmente operativi e con potenzialità giornaliera superiore a 100 t/d (30.000-33.000 t/anno).

Tabella 6.4 – Pirolizzatori per rifiuti solidi urbani su scala industriale

<b>Impianto</b>	<b>Anno di inizio operatività</b>	<b>Potenzialità giornaliera dell'impianto (t/d)</b>
Toyohashi city (Giappone)	2002	440
Koga Seibu (Giappone)	2003	286
Yame Seibu (Giappone)	2000	242
Izumo (Giappone)	2003	235
Nishi Iburu (Giappone)	2003	230
Kokubu (Giappone)	2003	178
Kyohoku (Giappone)	2003	176
Ebetsu city (Giappone)	2002	154
Oshima (Giappone)		132

## 6.4 Impianti per gassificazione e pirolisi

Poichè entrambe le tecnologie derivano dalle rispettive impiegate per il trattamento del carbone, vengono utilizzate in genere tipologie di reattori ben note nell'industria per la produzione di gas derivati dal carbone (seppure siano possibili anche altre tipologie impiantistiche). In questo ambito, sono comunemente usati:

- reattori a letto fisso
- reattori a letto fluidizzato
- reattori a letto mobile.

### Reattori a letto fisso

In tali reattori il materiale da gassificare (o pirolizzare) costituisce il riempimento della camera di reazione, per lo più costituita da una torre cilindrica ad asse verticale; il materiale attraversa la camera dall'alto verso il basso con un movimento in blocco. Il tempo di permanenza all'interno della camera è definito dal tipo di processo; il gas che si forma può avere modalità diverse di moto rispetto al materiale, che nel caso in esame è rappresentato da rifiuti:

- *downdraft*: il gas si muove verso il basso in equicorrente con il solido
- *updraft*: il gas si muove verso l'altro in controcorrente con il solido
- *cross-current*: il gas si muove perpendicolarmente al solido (applicazioni essenzialmente di carattere sperimentale).

Dal punto di vista tecnologico, i reattori a letto fisso rappresentano la tipologia impiantistica più semplice delle tre, dal momento che non ci sono parti meccaniche in movimento.

In questi reattori il tempo di permanenza tipico è dell'ordine di qualche ora, con velocità di riscaldamento del solido abbastanza basse, precisamente dell'ordine di qualche °C al secondo. Risultano altresì limitate le potenzialità di trattamento, stimabili, come valori massimi, in 100 t/d (30.000-33.000 t/anno) per il sistema updraft, e 25 (7.500-8.250) t/d per il sistema downdraft.

Rispetto alle altre due tipologie, i reattori a letto fisso generano un gas con minore quantità di particolato, specialmente nella configurazione downdraft.

### **Reattori a letto fluidizzato**

I reattori a letto fluidizzato vengono da tempo utilizzati per la combustione di materiali di pezzatura omogenea e dimensionalmente contenuta: da polvere di coke, a chips di legno, e per quanto riguarda l'applicazione al settore dei rifiuti solidi, fanghi di depurazione, frazioni merceologiche selezionate (quali plastiche e gomma), e, più di recente, CDR.

Sono ulteriormente considerati nel paragrafo relativo al loro uso come inceneritori.

Sono costituiti da una camera cilindrica ad asse verticale, nella quale si trova il materiale di riempimento, normalmente sabbia silicea, che costituisce il letto.

La zona nella parte sottostante il letto (cassa del vento), viene utilizzata per alimentare il gas di fluidizzazione del letto; a seconda della velocità del gas, il letto può essere:

fluidizzato a bolle: la velocità del gas, dell'ordine di 1-2 m/s, è sufficiente a sostenere e mantenere espanso il materiale del letto, ma senza apprezzabili moti verso l'alto (fluidinamicamente il letto si comporta come un liquido)

fluidizzato circolante: la velocità del gas, dell'ordine di 4-9 m/s, è sufficiente a trasportare una parte della sabbia fin nella zona alta del reattore (freeboard), da dove viene trasportata dai fumi in un ciclone e poi ricircolata nel letto mediante un condotto.

Il rifiuto da trattare viene alimentato sopra il letto mediante una coclea, se la matrice è solida, o una pompa, quando la matrice è liquida. Visto il meccanismo di funzionamento del reattore, è evidente che il materiale da trattare deve avere dimensioni ridotte, dell'ordine di qualche centimetro, seppure possano essere trattate dimensioni superiori nel caso di materiali leggeri e omogenei (tipo plastiche e gomme).

E' fondamentale che nel reattore non ci siano delle zone ad alta temperatura che possano portare alla fusione di materiali, che comporterebbe la formazione di aggregati pesanti e non fluidizzabili, con un evidente malfunzionamento nella fluidinamica del reattore.

Nei letti fluidizzati si ha un ottimo contatto tra fase solida e fase gassosa, con il risultato che sia lo scambio di calore che quello di materia raggiungono valori elevati. Il moto relativo tra materiale di riempimento e rifiuto contribuisce anche a ridurre ulteriormente di dimensioni il rifiuto.

Questa tipologia di reattori, seppure più complessa dei letti fissi, consente ottimi trasferimenti di calore gas-solido, garantendo quindi una maggior conversione.

In questi reattori il tempo di permanenza è relativamente breve, dell'ordine di qualche minuto, ed elevate velocità di riscaldamento del solido (da 100 fino a 1.000 °C/s); questo implica che, a parità di volume di reattore, sia maggiore il quantitativo di materiale trattabile.

Per questi reattori le massime potenzialità di trattamento sono dell'ordine di 200.000 t/anno.

### **Reattori a letto mobile**

La caratteristica fondamentale di questi reattori è il trasporto meccanico del materiale solido attraverso la camera di reazione, con un moto di norma orizzontale, ad opera del gas di processo. Dal punto di vista impiantistico, i reattori a letto mobile possono essere considerati una evoluzione degli impianti a griglia mobile, descritti successivamente, nei quali la movimentazione del solido viene fatta dalla griglia di supporto.

## **6.5 Distruzione al plasma**

Il plasma è un miscela gassosa ad alta temperatura di elettroni, cationi, e molecole e atomi neutri. La sua formazione avviene quando un gas passa in un campo elettrico o magnetico di elevata intensità.

La conversione dell'energia elettrica in calore provoca un aumento molto consistente della temperatura del gas (fino a 15.000 °C). Gran parte dell'energia posseduta dal gas può essere trasferita alle molecole delle sostanze poste a contatto con il plasma stesso, con formazione delle singole specie atomiche che le compongono; tali atomi si ricombinano poi tra di loro formando prodotti semplici, meno inquinanti, e in alcuni casi con possibili recuperi energetici o di materia.

L'efficienza di distruzione è elevata, tuttavia visti i notevoli impegni energetici necessari per il funzionamento, oltre al pretrattamento del rifiuto, questa tecnologia è stata ed è utilizzata su piccola scala quasi esclusivamente per il trattamento di rifiuti pericolosi o per il recupero di metalli da scorie.

## 6.6 Considerazioni generali

La tabella 6.5 [3] riassume le caratteristiche operative di incenerimento, gassificazione e pirolisi (non è stata considerata la tecnologia di distruzione al plasma in quanto in una fase ancora sperimentale ed utilizzata principalmente per il trattamento di rifiuti pericolosi).

Tabella 6.5 - Caratteristiche operative dei trattamenti termici

	<b>Incenerimento</b>	<b>Gassificazione</b>	<b>Pirolisi</b>
Temperature di reazione (°C)	800-1.450	500-1.600	250-700
Pressione (bar)	1	1-45	1
Atmosfera	Aria	Ossigeno, vapor d'acqua	Azoto, gas inerte
Rapporto stechiometrico	> 1	< 1	0
Prodotti del processo			
Gas	Anidride carbonica, acqua, ossigeno, azoto, ossidi di azoto	Idrogeno, monossido di carbonio, anidride carbonica, metano, acqua, azoto	Idrogeno, monossido di carbonio, idrocarburi, acqua, azoto
Liquidi			Olio di pirolisi, acqua
Solidi	Ceneri, scorie	Ceneri, scorie	Ceneri, carbone

Nella tabella 6.6 è riportato un confronto degli stessi trattamenti, in termini sia di prestazioni che di impatti ambientali: da quanto riportato è evidente che l'incenerimento è sicuramente la tipologia di trattamento termico più flessibile, sia per quanto riguarda il tipo di rifiuto alimentabile che per le contenute necessità di pretrattamento dei medesimi (in sostanza limitate ai fanghi di trattamento).

Tabella 6.6 - Confronto dei trattamenti termici

	<b>INCENERIMENTO</b>	<b>GASSIFICAZIONE</b>	<b>PIROLISI</b>
Principio di funzionamento	Ossidazione completa	Parziale ossidazione	Processo termochimico
Esperienza tecnologica	Vasta	Limitata	Limitata
Necessità di pretrattamenti del rifiuto	Si/No	Si	Si
RU tal quale	Si	No	No
CDR	Si	Si	Si
Organico fresco	Si	No	No
Verde urbano	Si	Si	Si
Carta e cartone	Si	Si	Si
Plastica	Si	Si	Si
Fanghi di impianti di trattamento acque	Si	No	No
RSA	Si	Si	Si
Costo	Medio/alto, si riduce al crescere della potenzialità	Alto, sia per l'impianto che per il pretrattamento del rifiuto	Alto, sia per l'impianto che per il pretrattamento del rifiuto
Recupero energetico diretto con:	Si	Si	Si
- Produzione di elettricità	Si	Dipendente dalla temperatura di processo	Dipendente dalla temperatura di processo
- Produzione di calore	Si	Si	Si
Produzione lorda di energia elettrica (kWh/t RS)	450-700	300-750	300-750
Recupero termico (kWh/t RS)	1200-2000	Non quantificabile a priori	Non quantificabile a priori
Recupero di materia	Rottami ossidati	Syngas (miscela gassosa, combustibile previo trattamento) Metalli parzialmente ossidati	Syngas (miscela gassosa, combustibile previo trattamento) Tar (liquido di pirolisi, combustibile previo trattamento) Metalli non ossidati, ma in processi ad alta temperatura possono finire in scoria assieme a vetro e residui minerali
Scorie e ceneri	TOC < 3 % in peso	Scorie a bassa lisciviabilità	Scorie a bassa lisciviabilità, con elevati contenuti di sostanza carboniosa (se TOC > 3 %)
Produzione di residui solidi	20-25 % in peso del rifiuto alimentato	Non quantificabile a priori	Non quantificabile a priori
Produzione di fumi	4-7 Nm <sup>3</sup> /kg RS	Minore dell'incenerimento ma non quantificabile a priori	Molto minore dell'incenerimento ma non quantificabile a priori
Consumo idrico (l/t RS)	250 con trattamento dei fumi ad umido	Non noto	Non noto
Ambiente di lavoro	Buono	Buono	Buono
Controllo degli odori	Buono	Buono	Buono

Occorre sottolineare che in alcuni casi gassificazione e pirolisi vengono abbinate fra loro e/o con l'incenerimento; in ogni caso, a livello mondiale il numero di impianti operativi rimane basso. Soprattutto, la quasi totalità degli impianti è localizzata in Giappone, Paese che, come visto precedentemente, ha norme sulle emissioni di sostanze inquinanti da impianti di trattamento termico meno restrittive di quelle dell'Unione Europea.

Nella tabella 6.7 [17] viene riportato lo stato dei processi attualmente realizzati su scala industriale.

Tabella 6.7 - Quadro dei processi di pirolisi e gassificazione su scala industriale

Processo	Tipo	Syngas	N. impianti
Brightstar environmental	Gassificazione a doppio stadio	Si	1
Compact power	Pirolisi + gassificazione + combustione	No	1
Ebara	Gassificazione + combustione + fusione	No	6
Enerkem	Gassificazione	Si	1
Kawasaki HI	Gassificazione + combustione + fusione	No	2
Mitsui	Pirolisi + combustione + fusione	No	7
Nippon steel	Gassificazione/fusione + combustione	No	19
Takuma	Pirolisi + combustione + fusione	No	3
Techtrade	Gassificazione	Possibile	2
Thermoselect	Pirolisi + gassificazione + fusione	Si	3
Thide	Gassificazione	Possibile	2

Nella tabella 6.8 è riportato il confronto delle concentrazioni di inquinanti nelle emissioni per alcuni dei processi elencati nella tabella 6.7 con i limiti previsti dal D.Lgs. 133/2005.

Tabella 6.8 – Concentrazioni di inquinanti nelle emissioni

	Thermoselect [18]	Mitsui [18]	Techtrade [18]	BAT Combustione con recupero energetico [1]	D.Lgs. 133/2005
Polveri totali (mg/Nm <sup>3</sup> )	0,2	< 0,05	< 1	< 1	10
TOC (mg/Nm <sup>3</sup> )	2	< 1	1	< 2	10
HCl (mg/Nm <sup>3</sup> )	< 0,2	< 0,5	< 0,5	< 1	10
HF (mg/Nm <sup>3</sup> )	< 0,1	< 0,05	< 0,1	< 0,1	1
SO <sub>2</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	< 1	< 0,7	< 5	< 5	50
NO <sub>x</sub> (come NO <sub>2</sub> ) (mg/Nm <sup>3</sup> )	< 10	< 70	< 10	< 80	200
CO (mg/Nm <sup>3</sup> )	< 3	< 2,3	< 5	< 10	50
Cd/TI (mg/Nm <sup>3</sup> )	< 0,002	< 0,002	< 0,0035	< 0,001	0,05
Hg (mg/Nm <sup>3</sup> )	0,007	0,006	< 0,006	< 0,001	0,05
Metalli pesanti (mg/Nm <sup>3</sup> )	< 0,04	< 0,05	< 0,04	< 0,05	0,5
PCDD+PCDF (ng TEQ/Nm <sup>3</sup> )	< 0,02	< 0,005	< 0,01	< 0,05	0,1

Queste tecnologie innovative vengono spesso presentate illustrando una serie di vantaggi rispetto ai trattamenti termici convenzionali legati a :

- più facile raggiungimento di elevate performance ambientali in termini di emissione;
- maggiori efficienza di conversione in energia elettrica rispetto agli impianti convenzionali;
- un iter amministrativo semplificato per la costruzione e all'esercizio degli impianti, in vigenza della precedente formulazione del DM 5 febbraio 1998 ;
- migliore capacità di adattamento a realtà medio piccole, data la fattività economica di realizzare impianti di taglia più piccola rispetto agli impianti di combustione tradizionali.

In realtà molti dei vantaggi prospettati sono solo apparenti e molti problemi vanno ancora risolti prima di pensare ad una applicazione estesa di queste nuove tecnologie.

In primo luogo, come già illustrato, il numero di impianti operativi su scala industriale è molto ridotto, le esperienze censite di impianti in esercizio sono solo estere e non esistono dati

operativi affidabili e confrontabili che documentino il reale miglioramento delle emissioni di questi impianti rispetto alle tecnologie convenzionali. Gli impianti esistenti sono, infatti, quasi sempre alimentati con biomasse o con specifici flussi di rifiuti speciali (plastiche miste, car fluff, oli e solventi, PFU..), mentre poche risultano le esperienze di trattamento di RU e/o CDR.

Peraltro gli attuali impianti di incenerimento possono agevolmente garantire il rispetto dei limiti alle emissioni fissate dalla normativa (D.Lgs.133/2005 di recepimento della direttiva 2000/76/CE) e, applicando le migliori tecniche disponibili, è possibile fissare "limiti prestazionali" in grado di assicurare più elevate performance ambientali degli impianti. Non appare, invece, risolto il problema legato al reale recupero o più facile smaltimento dei residui solidi derivanti dagli impianti innovativi.

Anche i vantaggi in termini energetici non sono ancora ampiamente dimostrati a causa delle caratteristiche qualitative del gas ottenuto che non sempre consentono un suo impiego ottimale e degli elevati consumi associati all'intero sistema. Al riguardo andranno individuati migliori ed idonei sistemi di clean-up del syngas prodotto, per renderlo compatibile con i limiti di emissione fissati dalla legislazione e/o idoneo con i sistemi di trasformazione energetica diversi dalle tradizionali caldaie (motori, turbine a gas, celle a combustibile, ecc.). Ad esempio, per l'utilizzo in motori a combustione interna il gas di processo deve un contenuto di particolato inferiore a 100 mg/Nm<sup>3</sup>; l'utilizzo in turbine a gas impone un limite ancora più severo e legato alle dimensioni granulometriche del particolato: per dimensioni fra 10 e 20 µm, la concentrazione non deve superare 1.2 mg/Nm<sup>3</sup>.

Altri svantaggi sono legati:

- alla necessità di una definizione ingegneristica più puntuale dell'impianto e delle condizioni di esercizio del processo; in altre parole, della tecnologia, in particolare in relazione alle caratteristiche del materiale da trattare. Molte sono, infatti, le variabili da considerare: le temperature da adottare nelle varie zone del processo, la tipologia impiantistica, la pezzatura del rifiuto, che condiziona il tempo di permanenza, la scelta dell'agente ossidante nel caso della massificazione, l'utilizzo o meno di vapore;
- alla necessità di garantire una maggiore omogeneità nella composizione chimico-fisica e dimensionale dei flussi dei rifiuti alimentati, che porta sicuramente a preferire il CDR a qualunque altra tipologia di rifiuti selezionati, anche per la pezzatura;
- al numero ridotto di impianti in scala industriale, che non consente, come meglio si chiarirà di seguito, una sufficiente confidenza in merito alle stime economiche ed ai costi complessivi, così come una valutazione completa, anche per le numerose varianti impiantistiche e gestionali che il processo può consentire, oltre al fatto che una lista di esperienze si è dimostrata fallimentare sia sotto il profilo tecnologico che di quello economico.

Va, infine, risolto il problema interpretativo della normativa che sembrerebbe non assoggettare completamente questi impianti alle rigide prescrizioni della direttiva europea 2000/76/CE sull'incenerimento dei rifiuti; mentre si rileva che il decreto 5 aprile 2006, n.186 di modifica del DM 5 febbraio 1998 non consente più l'utilizzo delle procedure semplificate per la costruzione e l'esercizio degli impianti di produzione di gas da pirolisi e di gassificazione (tipologia 17.1).

Va, anche, rilevato che la migliore compatibilità ambientale rispetto all'incenerimento dei rifiuti in termini di emissioni non è suffragata allo stato attuale da una serie consolidata di dati affidabili e confrontabili; va, anche, al riguardo, risolto il problema interpretativo della normativa che sembrerebbe non assoggettare completamente questi impianti alle rigide prescrizioni della direttiva europea 2000/76/CE sull'incenerimento dei rifiuti.

Per ultimo ma non di minore importanza in quanto da tenere presente in sede autorizzativa, come sottolineato dal Documento di Riferimento sulle Migliori Tecnologie Disponibili per l'Incenerimento di Rifiuti [1], *"al momento della redazione del documento, il rischio tecnologico addizionale associato all'adozione di gassificazione e pirolisi di rifiuti rimane significativamente maggiore di quello dei meglio conosciuti trattamenti termici di*

*incenerimento. I rischi addizionali possono diminuire con una esperienza di mercato provata ed evidenza di affidabilità con i rifiuti comunemente alimentati all'impianto."*

Quanto detto, insieme alle considerazioni relative alle caratteristiche dei rifiuti che l'impianto dovrà trattare, influenzano in maniera determinante la scelta della tecnologia da utilizzare.

Nel caso in esame, come analizzato in maniera approfondita nel capitolo 7, i rifiuti sono rappresentati da:

- rifiuto residuo (RR) dalle raccolte differenziate
- fanghi di impianti di trattamento di acque di scarico
- rifiuti assimilabili agli urbani (RSA).

Come meglio chiarito nel capitolo 7, i rifiuti, anche nel caso di un pretrattamento del rifiuto urbano mediante bioessiccazione, non presentano una composizione merceologica ben definita né risultano stabili nel tempo. Pertanto, tutte le considerazioni fin qui esposte portano ad escludere nella scelta della tecnologia da utilizzare i trattamenti termici alternativi.

Pare quindi opportuno l'approfondimento tecnico del solo incenerimento.

Tale trattamento può essere condotto in inceneritori:

- a griglia
- a tamburo rotante
- a letto fluidizzato.

Qualunque sia la tipologia di inceneritore, la linea di trattamento comprende anche:

- la sezione di postcombustione
- la sezione di recupero energetico
- la sezione di trattamento dei fumi ottenuti nel processo,
- sezioni le cui caratteristiche non sono influenzate dalla tipologia di inceneritore.

## **6.7 Costi e confronto economico dei sistemi**

Fornire indicazioni sugli aspetti economici relativi alle diverse tecnologie di trattamento termico dei rifiuti risulta abbastanza complesso.

I dati disponibili sono molto pochi, scarsamente confrontabili perché relativi a specifiche esperienze che, nel caso dei cosiddetti trattamenti innovativi (pirolisi/gassificazione), si riferiscono esclusivamente a realtà estere difficilmente "esportabili".

In aggiunta, i dati reperibili in letteratura non sono sempre supportati da oggettivi riscontri di mercato e, riguardo ai costi di gestione, non fanno riferimento al numero di anni monitorati, per cui potrebbero essere solo frutto di bilanci preventivi effettuati dai diversi gestori e non riferirsi ad un reale esercizio industriale.

Vale la pena, inoltre, di sottolineare che, nel caso di esperienze estere, i costi esposti non tengono conto delle significative differenze dovute ad alcune componenti di costo (manodopera, elettricità, combustibili ausiliari, materie prime..) che concorrono alla definizione del costo totale per tonnellata di rifiuto trattato. E' evidente, inoltre, che i costi possono essere confrontabili solo nell'ambito di un ridotto range di potenzialità, per cui non possono essere presi in considerazione dati non riferiti a taglie ben individuate. Va, anche, valutata l'età dell'impianto e l'incidenza dei costi di ammortamento che, se non simili, non consentono confronti.

Riguardo ai costi di esercizio la variabilità è ancora più marcata anche a livello di uno stesso Paese; significativamente diversi, nei vari contesti territoriali, sono i costi di smaltimento dei residui, l'entità dei ricavi dovuti al recupero di energia, i costi di trattamento dei reflui, gli oneri per il trasporto dei rifiuti anche in relazione alle loro caratteristiche chimico fisiche, il peso economico dei programmi di monitoraggio e controllo, di accesso al pubblico delle

informazioni... L'eventuale adozione di tecniche sperimentali di recupero dei residui solidi potrebbe inizialmente comportare costi maggiori che si tradurrebbero in ricavi solo a regime. Un discorso a parte va fatto riguardo all'impatto che sui costi esercitano specifiche disposizioni normative.

Sono, infatti, ipotizzabili due diversi scenari:

- il primo si riferisce a Paesi che impongono prescrizioni tecniche e livelli di emissione degli inquinanti più restrittivi rispetto alla normativa europea con conseguente aumento dei costi;
- il secondo, riscontrabile in Paesi esterni all'Unione, potrebbe far rilevare costi più bassi a fronte di minori vincoli ambientali rispetto alla norma comunitaria.

A livello europeo risulta, anche, determinante l'anno di rilevamento dei costi, tenuto conto che la direttiva 2000/76/CE doveva essere attuata per gli impianti esistenti entro il 28 dicembre 2005, ma non tutti i Paesi si sono adeguati alle nuove disposizioni. Il passaggio dal vecchio al nuovo regime legislativo comporta chiaramente un aumento dei costi.

Al riguardo, non può non evidenziarsi che la stessa Italia ha spostato l'adeguamento degli impianti esistenti al 28 febbraio 2006 e che, comunque, è previsto che gli impianti continuino ad operare fino al rinnovo dell'autorizzazione che avviene alla naturale scadenza dell'atto.

A parte i vincoli ambientali, ad incidere sui costi sono, anche e soprattutto, il sistema degli incentivi e/o disincentivi economici utilizzati nei diversi Paesi.

Si ricorda che a livello nazionale molti impianti godono di misure economiche incentivanti (CP6, oggi certificati verdi) che incidono profondamente sui costi della gestione, producendo significative diminuzioni del costo generale del sistema. A livello europeo non tutti i Paesi godono di simili benefici (vedi Germania).

Quanto detto porta a concludere che i dati di seguito esposti hanno un puro valore indicativo e vengono forniti con il solo scopo di completare le informazioni sui sistemi di trattamento dei rifiuti. Una stima reale degli investimenti necessari per la realizzazione dell'opera si potrà fare solo a valle di un approfondito studio di fattibilità nel quale dovranno essere valutate nel dettaglio tutte le variabili (taglia, localizzazione, tipologia di trattamento, presidi ambientali, tecnologie adottate, recuperi energetici, mercato dell'energia elettrica, condizioni locali....).

In tabella 6.9 [19] sono riportati alcuni esempi di costi di investimento necessari per la realizzazione di impianti di incenerimento a griglia mobile, dotati di tutti i presidi ambientali previsti dalla disciplina in materia di migliori tecniche disponibili. L'analisi dei dati rende evidente l'effetto economia di scala.

*Tabella 6.9 - Costi di costruzione impianti di incenerimento a griglia*

Potenzialità (t/anno)	Costi di costruzione (€/t)
120.000	530-550
200.000	460-480
300.000	430-450
400.000	400-420

La tabella 6.10 riporta i campi di variazione dei costi di investimento e di esercizio di impianti di combustione tradizionali (griglia, letto fluido) e di pirolisi e gassificazione. I costi esposti, tratti da uno studio dell'ENEA pubblicato a gennaio 2004 [16], non tengono conto delle caratteristiche dei rifiuti trattati, della taglia dell'impianto, delle diverse condizioni operative ed, in particolare, delle diverse modalità di recupero di energia e di materia. I range esposti appaiono ampi, documentano, comunque, un certo allineamento dei costi di investimento delle diverse tipologie di trattamento termico, mentre appaiono decisamente più alti i costi di esercizio degli impianti di gassificazione/pirolisi.

Tabella 6.10 – Costi indicativi di investimento ed esercizio

Parametro	Combustione	Pirolisi/gassificazione
Costi di investimento (1)	320 - 600 €/t/anno	180 - 900 €/t/anno
Costi di esercizio (2)	30-150 €/t	60- 240 €/t

(1) Costo unitario per capacità annua di trattamento dell'impianto

(2) Costo unitario per tonnellata di rifiuto trattato

Al fine di fornire ulteriori indicazioni si riportano di seguito i dati relativi ai costi indicativi di investimento e di esercizio per impianti di incenerimento con recupero energetico (tabella 6.11) e per impianti di pirolisi/gassificazione (tabella 6.12). Le informazioni sono tratte da un recente studio "Feasibility study of thermal treatment options for waste in the Limerick / Clare / Kerry region" [18], elaborato con il supporto di diverse Università (University of Groningenth – Netherlands, University of Vienna), nell'ambito della predisposizione del Piano di gestione dei Rifiuti della regione di Kerry (Irlanda).

Tabella 6.11 - Costi indicativi di investimento e di esercizio per impianti di incenerimento con recupero energetico

Capacità (t/anno)	Costi di investimento* (Euro)	Costi di esercizio** (Euro)
50.000	31.250.000	2.323.500
100.000	55.000.000	3.765.000
200.000	109.800.000	6.600.000
500.000	180.800.000	14.276.000

\*: Incluso tasse, pianificazione e progettazione e acquisizione territorio sulla base della realtà nordeuropea

\*\* : Escluso costi di trasporto ed introiti da vendita o recupero.

Tabella 6.12 - Costi indicativi di investimento e di esercizio per impianti di pirolisi/gassificazione

Capacità (t/anno)	Costi di investimento* (Euro)	Costi di esercizio** (Euro)
20.000	19.050.000	2.560.000
50.000	43.750.000	3.800.000
100.000	73.200.000	6.700.000
200.000	112.100.000	10.400.000

\*: Costi tipici per un impianto Thermostelect incluso tasse, pianificazione e progettazione acquisizione territorio sulla base della realtà nordeuropea

\*\* : Escluso costi di trasporto ed introiti da vendita o recupero.

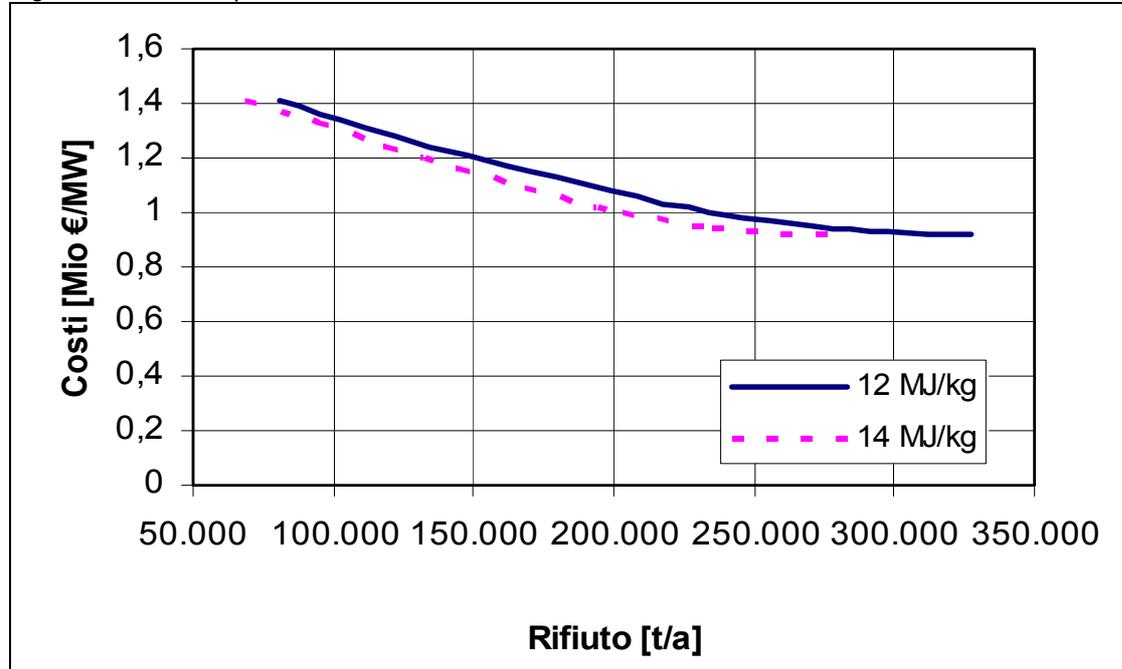
Anche in questo caso, l'analisi dei dati evidenzia che, a parità di taglia (200.000 tonnellate), i costi di investimento degli impianti di incenerimento e quelli di pirolisi/gassificazione sono assolutamente confrontabili, risultano, invece, significativamente superiori i costi di gestione di quest'ultima tipologia di impianti.

Alcune fonti europee mettono in relazione i costi di investimento con le prestazioni energetiche dell'impianto (€/MW). I valori tipici riscontrati variano da 0,6 a 1,4 milioni di €/MW. I costi più elevati si riscontrano in impianti dotati di sistemi di abbattimento molto avanzati, in grado di assicurare valori di emissione inferiori alla direttiva 2000/76/CE, e strutture per le fasi di public relations e pubblicizzazione dei dati operativi.

Studi recenti evidenziano come i costi di investimento non denotino sostanziali cambiamenti al variare del potere calorifico del rifiuto trattato; nella figura 6.4 si può notare come l'andamento dei costi specifici di investimento normalizzati rispetto alle prestazioni di

recupero energetico (€/MW) non cambi, a parità di rifiuti trattati, al variare del potere calorifico del rifiuto [20].

Figura 6.4 - Costi specifici di investimento



In Italia per un nuovo impianto di incenerimento a griglia mobile, localizzato in Emilia Romagna e di potenzialità pari a circa 250.000 tonnellate/anno di RU, il costo di trattamento, al lordo dei ricavi per la vendita di energia, sarebbe pari a 100 Euro per tonnellata di rifiuti, i ricavi stimati per la vendita dell'energia prodotta annualmente ammonterebbero a 29 €/t in assenza di certificati verdi ed a 56 €/t in presenza di certificati verdi della durata di otto anni. I ricavi per la vendita di energia vanno chiaramente detratti dai costi di gestione.

Da ultimo a completare la panoramica sui costi di gestione per tonnellata di rifiuti trattati si richiamano i dati contenuti nel BRef "Waste incineration" [3].

L'analisi dei dati documenta la grande influenza della taglia dell'impianto sui costi di costruzione ed esercizio, meno significative risultano, invece, le differenze dovute ai diversi sistemi di abbattimento delle emissioni inquinanti.

La maggior parte delle informazioni si riferisce ad impianti di combustione austriaci per i quali è presente il dettaglio analitico dei costi di investimento (durata 15 anni ed interessi del 6%) e di esercizio, differenziati in base alla capacità installata (100.000 t/anno, 200.000 t/anno e 300.000 t/anno).

Per le tre taglie considerate si passa, in relazione alla complessità dei sistemi di abbattimento, da 91 €/t di rifiuto degli impianti che trattano 300.000 t/anno a circa 148 €/t degli impianti che trattano 100.000 t/anno.

Per gli impianti di gassificazione e pirolisi si afferma che esiste una maggiore variabilità nei dati dovuti alle poche esperienze presenti.

Viene riportato il caso di un gassificatore finlandese di 100.000 tonnellate, alimentato per oltre il 60% da biomasse, rappresentate da scarti di legno, per il quale si espone un costo totale di investimento ed esercizio (anno 2001) pari a circa 16 milioni di Euro/anno. Si precisa, comunque, che l'applicazione dei nuovi requisiti fissati dalla direttiva 2000/76/CE determinerà un aumento dei costi.

Da ultimo il BRef [3] espone i dati di costo al 2001, pari a circa 140 Euro /t di rifiuto trattato, dell'unico impianto di pirolisi operativo fino al 2004 a Karlsruhe (Germania) di capacità di 225.000 t/anno, utilizzato per il 50% della sua potenzialità, nonché i costi stimati di un impianto da localizzarsi nella regione delle Fiandre in Belgio in grado di trattare 150.000 t/anno di rifiuti. In questo caso il costo stimato è pari a circa 141 Euro/t al lordo dei ricavi.

## 6.8 Inceneritori a griglia

Gli inceneritori a griglia rappresentano il più diffuso e collaudato sistema di combustione dei rifiuti urbani, e lo sviluppo della griglia mobile ha contribuito notevolmente alla loro diffusione. Al momento il numero di impianti in funzione nel mondo è superiore a 1000.

Attualmente sia le griglie che le camere di combustione sono progettate per essere adatte a bruciare non solo rifiuto solido urbano indifferenziato ma anche il rifiuto residuo dopo la raccolta differenziata, rifiuto che ha normalmente un potere calorifico inferiore maggiore di 10 MJ/kg.

Dal punto di vista costruttivo, questi inceneritori sono costituiti da una camera di combustione primaria, nella quale è presente la griglia, che rappresenta il cuore della linea di incenerimento.

Il rifiuto da trattare viene immesso nella camera e sopra la griglia mediante una tramoggia; la griglia è inclinata verso il basso per favorire l'omogeneità della distribuzione del rifiuto e l'avanzamento del medesimo (sono anche possibili 2-3 diverse inclinazioni lungo la camera), ed è normalmente costituita da barre poste in modo che una barra sia fissa e la successiva mobile, e così via (figura 6.5).

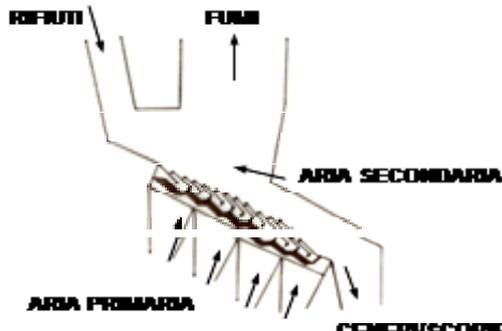


Figura 6.5 - Inceneritore a griglia mobile

La griglia è il dispositivo su cui avvengono le reazioni chimiche coinvolte nel processo, reazioni che consistono nell'ossidazione pressoché completa dei principali elementi costituenti il rifiuto: carbonio, idrogeno, azoto, zolfo. Le reazioni chimiche coinvolte sono fortemente esotermiche, cioè sviluppano notevoli quantità di calore, e parte di questo calore serve per vaporizzare l'acqua normalmente presente nel rifiuto; chiaramente minore è l'umidità del rifiuto, maggiori sono le temperature raggiungibili durante il processo di combustione.

Poiché nel tempo il rifiuto solido urbano indifferenziato è diventato sempre più ricco in frazioni combustibili secche quali carta e plastica, sono state messe a punto griglie raffreddate ad acqua al fine di evitare surriscaldamenti locali, che possono indurre eccessive dilatazioni meccaniche e conseguentemente problemi alle parti mobili delle griglie stesse.

L'utilizzo di griglie raffreddate è necessario quando il potere calorifico inferiore del rifiuto è superiore a 12 MJ/kg, ed è comunque consigliato se il potere calorifico inferiore è maggiore di 10 MJ/kg.

Il raffreddamento della griglia può costituire un primo recupero di energia, in forma di acqua calda.

Il tempo di permanenza del rifiuto sulla griglia deve essere sufficiente a dare un processo di ossidazione pressoché completo, ed è dell'ordine di almeno 30 minuti.

Per il parametro di progetto della camera viene solitamente utilizzata la potenzialità termica, compresa nell'intervallo 70-300 kW/m<sup>3</sup>, assieme al carico termico superficiale, compreso fra 350 e 1000 kW/m<sup>2</sup>.

Le reazioni chimiche di combustione necessitano di ossigeno come comburente, in genere fornito con aria preriscaldata; la quantità di ossigeno fornito è sempre molto superiore alla quantità stechiometrica, vale a dire la quantità effettivamente necessaria e calcolata tramite le reazioni chimiche.

L'utilizzo di un forte eccesso di ossigeno, fino al 100 % rispetto allo stechiometrico, è una delle garanzie per ottenere la completa combustione del rifiuto, tenendo conto del fatto che:

- le reazioni chimiche coinvolgono un sistema solido e una fase gassosa;
- il sistema solido è alquanto eterogeneo in composizione, forma e dimensioni;
- il processo di combustione è favorito da un ottimo contatto tra combustibile (rifiuto) e comburente (ossigeno);
- ogni volume di aria contiene circa 0,79 parti di azoto, che non partecipa alle reazioni chimiche di ossidazione (inerte) ma costituisce una resistenza agli scambi di materia che avvengono nel processo, oltre a sottrarre calore.
- In linea di massima, la combustione completa del carico nominale di rifiuto deve avvenire nei primi 2/3 della lunghezza della griglia, mentre nel restante 1/3 avviene il progressivo raffreddamento dei residui non combustibili (ceneri o scorie, a seconda del loro stato fisico).

Il quantitativo di aria viene solitamente diviso in aria primaria e aria secondaria (figura 6.5):

- l'aria primaria viene utilizzata per la combustione ed è inviata da sotto la griglia, per la sua intera lunghezza divisa idealmente per questo scopo in più zone controllate separatamente, e distribuita attraverso lo strato di rifiuto mediante piccoli fori nella parte frontale delle barre a velocità dell'ordine di 10-15 m/s. Parte del quantitativo deriva dal mantenimento in depressione della vasca di stoccaggio dei rifiuti al fine di evitare fughe di cattivi odori verso l'ambiente esterno;
- l'aria secondaria è iniettata ad alta velocità nella camera di combustione primaria, sopra lo strato di rifiuti e in prossimità dell'ingresso alla camera di combustione secondaria (postcombustore), al fine di avere un elevato livello di turbolenza per miscelare i gas di combustione (fumi) al fine di completare in fase gassosa le reazioni chimiche del processo.

La ripartizione del quantitativo totale è circa:

- 80 % aria primaria e 20 % aria secondaria, nei vecchi impianti
- 40 % aria primaria e 60 % aria secondaria, nei nuovi impianti.

Con riferimento al verso di flusso dei fumi rispetto a quello del rifiuto si possono definire 3 diverse tipologie di combustore primario (figura 6.6):

- a flusso in equicorrente, con l'uscita dei fumi in corrispondenza dello scarico di ceneri e scorie
- a flusso in controcorrente, con l'uscita dei fumi in corrispondenza dell'ingresso del rifiuto, facilitando così essiccamento e ignizione del rifiuto stesso; poiché possono uscire fumi non completamente ossidati con questa configurazione è necessario aumentare la quantità di aria secondaria

- a flusso con correnti intermedie, con uscita dei fumi in corrispondenza della metà della lunghezza della griglia.

Figura 6.6a - Inceneritore con flusso in equicorrente

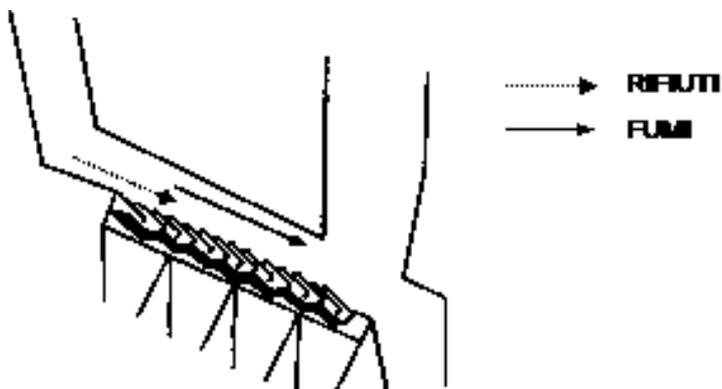


Figura 6.6b - Inceneritore con flusso in controcorrente

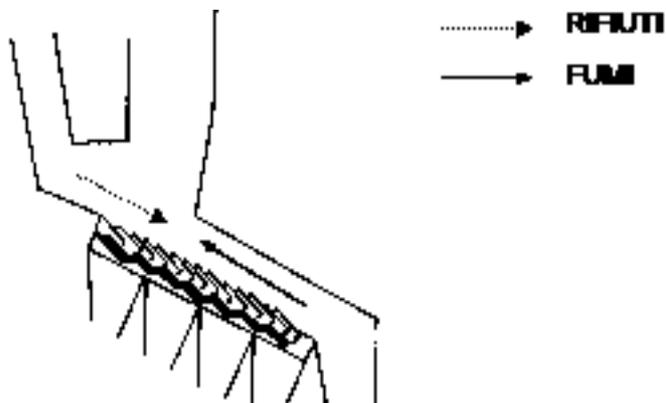
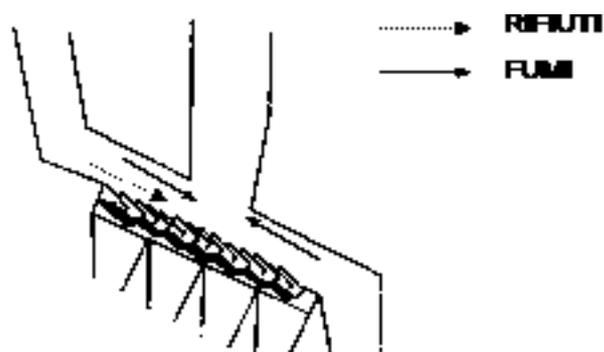


Figura 6.6c - Inceneritore con flusso con correnti intermedie



Sono stati messi a punti anche impianti che utilizzano come comburente aria arricchita in ossigeno (25-35 % in volume), che a fronte di costi superiori danno:

- minori quantità di fumi da trattare
- combustione più uniforme
- riduzione del contenuto di monossido di carbonio nei fumi
- riduzione del contenuto di ceneri volanti nei fumi.

Le ceneri e le scorie che si formano dalla combustione del rifiuto vengono estratte dalla parte terminale della griglia, previo raffreddamento in acqua, e infine sottoposte ad un recupero dei rottami ferrosi, che trovano una collocazione come materiali riciclabile.

## 6.9 Inceneritori a tamburo rotante

Questi inceneritori sono stati e sono utilizzati essenzialmente per la combustione di rifiuti industriali, con vario grado di pericolosità, oltre che per rifiuti ospedalieri, mentre hanno trovato rare applicazioni per il trattamento di rifiuti urbani, anche a causa del fatto che la camera di combustione primaria (il tamburo rotante stesso) ha volumi ridotti, e quindi capacità di trattamento inferiori rispetto ai forni a griglia, originando quindi la necessità di più linee in parallelo quando si debbano trattare quantità notevoli di rifiuti.

Il tamburo, cioè la vera e propria camera di combustione dei rifiuti, è costituito da un cilindro di acciaio rivestito di refrattario, posizionato con l'asse inclinato di qualche grado ( $1-3^\circ$ ) rispetto all'orizzontale, normalmente con l'alimentazione del rifiuto nella parte posizionata più in alto. Pendenze negative, vale a dire con l'alimentazione del rifiuto a una quota inferiore allo scarico delle ceneri/scorie, vengono utilizzate quando l'alimentazione è in larga misura fangosa.

La figura 6.7 riporta lo schema di un tamburo rotante.

Il tamburo viene fatto ruotare lentamente attorno al suo asse (da 0.5 a 2 rpm): la velocità di rotazione, l'inclinazione e il diametro del tamburo influenzano il tempo di permanenza del rifiuto nella camera; il tamburo è progettato per avere una potenzialità termica compresa nell'intervallo 60-250 kW/m<sup>3</sup>.

All'interno del cilindro avviene il processo di combustione, con scambi di calore e di materia, e al fine di aumentare quanto possibile le superfici di scambio di proprietà, sulla superficie interna del cilindro sono posizionati dispositivi aventi lo scopo di sollevare il rifiuto lungo il diametro del cilindro stesso, e facendolo successivamente cadere: con questi artifici il rifiuto compie un percorso a zig-zag, ben superiore alla lunghezza del tamburo.

Geometria e movimentazione del tamburo impediscono recuperi di calore nella camera di combustione, e danno problemi di tenute, le quali favoriscono perdite di gas (e quindi di calore) verso l'ambiente.

Questi inceneritori lavorano con eccessi d'aria maggiori che gli inceneritori a griglia e a letto fluidizzato; questo, unitamente al fatto che nel tamburo sono praticamente impossibili recuperi termici, dà come risultato efficienze energetiche minori rispetto agli altri inceneritori.

Possono essere gestiti in modo che il funzionamento sia "a cenere", quando le temperature all'interno del tamburo sono al di sotto dei 1000 °C, oppure "a scoria", con temperature oltre 1100 °C; la tabella 6.13 riporta vantaggi e svantaggi dei due sistemi.

Figura 6.7 - Inceneritore a tamburo rotante

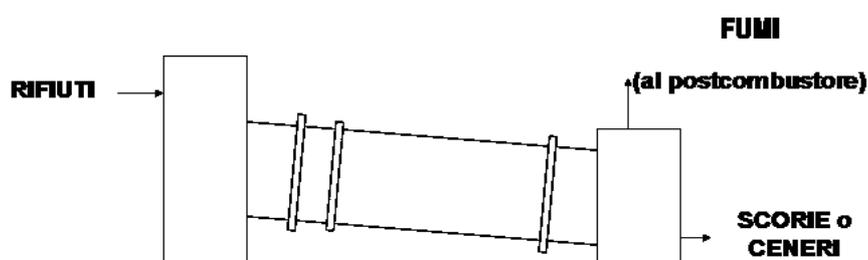


Tabella 6.13 - Confronto fra sistema "a scoria" e sistema "a cenere"

FATTORE	EFFETTO
Costruzione	Più complessa per il forno a scoria
Accettabilità rifiuti	Il forno a scoria può accettare qualsiasi tipologia di rifiuto
Controllo di processo	Il forno a scoria ha un'elevata inerzia termica
Emissioni	Il forno a scoria fornisce minori quantità di particolato, ma quantità maggiori di NO <sub>x</sub>
Scoria	Per la sua formazione può essere necessaria l'aggiunta di CaO, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , SiO <sub>2</sub>
Cenere	Meno lisciviabile quando derivata dal forno a scoria
Manutenzione	Maggiore per il forno a scoria
Refrattari	Più critici con il forno a scoria

Con questa tipologia di combustore è possibile bruciare anche rifiuti allo stato liquido, fangoso e pastoso.

Nella maggior parte dei casi, l'aria di combustione viene mandata in equicorrente con il rifiuto, in modo da limitare le complessità impiantistiche.

## 6.10 Inceneritori a letto fluidizzato

Gli inceneritori a letto fluidizzato vengono da tempo utilizzati per la combustione di materiali di pezzatura omogenea e dimensionalmente contenuta: da polvere di coke, a chips di legno, e per quanto riguarda l'applicazione al settore dei rifiuti solidi, fanghi di depurazione, frazioni merceologiche selezionate (quali plastiche e gomma), e, più di recente, CDR.

Sono costituiti da una camera di combustione cilindrica ad asse verticale, nella quale si trova il materiale di riempimento, normalmente sabbia silicea, che costituisce il letto.

La zona nella parte sottostante il letto (cassa del vento), viene utilizzata per alimentare l'aria di fluidizzazione del letto; a seconda della velocità dell'aria, il letto può essere (figura 6.8):

- fluidizzato a bolle: la velocità dell'aria, dell'ordine di 1-2 m/s, è sufficiente a sostenere e mantenere espanso il materiale del letto, ma senza apprezzabili moti verso l'alto (fluidodinamicamente il letto si comporta come un liquido)
- fluidizzato circolante: la velocità dell'aria, dell'ordine di 4-9 m/s, è sufficiente a trasportare una parte della sabbia fin nella zona alta del combustore (*freeboard*), da dove viene trasportata dai fumi in un ciclone e poi ricircolata nel letto mediante un condotto. Tale configurazione è adatta a trattare rifiuto ad elevato potere calorifico inferiore, ed ha il vantaggio di dare uniformità di temperatura ed elevati scambi di calore con le zone di combustione inferiori rispetto al letto fluidizzato a bolle.

Nel caso degli inceneritori, l'aria di fluidizzazione costituisce anche l'aria di combustione (normalmente entra già preriscaldata). Il rifiuto viene alimentato sopra il letto mediante una coclea, se la matrice è solida, o una pompa, quando la matrice è liquida. Visto il meccanismo di funzionamento del letto fluidizzato, è evidente che il materiale da trattare deve avere dimensioni ridotte, dell'ordine di qualche centimetro, seppure possano essere trattate dimensioni superiori nel caso di materiali leggeri e omogenei (tipo plastiche e gomme).

Figura 6.8a - Inceneritore a letto fluidizzato a bolle

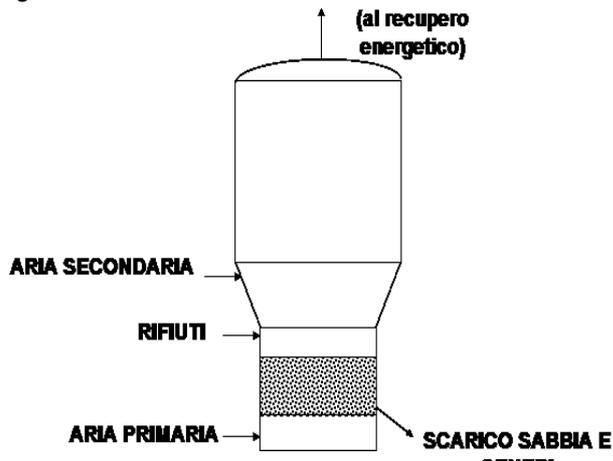
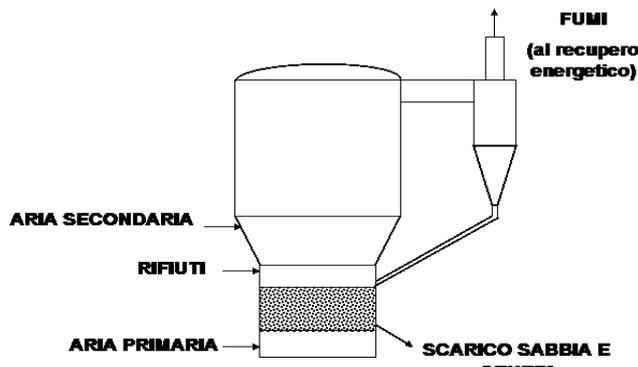


Figura 68b - Inceneritore a letto fluidizzato circolante



Nei letti fluidizzati si ha un ottimo contatto tra fase solida e fase gassosa, con il risultato che sia lo scambio di calore che quello di materia raggiungono valori elevati. Il moto relativo tra materiale di riempimento e rifiuto contribuisce anche a ridurre ulteriormente di dimensioni il rifiuto.

All'interno del letto avvengono sia l'essiccamento che la combustione del rifiuto.

Il rapporto massa del letto/massa del rifiuto è sempre elevato, e questo permette di poter trattare rifiuti in un intervallo di poteri calorifici inferiori piuttosto ampio: da 7 a 28 MJ/kg.

La zona superiore al letto, il freeboard, funziona in genere da postcombustore, e pertanto deve essere dimensionata in modo che siano soddisfatti i requisiti normativi di temperatura e tempo di permanenza dei fumi.

La parte non combustibile del rifiuto si accumula nel letto; l'operazione di scarico viene effettuata tramite l'estrazione continua di materiale dal fondo del letto e sua successiva classificazione per separare la sabbia dalla cenere; per il funzionamento ottimale di questo inceneritore è essenziale che:

la parte non combustibile rimanga allo stato di cenere (solido) piuttosto che di scoria (liquido) il rifiuto sia selezionato e omogeneo in composizione al fine di evitare che nel letto si formi localmente della scoria; questa evenienza porterebbe alla formazione di aggregati dannosi per il funzionamento dell'inceneritore in quanto la fluidizzazione non sarebbe più omogenea e pertanto nel letto si avrebbero zone con funzionamento differente.

Come per l'inceneritore a griglia, anche in questo caso l'avviamento dell'impianto prevede il riscaldamento del combustore; sono previsti altresì bruciatori ausiliari a livello del freeboard, che vengono attivati quando le temperature dei fumi scendano sotto il valore minimo previsto dalla .

Poiché gli inceneritori a letto fluidizzato funzionano in un intervallo di temperatura abbastanza ristretto, grazie all'ottimo controllo termico possibile, e comunque sempre inferiori a 950 °C nel freeboard, la formazione di ossidi di azoto è limitata.

## 6.11 Postcombustione

Il postcombustore è la zona dove si completano le reazioni di ossidazione dei fumi in fase gassosa, ed è uno dei punti della linea di incenerimento in cui la richiede il rispetto di valori precisi per alcuni parametri operativi: la attualmente normativa vigente (D. Lgs. 133/2005 – art. 8, comma 3) impone che *“...i gas prodotti dal processo di incenerimento siano portati, in modo controllato ed omogeneo, anche nelle condizioni più sfavorevoli, ad una temperatura di almeno 850 °C per almeno due secondi. Tale temperatura è misurata in prossimità della parete interna della camera di combustione...”*. In termini di gestione operativa questo significa che nella camera di postcombustione devono essere controllati temperatura dei fumi e loro tempo di permanenza.

Il postcombustore fisicamente inizia dopo l'ultima iniezione di aria secondaria. Nel caso la temperatura dei fumi sia inferiore al valore imposto dalla , deve entrare in funzione il sistema di riscaldamento ausiliario, utilizzato comunque sempre all'avviamento e alla fermata dell'impianto (D. Lgs. 133 dell'11.5.2005 – art. 8, comma 5)). Questo sistema è in genere costituito da due bruciatori a metano, installati sulle pareti della camera di combustione primaria.

I fumi di combustione possono essere parzialmente riciclati all'ingresso del postcombustore prelevando una quota della portata prima dei trattamenti di depurazione, con vantaggi economici e ambientali in quanto:

- diminuisce la portata di fumi da trattare
- aumenta l'efficienza termica potendo diminuire l'eccesso di aria di combustione
- aumenta il livello di turbolenza all'ingresso del postcombustore
- diminuisce la probabilità di formazione di diossine.

## 6.12 Recupero energetico

Il contenuto energetico dei fumi generati nella combustione dipende strettamente dal potere calorifico inferiore (PCI) del rifiuto trattato, e secondo la normativa vigente (D.Lgs. 133/2005 – art. 8, comma 9) “è recuperato per quanto possibile.”

A tal fine occorre ricordare anche che la proposta di direttiva del Parlamento e del Consiglio europeo relativa ai rifiuti, approvata dalla Commissione europea il 21 dicembre 2005-COM(2005) 667 definitivo, definisce come attività di recupero R1, piuttosto che di smaltimento D10 (incenerimento), l'operazione di incenerimento effettuata in un impianto dedicato (escludendo quindi il coincenerimento) nel quale l'efficienza energetica sia:

- uguale o superiore a 0,60 per impianti operativi e autorizzati secondo la comunitaria prima del 1° gennaio 2009
- uguale o superiore a 0,65 per impianti autorizzati dopo il 31 dicembre 2008
- con l'efficienza energetica,  $\eta$ , definita come:

$$\eta = \frac{(E_p - (E_f + E_i))}{0.97(E_w + E_f)}$$

in cui

$E_p$  = energia annuale prodotta come elettricità o calore (calcolata con l'energia in forma di elettricità moltiplicata per 2.6 e il calore prodotto per usi commerciali moltiplicato per 1.1)

$E_f$  = energia annuale fornita all'impianto da combustibili contribuenti alla produzione di vapore

$E_i$  = energia annuale importata escludendo  $E_w$  e  $E_f$

$E_w$  = energia annuale contenuta nei rifiuti trattati calcolata usando il potere calorifico inferiore

0.97 = fattore che tiene conto delle perdite di calore per radiazione e nelle ceneri di fondo griglia.

Secondo quanto detto nel paragrafo precedente a proposito del livello di temperatura richiesto dalla per i fumi nel postcombustore, è evidente che il recupero energetico viene fatto sfruttando il contenuto entalpico di fumi che si trovano ad almeno 850 °C, e tale recupero è tanto maggiore quanto inferiore è la temperatura a cui vengono raffreddati i fumi.

Esiste però un limite alla temperatura di raffreddamento, definito dal "punto di rugiada" (o di condensazione) delle sostanze a comportamento acido presenti nei fumi. Normalmente i fumi vengono raffreddati fino a 250-220 °C; al di sotto di questi valori aumenta fortemente la possibilità di formazione di gocce di sostanze acide e contestualmente il rischio di corrosione della caldaia.

E' possibile utilizzare materiali particolarmente resistenti agli attacchi acidi a queste temperature, ma il costo indotto non bilancia il maggior recupero energetico derivato.

Il recupero può essere fatto tramite produzione di vapore, saturo o surriscaldato a seconda degli utilizzi successivi, e/o di acqua calda, con conseguente produzione di energia elettrica, termica, o una combinazione delle due (Combined Heat & Power, CHP).

Nel caso di inceneritori a griglia, il primo recupero ha luogo nella camera di combustione primaria, con produzione di acqua calda, in quanto:

- le pareti possono essere ricoperte con tubi pieni d'acqua
- la griglia di combustione può essere raffreddata ad acqua, con flusso del fluido di raffreddamento dalle zone più fredde a quelle più calde in modo da massimizzare il trasferimento di calore.

Il recupero più consistente viene però effettuato a valle del postcombustore facendo passare i fumi attraverso fasci di tubi nei quali fluisce, in controcorrente con il moto dei fumi, il fluido deputato al loro raffreddamento dei fumi stessi.

Sono possibili situazioni diverse a seconda che il recupero preveda la produzione di:

- *vapore surriscaldato*: lungo il percorso di raffreddamento i fumi provenienti dal postcombustore scambiano calore con:
- vapore saturo, in modo da portarlo in condizioni surriscaldate
- acqua al punto di ebollizione, in modo da produrre vapore saturo
- acqua sottoraffreddata, in modo da produrre acqua al punto di ebollizione
- *vapore saturo*: è il caso meno frequente seppure molto simile al precedente; in tal caso il vapore deve trovare un utilizzo come fluido di scambio termico e non come mezzo per produrre energia
- *acqua calda*: i fumi uscenti dal postcombustore, in altre parole quelli a temperatura maggiore, scambiano calore con l'acqua che proviene dalle zone più fredde ed è già ad alta temperatura.

La tipologia di recupero condiziona la successiva produzione energetica, nel senso che:

- *il vapore surriscaldato*, a temperature dell'ordine di 400 °C e pressioni di 38-45 bar, può essere utilizzato mediante espansione in turbina fino a pressioni di 0.1-0.15bar, per produrre energia elettrica. Temperatura e pressione di surriscaldamento sono limitate dalla natura corrosiva dei fumi: valori superiori, con temperature fino a circa 550 °C e pressioni vicine a 65 bar sono già in uso in inceneritori per rifiuti selezionati, tipo CDR, e con particolare attenzione alla scelta dei materiali utilizzati per i tubi della sezione di recupero termico. Nei sistemi cogenerativi una parte del vapore non viene espanso completamente, in modo da poter essere ancora utilizzato come fluido di riscaldamento,

normalmente in condizioni di saturazione. In questi casi è necessaria la presenza di utenze in grado di assorbire tale quantità sottratta alla produzione di energia elettrica;

- *il vapore saturo* può essere sfruttato solo come fluido di riscaldamento, pertanto anche in questo caso è necessaria la presenza di utenze interessate all'acquisizione di tale servizio e ubicate in prossimità dell'impianto di incenerimento (distanza massima di 2 km)
- *l'acqua calda* può essere sfruttata per impianti di riscaldamento e/o raffrescamento; gli inconvenienti possono essere:
  - stagionalità dell'utenza di riscaldamento, che alla latitudine della provincia di Torino può essere stimata in 6 mesi all'anno
  - possibile esubero di energia termica nella stagione estiva
  - necessità di distribuzione dell'energia termica nel raggio massimo di 10 km
  - necessità di rete di distribuzione
  - necessità di utenze termiche adeguate allo sfruttamento dell'acqua calda.

Al fine di sfruttare al meglio l'energia termica, una possibile soluzione può essere la cessione di tale energia ad un polo industriale, scolastico, ospedaliero, etc..

Delle tre tipologie di recupero, la più diffusa è sicuramente quella che prevede la produzione di vapore surriscaldato e suo successivo utilizzo in turbina.

In questo caso il processo di scambio termico può essere diviso e associato a 3 diverse zone dell'impianto di recupero energetico, e precisamente:

- zona di riscaldamento dell'acqua di alimentazione alla caldaia (economizzatore): è posizionata nella parte terminale della zona di recupero energetico, e utilizza il calore dei fumi già parzialmente raffreddati;
- zona di evaporazione: è la zona intermedia, in cui l'acqua proveniente dall'economizzatore viene trasformata in vapore saturo;
- zona di surriscaldamento: il vapore saturo, prodotto nella sezione precedente, viene surriscaldato alle condizioni di utilizzo in turbina mediante scambio termico con i fumi uscenti dal postcombustore, vale a dire quelli a più alto livello energetico.

Con riferimento alla potenzialità termica in ingresso all'impianto, in altre parole il potere calorifico inferiore del rifiuto, il rendimento di trasformazione in energia elettrica è attualmente dell'ordine del 20-22 %; il recupero complessivo può comunque superare l'80 % nel caso venga effettuata cogenerazione o un recupero termico con produzione di acqua calda.

La tabella 6.14 riassume una stima dei recuperi energetici mediamente ottenibili dalla combustione di tipologie diverse di rifiuti solidi.

*Tabella 6.14 - Recuperi energetici derivanti da tipologie differenti di rifiuti solidi*

	<b>Potere calorifico inferiore (MJ/kg RS)</b>	<b>Energia elettrica (kWh/kg RS)</b>	<b>Energia termica (kJ/kg RS)</b>
Rifiuti solidi urbani residui da raccolta differenziata	10	0.56	1550
Bioessiccato	14	0.78	2170
CDR	16	0.89	2480

Poiché i fumi hanno un elevato potere corrosivo, dovuto alla presenza di sostanze a comportamento acido, e contengono alte concentrazioni di ceneri, il generatore di vapore deve essere costruito in modo da evitare problemi che portino a frequenti fermate dell'impianto, a causa di corrosione, erosione, sporco, specialmente nelle zone

soggette a più alta temperatura, con conseguente aumento dei costi di manutenzione, oltre che riduzione dello scambio termico.

Per la pulizia delle superfici dei tubi di cui è costituito il generatore possono essere utilizzati sistemi con getti di aria o acqua compressa, vibrazioni, ultrasuoni, etc.; in linea generale per una buona economia dell'impianto gli interventi di pulizia manuale dovrebbero avvenire non prima di 8000 ore di operatività della linea.

### 6.13 Trattamenti dei fumi

La combustione di 1 kg di rifiuto genera una quantità di fumi dell'ordine di 4-7 Nm<sup>3</sup>: il valore è legato all'eccesso di aria utilizzata.

Oltre ad azoto e ossigeno, non più in rapporto stechiometrico, le principali sostanze presenti nei fumi sono anidride carbonica ed acqua, derivanti entrambi dal processo di combustione; nella miscela gassosa sono inoltre presenti, in concentrazione molto minore di quella delle precedenti, sostanze inquinanti rappresentate da:

- particolato solido (*ceneri volanti*)
- gas a comportamento acido: HCl, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HF
- metalli pesanti, in particolare mercurio
- policlorodibenzodiossine e policlorodibenzofurani (PCDD e PCDF).

E' compito della linea di trattamento ridurre le concentrazioni di questi inquinanti a valori inferiori ai valori limite di emissione consentiti dalla , mediante operazioni di separazioni fisiche (elettroseparazione, filtrazione, adsorbimento fisico) e con reazioni chimiche.

Il trattamento dei fumi inizia a valle della sezione di recupero energetico, quindi lavora con effluenti aventi temperature iniziali dell'ordine di 220-250 °C.

La tabella 6.15 riassume i principali prodotti utilizzati per i trattamenti chimici e le relative applicazioni.

Tabella 6.15 - Principali reagenti utilizzati nel trattamento dei fumi

Reagente	Applicazione
CaO	Neutralizzazione di HCl, HF, SO <sub>2</sub>
Ca(OH) <sub>2</sub>	" " "
CaCO <sub>3</sub>	" " "
MgO	" " "
NaHCO <sub>3</sub>	" " "
NaOH	" " "
NH <sub>3</sub>	Riduzione degli NO <sub>x</sub> a N <sub>2</sub>
H <sub>2</sub> NCONH <sub>2</sub>	" " "
Carbone attivo	Adsorbimento chimico di PCDD, PCDF, VOC e Hg

La sequenza delle operazioni, e quindi delle apparecchiature ad esse deputate, influenza sia l'affidabilità della resa di abbattimento che la natura e l'ammontare dei residui generati, oggetto di successivo trattamento/smaltimento.

Per quanto riguarda i trattamenti chimici, esistono 3 categorie di sistemi di trattamento, precisamente:

- *a secco*: prevedono l'iniezione di sostanze solide nei fumi; l'eccesso di reagenti e i prodotti di reazione vengono separati mediante filtrazione su filtri a maniche;
- *a semi-secco*: i fumi vengono fatti passare attraverso una camera nella quale viene iniettata una sospensione di Ca(OH)<sub>2</sub> (latte di calce) tramite un atomizzatore; oltre alle reazioni tra gas e reagente, viene evaporata l'acqua della sospensione, e sul fondo della camera si raccolgono i prodotti di reazione, l'eccesso di reagenti e le ceneri volanti. I fumi uscenti dalla camera vengono mandati a un'operazione di filtrazione, previa iniezione di carboni attivi per l'abbattimento di mercurio, diossine e dibenzofurani;

- *ad umido*: normalmente consistono in un primo stadio a secco, dove avviene la rimozione delle ceneri volanti tramite separatore elettrostatico, a cui segue un primo lavaggio dei fumi, a pH basico, per ridurre le concentrazioni di HCl e HF (queste due sostanze hanno una notevole solubilità in acqua), seguito da un secondo per la rimozione di SO<sub>2</sub>. I due lavaggi vengono separati perché la rimozione dell'anidride solforosa può essere sfruttata per produrre gesso (CaSO<sub>4</sub>) di bassa qualità. Con questi sistemi le efficienze di rimozione delle sostanze inquinanti sono elevate, tuttavia quando sia necessario l'utilizzo di carboni attivi la loro iniezione viene fatta prima che i fumi entrino nella sezione di trattamento ad umido.

Quando, con qualsiasi dei sistemi, sia necessario abbattere gli ossidi d'azoto con rese elevate, si può ricorrere alla riduzione catalitica, che viene condotta tra 200 e 350 °C; in questi casi il reattore catalitico è posizionato come ultimo trattamento, in modo che il contenuto di particolato solido sia il più basso possibile, per limitare problemi di intasamento e/o avvelenamento del catalizzatore.

## 6.14 Particolato solido

La scelta della tipologia di apparecchiatura per l'abbattimento del particolato solido deve considerare:

- la distribuzione granulometrica del particolato
- la concentrazione del particolato
- la temperatura dei fumi
- la portata volumica dei fumi.

La normativa vigente fissa il limite massimo di concentrazione di polveri (espresso sulla base del valore medio giornaliero) senza ancora riferimento alla loro distribuzione granulometrica.

La depolverazione è normalmente la prima delle operazioni di trattamento dei fumi, pertanto le temperature sono superiori a 200 °C. In tali condizioni, la scelta più conveniente è quella di un'apparecchiatura funzionante a secco, perché con un sistema ad umido (lavatore), si avrebbe l'umidificazione dei fumi a spese di un notevole consumo di acqua di lavaggio.

E' opportuno considerare l'utilizzo di un secondo depolveratore lungo la linea di trattamento quando l'eliminazione delle altre sostanze inquinanti presenti nei fumi preveda la formazione di prodotti di reazione allo stato solido (processi "a secco" e "a semi-secco").

Poiché una gran parte delle ceneri volanti ha dimensioni submicroniche, i depolveratori che possono essere utilizzati sono:

- i separatori elettrostatici
- i filtri a maniche.

**Separatori elettrostatici:** in queste apparecchiature i fumi da trattare vengono fatti passare in un campo elettrico creato da una forte differenza di potenziale (40-100 kV); poiché dagli elettrodi negativi viene emessa una scarica di elettroni, le molecole dei fumi vengono ionizzate, trasferendo poi le cariche negative alle particelle di polvere, che migrano quindi verso gli elettrodi positivi dove sono trattenute. I separatori elettrostatici sono in grado di separare con buona efficienza particelle con diametro fino a 0.01 µm.

L'efficienza di separazione è condizionata dalla resistività specifica del particolato, che per condizioni operative ottimali deve essere compresa fra 10<sup>5</sup> e 10<sup>9</sup> Ω m. Tale parametro indica la capacità del particolato a trasferire cariche elettriche: valori bassi significano che la polvere cede velocemente le cariche elettriche, mentre quando i valori sono molto alti la polvere tende a trattenere le cariche. Gli inconvenienti di operazioni al di fuori del campo ottimale sono:

a) una difficoltà nella deposizione sull'elettrodo positivo quando i valori sono molto inferiori a 10<sup>5</sup> Ω m, con conseguente ritrascinamento della polvere nella corrente gassosa

b) la formazione di uno strato di polvere ionizzato negativamente quando la resistività specifica è superiore a  $10^9 \Omega \text{ m}$ , formando una barriera resistiva al deposito di altra polvere avente sempre carica negativa.

I separatori elettrostatici sono in grado di operare fino a temperature vicine a  $500 \text{ }^\circ\text{C}$ , e possono trattare portate elevate di gas; per contro, necessitano di condizioni operative stabili, cioè non tollerano oscillazioni di concentrazione di polvere e/o di portata di gas, e hanno una diminuzione di efficienza quando la concentrazione di polvere è maggiore di  $20 \text{ g/Nm}^3$ .

Date le loro caratteristiche, questi depolveratori sono in assoluto i più utilizzati nelle linee di trattamento dei fumi da incenerimento.

**Filtri a maniche:** sono utilizzati per separare particelle con diametro fino a  $0.8\text{-}1 \mu\text{m}$ . Le prestazioni di filtrazione sono legate alla scelta del mezzo filtrante, che deve essere compatibile con le caratteristiche chimico-fisiche sia delle particelle che del gas di trasporto (temperatura e composizione), mentre la durata dei filtri è influenzata essenzialmente da stress meccanici e termici.

Queste apparecchiature sono costituite da una serie di elementi filtranti funzionanti in parallelo (*maniche*), con il passaggio del gas da depolverare dall'esterno verso l'interno dei singoli elementi e quindi con separazione del solido all'esterno delle maniche.

La vera operazione di filtrazione non è condotta dal mezzo filtrante bensì dallo strato di polvere ("*torta*") che si deposita sul mezzo stesso e che cresce continuamente nel tempo. L'accumulo di polvere implica un continuo aumento delle perdite di carico; quando le perdite di carico raggiungono un valore incompatibile con la prevalenza dei ventilatori viene effettuata l'operazione di pulizia, che solitamente consiste nell'invio di un getto di aria compressa per un tempo di 2-3 secondi, dall'interno delle maniche quindi in controcorrente rispetto al passaggio dei fumi da depolverare.

## 6.15 Gas a comportamento acido

Queste sostanze sono rappresentate da:

- cloruro di idrogeno, HCl
- fluoruro di idrogeno, HF
- biossido di zolfo,  $\text{SO}_2$
- ossidi di azoto, NO e  $\text{NO}_2$ .

Per l'eliminazione di queste sostanze vengono utilizzati reagenti alcalini (tabella 6.7), con operazioni condotte separatamente in serie.

Cloruro di idrogeno, HCl, e fluoruro di idrogeno, HF: come riportato in tabella 6.7 vengono impiegati reagenti differenti a seconda che la neutralizzazione venga condotta:

- *a secco:* con calce viva ( $\text{CaO}$ ) oppure bicarbonato di sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ); il reagente viene iniettato in linea, a valle del separatore elettrostatico; l'operazione può essere fatta senza difficoltà nell'intervallo di temperatura  $130\text{-}300 \text{ }^\circ\text{C}$ , per il trattamento con bicarbonato di sodio è comunque richiesta una temperatura di almeno  $170 \text{ }^\circ\text{C}$ . Con tali necessità di temperatura, i fumi uscenti dalla caldaia possono essere trattati direttamente con processi a secco. Con entrambi i reagenti i dosaggi devono essere superiori al quantitativo stechiometrico, con valori inferiori per il bicarbonato. La separazione dei prodotti di reazione e dell'eccesso di reagente viene fatta in un successivo stadio di depolverazione, che vista la granulometria del particolato può essere un filtro a maniche;
- *a semi-secco:* in questo caso il reagente, in forma di sospensione o di soluzione, può essere iniettato in linea oppure in un reattore a spruzzo. Parte del calore contenuto nei fumi serve per far evaporare il quantitativo di acqua vettore del reagente; normalmente lavora ad almeno  $190\text{-}200 \text{ }^\circ\text{C}$ , per cui i fumi provenienti dal recupero energetico

possono essere trattati senza necessità di ulteriori raffreddamenti. Come nel caso precedente, sono richiesti quantitativi superiori allo stechiometrico ed è necessario che a valle dell'operazione vengano separati prodotti ed eccesso di reagente in un filtro a maniche;

- *a umido*: il reagente, in soluzione o in sospensione, viene alimentato ad un lavatore (*scrubber*), con un rapporto di ricircolo elevato. In questo caso, la temperatura dei fumi condiziona il consumo di acqua, e quindi l'umidificazione dei fumi è tanto minore quanto minore è la temperatura dei fumi entranti nel lavatore. I prodotti di reazione vengono bloccati nel liquido di lavaggio, in forma solubile o insolubile a seconda del reagente utilizzato; per evitare accumuli una parte del liquido viene scaricato e l'equivalente viene reintegrata.

Biossido di zolfo, SO<sub>2</sub>: può essere neutralizzato contemporaneamente al cloruro di idrogeno quando vengono impiegati processi a secco oppure a semisecco; quando si utilizza un processo ad umido di preferenza la desolforazione viene effettuata in un secondo lavatore, che opera a pH pressoché neutro.

Ossidi di azoto, NO e NO<sub>2</sub>: la loro formazione può essere dovuta a:

- presenza di azoto nel rifiuto bruciato
- ossidazione dell'azoto contenuto nell'aria di combustione, in modo molto significativo oltre 1300 °C

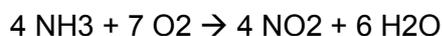
pertanto le tecniche primarie per evitare/limitare la loro formazione sono:

- controllare le temperature di combustione, soprattutto mediante una buona distribuzione dell'aria di combustione, al fine di evitare gradienti termici e punti con temperature elevate
- limitare al necessario le quantità di aria di combustione, e quando possibile:
- ricircolare parte dei fumi in sostituzione del 10-15 % dell'aria secondaria
- iniettare aria arricchita di ossigeno
- iniettare acqua nella zona di combustione primaria.

Queste tecniche riescono con difficoltà a contenere le concentrazioni degli ossidi di azoto (esprese come NO<sub>2</sub>) a valori inferiori a quanto richiesto dalla , per cui in genere si fa ricorso a processi chimici di riduzione degli ossidi ad azoto molecolare con uso di ammoniaca (NH<sub>3</sub>), secondo le reazioni:



e con la possibilità delle reazioni di ossidazione dell'ammoniaca a temperature superiori a 1200 °C:



Per ragioni di sicurezza, l'ammoniaca, o in alternativa urea, viene fornita in soluzione acquosa.

Al momento il processo è impiegato sia senza catalizzatore (SNCR – Selective Non-Catalytic Reactor) che con (SCR – Selective Catalytic Reactor), con la tendenza per gli impianti di nuova costruzione al sistema catalitico.

Il *processo SNCR* prevede l'iniezione della soluzione riducente direttamente nel combustore, con eccessi di reagente che possono dare problemi di odori. Se a valle è previsto un trattamento ad umido, tale eccesso può essere rimosso, sfruttando l'elevata solubilità dell'ammoniaca in acqua.

Anche in questo caso è evidente l'importanza di elevati livelli di turbolenza, per avere omogeneità di temperatura e ottima miscelazione del sistema in reazione.

Il *processo SCR* avviene in un reattore catalitico. La miscela fumi-ammoniaca attraversa il catalizzatore, che può essere platino, biossido di titanio, rodio; le temperature impiegate

sono in genere nel campo 200-350 °C, seppure i catalizzatori possano lavorare fino a 450 °C.

Per evitare intasamenti, avvelenamenti e/o disattivazioni del catalizzatore, la scelta migliore per il posizionamento del processo catalitico è a valle della depolverazione e dell'abbattimento delle sostanze acide.

Il sistema catalitico è sicuramente più costoso a causa dei costi indotti dal catalizzatore, ma permette di avere rese di abbattimento superiori rispetto al caso non catalitico, oltre al fatto che è stato dimostrato che il processo catalitico di riduzione degli ossidi di azoto può servire anche per l'abbattimento di policlorodibenzodiossine e policlorodibenzofurani.

## 6.16 Metalli pesanti

Fra i metalli pesanti, l'elemento che con maggior frequenza è presente nei fumi è il mercurio (Hg), a causa della sua elevata volatilità (temperatura di ebollizione a 1 atm = 357 °C).

Poiché questo metallo deriva da rifiuti specifici, quali pile, batterie, amalgame dentali, è evidente che una efficiente raccolta differenziata di tali rifiuti rappresenta una prima e ottima azione preventiva delle emissioni di mercurio.

Nei fumi il mercurio può essere presente sia in forma elementare che legata, come cloruro di mercurio (HgCl<sub>2</sub>): la forma dipende dalla quantità di cloro, in quanto questo elemento è fortemente ossidante; in altri termini, quando la concentrazione di cloro nei fumi è elevata (inceneritori di rifiuti pericolosi), gran parte del mercurio presente viene ossidato, con la conseguente formazione di cloruro di mercurio.

Data l'elevata solubilità in acqua del cloruro di mercurio (6.2 % a 20 °C, 36.0 % a 100 °C), l'eliminazione della forma legata è molto più semplice di quella della forma elementare.

Il mercurio allo stato elementare può essere separato dai fumi mediante:

- ossidazione e successiva dissoluzione in acqua
- adsorbimento su carbone attivo modificato con zolfo.

## 6.17 Policlorodibenzodiossine e policlorodibenzofurani

La presenza di queste sostanze nei fumi può essere dovuta a cause diverse:

- presenza nel rifiuto trattato con combustione incompleta
- formazione a causa di precursori presenti nel rifiuto, quali ad esempio difenili policlorurati (PCB), difenilmetani policlorurati (PCDM), clorobenzoni, cloroidrossibenzeni
- formazione tramite reazione catalitica su ossidi metallici, presenti nel particolato dei fumi, fra composti carboniosi e composti clorurati, nell'intervallo di temperatura compreso fra 200 e 450 °C.

Le prime due cause possono essere eliminate controllando la combustione; la terza, invece, impone un trattamento dei fumi, che può consistere in:

- adsorbimento su carbone attivo, che viene iniettato nella corrente gassosa e poi separato in un filtro a maniche posto a valle; con questo trattamento viene separato anche il mercurio allo stato elementare;
- reazione catalitica utilizzata per l'eliminazione degli ossidi di azoto (SCR); con questa tecnica vengono ossidati PCDD e PCDF in fase vapore ma non quelli eventualmente adsorbiti su particolato solido
- adsorbimento su carbone attivo depositato su materiale plastico di riempimento del lavatore: lo stadio di lavaggio, in questo caso, è deputato alla rimozione di HCl, HF, SO<sub>2</sub>, Hg, PCDD e PCDF;

- raffreddamento rapido dei fumi da 400 °C fino a 100 °C tramite un lavatore ad acqua, in modo che il tempo di permanenza nell'intervallo di temperatura di sintesi di PCDD e PCDF sia insufficiente per la formazione.

## 6.18 Emissioni e consumi

### Emissioni

Un impianto di incenerimento dà origine a emissioni:

- *gassose*: la composizione dei fumi dipende sia dalla composizione del rifiuto trattato che dalla linea di trattamento dei fumi stessi;
- *acquose*: sono presenti quando il sistema di trattamento dei fumi è ad umido, seppure esistano altre fonti di minore importanza, sia in termini quantitativi che di livello di inquinamento
- *solide*: sono rappresentate da:
  - ceneri o scorie provenienti dalla camera di combustione primaria, raccolte sia sotto la griglia che al fondo di essa: sono una miscela di metalli, materiali ceramici, vetro e minerali; dal punto di vista chimico hanno un elevato contenuto di ossidi dei metalli alcalini e alcalino-terrosi, conseguente bassa solubilità in acqua, e i principali elementi presenti sono ossigeno, silicio, ferro, calcio, alluminio e sodio;
  - ceneri di caldaia, raccolte sul fondo della sezione di recupero energetico;
  - ceneri volanti;
  - residui del trattamento dei fumi.

### Emissioni gassose

Parte di queste emissioni, precisamente HCl, HF, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> e metalli pesanti, possono dipendere dalla composizione del rifiuto come pure dall'efficienza della linea di trattamento dei fumi stessi.

Monossido di carbonio (CO) e composti volatili del carbonio (COV) dipendono invece dalla gestione della camera primaria di incenerimento, in quanto si formano quando vengono utilizzate determinate condizioni operative.

La formazione di PCDD e PCDF è invece condizionata da tutte le suddette cause, nonostante il motivo principale sia la sintesi in un preciso intervallo di temperatura dei fumi (250-400 °C).

La tabella 6.16 [3] riporta, per i principali inquinanti, le concentrazioni medie presenti nelle emissioni.

Tabella 6.16 - Principali emissioni gassose da impianti di incenerimento

Sostanza	Concentrazione (mg/Nm <sup>3</sup> )*	Emissione (mg/kg RS)**
CO	< 50	200-350
COV (esprese come TOC)	0.1-10	0.4-70
HCl	0.1-10	0.4-70
HF	0.1-1	0.4-7
SO <sub>2</sub>	1-50	4-350
NO <sub>x</sub>	30-200	120-1400
Hg	0.0014-0.05	0.006-0.35
NH <sub>3</sub>	1-10	4-70
* I dati sono standardizzati con fumi secchi, in condizioni normali e 11 % O <sub>2</sub>		
** Calcolate sulla base di una produzione di fumi di 4-7 Nm <sup>3</sup> /kg RS		

## Emissioni acquose

La sorgente principale è il trattamento dei fumi con sistema ad umido; altre fonti sono dovute a rimozione e trattamento delle ceneri di fondogriglia, spurghi del ciclo a vapore, operazioni di raffreddamento, contaminazione da parte delle acque meteoriche di aree dell'impianto scoperte.

I trattamenti ad umido producono un quantitativo di acque di scarico che oscilla fra 0.15 e 0.3 m<sup>3</sup>/t RS; le altre sorgenti danno quantitativi annui quasi trascurabili rispetto alla voce principale.

## Emissioni solide

Le emissioni solide derivanti dall'incenerimento dei rifiuti solidi sono riassunte nella tabella 6.17 [3].

Tabella 6.17 - Principali emissioni solide da impianti di incenerimento

Tipo	Quantità secca (g/kg RS)
Scorie/ceneri	200-350
Ceneri di caldaia e da depolverazione	20-40
Prodotti di reazione derivati dal trattamento fumi	
A secco	7-45
A semi-secco	15-35
A umido	8-15
Prodotti di reazione e residui di filtrazione	
A secco	32-80
A semi-secco	40-65
A umido	30-50
Carboni attivi esauriti	0.5-1

Nel quantitativo di scorie/ceneri sono incluse le ceneri sottogriglia, le quali possono avere un contenuto di sostanza carboniosa residua superiore a quello presente nelle ceneri/scorie di fondo griglia.

L'attuale normativa richiede che i residui di fondo griglia abbiano un contenuto di carbonio organico totale (TOC) non superiore al 3 %; tale parametro negli impianti moderni può comunque essere inferiore all'1 %, date le ottime efficienze di incenerimento.

Scorie/ceneri di fondo griglia sono classificate, nella maggior parte dei casi, come rifiuti non pericolosi e, pertanto, possono essere recuperate e/o smaltite nel rispetto della normativa vigente. Nel caso di smaltimento in discarica dovranno, in particolare, rispettare i criteri di ammissibilità fissati dal DM 3 agosto 2005. Al momento, non esiste in ambito europeo alcuna sulla valorizzazione di tali residui, pertanto i vari Stati presentano procedure di trattamento alquanto differenti tra loro.

Le ceneri volanti (ceneri di caldaia e da depolverazione) sono, invece, classificate come rifiuti pericolosi, in quanto è in questi residui che si concentrano parte dei metalli pesanti presenti originariamente nel rifiuto incenerito. Lo smaltimento più comune è ancora rappresentato dal conferimento a discarica per rifiuti pericolosi nel rispetto dei requisiti fissati dal citato DM 3 agosto 2005.

Per quanto riguarda le quantità derivanti dal trattamento dei fumi, i sistemi ad umido danno in genere i minori valori di emissioni in quanto i reagenti lavorano in condizioni vicine allo

stechiometrico, mentre nei sistemi a secco e a semi-secco gli eccessi operativi sono superiori e pertanto i reagenti in eccesso si ritrovano nei residui.

I prodotti di reazione, l'eccesso di reagenti, le eventuali polveri separate escono dall'impianto in forma di fango, nel caso dei trattamenti ad umido, e in forma polverulenta assieme ai carboni attivi, nel caso delle altre tipologie di trattamento: in ogni caso, comunque, i residui costituiscono un rifiuto pericoloso.

## **7 L'AGGIORNAMENTO DEL PROGRAMMA PROVINCIALE DI GESTIONE DEI RIFIUTI ED I FLUSSI DA GESTIRE NELL'IMPIANTO DELL'AREA NORD**

Il Programma Provinciale di Gestione dei Rifiuti (del 8/9/1998 n.413-1098805, modificato nel 11/1/2000, n. 196353), è stato aggiornato con deliberazione del Consiglio Provinciale n. 74269 del 27/04/2005.

Il nuovo PPGR [2], partendo dall'analisi di quanto contenuto nei precedenti atti di programmazione, procede all'aggiornamento dei flussi e dei fabbisogni impiantistici con i relativi sviluppi nel tempo, all'analisi delle priorità e all'approfondimento delle scelte per ipotizzare previsioni attuabili nel medio termine (2005-2010).

Nello specifico :

- analizza i flussi di produzione dei rifiuti;
- analizza lo sviluppo delle raccolte differenziate (RD) nei diversi bacini, in relazione alle diverse frazioni merceologiche raccolte e da raccogliere in vista dell'obiettivo minimo del 50% nel 2010;
- valuta il fabbisogno impiantistico a supporto del recupero delle frazioni organiche;
- valuta il fabbisogno impiantistico per il trattamento e lo smaltimento del rifiuto residuo dopo la raccolta differenziata.

Riguardo alla produzione dei rifiuti si ipotizza un andamento costante nel periodo 2004 – 2010 con una crescita zero ed un decremento complessivo al 2010, pari al 3%, frutto di un impegno verso politiche di prevenzione. In questo contesto l'obiettivo è quello di reperire ulteriori risorse a sostegno dell'aumento della raccolta differenziata e dell'incentivazione di accordi negoziali con aziende produttrici, associazioni di categoria, grande distribuzione finalizzati alla riduzione della produzione alla fonte di rifiuti (imballaggi e altri materiali), e di tutte quelle iniziative che possono incidere sulla quantità dei rifiuti prodotti.

Riguardo alla raccolta differenziata gli obiettivi posti dal PPGR sono:

- raggiungimento al 2005 del valore di RD equivalente al 35% per ciascun comune, o comunque del valore di RD tale da non implicare penalità economiche in base a quanto disposto dalla legislazione regionale;
- raggiungimento al 2010 dell'obiettivo del 50% (nei calcoli successivi l'obiettivo viene portato al 51,3%).

*Vengono, quindi, previsti gli impianti di valorizzazione delle raccolte differenziate (piattaforme di pretrattamento mono materiale e separazione multimateriale) e gli impianti di valorizzazione della frazione organica e del verde.*

Riguardo all'impiantistica di trattamento e smaltimento finale (pag. 63 PPGR [2]) le azioni previste sono le seguenti:

- utilizzo a pieno regime degli impianti esistenti di trattamento esistenti o con avanzato procedimento amministrativo progettuale;
- realizzazione di ulteriori impianti di pretrattamento da progettare e autorizzare, localizzati in funzione dell'esigenza territoriale da soddisfare e della disponibilità del sito (cinque impianti di bioessiccazione);
- realizzazione di impianto di pretrattamento (non viene indicata la tecnologia) a servizio della Città di Torino;
- realizzazione di impianti "leggeri" di trattamento – impianti mobili di triturazione e vagliatura presso la discarica di Basse di Stura (periodo transitorio 2005-2009) al fine di ridurre l'utilizzo del volume della stessa discarica;
- utilizzo di impianti fuori provincia per la biostabilizzazione del sottovaglio (periodo transitorio 2005-2009);

- Riguardo al raggiungimento dell'obiettivo di riduzione dei rifiuti biodegradabili in discarica, in coerenza con quanto stabilito dalla legislazione regionale, il PPGR prevede che l'obiettivo fissato al 2008 (173 kg/anno per abitante) possa essere raggiunto con il solo incremento della raccolta differenziata (potenziamento del porta a porta), mentre quello del 2011 (115 kg/anno per abitante) venga raggiunto con l'attivazione del termovalorizzatore dell'area Sud.

Le tecnologie di trattamento indicate nel programma si adattano sia a incrementi che a decrementi della raccolta differenziata. Il sistema di pretrattamento, tramite bioessiccazione, appare conforme agli orientamenti regionali di limitare la produzione della FOS.

La realizzazione dei cinque impianti di bioessiccazione, si pone, in particolare, l'obiettivo di assicurare la gestione in sicurezza del periodo transitorio in attesa dell'attivazione dell'impianto di termovalorizzazione nell'area Sud e dell'ulteriore impianto di trattamento finale nell'area Nord.

Il pretrattamento dovrebbe, inoltre, garantire l'alleggerimento del peso sulle discariche, consentendo di risparmiare volumi utili.

Un sistema integrato come quello ipotizzato assicura flessibilità e sicurezza sia rispetto alla necessità di ridurre lo smaltimento in discarica che a quella di garantire l'autosufficienza su scala provinciale. Lo scenario proposto, compatibile con i criteri di organizzazione del sistema integrato previsti dalle disposizioni legislative, privilegia il recupero sia di materia che di energia e minimizza lo smaltimento in discarica.

Il recupero di materia viene assicurato attraverso l'incentivazione della raccolta differenziata e la costruzione di impianti di valorizzazione della frazione organica selezionata alla fonte. Il recupero di energia viene raggiunto attraverso la costruzione di un impianto di termovalorizzazione nell'area Sud. Rimane aperta la scelta dell'impianto di trattamento nell'area Nord.

## 7.1 Flussi di rifiuti da gestire nell'area Nord

Le quantità di rifiuti da trattare nell'impianto dell'area Nord sono indicati nel PPGR, partendo, infatti, dalla situazione nell'anno 2005 si ipotizzano i flussi attesi nel 2010 (pag. 65 del PPGR [2]).

*Tabella 7.1 - Flussi attesi di rifiuto residuo dalle raccolte differenziate*

RR	2010	2009	2008	2007	2006	2005
C. Bacino 16	53.508	57.046	61.517	65.462	69.531	73.258
CISA	18.278	19.554	21.047	22.634	24.219	25.419
CSAC	17.208	18.313	19.513	20.615	21.710	23.288
CCA	21.804	22.954	24.339	25.394	26.393	27.282
<b>TOTALE</b>	<b>110.798</b>	<b>117.867</b>	<b>126.416</b>	<b>134.105</b>	<b>141.853</b>	<b>149.247</b>

I quantitativi di rifiuto residuo nei bacini di riferimento sono calcolati tenendo conto degli obiettivi di raccolta differenziata fissati per i diversi contesti territoriali:

**Bacino 16** - Percentuale di RD al 2010 : 50,3%

**CISA** - Percentuale di RD al 2010 : 52,5%

**CSAC** - Percentuale di RD al 2010 : 50,9%

**CCA** - Percentuale di RD al 2010 : 51,3%

Il rifiuto residuo, secondo quanto prospettato nel PPGR, dovrebbe essere avviato agli impianti di bioessiccazione per cui, ammettendo una resa tra il 75% e 80% del rifiuto in ingresso, le quantità da gestire passerebbero dalle ipotizzate 110.798 tonnellate a circa 86.000 tonnellate.

Riguardo ai rifiuti speciali assimilati agli urbani che, attualmente sono smaltiti in discarica, la loro produzione al 2009 è stimata in circa 268.643 tonnellate, ipotizzando una crescita annuale di circa il 5% (pag. 42 del PPGR [2]).

Secondo quanto previsto dallo stesso Programma provinciale il 45% dei rifiuti assimilati dovrebbe essere trattato nell'impianto di termovalorizzazione dell'area Sud, un altro 45% dovrebbe essere gestito nell'impianto dell'area Nord ed il restante 10% dovrebbe, infine, essere allocato in discarica. In totale nell'impianto dell'area Nord dovrebbero affluire circa 127.000 tonnellate.

Più complessa è la stima dei fanghi derivanti dagli impianti di trattamento acque reflue urbane che, secondo le stime del PPGR, ammonterebbero, nel 2009, a circa 119.588 tonnellate, considerando una crescita zero dal 2004.

Detti fanghi, nell'ipotesi riportata a pag. 42 del PPGR, dovrebbero essere trattati, per l'80%, nell'impianto dell'area Nord (circa 95.670 tonnellate), il restante 20% nell'impianto di termovalorizzazione dell'area Sud; in realtà l'ipotesi finale del piano (pag. 67) è quella di trattare tutti i fanghi, stimati in 67.000 tonnellate, nell'impianto dell'area Nord.

La differenza nei quantitativi stimati terrebbe conto sia del pretrattamento (essiccazione spinta) di una quota dei fanghi nell'impianto di Castiglione, sia del loro utilizzo in agricoltura.

Va, comunque, rilevato che andrebbe meglio valutato l'utilizzo spinto dei fanghi in agricoltura che, secondo i dati pubblicati dal piano provinciale, sarebbe diventato importante negli ultimi due anni; la conferma di quanto indicato dal PPRG è data dall'esame del RAPPORTO SULLO STATO DEL SISTEMA DI GESTIONE DEI RIFIUTI (pag. 53 [21]). L'analisi dei dati evidenzia che la quantità totale di fanghi smaltiti in discarica è passata da 128.181 tonnellate del 2002 a 86.443 tonnellate del 2004, facendo, quindi, registrare una sensibile diminuzione.

Dati più recenti forniti da SMAT [22] fotografano la seguente situazione:

<b>Produzione fanghi</b>		
<b>Disidratazione con filtropresse</b>		
Tenore di secco	39 %	
Potere calorifico inferiore	1.127	kJ/kg (tal quale)
Composizione	%	tonnellate/anno
Acqua	61%	85.000
Solido	21%	29.000
Condizionante (calce + FeCl <sub>3</sub> )	18%	25.000
Totale prodotto		140.000

Delle 140.000 tonnellate prodotte dall'impianto SMAT nel 2005, solo 56000 t/anno sono state conferite in discarica, le rimanenti 84.000 t sono state in parte compostate e/o direttamente utilizzate in agricoltura. Il tenore di sostanza secca è pari a circa il 39%.

I fanghi SMAT rappresentano circa il 55% dei fanghi smaltiti in discarica che, come evidenziato, ammontano nel 2004 a 86.443 tonnellate; sarebbero, quindi, pari a 30.443 i fanghi di altra provenienza smaltiti in discarica.

Nell'ipotesi che questi valori non cambino nel 2010, il quantitativo di fanghi da gestire nell'impianto dell'area Nord ammonterebbero:

$$30.443 + 45.000 = 75.443 \text{ t/anno}$$

E', infatti, stimata in 45.000 tonnellate all'anno la quantità di fanghi in uscita dall'impianto SMAT; i fanghi verranno condizionati con polielettrolita, centrifugati al 26% di secco ed essiccati al 65% di secco. Tali quantità diventeranno 26.500 tonnellate nel caso di un essiccamento spinto al 90% di secco. Il PCI del fango è, nel primo caso, stimato in 7.000 kJ/kg, nel secondo caso è pari a 10.500 kJ/kg.

Ulteriori dati riguardanti i quantitativi di fanghi, comunicati dall'Autorità d'Ambito 3 Torinese, rilevano che, nell'anno 2004, per l'intero ambito, con esclusione delle sole concessioni e dei Comuni ancora non gestiti dalla stessa Autorità, sono stati smaltiti in discarica 83.524 tonnellate di fanghi di depurazione, di cui 82.524 di provenienza dell'impianto SMAT e circa

1.000 di provenienza ACEA. Nello stesso anno i fanghi destinati all'utilizzo agricolo sarebbero pari a 77.592 tonnellate, di cui 74.992 dall'impianto SMAT e circa 2.600 da ACEA. Secondo stime più recenti (febbraio 2006) inviate da SMAT alla Provincia di Torino, nell'anno 2005 sono stati smaltiti in discarica 90.976 tonnellate di fanghi (comprensivi di reattivi e presumibilmente essiccati al 39%) provenienti dall'impianto di trattamento SMAT.

Sempre nello stesso anno, risultano rilevanti le quantità recuperate in agricoltura pari a 83.331 tonnellate.

Per il 2006, fermo restando la diminuzione significativa delle quantità complessive dei fanghi, grazie alla progressiva eliminazione dell'uso dei reattivi minerali (calce e cloruro ferrico) e l'aumento di tenore del secco fino al 65-90%, dal 35-40% attuale, resterebbe l'impegno di mantenere i medesimi rapporti di smaltimento in discarica e utilizzo in agricoltura.

La Società afferma, comunque, l'impossibilità di fare ulteriori previsioni circa il destino finale dei fanghi in quanto molte Regioni stanno ponendo limiti più restrittivi all'utilizzo agricolo che potrebbe, di conseguenza, diminuire.

Anche l'essiccazione spinta dei fanghi fino a portare il tenore di secco al 90%, deve confrontarsi con i problemi legati all'emissione di polveri che questa opzione determina nella fase di movimentazione e smaltimento dei fanghi per tutti i siti sensibili al problema delle polveri.

In ragione di queste affermazioni e soprattutto, tenendo conto degli orientamenti comunitari in materia che prevedono per il 2007 una modifica della direttiva 86/278/CEE sull'utilizzo al suolo dei fanghi di depurazione, si ritiene che le stime fatte da SMAT sul flusso di fanghi da trattare nel secondo impianto siano da rivedere.

Riguardo ai nuovi orientamenti legislativi, va rilevato che la proposta di modifica della direttiva 86/278/CEE prevede limiti di concentrazione degli inquinanti ammessi molto più restrittivi rispetto alla legislazione esistente e la necessità di sottoporre il fango a trattamento.

Più in dettaglio, la Direttiva 86/278/CEE, come anche la normativa nazionale D.Lgs. 99/92, ai fini di evitare la diffusione di patogeni a seguito dell'utilizzo agricolo dei fanghi, pongono quale condizione per l'utilizzazione che i fanghi siano sottoposti preventivamente a trattamento, con ciò intendendo il "trattamento biologico, chimico o termico, il deposito a lungo termine ovvero altro opportuno procedimento in modo da ridurre in maniera rilevante il loro potere fermentescibile".

La revisione della direttiva indica in maniera più dettagliata che cosa si intenda per "fango trattato". Essa individua, infatti, in uno specifico allegato, due tipologie di trattamenti, i trattamenti cosiddetti "avanzati", che portano alla igienizzazione del fango e i trattamenti "convenzionali" ed elenca una serie di trattamenti che rientrano nell'una o nell'altra delle due categorie, nonché le relative condizioni (durata del processo, temperatura, pH etc). Tra i trattamenti convenzionali figurano i processi più diffusi in Italia per la stabilizzazione dei fanghi, ad esempio, la digestione anaerobica mesofila.

Le limitazioni sull'utilizzo dei fanghi in agricoltura posti dai nuovi orientamenti europei inducono a considerare più attendibili le stime contenute nel PPGR ed ad utilizzare tali dati per il dimensionamento dell'impianto di trattamento finale.

Altro flusso di rifiuti da considerare nel dimensionamento dell'impianto dell'area Nord sono i rifiuti provenienti dalla Valle d'Aosta stimati, nel 2004, in 72.632 tonnellate complessive, di cui circa 18.612 tonnellate di rifiuti raccolti in maniera differenziata e circa 54.020 tonnellate di rifiuto residuo smaltito in discarica, rappresentato da 51.892 tonnellate di rifiuto indifferenziato e 2.128 tonnellate di ingombranti a smaltimento [8].

Il rifiuto residuo, previa semplice vagliatura, dovrebbe essere poi avviato ad impianti di trattamento finale; attualmente la raccolta differenziata rappresenta il 25,6% del totale prodotto, per cui, ipotizzando una crescita media dei rifiuti intorno all'1% annuo e un aumento della raccolta differenziata almeno fino al raggiungimento dell'obiettivo del 35%, il rifiuto residuo al 2010 potrebbe essere stimato in circa 50.000 tonnellate. Tali quantità potrebbero essere avviate all'impianto dell'area Nord.

Per i flussi di rifiuti fin qui elencati il PPGR (pag.67 [2]) effettua le seguenti stime:

<b>SECONDO IMPIANTO DI TRATTAMENTO AREA NORD</b>	
	t/y
Necessità per Bioessiccato Bacino 6 – 17	83.000
Necessità <b>eventuale</b> per Bioessiccato Valle d' Aosta	50.000
Necessità per RSA	124.000
Fanghi in ingresso	67.000
<b>POTENZIALITÀ del SECONDO IMPIANTO</b>	<b>Da 274.000 a 324.000</b>

Per quanto detto in precedenza i dati esposti vengono assunti in questo studio come riferimento per il dimensionamento dell'impianto, ipotizzando le seguenti modifiche:

- una leggera crescita dei fanghi da trattare (circa 75.000) nell'ipotesi che la situazione si mantenga costante rispetto alle attuali destinazioni finali (40% discarica e 60% utilizzo in agricoltura);
- un aumento del quantitativo del rifiuto urbano residuo nell'ipotesi di non pretrattare il rifiuto in impianti di bioessiccazione (+ 20%) e, soprattutto, considerando una crescita superiore allo zero in considerazione dell'aumento registrato nel biennio 2003/2004 (+3'5%) anche a causa dell'aumento della popolazione;
- una possibile diminuzione degli RSA, sia in relazione all'attuazione della deliberazione della Giunta Regionale 14 febbraio 2005, n.47-14763, sui criteri di assimilazione, per quantità e qualità, dei rifiuti speciali ai rifiuti pericolosi, che limita, per quanto detto in precedenza, la quota di rifiuti assimilabili, sia in relazione ai nuovi criteri nazionali contenuti nel decreto legislativo 152/2006. Va, comunque, considerata la possibilità che molti Comuni, pur non assimilando le stesse quantità di rifiuti speciali, continuino a raccogliergli e trattarli congiuntamente agli urbani sfruttando lo strumento delle convenzioni.

La tabella 7.2 riporta le stime delle quantità dei rifiuti da gestire nell'impianto di trattamento finale nei due differenti scenari ipotizzati, il primo prevede di non pretrattare il rifiuto residuo da raccolta differenziata, il secondo contempla la costruzione degli impianti di bioessiccazione. Le quantità in gioco oscillano, nel I scenario, da circa 310.000 a 360.000 tonnellate, nel II scenario si passa, invece, da 280.000 e 330.000 tonnellate, in entrambi casi le oscillazioni derivano dall'ipotesi di trattamento o meno della frazione secca selezionata proveniente dalla Valle d'Aosta.

Tabella 7.2 – Rifiuti da gestire nel secondo impianto

Tipologia di rifiuto	I scenario 2010 (t/y)	II scenario 2010 (t/y)
Residuo da RD (Bacino 16 – 17)	114.000	
Bioessiccato Bacino 16 – 17	-	83.000
Bioessiccato Valle d'Aosta *	50.000	50.000
RSA	120.000	120.000
Fanghi	75.000	75.000
<b>Totale</b>	da 309.000 a 359.000	da 278.000 a 328.000
<b>PCI (MJ/kg)</b>	11,7-12,3	12,5-13,7

\* Derivato da eventuali accordi

In termini quantitativi i flussi di rifiuti da gestire appaiono, quindi, sufficientemente determinati, ben diversa è la situazione relativa alle caratteristiche merceologiche e chimico fisiche dei rifiuti stessi.

La tabella 7.3 riporta le caratteristiche merceologiche dei rifiuti speciali assimilati agli urbani, attualmente conferiti in cinque discariche provinciali con le relative percentuali rispetto alla

quantità totale di RSA nel 2004. I rifiuti sono identificati in relazione alla macrocategoria di appartenenza dell'Elenco europeo dei rifiuti.

Tabella 7.3 – Caratteristiche merceologiche degli RSA, anno 2004

<b>RSA Codice EER</b>	<b>RSA %</b>
02 Rifiuti prodotti da agricoltura, orticoltura, acquacoltura, selvicoltura, caccia e pesca, trattamento e preparazione di alimenti	1,4
03 Rifiuti della lavorazione del legno e della produzione di pannelli, mobili, polpa, carta e cartone	0 (*)
04 Rifiuti della lavorazione di pelli e pellicce, nonché dell'industria tessile	0,6
07 Rifiuti dei processi chimici organici	1,8
09 Rifiuti dell'industria fotografica	0 (*)
12 Rifiuti prodotti dalla lavorazione e dal trattamento fisico e meccanico superficiale di metalli e plastica	0 (*)
15 Rifiuti di imballaggio, assorbenti, stracci, materiali filtranti e indumenti protettivi	66,5
16 Rifiuti non specificati altrimenti nell'elenco	0,1
17 Rifiuti delle operazioni di costruzione e demolizione (compreso il terreno proveniente da siti contaminati)	0,4
18 Rifiuti prodotti dal settore sanitario e veterinario o da attività di ricerca collegate	0 (*)
19 Rifiuti prodotti da impianti di trattamento dei rifiuti, impianti di trattamento delle acque reflue fuori sito, nonché dalla potabilizzazione dell'acqua e dalla sua preparazione per uso industriale	22,7
20 Rifiuti urbani (rifiuti domestici ed assimilati prodotti da attività commerciali e industriali nonché dalle istituzioni) inclusi i rifiuti da R.D.	6,5

\*quantità inferiore ad 1t

Un' analisi più approfondita effettuata sugli specifici codici identificativi dei rifiuti speciali assimilati agli urbani evidenzia che la maggior parte di essi è riconducibile agli imballaggi misti (150106) che rappresentano il 65,9% del totale dei rifiuti assimilati.

Rilevanti sono anche i rifiuti misti provenienti dal trattamento meccanico dei rifiuti (19 12 12) che risultano pari al circa il 13% del totale, la parte dei rifiuti urbani e simili non compostata proveniente da impianti di trattamento aerobico (19 01 05), pari al 8,5% ed, infine, i rifiuti urbani misti da utenze non domestiche (20 03 01) che rappresentano il 4,8% del totale.

Decisamente più contenute sono le quantità di rifiuti di plastica derivanti da diversi settori produttivi (circa il 3%), di rifiuti organici da mercati (1,5%), di fanghi da vagliatura (1,1%), e di rifiuti inerti (0,5%).

Quanto detto mostra la variabilità delle caratteristiche merceologiche degli attuali RSA, anche se l'analisi di dettaglio mostra che si tratta soprattutto di tipologie riconducibili ad una "frazione secca", prevedibilmente dotata di buon potere calorifico.

Per quanto attiene al rifiuto residuo ci si attende che le sue caratteristiche merceologiche cambino in relazione alla tipologia di raccolta effettuata. Come evidenziato in precedenza numerose campagne merceologiche effettuate sul rifiuto residuo a valle dei diversi sistemi di RD documentano le significative modifiche delle caratteristiche merceologiche del rifiuto in dipendenza della tipologia di raccolta, delle modalità di organizzazione del servizio, delle attrezzature utilizzate (cassonetto stradale, porta a porta, raccolte diversificate per le diverse categorie di utenze, raccolta monomateriale, multimateriale, combinata...).

Nella tabella 7.4 si riporta, a titolo esemplificativo, il risultato di una serie di campagne merceologiche condotte da APAT in collaborazione con la Società GF ambiente su un campione di comuni caratterizzati da diversi sistemi di raccolta differenziata.

Lo studio è stato condotto soprattutto allo scopo di stimare la percentuale di frazione organica nel rifiuto residuo a valle della raccolta differenziata, ai fini della valutazione del raggiungimento degli obiettivi di riduzione dell'allocazione in discarica dei rifiuti biodegradabili (RUB), fissati dalla normativa vigente.

Tabella 7.4 – Caratteristiche merceologiche dei rifiuti (Studio APAT, GF ambiente)

Frazione	Media nazionale rifiuti indifferenziati senza RD	Media nazionale rifiuti indifferenziati con RD
Sottovaglio mm20	11,80 %	13,40 %
Organico	25,80 %	29,34 %
Verde città	2,50 %	2,84 %
Carta	13,90 %	13,43 %
Cartone	9,70 %	9,37 %
Contenitori in plastica	4,10 %	3,03 %
Plastica in film	4,80 %	4,64 %
Altra plastica	2,10 %	2,03 %
Contenitori T/F	0,70 %	0,72 %
Vetro	6,80 %	3,48 %
Inerti pesanti	1,00 %	1,14 %
Alluminio	0,50 %	0,28 %
Metalli	2,50 %	1,99 %
Tessili	6,20 %	6,34 %
Pelle, Cuoio, gomme	2,40 %	2,73 %
Legno	1,50 %	1,53 %
Beni durevoli	0,90 %	0,51 %
Pannolini	2,10 %	2,39 %
Altri	0,70 %	0,80 %
TOTALE	100,00 %	100,00 %
% FRAZIONE PUTRESCIBILE (organico, verde città, carta, cartone)	51,90 %	54,99 %

Va evidenziato che molte Regioni, in sede di elaborazione del Programma di riduzione dei RUB ai sensi dell'articolo 5 del D.Lgs.36/2003, hanno effettuato numerose campagne merceologiche al fine di stimare la quota di rifiuti organici biodegradabili nel rifiuto totale.

I rifiuti da trattare si caratterizzano, oltre che per le caratteristiche merceologiche, legate per gli RSA alla provenienza ed in particolare al ciclo produttivo o di consumo, e per il rifiuto urbano residuo, alle tipologie di raccolte, anche per ulteriori parametri, come il potere calorifico, importanti da valutare ai fini della scelta del sistema di trattamento e del relativo dimensionamento dell'impianto.

Alcune analisi relative al PCI del rifiuto secco residuo da raccolta differenziata, effettuate dal Consorzio Priula Treviso 2, che gestisce i rifiuti di 22 comuni (oltre 205.000 abitanti), ha dimostrato l'estrema variabilità di questo parametro in relazione alle diverse tipologie di raccolta.

In particolare la campagna di analisi ha evidenziato che, nel caso di raccolta differenziata spinta (porta a porta per tutti i comuni) il PCI risulta pari a 21.538 kJ/kg che diventano 12.911 kJ/kg nel caso di raccolta secco/umido stradale; la riduzione del PCI risulta, dunque, elevata, confermando la necessità di approfondire la valutazione di questo parametro prima di procedere al dimensionamento degli impianti di trattamento.

Al riguardo si riportano anche i risultati presentati dalla Regione Piemonte nell'ambito del 1° tavolo tecnico per l'aggiornamento del PRGR, tenutosi il 30 maggio 2006, e relativi ad alcune campagne merceologiche condotte sul rifiuto residuo in diversi scenari di RD.

	RD 32,9%	RD 50%	RD 65%
<b>PCI</b>	2.700 Kcal/kg (11.304 kJ/kg)	3.000 Kcal/kg (12.560 kJ/kg)	3.180 Kcal/kg (13.314 kJ/kg)
<b>RUB in RU</b>	219 kg/ab/anno	160 kg/ab/anno	91 kg/ab/anno

I valori del PCI aumentano chiaramente all'aumentare della percentuale di RD e, soprattutto, appaiono strettamente correlati al contenuto di frazione biodegradabile (RUB) nel rifiuto residuo.

Data l'importanza di valutare e monitorare il parametro potere calorifico dei rifiuti da trattare, la Provincia di Torino, anche con l'obiettivo di ottimizzare la gestione dell'impianto di trattamento termico, avvierà un programma di monitoraggio delle caratteristiche merceologiche dei rifiuti.

Per l'ottimizzazione della gestione del forno è, infatti, necessaria la stima del potere calorifico inferiore; **è quindi auspicabile che i rifiuti residui dalla raccolta differenziata siano analizzati in termini di composizione merceologica, in modo che sulla base di tali dati sia possibile valutare con elevata precisione il potere calorifico inferiore dell'alimentazione all'impianto.**

Nella tabella 7.5 si riporta le indicazioni contenute nel BRef comunitario "Reference Document on Best Available Techniques for Waste incineration" del luglio 2005 [3] riguardo ai valori del potere calorifico inferiore di diverse tipologie di rifiuti.

Tabella 7.5 – Potere calorifico inferiore di diverse tipologie di rifiuti

	Origine	Intervallo PCI (MJ/kg)	PCI medio (MJ/kg)
Rifiuti urbani	Rifiuti da attività domestiche	6,3 – 10,5	9
Rifiuti ingombranti	Mobili, elettrodomestici	10,5 – 16,8	13
Rifiuti assimilabili a RU	Da attività commerciali	7,6 – 12,6	11
RU residuo dopo selezione/riciclo	Frazioni selezionate da impianti di compostaggio	6,3 – 11,5	10
Rifiuti da attività commerciali	Uffici, attività commerciali	10 – 15	12,5
Rifiuti da imballaggi	Imballaggi da RD	17 – 25	20
RDF	Materiale in pellet	11 – 26	18
Rifiuti industriali da attività produttive	Residui da lavorazione carta o plastica	18 – 23	20
Rifiuti pericolosi	Rifiuti speciali o chimici	0,5 - 20	9,75
Fanghi [5]	Non disidratati	2,2 - 4,8	3,5
	Disidratati(25-35 % s.s.)	4,8 - 6,5	5,6

Si ricorda che secondo i dati comunicati da SMAT, nel caso di essiccazione dei fanghi fino al 65% di s.s. il PCI è stimato in 7 MJ/kg, nel caso di essiccazione fino al 90% il PCI è pari a 10,5 MJ/kg.

Quanto detto porta a concludere che la scelta sulla migliore tecnologia di trattamento dei rifiuti nell'area Nord della provincia, deve necessariamente essere operata tenendo, in primo luogo, conto della variabilità attesa, non tanto riguardo ai parametri quantitativi, quanto piuttosto rispetto ai parametri fisico chimici dei rifiuti da gestire.

## 8 INDIVIDUAZIONE DELLA TECNOLOGIA DA ADOTTARE PER L'IMPIANTO DELL'AREA NORD

L'attesa variabilità dei rifiuti in ingresso al sistema di trattamento finale, ampiamente illustrata nel paragrafo precedente, deve far propendere verso:

- soluzioni impiantistiche giustificate da una seria analisi costi-benefici ambientali;
- tecnologie "consolidate" e non "in fase sperimentale", per le quali siano disponibili dati operativi affidabili;
- impianti quanto più flessibili ed in grado di adattarsi a modifiche quantitative e qualitative dei rifiuti in ingresso.

Vanno, quindi, evitate soluzioni tecnologiche ad alta complessità impiantistica e gestionale che riduce drasticamente la flessibilità e l'affidabilità rispetto ad installazioni convenzionali.

### 8.1 Trattamento meccanico biologico

Nel paragrafo sui trattamenti biologici si è più volte evidenziato che tali processi si configurano come pretrattamenti del rifiuto residuo in vista della destinazione finale che, deve essere sempre preventivamente individuata, se si opta per un sistema di gestione integrato che contempli il trattamento meccanico biologico.

In sostanza il trattamento meccanico biologico non chiude il ciclo di gestione dei rifiuti in quanto determina la produzione di materiali che devono, poi, essere avviati ad un circuito di valorizzazione energetica e/o di materia.

Nel caso di un trattamento a flussi separati sarà, quindi, necessario assicurarsi prioritariamente che la FOS prodotta possa essere utilizzata in impieghi paesistici, per il ripristino ambientale di aree degradate o di cave e/o per ricopertura giornaliera o finale delle discariche.

L'avvio di quantitativi crescenti di rifiuti residui ad impianti di stabilizzazione biologica costituisce un elemento essenziale al fine di garantire una riduzione della frazione organica da allocare in discarica in conformità a quanto disposto dal D.Lgs. 36/2003; è evidente, tuttavia, che l'utilizzo del biostabilizzato debba rispettare una serie di requisiti di "qualità" affinché l'apporto al suolo non si traduca in un progressivo inquinamento dello stesso con evidenti ripercussioni negative sull'ambiente.

Ecco perché alcuni utilizzi massivi richiedono, ancora, campagne di sperimentazione aventi l'obiettivo di monitorare la migrazione di sostanze inquinanti (metalli pesanti) ma anche nutrienti nelle matrici ambientali interessate (acque superficiali e profonde, suolo).

In assenza di questi elementi e dell'individuazione precisa dei siti di utilizzo, come nel caso della provincia di Torino, si può, quindi optare solo per un trattamento meccanico biologico a flusso unico che non prevede la produzione di FOS.

Riguardo agli impianti di produzione di CDR, va, comunque, rilevato che i principali impatti sono riferibili all'energia spesa per la sua produzione, alla selezione più o meno spinta a seconda del tipo di prodotto che si vuole ottenere e dell'utilizzo al quale è destinato.

Tutte le lavorazioni aggiuntive (separazione di metalli ferrosi e non ferrosi, inerti, raffinazione, pellettizzazione) devono essere strettamente legate alla specifica destinazione finale (impianti produttivi, impianti dedicati o di co-incenerimento). In generale si deve cercare di realizzare cicli con il massimo recupero netto di energia, tenuto conto di tutte le condizioni d'uso.

Va, comunque, sottolineato che, anche impianti a flusso unico e/o di bioessiccazione possono essere considerati ambientalmente positivi solo quando con questo processo venga assicurata la valorizzazione dei materiali in uscita e, quindi, il CDR sia avviato ad impianti dedicati o in coincenerimento o in cocombustione.

Quanto detto porta a concludere che la scelta finale è sempre un impianto dedicato di trattamento termico in grado di valorizzare energeticamente il materiale combustibile in uscita dagli impianti di trattamento biologico.

Riguardo, poi, alla necessità di pretrattare il rifiuto residuo da avviare a successivo incenerimento, è opportuno formulare una serie di osservazioni, già, peraltro, contenute nella relazione finale prodotta dalla prima Commissione istituita per fornire gli elementi utili alla scelta della tecnologia dell'impianto di termovalorizzazione di Gerbido". L'opportunità di prevedere pretrattamenti del un rifiuto residuo da raccolte differenziate spinte, come quelle previste nei bacini interessati all'impianto dell'area Nord, fino ad ottenere una frazione combustibile con caratteristiche tali da rispettare i requisiti previsti dalla norma UNI 9903 - 1 (CDR di qualità normale e CDR di qualità elevata<sup>3</sup>), trova giustificazione solo qualora il CDR

<sup>3</sup> La norma UNI 9903-1: 2004 prevede due classi di qualità del combustibile:

**Qualità normale:** ricalca le specifiche definite dal DM 05/02/98, quindi quelle comunemente utilizzate dai produttori di CDR per ottemperare alla legislazione vigente

**Qualità elevata:** caratterizzata da specifiche più stringenti, sia per quanto concerne il contenuto di sostanze potenzialmente dannose per l'ambiente (metalli pesanti, ecc.), sia per quanto riguarda parametri di interesse tecnologico (potere calorifico, umidità ,ecc).

Limiti previsti dalla Norma UNI 9903-1

Parametro	u.m.	RDF qualità normale	u.m.	RDF qualità elevata
Umidità	% massa t.q.	max. 25	% massa t.q.	max. 18
P.C.I.	MJ/kg t.q.	min. 15	MJ/kg s.s.	min. 20
Ceneri	% massa s.s.	max. 20	% massa s.s.	max. 15
Cloro totale	% massa t.q.	max. 0,9	% massa s.s.	max. 0,7
Zolfo	% massa t.q.	max. 0,6	mg/kg s.s.	max. 0,3
Pb (1)	mg/kg s.s.	max. 200	mg/kg s.s.	max. 100
Cr	mg/kg s.s.	max. 100	mg/kg s.s.	max. 70
Cu (2)	mg/kg s.s.	max. 100	mg/kg s.s.	max. 50
Mn	mg/kg s.s.	max. 400	mg/kg s.s.	max. 200
Ni	mg/kg s.s.	max. 40	mg/kg s.s.	max. 30
As	mg/kg s.s.	max. 9	mg/kg s.s.	max. 5
Cd + Hg	mg/kg s.s.	max. 7	mg/kg s.s.	--
Cd	mg/kg s.s.	--	mg/kg s.s.	max. 3
Hg	mg/kg s.s.	--	mg/kg s.s.	max. 1
Contenuto di vetro	% s.s	*	% s.s	*
Fe	% s.s	*	% s.s	*
Fluoro	% s.s	*	% s.s	*
Al	% s.s	*	% s.s	*
Sn	% s.s	*	% s.s	*
Zn	% s.s	*	% s.s	*
aspetto esteriore		*		*
pezzatura	Mm	*	mm	*
rammollimento ceneri	°C	*	°C	*

\* Per questi parametri non è richiesto il limite di accettazione: Tuttavia, se ne raccomanda l'indicazione

in uscita dagli impianti venga avviato ad impianti industriali esistenti nei quali, grazie ai maggiori livelli di recupero energetico conseguibili rispetto agli impianti dedicati, potrebbe dare luogo ad un minore impatto globale sull'ambiente, sia in termini di emissioni di inquinanti che di gas con effetto serra.

Il pretrattamento del rifiuto residuo destinato ad una successiva combustione in impianti dedicati non è preferibile né sotto l'aspetto economico, né sotto l'aspetto ambientale.

I dati riportati nel paragrafo 7 documentano, poi, come il PCI del rifiuto residuo in presenza di raccolte differenziate spinte come quelle già attivate nel contesto territoriale in esame, sia non solo confrontabile, ma in alcuni casi più alto di quello fissato dalla norma UNI per il CDR di qualità elevata (minimo 20 MJ/kg s.s.).

Quanto detto, tenuto anche conto delle precise indicazioni contenute nel "BRef for Waste Incineration" [3] e nelle linee guida nazionali, porta a concludere che il pretrattamento del rifiuto residuo possa essere validamente sostituito da una efficiente sistema di raccolta differenziata sia di quelle frazioni merceologiche contenute negli RU, idonee ad essere avviate a circuiti di valorizzazione della materia (frazione umida, vetro, metallo..), sia di quelle potenzialmente in grado di influenzare negativamente il processo di recupero energetico (ceramiche, inerti, metalli, farmaci scaduti, rifiuti pericolosi in genere, ecc.).

## 8.2 Digestione anaerobica

Un discorso a parte va fatto per la digestione anaerobica che, utilizzata da sempre per il trattamento dei fanghi di depurazione, potrebbe trovare, in alcuni casi specifici, applicazione anche per il trattamento di specifici flussi di rifiuti urbani, in combinazione con fanghi e rifiuti dell'agrindustria.

Un possibile schema di trattamento è, come evidenziato nel paragrafo 5.1, quello che prevede un trattamento anaerobico seguito da uno aerobico.

L'integrazione dei processi può portare alcuni vantaggi quali: il miglioramento del bilancio energetico dell'impianto, una maggiore garanzia di controllo dei problemi legati all'inquinamento olfattivo, un minor impegno di superficie a parità di rifiuto trattato, una riduzione dell'emissione di CO<sub>2</sub> in atmosfera, un utilizzo facilitato dell'ammendante prodotto.

Si tratta, comunque, di impianti scarsamente diffusi sul territorio; poche, infatti, sono le esperienze censite di sola digestione anaerobica, perlopiù, di frazioni selezionate alla fonte ed esiste un solo caso di sistema integrato anaerobico/aerobico (impianto di Camposampiero).

Le potenzialità di trattamento di RU non selezionati sono, inoltre, decisamente basse (meno di 10.000 t/anno di rifiuti da trattamento meccanico biologico).

Anche per la digestione anaerobica vale quanto già evidenziato per il trattamento aerobico circa la necessità di individuare a priori il destino di tutti i materiali e del biogas prodotti; in assenza di una garanzia dell'effettiva valorizzazione energetica del biogas e dell'utilizzo controllato del materiale ammendante prodotto non è possibile effettuare una corretta analisi costi-benefici ambientali.

---

(1) Frazione volatile, (2) Composti solubili

Il post compostaggio della frazione organica potrebbe, comunque, facilitare il suo avvio ad un circuito di valorizzazione [23].

Va sottolineato che i rifiuti da avviare a questi impianti devono possedere caratteristiche omogenee e definite, i pretrattamenti sono sempre necessari e più o meno spinti a seconda che il materiale in ingresso provenga da raccolta indifferenziata o differenziata. Questi pretrattamenti sono necessari per eliminare le frazioni non degradabili (ferrosi, inerti, plastiche), per omogeneizzare il substrato, e rendere la pezzatura del rifiuto in ingresso compatibile con il processo.

Anche la produzione di biogas e, quindi, il rendimento energetico del processo risulta molto variabile, dipendendo chiaramente dalla frazione biodegradabile del substrato.

Le rese in termini di produzione di biogas e materiale organico utilizzabile si abbassano notevolmente nel caso di un rifiuto non selezionato alla fonte, la percentuale di rifiuti da avviare in discarica aumenta in maniera considerevole, la gestione degli impianti risulta complessa, i costi per la gestione complessiva del sistema risultano elevati.

Quanto detto porta ad escludere la proposta di utilizzare la digestione anaerobica come impianto di trattamento finale nell'area Nord.

Riguardo al bioreattore attivato, classificabile come una discarica per rifiuti non pericolosi in gran parte organici, non se ne vede l'applicazione nel contesto di cui si tratta perché di fatto può essere previsto solo per rifiuti già allocati in discarica o a valle di un impianto di bioessiccazione.

In questo caso tutto il bioessiccato, allocato in discarica, subisce la riattivazione del processo di degradazione anaerobica, consentendo, quindi, di produrre biogas a partire, comunque, da substrati che devono contenere almeno il 40% di componente organica biodegradabile.

L'eterogeneità dei rifiuti da trattare, le loro caratteristiche merceologiche e chimiche, la necessità di minimizzare in ogni caso lo smaltimento in discarica, in quanto individuato come la forma di gestione a maggior impatto sull'ambiente, di massimizzare il riciclo e il recupero energetico dei rifiuti portano a concludere che le tecnologie impiantistiche finora descritte non si giustificano a valle di una analisi costi benefici ambientale.

Si, individua, pertanto, come tecnologia di trattamento più idonea nel contesto territoriale di che trattasi l'incenerimento dei rifiuti, tenendo conto di quanto già esposto circa la scelta della tipologia di trattamento termico nel paragrafo 6.5.

### 8.3 Forno di incenerimento

L'individuazione della tecnologia da adottare deve tener conto delle disponibilità tecnologiche adeguate a:

- **Potenzialità dell'impianto**

Come definito nel paragrafo 7.1, per l'area Nord della provincia di Torino sono ipotizzati due scenari, precisamente:

- I scenario: 309.000-359.000 t/a
- II scenario: 278.000-328.000 t/a.

- **Tipologie dei rifiuti da trattare**

I dati della tabella 8.1 permettono di definire la composizione dei rifiuti alimenti annualmente all'impianto rispetto ai due i due scenari individuati.

Tabella 8.1 – Composizione dei rifiuti alimentati all'impianto dell'area Nord

Tipologia di rifiuto	I scenario (%)	II scenario (%)
Residuo da RD	32-37	0

Bioessiccato	0-14	30-41
RSA	33-39	37-43
Fanghi	21-24	23-27
PCI (MJ/kg)	11,7-12,3	12,5-13,7

- **Affidabilità nel funzionamento dell'intero impianto**

Al momento sono considerati affidabili impianti che abbiano un periodo operativo annuo di almeno 8.000 ore (circa 330 giorni).

Come detto ripetutamente nei paragrafi precedenti, è essenziale la scelta di una tecnologia di incenerimento affidabile e supportata da una estesa esperienza impiantistica su grossa scala, oltre che una flessibilità operativa necessaria per soddisfare l'esigenza di trattare rifiuti con potere calorifico inferiore variabile, con andamento crescente nel tempo, causato soprattutto dalla diminuzione dell'organico fresco raccolto separatamente.

Le tre tipologie di inceneritori che possono essere considerate nella scelta (a griglia mobile, a tamburo rotante, a letto fluidizzato) sono state discusse in dettaglio nel capitolo 6; è comunque doveroso richiamare anche il confronto proposto nelle Linee guida nazionali per gli impianti di incenerimento, che viene riportato nella successiva tabella 8.2 [5].

Tabella 8.2 – Confronto fra inceneritori a griglia mobile, a tamburo rotante, e a letto fluidizzato

Apparecchiatura	Vantaggi	Svantaggi
A griglia mobile	Apparecchiatura collaudata ed affidabile Esistono migliaia di applicazioni a livello mondiale Consente buoni livelli di recupero energetico Idoneo per rifiuti di diversa pezzatura Non richiede il pretrattamento dei RU	Non particolarmente idonea per rifiuti ad alto PCI (>20 MJ/kg) Non idonea per rifiuti pulverulenti, pastosi e melme Fattibilità economica ristretta a taglie d'impianto medio-grandi
A tamburo rotante	Possibilità di trattare rifiuti in qualsiasi stato fisico (solidi, liquidi, pastosi), anche in combinazione Scarsa sensibilità al variare di composizione, umidità e pezzatura dell'alimentazione Semplicità di costruzione ed elevata affidabilità di funzionamento	Presenza di parti in movimento, con problemi di tenuta ed usura Incompleta ossidazione dei fumi nella camera primaria, necessita di camera di post-combustione Eccessi d'aria elevati Consumo di refrattario piuttosto rapido Ridotte efficienze di recupero energetico
A letto fluido	Elevata efficienza di combustione (grado di turbolenza, maggiori tempi di residenza, temperatura più uniforme) Basso contenuto di incombusti nelle scorie (0,2-0,3 %) Unità più compatte (maggiori carichi termici specifici applicabili) Ridotti tempi di avviamento e possibilità di funzionare anche in discontinuo Ridotto numero di parti meccaniche in movimento Possibilità di operare con ridotti eccessi d'aria, con conseguenti migliore rendimento di recupero e minori dimensioni dei sistemi di depurazione dei	Rischio di defluidizzazione del letto conseguente a possibili fenomeni di agglomerazione Necessità di pretrattamenti dei rifiuti (riduzione pezzatura, omogenizzazione, ecc.), con conseguente aumento dei costi globali di gestione Necessità di aumentare i punti di alimentazione o di incrementare la velocità di fluidizzazione a causa di insufficiente mescolamento trasversale Difficoltà di alimentazione dei rifiuti leggeri (es.: CDR "fluff") soprattutto in corrispondenza di velocità di fluidizzazione elevate (letti circolanti)

fumi Parziale rimozione di gas acidi (principalmente SO <sub>2</sub> ) in fase di combustione, tramite l'iniezione di sorbenti alcalini	Ridotte esperienze applicative in scala industriale per l'impiego con rifiuti urbani, soprattutto per i letti circolanti Maggiori carichi di polveri da captare nell'impianto di trattamento fumi.
--	---

Per il caso dell'impianto dell'area Nord della provincia di Torino, gli svantaggi dell'inceneritore a griglia mobile non costituiscono un problema in quanto:

- non si prevede di dover trattare melme e/o rifiuti altamente polverulenti
- i rifiuti hanno un potere calorifico inferiore elevato, e seppure in aumento, ancora decisamente inferiore a 20 MJ/kg
- la taglia, o potenzialità dell'impianto, può essere definita media, pertanto la fattibilità economica non risulta essere un inconveniente.
- dell'inceneritore a tamburo rotante sono la causa della sempre minor diffusione di tale tipologia impiantistica; soprattutto, la ridotta efficienza di recupero energetico è certamente un grosso inconveniente, maggiormente penalizzante alla luce della proposta di considerare, sulla base del valore dell'efficienza energetica, l'operazione di incenerimento come attività di recupero R1 piuttosto che di smaltimento D10
- dell'inceneritore a letto fluidizzato possono essere parzialmente penalizzanti in termini economici a causa di:
  - necessità di pretrattamenti dei rifiuti per ridurre la pezzatura e per omogeneizzarli con conseguenti aumenti dei costi complessivi del sistema di trattamento
  - possibili malfunzionamenti fluidodinamici nel caso si formino aggregati causati dalla fusione di materiali non combustibili, in altre parole formazione di scoria piuttosto che di cenere; la formazione di scoria, come visto nella descrizione dell'inceneritore a tamburo rotante, è legata alla presenza di sostanze, quali ossidi e sali, in grado di far diminuire la temperatura di fusione di certi materiali. In definitiva, la probabilità che questo si verifichi è tanto maggiore quanto più il rifiuto è eterogeneo nella sua composizione chimica e quanto maggiore è il suo contenuto di sostanze non combustibili (inerti); proprio questo inconveniente è uno dei principali motivi per cui l'inceneritore a letto fluidizzato è stato ed è spesso utilizzato per trattare rifiuti specifici, con la classica applicazione per l'incenerimento di plastiche e gomme
- maggior onere operativo nella depolverazione,

oltre a quanto richiamato più volte in questa relazione, cioè

- ridotta esperienza su scala industriale per il trattamento di rifiuti urbani. Si richiamano, al riguardo, sia i dati della tabella 3.4 relativa alla situazione europea (su 733 linee di combustione, 616 sono a griglia mobile e 33 a letto fluido), sia quelli della tabella 3.6 relativa al parco impiantistico italiano (37 impianti con 72 linee di trattamento a griglia, 10 impianti a letto fluido con 11 linee di trattamento). Tali informazioni, completate con l'analisi dei rifiuti trattati da ciascun impianto, fa emergere chiaramente che la soluzione tuttora preferita per il trattamento di RU residui e/o pretrattati blandamente è quella della griglia mobile, con soluzioni piuttosto articolate per quanto riguarda il tipo raffreddamento (ad aria, ad acqua, misto), in funzione del PCI nominale di riferimento.

**Su questa base è possibile affermare che la tecnologia più adatta è il forno a griglia mobile, più specificamente, con griglia raffreddata ad acqua, dispositivo in grado di garantire un'ottima flessibilità di esercizio, e comunque capace di trattare rifiuti con potere calorifico inferiore fino a 20 MJ/kg.**

Il raffreddamento ad acqua della griglia svincola la quantità di aria primaria introdotta, che altrimenti servirebbe anche per il raffreddamento, e rende più semplice la gestione dell'aria stessa e conseguentemente il controllo e l'efficienza di combustione.

La flessibilità operativa è un requisito irrinunciabile in una situazione quale quella in esame, dove le tipologie di rifiuti sono varie, spaziando dai rifiuti residui della raccolta differenziata, i quali hanno un potere calorifico inferiore condizionato fortemente dall'efficacia della raccolta differenziata stessa, ai rifiuti assimilati agli urbani, caratterizzati solitamente da poteri calorifici inferiori elevati seppure variabili a seconda delle specifiche frazioni merceologiche, fino ai fanghi, il cui potere calorifico inferiore è strettamente legato ai trattamenti subiti prima dello smaltimento finale.

Il forno a griglia raffreddata ad acqua è in grado in ogni caso di trattare anche rifiuti pretrattati, sia in termini di pezzatura che di composizione merceologica, eventualmente in miscela con rifiuti tal quali.

Tale caratteristica lo rende il candidato più adatto per effettuare l'incenerimento di rifiuti misti quali quelli del caso in esame.

I quantitativi annui di rifiuti da trattare impongono la scelta di un impianto a più linee; per l'intervallo di quantità annue da trattare (278.000-359.000 t/anno) è pensabile **un numero di linee pari a tre**, scelta che garantisce una buona flessibilità operativa riguardo a:

- variazioni della quantità di rifiuti
- manutenzioni straordinarie
- eventi particolari che possano bloccare l'afflusso dei rifiuti all'impianto.

Questo comporta che ciascuna linea funzioni con una potenzialità giornaliera di:

- 310-400 t/d nel caso di funzionamento annuo di 300 giorni
- 280-365 t/d nel caso di funzionamento annuo di 330 giorni.

#### **8.4 Recupero energetico**

Le tre linee devono essere dotate di una sezione di recupero energetico, e in sede progettuale dovrà essere valutata l'opportunità di effettuare il recupero energetico in termini di:

- solo energia elettrica
- solo energia termica
- combinazione delle due forme (cogenerazione).

E' evidente che, come già detto nel capitolo specifico, la produzione di energia termica è subordinata all'effettiva possibilità del suo collocamento sul mercato, tenendo conto della distanza delle utenze e della necessità di garantire la continuità dell'utilizzo lungo l'arco dell'anno. A questo proposito è considerata migliore tecnologia disponibile (BAT n. 27) [3] anche la possibilità di contratti di utenza a lungo termine per la fornitura di energia termica a grandi utenze, in modo da avere una maggior regolarità nella domanda di energia recuperata.

La cogenerazione è, comunque, sicuramente auspicabile perché solo tramite essa si possono raggiungere valori elevati di efficienze di recupero: è considerata infatti BAT (n. 26) un'efficienza di almeno l'80 % di recupero nel caso di rifiuti urbani misti.

Questo significa che la decisione del suo utilizzo è legata alla localizzazione dell'impianto di trattamento, e, quindi, le due scelte dovranno essere fatte contestualmente.

In merito al recupero energetico giova ricordare, quanto già detto nel paragrafo sui trattamenti termici, che la proposta di direttiva del Parlamento e del Consiglio europeo relativa ai rifiuti, approvata dalla Commissione europea il 21 dicembre 2005- COM(2005) 667 definitivo, definisce come attività di recupero R1, piuttosto che di smaltimento D10 (incenerimento), l'operazione di incenerimento effettuata in un impianto dedicato nel quale l'efficienza energetica sia:

- uguale o superiore a 0,60 per impianti operativi e autorizzati secondo la comunitaria prima del 1° gennaio 2009

- uguale o superiore a 0,65 per impianti autorizzati dopo il 31 dicembre 2008.

## 8.5 Depurazione dei fumi

Come evidenziato nel capitolo relativo, il trattamento dei fumi deve abbattere la concentrazione di:

- particolato solido
- sostanze a comportamento acido
- metalli pesanti, in particolare mercurio elementare
- policlorodibenzodiossine e policlorodibenzofurani (PCDD e PCDF).

La linea di depurazione è quindi sede di più operazioni condotte in sezioni/apparecchiature apposite.

La depolverazione è la prima; dovendo ridurre il quantitativo di polveri contenute nei fumi originati da una combustione in un forno a griglia, quindi contenenti polveri con dimensioni anche inferiori a 1 µm, l'apparecchiatura utile allo scopo è

- il separatore elettrostatico

apparecchiatura in grado di trattare gas con temperature fino a 500 °C; l'applicazione in esame è ampiamente al di sotto di questo limite, essendo i fumi a circa 200-250 °C.

La successiva operazione, vale a dire la riduzione dei gas a comportamento acido, in particolare cloruro di idrogeno e anidride solforosa, può essere fatta con modalità diverse; sulla base di analisi comparative dei vari sistemi, di cui lo stesso Documento Europeo di riferimento [3] dà il quadro riportato in tabella 8.3, allo stato attuale si suggerisce

- il trattamento a secco con bicarbonato di sodio (NaHCO<sub>3</sub>),

che seppure necessiti di un maggior eccesso di reagente rispetto ai sistemi ad umido, non richiede consumo di acqua, oltre a presentare una serie di vantaggi tra i quali, non ultimi, ridotti consumi energetici e semplicità di processo.

Tabella 8.3 - Confronto fra i vari sistemi di trattamento dei fumi

CRITERIO	A UMIDO	A SEMI-SECCO	A SECCO (con calce)	A SECCO (con bicarbonato di sodio)
Prestazione nei confronti delle emissioni gassose	+	0	-	0
Produzione di residui	+	0	-	0
Consumo di acqua	-	0	+	+
Produzione di effluenti	-	+	+	+
Consumo di energia	-	0	0	0
Consumo di reagenti	+	0	-	0
Adattamento alle variazioni di inquinanti in ingresso	+	0	-	0
Visibilità del pennacchio	-	0	+	+
Complessità del processo	- (la maggiore)	0 (media)	+	+
Costi di investimento	Generalmente maggiori	Medi	Generalmente minori	Generalmente minori
Costi di gestione	Medi	Generalmente minori	Medi	Generalmente minori
+: la tecnica offre generalmente un vantaggio rispetto ai criteri di valutazione considerati 0: la tecnica non offre generalmente un vantaggio significativo rispetto ai criteri di valutazione considerati -: la tecnica offre generalmente uno svantaggio rispetto ai criteri di valutazione considerati				

Unitamente al bicarbonato di sodio, nei fumi deve essere fatta

- un'iniezione di carboni attivi

per l'adsorbimento di mercurio metallico, di eventuali altri metalli, e delle sostanze aromatiche clorurate quali PCDD e PCDF.

La tecnica dell'adsorbimento su carboni attivi in polvere è considerata BAT (n. 41) [3].

Bicarbonato di sodio in eccesso, prodotti delle reazioni di neutralizzazione, carboni attivi esauriti e in eccesso vengono separati dai fumi con una filtrazione su

- filtro a maniche

dispositivo in grado di trattenere con efficienza pressoché unitaria il particolato in oggetto.

A questo punto della linea gli inquinanti presenti nei fumi a concentrazione normalmente ancora superiore ai limiti di emissione sono gli ossidi di azoto, i quali come detto in precedenza possono essere ridotti chimicamente, sia cataliticamente che non.

L'aumento, nel tempo, del potere calorifico inferiore dei rifiuti provoca una crescita della temperatura di combustione, e quindi automaticamente aumentano le quantità di ossidi di azoto formati nel forno. In questo quadro, è preferibile l'utilizzo di

- un reattore catalitico per la riduzione degli ossidi di azoto.

L'utilizzo del filtro a maniche prima della riduzione degli ossidi di azoto è doppiamente utile in quanto oltre ad eliminare il particolato originato dai trattamenti precedenti, evita che il catalizzatore venga intasato, inconveniente che porterebbe a una forte riduzione dell'efficienza catalitica.

A seconda del catalizzatore scelto, e quindi della sua "finestra operativa" (l'intervallo di temperatura in cui l'efficienza è elevata) può dover essere necessario riscaldare i fumi, operazione comunque non gravosa in termini energetici in quanto l'aumento di temperatura è abbastanza contenuto (dell'ordine dei 100-150 °C).

In ogni caso, sui fumi depurati viene normalmente ancora fatto un recupero energetico, per preriscaldare l'aria di combustione diminuendo la loro temperatura a valori compresi fra 100 e 150 °C; valori inferiori a 100 °C, oltre a dare il problema estetico della formazione del pennacchio, non consentono una buona dispersione degli effluenti).

## **Controllo e monitoraggio delle emissioni gassose**

Il D.Lgs. 133 dell'11.5.2005 prevede che negli impianti di incenerimento siano misurate e registrate in continuo, nei fumi al camino, pressione, temperatura e portata, e le concentrazioni di: CO, NO<sub>x</sub> (come NO<sub>2</sub>), SO<sub>2</sub>, polveri totali, TOC, HCl e HF, O<sub>2</sub>, vapor d'acqua.

Inoltre, deve essere misurata e registrata in continuo la temperatura dei fumi in prossimità della parete interna del postcombustore.

Sono previste, poi, misure almeno quadrimestrali di una serie di sostanze di cui all'Allegato 1, paragrafo A, punti 3 e 4 del citato decreto legislativo; tali sostanze sono metalli, PCDD e PCDF, e idrocarburi policiclici aromatici (IPA). Per i primi dodici mesi di funzionamento dell'impianto, dette sostanze dovranno essere misurate ogni tre mesi.

E' auspicabile che, seppure non ancora imposta dalla normativa, sia prevista in continuo anche la misura della concentrazione di mercurio; a tale riguardo sono già note esperienze sia in Italia che nel resto dell'Europa.

Per le diossine non è in commercio, al momento, un sistema per il loro monitoraggio in continuo. Occorre comunque ricordare che sono stati proposti e testati, sia in Italia che all'estero, sistemi per il rilevamento in continuo di campioni da analizzare in laboratorio; tali sistemi risultano utili soprattutto per la valutazione dell'emissione di diossine durante le

condizioni di marcia dell'impianto non conformi al funzionamento di progetto; se ne suggerisce pertanto l'applicazione all'impianto in questione.

## 8.6 Emissioni solide

Per questa tipologia di impianto i residui solidi sono costituiti da:

- residui di sottogriglia e di fondogriglia
- residui di caldaia e del separatore elettrostatico
- residui del trattamento fumi (reagenti in eccesso e prodotti di reazione)
- carboni attivi.

Come evidenziato al paragrafo 6.17, i residui di sottogriglia e di fondogriglia costituiscono, nella maggior parte dei casi, un rifiuto solido speciale non pericoloso, da cui può essere effettuato ancora un recupero di rottami metallici, in particolare ferrosi, che trovano collocazione sul mercato dei materiali di recupero. Le frazioni granulometriche più fini possono essere eventualmente conferite ad impianti per la produzione del cemento, previo stoccaggio per un periodo compreso tra 6 e 12 settimane in ambiente coperto: lo stoccaggio ha il compito di ridurre la lisciviabilità delle scorie e aumentarne la stabilità. Al momento le quantità di scorie trattabili in questo modo non sono quantificabili.

Le scorie possono essere, alternativamente, altresì:

- lavate per separare la frazione più fine (fino a 2 mm) che è anche quella con più elevato tenore di metalli lisciviabili;
- vetrificate con riscaldamento ad alta temperatura (fino a 2000°C); temperature maggiori sono raggiungibili con sistemi al plasma. Tale sistema inertizza completamente le scorie a scapito però di un consumo energetico molto elevato.

I residui di caldaia, depolverazione, trattamento fumi e i carboni attivi, invece sono classificabili come rifiuti speciali pericolosi.

I trattamenti che tali rifiuti possono subire sono:

- la stabilizzazione/solidificazione in matrice di cemento (la più diffusa), nella quale i residui reagiscono con acqua, cemento e opportuni additivi formando idrossidi insolubili che vanno a fare parte della matrice cementizia finale, in modo da non dare problemi di eluizione dopo lo smaltimento in discarica;
- l'incapsulamento in sostanze bituminose, che impedisce il possibile contatto con l'acqua e quindi la lisciviazione degli inquinanti;
- la vetrificazione per riscaldamento ad alta temperatura, in maniera analoga a quando detto per le scorie. Con tale trattamento molecole organiche pericolose come le diossine sono completamente distrutte.

Sulla base dei dati riportati nella tabella 1, per l'impianto dell'area Nord della provincia di Torino è possibile stimare i residui solidi annualmente prodotti; la loro suddivisione è riportata nella tabella 8.4.

Tabella 8.4 – Stima dei residui solidi annualmente prodotti nell'impianto dell'area Nord

	I scenario (t/a)	II scenario (t/a)
Scorie/ceneri di fondogriglia	62.000-126.000	56.000-115.000
Rottami metallici	3.000-7.000	3.000-6.000
Ceneri di caldaia e da separatore elettrostatico	6.000-14.000	6.000-13.000
Residui del trattamento fumi	10.000-29.000	9.000-26.000
Carboni attivi	150-360	140-330

Rifiuti solidi non pericolosi	59.000-119.000	53.000-109.000
Rifiuti solidi pericolosi	16.150-43.360	15.140-39.330

Per quanto riguarda i rifiuti pericolosi, occorre ricordare che l'attuale normativa in materia di ammissibilità dei rifiuti in discarica (D.M. del 3.8.2005, art. 6 – comma 3) prevede che possano essere smaltiti in discarica per rifiuti non pericolosi anche "rifiuti pericolosi stabili non reattivi (ad esempio, sottoposti a processo di *solidificazione/stabilizzazione, vetrificati*) che:

- sottoposti a test di cessione di cui all'allegato 3 presentano un eluato conforme alle concentrazioni fissate in tabella 5<sup>4</sup>;

---

<sup>4</sup> **Tabella 5**

**Limiti di concentrazione nell'eluato per l'accettabilità in discariche per rifiuti non pericolosi**

Componente	L/S=10 l/kg mg/l
As	0.2
Ba	10
Cd	0.02
Cr totale	1
Cu	5
Hg	0.005
Mo	1
Ni	1
Pb	1
Sb	0.07
Se	0.05
Zn	5
Cloruri	1500
Fluoruri	15
Cianuri	0.5
Solventi organici aromatici (*)	0.4
Solventi organici azotati (*)	0.2
Solventi organici clorurati (*)	2
Pesticidi totali non fosforati (*)	0.05
Pesticidi totali fosforati (*)	0.1
Solfati	2000
DOC (**)	80
TDS (***)	6000

- hanno una concentrazione in carbonio organico totale (TOC) non superiore al 5% con riferimento alle sostanze organiche chimicamente attive, in grado di interferire con l'ambiente, con esclusione, quindi, di resine e polimeri od altri composti non biodegradabili;
- hanno il pH non inferiore a 6 e la concentrazione di sostanza secca non inferiore al 25%;
- tali rifiuti non devono essere smaltiti in aree destinate ai rifiuti non pericolosi biodegradabili.”.

Vengono invece smaltiti in discariche per rifiuti pericolosi (D.M. del 3.8.2005, art. 8 – comma 1) “i rifiuti pericolosi che soddisfano tutti i seguenti requisiti:

- sottoposti a test di cessione di cui all'allegato 3 presentano un eluato conforme alle concentrazioni fissate in tabella 6<sup>5</sup>;

(\*) Le analisi di tali parametri sono disposte dall'autorità territorialmente competente esclusivamente qualora la provenienza del rifiuto possa determinare il fondato sospetto di un eventuale superamento dei limiti.

(\*\*) Nel caso in cui i rifiuti non rispettino i valori riportati per il DOC al proprio valore di pH, possono essere sottoposti ai test con una proporzione L/S = 10 l/kg e con un pH compreso tra 7,5 e 8,0. I rifiuti possono essere considerati conformi ai criteri di ammissibilità per il carbonio organico disciolto se il risultato della prova non supera 80mg/l. (E disponibile un metodo in corso di sperimentazione basato sulla norma prEN 14429).

(\*\*\*) È possibile servirsi dei valori per il TDS (Solidi disciolti totali) in alternativa ai valori per il solfato e per il cloruro.

**Tabella6**

**Limiti di concentrazione nell'eluato per l'accettabilità in discariche per rifiuti pericolosi**

Componente	L/S=10 l/kg mg/l
As	2.5
Ba	30
Cd	0.2
Cr totale	7
Cu	10
Hg	0.05
Mo	3
Ni	4
Pb	5
Sb	0.5
Se	0.7
Zn	20
Cloruri	2500
Fluoruri	50
Cianuri	5
Solventi organici aromatici (*)	4
Solventi organici azotati (*)	2

- contengono PCB come definiti dal decreto 22 maggio 1999, n. 209, in concentrazione non superiore a 50 mg/kg;
- contengono diossine o furani calcolati secondo i fattori di equivalenza di cui alla tabella 4 in concentrazioni non superiori a 0,01 mg/kg;
- la percentuale di sostanza secca sul totale non deve essere inferiore al 25%;
- il TOC non deve essere superiore al 6% con riferimento alle sostanze organiche chimicamente attive, in grado di interferire con l'ambiente, con esclusione, quindi, di resine e polimeri od altri composti non biodegradabili.”.

Al fine di contenere i costi di smaltimento dei rifiuti solidi in discarica, nel caso, quale quello in esame, venga utilizzato il trattamento dei fumi con bicarbonato di sodio, è possibile pensare ad un recupero dell'eccesso di reagenti e dei prodotti di reazione modificando la sequenza di trattamento come di seguito riportato:

- iniezione di bicarbonato di sodio
- filtrazione con filtri a maniche per il recupero di eccesso e prodotti di reazione
- iniezione di carboni attivi per la riduzione del contenuto di metalli pesanti, PCDD e PCDF
- filtrazione con filtri a maniche per l'eliminazione dai fumi dei carboni attivi in eccesso ed esauriti, da inviare allo smaltimento come rifiuti pericolosi.

In questo modo nella prima filtrazione possono essere recuperati sali da riutilizzare per altri scopi, oltre a diminuire i costi di smaltimento dei rifiuti prodotti nell'impianto.

## Controllo e monitoraggio

Solventi organici clorurati (*)	20
Pesticidi totali non fosforati (*)	0.5
Pesticidi totali fosforati (*)	1
Solfati	5000
DOC (**)	100
TDS(***)	10000

(\*) Le analisi di tali parametri possono essere disposte dall'autorità territorialmente competente qualora la provenienza del rifiuto possa determinare il fondato sospetto di un eventuale superamento dei limiti.

(\*\*) Nel caso in cui i rifiuti non rispettino i valori riportati per il DOC al proprio valore di pH, possono essere sottoposti ai test con una proporzione L/S = 10 1/kg e con un pH compreso tra 7,5 e 8,0. I rifiuti possono essere considerati conformi ai criteri di ammissibilità per il carbonio organico disciolto se il risultato della prova non supera 100 mg/l. (E disponibile un metodo in corso di sperimentazione basato sulla norma prEN 14429).

(\*\*\*) È possibile servirsi dei valori per il TDS (Solidi disciolti totali) in alternativa ai valori per il solfato e per il cloruro.

I residui solidi prodotti nell'intera operazione di incenerimento devono essere caratterizzati dal punto di vista chimico-fisico, in modo da poter:

- definire esattamente la loro pericolosità
- adottare le precauzioni più opportune per la loro gestione
- valutare i possibili recuperi e/ riciclaggi
- scegliere la tipologia più adatta per il loro smaltimento.

Fondamentale è garantire la separazione dei diversi flussi di residui solidi al fine di massimizzare il recupero di quelli che per le loro caratteristiche (contenuto di sostanze pericolose) possono essere avviati a circuiti di valorizzazione. Al riguardo, vista la previsione di utilizzare il bicarbonato di sodio come reagente alcalino, può essere prevista l'adozione di sistemi di doppia filtrazione che consenta di separare la quasi totalità delle polveri leggere dai sali di reazione riutilizzabili, previo trattamento, in cicli produttivi.

## 8.7 Emissioni liquide

Poiché l'impianto di trattamento dei fumi che si propone di adottare è di tipo "a secco", le emissioni liquide sono rappresentate da:

- acque di spegnimento delle ceneri/scorie di fondogriglia
- acque di spurgo del ciclo a vapore
- acque meteoriche bianche (tetti)
- acque meteoriche di dilavamento dei piazzali e delle aree di impianto non coperte, suddivise in acque di 1a pioggia (quantità corrispondente ai primi 5 mm di precipitazione) e di 2a pioggia (quantità eccedente la precedente)
- acque di lavaggio dei piazzali e delle aree di impianto non coperte
- acque derivate dalla fossa di raccolta dei rifiuti.

Le acque a maggior inquinamento sono quelle derivate dallo spegnimento delle ceneri/scorie (inquinamento di tipo inorganico), e quelle derivate dalla fossa di raccolta dei rifiuti (inquinamento di tipo organico biodegradabile).

Nel primo caso, normalmente tali acque non vengono scaricate, e per il reintegro della parte persa per evaporazione possono essere utilizzate le acque di spurgo del ciclo a vapore e le meteoriche bianche.

Nel secondo caso, i quantitativi da smaltire non sono tali da suggerire la costruzione di un impianto di trattamento biologico in situ: il percolato può essere mandato ad un impianto consortile, tramite condotta fognaria se presente in prossimità dell'impianto, oppure mediante autobotte (in tal caso è sottintesa la necessità di una vasca di accumulo).

Per quanto riguarda le acque meteoriche di dilavamento e quelle di lavaggio, recentemente la Giunta Regionale del Piemonte, con Decreto del Presidente della Giunta Regionale n. 1/R del 20.2.2006, ha approvato un regolamento relativo alla "*Disciplina delle acque meteoriche di dilavamento e delle acque di lavaggio di aree esterne*". Con questo regolamento sono disciplinate anche:

- le acque meteoriche di dilavamento provenienti da opere e interventi soggetti alle procedure di valutazione di impatto ambientale (VIA) (art. 1, comma 1, punto c))
- le acque di 1a pioggia e di lavaggio delle attività di cui all'Allegato I del decreto legislativo 18 febbraio 2005, n. 59 (art. 7, comma 1, punto a)).

L'impianto per l'area Nord della provincia di Torino è un'opera soggetta sia alla procedura di valutazione di impatto ambientale che a quella di prevenzione e controllo dell'inquinamento (IPPC). Delle due condizioni la più restrittiva è quella relativa ai progetti sottoposti a VIA, in quanto le acque meteoriche di dilavamento sono costituite dall'intera quantità di pioggia precipitata; con riferimento a queste acque, il regolamento di cui sopra prevede che siano

immesse nell'ambiente secondo "le prescrizioni dettate dal provvedimento con cui l'autorità competente rende il giudizio di compatibilità ambientale" (art. 4), pertanto in sede di valutazione della compatibilità ambientale dell'opera dovrà essere definita la gestione dell'immissione di tali acque nell'ambiente.

Restano comunque incluse nella seconda condizione le acque di lavaggio; per questa tipologia di acque il regolamento richiede l'approvazione di un piano di prevenzione e gestione, redatto secondo quanto previsto nell'Allegato A del predetto regolamento.

### **Controllo e monitoraggio delle emissioni liquide**

Sulla base di quanto detto nel paragrafo 6.17 relativo a queste emissioni, è evidente che i controlli da effettuare sulle acque di scarico servono a definire il livello di inquinamento e a verificare che la loro gestione complessiva continui ad essere corretta secondo quanto autorizzato e compatibile con la modalità di immissione nell'ambiente, sia che si tratti di recapito in fognatura che in acque superficiali.

## **9 ASPETTI GESTIONALI DELL'INCENERIMENTO DI RIFIUTI SOLIDI NON PERICOLOSI**

In questo capitolo vengono illustrati gli aspetti gestionali per un inceneritore tipo quello per l'area Nord della provincia di Torino; per le modalità che sono incluse nell'elenco delle BAT identificate nel Documento Europeo di riferimento per l'incenerimento di rifiuti [3] è riportato il numero identificativo della specifica BAT.

### **9.1 Ubicazione dell'impianto**

Fermo restando i vincoli posti dalla normativa vigente, la scelta del sito dove localizzare l'impianto di incenerimento deve essere effettuata sulla base di valutazioni comparative tra diverse localizzazioni che tengano in considerazione tutti gli aspetti legati all'impatto ambientale, nonché gli aspetti di carattere logistico e di collegamento con le diverse utenze, in particolare di quelle che potranno utilizzare dell'energia prodotta (termica e/o elettrica).

L'ubicazione dell'impianto deve essere ottimizzata in relazione alla rete viaria con lo scopo di garantire un adeguato transito dei mezzi di conferimento dei rifiuti e per l'allontanamento dei residui prodotti. Nella scelta del sito è, anche, necessario tenere conto della rete esistente di stazioni di trasferimento e/o di altri impianti di trattamenti dei rifiuti.

Il conferimento dei rifiuti mediante ferrovia, se fattibile dal punto di vista tecnico-economico, è da privilegiare.

Al fine di ridurre i costi di trasporto e l'impatto sull'ambiente è necessario prevedere l'impiego di autocarri con la massima portata utile, e di conseguenza è necessario verificare la disponibilità di strade adeguate.

### **9.2 Controllo dei rifiuti in ingresso**

Il controllo dei rifiuti in ingresso è un'operazione indispensabile per il buon funzionamento impiantistico, che è una prima garanzia di compatibilità ambientale del trattamento. E' quindi essenziale la messa a punto di procedure di accettazione dei rifiuti, in particolare di quelli assimilabili agli urbani.

La procedura di accettazione deve essere definita in sede progettuale ed inclusa nel piano di gestione dell'impianto, e deve contenere:

- procedure per identificazione dei flussi in ingresso e dei possibili rischi
- modalità di pianificazione del conferimento (comunicazioni con il fornitore dei rifiuti)
- modalità di accettazione del conferimento
- modalità per la caratterizzazione dei rifiuti da trattare
- controlli, campionamenti e determinazioni analitiche sui flussi in ingresso
- rilevazione dei materiali radioattivi.

### **9.3 Stoccaggio dei rifiuti**

I rifiuti da trattare, conferiti mediante automezzo, devono essere scaricati nella fossa attraverso porte ad apertura automatica, eventualmente dotate di semaforo per la regolazione degli accessi disponibili. Il piazzale antistante la fossa costituisce parte integrante della zona di stoccaggio, e deve essere coperto e protetto dagli agenti atmosferici in modo che in condizioni di cattivo tempo il personale non venga ostacolato, e nello stesso tempo per evitare dispersioni di frazioni leggere e odori in caso di vento.

A seconda della tipologia del rifiuto devono essere previsti stoccaggi separati (fanghi, RSA). In prossimità della fossa deve essere previsto un trituratore per il trattamento dei rifiuti ingombranti o imballati; lo scarico del materiale tritato deve avvenire direttamente nella vasca di stoccaggio.

Il dimensionamento della fossa può essere fatto sulla base di un accumulo di rifiuti necessario per l'operatività dell'impianto con l'obiettivo, comunque, di minimizzare il tempo di permanenza dei rifiuti (in particolare di quelli biodegradabili); un tempo medio ipotizzabile è di 5-6 giorni.

La fossa deve essere completamente impermeabilizzata, con spigoli arrotondati e dotata di sistema di drenaggio e raccolta dell'umidità rilasciata dai rifiuti (BAT n. 5); per evitare dispersioni di odori, è fondamentale mantenere in depressione sia la fossa che l'ambiente antistante, utilizzando poi l'aria estratta quale aria primaria, previo riscaldamento (BAT n. 7). Nei casi di fermate prolungate dell'intero impianto, cioè di tutte le linee contemporaneamente, la fossa deve essere svuotata, pulita e bonificata, prendendo tutti i provvedimenti atti a contenere l'emissione di sostanze odorogene nell'ambiente circostante (BAT n. 7).

L'area di stoccaggio deve essere dotata di equipaggiamenti di prevenzione e protezione contro gli incendi (BAT n. 10), quali:

rivelatori di fumo e relativi sistemi di allarme

sistemi automatici di idranti.

A tale proposito è fondamentale che il personale addetto sia preventivamente istruito e addestrato per interventi in caso di incendi.

#### **9.4 Alimentazione dei rifiuti**

I rifiuti devono essere immessi nella camera primaria di combustione mediante una benna a "polipo" (o "ragno"), disposta su un carroponete che ne permette il movimento sull'intera fossa.

L'operatore deve essere in grado di manovrare la benna sulla base di una visione diretta o tramite schermo collegato a telecamera, e nello stesso tempo deve vedere l'area di carico.

#### **9.5 Sistemi di monitoraggio e controllo del processo di incenerimento**

La variabilità nella composizione dei rifiuti alimentati all'inceneritore costituisce uno dei principali ostacoli all'operatività dell'impianto con parametri costanti nel tempo, rendendo più che mai necessarie tecniche di controllo del processo in grado di operare, a volte, in intervalli di regolazione alquanto ampi.

L'introduzione di sistemi di controllo avanzati può rendere l'intera operazione di incenerimento sicuramente più sostenibile sia dal punto di vista ambientale che di quello economico. E', pertanto, necessario assicurare l'asservimento dei sistemi e delle apparecchiature dell'impianto ad un sistema di supervisione e controllo per la loro gestione automatizzata.

Il primo passo è sicuramente il controllo termico della camera primaria di combustione, cioè la conoscenza delle temperature sulla griglia, in modo che possa essere dosata la quantità di aria primaria necessaria da un lato ad ottenere una corretta combustione (minimizzazione della formazione di CO) e dall'altro a evitare un'eccessiva diluizione dei fumi prodotti (riduzione delle perdite di calore). Attualmente la mappatura termica della griglia viene fatta con sensori a raggi infrarossi (BAT n. 17). Un dosaggio e una distribuzione ottimali dell'aria primaria migliorano la qualità delle ceneri/scorie di fondogriglia in termini di riduzione di sostanza carboniosa residua e nello stesso tempo riducono la quantità di ceneri volanti, con evidenti vantaggi sia per la sezione di recupero energetico, con la caldaia soggetta a minori

sporcamenti, che per quella di depolverazione, con il separatore elettrostatico soggetto a minori concentrazioni di particolato da trattare (BAT n. 18).

La variazione della quantità di aria primaria implica la variazione della quantità di aria secondaria, ed è, come già detto, legata alla possibilità che la stessa aria primaria non debba servire anche per raffreddare la griglia.

Allo stesso modo, il monitoraggio in continuo della concentrazione dei principali inquinanti presenti nei fumi prima dell'ingresso alla sezione di depurazione, collegato ad un sistema di controllo dell'alimentazione dei reagenti da utilizzare nel trattamento, permette da una parte di migliorare e aumentare la resa di abbattimento, e dall'altra di dosare quantità più corrette di reagenti, evitando sprechi e spese aggiuntive per lo smaltimento dei medesimi.

Ciascuna linea di incenerimento deve lavorare, nella sua interezza, in maniera indipendente, in modo che eventuali fermi, malfunzionamenti, guasti in un punto dell'impianto non possano pregiudicare il suo intero funzionamento: questo significa che ciascuna deve essere dotata di sezioni proprie di recupero energetico e depurazione dei fumi, e camini di scarico pur con un'unica struttura. Allo stesso modo, ogni linea deve essere dotata di propri sistemi di controllo e monitoraggio dell'intero processo, dalla camera di combustione primaria allo scarico dei fumi in atmosfera. Per qualsiasi apparecchiatura, sistema di monitoraggio e controllo, dispositivo ed unità funzionanti in continuo deve essere presente l'unità di riserva, pronta ad entrare in funzione in caso di blocco di quella operativa.

La sola unità unica per tutte le linee è la turbina a vapore per la produzione di energia elettrica; la scelta di un'unica turbina, confermata dalle esperienze, è legata al fatto che le turbine a vapore sono macchine: in grado di lavorare in un ampio intervallo di regolazione, necessario nel caso che una linea di incenerimento venga fermata; molto affidabili, pertanto con funzionamento praticamente continuo (a parte le manutenzioni programmate); con efficienza maggiore per potenze superiori.

## **9.6 Piano di monitoraggio degli impatti sull'ambiente**

Lo studio di valutazione di impatto ambientale deve contenere anche i sistemi e le modalità di monitoraggio degli impatti dell'opera sull'ambiente, con riguardo a: aria, acqua, suolo, sottosuolo, rumore, paesaggio. Più specificamente, devono essere indicate, e poi concordate in sede autorizzativa, le campagne di indagine per la valutazione della qualità dell'aria, delle acque superficiali e sotterranee, del rumore, nell'area circostante l'inceneritore.

Il piano di monitoraggio deve definire e contenere: i parametri da monitorare, il sistema di misura e analisi dei parametri, la frequenza di monitoraggio, tenendo conto delle caratteristiche ambientali dell'area in cui l'opera viene costruita (meteorologia, densità demografica, presenza di siti sensibili quali riserve naturali, beni architettonici ed artistici, etc.).

## **9.7 Sistemi di gestione ambientale**

Attualmente uno strumento molto utilizzato per organizzare progetto, costruzione, manutenzione, operatività e dismissione di un'impianto è il sistema di gestione ambientale (Environmental Management System – EMS), nel quale sono inclusi responsabilità, procedure, processi e risorse per ciò che riguarda la politica ambientale. Per ottenere il massimo dell'efficienza e dell'efficacia di tale strumento, è necessario che sia parte integrante della gestione e dell'operatività dell'impianto (BAT n. 56).

Nell'Unione Europea i due principali sistemi di gestione ambientali, ad adesione volontaria, sono quello basato sulla certificazione EN ISO 14001:2004 e quello che il regolamento EMAS; questi sistemi sono standardizzati, seppure sia possibile adottare sistemi non standardizzati e messi a punto per una specifica attività/installazione.

In altre parole, i sistemi di gestione ambientale garantiscono che le problematiche ambientali dell'impianto legate a: conformità alle prescrizioni fissate dalla legislazione, adozione delle migliori tecniche disponibili, prevenzione dell'inquinamento, siano sotto controllo. Per questo scopo tali sistemi devono sistematicamente: identificare i rischi ambientali che possono derivare dall'attività, determinare le possibilità di adozione di tecniche di miglioramento, contenere consumi energetici, utilizzo di risorse e produzione di reflui e rifiuti.

Sono strumenti di gestione ambientale, identificati dalle Linee guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili per gli impianti di incenerimento dei rifiuti [5]:

- il piano di gestione operativa
- il programma di sorveglianza e controllo
- il piano di ripristino ambientale per la fruibilità del sito a chiusura dell'impianto secondo la destinazione urbanistica dell'area.

### ***Piano di gestione operativa***

In fase di esercizio l'impianto di incenerimento deve disporre di un piano di gestione operativa che individui le modalità e le procedure necessarie a garantire un elevato grado di protezione sia dell'ambiente che degli operatori presenti sull'impianto.

In particolare il piano di gestione deve contenere indicazioni su:

- procedure di accettazione dei rifiuti da trattare (modalità di campionamento ed analisi e verifica del processo di trattamento)
- tempi e modalità di stoccaggio dei rifiuti
- criteri e modalità di omogeneizzazione dei rifiuti da trattare ove necessario
- procedure di monitoraggio e di controllo dell'efficienza del processo di trattamento, dei sistemi di protezione ambientale e dei dispositivi di sicurezza installati
- procedura di ripristino ambientale dopo la chiusura dell'impianto in relazione alla destinazione urbanistica dell'area.

### ***Programma di sorveglianza e controllo (PSC)***

Il programma di sorveglianza e controllo è finalizzato a garantire che:

- tutte le sezioni impiantistiche assolvano alle funzioni per le quali sono progettate in tutte le condizioni operative previste
- vengano adottati tutti gli accorgimenti per ridurre i rischi per l'ambiente ed i disagi per la popolazione
- venga assicurato un tempestivo intervento in caso di incidenti ed adottate procedure/sistemi che permettano di individuare tempestivamente malfunzionamenti e/o anomalie
- venga garantito l'addestramento costante del personale impiegato nella gestione
- venga garantito alle autorità competenti ed al pubblico l'accesso ai principali dati di funzionamento, ai dati relativi alle emissioni, ai rifiuti prodotti, nonché alle altre informazioni sulla manutenzione e controllo, inclusi gli aspetti legati alla sicurezza
- vengano adottate tutte le misure per prevenire rilasci e/o fughe di sostanze inquinanti.

Il controllo e la sorveglianza devono essere condotti avvalendosi di personale qualificato ed indipendente; i prelievi e le analisi previste per garantire il rispetto dei limiti alle emissioni, indicate nei documenti autorizzativi, devono essere effettuati da laboratori competenti, operanti in regime di qualità secondo le norme ISO 9001 per le specifiche determinazioni indicate nel provvedimento autorizzativo.

## 9.8 Benchmarking

E' necessario analizzare e confrontare, con cadenza periodica, i processi, i metodi adottati e i risultati raggiunti, sia economici che ambientali (più bassi livelli di emissioni, consumo di reagenti, recupero di energia) con quelli di altri impianti e organizzazioni.

## 9.9 Comunicazione e informazione

L'accettazione degli impianti di trattamento di rifiuti solidi varia a seconda della localizzazione, ma in linea di massima gli impianti di incenerimento incontrano una pesante opposizione da parte della popolazione che vive sul territorio interessato dall'opera.

La comunicazione con il pubblico diventa, pertanto, un momento importante, che non deve esaurirsi nel momento dell'autorizzazione alla costruzione dell'opera ma deve continuare durante la fase di costruzione e soprattutto durante la vita operativa dell'impianto.

Sia le amministrazioni locali che il gestore dell'impianto devono mantenere dialogo un continuo e trasparente con la popolazione, relativo a tutti gli aspetti gestionali, seppure la popolazione sia normalmente interessata soprattutto agli aspetti ambientali, in particolare alle emissioni gassose. Questo è peraltro previsto dal programma di sorveglianza e controllo.

Le tecniche di dialogo e di informazione più utilizzate sono: dibattiti aperti a tutti i cittadini; dimostrazioni in aree pubbliche; incontri e discussioni su specifici aspetti; distribuzione periodica di opuscoli informativi; visite guidate agli impianti; pubblicazione in tempo reale sulla pagina Internet dell'impianto dei dati relativi ai monitoraggi sulle emissioni al camino.

Si ricorda, al riguardo, che, sia il D.Lgs.59/2003 sulla prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento che il D.Lgs.133/2005 in materia di incenerimento prevedono una serie di disposizioni riguardanti l'accesso alle informazioni sui provvedimenti autorizzativi e sulla gestione degli impianti.

In particolare il D.Lgs.133/2005, al fine di garantire un maggiore coinvolgimento dei cittadini nei processi decisionali, responsabilizzandoli e informandoli correttamente sulle scelte operate dalle amministrazioni competenti, prevede che essi ricevano le informazioni riguardanti le domande di nuove autorizzazioni per impianti di incenerimento e di coincenerimento.

Le domande devono, in particolare, essere accessibili in uno o più luoghi aperti al pubblico e, comunque, presso la sede del comune territorialmente competente, per un periodo adeguato, non inferiore a trenta giorni, affinché i cittadini possano esprimere le proprie osservazioni prima della decisione dell'autorità competente. La stessa decisione, l'autorizzazione e qualsiasi suo successivo aggiornamento devono essere rese accessibili al pubblico.

Il gestore degli impianti di incenerimento o coincenerimento in esercizio aventi una capacità nominale di due o più tonnellate l'ora deve, invece, fornire all'autorità competente ed ai cittadini tutte le informazioni relative alla gestione degli stessi impianti attraverso la predisposizione di una relazione annuale sull'andamento del processo di combustione e sulle emissioni in atmosfera e nei corpi idrici.

L'autorità competente deve, a sua volta, redigere e rendere accessibile al pubblico l'elenco degli impianti di incenerimento e coincenerimento aventi una capacità nominale inferiore a due tonnellate l'ora.

Sempre con l'obiettivo di garantire la più ampia informazione ed un'ampia fruibilità dei dati contenuti nelle autorizzazioni rilasciate e nelle relazioni predisposte dai gestori degli impianti, il decreto prevede la loro trasmissione, da parte dell'ente competente per territorio, all'Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici (APAT).

Oltre a quanto previsto dalla normativa può risultare positivo ai fini dell'accettabilità sociale allestire campagne di informazione sul progetto che si vuole realizzare anche attraverso la

pianificazione di eventi formativi che prevedano la distribuzione di materiale idoneo e la presenza di relatori qualificati.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Relazione finale della Commissione altamente specializzata per la scelta delle migliori tecnologie per la realizzazione di un impianto di valorizzazione dei rifiuti, costituita con DGP n. 528-324404 del 9/11/04- Appendice 5 - Programma Provinciale di Gestione dei Rifiuti - Allegati
- [2] Programma Provinciale di Gestione dei Rifiuti, Aggiornamento - Provincia di Torino, Assessorato Sviluppo Sostenibile e Pianificazione Ambientale, Aprile 2005
- [3] European IPPC Bureau (a cura di), "Reference Document on Best Available Techniques for Waste Incineration" (BREF on Waste Incineration) – Luglio 2005
- [4] European IPPC Bureau (a cura di), "Reference Document on Best Available Techniques for the Waste Treatment Industries" (BREF on Waste Treatment) – Agosto 2005
- [5] Linee Guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili per gli impianti di incenerimento dei rifiuti
- [6] Linee Guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili per gli impianti di trattamento meccanico biologico
- [7] Linee Guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili per gli impianti di selezione, produzione di CDR e trattamento di apparecchiature elettriche ed elettroniche dismesse
- [8] Rapporto Rifiuti 2005 – APAT/ONR
- [9] Wiljan H., Niefnecker U., Muck O., Kubler H., Schnell R., Carra R., "Processing waste materials for anaerobic digestion of the biogenic-organic constituents", *Biotechnology Advances*, vol. 13, n. 4, 832 (1995)
- [10] ISWA Report (WG Thermal Treatment of Waste), "Energy from waste: State of the Art Report", Gennaio 2002
- [11] Rapporto Rifiuti 2004 – APAT/ONR
- [12] Barlaz M.A., Reinhart D., "Bioreactor landfills: progress continues", *Waste Management*, vol. 24, n. 9, 859-860 (2004)
- [13] Price G.A., Barlaz M.A., Hater G., "Nitrogen management in bioreactor landfills", *Waste Management*, vol. 23, n. 7, 675-688 (2003)
- [14] Pohland F.G., Harper S.R. "Critical review and summary of leachate and gas production from landfills", National Technical Information Service, Springfield VA, PB 86-240, 165 (1987)
- [15] Pohland F.G. "In Situ Anaerobic Treatment of Leachate in Landfill Bioreactors", *Waste Science and Technology*, vol. 40, n. 8, 203-210 (1999)
- [16] De Stefanis P., "Tecnologie innovative di recupero energetico dei rifiuti", *Rivista Rifiuti*, gennaio 2004
- [17] Klein A., Whiting K., Archer E., Schwager J. "Gasification and pyrolysis", *Waste Management World*, Settembre-Ottobre 2004, 71-75
- [18] "Feasibility study of thermal treatment options for waste in the Limerick / Clare / Kerry region", M.C. O'Sullivan & Co. Ltd., COWI, Prof. A.A.C.M Beenackers (University of Groningen, the Netherlands), Technical University of Vienna, Agosto 2005
- [19] HERA – Comunicazione personale, Aprile 2006
- [20] Büchner H.P., 11° Convegno sull'incenerimento dei rifiuti, Monaco 14-15 marzo 2006
- [21] Rapporto sullo stato del sistema di gestione dei rifiuti - Provincia di Torino, Osservatorio Rifiuti Provinciale, Settembre 2005
- [22] SMAT – Comunicazione alla Provincia di Torino, Dicembre 2005
- [23] L'integrazione tra la digestione ed il compostaggio - Sergio Piccinini - La produzione di ammendante compostato in Italia - Compendio Tecnico (CIC) - Ottobre 2005

## NORMATIVA

- D.Lgs. 13 gennaio 2003, n. 36 "Attuazione della Direttiva 1999/31/CE - discariche di rifiuti".
- D.Lgs. 29 dicembre 2003, n. 387, "Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità.
- Legge 15 dicembre 2004, n.308 "Delega al Governo per il riordino, il coordinamento e l'integrazione della legislazione in materia ambientale e misure di diretta applicazione". D.Lgs. 11 maggio 2005, n. 133 "Attuazione della direttiva 2000/76/CE, in materia di incenerimento dei rifiuti".
- D.Lgs. 18 febbraio 2005, n. 59 "Attuazione integrale della direttiva 96/61/CE relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento" (IPPC).
- D.M. 3 agosto 2005 "Definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica".

Proposta di decreto ai sensi dell'articolo 17 del D.Lgs. 29 dicembre 2003, n. 387 che individua gli ulteriori rifiuti e combustibili derivati dai rifiuti ammessi a beneficiare del regime giuridico riservato alle fonti rinnovabili.

Decreto legislativo 3 aprile 2006, n.152 “ *Norme in materia ambientale*”.

DM 2 maggio 2006 “Modalità per l'aggiudicazione, da parte dell' Autorità di Ambito del servizio di gestione integrata dei rifiuti, ai sensi dell'art.202, comma 1, del D.Lgs. 3 Aprile 2006, n. 152”

DM 5 aprile 2006, n.186 “Regolamento recante modifiche al decreto ministeriale 5 febbraio 1998”

DM 5 maggio 2006 “ Individuazione dei rifiuti e dei combustibili derivati dai rifiuti ammessi a beneficiare del regime giuridico riservato alle fonti rinnovabili”