

REGIONE AUTONOMA VALLE D'AOSTA

*STUDIO COMPARATIVO FRA I SISTEMI DI TRATTAMENTO E  
SMALTIMENTO DEI RIFIUTI IN VALLE D'AOSTA*

***Relazione di approfondimento  
sulla bonifica dell'esistente  
discarica di Brissogne***

*A cura di:*

Prof. Ing. Raffaello Cossu,  
Università di Padova

*Hanno collaborato:*

Ing. Paola Bisarello

Ing. Elena Mussio

Ing. Viviana Salieri

**Padova, Novembre 2007**

## INDICE

<b>SOMMARIO E CONCLUSIONI</b> .....	<b>3</b>
<b>1 INTRODUZIONE</b> .....	<b>1</b>
<b>2 LA DISCARICA DI BRISSOGNE</b> .....	<b>2</b>
2.1 Storia e problematiche ambientali e territoriali.....	2
2.2 Indagini effettuate.....	3
2.3 Necessità di un intervento di bonifica .....	4
<b>3 BONIFICA DELLE VECCHIE DISCARICHE</b> .....	<b>6</b>
3.1 Problematiche ambientali delle vecchie discariche.....	6
3.2 Criteri ed alternative tecniche per la bonifica.....	7
3.2.1 <i>Impermeabilizzazione superficiale o capping (opzione A)</i> .....	9
3.2.2 <i>Stabilizzazione aerobica in situ dei rifiuti (opzione B)</i> .....	10
3.2.3 <i>Landfill Mining (opzione C)</i> .....	12
3.3 Risultati ottenibili.....	13
<b>4 LANDFILL MINING</b> .....	<b>15</b>
4.1 Descrizione della tipologia di intervento.....	15
4.2 Impatto ambientale dell'intervento e suo contenimento.....	17
4.3 Impianti per lo scavo ed il trattamento.....	19
4.4 Tipologia e gestione dei flussi di materiali selezionati .....	20
<b>5 GESTIONE E DESTINO FINALE DEI MATERIALI SELEZIONATI PRESSO LA DISCARICA DI BRISSOGNE</b> .....	<b>22</b>
5.1 Soluzione impiantistica proponibile per il trattamento del rifiuto scavato .....	23
5.2 Materiali fini.....	24
5.3 Materiali lapidei e metalli .....	25
5.4 Destinazione finale dei materiali selezionati .....	25
5.4 Frazioni combustibili.....	27
<b>6 BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>29</b>

## SOMMARIO E CONCLUSIONI

La presente relazione risponde ad un'esigenza di approfondimento di uno specifico aspetto dello "Studio comparativo tra i sistemi di gestione dei rifiuti in Valle d'Aosta" redatto dal prof. Genon e dall'ing. Ziviani; tale aspetto riguarda la bonifica dell'esistente discarica per rifiuti urbani di Brissogne, prestando accurata attenzione agli aspetti di contenimento dell'impatto durante le operazioni di svuotamento e di selezione e agli aspetti di utilizzabilità energetica di parte o tutto il materiale estratto all'interno del sistema di termovalorizzazione.

Nella relazione si sono esaminate criticamente le motivazioni che giustificano la bonifica della discarica di Brissogne, quindi si è esaminata, alla luce delle problematiche poste dalla bonifica delle vecchie discariche in generale e della discarica di Brissogne in particolare, la bontà della scelta tecnica del Landfill Mining proposta dallo Studio Genon-Ziviani.

### Necessità dell' intervento di bonifica presso la discarica di Brissogne

Al di là di ogni considerazione sulla gestione dei rifiuti in Valle d'Aosta e sulle esigenze di una moderna riorganizzazione dei servizi di smaltimento la discarica di Brissogne presenta rilevanti problemi territoriali ed ambientali che ne giustificano ampiamente una radicale bonifica.

Tali problemi sono così riassumibili:

- la discarica configura, con la sua sola presenza, una grave distonia funzionale e paesaggistica con il territorio circostante;
- la discarica crea un insormontabile vincolo allo sviluppo urbanistico e territoriale di un'area funzionalmente complessa e di grande valenza strategica per la riqualificazione ambientale della zona di accesso ad Aosta;
- la discarica sorge su un'area ambientalmente sensibile ed altamente vulnerabile (fiume, alti livelli di falda);
- alcuni settori della discarica sono privi di adeguati sistemi di impermeabilizzazione;
- anche le impermeabilizzazioni, presenti nei più recenti settori di scarico, sono destinate a perdere la loro efficienza nel tempo, in un tempo inferiore comunque al tempo di impatto della discarica;
- la discarica è di tipo tradizionale e prevede il deposito dei rifiuti tal quali, quindi con un rilevante contenuto di sostanza organica putrescibile; questa è tale da determinare produzioni di percolato e di biogas che si protraggono per tempi molto lunghi, dell'ordine, per alcuni parametri quali l'ammoniaca, di centinaia d'anni;
- le acque sotterranee presentano già segni di contaminazione da ricondursi alla presenza nella zona di discariche non impermeabilizzate precedenti alla realizzazione degli attuali

e l'impianto non li pone?

lotti in esercizio: tale contaminazione nelle attuali condizioni è destinata ad acuirsi nel tempo;

- la discarica si sviluppa prevalentemente in rilevato, con pendenze di ragguardevole entità. In queste condizioni possono registrarsi, soprattutto in presenza di forti piogge o di esondazioni, significativi fenomeni di instabilità meccanica con rischio di franamenti e di trasporto di rifiuti e di percolato verso il fiume.

Oltre a queste considerazioni di carattere territoriale ed ambientale è opportuno sottolineare come la normativa italiana sulle discariche (D.Lgs.36/03) impone una gestione post-operativa di almeno 30 anni, e comunque di durata tale che la discarica non crei più problemi per l'ambiente. Ciò nell'attuale situazione della discarica di Brissogne potrebbe significare tempi secolari. Con le considerazioni economiche, amministrative, legali, sociali, etiche e politiche che ciò può significare.

Da quanto esposto nella relazione emerge chiara, per la discarica di Brissogne, la necessità non solo di una bonifica ma soprattutto della sua entità (deve essere radicale e comportare la rimozione dell'intero ammasso dei rifiuti) e dell'urgenza. Urgenza intesa, ovviamente, in termini ambientali e quindi misurata non in giorni o mesi ma, senz'altro, in pochi anni.

### **Bontà della scelta di intervenire con la tecnica del Landfill Mining**

L'intervento di bonifica mediante la tecnica del Landfill Mining (LFM) proposto nello Studio Genon-Ziviani risulta efficace per risolvere le problematiche territoriali ed ambientali poste dalla discarica di Brissogne.

La tecnica consiste nell'escavazione dei rifiuti depositati e nel loro successivo trattamento al fine di separare e selezionare diverse componenti (materiale fine, frazioni recuperabili e residui), destinate ad essere successivamente gestite in modo differenziato.

La sua applicazione comporta numerosi vantaggi:

- la rimozione dell'ammasso dei rifiuti consente una risoluzione totale e definitiva del problema ambientale, essendo eliminata completamente la fonte di potenziale contaminazione;
- si recuperano materiali suscettibili di essere riciclati (metalli ferrosi e alluminio);
- si recuperano materiali ad alto potere calorifico (carta, plastica, tessili, legno) che possono convenientemente essere utilizzati a fini energetici.
- si recuperano materiali inerti direttamente reimpiegabili (sassi, ghiaia, cocci, ecc.)
- i materiali fini recuperati possono essere utilizzati come copertura giornaliera in lotti di discarica in esercizio, riducendo i costi di acquisto dall'esterno del terreno di copertura;
- qualora l'area della vecchia discarica possa essere ancora destinata a tale specifico uso (non è il caso di Brissogne) vengono recuperati volumi per il deposito di nuovi rifiuti;

infatti, il LFM consentendo il recupero di gran parte dei rifiuti comporta che solo una ridotta percentuale di residui debba essere ridepositata in discarica;

- vengono completamente **eliminati i costi derivanti da operazioni di monitoraggio e post-chiusura della discarica;**
- qualora la zona della discarica rivesta particolare interesse territoriale si ha il recupero di aree da destinare a diverso sviluppo funzionale.

Il Landfill Mining costituisce una operazione ingegneristica di una **certa complessità**. Ai fini della predisposizione dei diversi livelli progettuali (in particolare definitivo ed esecutivo) e per la predisposizione delle **misure di sicurezza**, è necessario svolgere una serie di **indagini ad hoc** atte ad acquisire informazioni di dettaglio sulle Caratteristiche morfologiche e geomeccaniche dell'ammasso dei rifiuti, sulla caratterizzazione merceologica, chimico-fisica e granulometrica dei rifiuti e sulla qualità ambientale della discarica, intesa come definizione della quantità e qualità delle emissioni di percolato e di biogas prodotte nonché dei livelli di accumulo di tali fluidi nel corpo della discarica.

### **Impatto ambientale dell'intervento e suo contenimento**

I maggiori **rischi ambientali** posti dall'intervento di Landfill Mining sono legati, in ordine crescente di importanza ai seguenti fenomeni:

- I. **Presenza di biogas** (miscela di metano, anidride carbonica e di altri gas in traccia) dovuto alla degradazione anaerobica dei rifiuti. Ciò può comportare rischi di asfissia e di tossicità per gli addetti alle operazioni di scavo e **diffusione di cattivi odori**, con disagi per gli individui esposti (operai, abitanti nelle vicinanze della discarica). Inoltre il metano forma con l'aria, in un intervallo di concentrazione compreso tra il 5 ed il 15% vol, **miscele esplosive**, analoghe al *grisou* che si forma nelle miniere di carbone.
- II. Instabilità dei rifiuti. I rifiuti si configurano come un terreno sciolto, con tessitura molto eterogenea. In genere le peculiarità meccaniche del materiale, alta compressibilità e buon angolo di attrito, sono tali, in condizioni ben drenate, di consentire scavi anche con pareti in forte pendenza. Materiali quali plastica, carta e tessili fungono infatti come una sorta di armatura del materiale. Tuttavia in presenza di elevati livelli idrici nel corpo rifiuti, o di sacche di biogas e falde sospese di percolato o di depositi di materiali incoerenti (ceneri, fanghi di depurazione, terre, gessi, ecc) **sono possibili locali fenomeni di instabilità** che possono mettere a rischio l'incolumità fisica degli addetti.
- III. La movimentazione dei rifiuti può dar luogo ad **emissione di polveri**.
- IV. Possono registrarsi **tracimazioni di percolato**.
- V. Nella parte di discarica incontrollata possono incontrarsi **rifiuti pericolosi** smaltiti quando le normative erano meno restrittive.

Per contenere la gran parte dei problemi di impatto ambientale del Landfill Mining la relazione propone, come necessario, di procedere ad un pretrattamento in situ dei rifiuti depositati, mediante la tecnica dell'aerazione prolungata, a bassa pressione, con contemporaneo allontanamento del percolato (tecnologia "AirFlow"). Tale tecnica già adottata con successo in altre esperienze permette di conseguire i seguenti vantaggi:

- degassazione dell'ammasso dei rifiuti con allontanamento del biogas da parte della massa d'aria insufflata;
- l'aerazione prolungata stabilizza i rifiuti evitando o minimizzando la riformazione di biogas quando l'aerazione viene interrotta;
- la stabilizzazione della sostanza organica comporta anche una ossidazione del percolato (riduzione di COD, BOD ed Ammoniaca) che potrà anche essere parzialmente ricircolato per mantenere omogenee condizioni di umidità dei rifiuti necessarie per garantire una buona degradazione;
- l'allontanamento del percolato, effettuato contestualmente all'immissione ed aspirazione di aria impiegando gli stessi pozzi, consente di ridurre l'umidità dei rifiuti da scavare, ne migliora il comportamento in fase di selezione meccanica dopo lo scavo, ne migliora la riciclabilità, riduce i rischi di instabilità meccanica dei rifiuti ed infine consente una migliore efficienza dell'aerazione. In presenza di acqua infatti l'aria insufflata non si diffonde tra i rifiuti;
- la stabilizzazione della sostanza organica, da ultimo, consente anche dei vantaggi nella gestione delle frazioni dei rifiuti sottoposti a selezione meccanica; in particolare i materiali fini, ricchi di sostanza organica, potranno convenientemente essere utilizzati, se stabili, come succedanei del terreno per la copertura di una nuova discarica controllata; allo stesso modo i residui destinati al rideposito in discarica risulteranno stabili e tali da consentire la realizzazione di una discarica sostenibile, cioè in modo da esaurire gli impatti ambientali negativi entro il tempo di una generazione (30 anni).

### **Utilizzabilità energetica del materiale estratto**

La relazione ha esaminato, alla luce dei dati disponibili sulla caratterizzazione dei rifiuti depositati, specifici aspetti legati all'applicazione del Landfill Mining alla bonifica della discarica di Brissogne, le tipologie dei materiali scavati e recuperabili, le linee di trattamento e il destino delle frazioni ricavate, con particolare riguardo alle frazioni da ridepositare in discarica e di quelle, ad alto potere calorifico, utilizzabili energeticamente presso un sistema di termovalorizzazione.

La quantità preponderante della frazione combustibile, sia per la qualità sia per la quantità in cui è presente, sarà resa disponibile dalla nuova parte della discarica e rappresenterà una quantità (120-130

t/d) di poco inferiore al 50% della potenzialità complessiva dell'impianto di termovalorizzazione considerato nello Studio Genon-Ziviani.

Il volume totale di rifiuti scavati che potrà richiedere di essere ridepositato in discarica (fatta salva la possibilità di verificare la fattibilità di smaltimenti alternativi quale la stessa termovalorizzazione) è stato valutato pari a poco meno di 600.000 t, che rappresentano circa il 28% del volume originale dei rifiuti.

I materiali definiti combustibili, costituiti prevalentemente da carta, cartone, plastiche, legno e tessuti, sono caratterizzati da un potere calorifico medio-alto e vengono quindi destinati all'incenerimento per produrre energia (termica ed elettrica). I componenti di tale frazione sono riscontrabili soprattutto nella frazione di pezzatura maggiore (superiore a 40 o 50 mm). A questa frazione si vanno ad aggiungere, le frazioni merceologiche che non sono state bene identificate.

Il materiale combustibile derivante dal LFM è ben trattabile negli impianti di termovalorizzazione alla pari dei normali rifiuti freschi (tal quali o pretrattati per produrre CDR) e non presenta alcun particolare problema aggiuntivo.

Per quanto riguarda il potere calorifico se ci si dovesse basare sui valori medi ottenuti dalle analisi eseguite sulle quattro trivellazioni ed ipotizzando di avviare a recupero energetico le frazioni tessili/legno – carta/cartone – plastica ed il materiale non definibile merceologicamente, dei lotti in esercizio e della discarica non controllata di Brissogne, il PCI medio pesato risulta essere pari a circa 1.300 Kcal/Kg (5440 KJ/Kg).

Tale valore non è, tuttavia, rappresentativo in quanto i rifiuti campionati tal quali erano molto umidi risentendo degli elevati livelli di percolato presenti in discarica. Con l'applicazione, però, dell'aerazione in situ con allontanamento del percolato, preliminari alle attività di LFM, l'umidità dei rifiuti sarà considerevolmente più bassa, stimabile intorno al 40-50%.

Il materiale infatti perderà umidità per i seguenti motivi:

- L'allontanamento del percolato porta all'eliminazione/minimizzazione dell'acqua di saturazione interstiziale.
- L'aerazione in situ comporta un aumento di temperatura con conseguente evaporazione dell'acqua di trattenuta come capacità di campo (acqua interparticellare).
- La stabilizzazione aerobica, che si ha con l'aerazione, converte la sostanza organica complessa in composti più semplici consumando acqua (idrolisi enzimatica). Ciò si traduce nella riduzione del contenuto idrico più interno.
- Durante il trattamento meccanico di selezione si avrà un ulteriore essiccamento del materiale, completato da eventuali operazioni di compattazione in balle.

Sulla base di queste considerazioni, sulla scorta delle indagini effettuate e dei dati sperimentali ottenuti in altre esperienze di LFM, si possono assumere per le diverse frazioni combustibili considerate

e per le due diverse realtà di discarica di Brissogne, valori che risultano un po' più alti rispetto a quelli considerati in via cautelativa nello Studio Genon-Ziviani. In particolare il PCI medio pesato del materiale destinato alla termovalorizzazione dovrebbe aggirarsi intorno alle 2400 Kcal/Kg , pari a circa 10.000 KJ/Kg valore ben in linea con le esperienze di LFM fin qui maturate a livello internazionale (D.Lgs.36/03 e D. Lgs. 152/06).

riusciamo a sapere quali sono?



# 1 INTRODUZIONE

La presente relazione si inquadra nello “Studio comparativo tra i sistemi di gestione dei rifiuti in Valle d’Aosta” redatto dal prof. Genon e dall’ing. Ziviani, in seguito richiamato come Studio Genon-Ziviani.

In particolare, questo elaborato risponde ad un’esigenza di approfondimento di uno specifico aspetto del suddetto studio, che riguarda la bonifica dell’esistente discarica per rifiuti urbani di Brissogne, prestando accurata attenzione agli aspetti di contenimento dell’impatto durante le operazioni di svuotamento e di selezione e agli aspetti di utilizzabilità energetica di parte o tutto il materiale estratto all’interno del sistema di termovalorizzazione.

Nella relazione si sono esaminate criticamente le motivazioni che giustificano la **bonifica della discarica di Brissogne**, quindi si è esaminata, alla luce delle problematiche poste dalla bonifica delle vecchie discariche in generale e della discarica di Brissogne in particolare, la bontà della scelta tecnica del Landfill Mining proposta dallo Studio Genon-Ziviani.

quali problemi  
pone, odori ad  
esempio..

Dopo avere analizzato le principali problematiche che l’applicazione del Landfill Mining in genere pone, soprattutto in termini di impatto ambientale durante le operazioni di scavo e di movimentazione dei rifiuti, la relazione, sulla base dell’esperienza maturata nel settore, suggerisce l’adozione **dell’Aerazione in situ** (processo “Airflow”) per la stabilizzazione dei rifiuti prima dell’escavazione; questa tecnologia permette di operare garantendo la sicurezza e la protezione del personale, della popolazione residente e dell’ambiente.

Da ultimo la relazione esamina, alla luce dei dati disponibili sulla caratterizzazione dei rifiuti depositati, specifici aspetti legati all’applicazione del Landfill Mining alla bonifica della discarica di Brissogne, delineando le tipologie dei materiali scavati e recuperabili, le linee di trattamento e il destino delle frazioni ricavate, con particolare riguardo alle frazioni da ridepositare in discarica e di quelle, ad alto potere calorifico, utilizzabili energeticamente presso un sistema di termovalorizzazione.

Le informazioni specifiche sulla situazione locale, assunte a base delle considerazioni sviluppate nella presente relazione, sono state ricavate dal citato Studio Genon-Ziviani, da un sopralluogo effettuato sul sito in data 23 Ottobre 2007 e da incontri con i responsabili degli Uffici dell’Assessorato Ambiente della Regione Valle d’Aosta.

## 2 LA DISCARICA DI BRISOGNE

### 2.1 Storia e problematiche ambientali e territoriali

Prima del 1982 a Brissogne era presente una discarica non controllata. Successivamente il sito è stato indicato come polo regionale per i rifiuti dalla Legge Regionale del 16 agosto 1982, n. 37 che introduceva la prima pianificazione regionale in materia di rifiuti conseguente all'entrata in vigore del D.P.R. n. 915/1982: secondo tale normativa venivano chiuse e messe in sicurezza tutte le discariche non controllate presenti sul territorio regionale e veniva realizzata un'unica discarica controllata a servizio dell'intera Regione.

La decisione di individuare a suo tempo la zona di Brissogne per l'ubicazione del centro per la gestione dei rifiuti derivava dall'esigenza di contenere in un'unica area controllata, baricentrica rispetto al territorio regionale, tutti gli impianti a servizio dei comuni dell'intera Regione.

Il Centro è stato quindi organizzato per ricevere e trattare tutte le tipologie di rifiuto urbano e di rifiuto speciale assimilabile all'urbano soggette a smaltimento, in particolare è stato realizzato un impianto di compattazione in cui trattare il rifiuto in ingresso e sono state annesse alcune discariche di 1ª categoria, dotate di un sistema di captazione del biogas prodotto dai rifiuti, sfruttato per la produzione di energia elettrica.

Il centro è stato dotato inoltre di apposite attrezzature per il conferimento e lo stoccaggio provvisorio dei rifiuti provenienti dalle raccolte differenziate comunali (carta e cartone, vetro, plastica, farmaci scaduti, pile e batterie esauste, alluminio, ecc.) in attesa del successivo avvio ai centri di recupero e riciclaggio o di smaltimento finale (per i farmaci e le pile).

In considerazione dei bassi quantitativi di rifiuti speciali prodotti nella Regione, il centro è stato attrezzato anche per consentire il conferimento da parte di insediamenti produttivi di determinate tipologie di rifiuti speciali anche pericolosi, ai fini dell'avvio a forme specifiche di trattamento (olio esausto, filtri olio, fanghi da lavanderia, liquidi di fissaggio e sviluppo litografici, olio e grassi vegetali, ecc.).

L'insieme delle discariche, comprensivo anche della discarica non controllata posta in sicurezza, ha raggiunto al 31 dicembre 2005 una volumetria pari a circa 1.345.000 mc. Nella configurazione definitiva, a discariche esaurite (ipoteticamente nell'anno 2012), la volumetria complessiva raggiungerà circa 2.085.000 mc. I volumi di discarica, realizzate fuori terra, in elevazione, sono ubicati lungo la riva della Dora Baltea.

Lo Studio Genon-Ziviani pone l'accento sui seguenti aspetti ambientali:

- le aree di discarica sono ubicate in riva alla Dora Baltea, fiume a regime torrentizio che è stato interessato negli ultimi 15 anni da rilevanti aumenti delle portate, conseguenti ad eventi

meteo climatici particolari: nell'anno 2000 un'importante esondazione ha interessato anche le aree limitrofe alle discariche;

- la falda sottostante il suolo su cui insistono le discariche è interessata da un costante inquinamento, regolarmente monitorato sin dall'avvio dell'attività del Centro Regionale, causato principalmente dall'effetto della presenza di rifiuti in discariche preesistenti all'entrata in vigore del D.P.R. n. 915/1982, coltivate senza nessuna impermeabilizzazione del fondo; inoltre, pur essendo state, le discariche annesse al Centro Regionale, realizzate secondo criteri costruttivi adeguati, non vi sono garanzie ad oggi sulla tenuta nel lungo periodo dei sistemi di impermeabilizzazione utilizzati;
- le prescrizioni introdotte dal decreto legislativo n. 36/2003 sulle discariche comportano di fatto il perpetuare di una situazione ambientale complessa, in considerazione dei vincoli derivanti dalla gestione post-operativa (prevista in non meno di trent'anni), oltre che dai conseguenti vincoli di destinazione d'uso delle relative aree e di quelle limitrofe.
- l'insieme della discarica e delle strutture del Centro Regionale di trattamento dei rifiuti di Brissogne è ubicato in un'area che, oltre ad essere adiacente al casello autostradale di Aosta –Est, è posta nelle vicinanze di un sito che è stato oggetto negli ultimi anni di un'importante operazione di riqualificazione ambientale (area ex Autoporto); questa ha portato alla realizzazione di centri commerciali e di insediamenti alberghieri, che risultano fortemente interessati dagli odori derivanti dalle attività in corso nel predetto impianto e in quello adiacente del Consorzio di Depurazione fognature di Saint Christophe-Aosta-Quart per la depurazione delle acque reflue.

## 2.2 Indagini effettuate

Nell'ambito delle attività di caratterizzazione previste dalla normativa nazionale per i siti contaminati, sono state eseguite nel novembre del 2006 una serie di indagini sulle caratteristiche dei rifiuti depositati in discarica. Le indagini hanno contemplato l'esecuzione di alcune trivellazioni, con fori di 100 cm, e successivo prelievo di campioni di rifiuto estratto, in quantità significativa per le analisi. Le trivellazioni hanno raggiunto profondità oscillanti tra gli 8 ed i 27 metri, in funzione dell'umidità dei rifiuti e dei livelli di percolato incontrati durante la trivellazione.

Sul materiale prelevato sono state effettuate analisi granulometriche (individuando sei classi, distribuite tra 20 e 200 mm) e merceologiche. Le classi merceologiche hanno riguardato i seguenti componenti: tessili - legno, carta e cartone, materiale plastico, metalli e materiale inerte.

I risultati delle indagini e la loro discussione sono riportati nel capitolo 5 della presente relazione.

### 2.3 Necessità di un intervento di bonifica

Al di là di ogni considerazione sulla gestione dei rifiuti in valle d'Aosta e sulle esigenze di una moderna riorganizzazione dei servizi di smaltimento la discarica di Brissogne presenta rilevanti problemi territoriali ed ambientali che ne giustificano ampiamente una radicale bonifica.

Tali problemi sono così riassumibili:

- la discarica configura, con la sua sola presenza, una grave **distonia funzionale e paesaggistica** con il territorio circostante;
- la discarica crea un **insormontabile vincolo allo sviluppo urbanistico e territoriale** di un'area funzionalmente complessa e di grande valenza strategica per la riqualificazione ambientale della zona di accesso ad Aosta;
- la discarica sorge su un'area **ambientalmente sensibile ed altamente vulnerabile** (fiume, alti livelli di falda);
- **alcuni settori della discarica sono privi di adeguati sistemi di impermeabilizzazione;**
- **anche le impermeabilizzazioni, presenti nei più recenti settori di scarico, sono destinate a perdere la loro efficienza nel tempo, in un tempo inferiore comunque al tempo di impatto della discarica** (vedi capitolo 3, Tabella 3.1);
- la discarica è di tipo tradizionale e prevede il deposito dei rifiuti tal quali, quindi con un **rilevante contenuto di sostanza organica putrescibile;** questa è tale da determinare produzioni di percolato e di biogas che si protraggono per tempi molto lunghi, dell'ordine, per alcuni parametri quali l'ammoniaca, di centinaia d'anni;
- **le acque sotterranee presentano già segni di contaminazione da ricondursi alla presenza nella zona di discariche non impermeabilizzate,** realizzate precedentemente agli attuali lotti in esercizio: tale contaminazione nelle attuali condizioni è destinata ad acuirsi nel tempo;
- la discarica si sviluppa prevalentemente in rilevato, con pendenze di ragguardevole entità. In queste condizioni possono registrarsi, soprattutto in presenza di forti piogge o di esondazioni, significativi fenomeni di **instabilità meccanica con rischio di franamenti e di trasporto di rifiuti e di percolato verso il fiume.**

Oltre a queste considerazioni di carattere territoriale ed ambientale è opportuno sottolineare come la già citata normativa italiana sulle discariche impone una gestione post-operativa di almeno 30 anni, e comunque di durata tale che la discarica non crei più problemi per l'ambiente. Ciò nell'attuale situazione della discarica di Brissogne potrebbe significare **tempi secolari.** Con le considerazioni economiche, amministrative, legali, sociali, etiche e politiche che ciò può significare.

Da quanto esposto emerge chiara, per la discarica di Brissogne, la necessità non solo di una bonifica ma soprattutto della sua entità (deve essere radicale e comportare la rimozione dell'intero ammasso dei rifiuti) e dell'urgenza. **Urgenza** intesa, ovviamente, in termini ambientali e quindi misurata non in giorni o mesi ma, senz'altro, in (pochi) anni.

### 3 BONIFICA DELLE VECCHIE DISCARICHE

#### 3.1 Problematiche ambientali delle vecchie discariche

Generalmente il concetto di bonifica è legato alle “vecchie” discariche dal momento che in passato, prima degli anni ottanta, non si prestava molta attenzione ai problemi ambientali connessi allo smaltimento dei rifiuti in discarica, primo fra tutti il controllo delle emissioni (percolato e biogas) nell’ambiente. Le barriere (intese come strumenti atti a ridurre la diffusione incontrollata delle emissioni verso l’ambiente), erano molto blande se non totalmente inesistenti.

Con lo sviluppo che si è avuto dagli anni ottanta dei materiali geosintetici, ed in particolare delle **geomembrane in polietilene**, si è arrivati all’affermazione della **discarica “moderna”** con contenimento delle emissioni, con drenaggio, raccolta del percolato, deposito con grossa compattazione dei rifiuti, processo anaerobico, captazione del biogas.

**Anche questo tipo di discarica, fondato su materiali e tecnologie avanzate, ha tuttavia mostrato, nel tempo, i suoi limiti.** In particolare, l’accontentazione fideistica della potenziale efficienza dei nuovi materiali ha portato a realizzare discariche dove mai si sarebbe fatto sorgere né un monдозаio né uno scarico controllato di tipo semplice. Sono state così costruite discariche in cave di ghiaia, in valli con risorgive, in cave con venute d’acqua, ecc.

La riscontrata limitata efficienza nel tempo dei materiali e delle tecnologie applicative (indicata in Tabella 3.1), in connessione spesso con gestioni inadeguate tecnicamente, ha tuttavia portato a veri e propri disastri ambientali, proprio data la realizzazione di discariche dove mai si sarebbe pensato di posizionarle.

Tabella 3.1. Durata indicativa di diverse tipologie di barriere:

<i>DURATA, anni</i>	<i>10</i>	<i>30</i>	<i>&gt;100</i>
Geomembrane	X		
Strati di argilla	X	X	
Drenaggio	X		
Impermeabilizzazione superficiale	X	X	
Barriera geologica	X	X	X

Quando oggi si parla di bonifica di vecchie discariche, **i casi più gravi riguardano proprio “moderne” discariche**, cioè quelle costruite negli ultimi vent’anni (Cossu, 2005). Nei primi esempi di scarico

controllato, infatti, basati sul principio “attenua e disperdi”, il controllo del percolato era demandato ad una attenuazione negli strati di terreno insaturo, a bassa permeabilità, che dovevano essere presenti (naturalmente e talora artificialmente) al di sotto del deposito di rifiuti. Per la localizzazione delle discariche non venivano quindi prese in considerazione aree caratterizzate da suoli con elevata permeabilità o comunque ambientalmente vulnerabili.

Oggi le nuove discariche devono essere concepite sulla base del principio della sostenibilità ambientale e prevedere sistemi multibarriera.

Per sostenibilità ambientale di una discarica si intende che il livello di accumulo di sostanza organica putrescibile e l'entità delle emissioni (percolato e biogas) devono raggiungere valori minimi, compatibili con la qualità ambientale, entro il tempo massimo di una generazione (20-30 anni). In questo periodo la discarica deve essere presidiata da un sistema di barriere che eviti o minimizzi a livelli trascurabili le emissioni di percolato e di biogas.

Intendendo per barriera tutto ciò che contribuisce ad evitare o minimizzare le emissioni, le barriere applicabili non sono solo quelle fisiche (caratterizzate come visto da ben definiti tempi di durata ed efficienza) ma anche la stessa qualità dei rifiuti in ingresso (condizionabile con trattamenti preliminari quali raccolta differenziata, pretrattamento meccanico-biologico, pretrattamento termico), la scelta del tipo di processo di degradazione dei rifiuti (in condizioni anaerobiche, cioè in presenza di ossigeno, la velocità è 10 volte superiore rispetto alle condizioni anaerobiche), la tipologia della copertura (questa deve far penetrare l'acqua necessaria per la degradazione dei rifiuti), i drenaggi del percolato (che devono essere strutturati per evitare fenomeni di intasamento con conseguente crescita del livello di percolato all'interno della discarica), la stessa localizzazione della discarica.

### **3.2 Criteri ed alternative tecniche per la bonifica**

L'intervento su una vecchia discarica rappresenta un'operazione ingegneristica particolarmente delicata, sia per le diverse competenze specialistiche coinvolte, sia per la notevole dimensione che l'intervento può raggiungere. Per tali motivi è necessaria un'impostazione progettuale accurata e la definizione di tutte le misure operative e dei relativi aspetti di costo. Una conoscenza dettagliata delle modalità di indagine, delle diverse possibilità di intervento e dei criteri progettuali da adottare, rappresenta un requisito essenziale per rendere l'intervento efficace dal punto di vista tecnico ed ambientale (Cossu e al., 1995a).

Le opzioni di intervento su una vecchia discarica possono essere molteplici, caratterizzate da costi diversi e da differenti gradi di protezione dell'ambiente, richiesti dalla data situazione esaminata (caratteristiche morfologiche e strutturali della discarica, definizione globale delle emissioni, grado di sensibilità dell'ambiente circostante e rischio per la salute dell'uomo, disponibilità economica per l'intervento, etc.).

In linea di massima si possono configurare due tipologie di interventi:

- **interventi passivi**, che si limitano a controllare o a isolare dall'ambiente circostante l'ammasso dei rifiuti, senza tuttavia rimuovere la causa del potenziale inquinamento. In tale tipologia possono essere compresi i seguenti interventi:
  - controllo idraulico del pennacchio dei contaminanti per la salvaguardia della falda acquifera;
  - copertura superficiale per la minimizzazione delle emissioni gassose e dell'infiltrazione delle acque meteoriche;
  - realizzazione di un sistema di isolamento laterale o di fondo della discarica, per il contenimento delle potenziali emissioni;
- **interventi attivi**, che mirano alla attenuazione/rimozione della sorgente inquinante consentendo una soluzione definitiva del rischio di inquinamento. Tra tali interventi rientrano:
  - la stabilizzazione in situ dei rifiuti;
  - lo scavo dei rifiuti depositati, ed il loro successivo trattamento, che oltre a rimuovere la fonte potenzialmente contaminante consente di recuperare risorse ed aree (tecnologia del "landfill mining").

In base ai risultati delle indagini conoscitive, che rappresentano il primo e fondamentale passo da compiere per il recupero delle vecchie discariche, si possono prendere in considerazione, come illustrato in Figura 3.1, le tecniche di bonifica più appropriate in funzione della gravità della situazione rilevata.



Figura 3.1. Schema del range di scelta tra le varie tecnologie di bonifica in accordo con l'analisi di rischio e la complessità e il costo della tecnologia (Cossu, 2005).

**Ponendosi come obiettivo la sostenibilità ambientale**, la linea guida fondamentale per la bonifica delle vecchie discariche deve essere quindi, nella logica del sistema multibarriera, quella di costruire, ricostruire, riparare le barriere esistenti o integrare le barriere mancanti (Cossu, 2005).

Nei paragrafi che seguono sono illustrate le peculiarità delle tecniche di intervento prima elencate.

### 3.2.1 Impermeabilizzazione superficiale o capping (opzione A)

L'impermeabilizzazione superficiale o capping consiste nel modellamento del terreno finalizzato alla regolarizzazione delle superfici e alla realizzazione di una **copertura impermeabile** superficiale della discarica.

Tale copertura deve assicurare l'isolamento dei rifiuti dall'ambiente esterno, la minimizzazione delle infiltrazioni d'acqua, la riduzione al minimo della necessità di manutenzione, la minimizzazione dei fenomeni di erosione e la resistenza agli assestamenti ed a fenomeni di subsidenza localizzata.

Come previsto dal D.Lgs. 13 gennaio 2003 n. 36, la copertura viene realizzata *“mediante una struttura multistrato costituita, dall'alto verso il basso, dai seguenti strati:*

1. *strato superficiale di copertura con spessore maggiore o uguale ad 1 metro che favorisca lo sviluppo delle specie vegetali di copertura ai fini del piano di ripristino ambientale, fornisca una protezione adeguata contro l'erosione e consenta di proteggere le barriere sottostanti dalle escursioni termiche;*
2. *strato drenante maggiore o uguale a 0,5 m in grado di impedire la formazione di battente idraulico sopra le barriere di cui ai successivi punti 3 e 4;*
3. *strato minerale superiore compattato di spessore maggiore o uguale a 0,5 m e di conducibilità idraulica minore o uguale a  $10^{-8}$  m/s o di caratteristiche equivalenti;*
4. *strato di drenaggio del gas e di rottura capillare con spessore maggiore o uguale a 0,5 m;*
5. *strato di regolarizzazione con la funzione di permettere la corretta messa in opera degli strati sovrastanti.”*

I vantaggi di questa soluzione sono i seguenti:

- previene o **limita l'infiltrazione di acque meteoriche** entro il corpo discarica, così da evitare o ridurre la formazione di percolato che potrebbe poi contaminare le acque sotterranee e il suolo;
- previene o **limita le emissioni incontrollate** di biogas nell'atmosfera;
- **previene la fuoriuscita di percolato** da discariche in rilevato all'interno delle quali si sia formata una falda sospesa di livello superiore al piano campagna;
- **consente il recupero dell'area e la sua integrazione con il paesaggio circostante**, favorendo la crescita di un manto erboso, di piante e di arbusti;
- **previene i fenomeni di erosione** che potrebbero deteriorare il sistema di copertura superficiale;
- **migliora la resistenza della discarica** alle avverse condizioni climatiche;
- migliora la stabilità del sito.

Gli svantaggi di questa soluzione sono i seguenti:

- limita i problemi che potrebbero verificarsi con la produzione di percolato, **ma non si ottiene il risanamento del sito**;
- rimane il rischio, nel caso di **rotture** dei sistemi di impermeabilizzazione, di percolazione delle acque;

- nel caso di infiltrazione di acque meteoriche e lisciviazione dei rifiuti, porta alla produzione di un percolato con concentrazioni, **dei contaminanti ambientalmente** più significativi, che si mantengono elevate per tempi molto lunghi;
- non sono rimossi i rifiuti dalla zona e viene limitato un riutilizzo futuro del sito.

La soluzione in conclusione non è ambientalmente sostenibile, la sua efficacia è legata alla durata del sistema barriera costruito, richiede interventi di manutenzione straordinaria per un tempo indefinito. Si ottiene sostanzialmente una mummificazione (temporanea) dei rifiuti.

### 3.2.2 **Stabilizzazione aerobica in situ dei rifiuti** (opzione B)

Una possibilità per procedere in maniera ambientalmente sostenibile alla bonifica delle discariche chiuse e ridurre drasticamente la durata della fase di post-chiusura (durante la quale occorre provvedere al monitoraggio e alla gestione attiva delle emissioni) è quella di **intervenire sui processi di degradazione che si svolgono all'interno della massa dei rifiuti, allo scopo di accelerarli e raggiungere** in tempi brevi la stabilizzazione dei rifiuti.

Ciò può essere conseguito applicando la tecnica dell'aerazione in situ con processo **“Airflow”**. Essa è stata studiata inizialmente in scala di laboratorio presso il Dipartimento IMAGE dell'Università di Padova e successivamente applicata alla scala reale in diversi casi di studio (Brevetto Spinoff, VE2005A000012).

Le esperienze già maturate riguardano i seguenti casi:

- Discarica di Modena (2003) – Intervento di aerazione dei rifiuti eseguito preventivamente alla realizzazione della trincea per l'alloggiamento del rilevato ferroviario della linea alta velocità Milano-Bologna;
- Discarica in località Torretta, Comune di Legnago, Provincia di Verona (2005) – Stabilizzazione aerobica di rifiuti per il risanamento del tronco in alveo della discarica di RSU di Legnago;
- Discarica di S. Andrea di Campodarsego in Provincia di Padova (2005) - Aerazione in situ per stabilizzazione dei rifiuti depositati nel primo lotto non impermeabilizzato e per rendere agevole e sicura la futura eventuale rimozione degli stessi mediante Landfill Mining nell'ambito del progetto di riqualificazione dell'area.

La tecnologia dell'aerazione in situ **“Airflow”** **prevede l'insufflazione d'aria da una serie di pozzi e la contemporanea estrazione del gas da altri pozzi situati ad una certa distanza** (vedi Figura 3.2). L'obiettivo è quello di accelerare la stabilizzazione dei rifiuti per mezzo di processi aerobici di degradazione della sostanza organica.

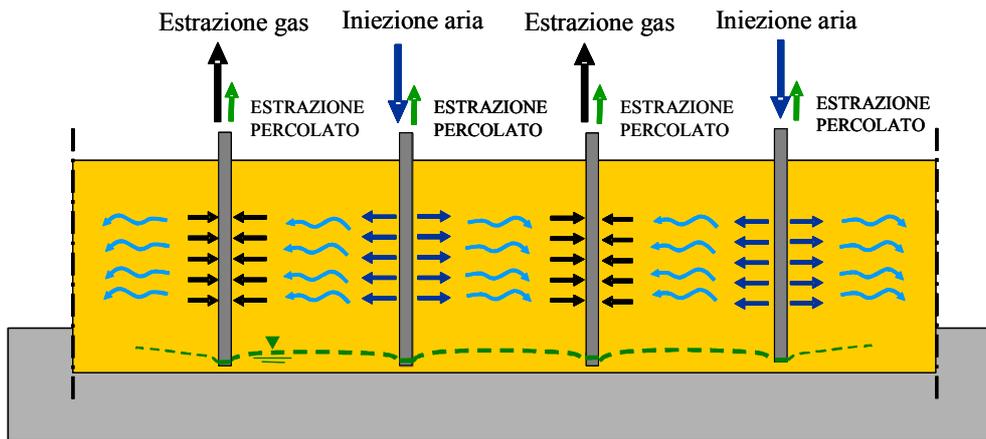


Figura 3.2. Schema del flusso di aria che si instaura in discarica per effetto dell'insufflazione d'aria e dell'aspirazione del gas di processo dai pozzi trivellati (Tecnologia "Airflow")

L'insufflazione d'aria e la contemporanea aspirazione del gas favoriscono la propagazione dell'ossigeno all'interno del corpo dei rifiuti ed evitano che il gas prodotto dai processi di degradazione aerobica migri verso l'atmosfera attraverso la copertura.

L'ossigeno contenuto nell'aria crea condizioni adatte a modificare, da anaerobico ad aerobico, il processo di conversione della sostanza organica biodegradabile contenuta nei rifiuti. Il carbonio organico quindi, anziché essere convertito in metano, anidride carbonica e composti ridotti maleodoranti (idrogeno solforato, mercaptani, indolo, scatolo, ammine, etc.) è trasformato in anidride carbonica, acqua e sostanze ossidate (nitrati, fosfati, solfati, etc.). Il metabolismo aerobico è inoltre favorito dal punto di vista energetico rispetto a quello anaerobico; comporta un incremento di temperatura (analogo a quello che si ha nel compostaggio) ed una velocità di degradazione notevolmente superiore (oltre 10 volte superiore).

Allo scopo di rendere più efficace il processo, occorre che il battente di percolato in discarica sia mantenuto basso, tramite estrazione anche dagli stessi pozzi utilizzati per l'insufflazione e l'aspirazione del biogas. Il biogas estratto, prima dell'immissione in atmosfera viene opportunamente convogliato verso un filtro per l'abbattimento degli odori e l'eliminazione dei composti tossici.

Raggiunta la stabilizzazione dei rifiuti attraverso l'aerazione in situ, è possibile prevedere la realizzazione di una copertura impermeabile della discarica, come da soluzione A descritta nel precedente paragrafo, per assicurare l'isolamento dei rifiuti dall'ambiente esterno e la minimizzazione delle infiltrazioni d'acqua attraverso la massa dei rifiuti.

I vantaggi di questa soluzione sono i seguenti:

- viene ridotta notevolmente la durata dell'impatto ambientale di lungo termine della discarica grazie alle cinetiche più veloci dei processi di degradazione dei rifiuti (processo aerobico);
- i composti organici biodegradabili presenti nel percolato, in seguito all'aerazione sono rapidamente trasformati: si nota infatti un veloce calo dei valori di COD, BOD<sub>5</sub> e azoto ammoniacale e al termine

della stabilizzazione i composti organici sono costituiti solo da composti debolmente degradabili o non degradabili, di insignificante impatto ambientale;

- raggiunta la stabilizzazione dei rifiuti, si annulla o **si riduce la produzione di biogas** perché rende trascurabile l'incidenza dei processi di biodegradazione residui;
- **limita l'infiltrazione di acque meteoriche** entro il corpo discarica evitando la formazione di percolato. In questo caso **il percolato non sarebbe inquinante**, ma il suo accumulo potrebbe comunque creare problemi di stabilità meccanica;
- **elimina le emissioni incontrollate** di biogas nell'atmosfera;
- **consente il recupero dell'area e la sua integrazione** con il paesaggio circostante con messa a verde della superficie (manto erboso, piante e arbusti, etc.);
- **previene i fenomeni di erosione** che potrebbero deteriorare il sistema di copertura superficiale;
- migliora la stabilità del sito;
- genera un percolato con un carico contaminante residuo costituito da composti inorganici ed organici refrattari, comunque di entità tali da non comportare significativi rischi ambientali.

### 3.2.3 **Landfill Mining (opzione C)**

La tecnica del Landfill Mining (LFM) prevede che i rifiuti depositati in discarica siano scavati e che il materiale ottenuto sia inviato ad un trattamento meccanico, **grazie al quale si separa una frazione riutilizzabile da una residua da ridepositare in discarica in modo controllato**, secondo i concetti di discarica sostenibile (vedi Figura 3.3).

Numerosi vantaggi provengono dall'applicazione di questo tipo di intervento preceduto dall'Aerazione in Situ allo scopo di stabilizzare i rifiuti, come sarà descritto in modo particolareggiato nel capitolo seguente.

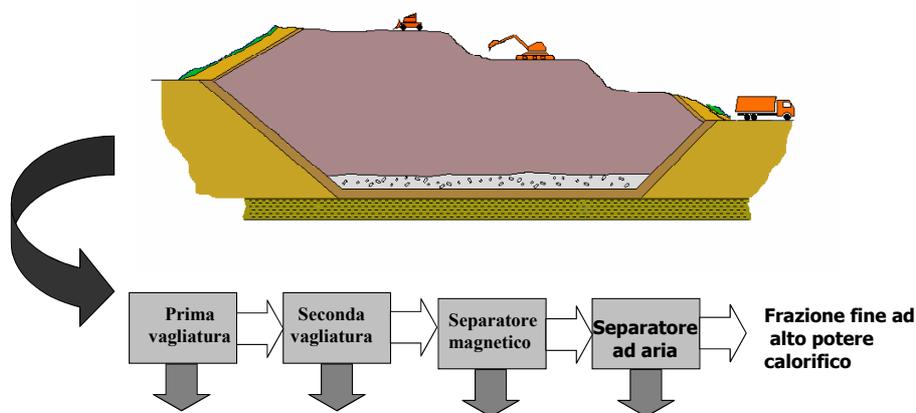


Figura 3.3. Descrizione del LFM come tecnica di bonifica di vecchie discariche. I rifiuti depositati vengono scavati e inviati ad un trattamento meccanico di cui sono indicati i passaggi principali.

### 3.3 Risultati ottenibili

Nei grafici in Figura 3.4 sono riportati gli andamenti nel tempo delle emissioni incontrollate, nel caso di discarica incontrollata e di discarica “moderna” impermeabilizzata ed i risultati che si possono ottenere intervenendo con una delle tecniche di bonifica prima descritte.

Nel grafico A è solo descritto l'andamento delle emissioni con le due tipologie di discarica. Nella discarica incontrollata il massimo di emissioni si ha durante l'esercizio e poi il loro livello si attenua gradatamente. Nel caso di discarica impermeabilizzata, controllata cioè solo dalle barriere fisiche, finché l'efficienza delle barriere dura (10-30 anni) non si registrano emissioni significative, dopo le emissioni raggiungono livelli che eccedono il livello accettabile per l'ambiente ( $e_a$ ).

Supponendo di intervenire con la bonifica dopo 30 anni dalla chiusura della discarica, quando le emissioni eccedono il livello accettabile, sia per la discarica incontrollata che per quella impermeabilizzata, si possono presentare le situazioni illustrate nei grafici B, C e D.

Nel caso in cui si realizzi un intervento di capping (Grafico B), si può notare come, dopo un iniziale repentino abbassamento delle emissioni ad un livello inferiore a quello accettabile ( $e_a$ ), queste risalgono successivamente nel tempo, in relazione ad un inevitabile deterioramento dei materiali utilizzati nelle impermeabilizzazioni di fondo e sulla copertura.

Con l'applicazione dell'aerazione in situ (Grafico C), le emissioni vengono controllate e decrescono progressivamente nel tempo fino a raggiungere livelli accettabili all'interno del periodo di post-chiusura della discarica, cioè quando la discarica è ancora sottoposta a controllo secondo la vigente normativa.

Nel caso del LFM ( Caso D ), le emissioni decadono in modo permanente in corrispondenza del totale asporto dei rifiuti e quindi della fonte di possibile contaminazione.

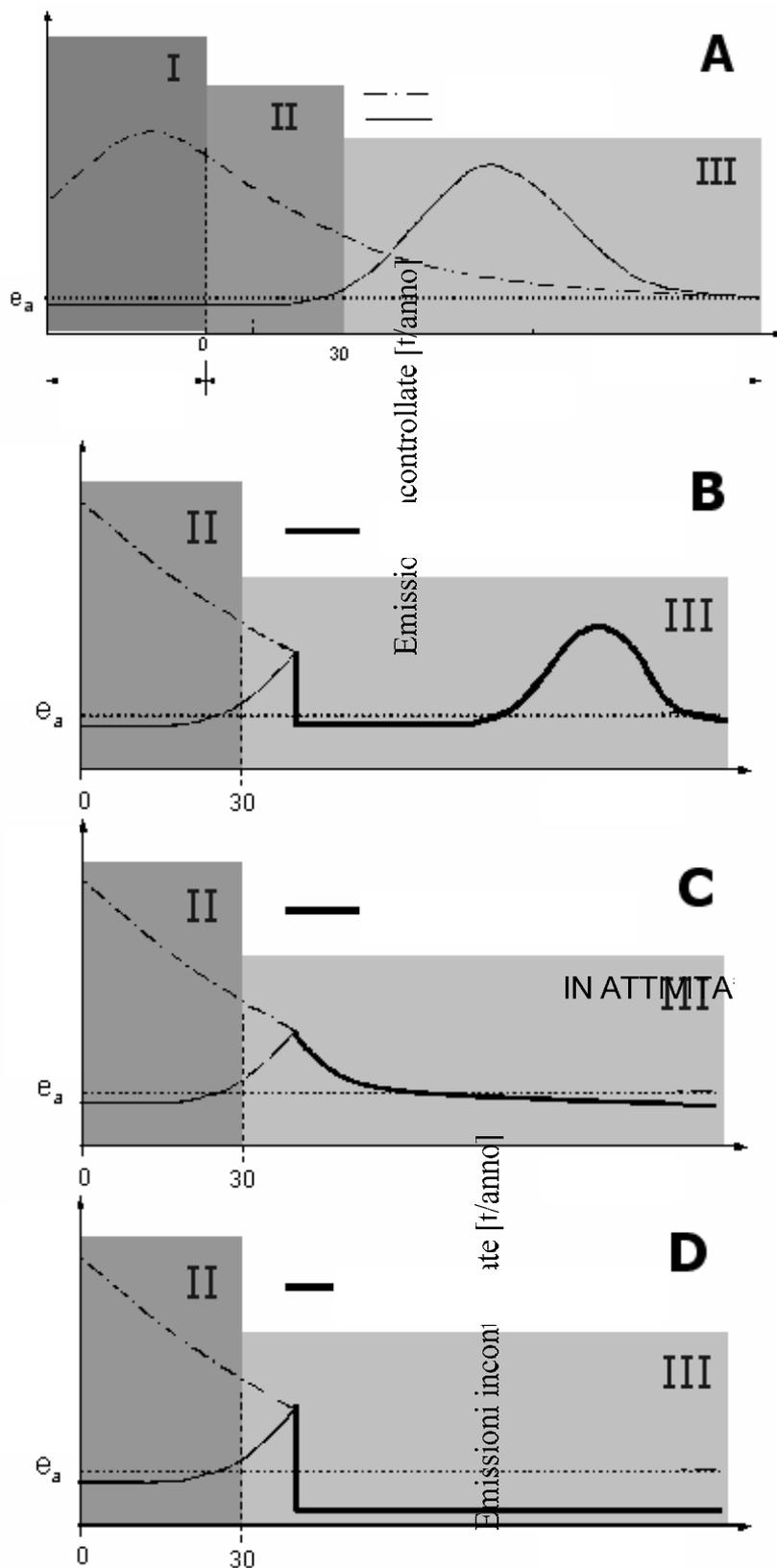


Figura 3.4. Grafici che rappresentano gli effetti sulle emissioni di lungo termine secondo le diverse tecnologie di bonifica applicate ad una vecchia discarica e ad una discarica impermeabilizzata secondo l'attuale normativa (Cossu, 2005).

## 4 LANDFILL MINING

### 4.1 Descrizione della tipologia di intervento

Il Landfill Mining (LFM), come prima accennato, rappresenta una tecnologia di bonifica delle discariche che **consiste nell'escavazione dei rifiuti depositati e nel loro successivo trattamento** al fine di separare e selezionare diverse componenti (materiale fine, frazioni recuperabili e residui), destinate ad essere successivamente gestite in modo differenziato.

L'applicazione di questa tecnica comporta numerosi vantaggi:

- **la rimozione dell'ammasso dei rifiuti** consente una risoluzione totale e definitiva del problema ambientale, essendo eliminata completamente la fonte di potenziale contaminazione;
- **si recuperano materiali suscettibili di essere riciclati** (metalli ferrosi e alluminio);
- **si recuperano materiali ad alto potere calorifico** (carta, plastica, tessuti, legno) che possono convenientemente essere utilizzati a fini energetici.
- **si recuperano materiali inerti direttamente reimpiegabili** (sassi, ghiaia, cocci, ecc.)
- i materiali fini recuperati possono essere utilizzati come copertura giornaliera in lotti di discarica in esercizio, riducendo i costi di acquisto dall'esterno del terreno di copertura;
- qualora l'area della vecchia discarica possa essere ancora destinata a tale specifico uso (non è il caso di Brissogne) vengono recuperati volumi per il deposito di nuovi rifiuti; infatti, il LFM consentendo il recupero di gran parte dei rifiuti comporta che solo una ridotta percentuale di residui debba essere ridepositata in discarica;
- **vengono completamente eliminati i costi derivanti da operazioni di monitoraggio e post-chiusura della discarica;**
- **qualora la zona della discarica rivesta particolare interesse territoriale si ha il recupero di aree da destinare a diverso sviluppo funzionale.**

Il primo intervento di LFM fu realizzato da una società privata nel 1953 in una discarica di Tel Aviv, in Israele, con il fine principale di recuperare il materiale fine per la produzione di ammendante. Il materiale scavato veniva sottoposto a trattamento mediante utilizzo di un vaglio rotante: il sottovaglio era destinato alla produzione di compost, il sopravaglio veniva inviato a successivi trattamenti di selezione manuale per la separazione delle frazioni recuperabili. Questo intervento rimase l'unico esempio di applicazione di LFM fino agli anni '80, quando l'esigenza di reperire spazi per la realizzazione di nuove discariche e l'importanza del recupero di materiali, favorirono lo sviluppo e l'applicazione di questa tecnologia di bonifica.

Da allora sono stati realizzati diversi interventi su scala reale principalmente negli USA (Kornberg, 1993; Cossu et al., 1995b). **Diversi progetti dimostrativi sono stati effettuati in Europa**

(Hogland et al., 1995; Rettenberger, 1995; Obermeier e Saure, 1995; Cossu et al., 1997) ed in entrambi i casi i dati hanno confermato la potenzialità di questa tecnica e il suo interesse dal punto di vista economico, ambientale e territoriale.

Nel Nord Italia questa tecnologia è stata già applicata in due discariche (la discarica di Portogruaro in provincia di Venezia e la discarica di Villadose a Rovigo) oltre ad essere stata utilizzata anche presso la discarica di Modena quando la realizzazione della linea ferroviaria ad alta velocità, il cui tracciato attraversava la discarica, ha comportato la rimozione ed il trattamento di circa 150.000 m<sup>3</sup> di rifiuti. In questo caso il Landfill Mining era accoppiato ad un intervento di aerazione in situ. Un intervento simile, sempre accoppiato ad un intervento di aerazione in situ, è in autorizzazione per la discarica di Campodarsego, in provincia di Padova.

Il Landfill Mining costituisce una operazione ingegneristica di una certa complessità. Ai fini della predisposizione dei diversi livelli progettuali (in particolare definitivo ed esecutivo) è necessario svolgere una serie di indagini ad hoc atte ad acquisire informazioni di dettaglio sugli aspetti qui di seguito elencati.

- *Caratteristiche morfologiche e geomeccaniche dell'ammasso dei rifiuti.* Tali informazioni sono utili, le prime, per pianificare le modalità operative di scavo (spazi liberi, pendenze, lavorazione per strisciate, ecc.) e le seconde per definire eventuali rischi di instabilità (frammenti) durante le stesse operazioni di scavo.
- *Caratterizzazione merceologica, chimico-fisica e granulometrica dei rifiuti.* Questi elementi conoscitivi consentono di valutare in modo preciso la qualità e la quantità delle frazioni ottenibili, la loro riciclabilità ed il loro comportamento ambientale qualora destinate ad essere ridepositate in una nuova discarica. Per questi motivi esse sono alla base delle scelte tecniche di trattamento del materiale dopo lo scavo e delle valutazioni economiche sul progetto.
- *Qualità ambientale della discarica.* Questa è intesa come definizione della quantità e qualità delle emissioni di percolato e di biogas prodotte nonché dei livelli di accumulo di tali fluidi nel corpo della discarica. Ciò è estremamente utile per definire e dimensionare gli interventi di pretrattamento *in situ*, da effettuare prima dello scavo sia per completare il quadro delle modalità operative di scavo (drenaggi, sostegni, etc), sia per individuare le più appropriate misure di sicurezza per gli operai e per la popolazione, sia per garantire la tutela dell'ambiente da inquinamenti atmosferici ed idrici.

## 4.2 Impatto ambientale dell'intervento e suo contenimento

I maggiori rischi ambientali posti dall'intervento di Landfill Mining sono legati, in ordine crescente di importanza ai seguenti fenomeni:

- I. **Presenza di biogas** (miscela di metano, anidride carbonica e di altri gas in traccia) dovuto alla degradazione anaerobica dei rifiuti. Ciò può comportare rischi di asfissia e di tossicità per gli addetti alle operazioni di scavo e diffusione di cattivi odori, con disagi per gli individui esposti (operai, abitanti nelle vicinanze della discarica). Inoltre il metano forma con l'aria, in un intervallo di concentrazione compreso tra il 5 ed il 15% vol, miscele esplosive, analoghe al *grisou* che si forma nelle miniere di carbone.
- II. **Instabilità dei rifiuti.** I rifiuti si configurano come un terreno sciolto, con tessitura molto eterogenea. In genere le peculiarità meccaniche del materiale, alta compressibilità e buon angolo di attrito, sono tali, in condizioni ben drenate, di consentire scavi anche con pareti in forte pendenza. Materiali quali plastica, carta e tessili fungono infatti come una sorta di armatura del materiale. Tuttavia in presenza di elevati livelli idrici nel corpo rifiuti, o di sacche di biogas e falde sospese di percolato o di depositi di materiali incoerenti (ceneri, fanghi di depurazione, terre, gessi, ecc) sono possibili locali fenomeni di instabilità che possono mettere a rischio l'incolumità fisica degli addetti.
- III. La movimentazione dei rifiuti può dar luogo ad **emissione di polveri.**
- IV. Possono registrarsi **tracimazioni di percolato.**
- V. Nella parte di discarica **incontrollata possono incontrarsi rifiuti pericolosi** smaltiti quando le normativa erano meno restrittive.

Per contenere la gran parte dei problemi di impatto ambientale del Landfill Mining è necessario procedere ad un pretrattamento in situ dei rifiuti depositati, mediante la tecnica dell'aerazione prolungata, a bassa pressione, con contemporaneo allontanamento del percolato (tecnologia "AirFlow"). Si tratta cioè di operare con la stessa tecnologia descritta in precedenza come possibile alternativa per la messa in sicurezza/bonifica delle vecchie discariche.

Solitamente viene utilizzato uno schema a due linee: la prima insuffla aria nel corpo discarica, mentre la seconda linea aspira il biogas e lo invia al biofiltro per la degradazione degli inquinanti presenti. Il flusso dell'aria è invertito periodicamente (secondo intervalli prestabiliti) in maniera tale da mantenere condizioni aerobiche ed evitare la formazione di percorsi preferenziali dell'aria nell'ammasso dei rifiuti.

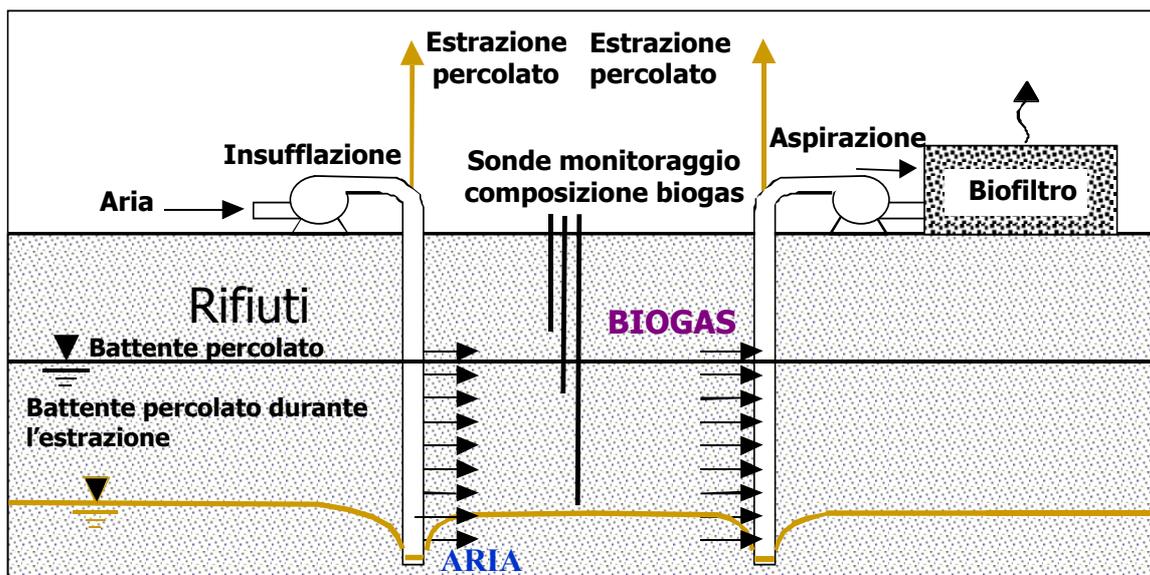


Figura 4.1. Schema del sistema di stabilizzazione dei rifiuti in situ con la tecnologia "Airflow".

In questo caso tale tecnologia, che converte da anaerobiche ad aerobiche le condizioni di degradazione dei rifiuti, viene impiegata come pretrattamento al Landfill Mining al fine di conseguire i seguenti vantaggi:

- degassazione dell'ammasso dei rifiuti con allontanamento del biogas da parte della massa d'aria insufflata;
- l'aerazione prolungata stabilizza i rifiuti evitando o minimizzando la riformazione di biogas quando l'aerazione viene interrotta;
- la stabilizzazione della sostanza organica comporta anche una ossidazione del percolato (riduzione di COD, BOD ed Ammoniaca) che potrà anche essere parzialmente ricircolato per mantenere omogenee condizioni di umidità dei rifiuti necessarie per garantire una buona degradazione; dove viene allontanato?
- **l'allontanamento del percolato**, effettuato contestualmente all'immissione ed aspirazione di aria impiegando gli stessi pozzi, consente di ridurre l'umidità dei rifiuti da scavare, ne migliora il comportamento in fase di selezione meccanica dopo lo scavo, ne migliora la riciclabilità, riduce i rischi di instabilità meccanica dei rifiuti ed infine consente una migliore efficienza dell'aerazione. In presenza di acqua infatti l'aria insufflata non si diffonde tra i rifiuti;
- la stabilizzazione della sostanza organica, da ultimo, consente anche dei vantaggi nella gestione delle frazioni dei rifiuti sottoposti a selezione meccanica; in particolare i materiali fini, ricchi di sostanza organica, potranno convenientemente essere utilizzati, se stabili, **come succedanei del terreno per la copertura di una nuova discarica controllata**; allo stesso modo i residui destinati

al rideposito in discarica risulteranno stabili e tali da consentire la realizzazione di una discarica sostenibile (vedi paragrafo 3.1)..

### 4.3 Impianti per lo scavo ed il trattamento

L'attrezzatura utilizzata in operazioni semplificate di Landfill Mining è costituita da escavatori idraulici, dumper, vagli e nastri trasportatori. Nelle operazioni più complesse per il recupero e la diversificazione di più frazioni di materiali sono usate specifiche macchine quali trituratori, classificatori ad aria, separatori balistici, etc.

La scelta della tecnologia da adottare per la separazione dei rifiuti nelle diverse frazioni viene eseguita, come anticipato nei precedenti paragrafi, sulla base delle caratteristiche del rifiuto scavato, desunte dalle indagini preliminari, e sulla base delle finalità che si vogliono raggiungere mediante lo scavo ed il trattamento dei rifiuti. L'impianto può quindi risultare semplice o complesso.

Di seguito si riporta un caso esemplificativo: il materiale scavato viene scaricato su un vaglio grossolano che permette di allontanare i materiali non processabili. La parte rimanente passa attraverso un vaglio fine dal quale si recupera la frazione fine (per lo più costituita da terra, inerti, sostanza organica stabilizzata), da utilizzare come materiale di copertura giornaliero in nuove discariche (o nella stessa, nel caso vi siano settori ancora in esercizio). Il materiale trattenuto dal vaglio è inviato ad un separatore magnetico attraverso il quale si recuperano i metalli. Il rifiuto viene successivamente sottoposto ad un trattamento di separazione ad aria per la separazione dei rifiuti a minore densità (carta, plastica, tessuti, etc.) dalla frazione costituita da materiali quali vetro, inerti e legno, caratterizzati da elevata densità; questi ultimi vengono portati attraverso un nastro trasportatore ad un sottosistema di recupero del legno, mentre gli altri vanno ad una pressa imballatrice a canale per la riduzione del flusso in balle ad elevato potere calorifero, da utilizzare per il recupero energetico.

Nel caso in cui le indagini preliminari evidenzino la presenza di alcune delle suddette frazioni in quantità ridotte o qualora le finalità dell'intervento non richiedano una separazione così accurata, l'impianto può essere semplificato. Allo stesso modo, nel caso sia necessaria una separazione più spinta, possono essere previste ulteriori componenti che permettano una maggior suddivisione delle diverse frazioni.

In definitiva il risultato della fase di selezione sarà la suddivisione del materiale estratto nelle seguenti classi principali:

- un materiale a più elevato peso specifico, della consistenza di un **terriccio**, di matrice organica putrescibile più o meno marcata a seconda del tempo di permanenza in discarica e dello stato di avanzamento dei processi di degradazione cui è stato sottoposto il rifiuto di partenza;
- un **materiale** leggero **caratterizzato da un elevato potere calorifico** (materiale cellulosico e plastiche), classificabile (a titolo indicativo) come un CDR grezzo da sottoporre a termovalorizzazione;

- metalli;
- scarti ed inerti.

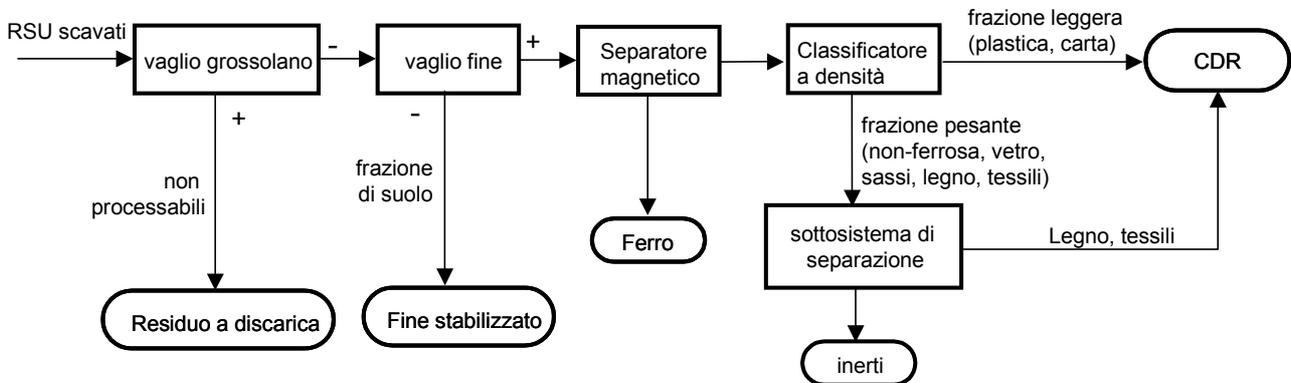


Figura 4.2. Schema esemplificativo di un processo adottabile per il trattamento dei rifiuti nell’ambito di un eventuale intervento di “landfill mining”.

Durante le fasi di selezione si avrà cura inoltre di allontanare dal flusso di rifiuti le componenti pericolose quali pile, batterie per autoveicoli etc., per avviarle ad opportuno trattamento e smaltimento. In questo modo tra gli obiettivi del post-trattamento sarà inclusa anche la rimozione dalla discarica di componenti pericolose che potrebbero aggravare l'impatto ambientale della discarica stessa.

Nel successivo paragrafo verranno definite più in dettaglio le caratteristiche dei flussi di materiali ricavabili con il Landfill Mining.

#### 4.4 Tipologia e gestione dei flussi di materiali selezionati

Nella caratterizzazione dei flussi di materiali interessati da Landfill Mining è possibile distinguere le seguenti frazioni del rifiuto scavato, sulla base del loro possibile recupero:

- *frazione combustibile*, composta da carta, cartone, plastiche, legno e tessuti, che può essere vantaggiosamente riutilizzata termicamente. I componenti di tale frazione sono riscontrabili soprattutto nella corrente di pezzatura maggiore, separabile dagli altri rifiuti come sopravaglio (a 40 o 50 mm). Tale frazione risulta caratterizzata da elevato potere calorifico, variabile a seconda delle esperienze tra 7÷8 MJ/kg (Hogland et al., 1995) e 11 MJ/kg (Obermeier e Saure, 1995) tali da permettere un utilizzo energetico *senza dover ricorrere a combustibili ausiliari*. In altre esperienze (Cossu et al., 1995b; Rettenberger, 1995) sono stati ottenuti valori prossimi a 20 MJ/kg, e tali da far pensare alla realizzazione di appositi impianti per una vantaggiosa utilizzazione energetica. *In alcuni casi si è preferito separare i fogli di plastica dalle altre componenti e sottoporli ad adeguato trattamento di lavaggio e condizionamento, inviandoli successivamente a recupero* (Rettenberger, 1995).

- **metalli**, soprattutto quelli ferrosi, potenzialmente avviabili a riciclaggio;
- **frazione fine**, a maggiore contenuto di sostanza organica. **Problematico appare di solito un utilizzo agricolo di tale frazione come ammendante, soprattutto perché la sua qualità potrebbe risultare penalizzata dalla presenza di metalli pesanti.** Per questo motivo, il principale utilizzo è come materiale di copertura giornaliero in discarica. Interessanti sono stati i risultati di trattamenti idromeccanici della frazione fine (Bilitewski, 1995), composti essenzialmente da due fasi: nella prima fase di lavaggio si separa il materiale inerte pesante dalla frazione galleggiante (legno e plastica); nella seconda la sospensione ottenuta viene separata in una frazione inerte fine e in una frazione di fango, nella quale si trova concentrata la sostanza organica;
- **inerti**, quali pietre o vetro, che rappresentano le componenti principali della frazione pesante. Risultati lusinghieri sono stati ottenuti in alcune esperienze nella separazione del vetro dagli altri inerti, mediante prelavaggio e processo combinato con rottura del vetro ad urto e separazione della frazione risultante mediante vaglio a maglie fini (Cossu et al., 1995b);
- **frazione residua**, da **smaltire successivamente in discarica.** Anche se tale componente rappresenta una percentuale non trascurabile in peso, l'alto peso specifico fa sì che corrisponda a minor volume per lo smaltimento in discarica. In ogni caso le discariche interessate da smaltimento dei residui e di parte della frazione fine, hanno evidenziato semplicità nello smaltimento (per le operazioni di stoccaggio, compattazione dei rifiuti etc.) e contenute quantità di emissioni, vista la qualità del materiale, caratterizzate da bassi tenori di sostanze contaminanti (Rettenberger, 1995).

La quantità e le caratteristiche del materiale recuperato da una discarica sono funzione dei rifiuti smaltiti nella discarica stessa e dipendono dalle loro proprietà fisico-chimiche, dall'efficacia e dall'efficienza della tecnica utilizzata per l'escavazione dei rifiuti. Dai dati delle esperienze fin qui maturate, riguardanti anche i rendimenti dei processi meccanici, si può vedere che **la percentuale di suolo recuperata o riutilizzata oscilla tra 85% e 95%, quella dei metalli ferrosi tra 70% e il 90%, quella dei materiali plastici tra 50% e 75%.**

La più elevata percentuale in peso del materiale scavato è data dal suolo, il cui valore tendenzialmente varia tra il 30% e il 70% e dipende principalmente dalle procedure con cui sono stati smaltiti i rifiuti e dal loro grado di degradazione.

## 5 GESTIONE E DESTINO FINALE DEI MATERIALI SELEZIONATI PRESSO LA DISCARICA DI BRISSOGNE

La caratterizzazione dei rifiuti depositati nelle discariche di Brissogne è stata eseguita nel corso della caratterizzazione iniziale effettuata secondo le modalità descritte nel capitolo 2.

Pur se per una progettazione di dettaglio dell'intervento di bonifica, sarà necessario, come richiamato nel capitolo precedente, effettuare ulteriori approfondite indagini, i dati fin qui disponibili sono più che sufficienti per effettuare alcune elaborazioni preliminari finalizzate a comprendere meglio un eventuale intervento di bonifica delle discariche di Brissogne con la tecnica del Landfill Mining.

I risultati ottenuti dall'analisi granulometrica e merceologica hanno evidenziato una elevata disomogeneità dei rifiuti presenti nel corpo discarica (tipologie differenti, età differenti, differenti condizioni di umidità). In Tabella 5.1 vengono riportati i valori delle diverse percentuali relative alla composizione merceologica dei rifiuti depositati nei vari lotti.

Tabella 5.1. Risultati delle analisi merceologiche effettuate presso la discarica di Brissogne, per i campioni di rifiuto ottenuti con tre diverse trivellazioni. Sono anche riportati i valori assunti come riferimento per le valutazioni successive.

<b>ANALISI MERCEOLOGICHE - ELABORAZIONI</b>				
<b>A) LOTTI IN ESERCIZIO</b>				
	Triv. 1	Triv. 2	Triv. 4	Valori di riferimento
Tessili-legno	5,5%	5,0%	9,6%	<b>6,7%</b>
Carta-Cartone	4,0%	5,2%	0,9%	<b>3,4%</b>
Materiale plastico	21,2%	20,5%	33,8%	<b>25,1%</b>
Materiale non definibile merceol.	56,3%	21,6%	47,4%	<b>21,1%</b> (ripartiz. proporzionale alla Triv. 2)
				<b>56,3%</b>
Metalli	3,0%	3,4%	3,8%	<b>3,4%</b>
Materiale inerte	7,5%	9,9%	2,8%	<b>6,7%</b>
Sottovaglio 20mm	2,4%	34,4%	1,8%	<b>33,5%</b>
<b>B) DISCARICA NON CONTROLLATA DI BRISSOGNE</b>				
	Triv. 3			Valori di riferimento
Tessili-legno	<b>2,9%</b>			<b>2,9%</b>
Carta-Cartone	<b>1,9%</b>			<b>1,9%</b>
Materiale plastico	<b>2,4%</b>			<b>2,4%</b>
Materiale no def. Merc.	<b>9,3%</b>			<b>9,3%</b>
	<b>16,4%</b>			<b>16,4%</b>
Metalli	<b>0,8%</b>			<b>0,8%</b>
Materiale inerte	<b>23,9%</b>			<b>23,9%</b>
Sottovaglio 20mm	<b>58,8%</b>			<b>58,8%</b>

Questa risulta molto diversa tra i lotti in esercizio e la discarica non controllata. In particolare in quest'ultima è presente una percentuale molto più elevata di inerti e sottovaglio.

Anche fra le trivellazioni eseguite sui lotti in esercizio si evidenzia una eterogeneità nei dati ottenuti. In generale si osserva una percentuale relativamente elevata di materiale plastico (variabile da 20.5% a 33.8%), una percentuale discreta di tessili/legno (da 5% a 9.6%) e di materiali inerti (da 2.8% a 9.9%) e una percentuale relativamente bassa di carta e cartone (variabile da 0.9% a 5.2%).

## 5.1 Soluzione impiantistica proponibile per il trattamento del rifiuto scavato

Per la discarica di Brissogne è proponibile una bonifica costituita dalle seguenti fasi:

- stabilizzazione dei rifiuti depositati in discarica mediante aerazione in situ a bassa pressione ed allontanamento del percolato (tecnologia "Airflow");
- scavo mediante LFM dell'ammasso dei rifiuti;
- trattamento meccanico dei rifiuti scavati in un impianto composto da trituratore, vaglio, deferrizzatore, separatore eolico e pressa;
- gestione e recupero delle frazioni residuali (frazione fine, inerti, scarto e CDR grezzo);
- invio del CDR grezzo al termovalorizzatore per il recupero energetico.

In quest'ottica di intervento si propone un impianto destinato al trattamento meccanico dei rifiuti provenienti dal LFM, che permette principalmente di dividere la frazione ad elevato potere calorifico (CDR grezzo) da inviare all'impianto di termovalorizzazione, dalle altre frazioni recuperabili, riciclabili o da quelle non processabili e quindi destinate a ritornare in discarica come residui.

La linea impiantistica proponibile per il trattamento dei rifiuti provenienti dal LFM può essere costituita dalle seguenti unità operative:

- trituratore con alimentazione a tramoggia;
- nastro deferrizzatore;
- vaglio a tamburo rotante per la separazione della frazione grossa da quella fine;
- separatore ad aria;
- pressa.

I risultati delle analisi merceologiche sui campioni di rifiuti scavati hanno permesso di stabilire i flussi di materiali evidenziati nel sottostante schema a blocchi della linea di trattamento.

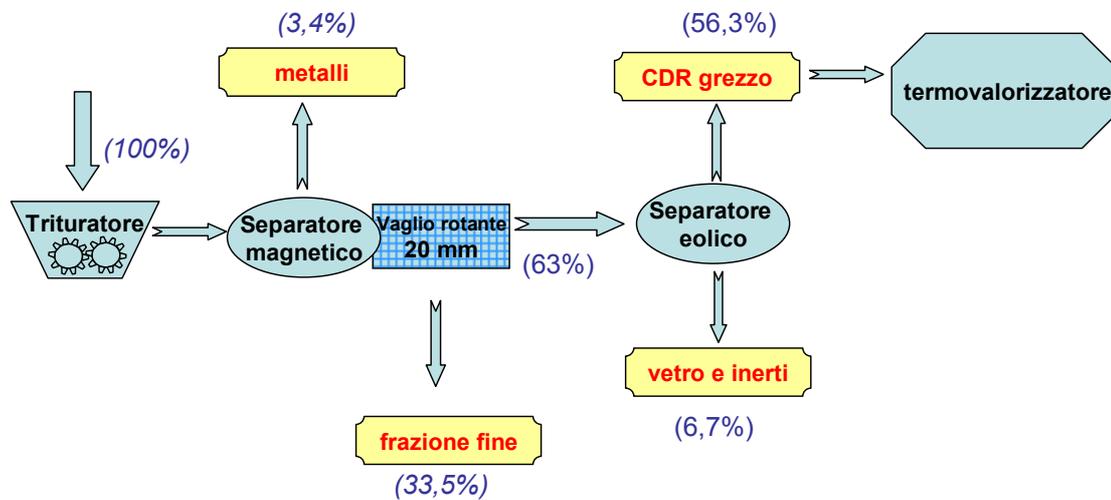


Figura 4.3. Schema a blocchi della linea di trattamento dei rifiuti scavati proposta e flussi di materiali

In uscita all'impianto si prevedono i seguenti flussi:

- i metalli da avviare a recupero;
- la frazione fine < 20 mm da smaltire in discarica o, previa caratterizzazione, da utilizzare per la ricomposizione ambientale;
- la frazione del sopravaglio > 20 mm (composta principalmente da materiale plastico e celluloso) che costituisce il CDR grezzo da inviare al termovalorizzatore;
- la frazione pesante del sopravaglio > 20 mm composto principalmente da vetro e inerti da utilizzarsi eventualmente sul fondo di nuove discariche come integrazione allo strato drenante di ghiaia per la raccolta del percolato.

## 5.2 Materiali fini

Il materiale fine, ovvero il sottovaglio a 20 mm, costituente una frazione che va dal 33,5% nei lotti in esercizio al 58,8% nella vecchia discarica, generalmente ricco di sostanza organica, si presenterà come materiale già stabilizzato a seguito dell'attività di aerazione in situ e potrà essere quindi ricollocato in un deposito controllato, oppure potrà essere avviato alla termovalorizzazione, visti i risultati delle prove analitiche. Queste infatti hanno evidenziato che la frazione sottovaglio a 20 mm della trivellazione n. 2 possiede delle caratteristiche energetiche interessanti non dissimili da quelle della frazione non definibile merceologicamente.

In questo senso ulteriori verifiche, come richieste anche nella “Relazione illustrativa delle risultanze delle indagini” (gennaio 2007), potrebbero essere utili per avvalorare tale soluzione.

### 5.3 Materiali lapidei e metalli

Gli inerti, o materiali lapidei, sono costituiti prevalentemente da pietre e vetro e costituiscono le componenti principali della frazione pesante. Questi potrebbero venire utilizzati nella nuova discarica di Issogne sopra lo strato di ghiaia come integrazione allo strato drenante per la raccolta del percolato, come proposto nello studio di fattibilità di intervento di LFM per la bonifica della parte vecchia della discarica di Campodarsego, Padova.

Dalle indagini effettuate si può notare una percentuale di inerti in peso che varia dal 6.7% dei nuovi lotti al 23.9% della vecchia discarica non controllata.

Per quanto riguarda i metalli, soprattutto quelli ferrosi, vengono separati attraverso un deferrizzatore ed avviati al riciclaggio. La percentuale (in peso) di metalli nei rifiuti depositati in discarica varia dal 3.4% dei lotti in esercizio allo 0.8% nella vecchia discarica.

### 5.4 Destinazione finale dei materiali selezionati

I dati necessari per un calcolo preliminare dei flussi di materiali ottenibili dalla selezione meccanica dei rifiuti scavati presso la discarica di Brissogne sono riassunti nella Tabella 5.2.

Poiché le caratteristiche merceologiche dei rifiuti variano considerevolmente (vedi Tabella 5.1) tra la vecchia parte della discarica e la nuova (intendendo con questa i settori impermeabilizzati e quelli attualmente in esercizio) sono riportati in modo separato, nella tabella, i diversi i valori dei dati e dei parametri considerati.

Il volume complessivo della Discarica di Brissogne dovrebbe raggiungere nel 2012 i 2.085.000 m<sup>3</sup>, dei quali 230.000 si trovano nella vecchia parte della discarica mentre 1.855.000 risulteranno complessivamente depositati nella nuova. Per il calcolo del peso cumulato di rifiuti nelle due realtà (vecchia e nuova) si è considerato un peso di volume di 1,03 t/m<sup>3</sup> (come assunto nell’“Analisi preliminare delle risultanze delle prove di caratterizzazione dei rifiuti costituenti la discarica regionale di Brissogne”). Questo valore del peso di volume dovrà comunque essere oggetto di attenta verifica sperimentale prima della progettazione definitiva ed esecutiva.

Tabella 5.2 Quantità in peso e volume dei flussi di materiale selezionato proveniente dalle due parti della discarica di Brissogne. Sono indicati i Volumi presi come riferimento iniziale ed i valori di densità considerati. Le percentuali delle frazioni merceologiche derivano dalla Tabella 5.1. Sono anche riportati i valori dei poteri calorifici inferiori (PCI) assunti per le frazioni combustibili, espressi sia in Kcal/Kg, sia in KJ/Kg. LC= Frazioni lignocellulosiche, P = Plastiche e gomme, Ndm = Frazioni merceologiche non definibili.

Materiale	CDR		Residuo	Inerti	Metalli	Totali
	LC+P	Ndm				
<i>A. Parte nuova, V=1855000 m3</i>						
<i><math>\gamma = 1,03 \text{ t/m}^3 \quad Q = 1910650 \text{ t}</math></i>						
Peso, %	35,2	21,1	33,5	6,8	3,4	100
Peso totale rifiuti, t	672.549	403.147	640.068	129.924	64.962	1.910.650
Portata LFM giornaliero, t/d	73.70	44.18	70.14	14.24	7.12	209
Densità, (t/m3)	0,7	1,2	1,4	1,8	2,3	
Volume totale, (m3)	960.784	335.956	457.191	72.180	28.872	1.854.983
PCI (Kcal/Kg)	3.000	1.500				
PCI (KJ/Kg)	12.558	6.279				
Calorie totali giornaliere (Kcal/d)	221.112	66.271				
PCI medio CDR (Kcal/Kg)	1.876					
PCI medio CDR (KJ/Kg)	7.852					
<i>B. Parte vecchia V= 230000 m3</i>						
<i><math>\gamma = 1,03 \text{ t/m}^3 \quad Q = 236900 \text{ t}</math></i>						
Peso, %	7,1	9,3	58,8	24	0,8	100
Peso totale rifiuti, t	16.820	22.032	139.297	56.856	1.895	236.900
Portata LFM giornaliero, t/d	1.84	2.41	15.27	6.23	0.21	26
Densità, (t/m3)	0,7	1,4	1,4	1,8	2,3	
Volume, (m3)	24.028	15.737	99.498	31.587	0.824	171.674
PCI (Kcal/Kg)	2.500	1.200				
PCI (KJ/Kg)	10.465	5.023				
Calorie totali giornaliere (Kcal/d)	4.608	2.897				
PCI medio CDR (Kcal/Kg)	1.082					
PCI medio CDR (KJ/Kg)	4.531					
<i>Dati complessivi</i>						
Volume totale discariche, m3	2.085.000					
Peso totale rifiuti, t	2.147.550					
Portata LFM giornaliero, t/d	235					
Volume totale a discarica	556.689					
Percentuale rideposito discarica	26.7					
Peso CDR giornaliero, t CRD/d	122.14					
Calorie totali giornaliere (Kcal/d)	294.888					
PCI medio CDR (Kcal/Kg)	2.414					
PCI medio CDR (KJ/Kg)	10.106					

Ricavati i valori del peso cumulato dei rifiuti, si è calcolata la quantità giornaliera estratta con il LFM per le diverse frazioni, sulla base dell'ipotesi fatta dallo Studio Genon-Ziviani, di articolare l'intervento nel tempo di 25 anni.

La quantità preponderante di CDR, sia per la qualità sia per la quantità in cui è presente, sarà resa disponibile dalla nuova parte della discarica e rappresenterà una quantità di poco inferiore al 50% della potenzialità complessiva dell'impianto di termovalorizzazione considerato nello Studio Genon-Ziviani.

Nella Tabella 5.2 sono anche riportati i valori dei poteri calorifici inferiori considerati per le frazioni combustibili destinabili alla termovalorizzazione, che saranno commentati nel successivo paragrafo 5.4.

Il volume totale di rifiuti scavati che potrà richiedere di essere ridepositato in discarica (fatta salva, come prima accennato, la possibilità di verificare la fattibilità di smaltimenti alternativi quali l'utilizzo in agricoltura o la stessa termovalorizzazione) è stato valutato pari a poco più di 550.000 t, che rappresentano circa il 26% del volume originale dei rifiuti.

#### **5.4 Frazioni combustibili**

I materiali definiti combustibili, costituiti prevalentemente da carta, cartone, plastiche, legno e tessuti, sono caratterizzati da un potere calorifico medio-alto e vengono quindi destinati all'incenerimento per produrre energia (termica ed elettrica). I componenti di tale frazione sono riscontrabili soprattutto nella frazione di pezzatura maggiore (superiore a 40 o 50 mm). A questa frazione si vanno ad aggiungere, per comporre quello che è stato definito, indicativamente, come CDR, le frazioni merceologiche che non sono state bene identificabili. Il materiale è ben trattabile negli impianti di termovalorizzazione alla pari dei normali rifiuti freschi (tal quali o pretrattati a livello di CDR) e non presenta alcun particolare problema aggiuntivo.

Per quanto riguarda il potere calorifico se ci si dovesse basare sui valori medi ottenuti dalle analisi eseguite sulle quattro trivellazioni ed ipotizzando di avviare a recupero energetico le frazioni tessili/legno – carta/cartone – plastica ed il materiale non definibile merceologicamente, dei lotti in esercizio e della discarica non controllata di Brissogne, il PCI medio pesato risulta essere pari a circa 1.300 Kcal/Kg (5.440 KJ/Kg).

Tale valore non è, tuttavia, rappresentativo in quanto i rifiuti campionati tal quali erano molto umidi risentendo degli elevati livelli di percolato presenti in discarica. Con l'applicazione, però, dell'aerazione in situ con allontanamento del percolato, preliminare alle attività di LFM, l'umidità dei rifiuti sarà considerevolmente più bassa, stimabile intorno al 40-50%.

Il materiale infatti perderà umidità per i seguenti motivi:

- L'allontanamento del percolato porta all'eliminazione/minimizzazione dell'acqua di saturazione interstiziale.
- L'aerazione in situ comporta un aumento di temperatura con conseguente evaporazione dell'acqua trattenuta come capacità di campo (acqua interparticellare).
- La stabilizzazione aerobica, che si ha con l'aerazione, converte la sostanza organica complessa in composti più semplici consumando acqua (idrolisi enzimatica). Ciò si traduce nella riduzione del contenuto idrico più interno.
- Durante il trattamento meccanico di selezione si avrà un ulteriore essiccamento del materiale, completato da eventuali operazioni di compattazione in balle.

Sulla base di queste considerazioni, sulla scorta delle indagini effettuate e dei dati sperimentali ottenuti in altre esperienze di LFM (come ricordato al paragrafo 4.4), si possono assumere per le diverse frazioni combustibili considerate e per le due diverse realtà di discarica di Brissogne, i valori riportati nella Tabella 5.2 che risultano un po' più alti rispetto a quelli considerati in via cautelativa nello Studio Genon-Ziviani. In particolare il PCI medio pesato del materiale destinato alla termovalorizzazione dovrebbe aggirarsi intorno ai 2400 Kcal/Kg , pari a circa 10.000 KJ/Kg valore ben in linea con le esperienze di LFM prima richiamate.

## 6 BIBLIOGRAFIA

- Bilitewski B., Conrad H., Grischek H. (1995). Transposition and reconstruction of old landfill sites in East Germany. *Atti del "Sardinia 95, Fifth International Landfill Symposium"*, 2-6 ottobre 1995, S. Margherita di Pula (Ca), III 807.
- Cestaro S. e Rossetti D. (2006) Landfill Mining: Tecnologia e costi. *Atti del "Seminario per la riduzione degli impatti e la bonifica delle discariche"*, Montegrotto Terme (Padova), 7-9 Giugno 2006.
- Cossu R. (2005). Principles of landfill remediation. *Proceedings Sardinia 05, Tenth International Waste Management and Landfill Symposium*. CISA, Italy.
- Cossu R. (2002). La tecnica del Landfill Mining *Atti del "Seminario di aggiornamento " La Bonifica delle Vecchie Discariche "*, 10-12 Giugno 2002.
- Cossu R. e Motzo G.M. Recupero ambientale ed espansione di vecchie discariche: criteri progettuali di intervento.(1995a). *Discariche incontrollate e vecchi siti di scarico- Tecniche di intervento (Giornate europee di studio sull'ambiente)*, C.I.P.A. editore, Italia
- Cossu R., Hogland K.H.W., Salerni E. (1997). Landfill mining in Europe and in the USA. ISWA Directory book, 107-114.
- Cossu R., Motzo G.M., Laudadio M. (1995b). Preliminary study for a Landfill Mining project in Sardinia. *Atti del "Sardinia 95, Fifth International Landfill Symposium"*, 2-6 ottobre 1995, S. Margherita di Pula (Ca), III 841.
- Diaz L., Savage G. M. (2000). Landfill mining and reclamation in solid waste management. *Atti Seminario Internazionale "La progettazione delle nuove discariche e la bonifica delle vecchie"*, Padova, 25-27 settembre.
- Hogland K.H.W., Jagodzinski K., Meijer J.E. (1995). *Landfill mining tests in Sweden*. Atti del "Sardinia 95, Fifth International Landfill Symposium", 2-6 ottobre 1995, S. Margherita di Pula (Ca), III 783.
- Kornberg J.F., Von Stein E.L., Savage G.M. (1993). Landfill mining in the United States: an analysis of current projects. *Atti del "Sardinia 93, Fourth International Landfill Symposium"*, 11-15 ottobre 1995, S. Margherita di Pula (Ca), III 1555.
- Obermeier T., Saure T. (1995). Landfill reconstruction, biological treatment of landfill waste. *Atti del "Sardinia 95, Fifth International Landfill Symposium"*, 2-6 ottobre 1995, S. Margherita di Pula (Ca), III 819.
- Rettenberger G. (1995). Results from a Landfill Mining demonstration project. *Atti del "Sardinia 95, Fifth International Landfill Symposium"*, 2-6 ottobre 1995, S. Margherita di Pula (Ca), III 827.