REGIONE LIGURIA
Provincia di LA SPEZIA
Comune di La Spezia

# *LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE E REALIZZAZIONE DI NUOVO IMPIANTO CON RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE IN LOC. SATURNIA - COMUNE DELLA SPEZIA (SP)*

CIG:601404963B - CUP C48I14000040005

## PROGETTO DEFINITIVO


Capogruppo Mandataria:

IG INGEGNERIA GEOTECNICA srl
*Ricerca progettazione e consulenza nel campo dell'ambiente, della geologia e dell'ingegneria civile*
C.so Montevecchio, 50 - 10129 Torino
Tel. (011) 5611811/fax (011) 5620568
e-mail: ig@ingegneriageotecnica.com
ISO 9001:2008
ISO 14001:2004

Ing. Valter PEISINO

I.G. INGEGNERIA GEOTECNICA S.r.l.
Corso Montevecchio, 50 - 10129 Torino
P. IVA 02325010

Mandanti:

ECOPLAN
SOCIETA' DI INGEGNERIA & ARCHITETTURA AMBIENTALE
Arch. Pier Augusto DONNA BIANCO

P.I. Pietro MARCELLINO - Progettazione Antincendio

Consulenti specialistici:

Desmos Ingegneria Ambiente Energia
Ing. Stefano VEGGI
Ing. Manlio PACITTI

ORDINE INGEGNERI PROV. ALESSANDRIA – INGEGNERE – N° A-1034 – SEZIONE A


Responsabile Unico del Procedimento:

ACAM Ambiente S.p.A. - Ing. Marco FANTON

Titolo elaborato

# Relazione tecnica biogas

n° elaborato
**R09**

Scala -

| Stato | | Data | Annotazioni | Redatto | Verificato | Approvato |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Emissione | 0 | 12 / 2015 | EMISSIONE | Ing. Chini | Ing. Veggi | Ing. Peisino |
| Revisioni | 1 | 12 / 2015 | EMISSIONE DEFINITIVA | Ing. Chini | Ing. Veggi | Ing. Peisino |
| | 2 | | | | | |


Diritti riservati ex art. 2578 C.C. - Riproduzione e consegna a terzi solo su specifica autorizzazione.


Commessa n° 20830

**Capogruppo:**

IG INGEGNERIA GEOTECNICA srl
*Ricerca progettazione e consulenza nel campo dell'ambiente, della geologia e dell'ingegneria civile*
C.so Montevecchio, 50 - 10129 Torino
Tel. (011) 5611811/fax (011) 5620568
e-mail: ig@ingegneriageotecnica.com
ISO 9001:2008
ISO 14001:2004

**Mandanti**

ECOPLAN
SOCIETA' DI INGEGNERIA & ARCHITETTURA AMBIENTALE

***P.I. Pietro MARCELLINO***

REGIONE LIGURIA
Provincia di LA SPEZIA
Comune di La Spezia

# *"LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE E REALIZZAZIONE DI NUOVO IMPIANTO CON RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE LOC. SATURNIA IN COMUNE DI LA SPEZIA (SP)"*

## PROGETTO DEFINITIVO

## *Relazione tecnica Biogas*

**DESMOS Rel. 010.2015-002R09.1** **Milano, 9 Dicembre 2015**

| n° | Data | § revisionato | Motivo della revisione |
|---|---|---|---|
| 00 | 12/2015 | Chini-Fretti-Veggi | Emissione |
| 01 | 12/2015 | Chini -Veggi | Emissione definitiva |
| 02 | | | |
| 03 | | | |
| 04 | | | |
| | | | |

*Indice*

1 INTRODUZIONE ..... 1
2 SISTEMA DI GESTIONE DEL BIOGAS ..... 2
2.1 Il D.Lgs. 36/03 ..... 2
3 VALUTAZIONI DELLA PRODUZIONE DI BIOGAS ..... 3
3.1 Modelli previsionali ..... 3
3.2 Dati di input: Caratteristiche merceologiche dei rifiuti ..... 4
3.3 Dati di input: Quantità di rifiuto ..... 5
3.4 Modello stechiometrico ..... 6
3.5 Modello cinetico ..... 8
3.6 Stima della produzione di biogas ..... 9
3.7 Applicazione del modello cinetico ..... 10
3.7.1 Risultati dell'applicazione ..... 11
4 INTERVENTI DI PROGETTO ..... 14
4.1 Sistema di captazione ..... 14
4.1.1 Determinazione del numero e dell'ubicazione dei pozzi ..... 14
4.1.2 Caratteristiche dei camini di estrazione ..... 15
4.2 Stazioni di regolazione ..... 16
4.3 Rete di captazione ..... 17
4.4 Centrale di aspirazione ..... 18
4.5 Combustore ..... 18
4.5.1 Requisiti qualitativi del gas da trattare ..... 19
4.6 Motore (opzionale) ..... 21
4.7 Sistema di biofiltrazione ..... 21
4.8 Sistema di monitoraggio ..... 23

**Allegati:**

*Allegato A: Rapporto di prova analisi FOS*
*Allegato B: Produzione teorica e reale di biogas estraibile*

# 1 INTRODUZIONE

La presente relazione intende fornire una descrizione degli aspetti tecnici relativi al dimensionamento del sistema di captazione e trattamento del biogas del nuovo impianto di "Discarica per rifiuti speciali non pericolosi" (classificazione ai sensi del D.Lgs. 36/03) sita in Località Saturnia, nel Comune della Spezia.

Il dimensionamento di seguito proposto si basa sulla base di modelli di calcolo forniti da bibliografia.

# 2 SISTEMA DI GESTIONE DEL BIOGAS

## *2.1 Il D.Lgs. 36/03*

Il D.Lgs. 36/03 impone che le discariche che accettano rifiuti biodegradabili debbano essere dotate di impianti per l'estrazione dei gas che garantiscano la massima efficienza di captazione e il conseguente utilizzo energetico.

Qualora il recupero energetico non fosse praticabile, è possibile ricorrere alla termodistruzione del gas di discarica in idonea camera di combustione a temperatura T> 850°C, concentrazione di ossigeno > 3% in volume e tempo di ritenzione > 0,3 s.

Il sistema di estrazione del biogas deve essere dotato di sistemi per l'eliminazione della condensa; l'acqua di condensa può essere reimmessa nel corpo della discarica.

# 3 VALUTAZIONI DELLA PRODUZIONE DI BIOGAS

Di seguito si riportano le valutazioni effettuate per prevedere la produzione di biogas a seguito dell'abbancamento dei rifiuti della discarica oggetto della presente progettazione.

## *3.1 Modelli previsionali*

I gas biologici (o biogas) prodotti in una discarica controllata per effetto della digestione anaerobica della componente organica dei rifiuti abbancati sono principalmente i seguenti:

- ammoniaca ($NH_3$),
- acido solfidrico ($H_2S$),
- anidride carbonica ($CO_2$),
- azoto ($N_2$),
- idrogeno ($H_2$),
- metano ($CH_4$),
- monossido di carbonio (CO),
- ossigeno ($O_2$).

Di questi la quasi totalità (90-100%) è rappresentata da metano ed anidride carbonica.

La degradazione viene operata da una flora batterica che prolifera entro l'ammasso dei rifiuti nei quali il contenuto di ossigeno è quasi nullo.

Essendo la degradazione aerobica molto più rapida, l'ossigeno presente al momento della deposizione viene consumato nel giro di poche ore permettendo la proliferazione dei microrganismi metanigeni.

La reazione chimica che regola la digestione anaerobica dei rifiuti solidi urbani può essere schematizzata come segue:

$$\text{Materia organica (rifiuto)} + H_2O \rightarrow \begin{matrix}\text{materia organica biodegradata} + \\ CH_4 + CO_2 + \text{altri gas}\end{matrix}$$

La stima del volume del biogas prodotto in discariche controllate può essere effettuato utilizzando appositi modelli di calcolo[1] e software dedicati (ad esempio LandGEM di US-EPA).

I modelli teorici sono generalmente strutturati in due sottomodelli:

- modello stechiometrico,
- cinetica di degradazione.

I dati di progetto necessari alla stima sono:

- caratteristiche merceologiche dei rifiuti,
- quantità di rifiuto eventualmente già smaltiti e da smaltire.

### *3.2 Dati di input: Caratteristiche merceologiche dei rifiuti*

Il primo dato di input per la stima della produzione di biogas è rappresentato dalla merceologia media del rifiuto conferito in discarica.

In generale, le caratteristiche merceologiche del rifiuto smaltito e da smaltire dipendono da molteplici fattori, tra cui:

- collocazione geografica del bacino di utenza
- dimensione dei centri abitati
- caratteristiche socio- economiche del bacino di utenza.

La definizione della merceologia del rifiuto è stata effettuata sulla base di quanto indicato dal gestore della discarica.

In particolare, per la discarica in oggetto, è stata considerata la seguente composizione media dei rifiuti annui da conferire:

- 32'500 mc rifiuti classificabili come inerti dal punto di vista della produzione del biogas (terre, imballaggi, rifiuti inorganici, rifiuti da demolizioni, miscele bituminose, etc.);
- 67'500 mc rifiuti composti da Frazione Organica Stabilizzata (FOS) e altri rifiuti speciali. Tali rifiuti, dal punto di vista della produzione di biogas, si considerano cautelativamente assimilati al FOS per i calcoli di seguito riportati.

Si rimanda al Piano di Gestione Operativa per i dettagli dei rispettivi codici CER.

Per la suddivisione merceologica del FOS, si è fatto riferimento ad una analisi riferita ad un campione proveniente dall'impianto in località Saliceti, Comune di Vezzano Liguire (SP), dal quale proverrà parte del il FOS che sarà smaltito nella discarica in oggetto (Allegato 1).

[1] "*Integrated Solid Waste management*"; Tchobanoglous, Theisen, Vigil; Mc Graw Hill, 1993; "Modello matematico di produzione del biogas in uno scarico controllato": G. Andreottola, R. Cossu; R. S. n. 6, Novembre- Dicembre 1988.

In particolare, si è considerato come inerte il residuo a 600°C, pari al 20,16% del secco residuo a 105° (pari al 65,12% del tal quale). L'inerte risulta quindi il 48% del totale, mentre il restante 52% è costituito da sostanza potenzialmente in grado di produrre biogas. Secondo quanto indicato da bibliografia e secondo l'esperienza degli scriventi, la sostanza degradabile è stata ulteriormente suddivisa, ai fini del calcolo della produzione di biogas in materiale cellulosico (15% sul totale), in materiale plastico (5% sul totale) e sostanza organica (32% sul totale)
La composizione merceologica del rifiuto da conferire conferito presso la discarica in oggetto, adottata per la stima della produzione di biogas è quindi quella riportata nella seguente Tabella 3-1.

| FRAZIONE MERCEOLOGICA | PERCENTUALE SUL TAL QUALE | | PERCENTUALE IN PESO SUL SECCO | |
|---|---|---|---|---|
| Materiale cellulosico | 7,53 | % | 6,67 | % |
| Materiale plastico | 2,51 | % | 2,26 | % |
| Inerti e vetro | 73,89 | % | 71,67 | % |
| Sostanze organiche | 16,07 | % | 8,04 | % |

*Tabella 3-1: Composizione merceologica del rifiuto conferito presso la discarica di Saturnia*

Si precisa che per quel che riguarda le percentuali in peso rispetto al rifiuto secco riportate nella tabella, poiché non si disponeva dei singoli dati reali, si è provveduto a determinarli tramite valori di umidità delle singole frazioni stimate sulla base di valori di letteratura e di esperienze pregresse degli scriventi progettisti.

### *3.3 Dati di input: Quantità di rifiuto*

La quantità di rifiuto considerata per la determinazione della produzione di biogas è la seguente:

- Volumetria di rifiuti disponibile: 700'000 mc, corrispondenti a 799'750 ton in peso.

Per quanto riguarda la presenza di rifiuti attualmente presenti in sito (circa 58'000 mc), che saranno riallocati nel nuovo invaso dopo apposito trattamento, si possono fare le seguenti considerazioni:

- i rifiuti pregressi sono costituiti per la maggior parte da ceneri di carbone, provenienti dalle attività di produzione di energia elettrica della centrale Enel di Vado Ligure (86% circa in volume), abbancate tra il 1992 ed il 1993;

- i rifiuti solidi urbani pregressi, sono stati abbancati durante la prima metà degli anni '80, pertanto essendo passati circa 30 anni dall'abbancamento è presumibile che la corrispondente produzione di biogas sia ad oggi pressoché esaurita.

Da quanto sopra esposto, è ragionevole ipotizzare che i rifiuti pregressi non contribuiranno alla produzione di biogas una volta riabbancati nel nuovo invaso.

### *3.4 Modello stechiometrico*

Il modello stechiometrico permette di determinare la quantità di biogas producibile sulla base della merceologia dei rifiuti, ma trascurando i fenomeni dinamici.

I componenti organici individuali presenti nei rifiuti solidi urbani possono essere rappresentati, una volta note le caratteristiche merceologiche e chimiche, da una formula chimica della forma seguente: $C_aH_bO_cN_d$.

Da qui, utilizzando l'equazione seguente, si può poi stimare, assumendo una completa conversione della materia organica in $CH_4$ e $CO_2$, il volume specifico ($m^3$ di gas / kg di rifiuto umido) o totale ($m^3$) di gas prodotto.

Il processo di decomposizione anaerobica generale della sostanza organica contenuta nel rifiuto può essere rappresentato attraverso la seguente equazione:

$$C_a H_b O_c N_d + \frac{4a - b - 2c + 3d}{4} H_2O \rightarrow \frac{4a + b - 2c + 3d}{8} CH_4 + \frac{4a - b + 2c + 3d}{4} CO_2 + d \cdot NH_3$$

dove $C_aH_bO_cN_d$ rappresenta il materiale organico decomponibile su base secca ottenibile in base alla merceologia ed alla composizione chimica dei rifiuti.

Prima di valutare la composizione chimica di ciascuna frazione merceologica del rifiuto è necessario tenere conto di una serie di considerazioni che permettano di individuare l'effettiva quantità di sostanza che si degrada:

- il contenuto organico rappresenta solo una parte della frazione secca considerata;
- non tutto il materiale organico si decompone complessivamente in un periodo ragionevole di tempo;
- il 5% della sostanza organica sottoposta a degradazione microbica è da considerare residuo inerte.

| FRAZIONE | CONTENUTO ORGANICO | PERCENTUALE DECOMPONIBILE | PERCENTUALE SOTTOPOSTA A DEGRADAZIONE MICROBICA |
|---|---|---|---|
| Sottovaglio | 50% | 100% | 95% |
| **Materiale cellulosico** | **100%** | **75%** | **95%** |
| **Materiale plastico** | **30%** | **50%** | **95%** |
| **Inerti** | **0%** | **-** | **-** |
| Metallo e vetro | 0% | - | - |
| **Sostanze organiche** | **100%** | **100%** | **95%** |

*Tabella 3-2 - Percentuali per la determinazione della sostanza organica effettivamente degradabile a partire dal peso di ciascuna frazione merceologica (in grassetto le frazioni attese nella discarica in oggetto)*

A partire dal contenuto organico effettivamente degradabile per ciascuna frazione, è possibile determinare il contenuto di ciascun componente chimico attraverso la Tabella 3-3:

| FRAZIONE | C [%] | H [%] | O [%] | N [%] | ALTRI [%] |
|---|---|---|---|---|---|
| Sottovaglio | 6,4 | 0,9 | 34,3 | 0,3 | 58,1 |
| Materiale cellulosico | 42,2 | 5,5 | 36,5 | 0,6 | 15,2 |
| Materiale plastico | 36,5 | 4,3 | 38,3 | 3,0 | 17,9 |
| Sostanze organiche | 30,8 | 3,7 | 24,6 | 2,4 | 38,5 |

*Tabella 3-3: Percentuali per la determinazione dei diversi componenti chimici a partire dalla sostanza organica effettivamente degradabile*[1]

Grazie ai dati così ottenuti ed al peso molare delle singole componenti è possibile scrivere l'equazione stechiometrica (in moli) specifica del rifiuto considerato rapportando tutto ad una mole di azoto (si veda equazione precedente).

Attraverso le opportune trasformazioni di unità di misura, è possibile quindi determinare il volume di biogas teoricamente producibile per ciascun chilogrammo di rifiuto tal quale.

[1] "*Solid waste*"; Tchobanoglous, Theisen, Eliassen; Mc Graw Hill, 1977;

### *3.5 Modello cinetico*

Una volta calcolata la produzione teorica complessiva di biogas è importante descrivere l'evoluzione della produzione nel tempo.

Osservazioni di laboratorio ed in scala reale evidenziano come la produzione di biogas da un volume unitario di rifiuti inizi alcuni mesi dopo lo smaltimento, raggiunga il massimo dopo 3-5 anni, per poi decrescere nel tempo con produzioni trascurabili dopo 15- 20 anni.

Il fenomeno è descritto da diversi autori attraverso il modello cinetico rappresentato dalla equazione differenziale del primo ordine:

$$\frac{dC}{dt} = -kC \qquad (1.)$$

La soluzione di tale equazione è:

$Cr = Co \cdot e^{-kt}$ (2.)

con:

- Cr = quantità di carbonio organico residuo, gassificabile, al tempo t.
- Co = quantità di carbonio organico gassificabile al tempo t = 0.
- t = tempo in anni
- k = costante di degradazione.

Data la quantità di carbonio gassificabile al tempo t (Cr), si ottiene che la quantità di carbonio gassificata è $Ct = Co – Cr = Co (1 – e^{-kt})$. Questa equazione può essere vista analogamente in termini di gas prodotto e gas inizialmente disponibile e diventare

$$G = Go (1 – e^{-kt}) \qquad (3.)$$

dove G e Go sono la quantità di gas prodotta al tempo t e la quantità prodotta al tempo t = 0 rispettivamente.

La costante di degradazione è considerata uguale al logaritmo naturale di $t_{1/2}$, dove $t_{1/2}$ è il semiperiodo di decomposizione della sostanza organica.

Il valore della costante di degradazione dipende dalle caratteristiche del rifiuto, dalla pezzatura, dall'umidità, dalla temperatura, dal pH.

In prima approssimazione è possibile determinare il valore di k in relazione alle diverse degradabilità delle componenti organiche[1].

- $k_1$ = 0,693 $anni^{-1}$ per sostanze vegetali
- $k_2$ = 0,139 $anni^{-1}$ per la cellulosa
- $k_3$ = 0,046 $anni^{-1}$ per la plastica

Dall'equazione (3) è possibile determinare il valore del rapporto $G/G_0$ per ogni anno dall'inizio del conferimento.
Tale tempistica è valida solo nel caso in cui non si abbia un aumento dei rifiuti presenti dopo l'istante t = 0.

La schematizzazione più precisa della dinamica del fenomeno può essere sviluppata conoscendo in termini quantitativi:

- sequenza di riempimento della discarica (conferimento annuo);
- effettiva biodegradabilità del rifiuto (rappresentata analiticamente dal coefficiente k);
- l'influenza nella discarica in esame dei parametri significativi del processo di decomposizione anaerobica (pH, temperatura, umidità).

Oltre alle ipotesi suddette, bisogna tenere conto del fatto che la produzione reale di biogas è solitamente inferiore rispetto a quella teorica. I dati di letteratura riportano, infatti, valori del rapporto biogas realmente producibile / biogas teoricamente producibile del 40 – 60%.
Inoltre occorre evidenziare che non tutto il biogas prodotto possa essere estratto in quanto il gradiente di pressione applicabile per l'estrazione deve essere sufficientemente ridotto in modo tale da evitare infiltrazioni di aria in discarica.

### *3.6 Stima della produzione di biogas*

La determinazione della produzione di biogas, come detto, dipende strettamente dalla tipologia di rifiuti che verranno conferiti presso la discarica e dal ciclo di trattamento che i rifiuti dovranno subire prima di essere conferiti alla discarica.
La definizione della merceologia del rifiuto è stata effettuata sulla base di quanto indicato dal gestore della Discarica.

[1] "Modello matematico di produzione del biogas in uno scarico controllato"; Andreottola, Cossu; R.S. n.6 - Novembre- Dicembre 1988;

La merceologia considerata per la definizione della formula chimica che rappresenta il rifiuto ($C_aH_bO_cN_d$), è quella riportata, con le precisazioni del caso, nella precedente Tabella 3-1 e riproposta nella seguente Tabella 3-4:

| **FRAZIONE MERCEOLOGICA** | **PERCENTUALE IN PESO SUL SECCO** | |
|---|---|---|
| Materiale cellulosico | 6,67 | % |
| Materiale plastico | 2,26 | % |
| Inerti e vetro | 71,67 | % |
| Sostanze organiche | 8,04 | % |
| **TOTALE** | **88,63** | **%** |

*Tabella 3-4: Merceologia del rifiuto conferito in discarica*

Sulla base dei valori indicati nelle precedenti tabelle è quindi possibile scrivere l'equazione stechiometrica (in moli) del rifiuto considerato rapportata a una mole di azoto:

$$C_{23.37}H_{34.70}O_{14.65}N + 8.12 \cdot H_2O \rightarrow 12.73 \cdot CH_4 + 11.38 \cdot CO_2 + NH_3 .$$

Da tale equazione si evince che la quantità di biogas ($CH_4 + CO_2$) teoricamente producibile per ogni chilogrammo di rifiuto tal quale è pari a **0,086 Nm$^3$/kg**.

### *3.7 Applicazione del modello cinetico*

Calcolata la produzione teorica complessiva di biogas è importante descrivere l'evoluzione della produzione nel tempo attraverso l'applicazione del modello cinetico precedentemente descritto. Nel caso specifico il valore di k è stato determinato come media ponderata in base alle percentuali effettivamente degradabili dei valori sopra citati (k = 0,178 anni$^{-1}$).

$$\frac{dC}{dt} = -kC$$

Esprimendo la soluzione dell'equazione differenziale in termini di produzione cumulata si ricava:

$G = G_0 (1 - e^{-0,178\,t})$

Da tale equazione è possibile determinare il valore del rapporto $G/G_0$ per ogni anno dall'inizio del conferimento. Tale rapporto diventa praticamente unitario, ossia la produzione di biogas diventa nulla, dopo circa 20 anni.

Tale tempistica è valida solo nel caso in cui la produzione non si abbia un aumento dei rifiuti presenti dopo l'istante t = 0.

La schematizzazione più precisa della dinamica del fenomeno può essere sviluppata conoscendo in termini quantitativi:

- sequenza di riempimento della discarica (conferimento annuo) secondo quanto riportato in precedenza
- effettiva biodegradabilità del rifiuto (rappresentata analiticamente dal coefficiente k);
- l'influenza nella discarica in esame dei parametri significativi del processo di decomposizione anaerobica (pH, temperatura, umidità).

Oltre alle ipotesi suddette, bisogna tenere conto del fatto che la produzione reale di biogas è solitamente inferiore rispetto a quella teorica.

I dati di letteratura riportano, infatti, valori del rapporto biogas realmente producibile – biogas teoricamente producibile del 40 – 60%.

Inoltre occorre evidenziare che non tutto il biogas prodotto può essere estratto in quanto il gradiente di pressione applicabile per l'estrazione deve essere sufficientemente ridotto in modo tale da evitare filtrazioni di aria in discarica.

Sulla base delle considerazioni appena esposte, nel caso specifico, sono state adottate le seguenti ipotesi ritenute cautelative:

- il biogas realmente producibile rappresenta il 60% del biogas teoricamente producibile;
- il biogas estraibile rappresenta il 70% del biogas realmente producibile.

### *3.7.1 Risultati dell'applicazione*

I risultati delle considerazioni appena esposte applicati al lotto di progetto sono riportati in dettaglio nella tabella in **Allegato 2** alla presente relazione e rappresentati graficamente nella successiva Figura 3.1.

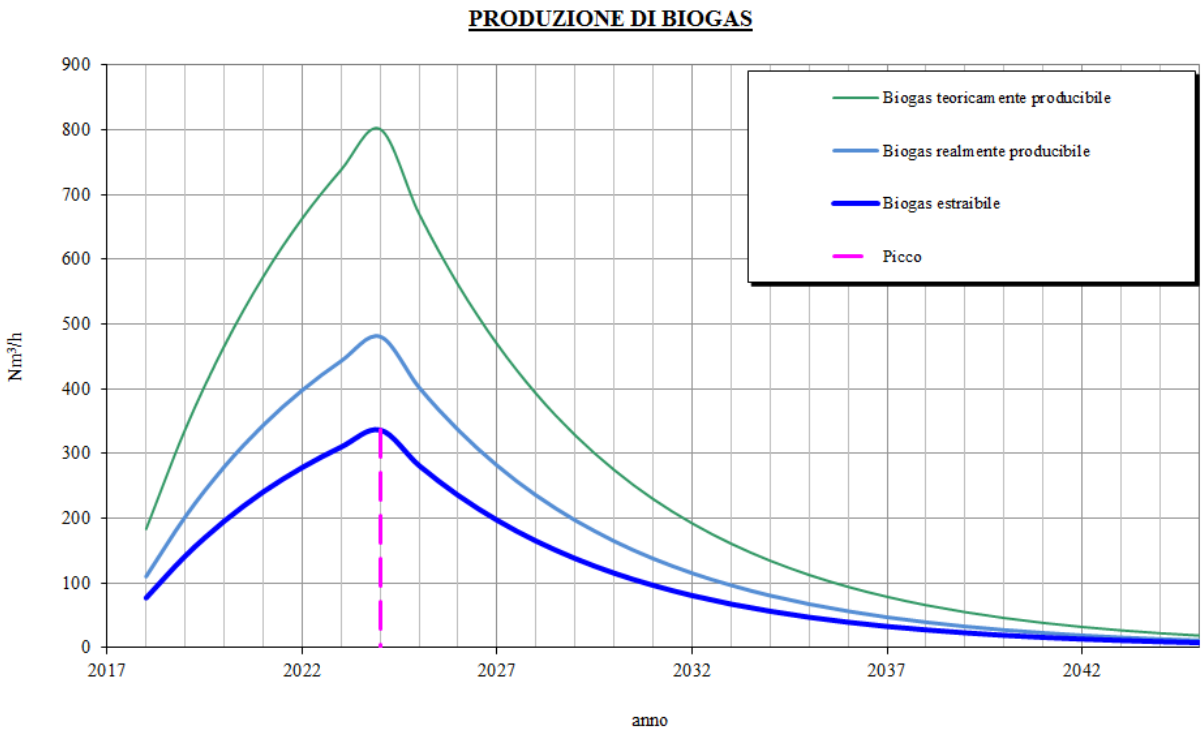



*Figura 3.1: Stima della produzione teorica e reale di biogas e del biogas estraibile*

Lo studio è stato condotto considerando un periodo di osservazione di 37 anni ottenuto considerando l'inizio della fase di gestione operativa (indicativamente nel corso del 2017) e i 30 di gestione post operativa (dal 2024 al 2054).

Dai risultati si può constatare come la massima produzione di biogas e quindi il picco di biogas estraibile si prevede avvengano nel 2024, ovvero quando i conferimenti saranno quasi completamente esauriti.

I dati caratterizzanti la quantità di biogas estraibile risultanti dal modello sono i seguenti:

- valore di picco della portata media annua estraibile: 337 $Nm^3/h$;
- anno del valore di picco della portata media annua estraibile: 2024;
- produzione teorica di biogas (fino al 2054): 68'735'377 $Nm^3/h$
- produzione reale di biogas (fino al 2054): 41'241'226 $Nm^3/h$
- quantità effettivamente estraibile (fino al 2054): 28'868'859 $Nm^3/h$

# 4 INTERVENTI DI PROGETTO

Alla luce di quanto valutato nell'ambito del precedente paragrafo, per la gestione del biogas prodotto dalla discarica in progetto si prevede di dotare l'impianto di:

- sistema di captazione;
- sistema di trattamento in torcia;
- ststema di trattamento tramite biofiltri;
- motore per la generazione di energia (opzionale);
- sistema di monitoraggio.

Di seguito si riporta una descrizione degli interventi previsti; per maggiori dettagli e raffronti su quanto descritto si rimanda agli elaborati grafici "Impianto biogas – Planimetria di fondo e finale" e "Impianto biogas – Dettagli" (DOC. D.09.01 e D.09.02).

## *4.1 Sistema di captazione*

La discarica verrà dotata di camini per l'estrazione del biogas prodotto da innalzare durante la coltivazione; quando la produzione di gas monitorata sarà idonea alla combustione e/o al trattamento, i punti di estrazione saranno collegati al sistema di estrazione e trattamento.

### *4.1.1 Determinazione del numero e dell'ubicazione dei pozzi*

Il numero e l'ubicazione delle postazioni di estrazione del biogas vengono generalmente determinati in relazione ai seguenti parametri:

- portata complessiva di biogas da drenare;
- estensione della superficie di discarica;
- assetto planoaltimetrico della discarica;
- produttività "biologica" della discarica.

Parametro essenziale nella definizione del numero delle postazioni di estrazione è la determinazione del raggio di influenza degli stessi.

Il raggio di influenza dipende dalla permeabilità dei rifiuti messi a dimora e compattati, da quella degli strati di copertura (provvisoria e finale), dai valori di depressione applicati per l'aspirazione del biogas e dalla morfologia della discarica.

E' opportuno che i valori di depressione di ciascuna postazione non superino 15- 20 mm di colonna d'acqua onde evitare infiltrazioni d'aria nel corpo della discarica.

Adottando tali valori di depressione ne deriva un raggio di influenza intorno ai 25 m; si veda la successiva Figura 4.1.

Il calcolo del raggio di influenza è stato condotto secondo uno schema alternativo proposto dalla letteratura[1] che ha fornito risultati analoghi.

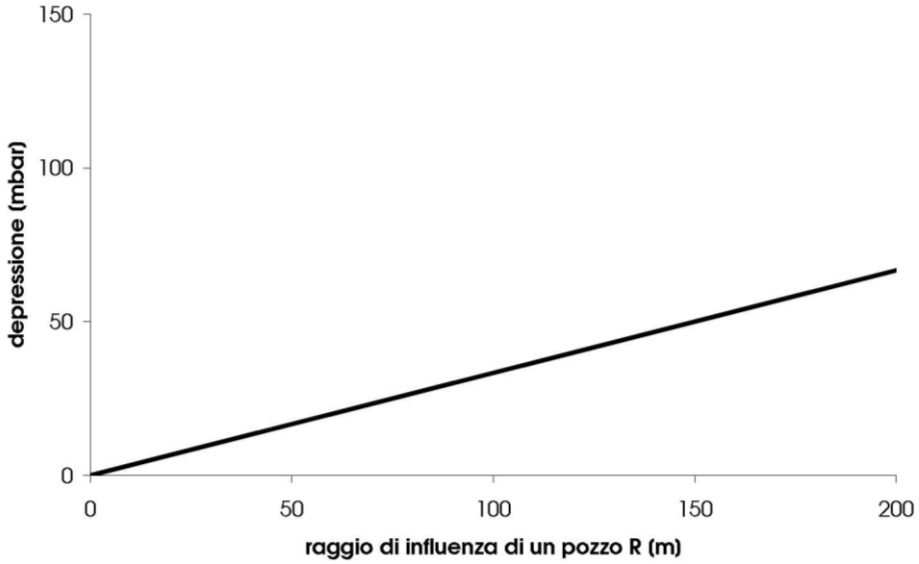



*Figura 4.1: Rappresentazione grafica della relazione funzionale teorica tra il raggio di influenza di un pozzo di captazione del biogas e i valori di depressione applicati*[2]

Sono così state individuate 31 postazioni di estrazione (PBi negli elaborati di progetto) aventi raggio di influenza di 25 m; il numero di postazioni previste tiene altresì conto del particolare assetto planoaltimetrico del corpo di discarica.
Nell'elaborato grafico di riferimento è indicata l'ubicazione di tali postazioni.

### *4.1.2 Caratteristiche dei camini di estrazione*

I camini per l'estrazione del biogas saranno realizzati su basi in c.a. (basamento in cls Rck ≥250 kg/cm$^2$ armato con rete elettrosaldata ϕ 10 mm, maglia 200x200 mm) appoggiate su geotessuto o su cartelle in HDPE per evitare fenomeni di punzonamento sul telo sottostante.
Al di sopra di tali basamenti andranno realizzati i camini messi in opera mediante la realizzazione di accumuli in materiale inerte grossolano (granulometria 15-60 mm) sostenuti da un rete elettrosaldata (diametro 2 m) accoppiata ad una rete metallica comune con funzione di

[1] Aavv. ***Landfilling.*** Hogland, W., Swedish Geotechnical Institute, SGI, and Swedish Environmental Protection Agency, SEPA. AFR Kompendium 6. 1997. Swedish Geotechnical Institute.Ref Type: Report
[2] "Ueberlengungen zur Gasentsorgung und pratkishe hinweize zur zwangsentgasung"; Ryser W.; ISWA journal n.26/27, Dicembre 1978/ Gennaio 1979)

contenimento, all'interno delle quali sarà posta una tubazione macrofessurata in HDPE DE 200 mm.

A sostegno della tubazione sarà posta una struttura costituita da tre tondini in acciaio ancorati da un lato ad un anello di sostegno della tubazione e dall'altro annegati nel basamento in calcestruzzo del pozzo.

In fase di coltivazione si procederà al progressivo prolungamento dei camini sino al raggiungimento delle quote finali previste per l'abbancamento della vasca.

La sopraelevazione sarà effettuata con tratti di lunghezza pari a 2 m ciascuno, prolungando sia la tubazione in HDPE DE 200 mm macrofessurata, sia la tubazione piena del pozzo che pesca nel lotto sottostante, mediante raccordi a manicotto non saldato e mettendo in opera la protezione $\phi$ 2,00 m di rete metallica e profilati contenente il materiale inerte drenante.

Si dovrà fare in modo di ottenere una sfasatura di 1 m tra la testa dei tubi in HDPE e la sommità della rete e del drenaggio di protezione.

Nel caso in cui la produzione di biogas in corrispondenza del camino fosse idonea per la combustione, sarà possibile applicare alla testa della tubazione una derivazione provvisoria per il collegamento all'impianto di trattamento.

In particolare, la testa pozzo sarà raccordata alla linea secondaria mediante un manicotto rigido (tubazione in HDPE DE 90 mm) con la funzione di compensare gli assestamenti differenziali che si potrebbero manifestare nell'intorno del camino.

Una volta raggiunta la quota di abbancamento definitiva, all'estremità della tubazione verrà applicata la testa del pozzo definitiva ed il camino verrà collegato all'impianto di aspirazione e trattamento/combustione.

La tubazione chiusa per la captazione del biogas prodotto dalla discarica sottostante potrà essere anch'esso collegato al suddetto impianto di aspirazione e combustione qualora la derivazione inizialmente realizzata e sepolta sotto i rifiuti non dovesse più funzionare.

### *4.2 Stazioni di regolazione*

I gas estratti dal corpo rifiuti saranno poi avviati a due stazioni di regolazione da ubicare sul bordo vasca; da qui il biogas verrà avviato verso l'impianto di trattamento, così come mostrato nell'elaborato grafico di riferimento.

Le sottostazioni saranno dotate di scaricatori di condensa che, tramite tubazioni in HDPE andranno a collegarsi con il collettore del percolato.

In relazioni alle fasi operative di gestione della discarica, almeno una delle 2 stazioni di regolazione sarà di tipo mobile, in modo tale da poter essere spostata in corso d'opera.

La stazione mobile sarà realizzata su di un robusto telaio di acciaio zincato a caldo od in acciaio inox che comprenderà tutti gli elementi necessari al funzionamento della stessa stazione di regolazione. Il telaio sarà dotato di robusti golfari di sollevamento per lo spostamento del manufatto.

### *4.3 Rete di captazione*

La rete di trasporto consentirà il convogliamento del biogas estratto dai singoli elementi di captazione verso la centrale di estrazione.

Ogni singolo elemento di captazione sarà collegato in parallelo ad una delle due stazioni di regolazione. Il collegamento in parallelo consente di ottimizzare i flussi e di trasferire presso i gruppi tutte le operazioni di monitoraggio e di regolazione della rete.

I 31 pozzi di captazione saranno quindi suddivisi in 2 gruppi di numero pressoché simile (16 e 15) e raccordati alle due stazioni di regolazione.

Per la captazione del biogas, oltre che gli appositi camini, saranno impiegati anche i pozzi per la captazione del percolato, che saranno dotati di apposite teste pozzo flangiate ed attrezzate con la derivazione alla linea di estrazione – compressione dei gas, dotata di punti di monitoraggio e controllo e predisposta per il raccordo alla pompa pneumatica.

In tal modo, sarà garantita una rete di raccolta capillare.

Le stazioni di regolazione saranno connesse alla centrale di estrazione per mezzo di un collettore primario.

Il dimensionamento delle tubazioni verrà eseguito tenendo conto delle perdite di carico correlate alla velocità di flusso dei fluidi.

Tutte le condense formatesi all'interno delle tubazioni saranno scaricate verso i punti a quote inferiori, ove saranno posizionati gli scaricatori di condensa, che saranno opportunamente raccordati al sistema di raccolta percolato.

Nella fase finale di coltivazione della discarica, i punti di captazione saranno posti a quote superiori al perimetro della discarica e pertanto, in tali condizioni, i liquidi di condensazione saranno scaricati nei gruppi di regolazione.

Presso gli scaricatori verranno installate pompe pneumatiche di rilancio atte a convogliare le condense separate nel punto di raccolta del percolato di discarica.

Ogni pompa sarà dotata di sistema automatico d'avviamento ed interruzione, nonché di dispositivo di non ritorno.
E' prevista una linea di alimentazione pneumatica delle pompe; questo provvedimento, evitando la connessione elettrica dei manufatti, riduce i rischi di esplosioni.

Parallelamente ai collettori primari di trasporto biogas, dovranno quindi essere messe in opera:

- una linea di trasporto condense;
- una linea di alimentazione pneumatica delle pompe di sollevamento delle condense.

### *4.4 Centrale di aspirazione*

Le due Stazioni di Regolazione saranno a loro volta collegate in parallelo alla Centrale di aspirazione con connessioni sempre in parallelo.
Le linee primarie saranno posizionate a vista su livellette in terreno dotate di adeguate pendenze in modo tale da consentire lo scarico delle condense della linea in aspirazione verso la stazione di regolazione e verso i separatori di condensa. Le linee saranno inoltre bloccate ad intervalli regolari (ca 20 m) da riporti di terreno per circa 2 m per bloccare o comunque controllare i fenomeni di dilatazione termica lineare. Eventuali punti di attraversamento di piste dovranno essere realizzati mediante uno o più tubi guida in acciaio ricoperti da uno spessore di terreno fine di almeno 50 cm sul quale sarà posizionato uno strato di tout-venant.
La centrale di aspirazione sarà dimensionata con due macchine con una portata unitaria di 175 $Nm^3/h$ cadauna (350 $Nm^3/h$ complessiva). In aggiunta, sarà ubicata una terza macchina della stessa potenzialità delle altre 2, con funzione di riserva.

### *4.5 Combustore*

La funzione del combustore sarà limitata nel tempo in quanto la concentrazione di metano presente nel biogas tenderà a ridursi nei parametri di progetto e comunque al di sotto dei limiti funzionali di un combustore ($CH_4 < 25\%$).
Il combustore sarà conforme ai requisiti minimi imposti dal D.Lgs. 36/2003 e garantirà una tempo di residenza della fiamma di almeno 0,3 secondi ad una temperatura di combustione maggiore di 850 °C.
Il combustore sarà dotato di fiamma pilota al fine da agevolare la funzione di avvio dello stesso evitando fenomeni di detonazione.

Alla luce delle valutazioni espresse nell'ambito del precedente capitolo, è prevista la realizzazione di due combustori della potenzialità massima rispettivamente di 150 $Nm^3/h$ e 200 $Nm^3/h$.

Nelle fasi iniziali sarà installato il primo combustore da 150 $Nm^3/h$, mentre il secondo sarà installato con il progredire della coltivazione (indicativamente a partire dal secondo/terzo anno di coltivazione, secondo il modello proposto, che sarà comunque calibrato tramite i monitoraggi in corso dì'opera).

### *4.5.1 Requisiti qualitativi del gas da trattare*

E' importante sottolineare che gli impianti di termodistruzione presentano delle limitazioni anche in relazione alla qualità del biogas, ovvero in relazione alla composizione del gas in ingresso.

Come si vede dal grafico riportato in Figura 4.2, l'ossidazione del biogas è fortemente condizionata dalla presenza di gas inerti che elevano notevolmente i limiti minimi di combustibilità. Una condizione di non combustibilità del biogas potrebbe verificarsi ad esempio durante le fasi iniziali del periodo di post gestione della discarica in cui, a fronte dei massimi livelli teorici di produzione di biogas, si possono avere anche delle concentrazioni di gas inerti (per esempio $CO_2$) tali da rendere la miscela estratta non combustibile.

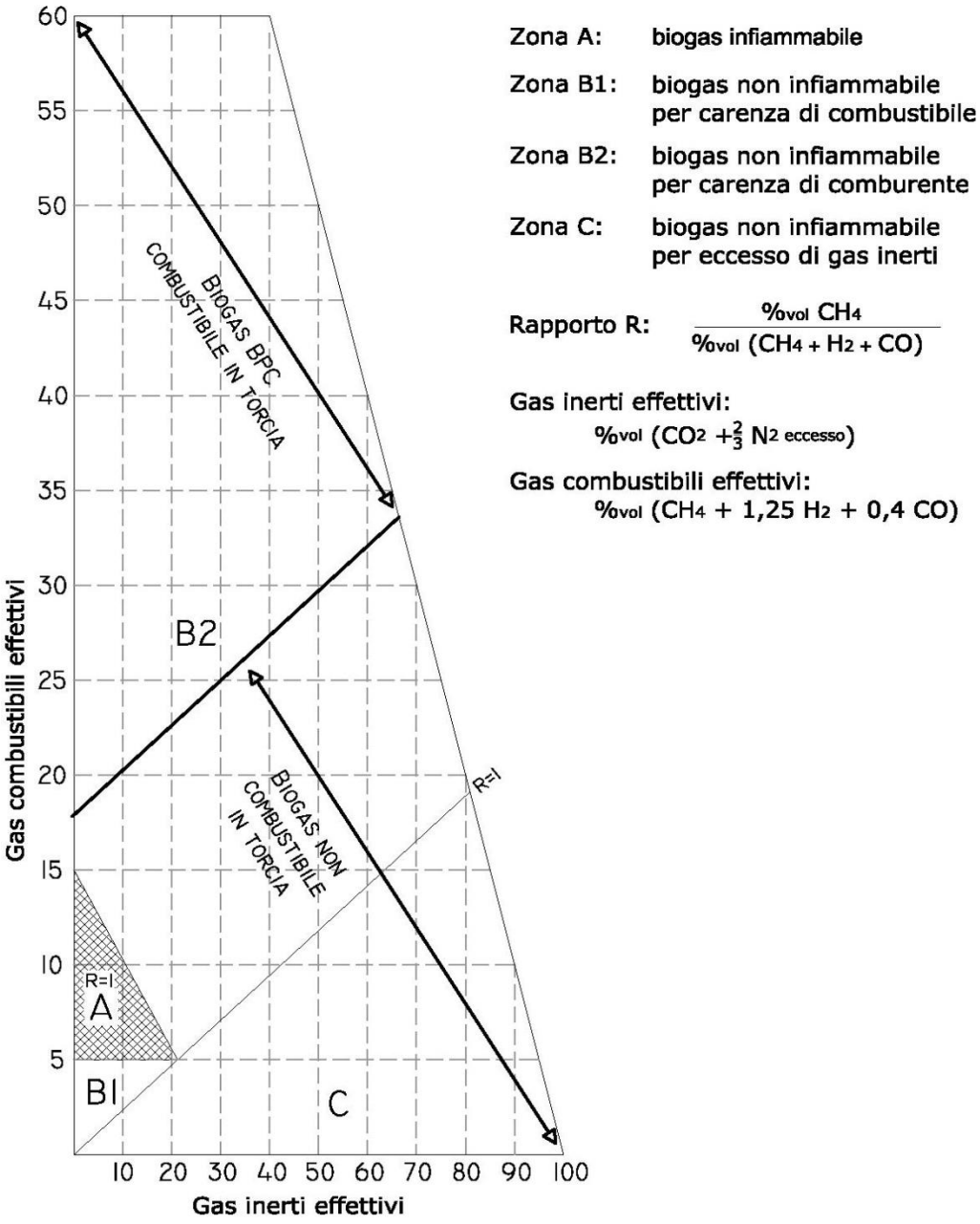



*Figura 4.2 – Caratteristiche di "combustibilità" del biogas*

L'effettiva composizione del biogas prodotto potrà essere determinata solo attraverso le attività di monitoraggio previste.

### *4.6 Motore (opzionale)*

In aggiunta ai due combustori, si prevede di installare un motore per la conversione energetica di biogas.

Assumendo un potere calorifico del metano $PCI_{CH_4}$ pari a 9,59 kWh[1] si ottiene che un metro cubo di biogas con metano al 50% ha il seguente potere calorifico:

$PCI_{biogas} = 0,5 \times PCI_{CH_4} = 4,79$ kWh

Il consumo di un mototre endotermico è correlato al potere calorifico in ingresso ed al rendimento elettrico secondo la seguente formula:

$C = Pe / \eta / pci.$

Dove:

C = consumo di biogas espresso in $Nm^3/h$;

Pe = potenza elettrica del motore kW;

$\eta$ = rendimento elettrico del motore;

PCI = potere calorifico del biogas espresso in $kWh/Nm^3$

La potenza del motore è pertanto in funzione del consumo, del rendimento e del potere calorifico:

$P_e = C \times \eta \times PCI.$

Considerando un rendimento medio di trasformazione del motore $\eta = 0,35$ ed un assorbimento di portate di circa 250 – 300 $Nm^3/h$, si ottiene un range di potenze del motore variabile da 420 kW a 503 kW.

L'installazione del motore, che funzionerebbe in alternativa ad uno dei due combustori è opzionale, e sarà valutata in fase di gestione operativa, in relazione ai reali andamenti della produzione di biogas che saranno registrati grazie ai monitoraggi periodici previsti.

### *4.7 Sistema di biofiltrazione*

L'utilizzo dei biofiltri sarà attuato sia nelle primissime fasi di coltivazione quando il fenomeno fermentativo non sarà ancora in grado di sostenere una metanogenesi idonea alla combustione in torcia sia in futuro quando i biogas captati dalla rete non saranno più in grado di essere bruciati al combustore a causa delle caratteristiche di concentrazione di metano inferiori al limite minimo

[1] Il potere calorifico del metano assume notevoli variazioni a seconda della fonte di riferimento. Il valore riportato è stato cautelativamente scelto tra quelli più bassi riscontrabili in letteratura.

di combustione della torcia. Tale limite è normalmente variabile in funzione anche della presenza di gas inerti che tende ad aumentare nelle discariche ormai molto vecchie.

La concentrazione di metano ottimale per il trattamento all'interno di un biofiltro non dovrebbe superare il 10% e pertanto i gas dovranno raggiungere tali concentrazioni oppure essere diluiti con aria.

L'obiettivo della filtrazione biologica è quello di ottenere una efficienza di almeno il 70% in grado di ridurre la concentrazione di metano fino al 3 % prima della reimmissione in atmosfera.

Il sistema di biofiltrazione in progetto prevede l'utilizzo di due moduli scarrabili indipendenti in acciaio, delle dimensioni di 6,5 m x 2,5 m x 2,7 m, per un volume interno utile di circa 25 $m^3$ ed una superficie utile di poco superiore a 16 $m^2$. I moduli potranno avere dimensioni differenti, in relazione alle disposnibilità commerciali, ma di volume utile equivalente.

Ciascun modulo sarà suddiviso in una camera di calma sul fondo del container (plenum) nel quale sarà insufflato, mediante un sistema di regolazione opportunamente predisposto, il gas da depurare attraverso un ingresso laterale. Il plenum sarà provvisto di idoneo punto di scarico dei liquidi prodotti nel corso dell'attività del sistema, che verranno scaricati e collettati al sistema di raccolta. Al di sopra del plenum, separato da esso attraverso una pavimentazione forata, sarà deposta la matrice biofiltrante per uno spessore di circa 150 cm.

I due moduli previsti saranno coperti con uno speciale telo semipermeabile a matrice di carboni attivi avente la funzione combinata di filtro supplementare dei reflui gassosi e di elemento di conservazione dell'umidità della matrice filtrante.

L'umidità della massa reagente sarà garantita da un sistema di irrigazione automatico temporizzato. La matrice filtrante sarà quindi sottoposta ad un programma di manutenzione consistente nella bagnatura periodica con acqua, grazie ad un sistema di ugelli ad apertura temporizzata installati al di sopra della superficie emittente.

Il sistema di biofiltrazione sarà munito di un dispositivo di prediluizione del biogas con aria ambiente, al fine di portare le concentrazioni di metano in ingresso entro valori idonei per l'attività degradativa del consorzio microbico che colonizza la matrice filtrante. Il sistema di prediluizione sarà di tipo venturimetrico in modo tale da essere applicato sulla sezione premente e di diluire le concentrazioni di gas senza ridurre il volume del gas trattato.

La matrice filtrante sarà composta da una miscela precostituita, comprensiva di matrici vegetali quali sezione ligno-cellulosica preattivata proveniente da impianti di compostaggio di soli scarti

verdi e compost. Il volume finale della matrice filtrante sarà di circa 24,0 $m^3$ per ciascun modulo, per una capacità di trattamento complessiva di circa 4,5 $m^3/h$ di biogas per singolo metro quadro di impianto entro i limiti di concentrazione del metano in ingresso (concentrazione del metano in ingresso 6-10%) e efficienza di abbattimento del 60-80%.

La capacità complessiva dell'impianto sarà quindi riferita alla superficie totale di circa 32 $m^2$ e corrispondente a circa 200 $Nm^3/h$. Tale volume, ridondante rispetto al dato di captazione stimato in condizione di attivazione dei biofiltri, considera gli interventi di prediluizione con aria e gli interventi di manutenzione alle singole unità.

In particolare, per ciascun filtro:

- l'indice volumetrico risulta pari a 4,16 mc
- il tempo di ritenzione è pari a 864 s ;
- l'altezza dello strato filtrante è pari a 1,5 m.

Il dimensionamento proposto è conforme alle BAT, così come previsto dal DM 29/01/2007 (*Emanazione di linee guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili in materia di gestione dei rifiuti, per le attività elencate nell'allegato I del decreto legislativo 18 febbraio 2005, n. 59)*

### *4.8 Sistema di monitoraggio*

Per i dettagli relativi al sistema di monitoraggio si rimanda al relativo documento progettuale R.13.

# *Allegato A: Rapporto di prova analisi FOS*

# RAPPORTO DI PROVA



| | |
|---|---|
| **RAPPORTO DI PROVA N°** | **38/13** |
| **DATA** | 31/01/13 |
| **COMMITTENTE** | **ACAM AMBIENTE SPA** |
| **INDIRIZZO** | Via A. Picco, 22 - 19124 La Spezia (SP) |
| **COD. COMM** | **R12622** |
| **DENOMINAZIONE CAMPIONE** | **F.O.S. CER 19 12 12** |
| **PROVENIENZA** | C/o Impianto di Rio Saliceti, Vezzano Ligure (SP) |
| **PUNTO DI PRELIEVO** | Cumulo |
| **DATA PRELIEVO** | 21/01/13 |
| **CAMPIONAMENTO** | Personale ENVICHECK |
| **VERBALE DI PRELIEVO N°** | Gen. 231/13 |
| **INGRESSO IN LABORATORIO** | 21/01/13 |
| **CODICE CAMPIONE** | **RF22731** |
| **PARAMETRI RICERCATI** | **Tal quale**<br>Residuo a 105° C, Residuo a 600° C;<br>*Metalli*: Antimonio, Arsenico, Berillio, Cadmio, Cromo totale, Cromo VI, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Selenio, Zinco;<br>Solventi organici aromatici, Solventi organici clorurati, Fenoli, Oli minerali, Potere calorifico inferiore, IRD, Granulometria.<br><br>**Test di Cessione UNI 10802**<br>*Metalli:* Antimonio, Arsenico, Bario, Cadmio, Cromo totale, Mercurio, Molibdeno, Nichel, Piombo, Rame, Selenio, Zinco<br>Cloruri, Fluoruri, Solfati |
| **INIZIO ANALISI** | 21/01/13 |
| **FINE ANALISI** | 31/01/13 |
| **NORMATIVA DI RIFERIMENTO** | D. Lgs 152/06 All D Parte IV, Direttiva 67/548/CEE e s.m.i., Decisione 2000/532/CE s.m.i., D.Lgs 205/10, Direttiva 2008/98/CE e s.m.i., Parere ISS 036565 del 05/07/2006, D.Lgs 65/2003, Legge 28/2012, D. Lgs 152/06 Tab 1 Colonna B All.5 Parte IV; Delibera della Regione Liguria n.1316 del 16/11/2007; D.M. 27/09/10 Tab.5. |

I risultati analitici si riferiscono esclusivamente al singolo campione pervenuto in laboratorio. La riproduzione anche parziale del presente rapporto di prova è vietata.

| | |
|---|---|
| **RAPPORTO DI PROVA N°** | **38/13** |
| **DATA** | 31/01/13 |
| **COMMITTENTE** | **ACAM AMBIENTE SPA** |
| **INDIRIZZO** | Via A. Picco, 22 - 19124 La Spezia (SP) |
| **COD. COMM** | **R12622** |
| **CODICE CAMPIONE** | **RF22731** |

# RISULTATI ANALITICI

| PARAMETRO | VALORE | U.M. | METODO | D. Lgs 152/06 Tab.1 Col.B All.5 | CLASSI DI PERICOLOSITA' | FRASI DI RISCHIO | LD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Residuo a 105° C | 65,12 | %p/p tq | Gravimetrico | - | - | - | 0,01 |
| Residuo a 600° C | 20,16 | %p/p ss | Gravimetrico | - | - | - | 0,01 |
| **METALLI** | | | | | | | |
| Antimonio | 1,19 | mg/Kg ss | EPA 3050 B/96 + EPA 7041 | 30 | H5 H14 | R20/22 R51-53 | 0,5 |
| Arsenico | < LD | mg/Kg ss | EPA 3050 B/96+ EPA 7060 A | 50 | H6 H14 | R23/25 R50-53 | 0,1 |
| Berillio | < LD | mg/Kg ss | EPA 3050 B/96 + EPA 7091 | 10 | H4 H6 H6+ H7 H14 | R36/37/38 R43 R25-48/25 R26 R49 R51-53 | 0,1 |
| Cadmio | 1,85 | mg/Kg ss | EPA 3050 B/96+ EPA 7131 A | 15 | H5 H14 | R20/21/22 R50-53 | 0,1 |
| Cobalto | 4,19 | mg/Kg ss | EPA 3050 B/96 + EPA 7201 | 250 | H5 | R42/R43 R53 | 0,1 |
| Cromo totale | 43,17 | mg/Kg ss | EPA 3050 B/96+ EPA 7191 | 800 | - | - | 0,1 |
| Cromo VI | < LD | mg/Kg ss | CNR IRSA 16 Q 64 VOL 3 1986 | 15 | H7 H14 | R49 R43 R50-53 | 0,1 |
| Mercurio | 0,51 | mg/Kg ss | EPA 7471 A | 5 | H6 H14 | R23 R33 R50-53 | 0,2 |
| Nichel | 55,34 | mg/Kg ss | EPA 3050 B/96 + EPA 7521 | 500 | H7 H6 | R40 R43 R48/23 | 0,1 |
| Piombo | 149,30 | mg/Kg ss | EPA 3050 B/96+ EPA 7421 | 1000 | H5 H10 H14 | R20/22 R33 R61 R62 R50-53 | 0,1 |
| Rame | 102,16 | mg/Kg ss | EPA 3050 B/96 + EPA 7210 | 600 | - | - | 5 |
| Selenio | 0,22 | mg/Kg ss | EPA 3050 B/96 + EPA 7740 | 15 | H6 | R23 R33 R50-53 | 0,1 |
| Zinco | 324,12 | mg/Kg ss | EPA 3050 B/96+ EPA 7950 | 1500 | - | - | 5 |

LD=LIMITE DI DETERMINZAIONE

Dott. Ugo BARBIERI
Ordine dei Chimici della Spezia n. 62

I risultati analitici si riferiscono esclusivamente al singolo campione pervenuto in laboratorio. La riproduzione anche parziale del presente rapporto di prova è vietata.

| | |
|---|---|
| **RAPPORTO DI PROVA N°** | **38/13** |
| **DATA** | 31/01/13 |
| **COMMITTENTE** | **ACAM AMBIENTE SPA** |
| **INDIRIZZO** | Via A. Picco, 22 - 19124 La Spezia (SP) |
| **COD. COMM** | **R12622** |
| **CODICE CAMPIONE** | **RF22731** |

# RISULTATI ANALITICI

| PARAMETRO | VALORE | U.M. | METODO | D. Lgs 152/06 Tab.1 Col.B All.5 | CLASSI DI PERICOLOSITA' | FRASI DI RISCHIO | LD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **COMPOSTI AROMATICI** | | | | | | | |
| Benzene | < LD | mg/Kg ss | EPA 5021 A+EPA 8260 C | - | H3-A H4 H5 H6 H7 H11 | R11 R36/38 R65 R48/23/24/25 R45 R46 | 0,5 |
| Etilbenzene | < LD | mg/Kg ss | EPA 5021 A+EPA 8260 C | - | H3-A H5 | R11 R20 | 1 |
| Stirene | < LD | mg/Kg ss | EPA 5021 A+EPA 8260 C | - | H3-B H4 H5 | R10 R36/38 R20 | 1 |
| Toluene | < LD | mg/Kg ss | EPA 5021 A+EPA 8260 C | - | H3-A H4 H5 H10 | R11 R38 R67 R48/20-65 R63 | 1 |
| Xileni | 2,18 | mg/Kg ss | EPA 5021 A+EPA 8260 C | - | H3-B H4 H5 | R10 R38 R20/21 | 1 |
| Composti aromatici | 2,18 | mg/Kg ss | EPA 5021 A+EPA 8260 C | 100 | | | 1 |
| **COMPOSTI ORGANICI CLORURATI** | | | | | | | |
| Diclorometano | < LD | mg/Kg ss | EPA 5021 A+EPA 8260 C | 5 | H7 | R40 | 0,5 |
| Cloruro di vinile | < LD | mg/Kg ss | EPA 5021 A+EPA 8260 C | 0,1 | H3-A H7 | R12 R45 | 0,01 |
| Cloroformio | < LD | mg/Kg ss | EPA 5021 A+EPA 8260 C | 5 | H4 H5 H7 | R38 R22-48/20/22 R40 | 0,5 |
| 1,1,1-tricloroetano | < LD | mg/Kg ss | EPA 5021 A+EPA 8260 C | 50 | H5 H14 | R20 R59 | 0,5 |
| 1,1,2-tricloroetano | < LD | mg/Kg ss | EPA 5021 A+EPA 8260 C | 15 | H5 H7 | R20/21/22 R40 R66 | 0,5 |

LD=LIMITE DI DETERMINZAIONE

Dott. Ugo BARBIERI
Ordine dei Chimici della Spezia n. 62

I risultati analitici si riferiscono esclusivamente al singolo campione pervenuto in laboratorio. La riproduzione anche parziale del presente rapporto di prova è vietata.

| | |
|---|---|
| **RAPPORTO DI PROVA N°** | **38/13** |
| **DATA** | 31/01/13 |
| **COMMITTENTE** | **ACAM AMBIENTE SPA** |
| **INDIRIZZO** | Via A. Picco, 22 - 19124 La Spezia (SP) |
| **COD. COMM** | **R12622** |
| **CODICE CAMPIONE** | **RF22731** |

# RISULTATI ANALITICI

| PARAMETRO | VALORE | U.M. | METODO | D. Lgs 152/06 Tab.1 Col.B All.5 | CLASSI DI PERICOLOSITA' | FRASI DI RISCHIO | LD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **COMPOSTI ORGANICI CLORURATI** | | | | | | | |
| Tetracloruro di carbonio | < LD | mg/Kg ss | EPA 5021 A+EPA 8260 C | - | H6 H7 H14 | R23/24/25-48/23 R40 R52-53 R59 | 0,5 |
| 1,1-dicloroetilene | < LD | mg/Kg ss | EPA 5021 A+EPA 8260 C | 1 | H3-A H5 H7 | R12 R20 R40 | 0,1 |
| 1,2-dicloroetilene | < LD | mg/Kg ss | EPA 5021 A+EPA 8260 C | 15 | H3-A H5 H14 | R11 R20 R52-53 | 0,5 |
| 1,1-dicloroetano | < LD | mg/Kg ss | EPA 5021 A+EPA 8260 C | 30 | H3-A H4 H5 H14 | R11 R36/37 R22 R52-53 | 0,5 |
| 1,2-dicloroetano | < LD | mg/Kg ss | EPA 5021 A+EPA 8260 C | 5 | H3-A H4 H5 H7 | R11 R36/37/38 R22 R45 | 0,5 |
| Tricloroetilene | < LD | mg/Kg ss | EPA 5021 A+EPA 8260 C | 10 | H4 H7 H11 H14 | R36/38 R45 R68 R67 R52-53 | 0,5 |
| 1,2-dicloropropano | < LD | mg/Kg ss | EPA 5021 A+EPA 8260 C | 5 | H3-A H5 | R11 R20/22 | 0,5 |
| 1,2,3-tricloropropano | < LD | mg/Kg ss | EPA 5021 A+EPA 8260 C | 10 | H5 H7 H10 | R20/21/22 R45 R60 | 0,5 |
| Tetracloroetilene | < LD | mg/Kg ss | EPA 5021 A+EPA 8260 C | 20 | H7 H14 | R40 R51-53 | 0,5 |
| Dibromoclorometano | < LD | mg/Kg ss | EPA 5021 A+EPA 8260 C | - | - | - | 0,5 |
| Bromodiclorometano | < LD | mg/Kg ss | EPA 5021 A+EPA 8260 C | - | - | - | 0,5 |
| 1,1,2,2-tetracloroetano | < LD | mg/Kg ss | EPA 5021 A+EPA 8260 C | 10 | H6+ H14 | R25/27 R51-53 | 0,5 |
| Pentacloroetano | < LD | mg/Kg ss | EPA 5021 A+EPA 8260 C | - | H6 H7 H14 | R48/23 R40 R51-53 | 0,5 |
| Esacloroetano | < LD | mg/Kg ss | EPA 5021 A+EPA 8260 C | - | - | - | 0,5 |

LD=LIMITE DI DETERMINZAIONE

Dott. Ugo BARBIERI
Ordine dei Chimici della Spezia n. 62

I risultati analitici si riferiscono esclusivamente al singolo campione pervenuto in laboratorio. La riproduzione anche parziale del presente rapporto di prova è vietata.

| | |
|---|---|
| **RAPPORTO DI PROVA N°** | **38/13** |
| **DATA** | 31/01/13 |
| **COMMITTENTE** | **ACAM AMBIENTE SPA** |
| **INDIRIZZO** | Via A. Picco, 22 - 19124 La Spezia (SP) |
| **COD. COMM** | **R12622** |
| **CODICE CAMPIONE** | **RF22731** |

# RISULTATI ANALITICI

| PARAMETRO | VALORE | U.M. | METODO | D. Lgs 152/06 Tab.1 Col.B All.5 | CLASSI DI PERICOLOSITA' | FRASI DI RISCHIO | LD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **COMPOSTI ORGANICI CLORURATI** | | | | | | | |
| Esaclorobutadiene | < LD | mg/Kg ss | EPA 5021 A+EPA 8260 C | - | - | - | 0,5 |
| Clorobenzene | < LD | mg/Kg ss | EPA 5021 A+EPA 8260 C | 50 | H3-B H5 H14 | R10 R20 R51-53 | 0,5 |
| 1,2-diclorobenzene | < LD | mg/Kg ss | EPA 5021 A+EPA 8260 C | 50 | H4 H5 H14 | R36/37/38 R22 R50-53 | 0,5 |
| 1,3-diclorobenzene | < LD | mg/Kg ss | EPA 5021 A+EPA 8260 C | - | H5 H14 | R22 R51-53 | 0,5 |
| 1,4-diclorobenzene | < LD | mg/Kg ss | EPA 5021 A+EPA 8260 C | 10 | H4 H7 H14 | R36 R40 R50-53 | 0,5 |
| 1,2,3-triclorobenzene | < LD | mg/Kg ss | EPA 5021 A+EPA 8260 C | - | - | - | 0,5 |
| 1,2,4-triclorobenzene | < LD | mg/Kg ss | EPA 5021 A+EPA 8260 C | 50 | H4 H5 H14 | R38 R22 R50-53 | 0,5 |
| 1,3,5-triclorobenzene | < LD | mg/Kg ss | EPA 5021 A+EPA 8260 C | - | - | - | 0,5 |
| | | | | | | | |
| Fenoli | < LD | mg/Kg ss | IRSA CNR Quad.64 Vol.3 Met. 19 | - | - | - | 1 |
| Oli minerali | 896 | mg/Kg ss | IRSA CNR Quad.64 Vol.3 Met. 21 | - | - | - | 5 |
| Potere calorifico inf. | 10.594 | KJ/Kg tq | UNI 9903-05 | 13.000 | - | - | |
| | | | | **Delib Reg Liguria n.1316** | | | |
| IRD | 850±85 | mg O2 kg SV-1 h-1 | DIPROVE - Adani ed al. 2001 | 1.000 | | | |
| Granulometria | < 50 | mm | DM 24/03/86 | 50 | | | |
| Umidità | 34,88 | %p/p tq | IPLA C.2 | 50 | | | 0,01 |

LD=LIMITE DI DETERMINZAIONE

Dott. Ugo BARBIERI
Ordine dei Chimici della Spezia n. 62

I risultati analitici si riferiscono esclusivamente al singolo campione pervenuto in laboratorio. La riproduzione anche parziale del presente rapporto di prova è vietata.

| | |
|---|---|
| **RAPPORTO DI PROVA N°** | **38/13** |
| **DATA** | 31/01/13 |
| **COMMITTENTE** | **ACAM AMBIENTE SPA** |
| **INDIRIZZO** | Via A. Picco, 22 - 19124 La Spezia (SP) |
| **COD. COMM** | **R12622** |
| **CODICE CAMPIONE** | **RF22731** |

## Sommatoria delle caratteristiche di pericolo

| (°) | Caratteristiche di pericolo | | U.M. | Somma | Limite | (mg/Kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Infiammabili | H3 | °C | | 55 °C | |
| 2 | Una o più sostanze Molto tossiche | H6 | mg/Kg | | 0,1 % | 1.000 |
| 3 | Una o più sostanze Tossiche | H6 | mg/Kg | 56,07 | 3,0 % | 30.000 |
| 4 | Una o più sostanze Nocive | H5 | mg/Kg | 158,71 | 25,0 % | 250.000 |
| 5 | Una o più sostanze Corrosive (R35) | H8 | mg/Kg | | 1,0 % | 10.000 |
| 6 | Una o più sostanze Corrosive (R34) | H8 | mg/Kg | | 5,0 % | 50.000 |
| 7 | Una o più sostanze Irritanti (R41) | H4 | mg/Kg | | 10,0 % | 100.000 |
| 8 | Una o più sostanze Irritanti (R36, R37, R38) | H4 | mg/Kg | 2,18 | 20,0 % | 200.000 |
| 9 | Una sostanza come Cancerogena categorie 1,2 | H7 | mg/Kg | | 0,1 % | 1.000 |
| 10 | Una sostanza come Cancerogeni categoria 3 | H7 | mg/Kg | 55,34 | 1,0 % | 10.000 |
| 11 | Una sostanza come Tossica ciclo riproduttivo categorie 1,2 (R60, R61) | H10 | mg/Kg | 149,30 | 0,5 % | 5.000 |
| 12 | Una sostanza come Tossica ciclo riproduttivo categoria 3 (R62, R63) | H10 | mg/Kg | 149,30 | 5,0 % | 50.000 |
| 13 | Una sostanza come Mutagena categorie 1,2 (R46) | H11 | mg/Kg | | 0,1 % | 1.000 |
| 14 | Una sostanza come Mutagena categoria 3 (R40) | H11 | mg/Kg | | 1,0 % | 10.000 |
| 15 | Pericoloso per l'ambiente(R50/53) | H14 | mg/Kg | | 2,5 % | 25.000 |
| 16 | Pericoloso per l'ambiente(R51/53) | H14 | mg/Kg | | 25,0 % | 250.000 |

**GIUDIZIO**

I parametri da determinare sono stati scelti in base alla tipologia del rifiuto ed alle richieste espresse dal produttore del rifiuto. Visti i risultati analitici, considerata la natura e la provenienza del campione **RF22731**, tenuto conto delle concentrazioni limite di cui la Decisione 2000/532/CE e s.m.i. e Direttiva 2008/98/CE e s.m.i. si può affermare che il rifiuto corrispondente è **SPECIALE NON PERICOLOSO;**

**CER 19 12 12**

Visti i risultati analitici, considerata la natura e la provenienza del campione **RF22731**, si può affermare che i parametri esaminati del campione corrispondente **RISPETTANO** i limiti della Delibera Reg Liguria n.1316 del 16/11/07 .

Dott. Ugo BARBIERI
Ordine dei Chimici della Spezia n. 62

I risultati analitici si riferiscono esclusivamente al singolo campione pervenuto in laboratorio. La riproduzione anche parziale del presente rapporto di prova è vietata.

| | |
|---|---|
| **RAPPORTO DI PROVA N°** | **38/13** |
| **DATA** | 31/01/13 |
| **COMMITTENTE** | **ACAM AMBIENTE SPA** |
| **INDIRIZZO** | Via A. Picco, 22 - 19124 La Spezia (SP) |
| **COD. COMM** | **R12622** |
| **CODICE CAMPIONE** | **RF22731** |

# RISULTATI ANALITICI

## Test di cessione

| Parametro | Valore | U.mis | Metodo | Limite di Legge Tab 5 D.M. 27/09/10 (rifiuti non pericolosi) | LD |
|---|---|---|---|---|---|
| **Metalli** | | | | | |
| Antimonio | 0,036 | mg/l | ISO 11885 | 0,07 | 0,005 |
| Arsenico | 0,024 | mg/l | ISO 11885 | 0,2 | 0,005 |
| Bario | 2,150 | mg/l | ISO 11885 | 10 | 0,005 |
| Cadmio | < LD | mg/l | ISO 11885 | 0,1 | 0,005 |
| Cromo totale | 0,611 | mg/l | ISO 11885 | 1 | 0,005 |
| Mercurio | < LD | mg/l | EN 1483 | 0,02 | 0,0002 |
| Molibdeno | 0,045 | mg/l | ISO 11885 | 1 | 0,005 |
| Nichel | 0,431 | mg/l | ISO 11885 | 1 | 0,005 |
| Piombo | 0,303 | mg/l | ISO 11885 | 1 | 0,005 |
| Rame | 2,411 | mg/l | ISO 11885 | 5 | 0,005 |
| Selenio | < LD | mg/l | ISO 11885 | 0,05 | 0,005 |
| Zinco | 3,002 | mg/l | ISO 11885 | 5 | 0,005 |
| | | | | | |
| Cloruri | 304,00 | mg/l | ISO 10304-1 | 2500 | 0,01 |
| Fluoruri | 5,76 | mg/l | ISO 10304-1 | 15 | 0,01 |
| Solfati | 965,12 | mg/l | ISO 10304-1 | 5000 | 0,01 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

LD=LIMITE DI DETERMINZAIONE

**GIUDIZIO**

I parametri esaminati del campione **RF22731** **RISPETTANO** i limiti della Tab 5 (rifiuti non pericolosi) D.M. 27/09/10 per ammissibilità in discarica. **CER 19 12 12**

**Rifiuto biostabilizzato residuo trattamento impianto CDR di Saliceti Vezzano Ligure (SP)- CER 19 12 12 altri rifiuti (compresi materiali misti) prodotti dal trattamento meccanico dei rifiuti diversi da quelli di cui alla voce 19 12 11. Conforme per la ricopertura giornaliera dei rifiuti in discarica, riprofilatura quote o piste ai sensi della Delibera della Regione Liguria n. 1316 del 16/11/2007.**

Dott. Ugo BARBIERI
Ordine dei Chimici della Spezia n. 62

I risultati analitici si riferiscono esclusivamente al singolo campione pervenuto in laboratorio. La riproduzione anche parziale del presente rapporto di prova è vietata.

# *Allegato B: Produzione teorica e reale di biogas estraibile*

**ALLEGATO 1: Tabella di calcolo della produzione teorica e reale di biogas e del biogas estraibile**

| Anno | Attività della discarica | Smaltimento annuo di rifiuti | | Cumulata rifiuti smaltiti | n° anni dall'apertura della discarica | $G/G_0$= 1-exp(-kt) | G Produzione specifica | G Produzione specifica annua | G Produzione annua | G Produzione media oraria (biogas teoricamente producibile) | Biogas realmente producibile | Biogas estraibile |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | [anni] | [mc/anno] | [kg/anno] | [kg] | [anni] | | [$Nm^3$/kg] | [$Nm^3$/kg] | [$Nm^3$/anno] | [$Nm^3$/h] | [$Nm^3$/h] | [$Nm^3$/h] |
| 2017 | 0 | 0 | 0 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2018 | 1 | 100.000 | 114.250.000 | 114.250.000,00 | 1 | 16,34% | 0,0141 | 0,0141 | 1.608.415 | 184 | 110 | 77 |
| 2019 | 2 | 100.000 | 114.250.000 | 228.500.000,00 | 2 | 30,01% | 0,0259 | 0,0118 | 2.954.021 | 337 | 202 | 142 |
| 2020 | 3 | 100.000 | 114.250.000 | 342.750.000,00 | 3 | 41,45% | 0,0357 | 0,0099 | 4.079.761 | 466 | 279 | 196 |
| 2021 | 4 | 100.000 | 114.250.000 | 457.000.000,00 | 4 | 51,01% | 0,0440 | 0,0082 | 5.021.559 | 573 | 344 | 241 |
| 2022 | 5 | 100.000 | 114.250.000 | 571.250.000,00 | 5 | 59,02% | 0,0508 | 0,0069 | 5.809.472 | 663 | 398 | 279 |
| 2023 | 6 | 100.000 | 114.250.000 | 685.500.000,00 | 6 | 65,71% | 0,0566 | 0,0058 | 6.468.643 | 738 | 443 | 310 |
| 2024 | 7 | 100.000 | 114.250.000 | 799.750.000,00 | 7 | 71,32% | 0,0614 | 0,0048 | 7.020.108 | 801 | 481 | **337** |
| 2025 | 8 | - | 0 | 799.750.000,00 | 8 | 76,00% | 0,0655 | 0,0040 | 5.873.052 | 670 | 402 | 282 |
| 2026 | 9 | - | 0 | 799.750.000,00 | 9 | 79,92% | 0,0689 | 0,0034 | 4.913.419 | 561 | 337 | 236 |
| 2027 | 10 | - | 0 | 799.750.000,00 | 10 | 83,20% | 0,0717 | 0,0028 | 4.110.587 | 469 | 282 | 197 |
| 2028 | 11 | - | 0 | 799.750.000,00 | 11 | 85,95% | 0,0741 | 0,0024 | 3.438.934 | 393 | 236 | 165 |
| 2029 | 12 | - | 0 | 799.750.000,00 | 12 | 88,24% | 0,0760 | 0,0020 | 2.877.027 | 328 | 197 | 138 |
| 2030 | 13 | - | 0 | 799.750.000,00 | 13 | 90,17% | 0,0777 | 0,0017 | 2.406.933 | 275 | 165 | 115 |
| 2031 | 14 | - | 0 | 799.750.000,00 | 14 | 91,77% | 0,0791 | 0,0014 | 2.013.650 | 230 | 138 | 97 |
| 2032 | 15 | - | 0 | 799.750.000,00 | 15 | 93,12% | 0,0802 | 0,0012 | 1.684.628 | 192 | 115 | 81 |
| 2033 | 16 | - | 0 | 799.750.000,00 | 16 | 94,24% | 0,0812 | 0,0010 | 1.409.367 | 161 | 97 | 68 |
| 2034 | 17 | - | 0 | 799.750.000,00 | 17 | 95,18% | 0,0820 | 0,0008 | 1.179.082 | 135 | 81 | 57 |
| 2035 | 18 | - | 0 | 799.750.000,00 | 18 | 95,97% | 0,0827 | 0,0007 | 986.425 | 113 | 68 | 47 |
| 2036 | 19 | - | 0 | 799.750.000,00 | 19 | 96,63% | 0,0833 | 0,0006 | 825.247 | 94 | 57 | 40 |
| 2037 | 20 | - | 0 | 799.750.000,00 | 20 | 97,18% | 0,0837 | 0,0005 | 690.405 | 79 | 47 | 33 |
| 2038 | 21 | - | 0 | 799.750.000,00 | 21 | 97,64% | 0,0841 | 0,0004 | 577.596 | 66 | 40 | 28 |
| 2039 | 22 | - | 0 | 799.750.000,00 | 22 | 98,03% | 0,0845 | 0,0003 | 483.219 | 55 | 33 | 23 |
| 2040 | 23 | - | 0 | 799.750.000,00 | 23 | 98,35% | 0,0847 | 0,0003 | 404.263 | 46 | 28 | 19 |
| 2041 | 24 | - | 0 | 799.750.000,00 | 24 | 98,62% | 0,0850 | 0,0002 | 338.208 | 39 | 23 | 16 |
| 2042 | 25 | - | 0 | 799.750.000,00 | 25 | 98,84% | 0,0852 | 0,0002 | 282.946 | 32 | 19 | 14 |
| 2043 | 26 | - | 0 | 799.750.000,00 | 26 | 99,03% | 0,0853 | 0,0002 | 236.714 | 27 | 16 | 11 |
| 2044 | 27 | - | 0 | 799.750.000,00 | 27 | 99,19% | 0,0855 | 0,0001 | 198.036 | 23 | 14 | 9 |
| 2045 | 28 | - | 0 | 799.750.000,00 | 28 | 99,32% | 0,0856 | 0,0001 | 165.678 | 19 | 11 | 8 |
| 2046 | 29 | - | 0 | 799.750.000,00 | 29 | 99,43% | 0,0857 | 0,0001 | 138.607 | 16 | 9 | 7 |
| 2047 | 30 | - | 0 | 799.750.000,00 | 30 | 99,53% | 0,0858 | 0,0001 | 115.959 | 13 | 8 | 6 |
| 2048 | 31 | - | 0 | 799.750.000,00 | 31 | 99,60% | 0,0858 | 0,0001 | 97.012 | 11 | 7 | 5 |
| 2049 | 32 | - | 0 | 799.750.000,00 | 32 | 99,67% | 0,0859 | 0,0001 | 81.160 | 9 | 6 | 4 |
| 2050 | 33 | - | 0 | 799.750.000,00 | 33 | 99,72% | 0,0859 | 0,0000 | 67.899 | 8 | 5 | 3 |
| 2051 | 34 | - | 0 | 799.750.000,00 | 34 | 99,77% | 0,0860 | 0,0000 | 56.805 | 6 | 4 | 3 |
| 2052 | 35 | - | 0 | 799.750.000,00 | 35 | 99,81% | 0,0860 | 0,0000 | 47.523 | 5 | 3 | 2 |
| 2053 | 36 | - | 0 | 799.750.000,00 | 36 | 99,84% | 0,0860 | 0,0000 | 39.758 | 5 | 3 | 2 |
| 2054 | 37 | - | 0 | 799.750.000,00 | 37 | 99,86% | 0,0860 | 0,0000 | 33.262 | 4 | 2 | 2 |
| 2055 | 38 | - | 0 | 799.750.000,00 | 38 | 99,89% | 0,0861 | 0,0000 | 27.827 | 3 | 2 | 1 |

| Quantitativo teoricamente producibile | Quantitativo realmente producibile | Quantitativo effettivo estraibile |
|---|---|---|
| (Nmc) | (Nmc) | (Nmc) |
| **68.735.377** | **41.241.226** | **28.868.859** |