

**MASTER UNIVERSITARIO DI PRIMO LIVELLO  
IN  
TECNOLOGIE PER LA GESTIONE DEI RIFIUTI**

*organizzato da Alma Mater Studiorum, Università di Bologna– Facoltà di Chimica Industriale – in convenzione con Assoform Rimini*

***ESPERIENZA NELLE MUNICIPALIZZATE DI  
ASM S.p.A. BRESCIA, AMIAT S.p.A. TORINO, NET S.p.A.  
UDINE***

**JACOPO FABRIS**

**Direttore del Master  
Prof. Luciano Morselli**

**Tutor Aziendali  
Ing. Valentina Cipriano  
Federambiente**

Attività finanziata dal FSE – Ob. 3 Misura C 3 – Rif. 2002-0066/SC3

INTRODUZIONE.....	4
Federambiente .....	4
TEMI TRATTATI.....	5
Legislazione nazionale in materia di rifiuti.....	5
Il Decreto Ronchi .....	6
Competenze E Scelte Gestionali.....	7
La Raccolta Differenziata .....	8
Materiali adatti al conferimento differenziato.....	10
LA GESTIONE DEI RIFIUTI.....	10
IL SISTEMA INTEGRATO.....	10
La riduzione della quantità dei rifiuti prodotti.....	12
LA DOTAZIONE IMPIANTISTICA NELLO SCENARIO DI UNA CORRETTA GESTIONE.....	12
IMPIANTI DI SEPARAZIONE RSU CON RECUPERO DEI MATERIALI .....	13
IMPIANTI DI COMPOSTAGGIO DELLA FRAZIONE ORGANICA.....	13
L'INCENERIMENTO.....	16
IL PROCESSO.....	16
I COMBUSTIBILI.....	17
GLI SCHEMI DI GESTIONE.....	18
LE PRINCIPALI TECNOLOGIE.....	19
LE OPZIONI IMPIANTISTICHE PER GLI IMPIANTI DEDICATI.....	22
GLI ASPETTI AMBIENTALI.....	25
I Fattori Di Emissione .....	26
IL CONTROLLO DELLE EMISSIONI NEGLI IMPIANTI DI VALORIZZAZIONE	
ENERGETICA.....	27
La Valenza Ambientale Del Recupero Energetico.....	30
LA DISCARICA.....	32
LA DISCARICA CONTROLLATA.....	32
Il Percolato E Il Biogas .....	33
PROGETTAZIONE DEL SITO.....	35
Progettazione E Preparazione Del Lotto.....	35
CONFERIMENTO DEI RIFIUTI IN DISCARICA.....	36
Allontanamento Del Biogas .....	38
Misure Correnti Dopo La Chiusura Di Una Discarica.....	38
Il Trattamento Delle Acque Di Percolazione.....	39
Recupero ambientale e gestione post-operativa .....	41
IL CICLO DEI RIFIUTI NELLA CITTA' DI BRESCIA.....	42
Il Teleriscaldamento.....	43
IMPIANTO COMPOSTAGGIO S.GERVASIO BRESCIA.....	44
TERMOUTILIZZATORE DI BRESCIA.....	47
Conferimento Dei Rifiuti.....	47
L'impianto Di Combustione .....	47
Destinazione finale dei prodotti residui:.....	50
Energia Prodotta Dal Termoutilizzatore .....	51
LE DISCARICHE DI BRESCIA.....	51
La discarica di Montichiari.....	52
La discarica di Buffalora .....	53
OSSERVATORIO RIFIUTI DELLA PROVINCIA DI TORINO.....	55
Produzione .....	56
La produzione di rifiuti urbani - così come definiti dal D.lgs. 22/97 - viene stimata sommando il quantitativo di rifiuti urbani destinati a smaltimento (inclusi i rifiuti ingombranti e i RUP) con quello dei rifiuti urbani oggetto di raccolta differenziata. ....	56

IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO DI BORGARO Torinese.....	58
Fasi Di Trattamento .....	59
IMPIANTI "BASSE DI STURA".....	60
Il Recupero Ambientale.....	63
IMPIANTO SELEZIONE DI COLLEGNO DELLA PUBLIREC s.p.a.....	64
IMPIANTO TRATTAMENTO BENI DUREVOLI DI S. MAURO (AMIAT TBD s.r.l).....	66
PROBLEMATICA DELLE ANALISI DI MONITORAGGIO DELLA DISCARICA DI VALENONCELLO (PORDENONE).....	67
RIFIUTI URBANI per il Comune di Udine .....	74
L'impianto In Sintesi.....	75
Il Ciclo Di Lavorazione.....	75
Possibili riutilizzi dei prodotti dell'impianto.....	78
LA DISCARICA IFIM s.r.l. di S. Gottardo (Udine) .....	80
CONCLUSIONI .....	83
Conclusioni Sulla Gestione Dei Rifiuti.....	83
Riciclaggio e produzione di energia.....	84
Conclusioni Tecnico-Impiantistiche.....	84
Emissioni Di Inquinanti.....	85
Emissioni Di Gas Serra.....	86
Altre Forme Di Impatto.....	87
COME SFUTTARE DEL BIOGAS POVERO .....	88
COME MONITORARE LA TENUTA DELLE GEOMEMBRANE.....	89
BIBLIOGRAFIA.....	89

## INTRODUZIONE

Il periodo di stage formativo, che ho frequentato presso la sede della Federazione Italiana Servizi Pubblici Igiene Ambientale o Federambiente in Roma, mi ha consentito di visualizzare una piccola panoramica riguardo alla situazione della gestione dei rifiuti in alcune città dell'Italia settentrionale.

### Federambiente.

Federambiente è l'associazione che riunisce soggetti in qualsiasi forma costituiti che gestiscono pubblici servizi di igiene e risanamento ambientale, vi aderiscono: società di capitale, aziende speciali e consortili, municipalizzate, Consorzi, Comuni, Province, società di studi, ricerche e progettazione. Gli scopi principali della federazione sono: lo sviluppo del sistema dei servizi pubblici locali nel campo ambientale, la promozione e la tutela degli interessi degli associati e degli utenti, la rappresentanza delle imprese associate nelle sedi istituzionali e di Governo, nei contratti collettivi di lavoro e nella definizione di accordi – quadro in campo industriale e commerciale.

I dipendenti delle imprese di Federambiente operano in 1600 Comuni servendo una popolazione di

quasi 30 milioni di abitanti, pari a circa il 53% del totale nazionale.

Oltre alla funzione di rappresentanza del comparto presso le istituzioni, offre servizi pubblici locali nel settore ambientale e attività quali:

- Reporting periodico della base associativa e analisi dei dati del Sistema;
- Consulenza tecnica e amministrativa nella gestione rifiuti e salvaguardia dell'ambiente;
- Consulenza per la gestione di impianti tecnologici e servizi;
- Stipulazioni di accordi nazionali;
- Assistenza sindacale, previdenziale e legale per la corretta applicazione di normative di settore;
- Sviluppo della comunicazione ambientale e ricerca per il miglioramento della sua qualità ed efficacia.

**Figura 1 Associati Federambiente nel Luglio 2003**

Le città con le rispettive aziende consociate che mi hanno dato l'accoglienza e l'opportunità di operare come osservatore sono le seguenti:

- ? Città di Brescia. A.S.M. S.p.A.
- ? Città di Torino. A.M.I.A.T. S.p.A.
- ? Città di Pordenone. G.E.A. S.p.A.
- ? Città di Udine. N.E.T. S.p.A.
- ? Città di Gorizia. I.R.I.S. S.p.A.

Queste società sono rette da diverse strutture decisionali che rispecchiano lo sviluppo della gestione dei multiservizi di igiene ambientale. Sono tutte Società per Azioni, alcune delle quali, come la N.E.T. di Udine ancora sotto pieno controllo comunale, altre come l'A.S.M. di Brescia a pieno controllo privatistico. Queste società, che operano dei servizi ai cittadini, non sono altro che l'ultimo passaggio del rispetto e dell'applicazione del Decreto Legislativo 22/1997 del 5 febbraio 1997 che ha avviato una decisa riforma delle regole che disciplinano la gestione dei rifiuti in ambito nazionale.

## **TEMI TRATTATI**

I temi che tratterò in questa relazione saranno di natura descrittiva e comprenderanno situazioni attuali, previsioni, tecnologie impiantistiche adottate, osservazioni tecniche, problematiche, etc. che ho avuto la fortuna di conoscere e di trattare incontrando in ogni situazione persone competenti, disponibili e di una grande predisposizione al dialogo e al confronto. Caratteristiche fondamentali per operare in un "ambiente" in continua evoluzione come questo.

Gli scenari analizzati nascono sostanzialmente da diverse configurazioni del parco impiantistico per il trattamento dei RSU e Assimilati e dall'entità dei flussi di rifiuto conseguenti la raccolta differenziata. Oltre che da questa situazione di fatto, le possibili opzioni di scenario derivano dalla necessità del recepimento delle indicazioni del Decreto Ronchi, intese a promuovere il recupero di materiale e di energia dal rifiuto, nonché dalle prescrizioni dei Piani Regionali di Smaltimento Rifiuti circa il mantenimento in attività degli impianti già operanti sul territorio.

### **Legislazione nazionale in materia di rifiuti**

In sede legislativa l'organizzazione del settore dello smaltimento dei rifiuti è stato affrontato in modo organico nel 1982; sino a quell'epoca la raccolta, il trasporto e lo smaltimento dei rifiuti erano normate dalla legge 366/1941.

Con il D.P.R. 915/1982 del 10 settembre 1982 il legislatore adegua la norma nazionale in consonanza ed in attuazione delle direttive europee 75/442/CEE relativa ai rifiuti, 7/403/CEE relativa allo smaltimento dei policlorodifenili e dei policlorotifenili e 78/319/CEE relativa ai rifiuti tossico-nocivi.

Il D.P.R., recante la disciplina generale per tutti i rifiuti urbani, speciali, tossici e nocivi, stabilisce che lo smaltimento dei rifiuti è una attività di pubblico interesse che non comprende solamente le fasi di raccolta e smaltimento dei rifiuti prodotti, ma anche il trattamento, la cernita, il recupero ed in generale tutto ciò che avviene prima del momento del conferimento.

In sintesi si può affermare che con il D.P.R. 915/1982 sono state fissate le regole fondamentali per attuare una corretta gestione dei rifiuti.

Nel periodo 1993-1997 il regime normativo dei rifiuti potenzialmente recuperabili è stato caratterizzato dalla emanazione e reiterazione, con modifiche più o meno incisive, di una lunga serie di decreti legge, mai convertiti che hanno, in realtà, anticipato alcune parti del decreto legislativo 22/97 noto come "Decreto Ronchi".

La pubblicazione in G.U. del D.Lgs. 22/1997 del 5 febbraio 1997 ha avviato una decisa riforma delle regole che disciplinano la gestione dei rifiuti in ambito nazionale. Il decreto ha recepito tre direttive comunitarie e precisamente la direttiva 91/156/CEE sui rifiuti, la direttiva 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e la direttiva 94/62/CEE sugli imballaggi e sui rifiuti da imballaggio. Il decreto in questione è stato oggetto di significative integrazioni e modifiche attraverso il D.Lgs. 389/1997 del 8 novembre 1997 (Ronchi-bis), la legge 426/1998 del 9 dicembre 1998 (Ronchi-ter), la legge 33/2000 del 25/2/2000 ed infine dal D.L. 286/2001 del 16 luglio 2001.

Con la sua entrata in vigore la gestione dei rifiuti nel nostro Paese viene ad essere sensibilmente modificata ed aggiornata secondo i criteri stabiliti dalla politica ambientale comunitaria, ovvero secondo le seguenti linee guida:

1. Incentivazione delle cosiddette 4R: **Riduzione, Riutilizzo, Riciclaggio e Recupero** di materia prima dai rifiuti.
2. Ottimizzazione dello smaltimento; la fase residuale della gestione dei rifiuti (in particolare lo smaltimento in discarica) deve essere realizzata nelle regioni di produzione dei rifiuti con l'ausilio di una rete di impianti adeguata e integrata (**principio della prossimità e autosufficienza**), con le migliori tecnologie esistenti (principio della riduzione dell'impatto inquinante delle tecnologie di smaltimento finale).
3. Nell'ottica dello sviluppo sostenibile la tutela dell'ambiente e della salute non è più vista come un semplice vincolo, ma come una occasione di sviluppo di iniziative a vari livelli (ricerca scientifica, industriale, artigianale, di servizio ecc.).

L'adozione delle nuove norme ha comportato il superamento dei criteri fissati dalle direttive comunitarie di riferimento e di conseguenza dei principi espressi nel D.P.R. 915/1982, ponendo le basi per una diversa concezione delle problematiche ambientali.

In realtà il D.Lgs. 22/1997 se da un lato appare completo nell'enunciazione dei principi, dall'altro risulta mancante dei dettami tecnici necessari per la sua completa attuazione rimandandone la definizione ad un rilevante numero di decreti ministeriali attuativi, diversi dei quali ancora da emanare anche con ritardo rispetto quanto previsto.

## Il Decreto Ronchi

In seguito alle direttive emanate dalla Comunità Europea in Italia nasce ad opera del Ministro Ronchi, il 22 febbraio 1997, il decreto n.22, detto anche “Decreto Ronchi” in materia di gestione dei rifiuti.

Quello che precedentemente si era andato man mano delineando è la modifica delle modalità di amministrazione dei rifiuti con cambiamenti dovuti a situazioni critiche quali:

- ? Un ricorso generalizzato alla discarica con scarso numero di impianti di trattamento, di recupero e compostaggio dei rifiuti.
- ? Scarso impegno sociale all'uso della raccolta differenziata.
- ? Mercato delle materie recuperabili che stenta a decollare.
- ? Raccolta dei rifiuti speciali che presenta tutt'oggi vaste zone d'ombra.

Questo decreto ha fornito strumenti concreti per lo sviluppo di alcuni segmenti importanti per il sistema, come quello riguardante l'utilizzo del combustibile solido da rifiuto (CDR). Con questo decreto sono stati attivati diversi organismi come il CONAI, il consorzio al quale aderiscono obbligatoriamente produttori e utilizzatori di imballaggi. Questi enti sono stati istituiti per favorire il raggiungimento degli obiettivi di recupero e riciclaggio di rifiuti a favore della raccolta differenziata di plastica, legno, alluminio, vetro, acciaio e carta.

Ai sensi dell'articolo 2, i rifiuti devono essere recuperati senza pericolo per la salute dell'uomo e senza usare procedimenti o metodi che possano recare pregiudizio per l'ambiente.

Il *recupero* avviene nel seguente modo:

- 1- Utilizzazione principale come combustibile o come altro mezzo per produrre energia.
- 2- Rigenerazione/Recupero dei solventi.
- 3- Riciclo/Recupero delle sostanze organiche non utilizzate come solventi (es. compostaggio)
- 4- Riciclo/Recupero dei metalli o dei composti metallici
- 5- Riciclo/Recupero di altre sostanze inorganiche
- 6- Rigenerazione degli acidi o delle basi.
- 7- Recupero dei prodotti che servono a captare gli inquinanti

- 8- Recupero dai prodotti provenienti dai catalizzatori
- 9- Rigenerazione/Riuso degli oli
- 10- Spandimento sul suolo a beneficio dell'agricoltura
- 11- Utilizzazione dei rifiuti
- 12- Scambio di rifiuti
- 13- Messa in riserva di rifiuti per sottoporli a una delle operazioni precedenti

Il *deposito* dei rifiuti deve avvenire nel seguente modo:

- 1- Deposito sul o nel suolo (es. discarica)
- 2- Trattamento in ambiente terrestre
- 3- Iniezioni in profondità
- 4- Lagunaggio
- 5- Messa in discarica specialmente allestita
- 6- Immersione, compreso il seppellimento nel sottosuolo marino
- 7- Trattamento chimico-fisico (es. evaporazione, essiccamiento, calcinazione, ecc.)
- 8- Incenerimento a terra
- 9- Incenerimento in mare
- 10- Deposito permanente (ad es. la sistemazione di contenitori in una miniera, ecc.)
- 11- Raggruppamento preliminare
- 12- Ricondizionamento preliminare
- 13- Deposito preliminare

Prima del deposito, il decreto Ronchi pone l'accento sulla necessità affinché i rifiuti siano trasferiti in apposite strutture per effettuare il riciclo, e quindi recuperare tutto il possibile in modo da conferire solo lo stretto necessario in discarica. Ai fini di una corretta gestione, quindi, le autorità competenti favoriscono la riduzione dello smaltimento finale attraverso:

- a) il reimpegno e il riciclaggio
- b) altre forme di recupero per ottenere materia prima dai rifiuti
- c) l'adozione di misure economiche e la determinazione delle condizioni di appalto che prevedano l'impiego dei materiali recuperati dai rifiuti al fine di favorirne il mercato
- d) L'utilizzazione principale dei rifiuti residui come combustibile o come altro mezzo per produrre energia.

Il riutilizzo, il riciclaggio e il recupero di materia debbono essere considerati preferibili rispetto alle altre forme di recupero.

### **Competenze E Scelte Gestionali**

Per quanto riguarda le competenze degli enti locali, il “decreto Ronchi” attribuisce alle Regioni (art.19) l’onere di predisporre ed adottare il piano regionale di gestione dei rifiuti, di elaborare i piani per la bonifica delle aree inquinate e di definire i criteri per l’individuazione, da parte delle Province, delle aree non idonee alla localizzazione degli impianti di smaltimento e di recupero dei rifiuti.

Alle Province (art. 20) vengono attribuite le funzioni amministrative concernenti la programmazione o l’organizzazione dello smaltimento dei rifiuti sul territorio di competenza, il controllo e la verifica degli interventi di bonifica e del monitoraggio ad essi conseguenti, l’individuazione, sentiti i comuni, delle zone idonee alla localizzazione degli impianti di smaltimento e di recupero dei rifiuti urbani, con indicazioni plurime per ogni tipo di impianto, nonché delle zone non idonee alla localizzazione di impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti.

Infine, ai Comuni (art. 21) spetta il compito di disciplinare la gestione dei rifiuti urbani con appositi regolamenti nel rispetto dei principi di efficienza, efficacia ed economicità e con l’obiettivo di assicurare la tutela igienico-sanitaria in tutte le fasi della gestione dei rifiuti urbani. Ancora, i

comuni debbono mettere a punto le disposizioni necessarie a ottimizzare le forme di conferimento, raccolta e trasporto dei rifiuti primari di imballaggio in sinergia con altre frazioni merceologiche, fissando standard minimi da rispettare. E sono proprio i Comuni che, con l'obbligo di far coprire l'importo del servizio nella nuova "Tariffa", vanno ad effettuare il passaggio delle competenze ad aziende che diventano vere e proprie società autonome garantendo così una migliore efficienza, efficacia, economicità ed autonomia.

L'attività di programmazione del sistema di gestione e smaltimento dei rifiuti urbani è, come detto in precedenza, a carico della Provincia, cui spetta l'elaborazione delle analisi e dei percorsi strategici di medio-lungo periodo relativi alla gestione virtuosa dei rifiuti, così come delineata dai dettami del D.Lgs. 22/97.

Questi percorsi devono portare gli attuatori del Programma (gestori dei servizi) ma anche gli utenti dei servizi (singoli cittadini) verso un atteggiamento cosciente nei riguardi del "sistema rifiuti". In tale sistema entrambi i soggetti sono coinvolti a vario titolo; ai gestori viene richiesto di condividere ed attuare le scelte strategiche del Programma mentre ai secondi spetta l'onere di mettere in atto quei comportamenti che risultano concorrere al perseguitamento degli obiettivi fissati.

In tal senso si va verso la comune idealizzazione di alcuni **principi base** rispetto ai quali gestire il sistema:

- a) Soggetti pubblici e/o privati possono proporre iniziative, anche a livello di realizzazione di impianti, in relazione agli indirizzi e alle norme previste.
- b) Le autorizzazioni alla realizzazione degli impianti di trattamento e/o smaltimento RSU saranno concesse a soggetti privati solo a seguito di preventivo accordo **formalizzato** con i soggetti pubblici detentori dei rifiuti o loro consorzi.
- c) La Provincia si pone l'obiettivo di promuovere la creazione di un **Ente Gestore Unico** a livello provinciale-regionale (vedi HERA), nell'ambito del quale trovino integrazione tutti i soggetti operanti nel sistema dei rifiuti. L'obiettivo principale della costituzione del gestore unico si individua nello studio e nella realizzazione del sistema di termovalorizzazione quale indispensabile scelta strategica. Atal fine costituisce e attiva un tavolo permanente di coordinamento fra questi diversi soggetti pubblici operanti nel territorio.
- e) I soggetti gestori dei servizi pubblici inerenti il sistema provinciale di gestione dei rifiuti urbani devono dotarsi di una **Carta dei Servizi Ambientali**, che ne misura quali-quantitativamente il servizio offerto ai cittadini. La Carta, che dovrà essere sottoposta alle procedure standardizzate di valutazione della validità secondo la certificazione di qualità (a cura di enti certificatori o professionisti qualificati), dovrà definire nel dettaglio i livelli attesi del servizio e le modalità per la loro misura e verifica periodica.

## La Raccolta Differenziata

E' noto ormai che la nostra società di consumi è anche una società di sprechi e questo, inevitabilmente, si traduce in un peggioramento delle condizioni ambientali. Una delle cause che fanno sì che ciò avvenga è l'eccessiva produzione di rifiuti solidi urbani.

Il trattamento dei rifiuti, fino a qualche decennio fa, non era considerato materia di importanza sociale su cui concentrare molte energie. Poi con l'acquisizione e la diffusione di una coscienza sociale ambientale il trattamento dei rifiuti è iniziato a diventare un problema, che oggi, a causa di un continuo aumento della loro produzione domestica ed industriale, è diventato un'emergenza.

Solamente una ricerca incessante per ridurre la loro produzione alla fonte e aumentare il loro riutilizzo rimangono oggi gli strumenti utili per rispondere ad un fenomeno che coinvolge noi tutti e le generazioni future.

Il presupposto a tutto questo è la raccolta differenziata, la quale, nel "variegato mosaico" della gestione dei R.S.U., diventa un tassello importante che, pur non risolvendo tutti i problemi, aiuta a ridurre drasticamente le enormi quantità di materiale che giornalmente finiscono in discarica.

Con la raccolta differenziata, organizzata in maniera capillare, sarà quindi possibile ridurre notevolmente la quantità di rifiuti, con un notevole beneficio di carattere ambientale ed economico e sarà possibile contenere i costi di discarica e moderare i costi di servizio con la prospettiva di alleggerire, in tempi brevi, l'attuale pressione delle imposte.

Negli ultimi anni, in seguito all'accentuarsi del fenomeno dell'urbanizzazione, dello sviluppo economico, del consumismo e della crescita demografica, i problemi relativi alla raccolta, trasporto, gestione e smaltimento dei rifiuti si sono notevolmente amplificati sia da un punto di vista qualitativo che quantitativo. L'espansione dei consumi ha portato alla produzione di nuove sostanze inquinanti che hanno causato problemi ambientali talvolta irreversibili.

La maggiore sensibilità economica maturata negli ultimi anni va creando una nuova mentalità, secondo la quale il rifiuto non è più

considerato qualcosa di cui disfarsi, ma come un elemento di un ciclo di trasformazione della materia e dell'energia, che potrebbe essere riutilizzato o reintegrato.

Il concetto di rifiuto che si è andato delineando negli ultimi anni non è dunque assoluto; lo scarto di un prodotto è tale, infatti, solo per chi ha finito di utilizzare, per qualcun altro quel rifiuto può diventare materia prima (secondaria).

Attualmente in Italia si riversano ogni giorno nell'ambiente circa 40.000 tonnellate di rifiuti urbani con un valore pro capite di circa 1 Kg al giorno. L'obiettivo di raccolta differenziata previsto dall'articolo 24 prevede il raggiungimento di un tasso del **35%** a partire dal sesto anno successivo all'entrata in vigore del decreto (2003). Il Decreto 22/97 indica che le raccolte multimateriale devono essere depurate dalle frazioni di rifiuti che saranno successivamente smaltiti in discarica e non solo qualora gli scarti eccedano il 10% del rifiuto raccolto. Non rientrano nel calcolo della RD i rifiuti inerti derivanti da costruzioni e demolizioni, poiché essi sono annoverati esplicitamente tra i rifiuti speciali (art. 7, comma 3 Dlgs 22/97), inoltre i rifiuti ingombranti e beni durevoli (ex art. 44) rientrano nel calcolo della RD per le sole frazioni effettivamente avviate al recupero di materia.

L'esigenza di omogeneizzare il sistema di rilevamento dei dati a livello nazionale nasce dalla necessità di creare condizioni uniformi per i diversi operatori del settore. La raccolta differenziata ed il raggiungimento degli obiettivi di cui all'art. 24 del decreto legislativo 22/97, devono essere riferiti esclusivamente ai sistemi di raccolta, effettuati alla fonte, di frazioni merceologiche di rifiuti urbani, che, per le loro caratteristiche fisiche, possono essere avviate al recupero e al riciclaggio di materie prime. Tale criterio discende direttamente dalla definizione di raccolta differenziata di cui all'articolo 6 lettera f) del D.lgs. 22/97.

La quota di raccolta differenziata da utilizzare per la verifica del conseguimento degli obiettivi di cui all'art. 24 del 22/97 è intesa come il rapporto tra la sommatoria dei quantitativi raccolti separatamente, al netto degli scarti di selezione e cernita, provenienti dal trattamento delle frazioni merceologiche raccolte con i sistemi di raccolta multimateriale e/o combinata, e delle quantità di rifiuti urbani raccolti in maniera differenziata avviati al recupero energetico, e le quantità di RSU complessivamente raccolti. La raccolta selettiva delle frazioni merceologiche omogenee di rifiuti

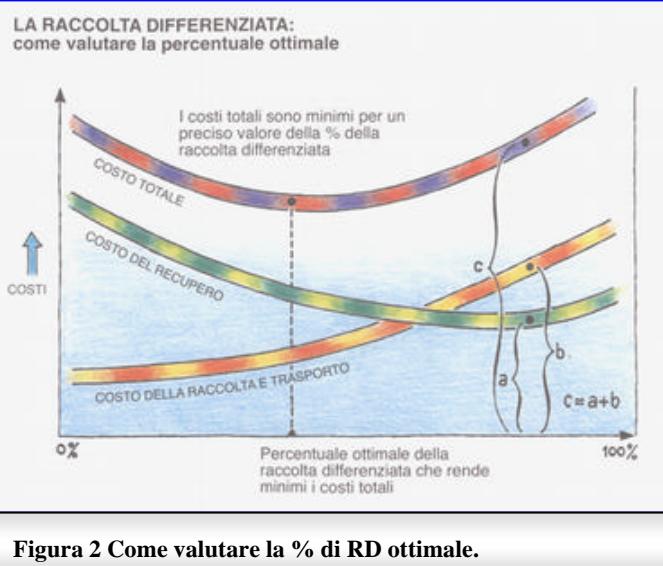


Figura 2 Come valutare la % di RD ottimale.

(ad es. pile , farmaci scaduti, contenitori, tubi al neon..), non viene conteggiata a nessun livello, né tra le percentuali di raccolta differenziata ( $\Sigma RD$ ), né tra i rifiuti complessivi ( $R_T$ ).

$$\% \text{ Raccolta Differenziata RSU} = \frac{SRD - (S_{Sc} + S_{Sc})}{R_T} \times 100$$

**SRD** = sommatoria della quantità totale dei RSU raccolti in modo differenziato per frazioni merceologiche omogenee, compresa la frazione organica umida destinata al riutilizzo, al riciclaggio e al recupero di materia prima.

**S<sub>Sc</sub>** = scarti provenienti da operazioni di selezione e cernita

**S<sub>Sc</sub>** = quantità di RSU raccolti in modo differenziato, avviato al recupero energetico

**R<sub>T</sub>** = Rifiuti totali

### **Materiali adatti al conferimento differenziato.**

Quasi tutte le sostanze contenute nei RSU sono suscettibili al conferimento differenziato.

Finora sono state oggetto di tale esperienza vetro, carta, cartone, plastica, metalli ferrosi e non, materie tessili, rifiuti vegetali, con tassi di recupero variabili dal 30% (per le materie plastiche) al 65% (per i rifiuti vegetali). Alcune forme di raccolta (oggi obbligatorie per legge) si riferiscono ai rifiuti speciali, come batterie al mercurio, medicinali, che invece finiscono saltuariamente e sistematicamente finiscono nei rifiuti solidi urbani, per la mancanza di un'adeguata organizzazione e di un sufficiente numero di punti di raccolta.

I METALLI

LA CARTA

I RIFIUTI ORGANICI

IL VETRO

LA PLASTICA

RIFIUTI SPECIALI

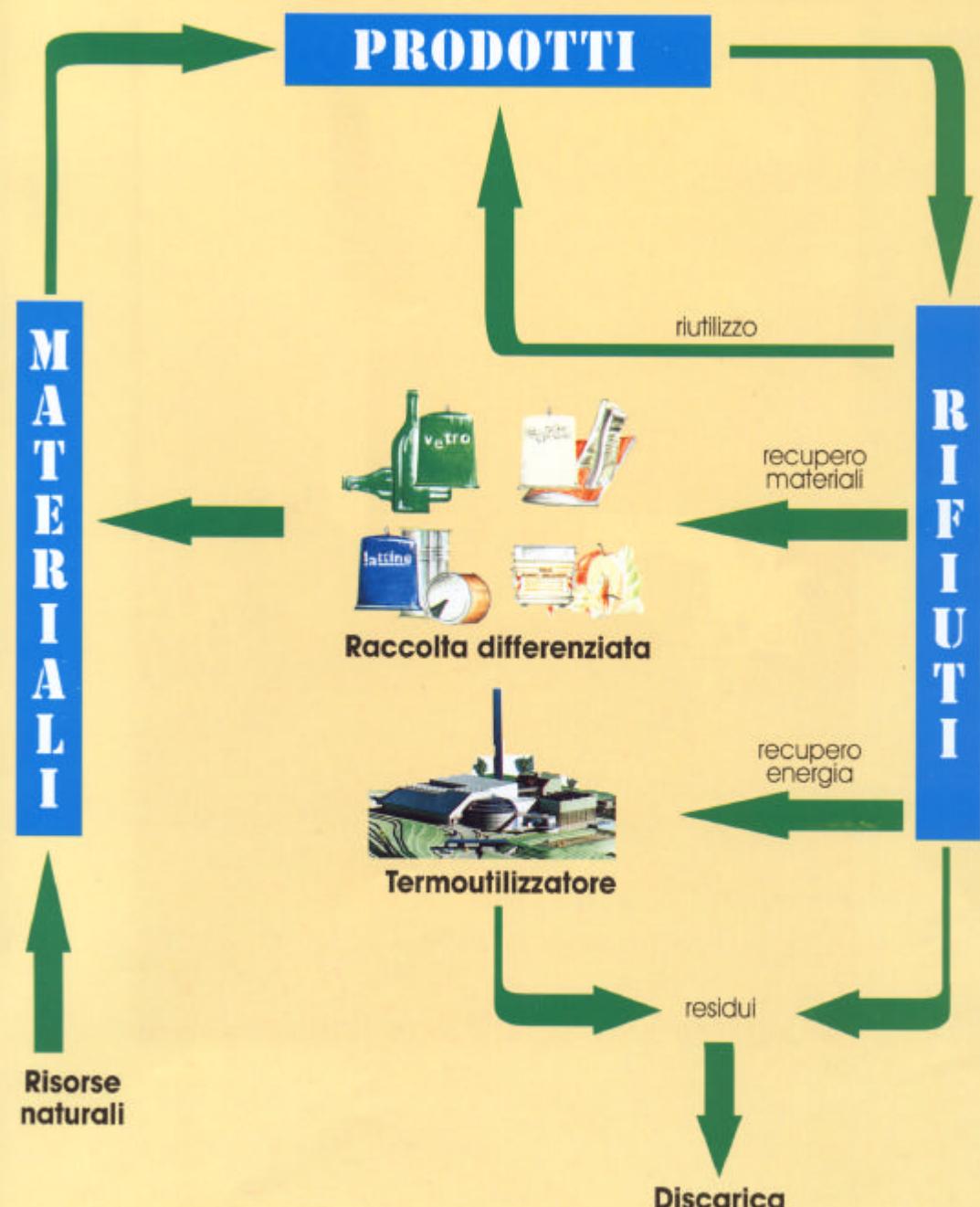
RIFIUTI PERICOLOSI

## **LA GESTIONE DEI RIFIUTI**

### **IL SISTEMA INTEGRATO**

Negli ultimi 20 anni la quantità dei rifiuti affluiti nelle discariche è aumentata in modo esponenziale, un andamento vertiginoso dovuto non solo all'aumento della produzione e dei consumi, ma anche alla progressiva eliminazione delle discariche abusive. Sono state proprio le cifre delle quantità conferite a spingere ad una elaborazione del progetto per un "approccio globale", attraverso il quale cioè, modalità differenti di intervento concorrono organicamente alla soluzione del problema rifiuti. Il progetto richiama '*Sistema Integrato per la Gestione dei Rifiuti*' e in esso si convogliano tutte le competenze tecniche, sociali ed ambientali idonee ad una gestione a visuale completa dei rifiuti, dalla loro produzione al loro riutilizzo-smaltimento. Questo sistema permette di lavorare su strade parallele: da un lato si promuovono gli sforzi per una minore produzione di rifiuti, per una loro separazione al fine del recupero e del riciclaggio; dall'altro sviluppando risposte tecnologiche efficaci per recuperare l'energia dai rifiuti non utilmente riciclabili. La discarica non è quindi più considerata come una soluzione, se non per ricevere materiali inerti privi di qualsiasi possibilità di recupero di materia e di energia.

## Il Sistema Integrato



### **La riduzione della quantità dei rifiuti prodotti**

La questione della riduzione dei rifiuti è forse la più difficile da trattare, poiché coinvolge tutti i protagonisti del ciclo della gestione dei rifiuti, a partire da chi produce i beni di largo consumo. Nel caso degli imballaggi, ad esempio, si rende necessario un coordinamento globale dei soggetti che intervengono a diversi livelli: dalla produzione al riempimento, dalla grande distribuzione al consumo. Ciascuno di noi può perciò dare un contributo alla riduzione della quantità dei rifiuti prodotti quotidianamente operando con “acquisti intelligenti”, in altre parole preferire gli oggetti che alla fine del proprio ciclo di vita producono una quantità di rifiuto che sia la più bassa possibile ed almeno parzialmente riciclabile. Per gli stessi motivi, andrebbero preferiti prodotti di uso durevole a quelli “usa e getta”. Le scelte di acquisto dei consumatori hanno un grosso impatto sulle case produttrici; una maggiore attenzione per i prodotti con minori imballi e per i beni di maggiore durata influirebbe in maniera determinante anche sulle scelte di produzione.

## **LA DOTAZIONE IMPIANTISTICA NELLO SCENARIO DI UNA CORRETTA GESTIONE.**

Per avere ben chiaro le modalità del raggiungimento degli obiettivi del “Ronchi”, è necessario istituire a livello Regionale/Provinciale dei tavoli di discussione dove, con dati alla mano sulle quantità, sulle analisi merceologiche e diffusionali dei flussi di rifiuti, trovare le soluzioni gestionali ottimali. Tali soluzioni trovano appoggio anche sulla dotazione impiantistica esistente e disponibile sul mercato che ha raggiunto ormai livelli tecnologici e di flessibilità che permettono di coprire ogni situazione. Il livello di impatto ambientale che deriva dall’adozione di una o altra tecnologia dipende dalla disponibilità finanziaria e dalla sensibilità della domanda.

Nel seguito si delineano le tipologie impiantistiche che, sulla base dei flussi del sistema, potranno essere considerate conformi e funzionali alle soluzioni strategiche scelte.

Tenendo presenti le finalità di:

- evitare il formarsi di possibili situazioni di monopolio, anche a favore di soggetti a controllo pubblico;
- assicurare un’adeguata flessibilità operativa al sistema a fronte d’imprevisti, emergenze, fermate di manutenzione od altro;
- ridurre le distanze di trasporto dei rifiuti;

gli strumenti fini ad oggi disponibili sono:

-Impianti di separazione RSU con recupero dei materiali

-impianti di compostaggio della frazione organica

-impianti di termodistruzione con recupero energetico.

-impianti di smaltimento per sotterramento (discariche) con recupero del biogas.

Per le *discariche* si attueranno le iniziative di pianificazione al fine di contenere il numero degli impianti in esercizio.

## IMPIANTI DI SEPARAZIONE RSU CON RECUPERO DEI MATERIALI

Nel caso di una realtà di gestione che non prevede una strategia di raccolta differenziata spinta a monte dello smaltimento, in cui i materiali organici vengono conferiti assieme agli inerti, gli impianti di separazione e pretrattamento costituiscono il primo passaggio della catena per lo smaltimento dei rifiuti.

Essi hanno la finalità di differenziare i vari materiali conferiti in modo da suddividere il rifiuto eterogeneo in materiali recuperabili e merceologicamente puri e per rendere in ogni caso inerti e non più putrescibili gli eventuali conferimenti in discarica.

Un impianto di questo tipo è costituito per la maggior parte dei casi da:

- ? un piazzale dove vengono convogliati i rifiuti.
- ? un laceratore dei sacchi.
- ? vagli rotanti per la separazione dimensionale dei materiali.
- ? mulino a lame o a martello per la tritazione.
- ? deferizzatore per l'asportazione della frazione metallica.
- ? vaglio oscillante per una separazione più fine.
- ? pressa per aumentare la densità del prodotto.

Questi pretrattamenti, come abbiamo detto precedentemente, non sono necessari nel caso in cui i rifiuti derivino da una raccolta dove gli utenti adottino una separazione. I flussi di tali materiali quali quello del vetro della carta e dell'organico seguono in iter gestito dai consorzi di filiera.

Tali impianti, in ogni modo, permettono di diminuire le quantità smaltite in discarica aumentando così il recupero. Riporterò un esempio chiaro nel caso della gestione di RSU alla NET di Udine.

## IMPIANTI DI COMPOSTAGGIO DELLA FRAZIONE ORGANICA

I materiali organici provengono da campi coltivati, allevamenti, orti, frutteti, e finiscono in parte nella spazzatura occupando nel sacco una buona parte del suo volume.

Si tratta di materiale prezioso che invece di essere inutilmente trasportato e smaltito in discarica (dove diviene dannoso), può essere vantaggiosamente trasformato in humus e restituito al terreno come fertilizzante. Circa un terzo dei rifiuti prodotti da una persona è composta da rifiuti organici che possono essere reintrodotti nei cicli della natura. Il compostaggio dei rifiuti organici della cucina e dell'orto è la soluzione più naturale per smaltire questi rifiuti e produrre al tempo stesso dell'ottimo humus (**compost**) da restituire alla terra. Il compost è infatti il più antico e naturale concime ed ammendante del terreno che si conosca, mantiene fertile e sano il terreno e nutre le piante.

L'utilizzo della frazione organica con questa finalità contribuisce alla tutela dell'ambiente:

- concimando in modo ecologico senza ricorrere a concimi chimici;
- producendo meno rifiuti

L'organico non è riciclabile come la carta, ma è biodegradabile: organismi e microrganismi naturali possono decomporlo trasformandolo in terriccio e concime, ma solo se posti nelle condizioni adatte. Affinché questi organismi possano svolgere il loro compito dobbiamo garantire loro:

? **aria** (ossigeno)

? **acqua**

? **nutrizione equilibrata** (composizione dei materiali)

? **sufficiente sviluppo di calore**

E' necessario evitare che nel composto venga a mancare l'ossigeno perché in caso di una degradazione anaerobica la sostanza organica marcisce, ed è necessario pure che esso mantenga una

umidità equilibrata. Ogni volta che lo strato tende a compattarsi è bene smuoverlo per apportare ossigeno e regolare la temperatura.

## FASI E TEMPI DEL COMPOSTAGGIO

Le prime fasi del compostaggio sono molto veloci in quanto i microrganismi hanno a disposizione una grande quantità di materiali organici da decomporre; ed è proprio per questa attività che si determina lo sviluppo di calore caratteristico dei primi periodi di compostaggio nel quale si può arrivare a 55-70 °C (fase termofila), si sviluppano altresì CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>. La seconda fase detta di maturazione, la temperatura diminuisce, i metabolici si degradano e si concentra l'humus.

## DIFFICOLTA' TECNOLOGICHE NELLA PRODUZIONE DI COMPOST A PARTIRE DAGLI RSU PRESELEZIONATI

La possibilità di produrre compost dagli RSU sembra legata alla capacità di tenere preventivamente separata la frazione organica, con particolare riguardo alle parti vegetali, dalle altre frazioni merceologiche.

Il compostaggio dei rifiuti solidi urbani non preselezionati comporta notevoli problemi di tipo tecnologico, i quali si ripercuotono oltre che sui costi anche sulle qualità del prodotto, che quasi sempre risulta scadente e molto spesso non rispetta le caratteristiche previste dalla normativa vigente. Dopo ripetute esperienze fallimentari, per esempio, altri paesi europei quali Germania, Svizzera in particolare hanno abbandonato le tecniche di compostaggio a partire dagli RSU non selezionati. Negli impianti a scala industriale, il materiale utilizzato è costituito prevalentemente da rifiuti di lavorazione agricole, dei mercati ortofrutticoli e di potature. Contemporaneamente si stanno sviluppando esperienze su scala domestica, condominiale o di quartiere soprattutto nelle aree periferiche delle città, per trasformare rifiuti organici in compost da usare direttamente in orti o giardini pubblici e privati.

## RESTRIZIONI NORMATIVE SULLA QUALITA' DEL COMPOST

Un'analisi della normativa vigente evidenzia come le difficoltà nel campo della produzione e utilizzazione del compost non siano solamente di natura produttiva. Il legislatore ha infatti individuato nella legge 748/84 le modalità di produzione (preparazione e componenti essenziali), il titolo minimo di elementi fertilizzanti, le forme e le solubilità nonché i titoli da dichiarare, i limiti delle parti indesiderate. Non abbiamo a disposizione un testo unico europeo sui concimi organici e ammendanti organici naturali, perciò ogni stato membro ha la libertà di scegliere un proprio criterio di classificazione di questi concimi.

## COMPOSTIERE, TRITURATORI E ATTREZZATURE PER IL COMPOSTAGGIO

Una tra le operazioni del riciclo dei rifiuti organici, come abbiamo detto, è quella del compostaggio che prevede un mutamento chimico-fisico dei rifiuti derivanti dagli alimenti o dalla natura vegetale. Il ciclo di lavorazione per il compostaggio industriale del materiale prevede:

- ? Triturazione del materiale da compostare
- ? Deposito in aia per la maturazione con rivoltamento periodico dei cumuli
- ? Vagliatura finale dei materiali per la vendita

Il compostaggio può riguardare anche il trattamento di "fanghi", il cui ciclo di lavorazione è il seguente:

- ? Trituramento del materiale di struttura
- ? Miscelazione dei fanghi con il materiale di struttura
- ? Deposito in aia per la maturazione con periodico rivoltamento dei cumuli

## ? Vagliatura finale del materiale per la vendita

Per ogni fase del ciclo di lavorazione del compost troviamo, a livello industriale, degli impianti meccanici che sostituiscono e aiutano notevolmente l'uomo.

### - **Triturazione**

I trituratori sono robuste macchine con molteplici possibilità di impiego.

L'equipaggiamento di cui sono fornite rispecchiano lo spirito di applicazione che va dalla triturazione di ramaglie a quella di legname da imballaggio fino alla triturazione in discarica di rifiuti solidi urbani e assimilabili.

### - **Miscelazione**

Per i gestori di impianti di compostaggio si aprono nuove prospettive tecnologiche utilizzando un miscelatore per il trattamento preliminare di rifiuti organici. Aggiungendo materiale di struttura (es. ramaglia) aumenta l'ossigenazione del materiale, aggiungendo additivi speciali o sostanze nutritive si possono creare prodotti che aumentano la qualità e la possibilità di commercializzare il materiale ottenuto.

### - **Rivoltamento**

I macchinari utilizzati per il rivoltamento offrono una moderna tecnologia per la lavorazione del compost. Due grandi frese aprono il cumulo strappando il materiale e gettandolo su un nastro a grande velocità che lo sposta sul lato opposto della macchina e del "corridoio", formando così un cumulo molto aerato e soffice. Tale sistema consente un rivoltamento che è indipendente dalle dimensioni e forma del cumulo, un'efficace aerazione e miscelazione del compost ed una elevata economicità di gestione.

### - **Vagliatura**

Vengono utilizzati dei vagli rotanti per la vagliatura del materiale da compostare e per il compost maturo. La costruzione è realizzata in modo tale che nella parte anteriore della struttura sono posizionate l'unità di comando e la tramoggia di carico; nella parte posteriore è collocato invece il tamburo rotante di vagliatura e tutti gli accessori, compresi i nastri di collegamento e di scarico.

## L'INCENERIMENTO

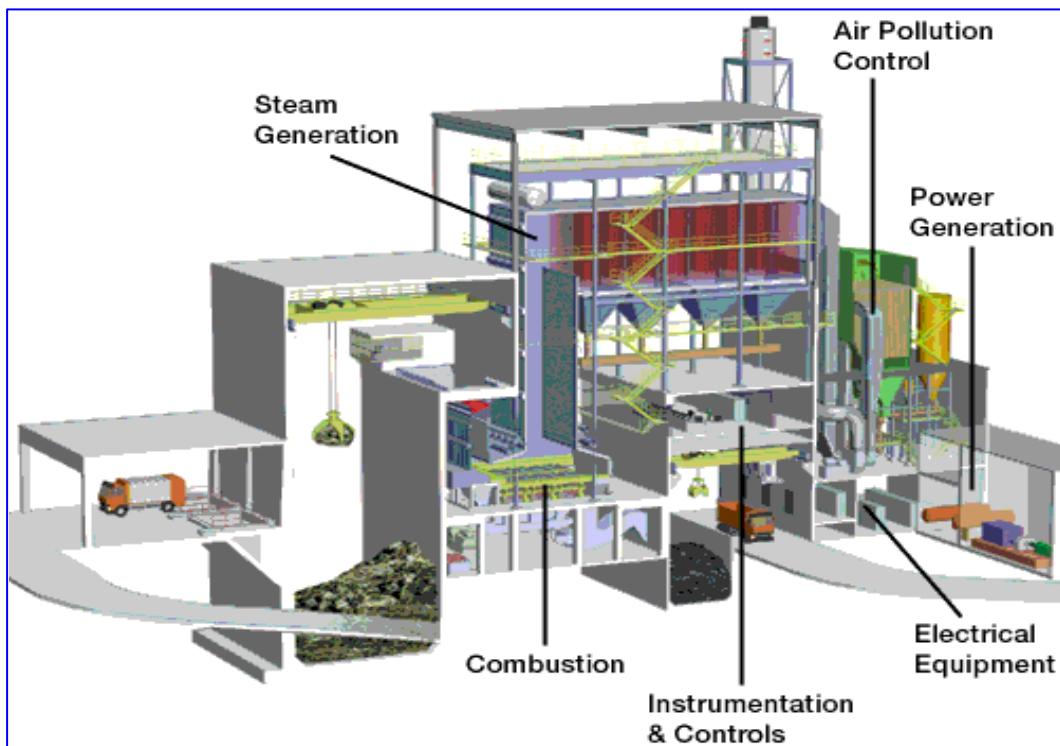


Figura 3 Rappresentazione semplificata di un impianto di incenerimento.

## IL PROCESSO

Il termine “incenerimento” suscita nell’immaginario collettivo sentimenti di sporcizia, contaminazione, pericolo, paura di inquinamento incontrollato e incontrollabile. Questo spiega perché negli ultimi tempi si è cercato di coniare dei neologismi quali “termoutilizzazione” e “termovalorizzazione” nel tentativo di rimuovere, almeno in parte, le remore psicologiche venutesi a creare nel tempo.

Eppure la definizione di “impianto d’incenerimento” che si va delineando a livello comunitario è piuttosto chiara e vi identifica *”qualsiasi unità tecnica e apparecchiatura, fissa o mobile, utilizzata per l’incenerimento tramite ossidazione dei rifiuti, con o senza recupero del calore di combustione, come pure la pirolisi, la gassificazione o altri trattamenti termici quali, ad esempio, i processi all’arco plasma”*.

E’ chiaro che la suddetta definizione di incenerimento fa riferimento alla sua funzione primaria che è quella di convertire delle sostanze comunque pericolose o perché putrescibili e potenzialmente patogene (è il caso dei rifiuti urbani) o perché rivestono carattere di nocività (è il caso di alcuni rifiuti speciali di origine industriale) in composti innocui (acqua, anidride carbonica) ovvero praticamente inerti (“ceneri”).

Dal punto di vista strettamente scientifico non esiste nessuna differenza tra combustione ed incenerimento: entrambi si fondano su un processo di rapida ossidazione delle sostanze organiche contenute nel rifiuto.

Sotto l'aspetto tecnico l'*incenerimento* identifica un processo di smaltimento di rifiuti finalizzato alla distruzione della frazione organica, con conseguente riduzione in massa e volume.

La sua efficacia è misurata in termini di distruzione e rimozione delle sostanze inquinanti.

La *combustione* invece è un processo finalizzato alla massima produzione di energia termica e/o elettrica tramite l'impiego di combustibili fossili; la sua efficacia è misurata in termini di efficienza di combustione.

Il **recupero di energia** da rifiuti, in pratica, abbina gli obiettivi dell'incenerimento con quelli propri della combustione utilizzando combustibili non convenzionali costituiti da rifiuti o da frazioni da essi derivate.

Recuperando energia termica si "valorizza" il rifiuto, sostituendo potenziali vantaggi a dei rischi incerti, legati allo spreco di risorse ed alla dispersione nell'ambiente, quali quelli che caratterizzano lo smaltimento dei rifiuti in discarica.

## I COMBUSTIBILI

La valorizzazione energetica dei rifiuti può essere realizzata secondo diverse modalità sia di sistema che impiantistiche, che implicano delle scelte ben precise sia in fase di pianificazione che di realizzazione ed esercizio degli impianti di trattamento.

La scelta di base riguarda la tipologia del materiale sul quale effettuare il recupero energetico che può essere costituito da rifiuto tal quale così come prodotto oppure da un materiale da esso derivato tramite operazioni di trattamento più o meno complesse.

Tale distinzione è di carattere generale, anche se assume particolare rilevanza nel caso di rifiuti urbani (RU) in quanto presenta risvolti non solo di carattere tecnico-economico, ma anche di carattere ambientale e sociale.

A livello nazionale, attualmente, la normativa di riferimento (Norma CTI-UNI 9903) prevede due soli tipi di combustibili derivati differenziati sotto l'aspetto qualitativo, al contrario di quanto avviene in realtà estera; in particolare l'American Society for Testing and Material (ASTM) ne ha standardizzato ben 7 tipologie diverse, che spaziano dai rifiuti urbani così come raccolti fino ai combustibili liquidi e gassosi da essi derivabili tramite specifici trattamenti termici.

In particolare con rifiuto urbano "tal quale" si intende individuare la frazione di rifiuto così come deriva dalla raccolta e come derivazione a valle delle operazioni di raccolta differenziata (RD).

Esso, previa la separazione dei materiali ingombranti, può alimentare così come raccolto in un impianto di incenerimento soggetto ad autorizzazione all'esercizio da parte dell'autorità competente.

Con "frazione secca" o "secco" si identificherà, salvo diversa indicazione, la frazione combustibile derivante da vagliatura meccanica dei "RU" indifferenziati e che può alimentare anch'essa un impianto di recupero energetico soggetto ad autorizzazione all'esercizio da parte dell'autorità competente. In tale flusso sono riconducibili anche la frazione che deriva da sistemi di RD che prevedono la separazione "secco"/"umido", nonché gli eventuali scarti da trattamento post-raccolta finalizzato al riciclo.

Rispetto ai RU tal quali essa presenta un maggiore potere calorifico, ma soprattutto caratteristiche più costanti in termini di umidità e contenuto di inerti.

Con il termine **CDR** si identificherà il combustibile derivato da rifiuti, utilizzabile in regime semplificato in impianti (dedicati e non) rispondenti ai requisiti ed alle prescrizioni di cui al DM 5 febbraio 1998, che vengono sinteticamente riportate di seguito:

- POTERE CALORIFICO, kJ/kg .....min.15000(3600 kcal/kg ca.)
- UMIDITA', % in peso.....max.25
- CENERI, % in peso sul secco.....max.20
- CLORO, % in peso.....max.0,9
- ZOLFO, % in peso.....max.0,6

Contenuto di metalli:

-PIOMBO, mg/kg sul secco.....max.200  
-CROMO, mg/kg sul secco.....max.100  
-RAME(composti solubili), mg/kg sul secco..max.300  
-MANGANESE, mg/kg sul secco.....max.400  
-NICKEL, mg/kg sul secco.....max.40  
-ARSENICO, mg/kg sul secco.....max.9  
-CADMIO+MERCURIO, mg/kg sul secco...max.7

Tale materiale deriva da un processo di raffinazione della frazione secca, tramite successivi trattamenti di triturazione, essiccamiento, addensamento, nonché di eventuale miscelazione con rifiuti speciali ad elevato potere calorifico(plastiche,gomme,legno,etc.), mirati a migliorarne le caratteristiche di combustibilità, trasportabilità e di stoccabilità.

Esaminando brevemente i rifiuti di origine non urbana va precisato che il DLgs 22/97 li classifica in **rifiuti speciali (RS)e pericolosi(RP)** in funzione della loro origine e provenienza,in accordo all'evoluzione normativa già consolidata a livello comunitario.

In estrema sintesi, ai fini del recupero energetico, le tipologie di tali rifiuti sono caratterizzate da differente contenuto quali-quantitativo di inquinanti che influenza le caratteristiche progettuali ed operative degli impianti di incenerimento, ivi incluso il livello di recupero energetico conseguibile. Inoltre la tendenza che sta emergendo a livello comunitario, non ancora ufficialmente normata, porterà nel prossimo futuro a far decadere, sempre ai fini dell'incenerimento, la distinzione tra rifiuti urbani ed industriali, a favore di una più generale classificazione in impianti che trattano rifiuti non pericolosi(RU e RS) e quelli che invece sono finalizzati al trattamento di rifiuti pericolosi.

## GLI SCHEMI DI GESTIONE

La fattibilità tecnica del recupero energetico di rifiuti, soprattutto mediante combustione diretta, è stata ampiamente dimostrata nel nostro come in altri paesi, in genere più avanti di noi su questo terreno,fino ad avere verifiche a livello di ciclo e di sistema,oltre che sul piano prettamente tecnologico.

Se da un lato rimane viva l'esigenza di ottimizzazioni e di innovazione tecnologica(dalla componentistica ai sistemi di controllo e monitoraggio allo sviluppo di processi alternativi di recupero quali la pirolisi e la gassificazione), il dibattito, più o meno esplicito, tra gli addetti ai lavori, verte essenzialmente sulle questioni connesse agli scenari applicabili alla realtà italiana, sui quali quindi concentrare il consenso del mondo politico e dell'opinione pubblica.

Tale dibattito, peraltro accentratosi sui rifiuti di origine urbana, si è concretizzato inizialmente nella contrapposizione tra fautori e avversari della combustione, cui è seguita quella tra sostenitori della linea”tal quale”e sostenitori della linea che privilegia invece la produzione di combustibili derivati, identificabili con la “frazione secca”ed il CDR precedentemente menzionati.

Schematicamente quindi si può affermare che il recupero energetico da RU può essere effettuato attraverso:

- la combustione dei RU tal quali che residuano a valle della RD, previa rimozione degli ingombranti ed eventuale separazione dei metalli;
- la combustione della frazione secca ottenuta tramite trattamenti di selezione meccanica sui RU tal quali ovvero proveniente da raccolta separata;

- l'impiego di CDR come combustibile alternativo in sostituzione di combustibili fossili. Trattandosi di un materiale avente caratteristiche piuttosto omogenee e costanti e con ridotta o pressoché nulla putrescibilità, esso può trovare utilizzo in impianti dedicati ovvero in co-combustione con combustibili fossili in impianti industriali esistenti, tipicamente costituiti da centrali termoelettriche e cementifici.

## LE PRINCIPALI TECNOLOGIE

La scelta della tecnologia di recupero energetico va fatta principalmente in funzione della tipologia del rifiuto da trattare ed in particolare in base al suo contenuto energetico (potere calorifico) ed alle sue caratteristiche chimico-fisiche (densità, pezzatura, contenuto di umidità, di inerti e di frazione volatile).

Rimanendo in tema di combustione di rifiuti le principali tecnologie impiegabili sono:

- combustori a griglia;*
- combustori a letto fluido;*
- forni a tamburo rotante.*

**I combustori a griglia** sono impiegati prevalentemente nella combustione di rifiuti urbani tal quali o di frazione secca e possono essere a griglia fissa o griglia mobile.

La loro caratteristica consiste appunto in una griglia su cui viene formato un letto di rifiuti dello spessore di alcune decine di centimetri.



Figura 4 Griglia di un forno

L'aria necessaria per la combustione viene iniettata in parte sotto la griglia (in genere divisa in più comparti) e in parte al di sopra del letto, avendo quest'ultima lo scopo di fornire l'eccesso necessario al completamento della combustione.

I forni a griglia fissa presentano una potenzialità piuttosto ridotta, mediamente pari a qualche tonnellata/giorno.

E' infatti il forno a griglia mobile a rappresentare attualmente la soluzione più consolidata ed affidabile per la valorizzazione energetica dei RU.

Esso è composto da una camera, alla cui base si trova una suola di combustione costituita da una griglia, di norma inclinata e formata da una serie di gradini mobili. Il rifiuto viene immesso mediante

una tramoggia nella parte alta della griglia, dalla quale uno spintore lo sospinge verso i gradini inferiori. L'aria di combustione viene iniettata sia sotto la griglia (aria primaria) sia nella parte alta della camera di combustione (aria secondaria).

Questa apparecchiatura è stata concepita per la combustione di RU tal quali e pur adattabile alla combustione di frazioni combustibili derivate, presenta dei limiti a tale impiego, legati principalmente all'innalzamento del potere calorifico ed al ridotto contenuto di inerti che rendono problematico il funzionamento della griglia, a meno di non adottare accorgimenti tecnici piuttosto sofisticati.

**Il combustibile a letto fluido** è costituito da una camera di combustione all'interno della quale viene mantenuto un certo quantitativo di materiale inerte ("il letto"), di solito sabbia, tenuto in sospensione (fluido) da una corrente ascendente di aria (che funge anche da comburente), immessa attraverso una griglia di distribuzione posta sul fondo. Il movimento del letto di sabbia garantisce un buon contatto comburente-combustibile (rifiuto), oltre a una notevole uniformità di temperatura e di miscelazione, che contribuiscono a garantire una combustione costante e completa.

Questa tecnologia è disponibile nelle due varianti di letto fluido "bollente" e di letto fluido "circolante" in funzione della velocità di efflusso dell'aria che individua due modalità di funzionamento in cui, rispettivamente, il letto rimane in sospensione statica sotto le azioni contrastanti del peso e della spinta ascensionale ovvero viene trascinato con la corrente gassosa e ricircolato sul fondo dopo essere stato separato meccanicamente dai fumi di combustione.

Questa apparecchiatura, messa a punto inizialmente nell'industria petrolchimica, è stata adattata successivamente alla combustione di combustibili piuttosto omogenei e di pezzatura ridotta quali appunto il CDR. Non si presta tanto alla combustione di RU tal quali, che debbono come minimo subire un'operazione di tritazione, anche se esistono alcune varianti sviluppate per la combustione dei RU restanti a valle della RD.

Questa tecnologia si è inoltre largamente affermata in altri paesi per il trattamento di fanghi da depurazione di acque reflue, soprattutto per trattamenti combinati di essiccamiento "termico + incenerimento", nei quali il calore recuperato viene principalmente destinato alla fase di essiccamiento, evitando così l'impiego di combustibili fossili.

**Il forno a tamburo rotante** è costituito da una camera cilindrica leggermente inclinata che ruota lentamente attorno al proprio asse.

Esso è impiegato principalmente per lo smaltimento di rifiuti di origine industriale (solidi, liquidi, pastosi), anche pericolosi.

A fronte di una semplicità costruttiva e di un'elevata flessibilità per quanto riguarda la tipologia e le caratteristiche dell'alimentazione, esso presenta degli svantaggi legati essenzialmente al ridotto volume della camera di combustione (che deve essere integrata con una apposita camera di post-combustione separata per il completamento della combustione in fase gassosa) ed al fatto che la combustione avviene con modalità pressoché adiabatiche per cui, specie in presenza di rifiuti ad alto potere calorifico, il controllo della temperatura può essere realizzato solo aumentando l'eccesso di aria di combustione e, se necessario, iniettando acqua di raffreddamento.

Entrambi questi fattori rendono tale apparecchiatura non adatta a conseguire elevati livelli di recupero energetico dall'incenerimento di rifiuti.



**Figura 3 Forno a tamburo rotante.**

Le caratteristiche costruttive inoltre presentano un limite superiore in termini di capacità di trattamento piuttosto ridotta, che può solo in parte essere ovviata ricorrendo all'installazione di più unità in parallelo.

Questi fattori danno una chiara spiegazione del perché tale apparecchiatura abbia avuto scarsa diffusione per il trattamento dei RU; alcuni esempi presenti sul nostro territorio sono, infatti, riconducibili ad unità di capacità molto ridotta e di realizzazione piuttosto datata.

## TRATTAMENTO DI RIFIUTI SPECIALI E PERICOLOSI

Il trattamento dei rifiuti speciali e pericolosi avviene di norma in impianti di trattamento dedicati, il cui schema funzionale è concettualmente molto simile a quello relativo all'incenerimento dei RU. A causa dell'enorme variabilità delle caratteristiche dei rifiuti trattati, specie per impianti di incenerimento che operano in conto terzi, l'apparecchiatura di combustione è, nella maggior parte dei casi, del tipo a tamburo rotante, a cui segue inevitabilmente la camera di post-combustione, l'eventuale recupero energetico ed il trattamento dei fumi.

Il recupero energetico è di solito attuato in forma limitata, generalmente tramite preriscaldamento dell'aria di combustione, a causa soprattutto della corrosività e della variabilità delle caratteristiche dei fumi di combustione che non giustificano molto spesso l'installazione di una caldaia di recupero con produzione di energia elettrica, anche alla luce del fatto che tali impianti hanno una taglia piuttosto ridotta rispetto agli inceneritori di RU.

Non esistono invece grosse differenze per quanto riguarda la configurazione dei sistemi di trattamento dei fumi in genere costituiti da più stadi di trattamento a "secco" ed a "umido", completati, a volte con ulteriori stadi di finissaggio, in modo da poter "ammortizzare", con ampi margini, la variabilità quali-quantitativa del carico inquinante presente nei fumi grezzi.

## LE OPZIONI IMPIANTISTICHE PER GLI IMPIANTI DEDICATI

### GENERALITA'

Il recupero energetico da rifiuti può essere effettuato su una vasta gamma di materiali di origine sia urbana che industriale, che spaziano dal rifiuto così come prodotto sino a dei combustibili derivati, ricavati tramite successive fasi di trattamento e raffinazione. E' ovvio che le diversità qualitative dei vari flussi disponibili si rispecchiano in differenti opzioni impiantistiche di trattamento che a loro volta si contraddistinguono per tecnologia adottata, taglia di impianto, livello di recupero energetico conseguibile.

Volendo schematizzare al massimo è possibile aggregare i rifiuti trattabili termicamente in una serie limitata di categorie che possono essere destinate alle diverse tipologie di impianto, così come sinteticamente riportato nella tabella seguente.

Rifiuto <sup>(1)</sup>	I mpianti dedicati			I mpianti non dedicati
	Inceneritori polifunzionali	Inceneritori di rifiuti industriali	Combustori specializzati	
Rifiuti urbani tal quali	X			
Frazione secca	X		X	
CDR			X	X
Scarti da trattamento RU <sup>(2)</sup>	X		X	
Rifiuti sanitari	X	X		
Fanghi dep. Acque civili	X	X	X	
Fanghi di origine industriale		X	X	
Rifiuti speciali	X	X	X	X
Rifiuti pericolosi		X	X	X
Esercizio soggetto a:	Autorizzazione		Comunicazione/ Autorizzazione	

(1) La diversa destinazione è funzione delle caratteristiche del rifiuto

(2) Scarti da trattamenti di materiali a valle della RD, da produzione di compost, ecc.; in alternativa possono essere destinati alla produzione di CDR in quanto trattasi a tutti gli effetti di rifiuti speciali

Per quanto riguarda gli inceneritori di rifiuti industriali, essi possono essere visti come una sottocategoria degli impianti polifunzionali, in un certo senso specializzati su rifiuti speciali e pericolosi, nei quali l'aspetto ambientale connesso con la termodistruzione degli inquinanti rimane prevalente rispetto alla tematica del recupero energetico.

La co-combustione in centrali termoelettriche ed impianti industriali esula invece dagli obiettivi del presente lavoro.

## GLI IMPIANTI POLIFUNZIONALI PER I RU ED RS

Questa opzione rappresenta la naturale evoluzione degli inceneritori di RU tal quali, che pur nella loro limitata diffusione, costituiscono praticamente l'unica forma di recupero energetico attualmente realizzata in Italia. Tale forma di trattamento, molto utilizzata in realtà estere, è stata fortemente penalizzata in Italia a causa sia della incontrollata proliferazione di impianti di incenerimento d'Italia medio piccola, sia in seguito alle note polemiche sulle emissioni da inceneritori, innestate a seguito dell'incidente di Severo.

E' indubbio che tale soluzione riacquista un certo interesse alla luce di quelli che sono stati gli sviluppi normativi e tecnologici nel campo dell'incenerimento soprattutto per quello che riguarda i limiti alle emissioni fissati e conseguibili tecnicamente con costi accettabili.

Essa presenta una serie di vantaggi tra i quali:

- la maggiore semplicità impiantistica e gestionale (ed i minori consumi e costi) conseguenti alla assenza, in pratica, della fase di protrattamento del rifiuto;
- la massimizzazione del recupero energetico, al netto degli autoconsumi, per unità di RU trattato e smaltito;
- la minimizzazione delle quantità di materiali da smaltire in discarica.

Tra gli svantaggi principali occorre citare:

- gli elevati costi specifici di investimento;
- la necessità di realizzare impianti di taglia piuttosto significativa onde raggiungere l'economicità di scala;
- la maggiore difficoltà a realizzare nuovi impianti, a causa soprattutto di una accentuata ostilità da parte dell'opinione pubblica.

Attualmente i dibattiti in corso, a livello nazionale riguardo l'emanazione dei decreti applicativi sul recupero di materia ed energia da rifiuti e, a livello comunitario, per la predisposizione alla direttiva relativa agli impianti di incenerimento di rifiuti non pericolosi sono sempre più orientati verso l'uniformazione dei limiti alle emissioni con quelli già previsti dalla Direttiva 94/67/CE per l'incenerimento dei rifiuti pericolosi.

Questo fatto, assieme alla considerazione che l'economicità del costo di trattamento scaturisce dalla realizzazione di impianti di taglia medio-grande potrebbe far presupporre la realizzazione di impianti polifunzionali da destinare al trattamento simultaneo di RU e di rifiuti speciali di varia provenienza.

Se si escludono i grossi centri urbani la situazione urbana è caratterizzata, infatti, da molte realtà, a livello provinciale o anche intercomunale, nelle quali è presente la produzione di rifiuti speciali derivanti da attività artigianali, commerciali e industriali che, già adesso finiscono nel circuito dei RU.

A questo va aggiunto che sia l'auspicabile sviluppo su larga scala della raccolta differenziata di alcuni materiali previsto dal D.L.gs 22/97, sia l'installazione di impianti di selezione e recupero post raccolta verranno a creare nuovi flussi di materiali che a seguito delle operazioni di trattamento

o per motivi contingenti di mercato daranno luogo a flussi di rifiuti speciali. Si pensi, a titolo esemplificativo, allo scarto derivante dalla raccolta differenziata della plastica che, pur potendo finire in discarica, risulta meglio valorizzato attraverso il recupero energetico.

## GLI IMPIANTI SPECIALIZZATI PER I COMBUSTIBILI DERIVATI

Tale opzione origina essenzialmente da una presa di posizione, fatta propria dalle associazioni ambientaliste che rifiuta l'approccio della combustione del rifiuto “tal quale”, preferendogli da flussi da esso derivati, meglio caratterizzabili dal punto di vista merceologico e chimicofisico.

Da questa scelta sono derivati gli impianti che trattano solo la frazione più combustibile dei rifiuti, nelle due soluzioni impiantistiche che prevedono rispettivamente:

- l'installazione di un combustore di taglia piuttosto ridotta presso l'impianto di selezione
- la realizzazione di un impianto di combustione centralizzato, nel quale confluiscono il secco o il CDR prodotti in più impianti di selezione e di eventuale raffinazione.

Tra i vantaggi degli impianti specializzati si citano:

- un minore impatto sull'ambiente, a livello locale, in termini di emissioni all'atmosfera;
- la possibilità di limitare gli investimenti necessari per la realizzazione di impianti di recupero energetico
- una migliore accettabilità da parte dell'opinione pubblica.

Per contro gli aspetti negativi sono riconducibili a:

- minore recupero energetico per quantità unitaria di RU trattato;
- necessità di pretrattamenti da effettuarsi in loco o presso impianti esterni;
- maggiore quantità di scarti da smaltire in discarica.

Come già accennato, all'interno di tale tipologia di impianti è poi possibile fare un'ulteriore distinzione fra impianti che trattano un combustibile derivato piuttosto grezzo, ottenuto tramite la rimozione degli ingombranti ed operazioni di vagliatura e separazione dei metalli, ovvero che trattano un materiale derivato dalla frazione secca tramite e successive operazioni di raffinazione (CDR), finalizzate ad eliminare ulteriormente frazioni non utili ai fini della combustione sino ad ottenere un materiale che possa essere adeguatamente trasportabile e stoccatore dal punto di vista tecnico, economico ed ambientale.

## GLI ASPETTI AMBIENTALI



### LE EMISSIONI

L'impatto principale derivante dalla combustione di rifiuti è costituito principalmente dall'emissione di sostanze inquinanti nell'atmosfera, suddivisibili in macro e microinquinanti.

Con "macroinquinanti" si individuano le sostanze presenti nei fumi in concentrazioni dell'ordine dei  $\text{mg}/\text{Nm}^3$ , quali le polveri, gli ossidi di zolfo (principalmente anidride solforosa,  $\text{SO}_2$ ) e di azoto ( $\text{NO}_x$ ), il monossido di carbonio (CO) e gli acidi alogenidrici (essenzialmente acido cloridrico,  $\text{HCl}$  e acido fluoridrico,  $\text{HF}$ ).

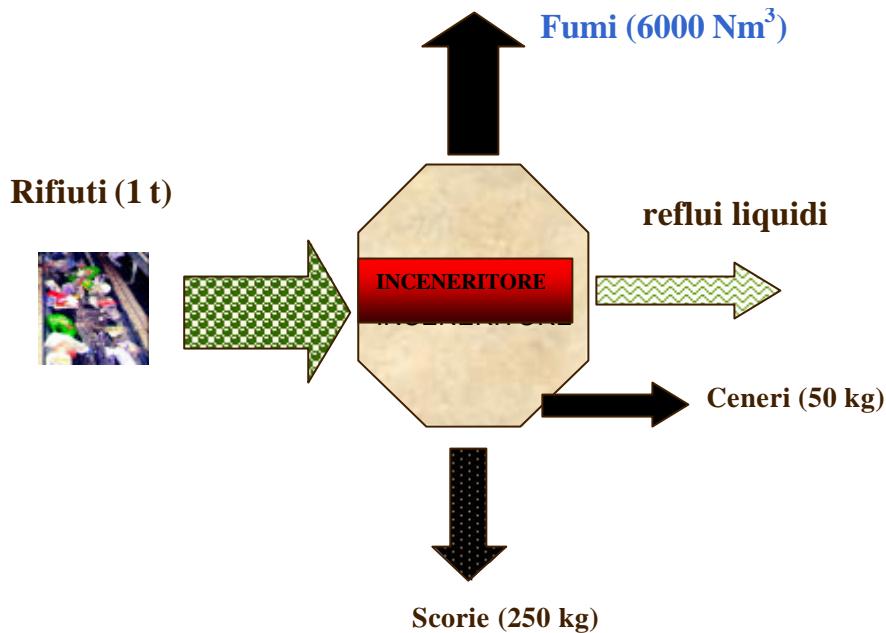
Con "microinquinanti" si individuano, invece, quelle sostanze presenti nelle emissioni in concentrazioni dell'ordine dei  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  che

includono sia specie inorganiche come i metalli pesanti (cadmio, cromo, mercurio, piombo, nichel, etc.) che organiche come le policloro-dibenzodiossine (PCDD), i policloro-dibenzofurani (PCDF), gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) ed composti organici volatili (COV). I valori limite per le emissioni dei composti microinquinanti si collocano nell'ordine dei  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , o addirittura dei  $\text{ng}/\text{Nm}^3$  per alcuni composti di particolare pericolosità per la salute dell'uomo.

Occorre rilevare tuttavia che il contributo di origine antropogenica degli inquinanti menzionati in atmosfera deriva da una serie di fonti, ciascuna delle quali si caratterizza per particolari specificità, che concorrono sinergicamente ad influenzare negativamente la "qualità dell'aria".

Oltre alle emissioni di inquinanti, la combustione di rifiuti ha un'influenza rilevante anche nelle emissioni di gas serra. In particolare, essa da luogo a degli effetti benefici sia diretti (come emissioni evitate di anidride carbonica da combustibili fossili), sia indiretti, principalmente come mancate emissioni di metano da discarica controllata.

## I Fattori Di Emissione



**Figura 5** Bilancio input output semplificato di un inceneritore.

Per fattore di emissione si intende normalmente la portata massica specifica di inquinante emesso per unità di prodotto trattato o prodotto(g/t)ovvero,nel caso di produzione di energia,per unità di energia prodotta,termica o elettrica(g/GJ o g/kWh).

Per la combustione di rifiuti,in termini di impatto sull'ambiente riveste particolare importanza,a livello locale,la portata massica dell'inquinante emesso(g/h)che essendo ricavabile dall'espressione:

$$\text{Portata inquinante [g/h]} = \text{Portata combustibile [t/h]} \times \text{Fattore di emissione [g/t]}$$

riconduce a prendere in considerazione i due parametri costituiti dalla potenzialità dell'impianto e dal fattore ponderale di emissione dell'inquinante in considerazione.

Ragionando invece in termini di confronto con altri impianti di produzione di energia ovvero di bilancio di emissioni a livello globale,rivestono particolare interesse i fattori di emissione per unità di energia(elettrica e/o termica) netta prodotta.

Come è noto le normative a livello internazionale e internazionale,in tema di emissioni da incenerimento fissano come valori limite delle concentrazioni (mg/Nm<sup>3</sup> ng/Nm<sup>3</sup>), riferite ad un contenuto di ossigeno di riferimento nei fumi secchi,di solito pari all'11% in volume.

A questo punto occorre considerare che la portata di fumi emessi per unità di combustibile(Nm<sup>3</sup>/kg) è direttamente proporzionale in prima approssimazione,al suo potere calorifico e che la situazione attuale (e gli sviluppi futuri) della normativa “emissioni in atmosfera” e delle tecniche di depurazione dei fumi faranno sempre più in modo che i livelli di concentrazione riscontrabili al cammino risultino comparabili,indipendentemente dal tipo di rifiuto in alimentazione e dal suo carico inquinante.

D’altro canto i livelli di inquinanti in uscita,come del resto il rendimento di recupero energetico,sono più riconducibili alle caratteristiche progettuali ed operative che al contenuto di inquinanti presenti nel rifiuto.

Su queste basi si può quindi affermare che passando dalla combustione del RU tal quale a forme via via più sofisticate di CDR è si vero che si diminuiscono le emissioni in massa di inquinanti in atmosfera,ma solo perché diminuiscono i quantitativi di materiale destinato alla combustione.

A livello di fattori di emissione,invece,quelli massici(g/t)aumentano all'aumentare del potere calorifico del materiale trattato ,mentre restano sostanzialmente invariati quelli per unità di energia prodotta(g/kWh o g/GJ), stante il livello praticamente equivalente di recupero energetico conseguibile nelle varie alternative.

A titolo informativo nella tabella si riportano i fattori di emissione per la combustione di RU e CDR, stimati sulla base di alcuni dati medi di emissioni da inceneritori.

Inquinante	Situazione attuale		Situazione futura		
	mg/Nm <sup>3</sup>	RU (g/t)	mg/Nm <sup>3</sup>	RU (g/t)	CDR (g/t)
<b>Polveri</b>	9,2	46	5	25	47
<b>TOC</b>	5,4	27	5	25	47
<b>HCl</b>	14,9	74,5	10	50	93
<b>HF</b>	0,96	4,8	0,96	4,8	9,3
<b>SO<sub>2</sub></b>	78	390	50	250	470
<b>Nox</b>	230	1150	200	1000	1850
<b>CO</b>	14	70	14	70	131
<b>IPA</b>	0,01	0,05	0,01	0,05	0,09
<b>Metalli</b>	1,28	6,4	0,5	2,5	4,7
<b>PCDD/DF</b>	23	115	0,1	0,5	0,9

Tabella 1 Concentrazioni e fattori di emissione per la combustione di RU e CDR (studio ENEA).

## IL CONTROLLO DELLE EMISSIONI NEGLI IMPIANTI DI VALORIZZAZIONE ENERGETICA

E’ con l’inizio degli anni ottanta che si afferma l’esigenza di rimuovere, per via chimica, soprattutto i macroinquinanti presenti nei fumi degli inceneritori assieme a un più efficace abbattimento delle polveri.

Contemporaneamente sono state attuate misure di contenimento preventivo delle emissioni, attraverso i miglioramenti sia delle caratteristiche costruttive dei forni sia del processo stesso (temperature di combustione più alte, maggiori tempi di permanenza, mantenimento di regimi di

alta turbolenza, adeguati eccessi di aria in grado di garantire la presenza del quantitativo di ossigeno necessario all'ossidazione completa dei prodotti di combustione, ecc.).

Lo sviluppo, poi, di sempre più sofisticati metodi di campionamento ed analisi degli inquinanti nei fumi ha condotto alla scoperta della presenza di significative concentrazioni nei fumi di metalli tossici, come il mercurio, il cadmio, e di microinquinanti organoclorurati, quali le diossine e di furani. Ne è conseguita l'emanazione di norme più severe, volte al contenimento delle emissioni, a partire dall'articolo 4 del DPR 914/82 fino all'emanazione di norme per l'attuazione delle direttive 89/369/CEE e 89/429/CEE concernenti la prevenzione dell'inquinamento atmosferico derivabile da impianti di incenerimento di rifiuti urbani.

Parallelamente lo sviluppo tecnologico attuato dalle aziende del settore negli ultimi anni ha condotto allo sviluppo di un mercato di sistemi di depurazione dei fumi piuttosto complessi che, nel caso di molti inquinanti, consentono di raggiungere valori di concentrazione delle emissioni al limite della misurabilità.

I processi più utilizzati per la depurazione dei fumi possono essere classificati in:

- **A SECCO**
- **A SEMI SECCO**
- **A UMIDO**
- **MISTI**

I **sistemi a secco** si basano sull'assorbimento dei gas acidi tramite un reagente iniettato nella corrente dei fumi, costituito da calce idrata in polvere o da bicarbonato di sodio.

I fumi in uscita dal generatore di vapore vengono da prima private delle polveri grossolane e quindi eventualmente raffreddati (in genere con acqua) fino a raggiungere le condizioni ottimali di temperatura ed umidità, che sono funzione del tipo di reagente impiegato.

I **sistemi a semi secco** sono schematicamente costituiti da un reattore di assorbimento seguito da un filtro a maniche. L'iniezione del reagente avviene sottoforma di soluzione acquosa opportunamente nebulizzata al fine di favorirne la dispersione nella corrente gassosa; l'evaporazione dell'acqua ha inoltre la funzione di consentire una regolazione più fine della temperatura dei fumi.

L'efficienza di questi sistemi è funzione di molti parametri, tra i quali si possono citare la

temperatura (temperature più basse favoriscono la rimozione degli inquinanti), il contenuto di umidità nei fumi, l'eccesso ed il grado di atomizzazione del reagente (in genere latte di calce).

I **sistemi a umido** sono di norma costituiti da una fase di rimozione non molto spinta delle polveri e da un lavatore a doppio stadio dove i fumi vengono in contatto con una soluzione di lavaggio che li raffredda, in pratica, sino alla temperatura di saturazione.

Essi consentono di raggiungere rendimenti particolarmente elevati nella rimozione degli inquinanti gassosi accoppiati ad un consumo di reagenti relativamente basso e ad una ridotta

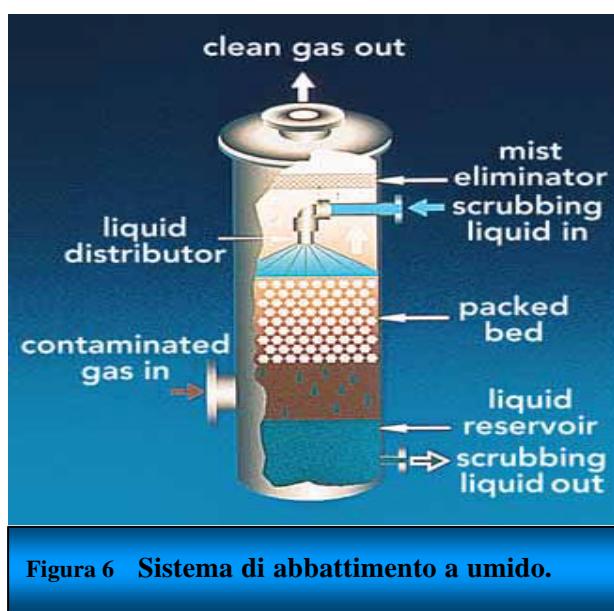


Figura 6 Sistema di abbattimento a umido.

produzione di residui. Per contro danno luogo a residui liquidi da trattare e riducono, seppur lievemente, i livelli di recupero energetico conseguibile.

**I sistemi misti** sono del tipo multistadio e si basano su una combinazione di quelli a semisecco con quelli a umido.

Tale configurazione consente di raggiungere elevate efficienze di depurazione e di consentire la marcia dell'impianto anche nel caso di anomalia di uno degli stadi che compongono la linea di depurazione dei fumi.

Un aspetto senza dubbio interessante riguarda la possibilità di eliminare gli scarti liquidi tramite la loro ricircolazione alla sezione di preparazione del latte di calce.

Possono inoltre essere presenti sistemi specifici di abbattimento degli ossidi di azoto e dei microinquinanti (metalli e diossine).

Le concentrazioni di ossidi di azoto attualmente rilevate in uscita da impianti di combustione di rifiuti sono mediamente comprese fra 300 e 400 mg/Nm<sup>3</sup>.

Il conseguimento del limite normativo di 200 mg/ Nm<sup>3</sup> per gli NOx può dunque essere raggiunto solo con l'adozione di misure secondarie. I due processi normalmente impiegati sono del tipo a rimozione catalitica selettiva (SCR) e non catalitica (NSCR).

Il sistema **SCR** consiste in un apposito reattore posto nella linea di depurazione dei fumi nel quale viene iniettata ammoniaca nebulizzata che reagisce su un rapporto catalitico, con gli NOx dando luogo alla formazione di azoto e di acqua.

Tali sistemi consentono di raggiungere abbattimenti molto elevati (70/90 %). La loro installazione appare giustificata solo quando sia veramente necessario il conseguimento di livelli concentrazioni di NOx molto bassi, in quanto caratterizzato da costi di investimento e esercizio molto elevati.

Tali sistemi si sono inoltre dimostrati efficaci anche nella rimozione dei composti organoclorurati (Diossine).

Il sistema **NSCR** consiste invece in un iniezione di una soluzione acquosa di reagente (urea o ammoniaca) all'interno del generatore di vapore in campo di temperature comprese, tra 850 e 1050°C.

Esso è caratterizzato da una minore complessità impiantistica e gestionale rispetto al sistema SCR con costi oltretutto accettabili. I livelli di abbattimento riscontrati variano fra il 50 e il 70%, con eccessi di reagente variabili fra il 20 e il 80%.

Riguardo ai microinquinanti inorganici (metalli pesanti) occorre ricordare che essi sono presenti sia in fase solida che vapore; la maggior parte condensano durante il trattamento dei fumi concentrandosi nelle polveri. La loro rimozione dipende quindi dall'efficienza del depolveratore, soprattutto nei confronti delle particelle submicroniche.

Gli attuali sistemi di depurazione consentono di raggiungere efficienze di rimozione dei metalli del 96-99%, fatta eccezione per il mercurio che, a causa della sua elevata volatilità, è presente nei fumi prevalentemente in fase vapore. Il crescente interesse dimostrato verso il controllo di tale inquinante anche a seguito delle eventuali preoccupazioni sui potenziali effetti negativi sulla salute, ha portato a fissare il limite, a livello europeo, a 0,05 mg/Nm<sup>3</sup>, fatto proprio, a livello nazionale, dal D.M.503/97. Conseguentemente si rende necessaria l'adozione di sistemi di trattamento ad umido ovvero ricorrere all'iniezione di carbone attivo nei sistemi a secco e semi secco. Alcune esperienze europee, fatte sugli impieghi di tali accorgimenti, hanno dimostrato che è possibile raggiungere efficienze di abbattimento del mercurio fino al 97%.

Per quanto riguarda le **diossine** è ormai stato dimostrato che il solo controllo dei parametri della combustione e post combustione (tempo, temperatura, turbolenza) non è condizione sufficiente a garantire i livelli d'emissione fissati dai recenti sviluppi normativi a livello comunitario e nazionale. Per il conseguimento di certi livelli di concentrazione occorre dunque procedere attraverso un meccanismo di chemi-adsorbimento, in pratica un passaggio dalla fase vapore a quella condensata adsorbita su superfici solide. Tale passaggio è favorito dall'abbassamento della temperatura e dall'impiego di materiali con spiccate caratteristiche adsorbenti quali i carboni attivi.

Si può dunque concludere che, in accordo con una ormai vasta letteratura, le emissioni di microinquinanti organici sono ampiamente controllabili attraverso il mantenimento di adeguate condizioni di combustione e l'adozione di appropriate tecniche di trattamento dei fumi. La formazione di diossine può derivare da qualsiasi processo termico che tratti materiale organico ed avvenga in presenza di cloro, anche in tracce.



**Figura 7** Sistema di abbattimento delle emissioni

### La Valenza Ambientale Del Recupero Energetico

In generale, indipendentemente dal processo o dalla tecnologia adottati per la fase di trattamento termico, tanto maggiore è il recupero energetico (sottoforma di energia elettrica e/o termica) conseguito, tanto maggiori sono le emissioni evitate (sia in termini di inquinanti che di gas serra) dalla produzione con combustibili convenzionali e per tanto è più favorevole l'impatto globale netto sull'ambiente. Inoltre dall'impiego del calore che attualmente viene perso per condensazione del vapore espanso in turbina, che può essere convenientemente destinato ad usi civili o produttivi, può derivare un miglioramento delle emissioni degli inquinanti tipici anche a livello locale. Esistono ampi margini per incrementare il recupero energetico senza interferire negativamente sul processo che, qualunque esso sia, rimane quello di smaltire, in maniera ambientalmente compatibile, flussi di materiali altrimenti inutilizzabili.

L'attuale tendenza, specie nei grandi impianti, è quella di spingere il rendimento globale di trasformazione a valori anche superiori al 30%, al fine di massimizzare la produzione di energia elettrica, rendendo sempre più simili gli inceneritori a delle vere e proprie centrali termoelettriche.

Senza entrare in una dissertazione di dettaglio, già sviluppata in altri contesti, si vuole richiamare l'attenzione sul fatto che il conseguimento di elevati valori di rendimento nel recupero di energia presuppone una rivisitazione della configurazione impiantistica degli impianti di combustione di rifiuti.

Negli impianti di nuova generazione la caldaia non è più uno scambiatore di calore posto a valle, ma viene a coincidere con la camera di combustione (a griglia, a letto fluido) raffreddata dai tubi del generatore di vapore. In tal modo è possibile conseguire rendimenti superiori mantenendo, al tempo stesso, le condizioni operative (Temperatura, Tempo di permanenza, Turbolenza) necessarie per la distruzione dei composti tossici eventualmente derivabili dalla termodistruzione dei rifiuti.

L'incremento dei livelli di recupero energetico è, dunque, una via da percorrere in quanto finalizzata allo sviluppo di un sistema integrato di smaltimento dei rifiuti più compatibile dal punto

di vista ambientale, di quello attuale. Di tale esigenza si è reso conto anche il legislatore nel prescrivere dei livelli minimi di recupero energetico, al conseguimento dei quali sono vincolati sia il rilascio dell'autorizzazione all'esercizio di impianti di incenerimento sia alla possibilità dell'esercizio di impianti di incenerimento sia la possibilità dell'esercizio di attività di recupero di energia da rifiuti in regime semplificato.

D'altro canto i livelli di recupero energetico conseguibili sono funzione di molti parametri (tipologia del rifiuto trattato, caratteristiche e potenzialità dell'impianto, parametri operativi del ciclo termico, sistema di depurazione dei fumi, etc.) tra loro interconnessi e con effetti spesso contrastanti sulla compatibilità ambientale della valorizzazione energetica dei rifiuti.

Contrariamente a quanto si possa credere il rendimento globale di trasformazione di energia è influenzato solo in maniera ridotta dalle caratteristiche dell'alimentazione. Anche la tipologia di apparecchiatura di combustione non ha un' influenza particolare determinante. Ad esempio, a parità di altre condizioni, il combustore a letto fluido potrebbe potenzialmente garantire recuperi di energia termica superiori; tale vantaggio viene, in pratica, annullato dal fatto che la vigente normativa prescrive un contenuto minimo di ossigeno nei fumi uscenti del 6% in volume e che, nel caso di RU è richiesto comunque un pre trattamento di riduzione della pezzatura, operazione assai energivora. Si può senza alcun dubbio affermare che il fattore predominante sui livelli di recupero energetico conseguibili è costituito dalla taglia dell'impianto. Trattando materiali aventi caratteristiche e contenuto energetico differenti il concetto di taglia va riferito alla potenzialità termica dell'impianto, espressa di norma in MW, definita come:

#### **Potenzialità termica = Portata oraria X P.C.I. (del rifiuto o del cdr)**

Impianti di grossa taglia consentono l'adozione di soluzioni progettuali e di condizioni operative tecnicamente più avanzate (caratteristiche del vapore in ingresso ed in uscita dalla turbina, recupero energetico spinto sui fumi in uscita del generatore di vapore, minori eccessi d'aria, maggiore integrazione tra le sezioni di combustione e di trattamento dei fumi, etc.) a costi accettabili, consentendo sensibili incrementi nei rendimenti di conversione dell'energia, pur mantenendo adeguate garanzie dal punto di vista ambientale.

Come può rilevarsi il recupero energetico da RU richiede l'installazione di impianti di taglia notevolmente superiore; per contro, a parità di rifiuti trattati, il recupero di energia diminuisce notevolmente passando dalla combustione dei RU a quella del CDR. Analizzando l'energia ricavabile per unità di rifiuto trattato, il recupero specifico dell'impianto che tratta CDR può risultare inferiore anche a quello dell'impianto di incenerimento di RU di piccola taglia, anche trascurando il computo dell'energia spesa per la sua produzione.

Tuttavia l'adozione di soluzioni estreme tese a massimizzare il recupero energetico sono apertamente in contrasto con le esigenze di assicurare un'alta affidabilità dell'impianto ovvero una maggiore elasticità di funzionamento della sezione di depurazione dei fumi, in grado di assorbire la variabilità delle caratteristiche del "combustibile" rifiuto.

Occorre infine menzionare il fatto che, qualunque sia il processo di valorizzazione energetica adottato, i livelli di recupero possono essere incrementati in maniera significativa attraverso l'adozione di soluzioni impiantistiche innovative quali l'adozione di schemi combinati nei quali la produzione di energia elettrica è ottenuta tramite l'impiego simultaneo di turbina a gas e turbina a vapore, per i quali può essere anche prevista la soluzione che prevede l'alimentazione ibrida rifiuti/gas naturale. Per questa via si possono potenzialmente conseguire rendimenti globali di conversione di energia elettrica del 35% ed oltre.

## LA DISCARICA

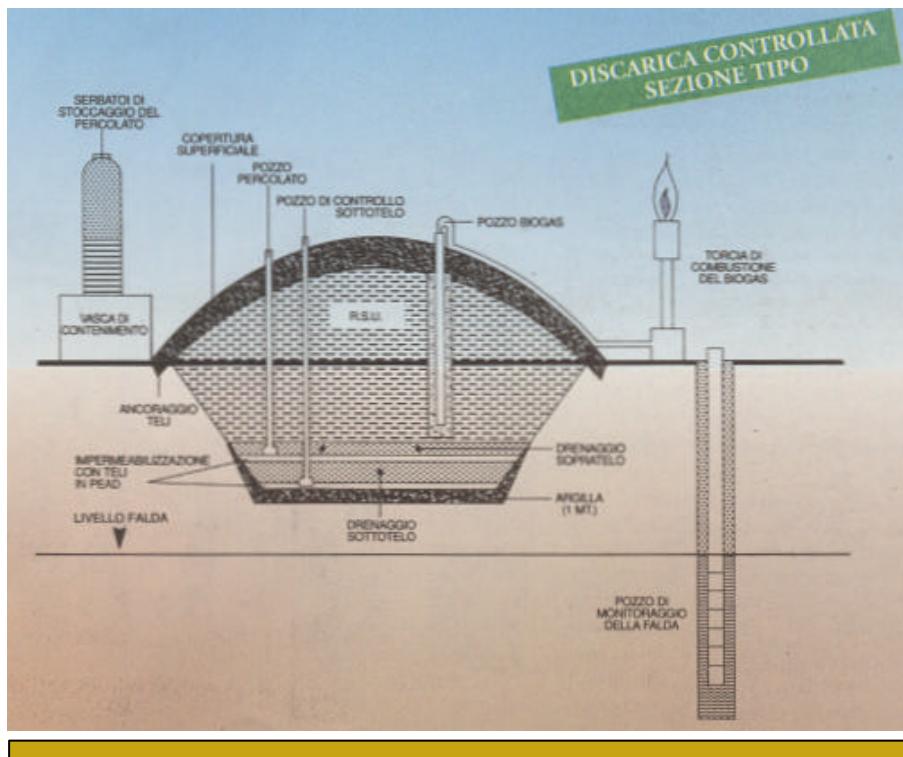


Figura 8 Sezione discarica controllata

### L A DISCARICA CONTROLLATA

Una discarica può essere definita come un luogo in cui vengono scaricati rifiuti solidi urbani o industriali, avendo cura di non creare squilibri nell'ambiente circostante.

Le discariche saranno sempre l'anello finale della catena dei rifiuti, indispensabili per smaltire tutto quello che definitivamente è un rifiuto perché non può essere più utilizzato né riciclato.

Esistono tre tipologie diverse di discariche, a seconda dei materiali che sono destinati a contenere:

#### ? discarica di prima categoria

impianti per smaltire RSU, rifiuti solidi speciali assimilabili agli urbani e fanghi non tossici/nocivi derivanti da impianti di depurazione.

#### ? discarica di seconda categoria

di *tipo A*: discariche per smaltire rifiuti inerti

di *tipo B*: impianti di stoccaggio definitivo nei quali possono essere smaltiti rifiuti speciali;

di *tipo C*: impianti per smaltire rifiuti tossico-nocivi fino ad una determinata concentrazione di alcune classi di sostanze;

#### ? discarica di terza categoria

sono le discariche da rifiuti pericolosi provenienti dal RUP e dagli scarti di lavorazione di alcuni tipi di aziende.

La discarica produce due tipi di rifiuti che devono essere trattati : il percolato e il biogas.

<b>VANTAGGI</b>	1_FLESSIBILITÀ'.In una discarica è possibile gestire le variazioni nella qualità dei rifiuti prodotti dovuti, per esempio, alla stagionalità, all'emergenza rifiuti, ecc.;
	2_LA RIDUZIONE DEI RISCHI DI INQUINAMENTO.La discarica controllata assicura una riduzione dei rischi di inquinamento;
	3_UNA SOLUZIONE AI PROBLEMI DI SMALTIMENTO.In una società come la nostra che non riesce a ricilare una alta percentuale dei suoi rifiuti, la discarica rimane un importante strumento di smaltimento finale;
	4_UNA RISORSA.Attraverso impianti appropriati si ha la possibilità di produrre energia elettrica dal biogas generati dalla discarica;
	5_BASSI COSTI DI SMALTIMENTO
	6_RECUPERO AMBIENTALE di vecchie cave

<b>SVANTAGGI</b>	1_LA PERDITA DI SPAZIO e ambiente per l'uomo
	2_LA PERDITA, ALL'INTERNO DELLE DISCARICHE,di importanti materie prime (carta, vetro, plastica, ferro e quant'altro)
	3_EMISSIONI INEVITABILI di gas e di odori molesti

### **Il Percolato E Il Biogas**

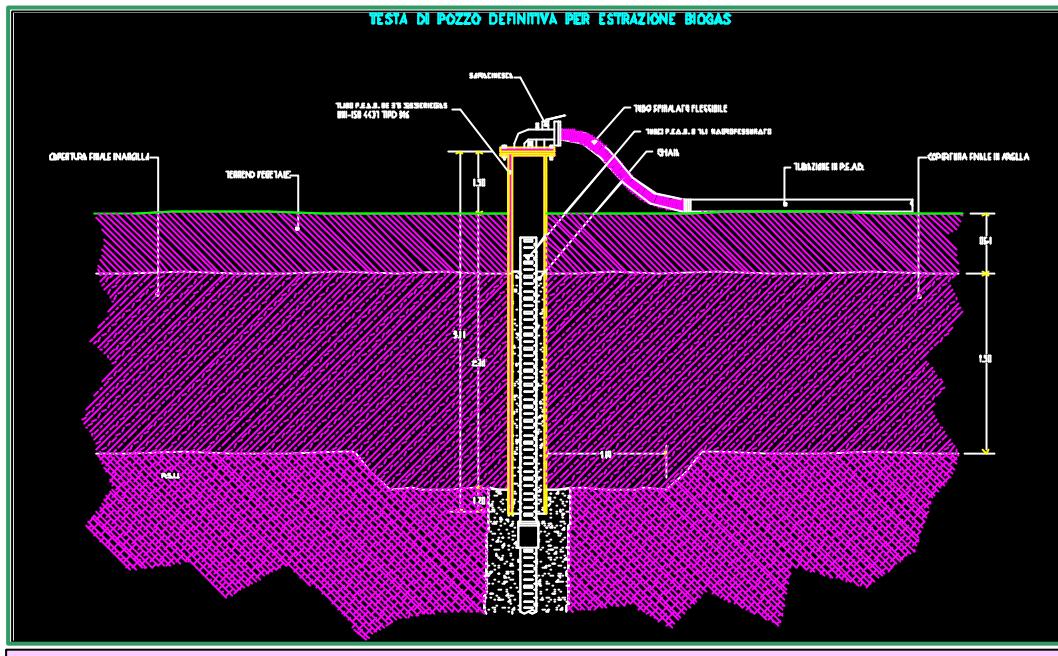
La produzione di percolato in discarica, risultato dei fenomeni di infiltrazione e lisciviazione che avvengono all'interno dell'ammasso di rifiuti stoccati, rappresenta da sempre una delle maggiori problematiche di impatto degli impianti di interramento controllato dei rifiuti sull'ambiente. Il percolato prodotto si deposita sul fondo delle vasche di stoccaggio per gravità dopodiché viene drenato in apposite tubazioni e pompato in cisterne di stoccaggio provvisorio, prima di essere inviato allo stadio di trattamento.

La produzione di biogas in discarica, risultato dei fenomeni degradativi e metanogeni di attività biologica del rifiuto organico, rappresenta anch'esso un fattore principe per la gestione corretta di una discarica. E' costituito per una metà circa da metano, poi da biossido di carbonio, ossigeno, ammoniaca, vapore acqueo, sostanze organiche volatili. Il metano è considerato un "gas serra" con un fattore di 24 volte superiore rispetto a quello della CO<sub>2</sub>.

La conoscenza dei principi che regolano i processi di formazione del percolato e del biogas nonché lo studio revisionale delle loro variazioni quantitative e qualitative è di fondamentale importanza non solo per prevedere e controllare gli impatti sul sottosuolo a medio e lungo termine, ma anche per procedere alla scelta impiantistica ottimale per i trattamenti on site e per il loro corretto dimensionamento.

E' necessario, per la costruzione di una discarica, scegliere come localizzazione aree [vecchie cave o simili]che abbiano una impermeabilizzazione naturale o che possono essere impermeabilizzate artificialmente, per evitare l percolamento di liquidi inquinanti nel sottosuolo. Lo scarico deve essere eseguito in modo opportuno per poter ricoprire i rifiuti e rendere di nuovo agibile il terreno quando ne sia terminato lo sfruttamento.

I nuovi metodi di costruzione, i nuovi materiali isolanti per il fondo e i moderni sistemi di accumulo garantiscono impermeabilità della discarica per un tempo superiore alla inertizzazione del rifiuto conferito.



## PROGETTAZIONE DEL SITO

### Progettazione E Preparazione Del Lotto

#### SCELTA DELL'AREA

La posizione della discarica rispetto al bacino di raccolta dei rifiuti deve consentire di ridurre il più possibile le spese di trasporto. A tal fine occorre considerare non solo la distanza dal baricentro teorico dei rifiuti, ma anche la distribuzione e la scorrevolezza delle vie di traffico esistenti, le limitazioni di carico per le sedi stradali e manufatti, i limiti di velocità, ecc. Tuttavia è opportuno rispettare una distanza minima dall'abitato e considerare oltre alle prescrizioni regolamentari, anche le condizioni locali, in particolare quelle climatiche (temperatura media, piovosità).

#### RAPPORTI IDROGEOLOGICI

Una discarica può avere rapporti con le acque meteoriche (che cadono sulla sua superficie), con le acque superficiali, con le falde sotterranee. La problematica con le acque superficiali comporta la verifica delle condizioni, naturali o artificiali, di isolamento idraulico della discarica, per evitare contatti, o peggio, sommersioni e travolgiamenti. Infine, occorre considerare le condizioni di stabilità del suolo. Terreni soggetti a frane o spaccature non sono adatti o richiedono l'adozione di particolari misure statiche, poiché il carico aggiuntivo dei rifiuti potrebbe facilitare i movimenti di instabilità.



#### PROGETTAZIONE

Nella fase di progettazione di una discarica vengono esaminati gran parte degli aspetti che consentiranno poi alla gestione di poter operare in sicurezza e nel rispetto dell'ambiente. E' in questa fase infatti che vengono definiti i criteri e gli accorgimenti in merito alla garanzia di impermeabilità del fondo, di stabilità dei rifiuti stoccati e delle scarpate, di estrazione del percolato e del biogas e altri ancora. Inoltre, già nel progetto iniziale viene definito l'assetto finale della discarica esaurita, prevedendo un vero e proprio "progetto di ripristino ambientale" che garantisca la sicurezza dell'impianto chiuso e al contempo il suo reinserimento nell'ambiente circostante. L'opera è infine collaudata per verificarne e verificare e certificare la corretta realizzazione e la rispondenza dei requisiti progettuali.

I lavori consistono in operazioni di scavo per la creazione dell'invaso, nella posa in opera della permeabilizzazione e delle reti di drenaggio delle acque superficiali e del percolato.

Le acque superficiali vengono raccolte e allontanate dal corpo di discarica attraverso canalizzazioni superficiali (fossi di guardia) posti sia a monte sia ai fianchi della discarica lungo tutto il suo perimetro. Ad ulteriore sicurezza dovrebbe essere realizzato un canale sotto il corpo di discarica per il convogliamento delle acque meteoriche e il monitoraggio delle acque di sottotelo.

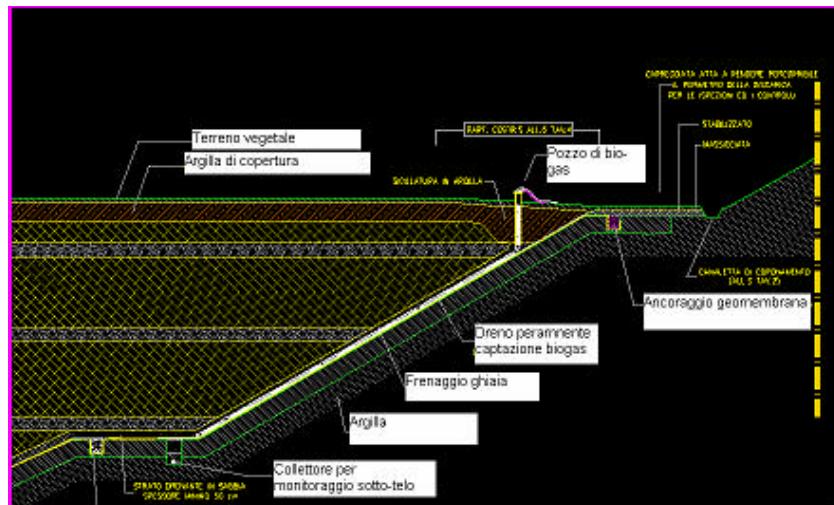


Figura2 Sezione di una porzione di discarica

L'impermeabilizzazione della discarica, che costituisce una delle fasi più delicate della realizzazione, è realizzata attraverso due livelli di tenuta, costituiti rispettivamente da strati di argilla compatta, che garantisce una elevata impermeabilità rispetto al terreno naturale sottostante, e da un piano di posa di sabbia sopra il quale viene posizionata la guaina di polietilene ad alta densità di spessore pari a 2 mm (o superiore). (o superiore). (o superiore).

Sopra lo strato impermeabilizzato viene realizzata la rete di drenaggio del percolato costituita da un dreno principale nel quale confluiscono i drenaggi secondari. I dreni centrali (di ogni lotto) confluiscono in un punto di raccolta alla base del pozzo di sollevamento, dal quale il percolato viene sollevato per mezzo di pompe ed inviato ad una vasca di stoccaggio a tenuta stagna. Posta al di fuori del corpo discarica. Il percolato stoccati viene inviato a smaltimento presso idonei impianti di trattamento e depurazione.

Nel corpo discarica viene inoltre realizzata la rete di captazione del biogas mediante pozzi verticali collegati tra loro da una rete di drenaggi a maglie, da cui il biogas viene estratto grazie ad un sistema di estrazione dinamica: il corpo discarica viene messo in depressione attraverso una centrale di aspirazione, dalla quale il biogas viene successivamente inviato all'impianto per il recupero energetico o inviata a combustione in torcia.

## CONFERIMENTO DEI RIFIUTI IN DISCARICA

### TRASPORTO DEI RIFIUTI

I rifiuti urbani sono solitamente trasportati alla discarica tramite semirimorchi compattatori.

### ACCETTAZIONE DEI RIFIUTI

I mezzi in ingresso accedono alla pesa elettronica dove viene la registrazione su elaboratore con tutti i dati ( tipologia del rifiuto, provenienza, trasportatore ecc.) necessari per la compilazione dei registri di carico e scarico e delle necessarie contabilizzazioni.

L'operatore alla pesa verifica la presenza e la regolarità della documentazione di trasporto, in conformità alle prescrizioni specifiche, ed effettuare gli ulteriori controlli amministrativi necessari. Gli operatori addetti allo scarico. Oltre a movimentare il rifiuto, hanno il compito di verificarne visivamente la conformità, identificando l'eventuale presenza di tipologie non ammissibili.

## SCARICO E MOVIMENTAZIONE DEL RIFIUTO

Il rifiuto scaricato viene steso e compattato con mezzi meccanici. La compattazione permette la riduzione del volume occupato dal rifiuto e una maggiore stabilità del deposito.

Al termine dell'operazioni di scarico, viene realizzata la copertura dell'area coltivata con terreno naturale autoctono o altro materiale idoneo (es. teli a carboni attivi). Il rifiuto viene compattato in strati con una leggera pendenza per facilitare lo scorrimento delle acque di pioggia verso la rete di raccolta delle acque superficiali meteoriche.

## COLTIVAZIONE DEL RIFIUTO



**Figura 10 Preparazione del fondo della discarica.**

La coltivazione si sviluppa per lotti successivi disposti con una logica progettuale predefinita. La coltivazione di ogni lotto avviene per celle di dimensioni variabili in relazione ai flussi di rifiuto in ingresso, cercando ad ogni modo di limitarne la superficie per ridurre l'assorbimento di eventuali acque meteoriche che andrebbero comunque raccolte ed avviate a trattamento o smaltimento.

## STRATIGRAFIA

La stratigrafia della discarica nel suo complesso, partendo dalla quota più bassa, si può descrivere brevemente come segue:

- ? banco naturale di argilla;
- ? primo livello di tenuta, costituiti da strati compattati e rullati di argilla limosa a ridotta permeabilità per uno spessore complessivo di 100 cm ca.;

- ? guaina in polietilene ad alta densità;
- ? collettore in gres ceramico e in polietilene ad alta densità fessurato per la raccolta del percolato;
- ? filtro naturale in ghiaia dello spessore di circa 50 cm (dreno per il percolato);
- ? primo strato di rifiuti (spessore circa 150 cm) non compattato;
- ? copertura con terreno naturale (o simili) di spessore adeguato;
- ? strati successivi di rifiuti

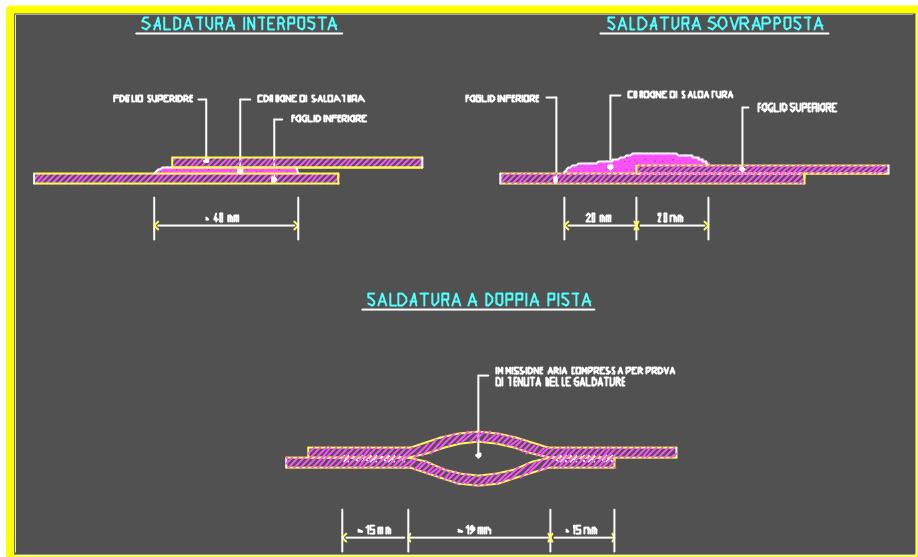


Figura 11 Tipologie di saldatura per la geomembrana in HDPE

### Allontanamento Del Biogas

I pozzi di captazione del biogas sono realizzati durante la fase di stesura del rifiuto. Ognuno di questi è dotato di una valvola di regolazione di flusso e di uno strumento per la misura puntuale della pressione che permette di verificare l'efficienza del sistema di estrazione.

Infatti esso deve essere fatto uscire in forma controllata. Il trasporto del biogas fino alle installazioni di degassamento può avvenire mediante la pressione propria o mediante una depressione artificiale provocata all'esterno della discarica.

Nel sistema di degassamento artificiale si utilizzano dispositivi meccanici.

In tal modo si evita una fuoriuscita del biogas, con danni alla vegetazione e alle persone. Si può predisporre la captazione del biogas per una sua utilizzazione.

### Misure Correnti Dopo La Chiusura Di Una Discarica

Dopo la chiusura della discarica, nel lungo periodo sono ancora necessarie le seguenti misure:

- ? raccolta, allontanamento e trattamento delle acque di percolazione
- ? allontanamento delle acque superficiali

- ? controllo della falda freatica
- ? allontanamento dei gas
- ? eliminazione dei danni dovuti ad erosioni, assestamenti
- ? cura della vegetazione.

## Il Trattamento Delle Acque Di Percolazione

Il controllo delle acque di percolazione costituisce un problema ambientale importante e delicato nella progettazione e gestione delle discariche di rifiuti.

Ad esso si deve comunque dedicare particolare attenzione, con riferimento: alle modalità di formazione del percolato, alla raccolta con una rete di drenaggio, al trattamento di idonei impianti di depurazione. Può essere necessaria l'aerazione continua del liquido di percolazione per limitare la formazione di cattivi odori o per promuovere la dgradazione aerobica delle sostanze organiche.

### MISURE DI QUANTITÀ E QUALITÀ DEL PERCOLATO

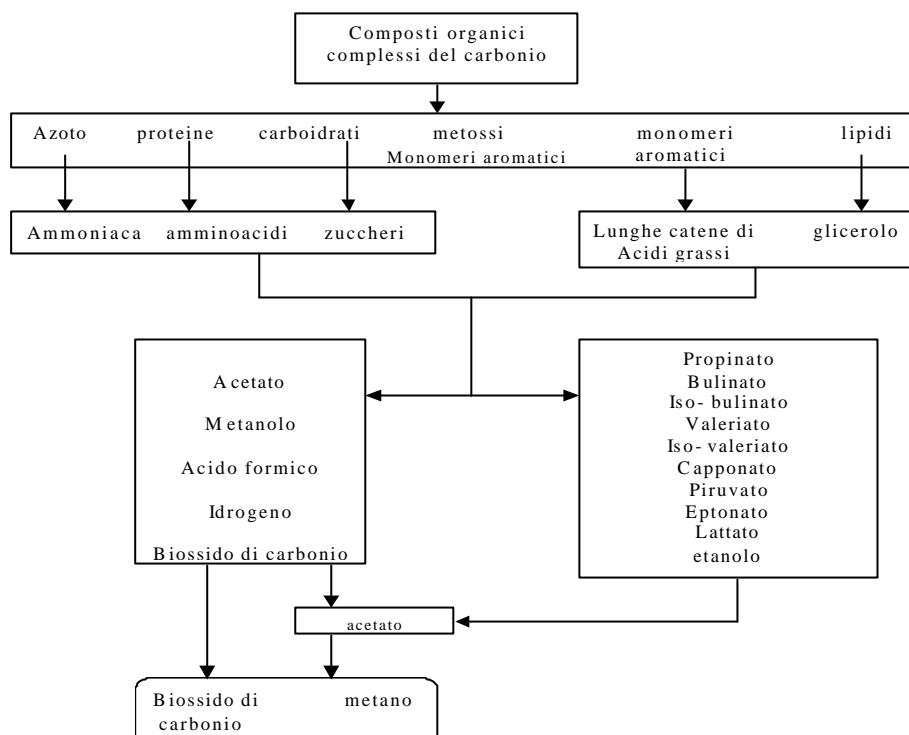
Le misure di quantità e qualità del percolato sono necessari per i bilancio idrico generale della discarica e per i calcoli dei costi di smaltimento. Le misure sono più precise sono quelle di tipo continuo effettuate sul condotto terminale di raccolta del percolato proveniente dalla rete di drenaggio mediante stramazzi o misuratori a risalto.

I parametri che caratterizzano la qualità del percolato sono numerosi ( 60 ca.). Per motivi di economicità non è possibile effettuare tutte le misure con la stessa frequenza. Attorno alla discarica devono essere realizzati almeno due pozzi di controllo delle acque sotterranee, per verificare gli effetti di una eventuale fuoriuscita del percolato.

### IL PROCESSO DI DECOMPOSIZIONE MICROBIOLOGICA

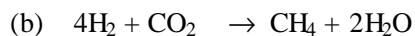
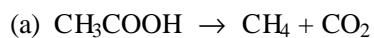
Nelle discariche fortemente compatte le sostanze organiche subiscono un processo iniziale di decomposizione aerobica solo nello strato più superficiale a contatto con l'atmosfera, prima della copertura. Con l'ossigenazione completa si formano acqua ed anidride carbonica ed inoltre sviluppa calore (stadio I). Lo stadio II è detto di fermentazione acida, a causa della forte produzione di acidi organici grassi. Nello stadio III e nello stadio IV i prodotti intermedi vengono trasformati in metano ed anidride carbonica.

Lo stabilirsi delle condizioni anaerobiche è una condizione necessaria ma non sufficiente per l'avvio dei processi di metanogenesi: è possibile il verificarsi del processo di digestione non metanogeniche, sono caratterizzate da bassi valori di produzione di anidride carbonica, che tendono ad annullarsi dopo un breve periodo. Per meglio interpretare il fenomeno di biogassificazione è opportuno considerare il processo di metanogenesi da un punto di vista ecologico. L'ecosistema microbico metanogenico è caratterizzato dalla consistenza di popolazioni microbiche interconnesse tramite una catena alimentare. Nel caso della presenza di un substrato solido, come nelle discariche, la fonte primaria di alimentazione è costituita dai composti solidi disciolti. L'idrolisi solida può pertanto essere considerata il primo gradino della catena alimentare. Il flusso di substrato in un ecosistema metanogenico può essere rappresentato come in figura.



**Figura 12 Flusso del substrato nell'ecosistema metanogenico**

Nel primo stadio la materia organica viene idrolizzata e fermentata in acidi carbossilici, alcool, biossido di carbonio, e ammoniaca. Il secondo passo, consiste nell'ulteriore disgregazione dei prodotti organici in acido acetico, biossido di carbonio e idrogeno. La terza e ultima fase è ovviamente la produzione di  $\text{CO}_2$  e metano in conseguenza della scissione dell'acetato (a), oppure per combinazione dell'idrogeno con l'anidride carbonica (b):



per quanto fino qui esposto l'ecosistema della discarica può essere più semplicemente rappresentato dalla seguente gerarchia microrganica:

### fermentatori ® acetogeni ® metanogeni

Nel caso di substrato solubile, la terza fase è la più lenta ed è pertanto la fase limitante sull'intero processo. Dall'altra parte, in presenza di substrato insolubile, la fase limitante è l'idrolisi dello stesso.

## VARIAZIONI QUALITATIVE DEL PERCOLATO

Si può dire brevemente che se si osserva il trend di variazione delle concentrazioni di alcuni parametri al variare dell'età del percolato prodotto, è interessante notare che alcuni di essi presentano andamenti di concentrazione molto simili. In particolare appartengono a queste coppie di parametri: ferro e manganese, conducibilità elettrica e cloruri, conducibilità elettrica e azoto ammoniacale, conducibilità elettrica e carbonati, conducibilità elettrica e potassio, sodio e potassio, magnesio e carbonati, conducibilità elettrica e magnesio, sodio e magnesio.

### **Recupero ambientale e gestione post-operativa.**

Al termine dei conferimenti, raggiunta la profilatura finale della discarica prevista nel progetto autorizzato, inizia la fase definita di gestione post-operativa.

In tale periodo vengono svolte ancora numerose attività, caratteristiche della fase operativa, quali la raccolta del percolato, l'estrazione del biogas ed i monitoraggi ambientali.

Al fine di confinare definitivamente i rifiuti, vengono realizzate le opere definite di recupero ambientale. Tali opere consistono nella ricopertura finale dei rifiuti con una stratigrafia composita di materiali, con lo scopo di impermeabilizzare la discarica e di consentire un'adeguata sistemazione a verde, volta alla rinaturalizzazione progressiva del sito.

Una stratigrafia tipo prevede la posa in opera dei seguenti materiali, partendo dal basso:

- circa quaranta centimetri di tout-venant di regolarizzazione e drenaggio del biogas;
- uno strato di argilla compattata di circa cinquanta centimetri o, in alternativa, un geocomposito bentonitico;
- una geomembrana in polietilene ad alta densità e aderenza migliorata con uno spessore di 1,5 mm;
- un geotessile non tessuto in polipropilene a protezione del telo sottostante;
- uno strato di trenta centimetri per il drenaggio delle acque meteoriche;
- settanta centimetri di terreno vegetale.

I lavori di recupero di norma vengono effettuati e completati nell'arco di circa tre anni dal termine dei conferimenti.

Le attività di post-chiusura proseguono, invece, fino a completa mineralizzazione dei rifiuti. La normativa attualmente in vigore prevede che tale periodo sia di almeno trent'anni.

## IL CICLO DEI RIFIUTI NELLA CITTA' DI BRESCIA

L'ASM s.p.a. che oltre a gestire il servizio di erogazione del gas, acqua, en. elettrica opera anche il servizio di gestione dei rifiuti. Dal 1992 è stato attivato uno specifico "Osservatorio dei Rifiuti", con il compito di analizzare e coordinare le iniziative per incrementare il recupero dei rifiuti e rilevarne origine, composizione ed entità.

Il gruppo ha anche il compito di controllare i processi di recupero attraverso la raccolta differenziata e verificare l'efficacia di ogni iniziativa sotto il profilo ambientale, energetico ed economico. I sistemi a disposizione della società per il trattamento e il recupero sono:

RACCOLTA 2002	
Rifiuti Raccolti (t)	520.584
ASM Brescia	129.800
altri operatori nel Comune di Brescia	124.897
Aprica Spa*	171.921
Azienda Servizi Val Trompia	10.765
Valgas	31.948
CBBO	24.567
COGES	26.686

- La *raccolta differenziata e il riciclaggio*, che consiste nella separazione e nel recupero dei materiali conferiti in cassonetti differenziati che possono essere riutilizzati e utilmente reintrodotti nei cicli produttivi, quali: vetro, carta, alluminio, e organico.
- La *selezione dei rifiuti*, che consiste nella cernita dei rifiuti industriali e commerciali finalizzata a separare le componenti utilmente riciclabili come combustibile per produrre energia.
- La *termoutilizzazione*, che si serve dei rifiuti non utilmente riciclabili come combustibile per produrre energia.
- La *discarica controllata*, che comporta la "segregazione" dei rifiuti in cave protette, impermeabili e controllate

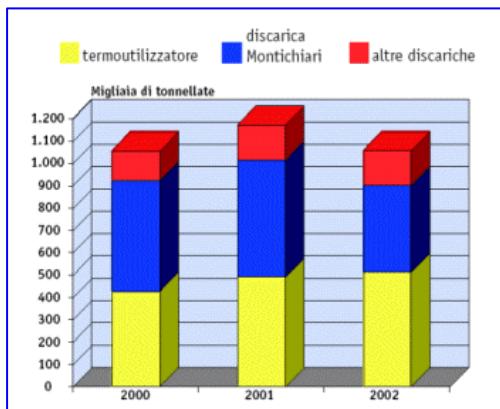
SMALTIMENTO 2002	
Rifiuti solidi smaltiti (t)	1.057.157
al Termoutilizzatore (t)	514.394
Discarica Montichiari (t)	389.363
Discarica Società del Gruppo (t)	153.400

Questo tipo di gestione, che nasce da un approccio integrato, permette di sfruttare potenzialità, vantaggi e benefici di ciascuno dei tre sistemi in modo da rispondere in maniera efficiente agli obiettivi di sviluppo sostenibile, risparmio energetico e recupero delle risorse.

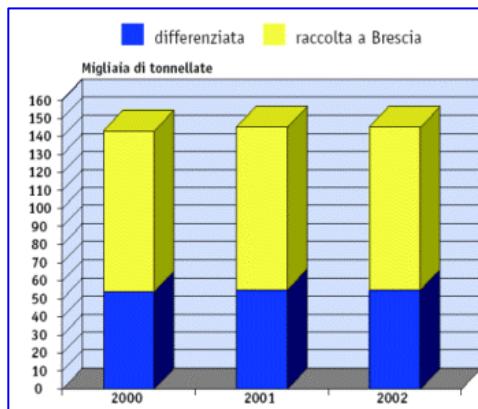
Questa situazione permette di trasformare la "quota energetica" dei rifiuti restanti di Brescia e di parte della provincia attraverso:

- il termoutilizzatore per alimentare le reti di teleriscaldamento e di elettricità;
- le centrali alimentate dai biogas delle discariche controllate per la produzione di energia elettrica;
- l'utilizzo delle scorie della combustione (il 10% del volume iniziale dei rifiuti) per la copertura giornaliera dei rifiuti non combustibili conferiti nelle discariche controllate, dove vengono utilizzate in sostituzione della ghiaia, e con lo smaltimento in impianti idonei delle polveri di abbattimento fumi;

Di seguito riporto rappresentazioni grafiche con dati relativi ai flussi coinvolti nei diversi sistemi di trattamento e smaltimento, nonché i dati di raccolta differenziata negli ultimi anni.



**Figura 14 Grafico rifiuti solidi raccolti e smaltiti (2002).**



**Figura 13 Grafico raccolta differenziata a Brescia (2002).**

## Il Teleriscaldamento

Il termine "teleriscaldamento", entrato ormai nel linguaggio tecnico, indica un sistema integrato di produzione e distribuzione di calore. L'energia termica viene, di norma, prodotta in centrali di cogenerazione con produzione congiunta di elettricità, salvo una modesta quota di integrazione generata con caldaie tradizionali.

La cogenerazione permette di recuperare l'energia "dequalificata" del processo termoelettrico tradizionale, la quale, con opportuni accorgimenti, viene impiegata per il riscaldamento degli edifici.

Il rendimento del ciclo passa così dal 40% al 90%, con conseguente risparmio di fonti primarie di energia e diminuzione dell'inquinamento atmosferico.

Il teleriscaldamento si pone quindi come una delle principali forme di attuazione della politica di "conservazione" dell'energia, attraverso una gestione integrata, finalizzata ai due prodotti elettricità e calore.

### IL TELERISCALDAMENTO A BRESCIA

Negli anni '60, e quindi precedentemente alla prima crisi energetica che ha colpito il nostro Paese, ASM ha sviluppato il progetto di massima del teleriscaldamento che prevedeva, a quel tempo, di riscaldare un terzo della città, con calore recuperato da impianti di produzione di energia elettrica. Nel 1972 è stato avviato l'esperimento pilota nel quartiere di Brescia Due in costruzione, mediante un impianto di riscaldamento centralizzato, alimentato da una piccola centrale termica tradizionale, provvisoriamente installata in loco. La buona accoglienza del nuovo servizio di teleriscaldamento da parte della popolazione, ha fatto sì che lo stesso si sviluppasse velocemente in termini di acquisizione di nuove utenze e, conseguentemente, di potenziamento della rete e della centrale di produzione.

Dal 1972 al 1977 il calore è stato prodotto mediante caldaie semplici ad alto rendimento, installate nell'area della Centrale Sud Lamarmora, che hanno costituito il primo nucleo degli attuali impianti. Uno di questi generatori è tuttora disponibile all'esercizio con funzioni di produzione di calore a copertura delle "punte" invernali oltreché di riserva.

Dal 1978, con l'entrata in esercizio del primo gruppo di cogenerazione della Centrale Sud Lamarmora, alla produzione di solo calore si è aggiunta quella di energia elettrica.

Come accennato, la cogenerazione porta ad un sensibile risparmio di energia primaria in quanto il rendimento globale del ciclo raggiunge valori superiori al 90%.

La produzione disgiunta di elettricità in apposita centrale termoelettrica (rendimento dell'ordine del 40%) e di calore in caldaie condominali e unifamiliari (rendimenti variabili dal 60 all'80%) comporta un maggior consumo di energia primaria, a parità di servizi erogati, dell'ordine del 30%.

Agli inizi del 1981 la Centrale Sud Lamarmora è stata potenziata con un secondo gruppo di cogenerazione con caratteristiche analoghe al primo e, nella stagione termica 1987-88, da una caldaia policombustibile, funzionante cioè a gas metano, olio combustibile e carbone, anche in combustione mista.

Tutti i gruppi sono dotati di elettrofiltri dell'ultima generazione.

Quello della caldaia policombustibile è stato integrato con desolforatore e filtri a maniche in ossequio alla politica di rispetto dell'ambiente che è strettamente correlata alla filosofia stessa del teleriscaldamento.

Nel 1992 la Centrale è stata completata con l'installazione di una terza turbina.

## L'IMPIANTO E LA RETE

Nelle sue linee essenziali, l'impianto è a circuito chiuso con due tubi affiancati dello stesso diametro: uno di mandata, l'altro di ritorno.

Negli anni passati era in uso la sistemazione delle tubazioni in cunicoli prefabbricati, mentre la tecnica corrente consente l'impiego di tubazioni preisolate posate direttamente in trincea su un letto di sabbia.

Il fluido trasportato è acqua surriscaldata.

La rete è progettata per le seguenti condizioni:

- pressione nominale 16 bar (pressione massima di esercizio 14 bar)
- temperatura nominale 140°C
- temperatura di calcolo 160°C
- la differenza di temperatura tra mandata e ritorno è variabile tra 30°C e 70°C in funzione della temperatura atmosferica. La temperatura di mandata varia tra 90°C e 130°C, quella di ritorno è di 60°C.

Il calore viene fornito all'utenza attraverso sottocentrali dotate di scambiatori di calore, secondo modalità diverse che dipendono dal sistema di riscaldamento impiegato nell'edificio.

Il teleriscaldamento, a progetto completato, coprirà più del 70% del fabbisogno di energia termica per il riscaldamento della città. Sebbene sia tecnicamente possibile, non è conveniente raggiungere il 100% dell'utenza potenziale, in quanto il costo della rete inciderebbe eccessivamente in quelle parti di territorio caratterizzato da scarsa densità di volumetria edificata.

La fornitura di calore alle utenze non servite da teleriscaldamento viene comunque assicurata dal vettore gas metano distribuito dalla stessa ASM.

## IMPIANTO COMPOSTAGGIO S.GERVASIO BRESCIA

L'impianto di compostaggio di S.Gervasio tratta rifiuti umidi e verdi per un'utenza di circa 190.000 abitanti, ed è collocato a 30 Km. a sud della città di Brescia.

I rifiuti vengono conferiti in cassonetti stradali da circa 2000 l. e sono costituiti per la maggior parte da "scarti verdi" che nei periodi estivi ammontano anche al 90% del rifiuto compostabile. Nonostante ciò, il tempo della prima fase termofila rimane a circa 70 giorni per concludersi con altri 20 giorni di fase di inertizzazione per un totale di 3 mesi circa di processo.

Mentre in passato venivano utilizzati sacchetti biodegradabili, ora gli scarti umidi sono contenuti in sacchi a bassa biodegradabilità. Ciò è dovuto al fatto che i primi hanno dato numerosi problemi alle

utenze per l'eccessiva velocità di biodegradazione che causava la prematura rottura degli stessi già nei primi due giorni di contatto con i rifiuti.

Il primo trattamento operato dall'impianto è quello di una blanda macinazione dei rifiuti ad opera di un piccolo sistema a coclee controrotanti che permette l'apertura dei sacchetti e la triturazione delle fazioni ligneo cellulose più grosse e ingombranti. Il "macinato" passa per un deferizzatore e attraverso un vagliatore classico a tubo rotante con fori da 20 cm. per separare il sovvallo dal sottovaglio.

Il sovvallo, che dovrebbe contenere le fazioni più grosse quali rami grossi, bottiglie di plastica, sacchetti di plastica ed eventuali conferimenti impropri viene separato ed avviato allo smaltimento nel termoutilizzatore. Il sottovaglio invece viene accumulato tal quale ed avviato al processo di biodegradazione aerobica. Non è prevista una miscelazione o un controllo tra "umido e verde" in quanto queste frazioni provengono dallo stesso cassonetto stradale molto capiente e un'operazione di separazione merceologica a monte dell'impianto risulterebbe oltre che difficoltosa anche troppo costosa.

L'impianto di compostaggio è di tipo "statico" non coibentato, con dimensioni di 20m per 80m, suddiviso in 10 settori nei quali vengono posizionati i cumuli.



**Figura 15 Impianto di compostaggio di S. Gervasio (BS).**

Nella pavimentazione del capannone ed in corrispondenza del cumulo che la ricopre sono ricavate delle grigliature attraverso cui, mediante ventilatori, viene immessa o aspirata l'aria necessaria all'attività dei microrganismi demolitori. In fase di insufflazione di aria nel cumulo per la gestione della temperatura e ossigenazione, lo strato di compost maturo di copertura del cumulo funziona da filtro biologico assorbendo le molecole odorifere; in fase di aspirazione dell'aria dal cumulo questo processo viene svolto da uno strato di compost maturo e da un biofiltro ligneo-celluloso posto sullo scarico del ventilatore. A seguito di questa fase termofila i cumuli vengono trasportati in un capannone adiacente per la fase di maturazione e inertizzazione.



**Figura 16 Momento di rivoltamento e trasporto dei cumuli.**

Trascorso il tempo necessario il prodotto viene raffinato tramite vagliatura, privato delle parti più grosse (del diametro di circa 1cm.) che non si sono decomposte quali rami grossi, ossa, plastica, pezzi di metallo e vetro, parti che sono sfuggite all'operazione di vagliatura e per finire viene setacciato ulteriormente e omogeneizzato prima di essere confezionato.

Il prodotto finito, il compost maturo è di qualità abbastanza alta, c'è una piccola presenza di pezzi di vetro e di plastica che ne abbassano il valore. L'umidità è del 42% circa.

#### COMMENTI

L'impianto si trova dislocato in una zona lontana della città e ciò comporta che il tragitto per il trasporto dei rifiuti provoca un certo impatto sul traffico.

Il conferimento del rifiuto "umido e verde" avviene nello stesso cassonetto stradale da 2400 L, nel quale spesso si trovano conferimenti impropri da parte di utenti poco sensibili a un corretto smaltimento e questo provoca un abbassamento della qualità del compost. La mancanza di sacchetti biodegradabili rende a volte problematico il processo di vagliatura.

Il sottovallo del pretrattamento risulta il 60 % del totale che arriva all'impianto. Il sovvallo (40%) viene smaltito in discarica o in inceneritore. Per un'utenza così numerosa (190'000 ab. ca.) l'impianto sembrerebbe sottodimensionato, in realtà a causa della presenza del Tula pratica del compostaggio risulta di secondo piano e non ci sono incentivi in questa direzione. Il raggiungimento del 35 % di R.D. è stato possibile esclusivamente grazie alla raccolta multimateriale.

## TERMOUTILIZZATORE DI BRESCIA

### Conferimento Dei Rifiuti

Ai termoutilizzatore vengono conferiti i Rifiuti Solidi Urbani(RSU),(vale a dire tutto quanto non recuperato con la raccolta differenziata nell'ambito del sistema integrato dei rifiuti esistente a brescia),i Rifiuti Speciali da attività commerciali e produttive e le cosiddette Biomasse.

La composizione media tipica dei RSU è:

?CARTA E CARTONE.....	27%
?MATERIE PLASTICHE.....	19%
?MATERIALE ORGANICO.....	30%
?INERTI,METALLI,VETRO,ETC.....	24%

Il potere calorifico medio dei rifiuti risulta attualmente compreso tra 1800 e 2400Kcal/Kg a seconda della composizione dei rifiuti stessi.

### L'impianto Di Combustione



**Figura 17 Sinottico dell'impianto**

La combustione dei rifiuti avviene nel combustore del TU. Il Termoutilizzatore è una centrale di produzione combinata di energia elettrica ed energia termica che ha per obiettivo il trattamento ed il recupero energetico dei rifiuti non utilmente riciclabili come materiali. E' da indicare il fatto che la termodistruzione di 4 Kg di rifiuti produce una quantità di energia pari alla combustione di un metro cubo di metano. L'impianto è composto da due unità di combustione collegate ad un gruppo turbina a vapore di potenza efficiente lorda pari a 58 Mwe e 102 MWt; è previsto l'inserimento di una terza linea destinata esclusivamente al recupero energetico di biomasse (fonte rinnovabile).

Oltre alla produzione di energia elettrica, come avviene in molti impianti analoghi, si recupera l'energia termica, che nelle centrali tradizionali viene dispersa nell'ambiente, energia termica immessa nella rete di teleriscaldamento della città.

I rifiuti urbani sono un combustibile alternativo e contribuiscono anche alla riduzione dell'impatto ambientale causato dal ciclo di approvvigionamento dei combustibili fossili tradizionali, comprendente le fasi di estrazione, raffinazione e trasporto.

I rifiuti vengono automaticamente immessi nella griglia di combustione, costituita da 6 corsie in parallelo che hanno 15 gradini in movimento per consentire una miscelazione continua dei rifiuti e quindi la loro completa combustione.

L'ossigeno necessario alla combustione dei rifiuti è quello presente nell'aria, ogni 24 ore vengono mediamente alimentati al combustore 3.000.000 di Nm<sup>3</sup> di aria.

La combustione delle parti solide avviene sulla griglia viene automaticamente regolata al valore di circa 1100°C per ridurre la formazione di Ossidi di Azoto e Monossido di Carbonio.



La combustione del gas originato dalla griglia viene completata nella zona sovrastante, nella cosiddetta fase di POSTCOMBUSTIONE.

In questa fase viene opportunamente immessa e vaporizzata una miscela di acqua e ammoniaca allo scopo di ridurre gli Ossidi di Azoto.

Dallo stadio "combustore" si hanno due prodotti: i fumi caldi che fuoriescono per entrare nella caldaia, e le scorie che si raccolgono in fondo alla griglia.

Le scorie contengono una grande quantità di rottami di ferro di varie dimensioni che vengono separati tramite un'elettrocalamita per poi essere riutilizzati in fonderia.

La restante parte delle scorie è materiale inerte riutilizzabile, per ora soprattutto come sostitutivo della ghiaia vergine necessaria per coprire i rifiuti in discarica.

## LA CALDAIA

All'interno della caldaia i fumi caldi provenienti dal combustore entrano in contatto con i tubi dell'acqua e del vapore, ai quali cedono calore.

L'acqua in pressione si scalda e, nell'EVAPORATORE, bolle e diventa vapore saturo che viene infine surriscaldato.

L'acqua entra in caldaia ad una pressione di 70 bar e ad una temperatura intorno a 115°C.

## IL TRATTAMENTO DEI FUMI

All'impianto di trattamento giungono i fumi provenienti dalla caldaia, ai quali vengono aggiunti calce idrata e carboni attivi.

La calce idrata si combina con le sostanze nocive che si trovano allo stato gassoso, in particolare l'acido cloridrico e fluoridrico e l'anidride solforosa e solforica, per formare sali di calcio che precipitano in fase solida diventando polveri poi trattenute dal filtro.

I carboni attivi assorbono i microinquinanti (tra cui metalli pesanti, diossine e furani) incorporandoli nelle polveri.

I fumi insieme alla polveri attraversano i filtri a maniche che sono il cuore dell'impianto di trattamento dei fumi.

Le maniche sono costituite da feltri di fibre sintetiche; ciascuna manica è lunga 7 metri ed ha un diametro di 13 centimetri.

Ciascuna delle due linee del TU ha un filtro composto da 1944 maniche.

I fumi aspirati dalla caldaia attraversano le maniche dall'esterno verso l'interno a bassa velocità (meno di 1 metro al minuto), il felte delle maniche trattiene le polveri e con esse le sostanze assorbite (portata nominale 187.000 Nm<sup>3</sup>/ora per ogni linea). I fumi depurati escono dalle maniche e vengono convogliati al camino.

Lo strato di polveri e incrostazioni che si forma sull'esterno delle maniche viene scrollato meccanicamente mediante "colpi" di aria compressa.  
Le polveri scrollate dai filtri vengono raccolte nelle tramogge poste sul fondo del filtro e poi periodicamente convogliate ad un silo di stoccaggio.  
Le polveri raccolte sono classificate tra i rifiuti pericolosi in quanto in esse si trovano concentrate le sostanze nocive presenti nei rifiuti trattati dal TU e non eliminate dalla combustione.  
Per questo motivo le polveri vengono successivamente trattate in un sistema di inertizzazione, in grado di formare dalle polveri un prodotto stabile.  
Le polveri, rese così inerti, vengono poi smaltite nei modi che verranno descritti nei capitoli successivi.

## SISTEMI DI CONTROLLO DEI FUMI

I fumi filtrati fuoriescono dal camino ad un'altezza di 120 metri.  
Nel camino, a varie quote, vi sono sofisticate apparecchiature di monitoraggio che misurano in continuo le concentrazioni dei seguenti componenti:  
-Anidride carbonica(CO<sub>2</sub>)  
-Monossido di carbonio(CO)  
-Biossido di zolfo(SO<sub>2</sub>)  
-Ossidi di Azoto(NO<sub>x</sub>)  
Acido cloridrico(HCl)  
-Polveri(PTS)  
-Carbonio organico totale(COT)

Le principali apparecchiature sono dotate di una riserva allo scopo di evitare la fermata dell'impianto in caso di avaria.  
Alcune delle misure effettuate non servono solo al controllo delle emissioni per il rispetto dei limiti al camino, ma consentono anche di regolare in modo automatico il dosaggio di alcuni additivi (ammoniaca, calce idrata, carboni attivi).  
Oltre a queste misurazioni in continuo, vengono effettuate periodiche rilevazioni anche dall'ente di controllo competente (Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente- ARPA) e dall'istituto Mario Negri, specializzato nella misurazione dei microinquinanti.

## ANALISI DELLA TIPOLOGIA E QUANTITA' DEI RIFIUTI TRATTATI DAL TU.

Negli anni 2000 e 2001, sono state trattate dal TU le seguenti tipologie di rifiuti:

- Rifiuti solidi urbani assimilati, ingombranti
- Rifiuti speciali, da attività commerciali e/o produttive
- Biomasse

Durante il mese di dicembre 2000 l'impianto ha subito un temporaneo blocco dell'attività per Ordinanza del Tribunale Amministrativo Regionale del 1-12-2000; detta ordinanza è stata annullata dal consiglio di stato il 20-12-2000.



Nelle tabelle che seguono si riportano le qualità di rifiuti conferite al TU nel 2001, espresse in tonnellate.

Anno 2001														
Tipologia rifiuto conferito	Gennaio t	Febbraio +	Marzo t	Aprile t	Maggio t	Giugno t	Luglio t	Agosto t	Settembre t	Ottobre t	Novembre t	Dicembre t	TOTALE t	
Rifiuti solidi urbani	6.619	5.981	7.070	6.641	7.151	6.591	6.404	5.439	6.074	7.101	6.462	6.339	77.875	
	19.800	17.476	21.032	21.502	23.219	22.502	24.951	25.131	20.632	22.555	19.708	19.113	257.622	
	26.419	23.457	28.103	28.143	30.371	29.093	31.355	30.571	26.706	29.657	26.171	25.452	335.487	
Rifiuti speciali	152	158	209	141	132	80	34	116	109	88	86	202	1.506	
Biomasse (*)	12.842	11.297	12.710	9.069	9.923	11.231	3.879	3.940	11.506	16.598	21.788	14.172	139.456	
<b>TOTALE CONFERITO</b>	<b>39.413</b>	<b>35.412</b>	<b>41.022</b>	<b>37.353</b>	<b>40.426</b>	<b>40.404</b>	<b>35.269</b>	<b>34.626</b>	<b>38.321</b>	<b>46.343</b>	<b>48.045</b>	<b>39.826</b>	<b>476.460</b>	

Rifiuti solidi urbani
 Raccolti nel Comune di Brescia
 Dal resto bacino di Brescia ex legge 21/93
 Totale

Rifiuti speciali
 Da attività commerciali e/o produttive

<sup>(\*)</sup> Per Biomasse si intendono, ai sensi della normativa vigente (D.M. 05/12/98 - Allegato 2 - sub allegato 1), le seguenti tipologie conferite al TU:  
 = Pulpa di cartiera: materiale residuo originato dal processo di riciclaggio della carta, costituita da fibre di cellulosa e residui plastici  
 = Fanghi da impianti di depurazione delle acque; = Scarti vegetali; = Scarti della lavorazione del legno; = fibre tessili grezze

### Destinazione finale dei prodotti residui:

Il Ferro recuperato viene conferito alle acciaierie.

Le ceneri di fondo caldaia vengono riutilizzate in discarica in sostituzione della ghiaia di copertura. Le polveri dai filtri di depurazione vengono conferite a ditte specializzate per il trattamento e lo smaltimento di rifiuti pericolosi.

### RISULTATI DEL MONITORAGGIO IN CONTINUO AL CAMINO

Per quanto riguarda le emissioni in atmosfera l'impianto è provvisto di un sistema di monitoraggio in continuo, periodicamente controllato dall' ARPA, per l'analisi al camino dei seguenti parametri.

- Anidride carbonica (CO<sub>2</sub>)
- Monossido di carbonio(CO)
- Biossido di zolfo(SO<sub>2</sub>)
- Ossidi di Azoto(NO<sub>x</sub>)

- Acido cloridrico(HCl)
- Polveri(PTS)
- Carbonio organico totale (COT)

Sulla base dei dati riferiti alle concentrazioni medie dei singoli inquinanti e della portata dei fumi in uscita dai camini (misurata in continuo), si sono calcolate le quantità di emissioni annue espresse in tonn/anno. Per valutare l'incidenza delle emissioni del TU sul valore totale delle emissioni generate dal Comune di Brescia, nella IV colonna si riportano i valori di emissione totali generate da industrie, traffico, centrali termoelettriche, camini di impianti di riscaldamento degli edifici. Va peraltro considerato che il TU consente di evitare le emissioni dagli impianti che dovrebbero in alternativa produrre la medesima quantità di energia termica ed elettrica per la città.

Inquinanti	Emissioni generate dal solo TU		Percentuale delle emissioni prodotte dal TU rispetto al totale prodotto dalle principali sorgenti presenti sul territorio comunale
	Anno 2001	Anno 1999	
	Tonellate/anno	Tonellate/anno	
<b>Monossido di Carbonio CO</b>	42,5	12,428	0,34%
<b>Biossido di zolfo SO<sub>2</sub></b>	32,1	1331	0,24%
<b>Ossidi di Azoto NOx</b>	224,6	4656	4,80%
<b>Acido Cloridrico HCl</b>	35,1	n.d.	n.d.
<b>Carbonio organico totale COT</b>	1,7	n.d.	n.d.
<b>Polveri totale sospese PTS</b>	0,5	291	0,17%

### Energia Prodotta Dal Termoutilizzatore

Nell'anno 2000 il termoutilizzatore ha prodotto e immesso in rete:  
?278GWh di energia elettrica(pari al 30%degli usi civili del comune di Brescia)  
?237GWh di energia termica(pari al 20% del calore erogato nella rete di teleriscaldamento)  
Le suddette quantità di energia recuperata hanno consentito un risparmio di 93.000TEP(tonellate equivalenti di petrolio).

Nell'anno 2001 il termoutilizzatore ha prodotto e immesso in rete:  
?336GWh di energia elettrica(pari al 43%degli usi civili del Comune di Brescia)  
?264GWh di energia termica(pari al 22% del calore erogato nella rete di teleriscaldamento)

Le suddette quantità di energia recuperata hanno consentito un risparmio di 110.000TEP(tonellate equivalenti di petrolio).  
E' stata inoltre soddisfatta la raccomandazione contenuta nella stessa relazione,di "garantire,anche nella gestione a regime e soprattutto nel tempo,la qualità e l'efficienza funzionale che potenzialmente il sistema impiantistico ha già dimostrato di possedere".

### LE DISCARICHE DI BRESCIA

ASM BRESCIA S.p.A., dal 1972 ad oggi ha progettato, realizzato e gestito direttamente quattro discariche controllate per rifiuti solidi urbani e rifiuti speciali assimilabili agli urbani:

- la discarica "Bosco Sella", sita nei comuni di Castegnato, Ospitaletto, Paderno Franciacorta e Passirano;
- la discarica di "Buffalora", nel comune di Brescia;
- la discarica "Antica Idrovora", nel comune di Calcinato;
- la discarica "Cava Verde", nel comune di Montichiari.

In fase progettuale, per la loro collocazione territoriale, sono state considerate solo zone già degradate a causa di precedenti attività estrattive di sabbia e ghiaia (cave).

In tutte queste discariche viene effettuato anche il recupero energetico del biogas mediante produzione di energia elettrica.

La discarica "Cava Verde" è in attualmente in esercizio operativo dal 1998, ed è inserita nel ciclo integrato di smaltimento dei rifiuti in provincia di Brescia; le restanti tre sono in gestione post operativa. Le quattro discariche si sono succedute consecutivamente dal 1972 ad oggi; ciò ha evitato alla Provincia di Brescia di affrontare periodi di emergenza per lo smaltimento dei rifiuti, con obbligo di "esportarli" in altre province.



La discarica "Cava Verde", l'ultima realizzata, è dotata di un'importante impermeabilizzazione di fondo. La stratigrafia dei materiali posti in successione, tale da impedire qualsiasi fuoriuscita di percolato verso la falda idrica sottostante, è così composta partendo dal basso:

- un metro di argilla compattata;
- una geomembrana in polietilene ad alta densità con uno spessore di 2 mm;
- un geotessile non tessuto in polipropilene a protezione del telo sottostante;
- uno strato di ghiaia tonda lavata per uno spessore di quaranta centimetri;
- un geotessile non tessuto in polipropilene per impedire l'intasamento della ghiaia sottostante;
- trenta centimetri di argilla compattata;
- una seconda geomembrana polietilene ad alta densità con uno spessore di 2 mm;
- tre strati incrociati di geotessile non tessuto in polipropilene a protezione del telo sottostante;
- uno strato di ghiaia tonda lavata per uno spessore di cinquanta centimetri.

La successione alternata di materiali impermeabili e di materiali drenanti consente il contenimento del percolato ed il suo convogliamento verso un punto di raccolta (pozzo del percolato) dal quale verrà poi estratto.

Il biogas, invece, viene captato dalla discarica per aspirazione. All'interno dei rifiuti conferiti in discarica sono periodicamente poste in opera delle tubazioni in polietilene, fessurate e circondate di ghiaia. Le tubazioni sono posate sia orizzontalmente (reti orizzontali), sia verticalmente (pozzi).

Le reti orizzontali ed i pozzi sono poi collegati a collettori di aspirazione esterni alla discarica, che confluiscono alla centrale di aspirazione e combustione del biogas. Qui dei compressori volumetrici mantengono tutte le reti di captazione in depressione ed inviano il biogas alla torcia di combustione per il suo incenerimento. In alternativa, quando le condizioni minime di quantità e di qualità del biogas lo consentono, il biogas può essere utilizzato per la produzione di energia elettrica.

### **La discarica di Montichiari**

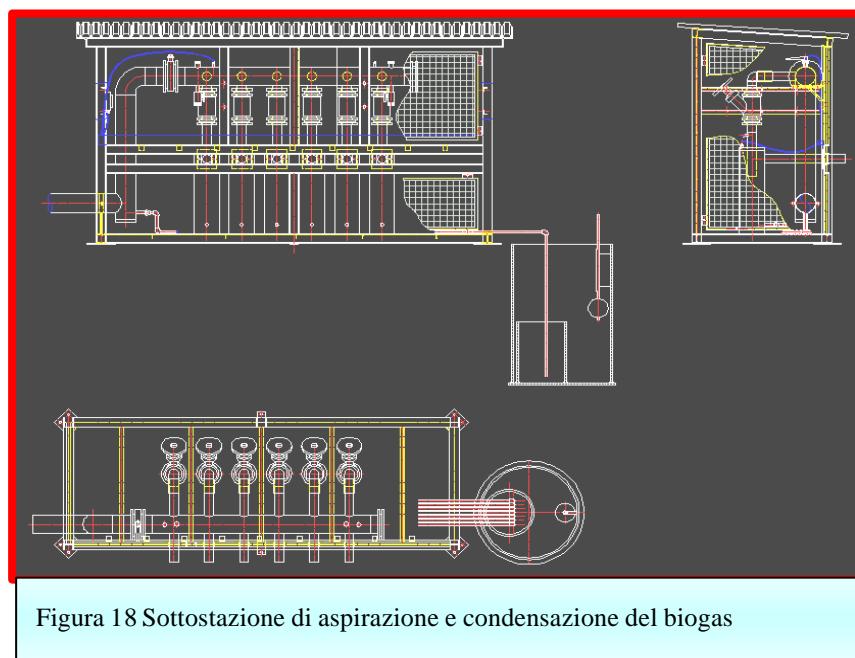
La discarica di Montichiari, denominata "Cava Verde", è stata realizzata occupando un'area oggetto di attività estrattiva di sabbia e ghiaia ed è ubicata sul territorio del comune di Montichiari, in Località Rò.

Gli smaltimenti sono iniziati il mese di maggio del 1998 e sono tuttora in corso.

Complessivamente fino al 31 dicembre 2002 sono state conferite oltre 2.050.000 tonnellate di rifiuti solidi urbani e speciali assimilabili agli urbani.

L'area complessivamente occupata ha una superficie di circa 167.000 m<sup>2</sup>, dei quali circa 118.700 m<sup>2</sup> sono stati utilizzati per lo stoccaggio dei rifiuti.

Gli immobili e gli impianti presenti si possono così riassumere: una palazzina uffici, un capamone con annessa area per il lavaggio dei mezzi, uno stoccaggio del percolato avente una capacità di circa 800 m<sup>3</sup>, due pozzi di raccolta del percolato prodotto dalla discarica, otto pozzi di monitoraggio della falda.



Dal 2001 è altresì in funzione una centrale per la produzione di energia elettrica mediante l'utilizzo del biogas estratto dalla discarica. La centrale è costituita da quattro gruppi elettrogeni, ciascuno con una potenza massima di circa 660 kW; la potenzialità complessiva della centrale è di circa 2.600 kW.

Fino al 31 dicembre 2002 la centrale ha prodotto oltre 9 GWh.

Presso la centrale sono presenti anche due torce per la combustione del biogas ad alta temperatura che entrano in funzione in caso di fermo della centrale di recupero energetico. Le torce hanno ciascuna una potenzialità di 1.500 Nm<sup>3</sup>/h.

### La discarica di Buffalora

La discarica di Buffalora è stata realizzata occupando due cave distinte di un'area oggetto di attività estrattiva di sabbia e ghiaia ed è ubicata sul territorio del comune di Brescia.

Gli smaltimenti sono iniziati il giorno 1 luglio 1989 e sono stati ultimati il giorno 12 settembre 1992. In particolare la prima vasca è stata operativa dal mese di luglio del 1989 al mese di dicembre del 1990, la seconda vasca dal dicembre 1990 al maggio 1991, con una riapertura provvisoria dal luglio 1992 al settembre 1992.

Le opere di recupero ambientale sono state eseguite per la prima vasca dal gennaio 1992 all'aprile del 1993 mentre per la seconda vasca dal settembre 1994 al luglio del 1995.

Complessivamente sono state conferite circa 1.040.000 tonnellate di rifiuti solidi urbani e speciali assimilabili agli urbani, delle quali circa 720.000 tonnellate hanno trovato posto nella prima vasca e circa 320.000 tonnellate nella seconda vasca.

L'area complessivamente occupata ha una superficie di oltre 160.000 m<sup>2</sup>, dei quali circa 85.000 m<sup>2</sup> sono stati utilizzati per lo stoccaggio dei rifiuti. Nel dettaglio, di questi 85.000 m<sup>2</sup>, 55.000 m<sup>2</sup> sono quelli della prima vasca mentre gli altri 30.000 m<sup>2</sup> sono quelli della seconda vasca.

Gli immobili e gli impianti principali presenti si possono così riassumere: un capannone, uno stoccaggio del percolato avente una capacità di circa 400 m<sup>3</sup>, due pozzi di raccolta del percolato prodotto dalle due vasche, dieci pozzi di monitoraggio della falda.

All'interno dell'area della discarica, tra le due vasche, è stata realizzata una piattaforma multiraccolta per il conferimento differenziato dei rifiuti urbani. Un'altra porzione di area è stata affittata alla Società Ecolegno, la quale si occupa del trattamento del legno.

Dal 1993 è altresì in funzione una centrale per la produzione di energia elettrica mediante l'utilizzo del biogas estratto dalla discarica. La centrale è costituita da due gruppi elettrogeni, uno con una potenza massima di circa 440 kW e l'altro di circa 660 kW; la potenzialità complessiva della centrale è di circa 1.100 kW. In relazione alla ridotta produzione di biogas, solo un gruppo è attualmente in grado di funzionare.

Fino al 31 dicembre 2002 la centrale ha prodotto oltre 37 GWh.

Presso la centrale sono presenti anche due torce per la combustione del biogas ad alta temperatura che entrano in funzione in caso di fermo della centrale di recupero energetico. Le torce hanno ciascuna una potenzialità di 1.000 Nm<sup>3</sup>/h.

Gli smaltimenti nelle due discariche di "Bosco Sella" e "antica Idrovora" sono stati ultimati nel 1989 e nel 1998 rispettivamente. In entrambe sono in corso il recupero ambientale e la gestione post-operativa comprendente tutti i controlli e monitoraggi di legge, estrazione e trattamento dei percolati e biogas, con rispettivi recuperi energetici.

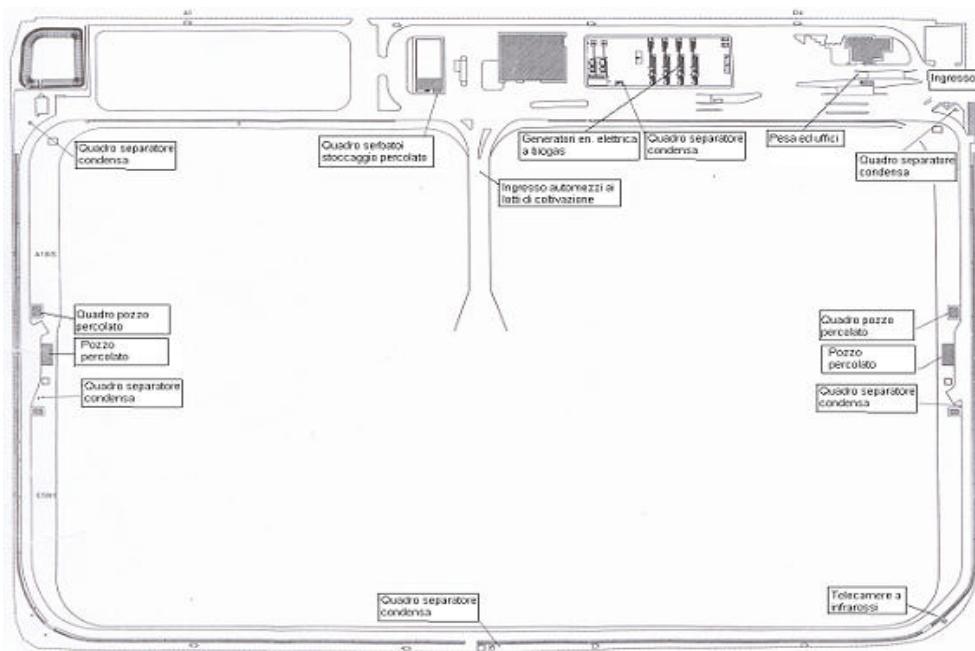


Figura 19 Planimetria della discarica di Montichiari.

## OSSERVATORIO RIFIUTI DELLA PROVINCIA DI TORINO.

La prima tabella che proponiamo fornisce un quadro di sintesi della situazione relativa all'anno 2002. I dati dei principali indicatori vengono inoltre raffrontati con l'anno precedente.

A livello provinciale la produzione complessiva di rifiuti urbani cresce dell'1,5%, mentre il rifiuto indifferenziato conferito a discarica diminuisce dello 0,4% e il quantitativo di rifiuti raccolti in modo differenziato aumenta del 9,6%. La percentuale di raccolta differenziata si attesta sul 21,9%, quindi

ancora al di sotto dell'obiettivo Ronchi del 25% che doveva essere raggiunto già nel 2001.

Dati 2002	n. comuni 2002	n. abitanti 2002	Produz. RU 2001/a	Produz. RU 2002/a	Δ% 02/01	Produz. Kglab/a 2002	Produz. Kglab/a 2001	Δ% 02/01	Smaltim. Discarica 2002/a	Smaltim. Discarica 2001/a	Δ% 02/01	RD 2002/a	RD 2001/a	Δ% 02/01	% RD 2001	% RD 2002
<b>Area NORD</b>																
ASA	51	77.257	37.318	38.768	3,9%	502	31.521	31.898	1,2%	5.721	6.763	18,2%	15.3%	17,5%		
CSR Ciriè	38	90.526	41.509	42.767	3,0%	472	35.021	34.619	-1,1%	6.097	7.733	26,8%	14,7%	18,1%		
SCS	57	108.727	49.707	49.871	0,3%	459	39.683	38.221	-3,7%	9.124	11.388	24,8%	18,6%	22,9%		
<b>Area SUD-EST</b>																
AVSA	22	80.369	35.330	38.196	8,1%	478	30.469	30.151	-1,0%	4.762	7.249	52,2%	13,5%	19,0%		
AMAT	1	990.987	499.995	497.530	-0,5%	552	372.874	372.733	0,0%	124.444	122.162	-1,8%	24,9%	24,6%		
CATTN	9	161.567	74.146	74.046	-0,1%	458	61.699	60.205	-2,4%	12.129	13.660	12,6%	16,4%	18,5%		
CCS	19	112.120	49.026	51.398	4,8%	458	40.406	40.662	0,7%	8.461	10.506	24,2%	17,3%	20,5%		
<b>Area SUD-OVEST</b>																
ACEA	47	142.305	65.985	67.432	2,2%	474	52.398	53.751	2,6%	11.518	13.016	13,0%	17,9%	19,4%		
ACSEL	37	79.353	44.072	45.423	3,1%	572	38.198	37.590	-1,6%	5.793	7.719	33,2%	13,1%	17,0%		
CIDU	16	218.865	106.314	111.663	5,0%	507	65.078	66.708	1,9%	20.945	24.362	16,3%	19,7%	21,6%		
CITS	19	243.633	110.104	113.434	3,0%	466	92.544	89.849	-2,9%	16.673	22.670	36,0%	15,2%	20,0%		
Prov. Torino	316	2.215.769	1.113.465	1.130.528	1,5%	510	879.892	876.416	-0,4%	225.658	247.248	9,6%	20,3%	21,9%		

## Produzione

La produzione di rifiuti urbani - così come definiti dal D.lgs. 22/97 - viene stimata sommando il quantitativo di rifiuti urbani destinati a smaltimento (inclusi i rifiuti ingombranti e i RUP) con quello dei rifiuti urbani oggetto di raccolta differenziata.

Una analisi del dato complessivo della quantità di rifiuti prodotta su base provinciale denota un trend in aumento negli ultimi anni, peraltro a fronte di una lieve diminuzione della popolazione. In particolare si è passati dalle 950.000 t/a nel 1996 a circa 1.130.000 t/a nel 2002 con un aumento complessivo del 19%.

Aumento in parte viziato dal fatto che sulla crescita di produzione degli RU hanno influito, soprattutto negli anni 1998, 1999 e 2000 i flussi di rifiuti assimilabili (RSA) confluiti nel circuito degli urbani a seguito dei numerosi decreti di assimilazione estensiva emanati in quegli anni dai comuni, dell'utilizzo di cassonetti particolarmente capienti, e a seguito della chiusura dell'impianto di smaltimento di Chivasso, riaperto a fine 2001.

Nel 2002 l'aumento risulta contenuto all' 1,5%. La produzione di rifiuti della città di Torino è stabile, mentre altre aree, Chivassese e cintura ovest, denotano aumenti, seguendo anche i flussi residenziali che dalla città si spostano sempre più verso la cintura metropolitana.

Parrebbe quindi che, assorbita la crescita dovuta agli interventi di assimilazione dei rifiuti di origine commerciale ed artigianale ai rifiuti urbani e all'effetto alluvione, la produzione di rifiuti si sia per lo più assestata, seguendo il trend stazionario dei consumi.

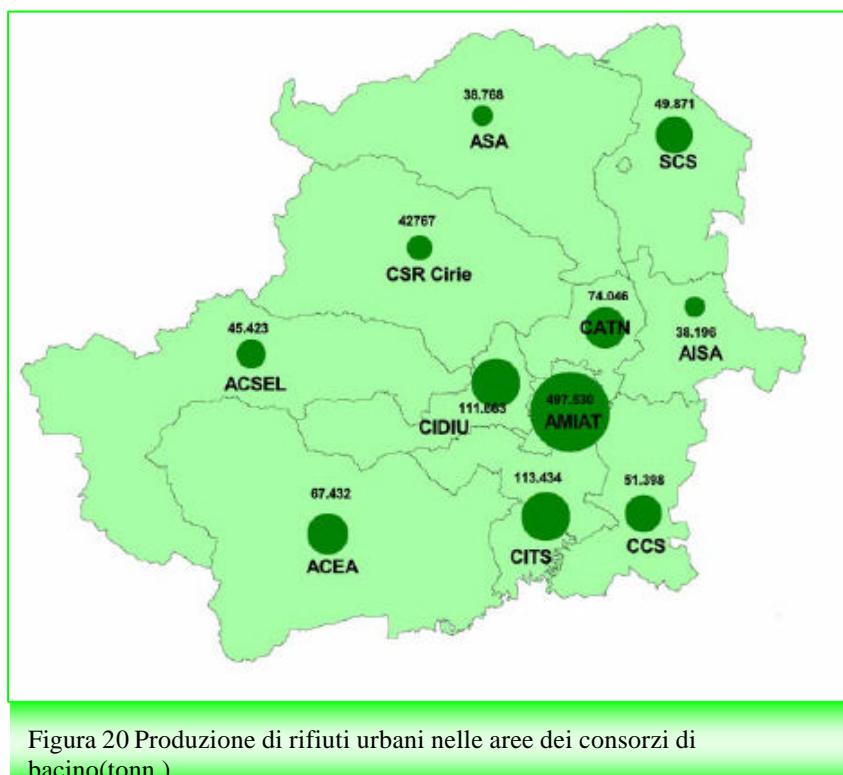
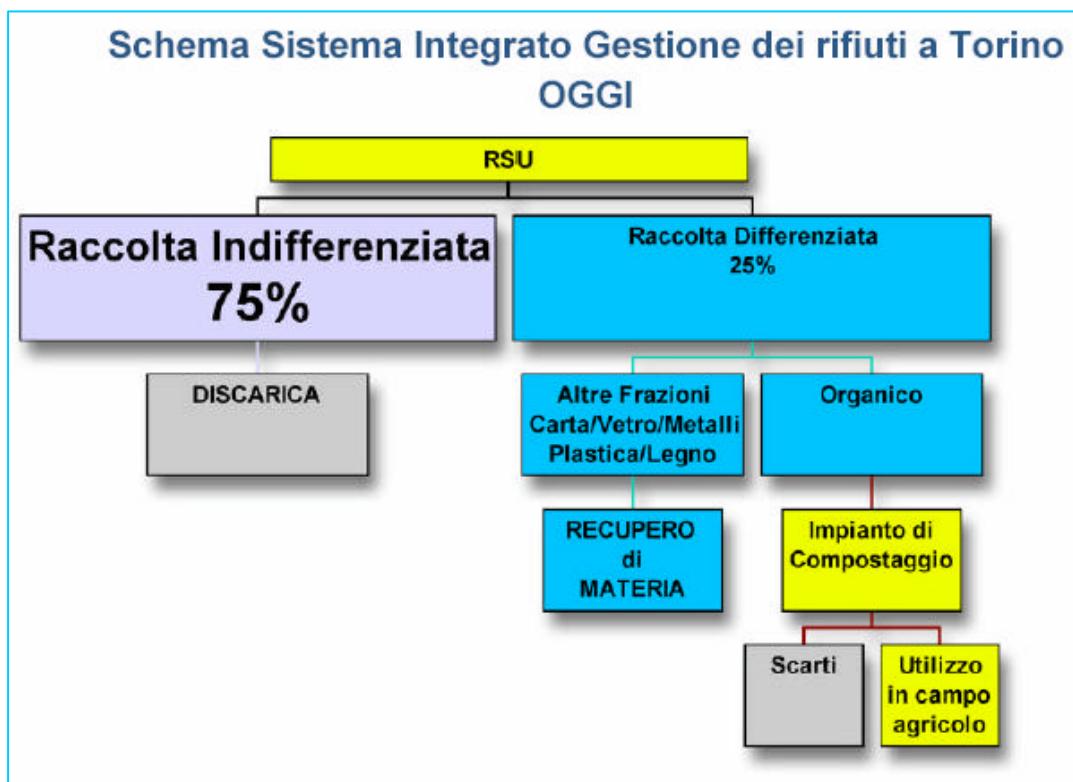


Figura 20 Produzione di rifiuti urbani nelle aree dei consorzi di bacino(tonn.)

## PRODUZIONE PRO-CAPITE.

La produzione pro-capite fa segnare lo stesso incremento contenuto, pari al 1,5%, raggiungendo i 510 kg per persona all'anno.

Le aree con produzione specifica più alta nel 2002 sono quelle dell'alta Valsusa (il dato è influenzato dagli elevati flussi turistici rispetto agli abitanti effettivamente residenti) e della città di Torino, sulla quale invece pesa l'incidenza rappresentata da fattori quali il pendolarismo e la forte presenza di attività terziarie e commerciali.



#### Il sistema di smaltimento delle raccolte differenziate

Nell'anno 2002 lo smaltimento delle frazioni raccolte in modo differenziato è avvenuto attraverso 24 diversi canali di recupero/trattamento, classificabili come segue:

- impianti AMIAT s.p.a. o di società partecipate da AMIAT s.p.a.:
  - impianto di frantumazione inerti di Basse di Stura
  - impianto di compostaggio di Borgaro T.se (Socio ordinario C.I.C.- Consorzio Italiano Compostatori)
  - impianto trattamento beni durevoli di S. Mauro di AMIAT TBD s.r.l.
  - impianto selezione di Collegno della PUBLIREC s.p.a.
- accordi con altri Consorzi nell'ambito di collaborazioni impiantistiche:
  - impianto di compostaggio del verde del CIDIU di Collegno
- convenzioni con tutti i consorzi di filiera di cui al decreto Ronchi aderenti al CONAI
  - RILEGNO
  - COREPLA
  - COREVE
  - COMIECO
  - CIAL

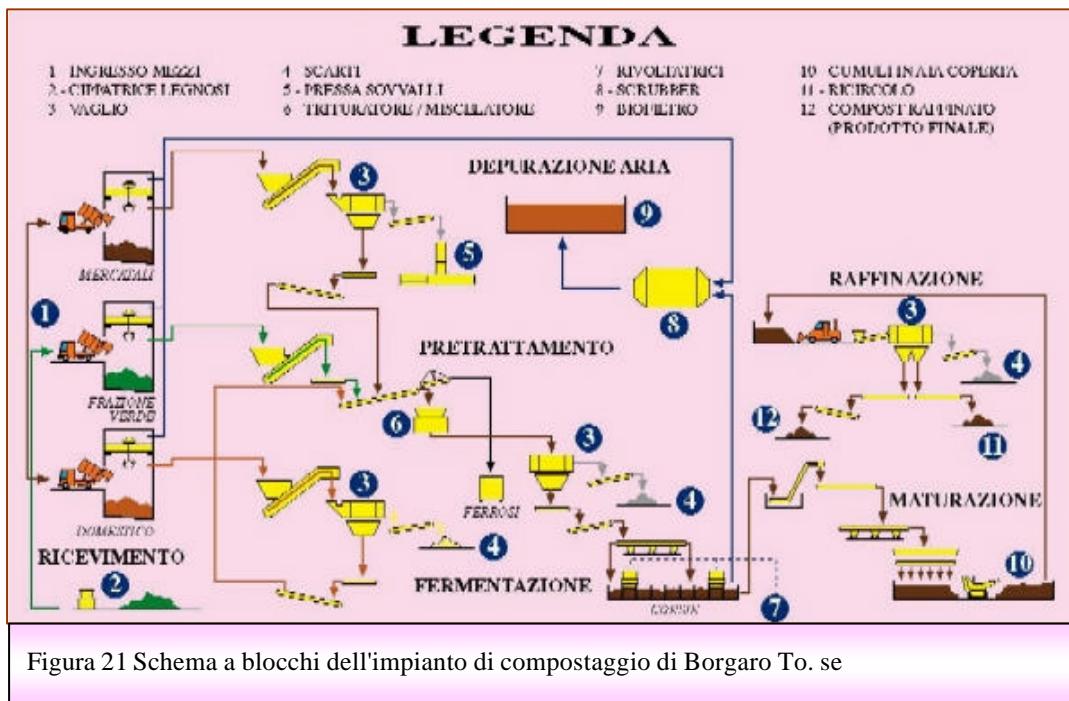
- CNA
- altri consorzi obbligatori
  - COBAT
  - COOU
  - Consorzio nazionale olio vegetali e grassi animali
- consorzi volontari
  - CONIP
- altri operatori autorizzati

Considerando che nel caso degli accordi con i consorzi di filiera un certo materiale viene ripartito su 2 o più aziende consorziate, complessivamente il sistema di smaltimento delle raccolte differenziate curate dall'AMIAT nel 2002 coinvolge circa 30 aziende diverse.

#### **IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO DI BORGARO Torinese.**



L'impianto Amiat per il trattamento dei rifiuti ad elevata componente organica consente all'Amiat di trattare autonomamente i materiali provenienti dalla raccolta differenziata della frazione organica proveniente condotta presso mercati, supermercati, mense scolastiche, locali di ristorazione e utenze domestiche della città di Torino. A questi materiali si deve aggiungere la frazione costituita dai materiali legnosi non trattati, quali potature di parchi e di viali pubblici e privati e le cassette di legno dei mercati. Complessivamente l'impianto tratta circa 54.000 tonnellate l'anno di materiali organici selezionate e produce circa 18.000 tonnellate di compost di qualità idoneo all'utilizzo in agricoltura, floricoltura, attività vivaistiche. La superficie occupata è di 70.000 mq di cui 30.000 mq circa coperti. L'impianto è stato progettato in modo che nel momento della ricezione dei materiali, l'apertura sacchi, la se paratura dei materiali inquinanti ed il compostaggio avvengano in locali chiusi e mantenuti in depressione; l'aria captata prima di essere rimessa nell'atmosfera, viene sottoposta a depurazione e deodorazione. L'area dello stabilimento è impermeabilizzata ed i percolati che eventualmente si formano sono raccolti e convogliati in un apposito deposito di raccolta.



### Fasi Di Trattamento

1\_ Ricevimento materiali. Gli automezzi di raccolta in entrata all'impianto vengono pesati all'ingresso e conferiscono gli scarti in apposite fosse separate. Il materiale legnoso prima di essere lavorato, viene stoccati in una apposita piazzola. Una leggera pendenza sul fondo delle tre fosse garantisce il convogliamento dell'eventuale percolato alla rete fognante delle acque nere.

2\_ Ripresa e movimentazione dei materiali. Nelle fosse i materiali vengono movimentati da un carro ponte provvisto di benna a comando idraulico.

3\_Pretrattamento. Questa fase è determinante per la buona riuscita dell'intero processo. Da una accurata separazione della frazione organica dalla plastica e da altri materiali non biodegradabili dipende infatti la qualità del compost. Per questo motivo il pretrattamento avviene su linee separate, che sono il naturale prolungamento delle fosse di scarico: la linea "uno" è dedicata al pretrattamento dei mercatali, la linea "due", a quello dei rifiuti organici . In base alla provenienza del rifiuto cambia infatti il tipo di materiale da scartare prima del processo di compostaggio. In seguito alla vagliatura i rifiuti si trovano più plati al trituratore che opera la calibratura finale, L'ultimo processo preliminare è l'eliminazione delle scorie di ferro presenti nel materiale. Esiste un pretrattamento specifici per il rifiuto organico domestico, per i mercatali e per i legnosi che seguono passaggi in vagli distinti dove i sovvallo seguono un'altra via.



Figura 22 Benna del carro ponte operativa nella fossa

4\_Compostaggio accelerato e maturazione. Il processo, a sviluppo orizzontale con dieci corsie aerate, nelle quali il materiale è disposto in cumuli di altezza di 2 metri e vi rimane per circa 30 giorni. Gli elementi caratteristici dell'impianto sono:

- aerazione forzata a regolazione e tempismo automatici.
- Sistema di rivoltamento a frequenza giornaliera

Al termine del processo è collocato un nastro trasportatore\_elevatore che convoglia il compost nell'area di maturazione. La maturazione consiste in due fasi. Dal compostaggio il materiale viene trasferito nell'edificio di maturazione "primaria" (per un tempo di 30 giorni) dove viene uniformato e distribuito in due cumuli a seconda della provenienza (organici o mercatali). La maturazione "secondaria" della durata di 30 giorni, viene condotta su un'area pavimentata e coperta di circa 1500 mq, adiacente all'edificio.



5\_Raffinazione del compost. Su un'area coperta di circa 300 mq l'impianto di raffinazione, composto da una tramoggia di carico, un vaglio rotante e un separatore densimetrico, opera l'ultima separazione del materiale risultante in: compost raffinato, scarti da riciclare, scarti da smaltire in discarica.

6\_ Stoccaggio finale. Tramite una pala gommata, il compost raffinato viene stoccati in un'area scoperta di 2500 mq opportunamente pavimentata e provvista di rete drenante, per la raccolta dell'eventuale percolato residuo.

7\_ Opere di protezione dell'ambiente. L'impianto è corredato di una abbattimento ad umido dell'aria aspirata e da un deodorizzatore a filtro biologico ( la flora batterica presente nel filtro ossida gli odori presente nell'aria aspirata e depolverizzata).

I rendimenti del processo sono stimabili nei valori sotto riportati, soggetti a variazioni. Le percentuali sono in peso sul materiale in ingresso:

- 33 % smaltito come sovvallo di lavorazione
- 37 % perdite di processo (evaporazione, scarti di raffinazione)
- 30 % compost pronto all'uso.

Tonnellate per anno trattate: 54.000

Tonnellate al giorno trattate: 170

Ciclo di lavorazione : 6 giorni la settimana

Personale impiegato: da 5 a 8 addetti operativi per turno



**Figura 23 Stoccaggio finale**

## **IMPIANTI "BASSE DI STURA"**

Discarica di I° categoria

Gli abitanti della Città di Torino producono attualmente circa 500.000 tonnellate di rifiuti solidi urbani all'anno; la produzione pro capite giornaliera è pari a circa 1,5 Kg/ab. Lo smaltimento dei rifiuti avviene nella discarica di 1<sup>^</sup> categoria di "Basse di Stura". L'impianto ad interramento controllato di Basse di Stura è una discarica autorizzata allo smaltimento dei rifiuti solidi urbani e rifiuti assimilabili agli urbani.

MATERIALE raccolto	% SUL TOTALE DEI RIFIUTI nel 2001	% SUL TOTALE DEI RIFIUTI nel 2002	TONNELLATE RACCOLTE AL 30/06/03	% SUL TOTALE DEI RIFIUTI nel 2003	TENDENZA
CARTA raccolta da Amiat	2,30%	2,30%	5167	2,10%	-
CARTA Progetto Cartesio	6,40%	6,90%	16997	7,00%	+
CARTA Unionmaceri	4,00%	3,50%	*8500	3,50%	=
VETRO/LATTINE	2,20%	2,30%	5908	2,40%	+
PLASTICA ( contenitori per liquidi)	0,60%	0,60%	1674	0,70%	+
PLASTICA (cassette)	0,00%	0,00%	3	0,00%	-
LEGNO da ingombranti	1,30%	1,70%	3605	1,50%	-
FRAZIONE VERDE da avviare al compostaggio	0,90%	0,90%	2463	1,00%	+
FRAZIONE VERDE altri	0,80%	0,80%	*1874	0,80%	=
RIFIUTI ORGANICI	2,60%	3,00%	7750	3,20%	+
RIFIUTI ORGANICI mercati	1,20%	0,20%	937	0,40%	+
MATERIALI INFORMATICI	0,01%	0,01%	29	0,01%	+
ROTTAME LEGGERO	0,80%	0,60%	1368	0,60%	=
ROTTAME (carcasse e pesante)	0,20%	0,20%	272	0,10%	-
BENI DUREVOLI	0,20%	0,20%	462	0,20%	=
ABITI USATI	0,20%	0,20%	410	0,20%	=
ACCUMULATORI	0,02%	0,02%	33	0,01%	-
BOMBOLE GPL	0,00%	0,01%	13	0,01%	=
FARMACI	0,01%	0,01%	26	0,01%	+
PILE	0,01%	0,01%	16	0,01%	+
ALTRI RUP	0,01%	0,01%	35	0,01%	=
FRAZIONE SECCA PUBLIREC	1,70%	1,50%	4501	1,80%	+
PUBLIREC TERZI TORINO	-	0,10%	*190	0,10%	=
INERTI DA MANUTENZIONI DOMESTICHE	4,00%	3,90%	10740	4,40%	+
ALTRI	0,50%	0,50%	*1150	0,50%	=
TOTALE RACCOLTE DIFERENZIATE A TORINO	-		74123		
PERCENTUALE R.D. A TORINO	29,80%	29,40%		30,40%	+
STRINGHE (numero pezzi)	61482				
ALTRI INERTI RECUPERATI	-	-	121978	-	

L' impianto delle "Basse di Stura" ha una capacità complessiva di oltre 15 milioni di metricubi su una superficie di 890.000 metri quadrati ed è suddiviso in otto lotti. Oltre a provvedere allo smaltimento dei rifiuti prodotti nella Città di Torino l'impianto accoglie i rifiuti solidi urbani di parte dei comuni confinanti, quelli di alcuni consorzi di smaltimento limitrofi, i rifiuti speciali assimilabili agli urbani prodotti sullo stesso territorio ed i fanghi prodotti dalla depurazione delle acque reflue civili nell'impianto dell'Azienda Po Sangone. Giornalmente vengono smaltiti circa 2400 tonnellate di rifiuti.



Figura 24 Discarica "Basse di Stura" di Torino (AMIAT)

I vari lotti della discarica sono stati realizzati con le più avanzate tecnologie del settore: strato di argilla, doppio telo impermeabile con interposta rete di monitoraggio, impermeabilizzazione delle sponde e della copertura con successivo ripristino ambientale finale. Una serie di camini verticali permette l'estrazione ed il successivo utilizzo del biogas prodotto attraverso la fermentazione anaerobica dei rifiuti (essenzialmente metano ed anidride carbonica). Il biogas viene sfruttato per la successiva trasformazione, ad opera di impianti realizzati sempre dall'AMIAT, in energia elettrica, termica e meccanica.

E' presente, inoltre, un sistema di estrazione del percolato prodotto

all'interno della massa dei rifiuti che viene inviato attraverso la rete fognaria all'impianto di depurazione dell'Azienda Po Sangone.

A salvaguardia della sicurezza ambientale è stato realizzato un sistema di monitoraggio delle acque di falda con la misura attraverso apparecchiature elettroniche, in continuo, dei parametri chimico - fisici principali, ed un sistema di monitoraggio del biogas.

Due squadre di tecnici vigilano sui rifiuti in ingresso, effettuando controlli sistematici all'atto del conferimento. Tecnici specializzati effettuano, inoltre, controlli direttamente dai produttori, prima della stipula di convenzioni per lo smaltimento di rifiuti speciali assimilabili agli urbani. Gli operatori del laboratorio chimico aziendale partecipano ai controlli, verificano la regolarità dei conferimenti ed effettuano l'audit ambientale. L'AMIAT provvede a raccogliere, stoccare e successivamente inviare ad un corretto smaltimento presso idonei impianti i rifiuti urbani pericolosi: farmaci scaduti, siringhe, pile e prodotti etichettati "T e/o F".

Nell'impianto è anche presente una discarica di 2<sup>a</sup> categoria tipo A per lo smaltimento di materiale cosiddetto inerte, proveniente cioè da demolizioni, costruzioni e scavi. L'AMIAT ha realizzato un

impianto di selezione e frantumazione di questa tipologia di materiale che ne permette il successivo riutilizzo. La potenzialità di trattamento è pari a circa 1.000 - 1.200 tonnellate al giorno. Attualmente tutto il materiale prodotto dall'impianto viene utilizzato per la copertura giornaliera dei rifiuti e per la realizzazione di strade di accesso alla discarica e di rilevati di contenimento, con notevole risparmio per l'acquisto di materie prime.

Come abbiamo detto in precedenza in discarica vengono smaltiti diverse tipologie di rifiuto, rifiuti solidi urbani, speciali assimilabili e fanghi di depurazione acque per un totale di 927.399 tonnellate solo nel 2002.

Rifiuti conferiti alla discarica Basse di Stura nel 2002 (tonn)			
	Torino	Altri	Totale
Rifiuti urbani (R.U.)	372.733	312.699	685.432
Rifiuti speciali assimilabili (R.S.A.)	26.516	92.125	118.641
Fanghi da depurazione acque	273	123.053	123.326
<b>Totale</b>	<b>399.522</b>	<b>527.877</b>	<b>927.399</b>

Da essa si sviluppano grossi quantitativi di biogas che vengono accuratamente estratti con un delicato sistema di aspirazione, seguitamente vengono impoveriti della fase condensabile e più dannosa per l'impiantistica per essere bruciati in appositi motori a combustione. In merito alle quantità dei singoli inquinanti, indicizzate rispetto la quantità di energia prodotta, si evidenzia che:

- La concentrazione rilevata nelle emissioni di SO<sub>2</sub>, SOV e H<sub>2</sub>S è uguale al limite strumentale del metodo di analisi, ed inoltre, nettamente sotto il limite di legge.

<b>Impianto estrazione bioga</b>	Portat	8.000 Nm <sup>3</sup> /h
	Camini	322
	Pozzi duali (biogas + pneumatico per percolato)	14
	Stazioni di aspirazione e	9
	Depressione testa	- 5

- La concentrazione di HCl è circa il 27% del limite di legge;

- L'ossido di azoto, pur aumentando complessivamente di poco, presenta una riduzione complessiva dell'indice riferito alle TEP prodotte;

- Anche per il monossido di carbonio la quantità relativizzata alle TEP prodotte presenta un calo rispetto al 2000.

- L'acido fluoridrico presenta un calo del 79%.

<b>Impianto di recupero energetico</b>	Motori alimentati a biogas	7
	Potenza complessiva	7.000 kW
	Torce di sfioro	3
	Biogas estratto 2002	32.500.000 Nm <sup>3</sup>
	Energia prodotta anno 2002	39.990.000 kWh
	Utenze equivalenti anno 2002	Circa 20.000 utenze domestiche
	Biogas altre utenze (riscaldamento sede, cessione forno ASL, ecc.)	2.700.000 Nm <sup>3</sup>

## Il Recupero Ambientale

La discarica di prima categoria di "Basse di Stura" è un impianto di smaltimento per rifiuti urbani e speciali non pericolosi provenienti dall'area torinese.



La coltivazione della discarica avviene in elevazione, mediante la formazione di rilevati perimetrali di contenimento realizzati in ghiaia naturale.

Per il recupero ambientale finale dell'impianto e la riduzione progressiva dell'impatto visivo, le superfici di copertura finale della discarica sono sottoposte all'operazione di inerbimento contribuendo in tal modo, al consolidamento degli stessi rilevati perimetrali.

**Figura 25 Veduta dei rilevati perimetrali di contenimento in corso di progressivo recupero.**

La discarica di "Basse di Stura" è costituita da due impianti distinti:

- la vecchia discarica esaurita nel 1982;
- il nuovo impianto tuttora in esercizio.

L'AMIAT ha realizzato nell'impianto di discarica esaurito interventi di forestazione intensiva che prevedevano l'utilizzo di compost come ammendante.

A partire dall'anno 2000, il compost proveniente dall'impianto di Borgaro Torinese, viene normalmente utilizzato come ammendante, strutturalmente integrato nello strato di terreno agrario, per le operazioni di recupero ambientale della superficie esterna del Nuovo impianto.

L'utilizzo di compost come ammendante per la formazione dell'ultimo strato dei rilevati contribuisce alla riduzione delle materie prime utilizzate in impianto, permette un più rapido

attecchimento delle specie vegetali utilizzate e concretizza il miglioramento continuo delle prestazioni ambientali come previsto dal Sistema di Gestione Ambientale del sito "Basse di Stura". Nell'immagine qui a fianco si possono vedere i risultati dell'utilizzo dell'ammendante per il recupero ambientale dello spazio occupato dalla discarica.



#### **IMPIANTO SELEZIONE DI COLLEGNO DELLA PUBLIREC s.p.a.**

Publirec è azienda dal 1997; essa nasce per espressa volontà di un comitato costitutosi nel 1996 per accedere ai finanziamenti della Comunità Europea attivati dalla Regione Piemonte per le "aree a declino industriale".

Il progetto, presentato dal Comitato, ottiene un finanziamento di 13,3 miliardi di lire, cioè il 70% del costo complessivo della costruzione dello stabilimento e degli impianti.

Nella complessa vicenda della nascita della "fabbrica ambiente" sono da segnalare l'attenta regia della Regione, la Provincia e l'impegno degli azionisti, che hanno contribuito alla definizione dell'accordo di programma sottoscritto il 26 Giu. 1997 da Regione, Provincia di Torino e Comune di Collegno, per poter insediare, nei ristretti tempi previsti dalla Comunità Europea lo stabilimento sul territorio collegnese.

L'azienda ha lo scopo di raccogliere, selezionare, stoccare e rivendere cartone,



**Figura 26 Trattamento di alcuni materiali conferiti.**

legno, ferro, valorizzando in modo particolare le plastiche. Tutto questo è nato come risposta alle Direttive Europee, leggi nazionali e regionali e soprattutto al Programma Provinciale di Gestione dei Rifiuti. La quantità di rifiuti assimilabili agli urbani prodotti nella sola Provincia di Torino è di circa 200.000 t/a e il Piano Provinciale prevede, per i rifiuti industriali di origine industriale una intensificazione dei recuperi, in particolare alle quote di imballaggi, carta e materiali plastici.

Al netto dei quantitativi già oggetto di recupero, si prevede un fabbisogno di valorizzazione aggiuntivo per ca. 120.000 t/a, equivalenti ad una valorizzazione effettiva di ca. 95.000 t/a (corrispondente ca. al 70% del flusso). Ne deriva la necessità di potenziare e qualificare gli impianti di selezione, recupero e valorizzazione per raggiungere gli obiettivi prefissati. Resta inoltre da verificare l'idoneità di un impiego energetico nella produzione di CDR per la quota di assimilabili non valorizzabile con il riciclaggio.

La valenza netta dell'azienda torinese è costituita dalla sottrazione di materiali dalla discarica che comporta una maggiore sostenibilità della gestione di rifiuti, ma è anche quella di agire per una produzione minore di inquinamento, per un risparmio di materia ed energia.

Publirec opera un servizio anche per molti "clienti privati" che, con il passare dei mesi, tendono ad aumentare come numero e come quantitativi di conferimento. Sotto il profilo produttivo e commerciale ha valenza strategica l'essere piattaforma dei Consorzi di Filiera CONAI. Essa è inoltre convenzionata con le cinque più importanti Associazioni agricole del Piemonte e si pone come riferimento tecnico-organizzativo per la raccolta, il conferimento ed il trattamento dei teloni agricoli e degli altri materiali plastici usati in agricoltura.



#### LE PRODUZIONI

L'azienda, nata per trattare solo gli RSA e le plastiche agricole provenienti da tutto il Piemonte, lo stabilimento industriale è dotato di due linee di cernita, trattamento e valorizzazione degli

imballaggi e degli ingombranti, e di una linea di recupero dei materiali plastici di polietilene, di cui sono composti i teli agricoli, i sacchetti neri dell'immondizia e i flaconi di shampoo, bagnoschiuma, detersivi, ecc. E se con le due prime linee generali, per il semplice fatto di separare, vagliare e pressare il materiale, si dà valore di mercato ad una merce già declassata a rifiuto, con la linea specifica della plastica che viene lavata, macinata, estrusa in piccoli granuli pronta per il suo reinserimento nel mercato. La plastica, generalmente di tipo polietilene ad alta densità, riprende forma principalmente come imballaggio flessibile (sacchetto della spesa, sacco per la spazzatura), come recipiente per prodotti liquidi



ANNO	Q.tà rifiuti lavorati
1999	2000 TON
2000	22.000 TON
2001	33.000 TON

Figura 27 Linee di trattamento, estrusione e separazione dei materiali conferiti alla Publirec.

(detersivi, olii...) o miscelato con altre plastiche per la realizzazione di vasi, tubi, ceste.

A tutela dei consumatori il Pe riciclato non può essere riutilizzato come imballaggio per alimenti. Proprio perché la lavorazione del Pe ha un buon valore aggiunto, la Publirec ha investito fortemente per migliorare il ciclo produttivo.

L'impianto di selezione, dalla sua nascita (30.11.99) ha lavorato:

NB. L'impianto è stato progettato per una potenzialità di produzione di 75.000 tonnellate.

### IMPIANTO TRATTAMENTO BENI DUREVOLI DI S. MAURO (AMIAT TBD s.r.l)

Dal 1997, con l'emanazione del Decreto Ronchi le apparecchiature elettriche ed elettroniche si è stabilito che i beni durevoli a fine vita (frigoriferi, surgelatori e congelatori, televisori, computer) devono essere conferiti ai rivenditori all'atto dell'acquisto del nuovo apparecchio. Tale procedura diventerà obbligatoria per una decisione comunitaria dal 15 agosto 2005. Nel frattempo, chi produce un rifiuto elettrico od elettronico, lo deve consegnare alle aziende autorizzate a raccogliere i rifiuti o ai centri specializzati nel trattamento e nel recupero. Ciò al fine di eliminare sostanze pericolose per l'uomo e per l'ambiente, recuperando le materie prime ed i componenti che possono tornare nel ciclo produttivo e conferendo in discarica solo le parti non pericolose e non recuperabili.



I cloro-fluoro-carburi (CFC) e gli idro-fluoro-carburi (HCFC), comunemente noti come freon, sono presenti nel circuito di refrigerazione dei frigoriferi e condizionatori d'aria.

L'impianto di trattamento di beni durevoli di Torino li mette in sicurezza asportando ed eliminando le sostanze nocive. LAMIAT TBD opera anche nel riciclaggio e bonifica dei rifiuti elettronici (Pc, monitor, televisori, stampanti, cellulari, etc.). Esso offre il proprio servizio, oltre che alle aziende ed imprese di igiene urbana che raccolgono beni durevoli dimessi da privati cittadini, anche alle imprese di servizi pubblici e privati, fornendo un servizio di ritiro e trasporto.

### PROCESSO DI TRATTAMENTO DEI RAET



Il processo.

Il processo che interessa il trattamento di questi beni si articola in due fasi:

1\_ Il recupero di componenti riutilizzabili e riciclabili (Fe, Cu, plastiche, vetro..)

2\_La raccolta e lo smaltimento di tutte le componenti pericolose per l'uomo e l'ambiente (oli, Cd, Pb, Hg, Cr).

## **PROBLEMATICHE DELLE ANALISI DI MONITORAGGIO DELLA DISCARICA DI VALENONCELLO (PORDENONE).**

Mentre la progettazione e la costruzione degli impianti di discarica hanno raggiunto un livello soddisfacente, lo sviluppo dei sistemi di monitoraggio delle acque di falda e del percolato, presso tali impianti è ancora da considerarsi all'inizio.

Durante l'attività di controllo sono state riscontrate molte incongruenze connesse alla mancanza di regolamentazione dei moderni sistemi di monitoraggio.

Gli attuali sistemi di monitoraggio in molti casi portano a dati inaffidabili con possibili conclusioni errate nella fase di acquisizione e di valutazione dei siti in esame.



**Figura 28 Zona di coltivazione discarica di Valenoncello (PN).**

### **INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO DELL'IMPIANTO DI SMALTIMENTO RSU**

L'area destinata al primo lotto della discarica è sita in territorio di Pordenone ed è ubicata nella fascia interfluviale poco lontana dalla confluenza dei due fiumi Meduna e Noncello.

Esso occupa una superficie di circa 4,4 ettari, pianeggiante con quote comprese tra 18 e 15 metri s.l.m., decrescenti verso il Meduna.

Come messo in luce dalla campagna geognostica eseguita sull'area di ampliamento, i terreni presenti nei primi 8-10 metri da p.c. sono prevalentemente a componente fine limosa.

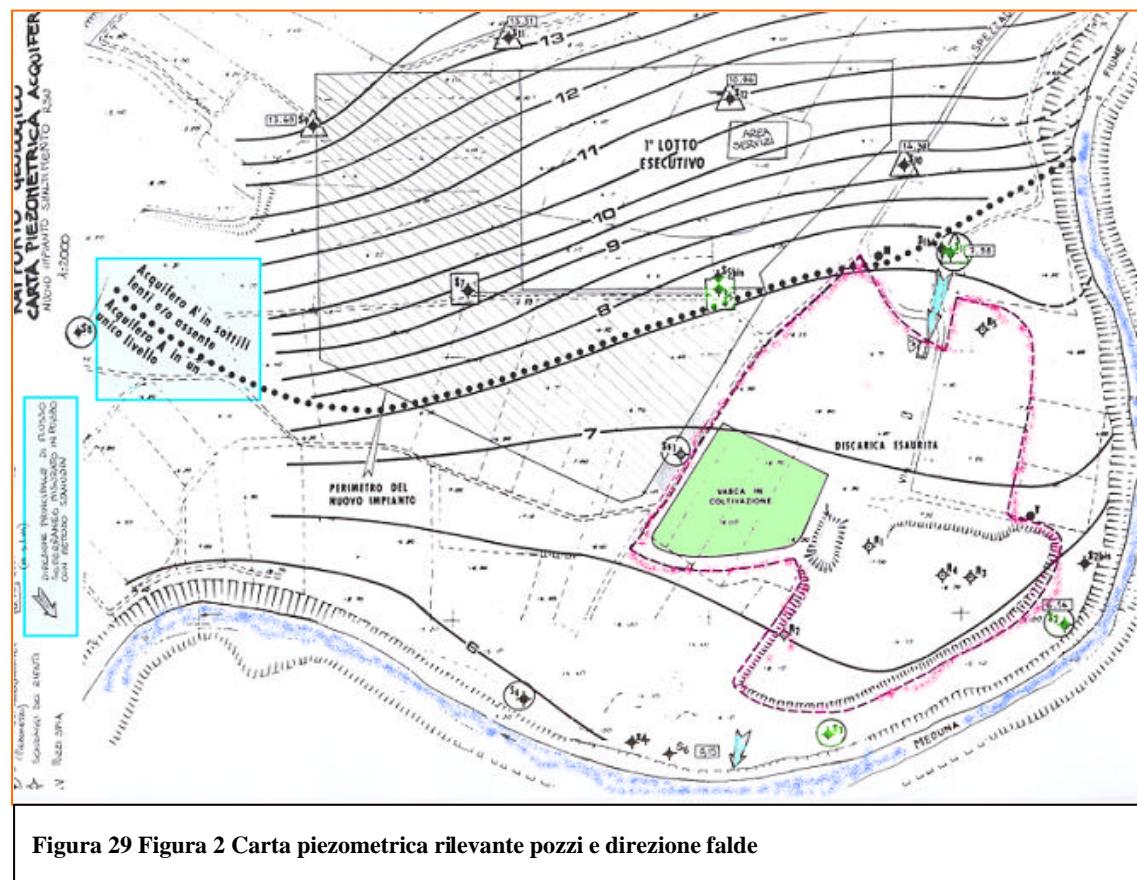
I limitatori sabbiosi presenti hanno un grado di addensamento piuttosto scarso e caratteristiche geotecniche generalmente mediocri.

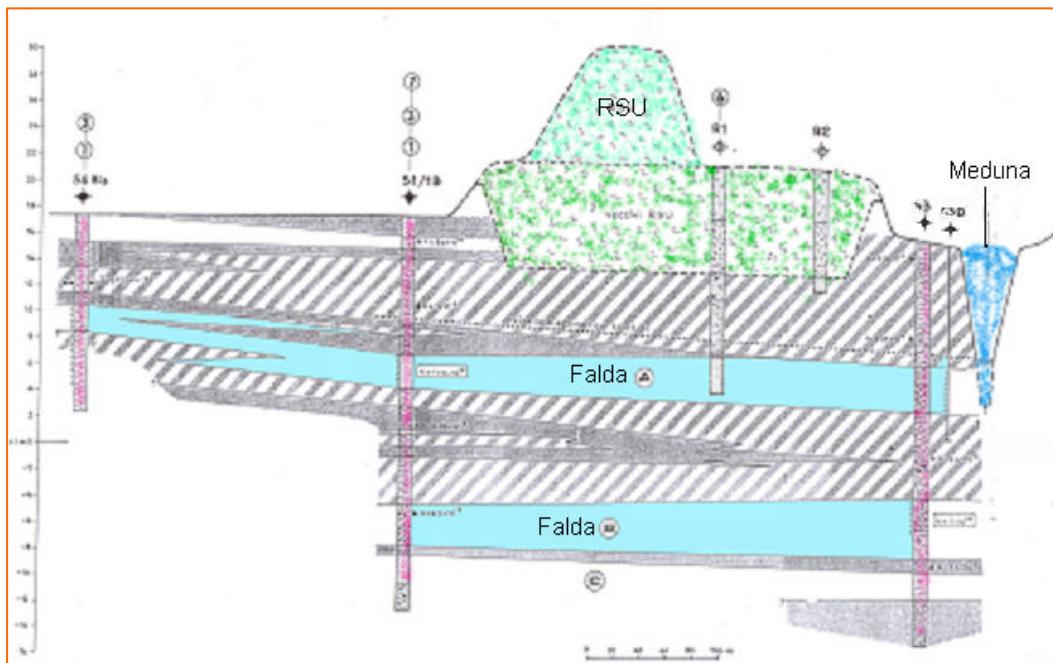
Gli studi eseguiti hanno portato all'individuazione nel sottosuolo dell'area dell'attuale discarica, di due livelli acquiferi principali:

**Acquifero A**, costituito da sabbie medie e fini limose, con livello statico risalente intorno ai 7-8 metri dal p.c.

**Acquifero B**, costituito da sabbie medio fini e ghiaie sabbioso limose con livello statico risalente intorno agli 8 metri dal p.c.

I due acquifero sono separati da setto a permeabilità molto bassa che impedisce la comunicazione idraulica verticale tra di loro. La permeabilità dell'acquifero A è molto bassa e infatti le varie prove di pompaggio eseguite sui piezometri hanno evidenziato tempi di recupero del livello statico molto lunghi. Nell'area destinata all'ampliamento gli accertamenti di dettaglio eseguiti per la progettazione esecutiva del 1° lotto, hanno evidenziato che l'acquifero A non è sempre presente.





**Figura 30 Figura 30 Sezione idrogeologica sito discarica (PN)**

Relativamente alla possibilità di infiltrazioni di percolato nelle falde sotterranee e nelle acque superficiali, la struttura geostratigrafica locale dell'area interessata dalla realizzazione del lotto 1°, non presenta problemi di isolamento sia per la presenza di limitati livelli sabbiosi che dalla loro natura lenticolare.

Gli elementi più significativi del quadro idrogeologico locale dal punto di vista del rischio sono:

- nel sottosuolo dell'area occupata dall'attuale discarica l'orizzonte sabbioso superficiale A è continuo, ma tende a chiudersi e a scomparire verso nord.
- l'area più meridionale dell'ampliamento del primo lotto esecutivo, è caratterizzata nei primi 16-18 metri dal p.c. dall'assenza dell'acquifero A, quindi a rischio nullo.
- il primo vero sistema acquifero soggetto a rischio idrogeologico è quello dell'orizzonte A, quando è presente.

Dall'osservazione dei dati ottenuti dai punti di vista idrogeologici e dalle caratteristiche geotecniche del sito su cui è presente l'impianto di smaltimento si sono rispecchiate le difficoltà incontrate nella eterogeneità dei dati ottenuti dai campionamenti effettuati negli anni precedenti. Le difficoltà di intercettazione dei punti delle falde sotterranee più idonee all'ottenimento di campioni rappresentativi di trivellazione con risultati scarsamente confrontabili e a difficile interpretazione.

#### MONITORAGGIO ACQUE SOTTERRANEE

Il monitoraggio, in una realtà più generale, è andato progressivamente affinandosi a seguito sia del miglioramento delle metodiche di prelievo sia con l'aumento del numero di parametri ricercati e

dalla sensibilità analitica dei metodi impiegati e ha conseguentemente portato la necessità di una più completa valutazione dei risultati(vedi fig.).

Infatti,al fine di valutare accuratamente i fenomeni di contaminazione delle falde acquifere,è stata necessaria una corretta valutazione di dettaglio della piezometria locale ed un'elaborazione globale dei dati analitici.

Con riferimento alla planimetria allegata i piezometri per il prelievo delle acque di monitoraggio ambientale sono i seguenti:

**Tabella 2 Piezometri di prelievo delle acque di monitoraggio**

<b>n° piezometro</b>	<b>Sigla sulla planimetria</b>	<b>Posizione rispetto alla discarica</b>	<b>Profondità dal p.c.(m)</b>	<b>Acquifero d'appartenenza</b>
<b>PZ1</b>		Sotto	6	non appartiene ad alcun acquifero(*)
<b>Pz2</b>	Pz4	a monte	12	falda A
<b>Pz3</b>	S61	a valle	12	falda A
<b>Pz4</b>	S60	a valle	25	falda B

(\*)Pozzo individuato con il numero 1: si trova al disotto del sistema di impermeabilizzazione della discarica e da un punto di vista idrogeologico non appartiene al sistema delle falde sotterranee in quanto è stato realizzato durante la costruzione del primo lotto.Esso raccoglie le acque meteoriche che si infiltrano nel terreno circostante creando falde sospese attorno alla discarica che,se non gestite correttamente potrebbero causare pericolose spinte idrostatiche a carico del sistema di impermeabilizzazione.Inoltre può risentire dell'interferenza con i terreni circostanti soggetti ad operazioni agricole.In caso di perdita di impermeabilizzazione,sarebbe il primo sistema ad essere interessato dalla presenza di percolato.

L'acqua del pozzo 1 che proviene dal fondo della discarica viene asportata in un'apposita vasca per la raccolta delle acque meteoriche che è collegata al flusso del fiume adiacente.

Su ogni pozzo vengono effettuati dei prelievi mensili per il corretto monitoraggio dello stato di permeabilizzazione.

In particolare per il pozzo 2 sono state rilevate delle caratteristiche anomale di progettazione che si sono ripercosse sulle corrette metodologie di campionamento e sulla ripetibilità delle analisi.Dalle figure si nota chiaramente la presenza di una notevole quantità di acqua (presumibilmente di natura meteorica)il cui livello è vicino all'imboccatura del piezometro che oltretutto è privo di una chiusura a tenuta stagna che invece è presente nei pozzi 3 e 4.Da ciò risulta chiara la difficoltà degli operatori di considerare attendibili e ripetibili i campionamenti e i risultati delle analisi di controllo che si necessitano per un corretto monitoraggio.

I problemi riscontrati in questa fase sono stati:

- pozzi costruiti in modo non idoneo
- inadeguata protezione del pozzo dall'infiltrazione delle acque superficiali con conseguente contaminazione
- contaminazione da sostanze chimiche durante la fase di fertilizzazione dei campi agricoli delle vicinanze
- pozzi che richiederebbero la rimozione di grandi quantità di acqua durante la fase di spурgo preliminare al campionamento

-eccessiva vicinanza tra i pozzi e le falde che provoca miscelazione con conseguente diluizione dei contaminanti fino a ridurli al di sotto dei limiti di rilevabilità

-In molti casi i progettisti,ma anche gli enti autorizzanti hanno considerato i pozzi situati a monte degli impianti,come punti affidabili di monitoraggio,evitando l'installazione di pozzi di monitoraggio dedicati.

-Sistema di prelievo dell'acqua dal pozzo 1 completamente inadeguato alle caratteristiche idrogeologiche del suolo.

I campioni prelevati da pozzi inadeguati danno spesso luogo ad errori nella valutazione dei risultati del monitoraggio, poiché sono spesso progettati con obiettivi differenti dal campionare aliquote significative di acqua.Sistemi di monitoraggio inaffidabili producono generalmente un ritardo nel riconoscimento delle variazioni dei parametri tipici della contaminazione.

Il confronto della qualità delle acque munte da pozzi situati a monte e a valle rispetto al deflusso delle acque sotterranee,per gruppi di parametri chimici significativi non ha permesso la rivelazione del metodo più affidabile,al fine della valutazione dell'impatto ambientale degli impianti di smaltimento e trattamento dei rifiuti,soprattutto in mancanza di dati relativi analitici locali antecedenti alla costruzione dell'impianto e all'incongruenza dei risultati.

Si necessita una standardizzazione delle procedure di campionamento e di valutazione,si chiedono sistemi di monitoraggio unificati ed idonei per una valutazione corretta.

Requisiti ritenuti essenziali sono:qualità dei punti di monitoraggio adeguati a garantire l'intercettazione del pennacchio di contaminazione da parte dei pozzi di controllo,adeguata fenestratura e collocazione con riferimento allo scorrimento della falda, protezione dei pozzi 3 e 4 da eventuali contaminazioni,adeguamento al sistema di pompaggio delPz1.

Ovviamente i controlli sono sempre stati eseguiti, nelle realtà esistenti sul territorio, impiegando i sistemi presenti ma segnalando immediatamente le inadeguatezze e collaborando alla valutazione dei progetti di adeguamento in stretta collaborazione con gli enti e laboratori interessati.

Occorre comunque osservare che è già possibile,in molti casi,evidenziare la contaminazione delle acque sotterranee seguendo pochi parametri di facile esecuzione tecnica.

L'esperienza dimostra che per le discariche per R.S.U., sono risultati significativi incrementi dei valori di ammoniaca,cloruri,sodio,conducibilità elettrica,ferro,manganese,alcalinità'.

In genere si dovrebbe osservare inoltre la contemporanea diminuzione del valore di potenziale red-ox (rH)e la diminuzione della concentrazione delle forme ossidate dell'azoto( $\text{NO}_3^-$ , $\text{NO}_2$  ),indotte dalla presenza del percolato in falda.

Cosa che dai dati ottenuti dalle analisi effettuate nell'arco di quasi 5 anni (1999-2003) non sono emerse.

## METODOLOGIE ANALITICHE UTILIZZATE

Facendo riferimenti ai prelievi e alle analisi chimiche effettuate dalla Società Hydrotech Area Science Park di Trieste relative ai pozzi presenti presso la discarica in data 2 settembre 1999,cioè nei primi periodi di vita dell'impianto ,si formulano le seguenti osservazioni:

- Dalle prime analisi dell'acqua di pozzo piezometrico 1, sito all'interno della discarica,traspare la possibilità di una iniziale infiltrazione di percolato dedotto dall'elevato valore di conducibilità correlato alla concentrazione di ioni ferro e cloruri superiori ai termini di riferimento riportati a confronto.Le seconde analisi presentano invece,un valore di conducibilità di poco superiori al precedente,a fronte di una drastica riduzione delle concentrazioni di ioni ferro e cloruri e da una sostanziale in variazione degli altri parametri.

- Dalla valutazione dei parametri delle prime analisi fra le misure effettuate a monte,quella all'interno e le due a valle della discarica,si sollevano altre perplessità riguardo l'inversione di tendenza di alcuni valori,quali conducibilità, COD,cromo totale e piombo e la presenza a monte di

un'alta concentrazione di ioni potassio. Tale affermazione risulta confermata anche dalle ulteriori analisi effettuate.

Le considerazioni fatte sulla realtà della situazione si possono riassumere.

-Solo mediante il confronto con una base "storica" di dati analitici su campioni rappresentativi di acqua di falda relativi ai periodi antecedenti l'esercizio è eventualmente possibile trarre indicazioni in merito alla possibilità di interazioni del corpo di discarica con la falda.

-Non è data la conoscenza di una eventuale base storica di dati confrontabili relativi alle acque di falda provenienti dalla medesima area in periodi antecedenti l'impianto a causa della certificata eterogeneità delle caratteristiche idrogeologiche del suolo e dei punti di campionamento.

-Il riferimento ai valori puntuali di specifici parametri analitici non può generalmente essere utilizzato come unico criterio di valutazione in quanto i valori sono generalmente affetti da variabilità e fluttuazioni tipiche di un quadro dinamico come quello in oggetto.

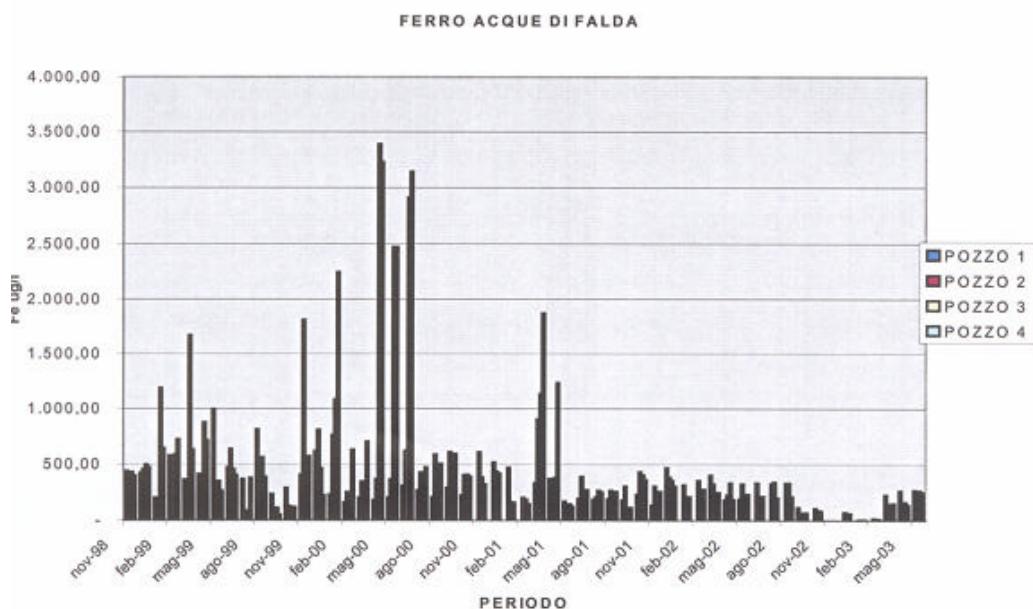
## RISULTATI ANALISI ACQUE DI FALDA DELLA DISCARICA

Dai campioni delle campagne di campionamento che sono state effettuate nell'arco di tempo che va da novembre 1998 a maggio 2003 sono stati ottenuti dei risultati che, come abbiamo accennato precedentemente, sono di difficile interpretazione.

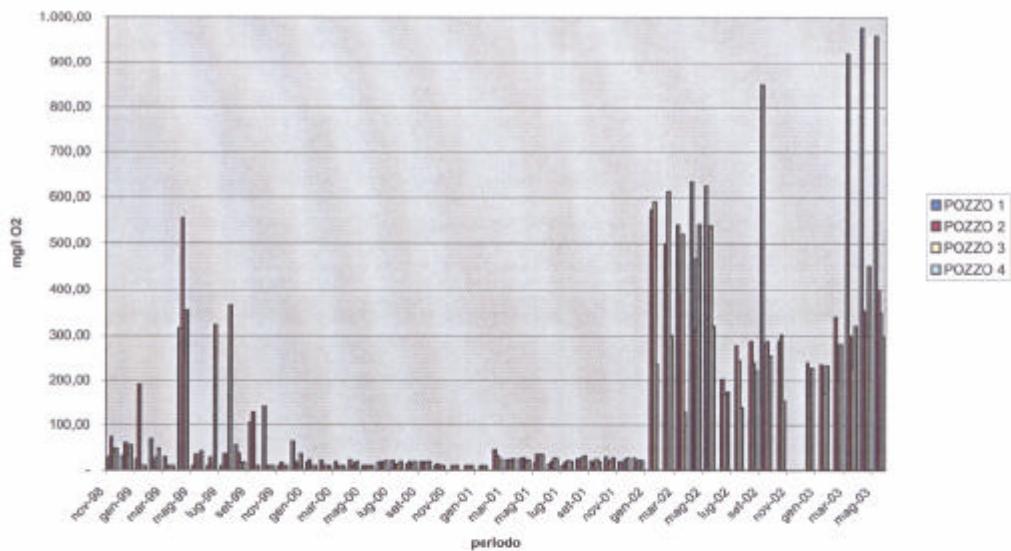
Riportiamo qui di seguito l'andamento dei valori di alcuni parametri significativi riguardanti le acque di falda dell'impianto provenienti dai 4 piezometri.

Come si può notare dai parametri del pozzo 2 (a "monte") confrontati con quelli dei pozzi 3 e 4 (a "valle") risulta spesso che la qualità dell'acqua di falda a monte della discarica è inferiore rispetto a quella che è presente dopo il passaggio attraverso il letto dell'impianto.

Si nota comunque come i valori delle acque al pozzo 2 siano quelli più soggetti a oscillazioni anomale, infatti il piezometro in questione risulta anche quello più soggetto ad inadeguatezze di realizzazione.



C.O.D.



## RIFIUTI URBANI per il Comune di Udine

L'azienda preposta alla raccolta, al trattamento e allo smaltimento dei rifiuti urbani e assimilabili, nonché alla pulizia strade è la NET. s.p.a. che serve un servizio ad una utenza circa pari a 100.000 abitanti. Essa si propone di effettuare servizi su rifiuti di tipologia indifferenziata, differenziata, ingombranti e speciali assimilati. Le tipologie impiantistiche che sono a disposizione per la gestione sono:

- Un impianto di separazione dei rifiuti urbani e assimilati con recupero della frazione secca, dei materiali ferrosi
- Impianto aerobico di compostaggio della frazione organica
- Impianto di pellettizzazione della componente inorganica per produzione di CDR (attualmente non utilizzato)
- Discarica di RSU, RSA e ingombranti.(con produzione di energia elettrica)



Figura 31 Impianto di separazione dei rifiuti urbani e assimilabili con recupero della frazione secca, dei materiali ferrosi e compostaggio aerobico della frazione organica.( Ente gestore DANECO.ud)

## L'impianto In Sintesi

L'impianto non è altro che un sistema di selezione e compostaggio dei rifiuti urbani (RU) e assimilabili (RA) tal quali, con la produzione di CDR e di compost, rispettivamente dal recupero della frazione secca e della frazione umida, e recupero dei materiali ferrosi e non.

E' stato progettato e costruito a partire degli anni '80 e dopo diverse vicende è stato riavviato per rispondere ai dettami del Decreto Ronchi per i seguenti motivi:

- consente l'autosufficienza nella gestione dei rifiuti al Comune di Udine
- separa e recupera materiali importanti dai rifiuti urbani

al fine di produrre energia, produrre ammendante per uso agricolo o per interventi di ripristino ambientale, e per rendere in ogni caso inerti gli eventuali conferimenti in discarica.

Infatti tutti i rifiuti indifferenziati raccolti con le varie metodologie vengono conferiti giornalmente nell'impianto, con una portata massima di 210 tonnellate al giorno e trattati per i fini menzionati precedentemente.

DATI TECNICI GENERALI	
Superficie totale dell'insediamento	52.000 mq
Superficie coperta dell'impianto	15.000 mq ca.
potenzialità nominate dell'impianto	210 t/g
Produzione compost a norma DPR 915/82	8-11% (*)
Produzione CDR (pellettizzato o addensato)	20-30% (*)
Produzione metalli ferrosi e non	1-2% (*)
Scarti di produzione	38-42% (*)
Perdite per evaporazione	18-22% (*)
Produzione ingombranti	3-4% (*)

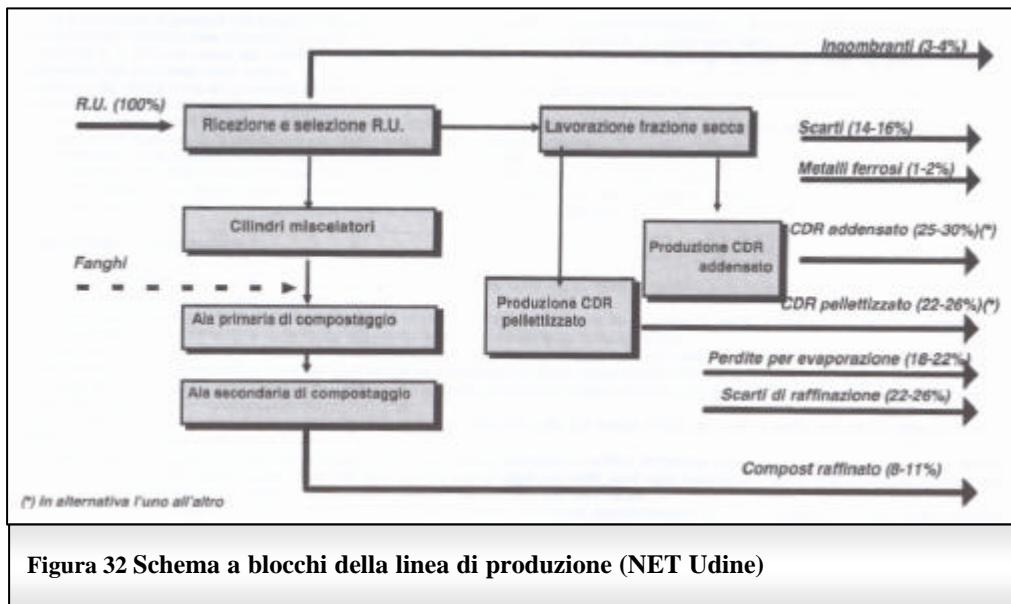
(\*) percentuale sui dati conferiti: i dati sono indicativi in quanto funzione della composizione merceologica dei rifiuti conferiti.

## Il Ciclo Di Lavorazione

Le principali fasi di lavorazione sono costituite da:

1. ricezione e selezione dei RU e dei RA;
2. recupero e pressatura dei materiali ferrosi e a banda stagnata;
3. recupero della frazione secca (sovvallo) e produzione di CDR;
4. biostabilizzazione aerobica della frazione organica con produzione compost;
5. conferimento finale dei prodotti e sottoprodotti della lavorazione;

Una rappresentazione schematica delle fasi di lavorazione sopra riportate è rappresentato nello schema a blocchi presentato di seguito



#### Ricezione e selezione dei RU e RA;

Dopo le operazioni di pesatura che vengono effettuate con pesa a ponte dotata di apparecchiatura elettronica, gli autocompattatori sono inviati alla zona di ricevimento e scarico, dalla superficie di circa 2.500 mq, situata all'interno del capannone. L'apertura e la chiusura veloce dei portello di ingresso ed uscita avviene in automatico su una base del segnale trasmesso dal sensore magnetico posizionato alla base degli stessi portoni.

Lo scarico dei rifiuti avviene sul pavimento dell'area di ricezione dove un addetto alla gestione della ricezione che verifica le corrette procedure di scarico e soprattutto la qualità del materiale scaricato.

L'area di ricezione è dotata di un grigliato per l'eventuale raccolta di percolato che viene convogliato alla fognatura delle acque nere. L'aria della sezione di ricezione viene aspirata e convogliata ai biofiltri. L'alimentazione dei rifiuti conferiti al nastro laceratore di sacchi, viene effettuata con pale meccaniche a tenuta stagna.

#### LINEA DI SELEZIONE E PRETRATTAMENTO;

Dopo il laceratore dei sacchi a nastro, i rifiuti vengono convogliati all'interno del vaglio rotante primario. All'interno del vaglio avviene la separazione del materiale in tre flussi:

-il primo flusso separato è la frazione di sottovaglio da 10 mm composta prevalentemente da materiale inerte, poveri ed una piccola percentuale di frazione organica. Esso viene inviato alla pressa scarti per poi essere conferito in discarica

-il secondo flusso separato è la frazione di sottovaglio da 60 mm, composta in maggioranza da sostanza organica, vetri e inerti con una piccola percentuale di carta e plastiche che viene deferrizzata e inviata alla linea dei cilindri miscelatori.

-il terzo flusso è la frazione di sovvallo che viene inviata al mulino primario per subire la tritazione e quindi la riduzione della pezzatura. Il mulino è di tipo a martelli con la predisposizione ad asse verticale.

Questo materiale subisce, dopo la triturazione, la deferizzazione magnetica per poi essere inviato al vaglio rotante secondario, dove avviene la suddivisione del materiale in ulteriori tre flussi:

- il primo raccoglie la frazione di sottovaglio da 30 mm composta da quantità residua di frazione organica, carta, plastica ed inerte;
- il secondo comprende la frazione di sottovaglio da 180 mm che è composta prevalentemente da carta, plastica, legno ecc. Questo flusso viene inviato alla linea di produzione del CDR;
- il terzo è composto da materiale di sovvallo quali plastiche pesanti e materiali voluminosi difficilmente triturabili;

Il materiale in uscita dal secondo vaglio viene inviato alla pressa e smaltito in discarica.

#### LINEA DI PRODUZIONE DEL CDR

La frazione di sottovaglio da 180 mm in uscita dal vaglio rotante secondario, viene convogliato al separatore balistico.

Questa macchina divide il materiale in tre flussi:

- la frazione leggera, plastica in film, carta, stracci ecc. viene inviata allo stoccaggio del CDR fluff
- la frazione pesante, costituita da plastiche rigide viene inviata alla pressa scarti
- la frazione fine, passante per fori da 8-10 mm dei rastrelli separatori, viene anch'essa inviata alla pressa scarti

La frazione di CDR fluff stoccata all'interno di un silo, viene estratta dall'apposito sistema di estrazione ed inviata, previa deferizzazione, al mulino a lame rotanti per la sua sminuzzatura.

Dopo la riduzione della pezzatura il materiale viene trasportato all'essiccatore per evaporazione.

Dopo questa operazione il CDR viene inviato al silo polmone che alimenta la pressa.



Figura 33 **Vaglio rotante**

#### LINEA DI LAVORAZIONE E COMPOSTAGGIO DELLA FRAZIONE ORGANICA

La frazione organica, proveniente dalla linea di preselezione, dopo la miscela con fanghi e/o verde tritato fine, viene convogliata all'aia primaria di compostaggio.

All'interno della prima aia, il materiale è depositato nella prima vasca di fermentazione.

Dopo una permanenza di circa due giorni, il materiale viene rivoltato nella seconda vasca tramite il sistema automatico di ruota volta-cumuli. La prima aia è composta da sei vasche di fermentazione dove tutti i rivoltamento avvengono in ciclo automatico.

Nella sesta vasca il materiale, mediante la stessa macchina volta-cumuli, viene scaricato sul nastro che provvederà ad alimentare un sistema a nastri che loro volta convoglieranno la frazione organica sul carroponte di formazione dei cumuli installato all'interno della seconda aia di compostaggio. La permanenza della frazione organica all'interno dell'aia primaria è di circa 12 giorni, mentre la permanenza all'interno dell'aia secondaria è di 20-25 giorni.

Sia l'aia primaria che secondaria sono dotate di un sistema di aerazione della massa organica tramite un sistema di ventilatori che aspirano e inviano l'aria all'interno delle apposite cabalette forate di aerazione: al fine del contenimento delle emissioni le due aie si sono state ulteriormente "incapsulate" con una copertura idonea a tenuta.

Il sistema prevede la possibilità di scelta dei tempi di funzionamento dei gruppi di ventilazione ed il tutto funziona in ciclo automatico e/o in ciclo manuale. Terminato il ciclo di igienizzazione e maturazione, la frazione organica viene prelevata dalla pala meccanica ed inviata alla linea di raffinazione.

#### LINEA DI RAFFINAZIONE DEL COMPOST.

La frazione organica compostata viene depositata all'interno dell'apposita tramoggia dosatrice che con un sistema di nastri alimenta il vaglio oscillante.

Il vaglio è del tipo autopulente e divide il materiale in tre flussi:

- Il primo flusso è la frazione di sottovaglio da 2 mm: detta frazione è costituita da materiale inerte che viene inviato al sistema di caricamento cassoni degli inerti;
- Il secondo flusso è la frazione di sottovaglio da 11 mm: la frazione è costituita in prevalenza da frazione organica e materiale inerte;
- Sovvallo che, unitamente agli inerti, viene inviato alla pressa scarti.

Il secondo flusso è convogliato all'interno della tavola densimetrica dove avviene la separazione della frazione "pesante", inerte, dalla parte organica compostata e depurata.

La frazione inerte viene invece convogliata assieme alla frazione di sovvallo del vaglio oscillante, al sistema di raccolta scarti.

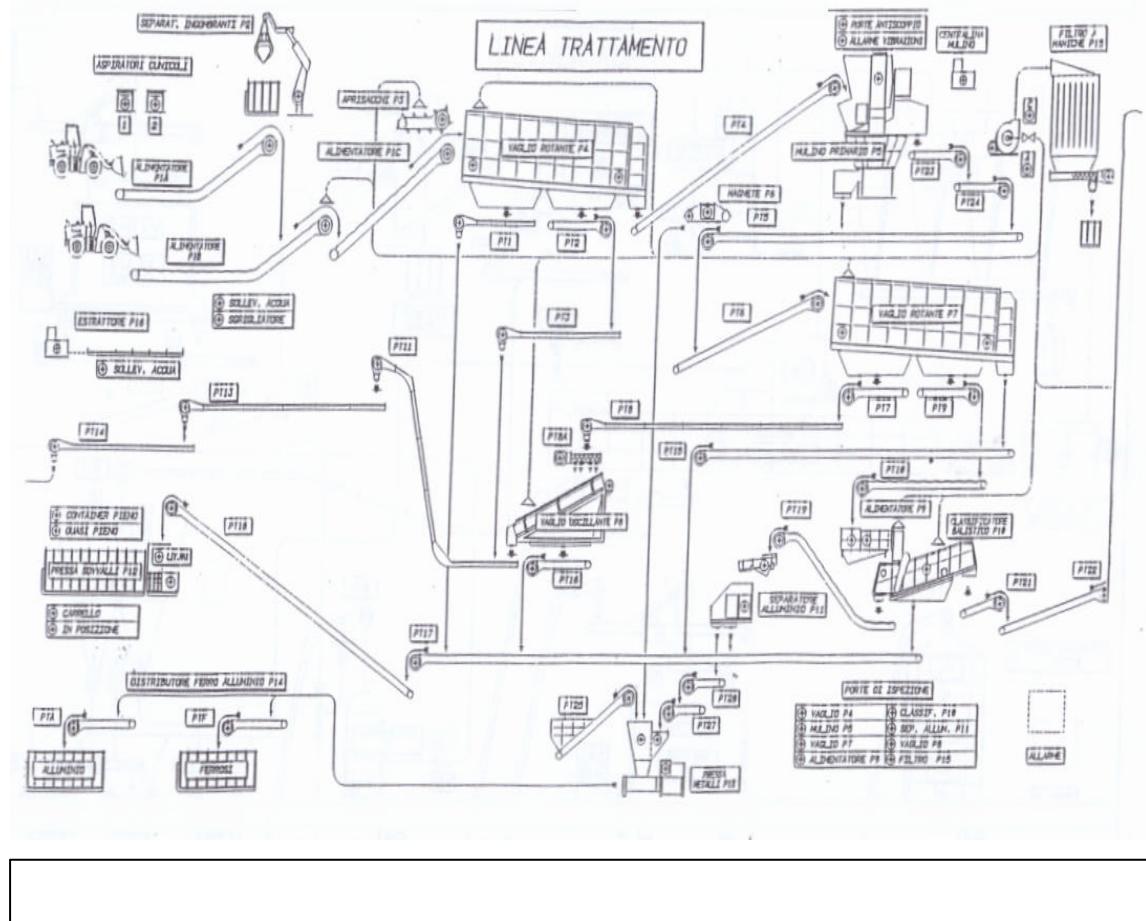
La frazione del compost raffinato viene convogliata al carroponte per la cumulazione e depositata nella zona di stoccaggio all'interno dell'aia primaria.

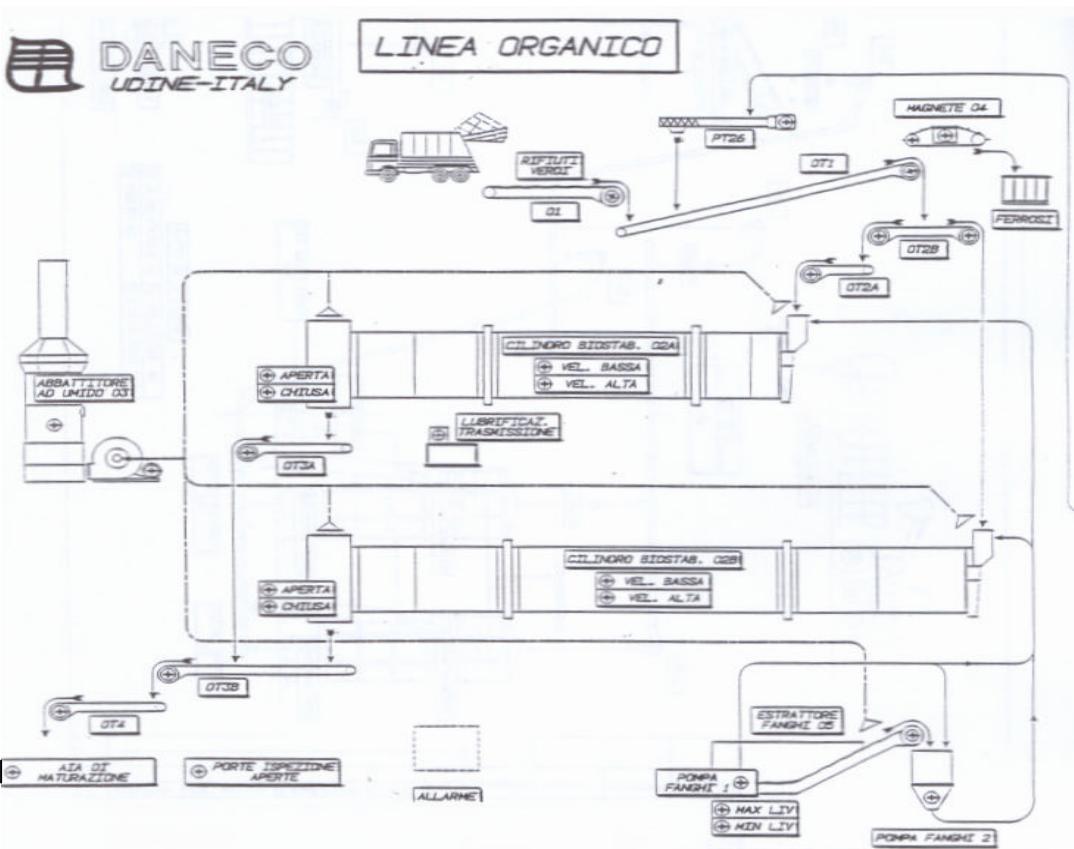
#### Possibili riutilizzi dei prodotti dell'impianto.

Fermo restando che qualunque conferimento a discarica riguarderebbe pur sempre materiale selezionato, lavorato e stabilizzato, i principali riutilizzi e valorizzazioni dei prodotti di lavorazione riguardano:

- *Materiali ferrosi ed alluminio*, i quali trovano ottimi sbocchi di mercato nel settore siderurgico e presso i riutilizzatori;
- *compost*, che può essere riutilizzato quale ammendante agricolo e negli interventi di ripristino ambientale e riutilizzo delle aree dismesse.
- *scarti di raffinazione del compost*, che potrebbero anche essere usati in agiunta alla terra nelle operazioni di copertura giornaliera delle discariche in uso;
- *CDR*, che deve essere riutilizzato come combustibile nei cementifici, nelle centrali a carbone e nei termoutilizzatori per la produzione di energia elettrica e termica.

Per avere una comprensione più chiara del sistema di trattamento e delle procedure di raffinazione riporto nella pagina seguente due schemi, l'impianto era stato progettato provvisto di impianto di pellettizzazione dei materiali ad elevato potere calorifico. In realtà esso viene messo in funzione molto di rado e solo in particolari situazioni di merceologia del rifiuto, in quanto l'elevata temperatura che si sviluppa nel punto di formazione del fluff a monte del pellettizzatore provoca spesso l'auto combustione del rifiuto stesso provocando l'interruzione della linea. Ad ogni modo il problema è stato aggirato con l'uso di presse che agglomerano il rifiuto per il recupero energetico e lo preparano per l'invio in appositi impianti.





**Figura 35 Linea trattamento dell'organico**

### LA DISCARICA IFIM s.r.l. di S. Gottardo (Udine)

Ciò che esce come scarto inutilizzabile dall'impianto di pretrattamento e trattamento descritto precedentemente, viene inviato a smaltimento finale in discarica.

La discarica da me visitata durante il periodo di stage è l'impianto IFIM in località S.Gottardo Udine per lo smaltimento do RSU con annesso impianto di cogenerazione alimentato con biogas per la produzione di energia elettrica. Essa ha una superficie (autorizzata) di 65.000 m quadrati con una profondità do 30 metri per un volume totale definitivo di 1.000.000 metri cubi In esso convertono anche i risultati delle raccolte di rifiuti indifferenziati provenienti da altri comuni che non hanno la possibilità di operare un pretrattamento adeguato per la rimozione della fase organica. Ed è proprio grazie alla decomposizione degli organici che l'impianto può essere considerato come un vero e proprio "bireattore".

La produzione di energia elettrica nell'impianto della I.F.I.M. s.r.l.

Nella tabelle sottostanti vengono riassunte le principali caratteristiche dell'impianto, le quantità del biogas recuperato e di energia elettrica prodotta e ceduta all'ENEL a partire dal 1994 (anno di costruzione dell'impianto).

n° motori tipo endotermico a ciclo otto	4
Potenza linda dell'impianto	2.640 kW
Potenza netta cedibile	2.500 kW
Energia producibile annualmente	15.000.000 kWh/anno
Energia prodotta dal 1994	> 80.000.000 kWh

**Tabella 3Caratteristiche impianto di produzione di energia elettrica.**

Dalla tabella sottostante si può osservare che più del 90% dell'energia elettrica prodotta viene ceduta all'ENEL ed emessa nella rete pubblica di distribuzione.

Anno	Energia prodotta	Energia ceduta all'ENEL kWh	Biogas recuperato (mc)
1994	6,631,810	6,039,720	4,973,858
1995	15,404,300	13,915,720	11,553,225
1996	15,179,260	13,896,680	11,384,445
1997	12,473,650	11,423,080	9,355,238
1998	12,418,530	11,228,760	9,313,898
1999	10,489,400	9,409,560	7,867,050
2000	6,933,300	6,093,160	5,199,975
al 07/2001	1,855,106	1,646,860	1,391,330
<b>Totali</b>	<b>81,385,356</b>	<b>73,653,540</b>	<b>61,039,017</b>

Se si considera che una famiglia tipo 4 persone consuma in media per usi domestici dai 2400 a 3000 kWh all'anno, con l'energia prodotta annualmente da un impianto con le caratteristiche sopra elencate, alimentato con biogas di discarica, è possibile soddisfare giornalmente a circa 6000 utenze, che corrispondono a circa 24000 persone. Questo dovrebbe significare che circa un quarto degli abitanti di Udine ha usufruito ogni giorno in questi anni di energia elettrica recuperata dal biogas dell'impianto di smaltimento della IFIM s.r.l.. Ad oggi sono stati recuperati più di 60.000.000 di metri cubi. Essendo il peso specifico del biogas circa pari a 1 kg/mc è possibile quantificare in circa 60.000 tonnellate la materia recuperata dalla discarica sottoforma di biogas. La discarica di 1° categoria di S.Gottardo della IFIM s.r.l. operativa dal '84 è in fase di esaurimento. Dall'analisi del materiale prelevato durante gli scavi per la realizzazione degli ultimi pozzi di captazione è stato considerato come i rifiuti depositati 15 anni fa in discarica hanno raggiunto quasi la completa mineralizzazione.

La produzione di biogas contiene percentuali variabili tra il 40 e 60 % di metano e che è dotato quindi di un potere calorifico pari a circa 4000-5000 kCalorie. La captazione del biogas viene realizzata sia attraverso un sistema di tubazioni poste orizzontalmente (trincee drenanti) rispetto alla massa dei rifiuti stessi e sia attraverso un sistema di pozzi verticali.

Le linee di captazione orizzontali sono formate da tubi microfessurati in HDPE di diametro di 125 mm, sistemati all'interno di ghiaia grossolana che funge da filtro tra la massa dei rifiuti ed il tubo fessurato. Nella discarica sono inoltre funzionanti circa 70 pozzi verticali di diametro di 160 mm. Nella produzione di biogas in discarica viene continuamente monitorata la percentuale di metano, anidride carbonica, ossigeno, la temperatura, e la pressione ai fini dell'ottimizzazione della sua captazione del suo utilizzo. Viene effettuato altresì un controllo giornaliero dei collettori che

collegano i pozzi e le trincee alle stazioni di condensazione e regolazione. L'impianto di aspirazione comprende quattro stazioni di regolazione e controllo, a cui convergono i collettori in HDPE provenienti dalle linee di captazione; il biogas viene estratto da tre aspiratori con una portata nominale di 700 Nm<sup>3</sup>/h (0,194 Nm<sup>3</sup>/s) e prevalenza nominale di 20 kPa. Il gas estratto attraverso il collettore per essere avviato o alla torcia (a combustione interna con temperatura maggiore di 1000°C) o alla centrale di recupero energetico. La centrale di aspirazione è controllata automaticamente da apposite strumentazioni per il controllo della fiamma pilota e ad dispositivi automatici di sicurezza con controllo della percentuale di ossigeno captata, in grado di intervenire sulla linea di captazione per bloccarne eventualmente l'estrazione.

#### Trattamento del biogas

Il biogas destinato alla trasformazione energetica viene depurato da uno specifico impianto realizzato dalla PHYTEX tedesca. Il recesso di trattamento è composto da torre di lavaggio e da colonne di assorbimento entro le quali è fatto lussare il biogas al fine di separare le sostanze dannose.

#### La centrale di recupero energetico

L'impianto di utilizzo del biogas a scopo energetico è composto, come abbiamo detto precedentemente da 4 gruppi elettrogeni Caterpillar-Mod.G3512 Si-TA con motori a ciclo otto turbocompressi, tre dei quali con potenza nominale di 650 kW ciascuno ed uno con potenza nominale di 720 kW. L'energia prodotta a 380 V viene trasformata a 20.000 V, immessa nella rete ENEL e destinata all'uso pubblico. Gli alternatori sono sincroni, coassiali. Le caratteristiche generali del gruppo di recupero energetico sono:

Biogas trattabile per anno	3 milioni m <sup>3</sup> ca.
Potere calorifico medio biogas (CH <sub>4</sub> al 50%)	4.250 Kcal
Potenza nominale singolo gruppo	720 Kw/h
Rendimento elettrico	30-35%
Biogas consumato per singolo gruppo al 100% di regime	450 Nm <sup>3</sup> /h
Pressione di alimentazione	100 mbar

Ogni motore è sistemato in un container (insonorizzante) comprendente anche il sistema di espulsione dei gas incombusti e l'impianto è dotato di un opportuno sistema di rilevamento di fughe di gas.

## CONCLUSIONI

Per quanto riguarda le modalità di gestione e smaltimento dei rifiuti, ho valutato che tutte le realtà osservate, operando nel rispetto delle leggi vigenti, cercano di anticipare il recepimento definitivo dei modelli delle direttive europee creando così un continuo miglioramento delle tecnologie da adottare.

Il successo della raccolta differenziata degli RSU dipende dalla collaborazione di tutti i cittadini. E' quindi importante conoscere i fattori che ne determinano il comportamento, per sviluppare in base ad essi il sistema di raccolta.

Dopo le prime iniziative sperimentali di raccolta differenziata, presso alcune città sono state fatte indagini di campo sociologico in quanto il parere e la sensibilità dei cittadini influiscono molto sulla riuscita di qualsiasi piano di raccolta.

Nelle società attuali i piani di raccolta non sono però accolti come dovrebbero, infatti gli aderenti sono motivati a seguirli solo da ragioni piuttosto scarse, quali la difesa dell'ambiente e il fanatismo e quindi i meno motivati trovano difficoltà nella partecipazione attiva al piano di cui, forse anche a causa della mancanza delle adeguate informazioni, non riescono ad apprezzarne il vero significato.

Oltretutto l'attuale normativa risulta lacunosa nella parte relativa alla possibilità di utilizzare i rifiuti a fini energetici. Dei provvedimenti quali la disposizione di maggiori incentivi a chi effettua realmente e correttamente le operazioni di riciclaggio, e l'abolizione dell'attuale definizione tecnico giuridica di CDR (combustibile derivato da rifiuti) consentendo un maggiore controllo delle emanazioni dei gas, consentirebbero di migliorare e semplificare le procedure sino ad oggi attuate. Le attività di riciclaggio e recupero energetico non devono essere percepite come soluzioni conflittuali, ma complementari. Un esempio è quello dello scarto di materiale plastico: fatta salvo una percentuale di riciclaggio del 25-30%, una grossa parte della frazione residua dovrebbe essere destinata a recupero energetico. La soluzione discarica può comportare solo negatività in ritorni economici e di impatto ambientale. Ma fino a quando le tariffe di smaltimento finale saranno così concorrenziali, altre politiche più ambientalmente efficienti saranno penalizzate.

### Conclusioni Sulla Gestione Dei Rifiuti

Nelle realtà da me visitate ho potuto esaminare tutte le modalità di gestione dei RSU, notando come le città più densamente abitate si basino su una strategia di differenziazione più spinta rispetto alle altre. La causa di ciò può derivare dal fatto che nei grandi centri abitati le grandi società di gestione RSU riescono a insinuarsi con più determinazione nei corridoi dei grandi flussi dei rifiuti riuscendo a controllare alcuni settori dai quali ottenere quantità e purezze merceologiche non indifferenti e tali da poter sostenere eventuali aziende che sfruttano il riciclo e il recupero.

Le più piccole densità abitative trovano forza nella loro cooperazione, cercando di creare corridoi più piccoli ma più numerosi tali da ottenere un flusso di rifiuti sufficiente per mantenersi. Però in questa realtà dove gli interessi e i soggetti partecipanti sono maggiori, le difficoltà decisionali e organizzative si riflettono in una inerzia degli sviluppi esecutivi che rallentano l'evolversi della moderna gestione. Un modo per risolvere questa situazione è, appunto, la creazione di un Ente Gestore Unico a livello provinciale-regionale che snellirebbe gli apparati gestionali facilitando le iniziative e i punti d'incontro fra i vari soggetti.

Un ruolo di secondo piano lo fa la politica. Questo è un aspetto molto delicato, in esso ho notato una forte influenza sui tavoli delle trattative dove le rotte da intraprendere a parer mio, dovrebbero essere indicate più dall'esperienza, dal dialogo e dal buon senso.

## Riciclaggio e produzione di energia.

Negli ultimi decenni, la gestione dei RSU - per le organizzazioni che l'hanno sviluppata - è passata dalla contrapposizione tra i diversi sistemi (soprattutto incenerimento e discarica) alla convinzione che per ogni realtà va trovato un opportuno mix di tecnologie ottimale per la difesa ambientale. Prima, quindi, si sceglieva la tecnica che sembrava più facile ed economica (fattori che giustificano il grande sviluppo delle discariche); oggi si è capito che vanno messi a punto dei sistemi accettabili da molteplici punti di vista.

Il grosso problema che presentano questi ultimi sistemi è il maggiore costo di smaltimento derivante, nella pratica, dagli elevati investimenti necessari e soprattutto dalla mancanza della valorizzazione dei vantaggi ambientali. Ne consegue che il concetto base è quello di trovare - in dipendenza dei vari casi - una forma di equilibrio tra recupero di materiale e produzione di energia, in modo da salvaguardare la visione globale sopra accennata. Il problema non è di facile soluzione: è comunque risaputo come, allo stato attuale delle cose, i bilanci economici tendano a mortificare il riciclaggio spinto a favore della produzione di energia. Si può affermare, a esempio, come la separazione di certi componenti dei RSU per il loro successivo riutilizzo (es.: carta di qualità) comporti un minore inquinamento ambientale rispetto alla soluzione che prevede il loro riutilizzo come combustibili. Ma la riutilizzazione dei materiali provenienti dalla raccolta differenziata non sempre avviene nell'ambito di una concreta economia di mercato. Le tariffe istituite dalle filiere del CONAI da destinare alle operazioni di riciclaggio sono interamente "catapultate" sulle realtà del mercato, senza tenere concretamente conto delle oscillazioni che la materia prima e la materia prima seconda hanno sul mercato stesso. Il flusso che consente di far pervenire alle imprese di riciclaggio i materiali necessari, seppur raccolte dalle municipalizzate, subisce l'andamento e le irregolarità del territorio nazionale.

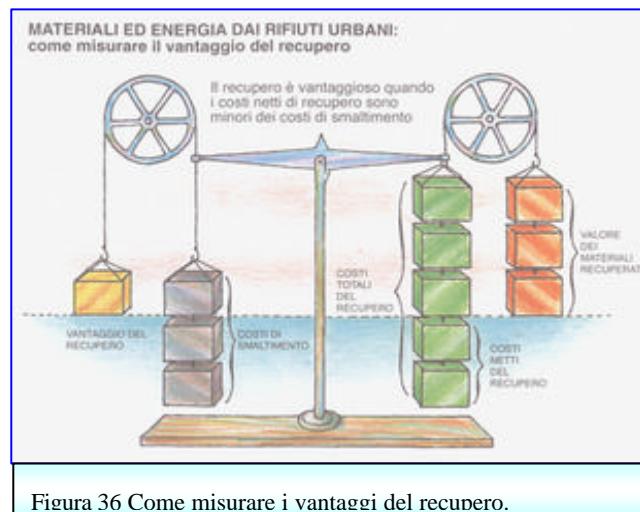


Figura 36 Come misurare i vantaggi del recupero.

## Conclusioni Tecnico-Impiantistiche

Per quanto riguarda la tecnologia disponibile è noto che, per avere una visione chiara della situazione, sono a disposizione i documenti esemplificativi delle BAT (best available technology) dove sono riportate le migliori tecnologie ad oggi disponibili sul mercato e le caratteristiche di ogni progetto impiantistico. Nonostante tutta la mole di informazioni in essi contenuti, a parere mio, mancano delle indicazioni sui confronti tra tecnologie e situazioni ottimali di inserimento impiantistico che non vanno sottovalutate. Si può avere un impianto tecnologicamente avanzatissimo ma che in ogni caso potrebbe indurre un impatto sull'ambiente maggiore di uno più semplice. Riporto qui di seguito un esempio di confronto tra forme di produzione di energia elettrica e di smaltimento rifiuti su basi di rendimenti, efficienza e impatti ambientali.

### GENERALITA'

Un impianto di valorizzazione energetica di rifiuti abbina alla funzione principale di smaltimento (in alternativa alla discarica controllata), quello di recuperare il loro contenuto

energetico(sostituendo quindi in parte le funzioni normalmente svolte da una centrale termoelettrica e da un impianto di riscaldamento).

Nella “sostituzione” della discarica l’impianto di recupero energetico porta sicuramente a dei vantaggi ambientali, che risultano difficilmente valutabili alla luce del fatto che alla gestione della discarica sono associati dei rischi ambientali (rilascio di percolato, lisciviazione di metalli, emissioni di biogas e/o di inquinanti derivanti dalla sua combustione incontrollata, etc.), del tutto estranei all’incenerimento, ormai molto bene caratterizzato e controllabile in termini di rilascio di sostanze inquinanti.

Più delineabile appare il confronto con una centrale termoelettrica, in termini di emissioni evitate dalla combustione di combustibili fossili.

In tale confronto l’impianto di valorizzazione energetica di rifiuti risulta penalizzato dai livelli di rendimento di conversione che risultano essere inferiori a quelli di una centrale termoelettrica, a causa dei problemi corrosivi legati alla presenza di gas acidi nei fumi, i quali non consentono di raggiungere adeguate condizioni operative del vapore in ingresso alla turbina.

Per contro la valorizzazione energetica dei rifiuti può vantare due aspetti molto interessanti.

Il primo deriva direttamente dall’enorme attenzione dell’opinione pubblica verso gli innegabili problemi di carattere ambientale verificatisi in passato sugli impianti di incenerimento che ha portato come conseguenza il Legislatore a fissare dei limiti alle emissioni molto severi e che attualmente sono di molto inferiori di quelli previsti per le centrali termoelettriche.

Ne consegue che specie per i macroinquinanti tipici della combustione si possono conseguire vantaggi ambientali, a parità di produzione netta di energia elettrica e/o termica.

Il secondo aspetto positivo è legato al fatto che si sostituisce, ai fini della produzione di energia, un combustibile fossile con una fonte ad alto contenuto rinnovabile, sottraendola oltretutto alla discarica che, come noto, è una fonte di emissioni di metano ( $CH_4$ ), gas che presenta un potenziale di riscaldamento globale piuttosto elevato.

### Emissioni Di Inquinanti

Allo stato attuale risulta abbastanza difficile effettuare un confronto realistico tra le emissioni di un impianto di recupero energetico da rifiuti e quelle relative ad una centrale termoelettrica.

Questo perché per entrambe le tipologie di impianto è in corso una fase di adeguamento delle emissioni ai limiti normativi, iniziata da anni per le centrali termoelettriche e solo di recente per gli impianti di incenerimento che dovrebbe allineare tutti gli impianti nazionali ai valori riportati per i principali inquinanti nella tabella sottostante.

Inquinante	Unità	Inceneritori RU e RS (DM 503/97)	Centrali termoelettriche (DM 12/7/1990)
<i>Polveri</i>	mg/Nm <sup>3</sup>	10	50
SO <sub>2</sub>	mg/Nm <sup>3</sup>	100	400
NO <sub>x</sub>	mg/Nm <sup>3</sup>	200	200
CO	mg/Nm <sup>3</sup>	50	250
<i>Metalli</i>	mg/Nm <sup>3</sup>	0,5	5
<i>Diossine/ Furani /FTE)</i>	ng/Nm <sup>3</sup>	0,1	10000 <sup>(1)</sup>

Sulla base di tali valori è tuttavia possibile ricavare un confronto fra le emissioni specifiche, per lo meno per i principali inquinanti.

Come può rilevarsi, alla luce di quelli che sono i livelli di recupero energetico attualmente conseguibili da un moderno impianto di combustione dei rifiuti, il bilancio in termini di emissioni

di macroinquinanti è e resterà favorevole per le polveri e gli ossidi di zolfo, mentre non si rilevano grossi scostamenti per quanto riguarda l'ossido di carbonio. Un discorso a parte va fatto per gli ossidi di azoto per i quali, essendo fissato attualmente lo stesso limite per le due tipologie di impianto in termini di concentrazione (200 mg/Nm<sub>3</sub>) è possibile ovviare, al problema prendendo in esame la realizzazione di schemi di cogenerazione di energia elettrica e termica.

### Emissioni Di Gas Serra

Un contributo non indifferente al rispetto degli accordi derivanti dal protocollo di Kyoto, che impegnano il nostro paese a ridurre le emissioni di gas serra previste nel periodo 2008-2012 nella misura del 6,5% rispetto ai livelli del 1990 potrà essere dato alla realizzazione di un moderno sistema integrato di gestione dei rifiuti.

Occorre analizzare se, e in quale misura, i RU siano classificabili fonte rinnovabile. L'art.1 della legge 9 gennaio 1991 n.10 individua tra le fonti rinnovabili di energia anche " la trasformazione dei rifiuti organici ed inorganici o di prodotti vegetali"; tale affermazione, su un piano strettamente concettuale, non sarebbe corretta in quanto nel rifiuto sono presenti componenti provenienti da fonti non rinnovabili.

In questa sede al solo scopo di effettuare una stima conservativa, si terrà conto unicamente della frazione di carbonio presente nel rifiuto che sicuramente proviene da fonti rinnovabili (carta, legno, materiale organico, etc.); con riferimento all'attuale composizione merceologica media dei RU, tale frazione può essere stimata pari a circa 2/3 del totale.

In questa ipotesi è possibile stimare, sulla base dei livelli di recupero conseguibili in un moderno impianto di combustione di rifiuti destinato alla produzione di energia elettrica confrontato con lo smaltimento in una discarica dotata di un sistema di captazione che recuperi il 50% del biogas prodotto, un guadagno netto di emissioni di gas serra di oltre 300 Kg di CO<sub>2</sub> equivalente per ogni tonnellata di rifiuto da smaltire.

Inoltre, come può rilevarsi dalla tabella, con i rendimenti conseguibili in un moderno impianto, il recupero energetico può divenire un emettitore negativo, in conseguenza delle emissioni di anidride carbonica evitate dalla produzione di energia da combustibili fossili; tale guadagno può essere ulteriormente incrementato recuperando parte del calore altrimenti perso al condensatore della turbina destinandolo, ad esempio, al teleriscaldamento.

Tabella 4 Emissione di gas serra del recupero energetico e della messa in discarica(kg/ t<sub>RU</sub>)

	u.m.	Discarica controllata	Recupero energetico da RU	
Produzione biogas	Nm <sup>3</sup> /t <sub>RU</sub>	ca 90 <sup>(1)</sup>	--	
Captazione biogas	%	50	--	
Emissioni di CO <sub>2</sub> eq.	kg/t <sub>RU</sub>	346	367 <sup>(2)</sup>	
Emissioni di CO <sub>2</sub> evitate <sup>(3)</sup>	kg/t <sub>RU</sub>	56	394	Guadagno
Emissioni di CO <sub>2</sub> nette	kg/t <sub>RU</sub>	290	-27	317

(1) Valutata in base alla "metodologia di default " dell'IPCC

(2) Si è assunto un contenuto di carbonio nel rifiuto pari al 30%, di cui 2/3 da fonti rinn.

(3) Da produzione di energia elettrica; rendimenti assunti: 22% per il recupero energetico, 35% per la combustione di biogas. Le emissioni evitate da fonti fossili sono state valutate sulla base del fattore medio di una centrale termoelettrica pari a 700 gCO<sub>2</sub>/KWh<sub>e</sub>.

Si può quindi affermare che la combustione di RU con produzione di energia elettrica e/o termica può condurre ad un guadagno netto in termini di emissioni di gas serra, qualora i livelli di recupero siano sufficientemente elevati.

La combustione di combustibili derivati da rifiuti risulta essere meno favorevole sotto questo punto di vista in quanto in questo caso, anche non considerando i consumi energetici associati alla loro produzione, risulta superiore la frazione di carbonio fossile nel combustibile ed è minore il recupero di energia elettrica per unità di peso di rifiuto trattato e smaltito; inoltre vengono generati dei flussi di materiali di scarto da smaltire in discarica che, al contrario delle ceneri da combustione, non possono essere considerati inerti.

Anche il raffronto con una centrale termoelettrica per quanto riguarda le emissioni di gas serra risulta essere favorevole per il recupero energetico dei rifiuti.

Una stima effettuata sulle stesse basi considerate per il confronto delle emissioni di macroinquinanti permette di affermare che un moderno impianto di valorizzazione energetica di rifiuti dà luogo a minori emissioni di CO<sub>2</sub> in atmosfera, a parità di energia elettrica prodotta.

Anche qui il vantaggio decresce passando da RU a combustibili derivati richiedendo, per mantenere inalterati i benefici, il conseguimento di livelli più elevati del rendimento di recupero energetico.

### Altre Forme Di Impatto

L'installazione di un impianto di combustione di rifiuti comporta altre forme di impatto sull'ambiente che, pur essendo comuni con altri impianti industriali, assumono particolare rilevanza in considerazione della tipologia del materiale trattato. Tra i principali vanno annoverati l'impatto visivo, l'emissione diffuse di polveri, odori, rumore, l'incremento di traffico indotto, gli effetti sull'ecosistema ed i risvolti socioeconomici.

Nella sottostante tabella sono riportate in forma sintetica i possibili impatti e danni derivabili da un ciclo di trattamento e smaltimento dei rifiuti che preveda, a valle della fase comune di raccolta e trasporto, la possibilità di effettuare dei processi alternativi di trattamento (trattamenti meccanico-biologici, incenerimento con recupero energetico, messa in discarica).

<b>Fase</b>	<b>Eventuale impatto</b>	<b>Rischi possibili</b>
Raccolta e trasporto rifiuti	> incidenti stardali > Perdite e spillamenti > odori molesti	> lesioni agli operatori ed alla popolazione esposta. > inquinamento: aria, acqua, suolo.
Stoccaggio dei rifiuti	> sviluppo di vapori ed odori molesti > limitazione all'uso del territorio	> disturbi e danni agli operatori ed alla popolazione limitrofa > danni economici
Trattamento meccanico-biologici	> emissioni di odori molesti e gas tossici > presenza di insetti ed animali molesti	> disturbi e danni agli operatori ed alla popolazione limitrofa > diffusione di malattie infettive
Incenerimento	> emissioni di gas tossici, metalli pesanti, diossine, ecc.	> disturbi e danni agli operatori ed alla popolazione limitrofa > inquinamento: aria, acqua, suolo
Messa in discarica	> modificazione del paesaggio > limitazione all'uso del territorio > emissioni di odori e gas con effetto serra	> danni paesaggistici > danni economici > disturbi alla popolazione limitrofa > inquinamento idrico delle falde > esplosioni e incendi

L'impatto visivo di un impianto di recupero energetico non dipende solo dalle sue dimensioni, ma anche dalle sue caratteristiche progettuali, soprattutto per quanto concerne gli aspetti architettonici e di inserimento nel paesaggio.

Fermo restando quindi che la localizzazione di un impianto dovrebbe essere effettuata preferenzialmente presso aree industriali esistenti o dimesse, è indubbio che qualsiasi proposta di insediamento di nuovi impianti dovrebbe dare importanza all'aspetto architettonico, che dovrà essere fin dall'inizio oggetto di discussione con le amministrazioni Pubbliche interessate, in modo da prevenire ad una soluzione impiantistica che salvaguardi contemporaneamente la funzionalità impiantistica e l'aspetto paesaggistico.

Per quanto riguarda la possibilità di emissioni di odori molesti, tale eventualità è tipica di tutti gli impianti di trattamento di rifiuti putrescibili e nel caso della discarica diviene una forma di impatto totalmente incontrollabile. Per un impianto di incenerimento essa è legata essenzialmente all'accumulo di rifiuti in ingresso, necessario a garantire la continuità dell'alimentazione.

In condizioni normali tale inconveniente è ovviato mantenendo in depressione i locali di stoccaggio ed utilizzando l'aria aspirata come aria di combustione; in caso di fermata dell'impianto occorre prevedere dei sistemi di trattamento di emergenza dell'aria maleodorante e provvedere allo svuotamento delle fosse di accumulo.

Un aspetto di una certa rilevanza e che deve essere accuratamente valutato in sede di localizzazione di un impianto di incenerimento riguarda l'incremento del traffico veicolare dovuto principalmente all'approvvigionamento dei rifiuti e, in misura minore, all'allontanamento dei residui di trattamento. Tale oggettivo inconveniente può essere limitato tramite una serie di accorgimenti in fase di pianificazione che vanno dalla modifica della viabilità a livello locale alla localizzazione dell'impianto lontano da centri abitati o in prossimità di arterie ad alto scorrimento, alla sostituzione del trasporto su gomma con il trasporto su rotaia.

Per quanto riguarda i rischi di tipo sanitario o di effetti negativi sulla flora e la fauna è impossibile negare che in passato gli inceneritori abbiano costituito una fonte di emissione d'inquinanti con potenziali effetti negativi sull'ambiente circostante. Tuttavia tali emissioni sono state drasticamente ridotte ed è molto probabile che continuino a diminuire in futuro alla luce dei livelli di emissioni sempre inferiori che vengono assicurati dallo sviluppo tecnologico. Si può pertanto escludere, in futuro, la possibilità di effetti contaminativi sull'ambiente, derivabili dalla costruzione di un impianto di incenerimento.

L'impatto sull'ambiente relativo alla realizzazione di suddetto impianto può essere valutato solo caso per caso, in funzione delle condizioni specifiche del sito; non vi sono però motivi per affermare che la costruzione di un tale impianto possa avere come conseguenza un impatto negativo superiore a quello di un qualsiasi complesso industriale avente caratteristiche e dimensioni similari.

In conclusione si può quindi affermare che tutte le forme di impatto menzionate debbono essere prese in esame in fase di scelta della localizzazione dell'impianto e tutte le possibili soluzioni debbono essere vagliate, anche in funzione di specifiche richieste o motivate preoccupazioni espresse da parte dei cittadini; questi ultimi debbono potersi rendere conto che nessuno degli aspetti esaminati ha necessariamente conseguenze negative sull'ambiente, a condizione che l'impianto venga correttamente localizzato e adeguatamente progettato, realizzato e gestito.

## **COME SFUTTARE DEL BIOGAS POVERO**

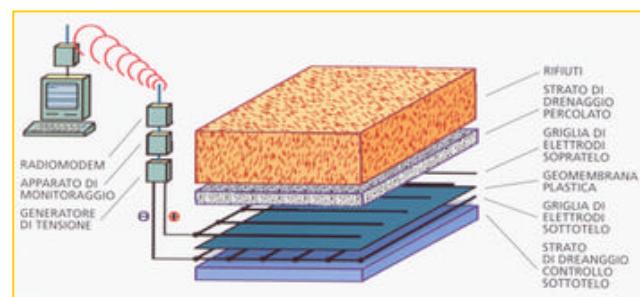
La condizione di massima efficienza nella cogenerazione del biogas non è di facile determinazione e ciò per una serie di motivi, connessi sia alla composizione del biogas che al "ciclo di vita" della discarica. La presenza di forti concentrazioni di idrogeno solforato di vapore acqueo è cosa nota, per cui i sistemi di captazione e sfruttamento energetico ne tengono conto già da tempo. Ma questo non è il solo fattore problematico della gestione del biogas. Le discariche "vecchie" presentano un grosso problema: non solo producono poco biogas, ma la percentuale di metano scende, mentre aumenta quella della CO<sub>2</sub>. In passato si pensava che quando la concentrazione di metano si

abbassava sotto il 40% la valorizzazione del biogas non fosse più possibile, per cui non rimaneva altro che smantellare i gruppi generatori e bruciare in torcia il gas residuo. Una nuova tecnologia che dovrebbe essere sfruttata ma che non è molto conosciuta permette di sfruttare biogas che contenga almeno il 25 % di metano. Il biogas viene inviato ad un modulo di arricchimento basato su una speciale membrana polimerica, che separa il biogas in due frazioni: una parte a prevalente presenza di CO<sub>2</sub>, che viene rinvia in discarica, ed una arricchita in metano, che può essere convenientemente utilizzata dai motogeneratori.

Questa tecnologia di membrana può essere sfruttata anche per arricchire il comburente (aria) di ossigeno. La combustione con aria arricchita ha notevoli vantaggi sia dal punto di vista del rendimento, che da quello ecologico: infatti tutte le sostanze inquinanti presenti nel biogas vengono bruciate, ottenendo gas di scarico più puliti.

### COME MONITORARE LA TENUTA DELLE GEOMEMBRANE

Il materiale con cui è composta la geomembrana è di solito Poli-propilene ad alta densità con uno spessore di 2 mm circa. Essa viene posta sul fondo della



discarica e viene sottoposta nel tempo da forti pressioni e dall'attacco aggressivo di sostanze chimiche, per cui la tenuta e le caratteristiche di permeabilità non sono sempre assicurate nel tempo complessivo di vita della discarica. Una nuova tecnologia a disposizione ma poco diffusa permette di avere un controllo della situazione di integrità delle geomembrane plastiche. Esso si basa su una nuova tecnica geofisica attraverso la quale una corrente elettrica viene introdotta nei terreni soprastanti e sottostanti la geomembrana tramite elettrodi superficiali. Gli elettrodi sono collegati ad un generatore di corrente in grado di stabilire una differenza di potenziale. Il bacino così

predisposto si comporta come un grosso condensatore a facce piane e parallele il cui dielettrico è rappresentato dalla geomembrana che presenta una resistività elettrica elevata ( $10^{13} \text{ } \Phi 10^{16} \text{ } \Omega \text{ /m}$ ). In caso di lacerazione del telo, diminuisce la resistività elettrica tra gli elettrodi soprastanti e sottostanti la geomembrana, e si registra un passaggio di corrente. Questa metodologia si dovrebbe utilizzare nella fase di costruzione di una discarica, più precisamente dopo la stesura degli starti di drenaggio del percolato.



Figura 37 Disposizione della rete di elettrodi paralleli sopra la geomembrana.

## **BIBLIOGRAFIA**

- [1] Fascicoli aziendali
- [2] “Mai dire rifiuti” comune di Udine
- [3] Opuscoli degli impianti
- [4] Siti internet municipalizzate di Torino, Udine e Brescia.