

REGIONE LAZIO

PROVINCIA DI ROMA

COMUNE DI BRACCIANO

PROTOCOLLO D'INTESA del 25.01.2006
tra COMUNE DI BRACCIANO - BRACCIANO
AMBIENTE S.p.A. - AMA SERVIZI S.r.l.

INVASO DISCARICA: LOTTO "TRANSITORIO" PER R.S.U.

Soggetto proponente:

BRACCIANO AMBIENTE S.p.A.

Piazza IV Novembre 7, 00062 Bracciano

BRACCIANO AMBIENTE S.p.A.
GLI AMMINISTRATORI
CON POTERI CONGIUNTI

Progettazione:



So.Ge.Am. s.r.l.
Società Gestioni Ambientali

Via Arezzo, 24 - 00161 Roma - e-mail: info@sogeamsrl.it
Tel.: 06.50.79.57.20 - Fax: 06.50.79.77.30



Titolo elaborato:

PIANO DI GESTIONE POST-OPERATIVA

Elaborato:

D.R.05

Data:

Maggio 2006

REGIONE LAZIO
PROVINCIA DI ROMA
COMUNE DI BRACCIANO

INVASO DISCARICA:
LOTTO "TRANSITORIO" PER R.S.U.

PIANO DI GESTIONE POST-OPERATIVA

(Redatto ai sensi dell'art. 8, comma h del D.L.vo 36/2003)

Soggetto proponente:

Bracciano Ambiente S.p.A.

Piazza IV Novembre, 7 – 00062 BRACCIANO (RM)

Progettazione:

So.Ge.Am. S.r.l.

Via Arezzo, 24 – 00161 Roma

Maggio 2006

INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	RISCHI DELLE DISCARICHE IN FASE POST-OPERATIVA.....	4
3	GESTIONE POST-OPERATIVA.....	5
3.1	Recinzione e cancello di accesso.....	6
	3.1.1 Controllo recinzione	6
	3.1.2 Controllo cancello di accesso	6
3.2	Rete di raccolta e smaltimento acque meteoriche.....	7
3.3	Viabilità interna ed esterna.....	9
3.4	Sistema di drenaggio e asporto del percolato.....	10
3.5	Rete di captazione, adduzione e combustione del biogas	13
	3.5.1 Considerazioni generali.....	13
	3.5.2 Produzione, caratteristiche e comportamento del biogas.....	13
	3.5.3 Ostacoli ai movimenti di gas	17
	3.5.4 Caratteristiche della miscela gassosa prodotta dalle discariche .	17
3.6	Sistema di impermeabilizzazione sommitale	20
3.7	Copertura vegetale.....	23
	3.7.1 Preparazione del terreno	23
	3.7.2 L'inerbimento.....	23
	3.7.3 La formazione della copertura arborea ed arbustiva	24
	3.7.4 Manutenzione della copertura arborea ed arbustiva.....	24
3.8	Pozzi e relative attrezzature di campionamento delle acque sotterranee.....	26

1 PREMESSA

Il presente piano rappresenta le linee guida gestionali che dovranno essere seguite nel periodo di post-chiusura della discarica.

Il piano individua tempi, modalità e condizioni della fase di gestione post-operativa della discarica e le attività che devono essere poste in essere durante tale fase, con particolare riferimento alle attività di manutenzione delle opere e dei presidi, in modo da garantire che anche in tale fase la discarica mantenga i requisiti di sicurezza ambientale previsti.

Tale piano è stato redatto secondo i criteri stabiliti all'art.8 lettera h) ed Allegato 2 del D. L.vo n. 36/2003 in attuazione della direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti.

I criteri adottati nel presente progetto di gestione per il periodo del post-chiusura sono finalizzati ad assicurare un'efficace protezione dell'idrogeologia, della vegetazione e dell'aria dagli agenti inquinanti potenzialmente emessi dalla discarica.

2 RISCHI DELLE DISCARICHE IN FASE POST-OPERATIVA

I possibili rischi derivanti della fase post-chiusura di una discarica sono sostanzialmente causati da due elementi:

- ✓ biogas;
- ✓ percolato.

Il biogas ossia il gas biologico derivante dalla fermentazione anaerobica della frazione organica dei rifiuti, è un agente che in negativo può arrecare:

- ✓ danni all'aria nell'intorno della discarica in conseguenza degli odori associati, che a lungo possono creare problemi alla salute di operatori e abitanti in zona;
- ✓ danni all'atmosfera per la ingente presenza nel biogas di metano (50%): il metano ha un effetto circa 30 volte superiore all'anidride carbonica ai fini dell'effetto serra;
- ✓ danni alle colture delle zone circostanti in quanto può raggiungere le radici su cui ha un effetto asfissiante.

Inoltre la presenza del biogas, se non gestita correttamente sin dalla sua estrazione dalla massa dei rifiuti fino al suo smaltimento, può essere causa di incendi ed esplosioni.

Il percolato invece può essere causa di inquinamento della falda acquifera con danni diretti sull'ambiente e indiretti sulla salute umana.

I due fattori sono spesso correlati, per cui una corretta gestione della discarica in fase di post-chiusura, comporta automaticamente il controllo di entrambi i fattori di rischio.

L'intera massa di rifiuti collocati nell'invaso, dopo ricopertura, sarà attraversata da un sistema di tubazioni e pozzi per il drenaggio forzato del gas, attraverso i quali sarà anche possibile, eventualmente se necessario, aspirare il percolato dai vari settori della discarica.

La disposizione di tali pozzi è indicata nell'elaborato grafico *D.T.15 – Rete di captazione biogas* mentre i particolari dei pozzi sono evidenziati nell'elaborato grafico *D.T.16 – Particolari biogas* oltre che nella *Relazione Tecnica D.R.01*.

3 GESTIONE POST-OPERATIVA

Al completamento dei lavori di copertura finale di ogni singolo lotto di coltivazione inizia la fase di gestione post-operativa, che ha lo scopo di garantire, comunque, la "salvaguardia" dell'ambiente e di rendere operative le opere di recupero ambientale dell'area interessata, che vengono indicate nel Piano di Ripristino Ambientale (art. 8 lett. I, D. L.vo 36/2003).

Ai fini della "salvaguardia" dell'ambiente, la fase di gestione post-operativa contempla specifiche **attività di manutenzione** delle opere e dei presidi previsti; tra questi, i principali e più importanti sono:

- 3.1. recinzione e cancelli di ingresso;
- 3.2. rete di raccolta e smaltimento acque meteoriche;
- 3.3. viabilità interna ed esterna;
- 3.4. il sistema di drenaggio, il sollevamento, lo stoccaggio provvisorio e lo smaltimento definitivo del percolato con frequenza e modalità per il mantenimento dello stesso al livello massimo consentito;
- 3.5. rete di captazione, adduzione e combustione del biogas;
- 3.6. sistema di impermeabilizzazione sommitale;
- 3.7. copertura vegetale;
- 3.8. pozzi e relative attrezzature di campionamento delle acque sotterranee.

Nei paragrafi seguenti verranno descritte le modalità operative sopra elencate.

3.1 Recinzione e cancello di accesso

La manutenzione della recinzione e del cancello di entrata, sarà programmata con controlli visivi periodici, da parte del personale addetto, per verificare lo stato della struttura, della rete ed eventualmente dei tratti ove trova sede il filo spinato onde evitare l'accesso di estranei.

3.1.1 Controllo recinzione

Il controllo dello stato della recinzione consiste nelle seguenti operazioni:

1. verifica della tenuta della struttura di fondazione in CA: presenza di eventuali cedimenti differenziali;
2. verifica della integrità della rete che non abbia dei buchi o lacerazioni tali da determinare il passaggio di persone o animali;
3. verificare l'integrità del filo spinato posizionato nella parte alta finale della recinzione.

La periodicità di tale controllo dovrà avere tale cadenza:

- ✓ **0-10 anni:** quindicinale/mensile;
- ✓ **10-20 anni :** ogni due mesi;
- ✓ **20-30 anni:** ogni quattro mesi.

In caso di eventuali anomalie che si possono verificare negli intervalli tra un controllo ed un altro, una volta segnalato, i tempi per l'intervento di manutenzione devono essere celeri e coordinati dal Responsabile Tecnico dell'impianto con il capo squadra addetto.

3.1.2 Controllo cancello di accesso

La manutenzione del cancello avrà una periodicità semestrale.

La manutenzione del cancello automatico avverrà tramite Ditte specializzate a cui verrà conferito un incarico che prevede sia la manutenzione ordinaria e che quella straordinaria in caso di necessità.

Nell'ambito dell'attività ordinaria di manutenzione, è previsto il trattamento periodico antiruggine e la verniciatura della struttura in ferro.

3.2 Rete di raccolta e smaltimento acque meteoriche

Gli afflussi meteorici diretti sul piano sommitale della discarica, scorrono sullo strato superficiale grazie all'inerbimento o vengono raccolti dallo strato di drenaggio predisposto sopra lo strato impermeabilizzato "capping".

Tutte le acque vengono raccolte dalle canaline prefabbricate di gronda ("embrici"), dimensionate per scaricare a gravità anche l'evento meteorico critico con un grado di riempimento inferiore al 60%.

L'impianto di raccolta delle acque meteoriche è costituito da appositi canali perimetrali che avranno punti di convogliamento di tali acque verso l'esterno allacciandosi a vasche di raccolta e decantazione.

Nel caso si verificassero delle fuoriuscite di percolati dai versanti, queste verranno raccolte dai canali perimetrali e convogliate alle vasche, e da qui inviate a smaltimento: questo caso, comunque, sarà evitato con la manutenzione periodica dei versanti.

Le vasche di raccolta, profonde 3,00 m, sono realizzate dalla sovrapposizione di anelli in CLS prefabbricati del diametro di 1,50 m, e vengono opportunamente impermeabilizzate con guaina in HDPE (sp. 1,5 mm) saldata a caldo.

Le vasche, disposte in serie di tre o quattro collegate fra loro, garantiscono un processo di decantazione delle acque di ruscellamento che successivamente, analizzata l'idoneità, verranno smaltite come acque "bianche" per dispersione o viceversa, inviate a smaltimento presso idoneo impianto.

Nella verifica dell'integrità del sistema di monitoraggio e manutenzione dell'impianto di drenaggio delle acque meteoriche che ruscellano dal piano sommitale e dalle sponde in rilevato dell'intero corpo, oltre all'accertamento della tenuta delle vasche di decantazione, è prevista la pulizia dei canali e delle canaline (embrici) di drenaggio dalle eventuali occlusioni dovute allo scorrimento della terra o del fogliame depositato e la pulizia delle vasca di raccolta in CA dal fango di decantazione delle acque che vi deposita durante la loro operatività.

Altro monitoraggio che deve essere attuato è il controllo delle pendenze di progetto dei canali e delle canaline perché potrebbero verificarsi eventuali spostamenti o cedimenti strutturali dei versanti di appoggio.

La verifica del sistema dovrà avere la seguente cadenza

- ✓ **0-10 anni:** mensile;
- ✓ **10-20 anni:** trimestrale;
- ✓ **20-30 anni:** semestrale.

3.3 Viabilità interna ed esterna

L'impianto di discarica presenta un sistema viario composto da strada di accesso all'impianto, asfaltata, e strade di servizio interne all'impianto, realizzate in macadam o in parte, solo ove fosse necessario, in asfalto.

Infine ci sono le strade ubicate sull'ammasso rifiuti, il cosiddetto "collinato", realizzate con idoneo strato di materiale inerte battuto e di opportuna granulometria; tali strade servono per la manutenzione delle sponde in elevazione e del piano sommitale e del loro collegamento con il piano campagna.

La manutenzione, in questo caso, comporterà la verifica periodica dello stato complessivo di ogni strada controllando gli eventuali cedimenti e spaccature al fine di poter intervenire per il loro ripristino.

La verifica dovrà avere la seguente cadenza

- ✓ **0-10 anni:** mensile;
- ✓ **10-20 anni:** trimestrale;
- ✓ **20-30 anni:** semestrale.

In caso di eventuali anomalie che si possono verificare negli intervalli tra un controllo ed un altro, una volta segnalato, i tempi per l'intervento di manutenzione devono essere celeri e coordinati dal Responsabile Tecnico dell'impianto con il capo squadra addetto.

3.4 Sistema di drenaggio e asporto del percolato

La quantità di percolato che si forma in una discarica dipende da fattori legati al processo di fermentazione dei rifiuti stessi, ma un ruolo importante ai fini dell'inquinamento è svolto dal flusso d'acqua in entrata e in uscita dal corpo della discarica.

Le quantità d'acqua in entrata, oltre che dal contenuto presente nei rifiuti stessi, sono dovute alle precipitazioni piovose.

Da un punto di vista qualitativo, il tipo di percolato dipende dalla composizione e dalle caratteristiche chimico-fisiche dei rifiuti, inoltre è legato al grado di stabilizzazione delle sostanze organiche il quale è a sua volta funzione dell'età della discarica.

Per risolvere i problemi connessi alla gestione del percolato si deve provvedere attraverso i seguenti punti:

- ✓ impermeabilizzazione basale e superficiale dell'invaso;
- ✓ suddivisione del piano basale in lotti idraulicamente separati;
- ✓ controllo del livello idraulico basale del percolato;
- ✓ monitoraggio della falda acquifera;
- ✓ drenaggio, asporto e trattamento del percolato.

Dopo l'ultimazione della copertura impermeabilizzante del piano sommitale dell'invaso si esclude il rischio di produzione abnorme di percolato per effetto delle precipitazioni critiche, che invece è possibile rilevare durante l'esercizio della discarica.

Il percolato che si forma a copertura finale ultimata è, infatti, dovuto al residuo delle ultime precipitazioni e alla umidità contenuta nella massa dei rifiuti, che viene rilasciata in quantità sempre più trascurabile nel tempo ed, in ogni caso, il percolato che si forma è sempre contenuto all'interno dell'invaso di stoccaggio impermeabilizzato.

Il quantitativo di percolato smaltito, ad invaso esaurito e con il "capping" di chiusura realizzato, tende a ridursi progressivamente negli anni fino al raggiungimento del valore minimale (indicato approssimativamente con lo zero).

A chiusura eseguita, dopo pochi anni, la produzione di percolato diminuisce notevolmente.

Per cui, rispetto alla capacità ricettiva del fondo di ciascun lotto basale e alla capacità di prelievo delle pompe, si può definire con precisione un programma di asporto di percolato dalle vasche di accumulo.

Dovendo mantenere, secondo la buona norma di gestione, un livello idraulico basale non superiore al metro di altezza, nei primi cinque anni di fase post-operativa gli asporti dovranno avere almeno una cadenza che vari tra due / tre volte a settimana, mentre nei successivi cinque anni almeno una volta a settimana.

Nei successivi dieci anni la cadenza media dovrà essere quindicinale/mensile per poi negli ultimi dieci anni divenire trimestrale/semestrale fino ad esaurimento.

Occorre precisare che non è definito a priori che la produzione di percolato si esaurisca alla fine dei trent'anni di gestione del post-mortem previsti: infatti, con una corretta programmazione della gestione dei prelievi, questa potrà avvenire molto prima.

Quello sopra indicato è uno schema tipo di programma di asporto del percolato sulla base di condizioni standard e di buona efficienza della barriera incapsulante superficiale.

È chiaro che eventuali danneggiamenti o mal funzionamenti del sistema sigillante o della rete di drenaggio del percolato, farà sicuramente modificare il programma che dovrà essere rimodulato in funzione delle necessità del momento.

Gli invasi di discarica sono dotati sia di pozzo di raccolta interno alla stessa discarica che di vasca di raccolta esterna a cui il percolato viene inviato attraverso il funzionamento della pompa sommersa ubicata all'interno del pozzo di prelievo.

Le pompe, interne ai pozzi, vengono collegate alle tubazioni di collettamento fisse verso la vasca di stoccaggio e vengono azionate solamente durante la fase di estrazione e in presenza dell'operatore specializzato.

Al termine delle operazioni di estrazione, l'operatore disconnette gli attacchi rapidi e verifica che i tubi siano vuoti e non abbiano perso percolato.

Il responsabile dell'impianto provvede, quindi, alla verifica delle caratteristiche del percolato raccolto e dispone per il suo asporto e trasporto all'impianto di trattamento interno, descritto negli elaborati di progetto che fanno parte della presente richiesta di autorizzazione, secondo le procedure previste dalla normativa vigente in materia.

Le operazioni descritte vengono eseguite nel più breve tempo possibile in modo che i tubi rimangano il più a lungo possibile vuoti.

Oltre al pozzo di controllo, in condizioni di necessità, anche i pozzi di captazione del biogas potranno essere utilizzati, per un monitoraggio del percolato all'interno dell'ammasso di rifiuti.

Questo ulteriore sistema si rende utile soprattutto in presenza di letti d'acqua formati in prossimità di zone impermeabili all'interno della discarica (dovute, per esempio, all'esistenza di strati di rifiuti impermeabili).

Attraverso i pozzi del biogas, realizzati per perforazione della massa dei rifiuti fino ad una profondità dell'80 - 85 % della stessa, è possibile, eventualmente, operare la captazione del percolato mediante apposite pompe pneumatiche, dotate di controllo automatico del livello.

Quando il livello del percolato raggiunge il valore preimpostato, che potrà essere di 1/3 o 1/4 della profondità della discarica, le pompe pneumatiche verranno azionate automaticamente provvedendo allo svuotamento del pozzo.

Questo sistema, adottato negli impianti più moderni, consente di effettuare lo spurgo dei pozzi senza disturbare la fase di captazione del biogas.

Inoltre, le operazioni di captazione del percolato, effettuate usualmente mediante autospurgo, prevedono la fermata dell'impianto del biogas per permettere l'apertura delle teste di pozzo senza che eventuali infiltrazioni di aria possano comportare rischi di esplosività.

La manutenzione della rete di drenaggio del percolato prevede la verifica di controllo collegata simultaneamente al programma di asporto sopra descritto: tale verifica consiste semplicemente nel misurare il livello del battente idraulico sul pozzo di captazione interno alla discarica tra un prelievo e l'altro per monitorare l'efficacia del sistema di drenaggio.

In caso di mal funzionamento del sistema si dovrà intervenire creando subito altri punti di drenaggio di emergenza in modo da mantenere in esercizio la bonifica dell'ammasso abbancato dal percolato.

3.5 Rete di captazione, adduzione e combustione del biogas

3.5.1 Considerazioni generali

Le discariche contenenti rifiuti biodegradabili o assimilabili con matrice organica, producono in quantità di gas combustibili (biogas) variabili nel tempo: infatti, studi approfonditi del settore hanno verificato che la produzione di biogas di 1 kg di RSU risulta massima al terzo anno di abbancamento e tende allo zero al ventesimo.

Tali biogas, al fine di evitare fenomeni di scoppio, di incendio, di danno alla vegetazione circostante e di emissioni incontrollate in atmosfera, devono essere captati e, qualora non si effettui il recupero energetico, devono essere bruciati in loco mediante torce (D. L.vo n. 36/2003, all.1, p.to 2.5).

I dispositivi di captazione, recupero e/o combustione del biogas devono essere mantenuti in esercizio anche dopo la chiusura della discarica per il periodo di tempo stabilito dall'autorità competente.

Nel caso in esame, trattandosi di un invaso per lo stoccaggio definitivo di rifiuti non pericolosi di origine essenzialmente urbana, che, quindi, produce un considerevole quantitativo di biogas, è presente un impianto per il recupero energetico del gas di discarica.

3.5.2 Produzione, caratteristiche e comportamento del biogas

La decomposizione della materia organica avviene secondo due tipi di processi ben definiti: fermentazione aerobica (in presenza di ossigeno) e fermentazione anaerobica (in assenza di ossigeno).

La miscela di gas prodotta è sostanzialmente diversa nei due casi: nel primo si sviluppa soprattutto anidride carbonica (CO₂), mentre nel secondo caso il maggior componente della miscela è metano (CH₄) in concentrazioni tra il 50 e il 75%.

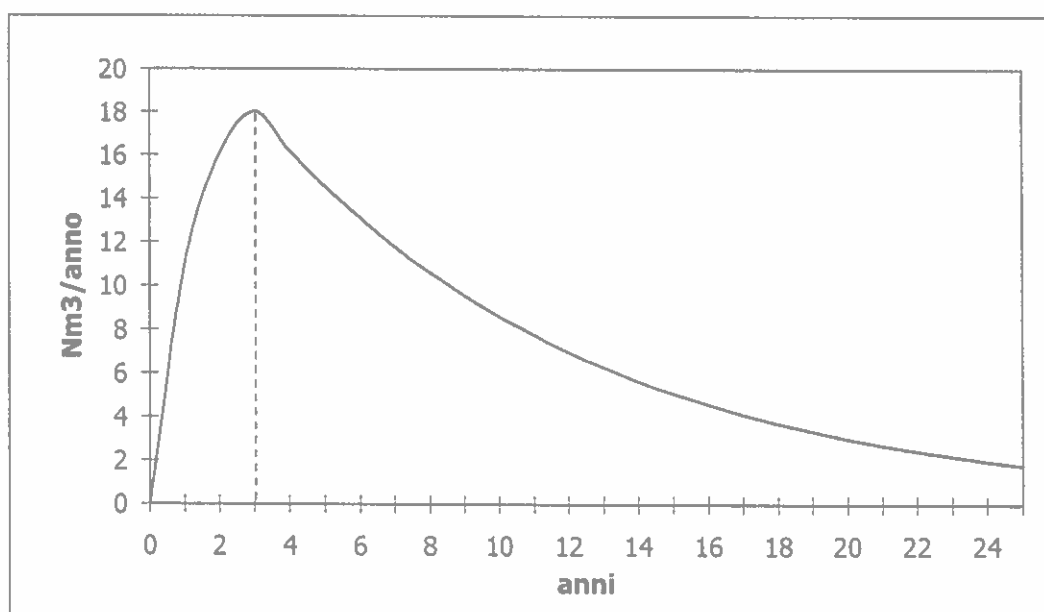
Sempre nel caso di fermentazione anaerobica, è possibile la produzione transitoria di quantitativi non indifferenti di idrogeno (H₂). Inoltre, per entrambi i casi, le emissioni sono generalmente accompagnate da piccole quantità di gas maleodoranti, tipici dei processi di degradazione, e da altre sostanze volatili già presenti nel materiale. Anche dal punto di vista dell'infiammabilità, i due tipi di degradazione danno risultati sostanzialmente diversi: la fermentazione anaerobica produce una miscela di gas complessivamente combustibile, mentre quella aerobica produce una miscela inerte ai fini della combustione.

Contrariamente ad altri fenomeni biologici, dove il prodotto del processo, già in piccole concentrazioni, può inibire il processo stesso, nella fermentazione anaerobica la presenza di biogas, anche in forti concentrazioni, non riduce sostanzialmente la sua produzione.

Responsabili di detta decomposizione anaerobica sono microrganismi, simili a quelli presenti nei digestori di fanghi provenienti dai depuratori, in grado di trasformare in metano parte delle sostanze organiche contenute nei rifiuti depositati.

Da valutazioni teoriche e da dati rilevati sperimentalmente, si può ritenere che circa la metà delle sostanze organiche depositate in una discarica controllata di rifiuti e degradabili anaerobicamente, si trasforma in biogas grazie all'avvio dei processi biologici.

In pratica si può ritenere che una tonnellata di rifiuti solidi urbani, tipici dei paesi mediamente e fortemente industrializzati, produca da 150 a 250 m³ di gas, ripartiti su un arco di tempo che varia dai 3 ai 20 anni.



Andamento della produzione di gas da una tonnellata di rifiuti solidi urbani, tipici di un paese fortemente industrializzato e depositati in una discarica controllata e compattata. La prima punta di produzione dovuta a CO₂ e H₂ è trascurabile.

La velocità con cui avviene la trasformazione dipende dalle condizioni locali (umidità, temperatura, composizione dei rifiuti, compattazione, frantumazione, etc.). Emissioni non trascurabili possono verificarsi, per anni o decenni addirittura, anche dopo la fine dell'esercizio della discarica.

È evidente che il fenomeno della produzione di biogas è strettamente dipendente dalla quantità di materia organica non stabilizzata presente nei rifiuti; tecniche di trattamento attualmente adottate e disposizioni normative vigenti tendono a favorire la riduzione di sostanza organica da avviare direttamente nelle discariche e tale riduzione si riflette su una migliore gestione delle discariche stesse.

Così come la velocità, anche la produzione delle emissioni gassose delle discariche di rifiuti evolve in funzione del tempo e di condizioni locali particolari (umidità, temperatura, composizione dei rifiuti, frantumazione, compattazione, etc.).

Principalmente, dal punto di vista degli effetti che ne conseguono si distinguono tre fasi importanti:

- ✓ fase iniziale, con possibile produzione di idrogeno in concentrazioni generalmente inferiori al 30% in volume, variabili da ore a giorni dopo il deposito, e produzioni giornaliere di gas fino a 1 m³/t;
- ✓ fase acida e instabile, con scarsa produzione di gas alternata a possibili periodi di depressione (dovuta all'ossidazione di gas presenti: H₂) e con concentrazioni di anidride carbonica fino al 90% in volume, della durata variabile da mesi ad anni;
- ✓ fase metanogenica stabile, caratterizzata da una forte produzione di biogas (metano > 55% in volume, il rimanente è anidride carbonica ed altro) che può protrarsi per anni o decenni dopo il deposito del rifiuto ed avere un valore massimo giornaliero fino a 1.5 m³/t .

Prima di liberarsi nell'atmosfera, i gas provenienti dalla zona di fermentazione percorrono il sottosuolo, di regola, da qualche metro fino a centinaia di metri.

Ciò è spesso causa di fenomeni che possono modificare la composizione della miscela gassosa e ridurre il flusso.

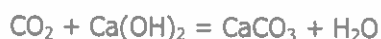
Inoltre la migrazione sotterranea è spesso causa di assorbimento o degradazione di quei gas maleodoranti che, presenti in tracce (ppm), possono aiutare a identificare le zone di emissione.

Di importanza particolare per la migrazione sotterranea dei gas sono la solubilità dalle varie componenti, la possibilità di queste stesse componenti di reagire con altre sostanze presenti nel sottosuolo o di essere trasformate da microrganismi, infine le proprietà fisiche del terreno in relazione al movimento dei gas.

Le solubilità dei principali gas provenienti dalla decomposizione della materia organica sono sostanzialmente differenti: si passa da 0.001 g/l dell'idrogeno a 0.0645 g/l del metano e 1.688 g/l dell'anidride carbonica.

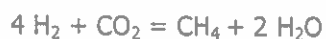
In presenza di falde acquifere o di corsi d'acqua sotterranei, che possono fungere anche da canali preferenziali per la migrazione del gas, può verificarsi un drastico cambiamento della composizione della miscela gassosa, con un arricchimento delle componenti più infiammabili, dovuto all'assorbimento da parte dell'acqua di grandi quantitativi di anidride carbonica: ne consegue un maggior potere combustibile del biogas prodotto.

L'anidride carbonica (CO₂) in presenza di terreni o di materiali specifici basici, specialmente se molto umidi, reagisce generando carbonati e bicarbonati di calcio:

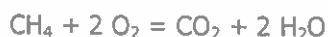
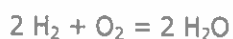


Poiché i prodotti di questa reazione sono solubili o solidi e quindi si sottrae all'equilibrio, la miscela di gas rimanente conterrà meno CO₂; ne conseguirà, un arricchimento del gas nelle componenti più infiammabili (metano e idrogeno) che di regola non sono soggette a particolari reazioni chimiche.

Esistono praticamente due possibilità di sostanziali modifiche microbiologiche della composizione dei gas. La prima e la meno probabile è la trasformazione, in condizioni anaerobiche, di idrogeno e anidride carbonica in metano e acqua:



La seconda, quella più frequente e che necessita di presenza di aria, è l'ossidazione di metano e idrogeno con produzione di anidride carbonica e acqua:



Contrariamente agli effetti dovuti alla diversa solubilità o reattività delle diverse componenti gassose, le modifiche microbiologiche della composizione dei gas riducono o addirittura annullano l'infiammabilità della miscela risultante.

3.5.3 Ostacoli ai movimenti di gas

La produzione di biogas, alle condizioni tipiche delle discariche, non è condizionata in modo determinante dalle possibilità di sfogo del biogas stesso: ne consegue la creazione di una sovrappressione all'interno dell'ammasso. Inoltre le discariche sono soggette ad un assestamento naturale o, in quelle moderne, ad un assestamento più spinto provocato artificialmente con compattazioni. Questi assestamenti, unitamente alle precipitazioni, al transito veicolare superficiale e al tipo di imballaggio dei rifiuti (es. sacchi di plastica) sono causa di maggior ostacoli al movimento verticale dei gas, rispetto a quelli orizzontali: si parla così di proprietà anisotropiche di invaso.

A titolo di esempio si può ritenere che alle condizioni di pressione tipiche delle discariche (5 - 15 mbar) i movimenti orizzontali di gas siano circa tre volte più veloci di quelli verticali.

Terreni saturi di acqua sono un vero e proprio ostacolo alla migrazione dei gas, in quanto i fenomeni di soluzione nella fase acquosa e la conseguente evaporazione dalla stessa risultano largamente insufficienti a garantire il transito di grandi masse di gas.

Un esempio pratico sono i filtri naturali in sabbia e quelli artificiali in stuoie sintetiche (es. "tessuto non tessuto") che permettono il transito delle acque di percolazione verso il drenaggio più interno, ma frenano quasi totalmente i gas.

3.5.4 Caratteristiche della miscela gassosa prodotta dalle discariche

La tabella seguente riporta le caratteristiche essenziali dei principali gas prodotti dalla fermentazione anaerobica di rifiuti organici. Come già citato precedentemente, le emissioni gassose delle discariche sono una miscela le cui componenti più importanti sono metano, anidride carbonica e, in piccola parte, anche idrogeno: ne consegue che le reali proprietà chimico-fisiche della miscela si discostano, talora anche fortemente, da quelle dei gas puri, riportati nella tabella. Da questa è però possibile rilevare i valori limite da applicarsi per ragioni di sicurezza.

GAS	IDROGENO	ANIDRIDE CARBONICA	METANO
<i>Formula</i>	H ₂	CO ₂	CH ₄
<i>Densità</i>	0,09 kg/m ³	1,977 hg/m ³	0,717 kg/m ³
<i>Densità relativa</i>	0,07	1,53	0,56

GAS	IDROGENO	ANIDRIDE CARBONICA	METANO
<i>Potere calorifico inferiore</i>	10.760 kJ/m ³	-	35.600 kJ/m ³
<i>Limiti di esplosività</i>	4 - 74 % vol.	-	5 - 15 % vol.
<i>Velocità di fiamma</i>	2,8 m/s	-	0,4 m/s
<i>Energia d'accensione</i>	0,05 MJ	-	0,6-0,7 MJ
<i>Temp. fiamma (aria)</i>	2.045 °C	-	1.875 °C
<i>Solubilità in acqua</i>	0,001 g/l	1,688 g/l	0,065 g/l
<i>Tossicità</i>	no	bassa	no
<i>Odore</i>	no	no	no

In considerazione dell'alta percentuale di CH₄ si ha la tendenza ad applicare i parametri tipici del metano per caratterizzare complessivamente il miscuglio di gas: dal punto di vista del recupero energetico ciò induce a sopravvalutare la qualità della miscela e nel contempo sottovalutarne la pericolosità a causa della presenza di quantitativi di anidride carbonica non indifferenti (pericolo di asfissia). In caso di presenza anche di idrogeno il pericolo di accensione aumenta considerevolmente.

In fase post-operativa le attività di manutenzione del sistema di captazione del biogas costituiscono una delle più delicate ed importanti.

Oltre a garantire l'eventuale sfruttamento economico del gas (nel caso di produzioni che giustificassero l'installazione di un impianto per il recupero), infatti è necessario che l'impianto sia perfettamente efficiente al fine di evitare inconvenienti o situazioni di emergenza a seguito di esplosioni ed incendi da sacche di gas. Sarà pertanto garantito il mantenimento in funzione dei sistemi di prelievo, convogliamento e combustione del biogas.

La manutenzione del sistema prevede il monitoraggio dei tubi di collegamento delle "teste" di pozzo con la Stazione di Regolazione (SR) al fine di verificare se ci sono delle sacche di condensa che possono impedire l'aspirazione del biogas.

Nel caso venissero trovate l'intervento da eseguire prevede la risistemazione della pendenza del terreno nel punto critico al fine di far convogliare la condensa verso gli scaricatori ubicati sia a monte che a valle delle Stazioni di Regolazione (SR).

Nello stessa fase di monitoraggio della condensa, viene eseguita anche la verifica delle saldature dei vari collettori in HDPE e delle teste di pozzo per verificare le eventuali perdite di biogas.

La cadenza temporale delle manualità sopraddette prevedono un intervento quindicinale nei primi cinque anni e mensile negli altri cinque mentre nei successivi dieci anni sarà trimestrale nella eventualità, molto bassa, di presenza ancora di biogas mentre non verrà effettuata negli ultimi dieci anni dove la presenza del gas è pressoché nulla.

La manutenzione dell'impianto di estrazione, per tutto il periodo della sua utilizzazione, verrà realizzata da ditte specializzate con il loro piano di manutenzione.

Nel programma manutenzioni sono previsti anche gli interventi straordinari che comunque dovranno essere realizzati in tempi rapidi e con manualità già indirizzate e collaudate: è, infatti, necessario che l'impianto sia perfettamente efficiente al fine di evitare inconvenienti o situazioni di emergenza a seguito di esplosioni ed incendi da sacche di gas.

3.6 Sistema di impermeabilizzazione sommitale

Gli elementi caratteristici del sistema di copertura sommitale possono essere così raggruppati, in ordine dal basso verso l'alto:

- ✓ strato di livellamento e regolarizzazione;
- ✓ sistema di drenaggio biogas;
- ✓ sistema di impermeabilizzazione;
- ✓ terreno di copertura e sistema di drenaggio acque meteoriche;
- ✓ copertura vegetale.

Le funzioni da assolvere sono:

- ✓ prevenire l'infiltrazione delle acque meteoriche all'interno dell'ammasso riducendo (fino ad annullare) la formazione e la produzione del percolato;
- ✓ prevenire la fuoriuscita di contaminanti a seguito di fenomeni di diffusione capillare attraverso il terreno soprastante;
- ✓ consentire il recupero dell'area e la sua reintegrazione paesaggistica mediante interventi di sistemazione ambientale;
- ✓ prevenire i fenomeni di erosione ad opera degli agenti atmosferici.

A tali funzioni vanno associati particolari requisiti del sistema di impermeabilizzazione superficiale; in particolare il sistema dovrà essere costituito in modo da:

- ✓ garantire i requisiti di cui sopra in relazione alle differenti condizioni meteo-climatiche (gelo, aridità, escursioni di temperatura, piogge intense, etc.);
- ✓ garantire la sua funzionalità in relazione alla deformabilità dell'ammasso dei rifiuti ed alle condizioni di stabilità del sito.

Ovviamente a monte della posa in opera degli strati suddetti si procederà a regolarizzare e, eventualmente, a modificare la conformazione superficiale dell'ammasso in modo da rispettare l'andamento piano-altimetrico stabilito nel progetto.

Ad esaurimento della capacità di invaso dell'area nel suo complesso, si provvederà pertanto alla realizzazione della seguente serie di strati di copertura partendo dai rifiuti sul piano sommitale dell'invaso a recupero:

- a. strato di livellamento costituito da materiale inerte (terra di ricopertura) dello spessore minimo di 0,20 m con funzioni di livellamento e regolarizzazione del piano di posa per gli strati successivi.
- b. sistema di drenaggio dei biogas costituito da materiale inerte arido (pezzatura 2-5 cm non calcare) spess. 0,50 m; sulle sponde della discarica, al fine di evitare lo scivolamento dello strato inerte, questo verrà sostituito con materiale geocomposito artificiale (georete) con caratteristiche di drenaggio equivalenti.
- c. sistema di impermeabilizzazione del piano sommitale della discarica sarà costituito da un materassino bentonitico (spessore 6,0 mm); in previsione delle attività di coltivazione per il recupero dei volumi che deriveranno dagli assestamenti il sistema definitivo di copertura del piano sommitale verrà sostituito, in una prima fase (conformemente a quanto previsto dal all. 2, punto 2.4.3 del D.Lgs. 36/03), da una copertura provvisoria nella quale il geocomposito bentonitico è sostituito da uno strato impermeabile in LDPE dello spessore di 0,5 mm, comunque idoneo a impedire l'infiltrazione delle acque meteoriche e quindi contenere la produzione di percolato.
- d. le sponde in elevazione dell'invaso di discarica verranno impermeabilizzate, in maniera definitiva, con una geomembrana in HDPE (spess. 1,5 mm) con una superficie ruvida idonea per incapsulare i versanti e dare più stabilità alle ricoperture.
- e. strato di drenaggio acque meteoriche finalizzato ad evitare la presenza di un battente idraulico sul sottostante strato di impermeabilizzazione. Il drenaggio è costituito da uno spessore di 0,50 m di ghiaia (pezzatura 2-5 cm). Sulle sponde della discarica, al fine di evitare lo scivolamento dello strato di materiale inerte, questo verrà sostituito sempre con un materiale geocomposito artificiale (georete) con caratteristiche di drenaggio equivalenti;
- f. strato superficiale di copertura vegetale (terra agricola vegetale) dello spessore minimo di un metro;

In ultimo vengono eseguiti gli interventi di inerbimento e di piantumazione di essenze autoctone, in accordo con le caratteristiche morfologiche e climatiche e con la distribuzione e tipologia delle specie vegetali locali (vedi § 3.7 "Copertura vegetale").

Le manutenzioni da eseguire nel periodo della fase post-operativa relative al sistema di impermeabilizzazione sommitale come sopra descritto, riguardano essenzialmente:

- 1. verifica della integrità delle geomembrane in HDPE;**
- 2. verifica della integrità del telo bentonitico e delle georeti di drenaggio;**
- 3. verifica della funzionalità degli strati drenanti sia del biogas e delle acque di ruscellamento;**

Tale verifica deve essere cadenzata con idonea periodicità, si prevede per questo il seguente schema di verifiche:

- ✓ **0-10 anni:** mensile;
- ✓ **10-20 anni:** trimestrale;
- ✓ **10-20 anni:** semestrale.

Nel caso di anomalie al sistema, per quanto riguarda i punti 1 e 2 di cui sopra, gli interventi potranno essere effettuati dal personale della società che gestisce l'impianto se queste non necessitano di interventi prettamente specialistici, in caso contrario potranno essere effettuati da ditte specializzate con le quali verrà stipulato un contratto aperto di collaborazione per tutto il periodo di gestione della fase post-operativa.

Gli interventi sui sistemi di drenaggio (vedi sopra, punto 3) potranno essere eseguiti dal personale addetto all'impianto.

Tutte le manualità operative degli eventuali interventi dovranno essere concordati dal Responsabile Tecnico alla gestione in fase post operativa con il capo squadra preposto.

3.7 Copertura vegetale

3.7.1 Preparazione del terreno

Le operazioni di preparazione del terreno riguarderanno essenzialmente la superficie del piano sommitale e delle sponde in rilevato della discarica.

La preparazione dei terreni verrà avviata fin dalle ultime fasi di attività del cantiere e comprenderà:

- ✓ rimodellamento della morfologia locale con l'ottimizzazione del profilo del terreno;
- ✓ rinverdimento e sistemazione a verde dell'area.

La predisposizione di questo strato di terreno vegetale consentirà l'impianto e la prima crescita di un'adeguata miscela di piante erbacee al fine di garantire una copertura del suolo il più possibile uniforme e stabile.

Su tutte le aree interessate, le operazioni di stesura e modellamento, dovranno essere integrate da una concimazione di fondo (compost ammendante), con azoto, fosforo e potassio al fine di ottenere, in breve tempo, un compatto manto erboso in grado di permettere lo sviluppo successivo degli esemplari arbustivi che verranno messi a dimora.

3.7.2 L'inerbimento

Su tutte le aree dove si evidenziano carenze della copertura vegetazionale, si prevede la formazione di un manto erboso compatto, tale da permettere l'insediamento di specie arbustive ed arboree.

L'obiettivo è quello di ottenere una cotica erbosa ben radicata, che possa evolversi anche attraverso l'equilibrata migrazione di altre specie presenti nella zona.

Poiché lo strato erbaceo deve vegetare in condizioni ostili, è bene che queste siano, in qualche modo, rappresentate fin dall'inizio, affinché si avviino immediatamente i processi selettivi naturali conformi ai risultati che si vogliono ottenere.

Sono ritenuti necessari, quindi, supplementari interventi di fertilizzazione e semina di specie erbacee, poiché sul substrato terroso adeguatamente preconcimato, che ricopre le superfici da recuperare, migrano spontaneamente ma molto lentamente le specie tipiche della zona, colonizzandolo.

L'obiettivo da perseguire è quello di realizzare un tappeto erboso di tipo "tecnico". Nelle aree dell'invaso, in aggiunta alle specie sopra elencate, si considera anche la possibilità di inserire nel progetto anche alcune varietà di arbusti che contribuiscono a creare l'ossatura dell'area verde, assicurando un riparo, una protezione e costituendo anche una certa attrattiva.

Si può pensare di inserire delle specie di grandi dimensioni, in numero maggiore di sempreverdi, che servono a fornire la struttura ed il supporto per quelle più delicate.

Utilizzando un adeguato impianto di irrigazione e periodiche concimazioni azoto-organiche, sia nella fase di impianto che nel primo periodo di accrescimento, si ottiene l'ottimizzazione dell'apparato radicale che si mantiene così, in maniera notevole, in superficie conferendo stabilità e compattezza al terreno.

3.7.3 La formazione della copertura arborea ed arbustiva

Per quanto sia presumibile che essenze arbustive ed arboree sicuramente migrano lentamente sul substrato fertilizzato, i lavori prevedono il completamento del cantiere di recupero con la messa a dimora di alberi ed arbusti.

Questa operazione è favorita dalla modesta pendenza del piano sommitale e dalla fertilizzazione generale del substrato, necessaria inoltre per accelerare sensibilmente la formazione di un manto vegetale ombreggiato e quindi più stabile.

La crescita degli apparati radicali conferisce stabilità e compattezza al terreno mentre le foglie e i rami, fonti importanti di sostanza organica, assicurano una migliore regimazione delle acque superficiali, e in estate impediscono l'eccessivo riscaldamento del terreno, diminuendo il consumo d'acqua per evaporazione e traspirazione.

Le piante utilizzate devono essere di taglia media, per evitare stress e vengono scelte in vivai forestali locali affinché l'habitat di provenienza sia il più possibile simile a quello di destinazione. La scelta deve essere limitata alle varietà più idonee all'ambiente in questione.

Pur rispettando questi criteri di impianto, nel collocare a dimora gli esemplari dovrà essere realizzata un'aggregazione il più possibile simile a quella naturale.

3.7.4 Manutenzione della copertura arborea ed arbustiva

Per tutte le opere a verde è previsto un impianto di innaffiamento differenziato a seconda delle esigenze di tipo ambientale e specifiche delle essenze arbustive poste a dimora.

Le manutenzioni da eseguire nel periodo della fase post-operativa relative al sistema di copertura vegetale, riguardano essenzialmente:

- ✓ Sfalcio dell'erba dei prati, eseguito a mano o con mezzi meccanici quali decespugliatori, tosaerba a lama rotante ecc.;
- ✓ Pulizia alla base degli alberi/arbustii, siepi con eliminazione di ogni specie estranea;
- ✓ Concimazione periodica di piante, arbusti e siepi;
- ✓ Eliminazione e sostituzione di eventuali piante morte;
- ✓ Potatura generale di piante, arbusti e siepi;
- ✓ Controllo dalle aggressioni di insetti e parassiti e dalle fitopatie in genere;
- ✓ Controllo della funzionalità dell'impianto di irrigazione.

Tali operazioni devono essere cadenzate con le seguenti periodicità:

- ✓ **0-10 anni:** mensile;
- ✓ **10-20 anni:** trimestrale;
- ✓ **10-20 anni:** semestrale.

prevedendo, almeno per il primo anno, un ciclo di innaffiamenti al mese per consentire l'attecchimento delle specie impiantate.

Tutte le manualità operative degli eventuali interventi dovranno essere concordati dal Responsabile Tecnico alla gestione in fase post operativa con il capo squadra preposto.

3.8 Pozzi e relative attrezzature di campionamento delle acque sotterranee

L'impianto è stato progettato e dovrà essere realizzato e condotto in modo che il percolato non produca inquinamento delle acque superficiali e delle falde idriche sotterranee.

La discarica deve essere provvista, al fine di isolare completamente i rifiuti e le acque di percolazione dall'ambiente circostante, della impermeabilizzazione a norma di legge, sia sul fondo basale che sulle sponde.

Intorno all'impianto è presente la rete dei pozzi di monitoraggio che consente il controllo continuo e la rilevazione di eventuali situazioni di criticità, in relazione ai parametri chimico fisici e con le tempistiche previste dal D. L.vo n. 36/2003 e riprese nel "Piano di Sorveglianza e Controllo".

Le manutenzioni da eseguire nel periodo della fase post-operativa relative ai pozzi di monitoraggio riguardano essenzialmente la verifica della conservazione delle "teste pozzo" e dei pozzetti di protezione in CLS.

Tale verifica deve essere cadenzata con idonea periodicità, si prevede per questo il seguente schema di verifiche:

- ✓ **0-10 anni:** mensile;
- ✓ **10-20 anni:** trimestrale;
- ✓ **10-20 anni:** semestrale.

Il prelievo delle acque sotterranee ai fini della analisi chimico-fisico sarà affidata a ditta esterna che curerà, quindi, la manutenzione delle relative attrezzature.