

Percolato. Una sua definizione, modalità di formazione

È di fondamentale importanza lo studio revisionale delle sue variazioni quantitative e qualitative



Per percolato si intende il complesso di prodotti della decomposizione della sostanza organica ad opera dei batteri e dell'estrazione, per azione solvente dell'acqua (meteorica o già contenuta nei rifiuti), dei contaminanti organici e inorganici; esso si presenta come un liquido di colore scuro, dall'odore nauseabondo e con indice di inquinamento superiore a quello dei normali scarichi urbani.

L'art. 2 del D.L. 13.01.2003, n. 36, relativo all'attuazione della direttiva 1999/31/CE sulle discariche di rifiuti, fornisce alla lettera m) la più recente definizione giuridica di percolato quale "...liquido che si origina prevalentemente dall'infiltrazione di acqua nella massa dei rifiuti o dalla decomposizione degli stessi".

Nell'ambito poi del CER (Elenco Europeo dei Rifiuti di cui all'attuale versione dell'allegato D del D. Lgs 22/97) il percolato di discariche viene effettivamente classificato o con il codice 19 07 02* (percolato di discarica, contenente sostanze pericolose) o con il codice 19 07 03 (percolato di discarica, diverso da quello di alla voce precedente): nel primo caso si tratta dunque di un rifiuto pericoloso.

La lettera g), art. 7, D.L. 22/1997 colloca poi effettivamente tra i rifiuti speciali, come peraltro evidenziato anche nel testo del quesito, i rifiuti "...derivanti dalla attività di recupero e smaltimento di rifiuti, i fanghi prodotti dalla potabilizzazione e da altri trattamenti delle acque e dalla depurazione delle acque reflue e da abbattimento di fumi".

Tra le operazioni di smaltimento, l'allegato B del decreto Ronchi colloca appunto il deposito sul suolo ovvero nel suolo ad esempio attraverso la dis-

carica (operazione D1) e pertanto certamente i rifiuti che originano da tale operazione, possono farsi rientrare nell'alveo dei rifiuti speciali ex art. 7, D.L. 22/1997.

Dunque il percolato di discarica è un rifiuto speciale pericoloso o non pericoloso a seconda che contenga o no sostanze pericolose.

L'impianto di trattamento deputato alla "depurazione", dovrà pertanto munirsi delle necessarie autorizzazioni ex artt. 27 e 28 del D.L. 22/1997, rispettivamente per la sua realizzazione e per l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero.

Il processo di formazione del percolato in discarica

La conoscenza dei principi che regolano il processo di formazione del percolato, nonché lo studio previsionale delle sue variazioni quantitative e qualitative è di fondamentale importanza non solo per prevedere e controllare gli impatti sul sottosuolo a medio e lungo termine, bensì anche per procedere alla scelta impiantistica ottimale per il trattamento di depurazione on-site, e per il suo corretto dimensionamento.

L'ecosistema di una discarica controllata presenta caratteristiche molto eterogenee, i microrganismi presenti interagiscono con i vari tipi di substrati disponibili e sono influenzati dai gradienti chimici dei composti organici e inorganici. Per capire al meglio i fondamenti della microbiologia e della biochimica che governano la decomposizione del rifiuto è bene riuscire ad interpretare e distinguere le diverse fasi in cui la decomposizione stessa si esplica.

Sebbene la prima fase di stabilizzazione del rifiuto avvenga in ambien-

te aerobico, è la digestione anaerobica che domina il processo sia nella durata sia per il ruolo fondamentale che esercita nel processo di biostabilizzazione della matrice organica del rifiuto.

Ancor prima che il vano della discarica sia riempito, il rifiuto solido umido riceve svariati inoculi di batteri, attinomiceti e funghi, tramite l'apporto di idrometeorite o la deposizione delle sostanze aerodisperse. Questi organismi si sviluppano con una velocità di reazione che dipende dalle condizioni ambientali già presenti nella discarica. La colonizzazione del substrato organico è influenzata dal tasso di umidità, dalla temperatura, dallo stato nutrizionale, dal pH, e dalla massa volumica dei rifiuti presenti.

Il processo di biostabilizzazione dei rifiuti è sintetizzabile in quattro stadi:

- 1. Stadio aerobico**
- 2. Secondo stadio anaerobico non metanogeno**
- 3. Stadio anaerobico metanogeno instabile**
- 4. Stadio anaerobico metanogeno stabile**

1. Stadio aerobico

Durante questa prima fase le proteine si degradano dapprima ad amminoacidi, quindi ad anidride carbonica, acqua, nitrati e solfati; i carboidrati si convertono a biossido di carbonio ed acqua e i grassi s'idrolizzano ad acidi grassi e glicerolo. Pertanto, il risultato dell'idrolisi (reazione 1) è la solubilizzazione dei materiali in zuccheri, alcoli e lunghe catene di acidi grassi riducendo le dimensioni delle molecole organiche, e di fatto consentendo il trasporto attraverso le membrane cellulari dei microbi.

segue >

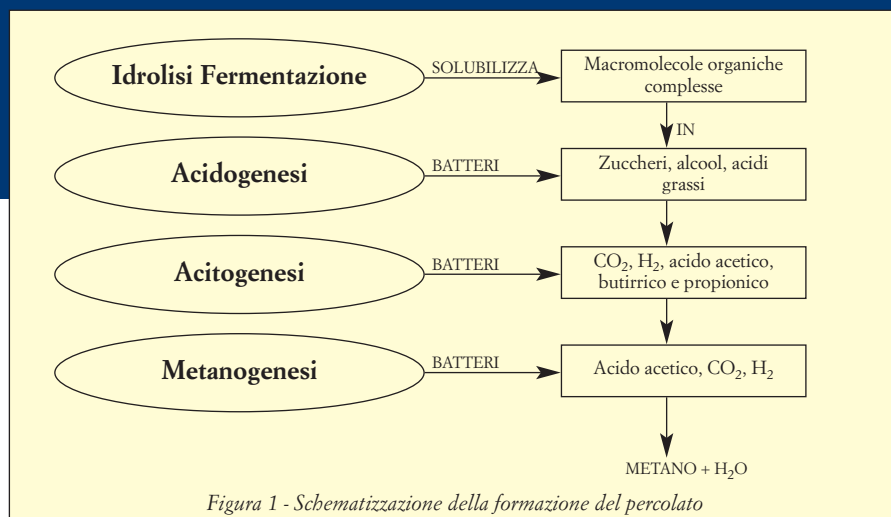


Figura 1 - Schematizzazione della formazione del percolato

$(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O \rightarrow nC_6H_{12}O_6$ (1)
 La cellulosa, che costituisce la parte preponderante della frazione organica dei rifiuti, è degradata a glucosio, che è successivamente utilizzato dai batteri e convertito in CO₂ e H₂O.

Questo stadio, data l'esotermicità delle reazioni d'ossidazione biologica, è caratterizzato dal raggiungimento di temperature elevate (60-70° C).

L'aumento della pressione parziale dell'anidride carbonica, che si dissolve in acqua formando un acido debole, oltre a diminuire il pH, può portare in soluzione altre sostanze minerali. Ne consegue che il percolato formatosi in questa prima fase è leggermente acido e normalmente mantiene un elevato contenuto di COD, anche per la presenza delle sostanze organiche parzialmente degradate.

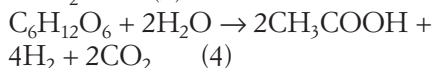
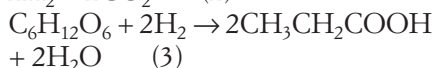
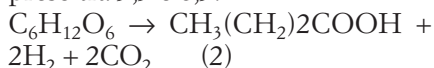
È bene comunque osservare che durante questa prima fase di decomposizione, i quantitativi di percolato prodotto sono minimi, il rifiuto non ha ancora raggiunto la stabilizzazione in contenuto di acqua, e il processo tende ad assorbire i liquidi presenti.

2. Secondo stadio anaerobico non metanigeno

Una volta consumato l'ossigeno, hanno inizio i processi biodegradativi come respirazione anaerobica. In questa fase i composti inorganici ossidati (nitrati e solfati) possono essere utilizzati come fonte di ossigeno. Durante questo stadio l'esotermicità della reazione è meno pronunciata rispetto allo stadio precedente.

Una gran varietà di prodotti può formarsi dal substrato organico di partenza che è in genere costituito da acidi grassi, zuccheri ed amminoacidi. Dal glucosio si possono formare gli acidi organici volatili acetico, propio-

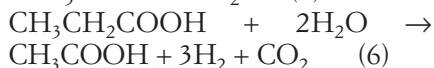
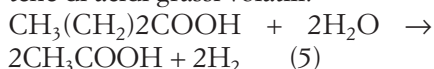
nico e butirrico, come descritto nelle reazioni 2, 3 e 4. Questi acidi e l'anidride carbonica disciolta, la cui formazione continua ad aumentare, accentuano le proprietà acide del percolato, il cui pH è generalmente compreso tra 5,5 e 6,5.



A differenza del metabolismo aerobico durante il quale la conversione della materia organica è quasi sempre portata a termine da un'unica specie di batteri, il metabolismo anaerobico richiede diversi tipi di popolazioni batteriche, ciascuna delle quali ossida parzialmente una determinata classe di composti. Queste prime due fasi si concludono in un lasso di tempo da 5 a 7 mesi.

3. Stadio anaerobico metanogeno instabile

In questa fase ha inizio il processo di decomposizione anaerobica metanogena, durante la quale i metanogeni, classe batterica molto eterogenea, convertono la sostanza organica parzialmente degradata in CH₄ e CO₂. Durante questa fase si verifica la conversione in acido acetico delle lunghe catene di acidi grassi volatili.



In conseguenza del consumo di acidi

organici, diminuisce la concentrazione di COD nel percolato, il cui pH aumenta fino ad avvicinarsi alla neutralità. Questo comportamento porta ad una riduzione dell'aggressività chimica del percolato e ad una diminuzione delle concentrazioni dei composti inorganici (a causa dell'influenza del pH sulla solubilità).

A seguito del consumo di substrati solubili, la produzione di metano dai rifiuti diventa dipendente dall'idrolisi della cellulosa, la quale peraltro contiene la più alta quantità di carbonio effettivamente biogassificabile. La percentuale di metano nella miscela gassosa cresce progressivamente, e pertanto diminuisce la pressione parziale dell'anidride carbonica.

Questa terza fase, caratterizzata dal progressivo aumento della frazione volumetrica costituita da metano, dura per un lasso di tempo che va da 3 mesi ad un anno.

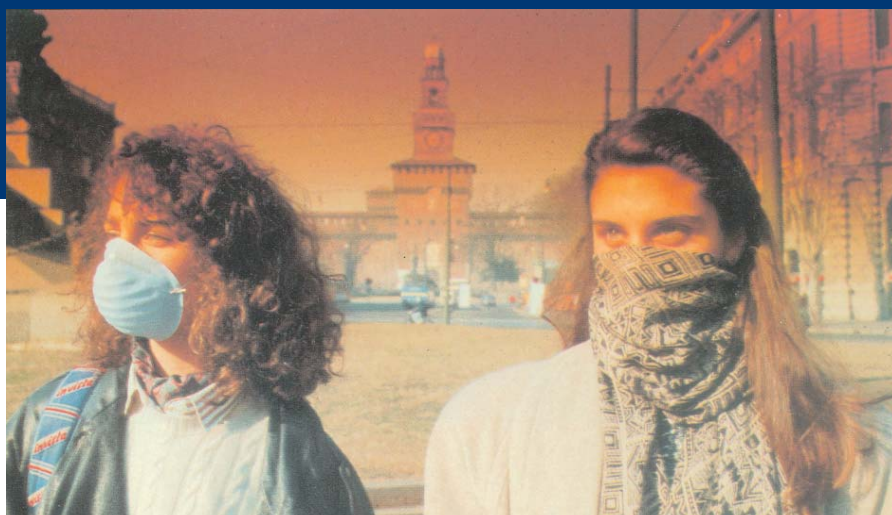
4. Stadio anaerobico metanogeno stabile

Il processo di trasformazione anaerobica della materia organica biodegradabile raggiunge l'equilibrio con frazioni volumetriche costanti di metano e biossido di carbonio. Le reazioni 7 e 8 sintetizzano le funzioni esplicitate dai metanogeni.



La percentuale di metano è piuttosto variabile, tuttavia compresa in un range del 45-65%.

Possiamo brevemente riassumere tutto in figura 1.



Diversità qualitative del percolato in discarica

Come emerge dall'analisi del processo di formazione descritto nella sezione precedente la qualità del percolato presenta variazioni rilevanti da caso a caso e nel tempo.

Oltre alla composizione ed alle caratteristiche chimico-fisiche dei rifiuti, i fattori che maggiormente influenzano la composizione del percolato sono l'età della discarica e quindi il grado di stabilizzazione della sostanza organica, e il bilancio idrico che ha condotto alla formazione di percolato.

Per quanto detto in precedenza la quantità di percolato in discarica è

definita dalle precipitazioni e dall'evapotraspirazione (che sottrae una frazione rilevante di acqua, in relazione alle condizioni climatiche, alla vegetazione ed alle caratteristiche del suolo).

La tabella 1 (Laga, 1984) indica le variazioni della quantità di percolato in funzione dell'entità delle precipitazioni; i dati sono espressi in mm/anno e si riferiscono alla situazione climatica dell'Europa centrale. Si noti il forte aumento della quantità di percolato al crescere delle precipitazioni sopra l'aliquota di evapotraspirazione.

La quantità di percolato dipende anche dal sistema di costipamento adot-

tato per la discarica: quanto più compattata è la massa di rifiuti, tanto minore risulta la percolazione.

La quantità del percolato è soggetta a forti variazioni stagionali, che seguono, con qualche ritardo, le corrispondenti variazioni delle precipitazioni. Un calcolo a tavolino della quantità del percolato è possibile solo con grossolana approssimazione.

Risulta quindi necessario, sin dall'inizio dell'esercizio della discarica, eseguire misure correnti ed adeguare alle stesse il sistema di raccolta e di trattamento.

Altri fattori che possono poi concorrere a modificare la quantità di percolato prodotto sono:

- ✓ il materiale di copertura,
- ✓ la copertura vegetale finale,
- ✓ la struttura stessa della discarica.

Particolarmente importanti nella definizione delle caratteristiche del percolato sono i processi di trasformazione a cui vanno soggette le sostanze organiche nelle due distinte fasi di decomposizione:

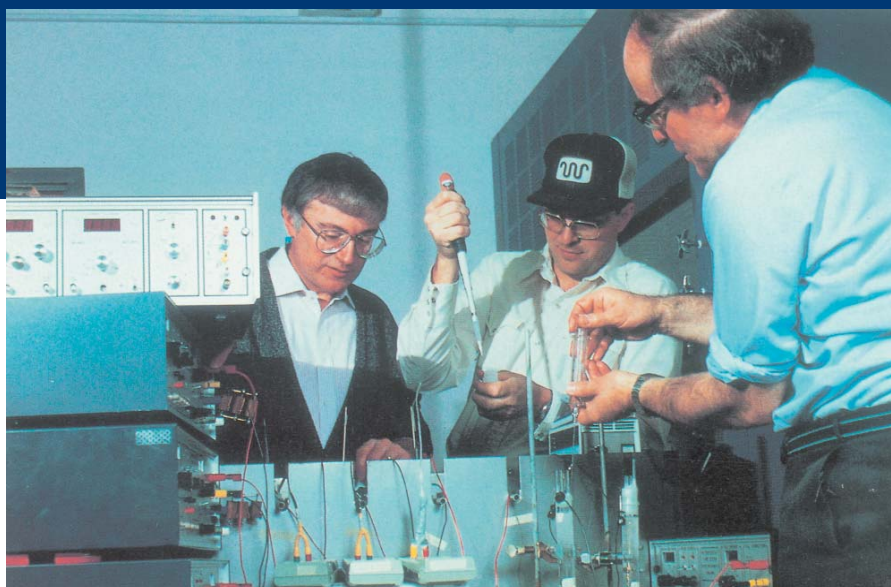
la fase acetogenesi (successiva allo stoccaggio dei rifiuti e durante la quale si producono acidi grassi volatili a catena corta, biossido di carbonio e acqua);
la fase metanogenesi (che interviene in tempi successivi e durante la quale i prodotti dell'acidificazione vengono convertiti direttamente o indirettamente, in seguito alla trasformazione degli acidi grassi volatili in acido acetico, metano e biossido di carbonio).
 Riportiamo in tabella 2 (Ehrig, 1989) il confronto tra i valori di diversi parametri che, nelle due fasi, subiscono modificazioni evidenti della concentrazione.

La tabella 3 mostra i parametri per i quali non sono state osserva- *segue* >

AFFLUSSO METEORICO	EVAPOTRASPIRAZIONE	DEFLUSSO SUPERFICIALE	PERCOLATO
500	400	40	60
700	450	100	150
900	500	160	240

Tabella 2 - Concentrazione di parametri che subiscono modificazioni evidenti nelle due diverse fasi

Parametro	Unità di misura	Fase acetogenesi		Fase metanogenesi	
		Valori minimi	Valori massimi	Valori minimi	Valori massimi
pH		4,5	7,5	7,5	9
BOD5	mgO ₂ /l	4.000	40.000	20	550
COD	mgO ₂ /l	6.00	60.000	500	4500
Solfati	mg/l	70	1750	10	420
Calcio	mg/l	10	2.500	20	600
Magnesio	mg/l	5	1.150	40	350
Ferro	mg/l	20	2.100	3	280
Manganese	mg/l	0,3	65	0,03	45
Zinco	mg/l	0,1	120	0,03	4



te differenze significative di concentrazione. Le caratteristiche organolettiche possono variare anche in relazione all'età delle discariche: quando queste sono recenti, prevale il colore verde-giallo, quando sono vecchie da bruno scuro a nerastro.

In discariche che hanno 2-3 anni di vita, il percolato ha odore di idrogeno solforato che, in seguito, gradualmente regredisce per lasciar posto ad un odore di muffa.

Il carico inorganico è costituito soprattutto da sali disciolti (ad esempio cloruri e solfati) di metalli alcalini e alcalino - terrosi; la durezza permanente è rilevante; l'alcalinità è alta nei

percolati da discariche recenti e diminuisce in quelli che provengono da discariche vecchie.

Il carico inorganico viene quantificato con i parametri sintetici utilizzati correntemente per le acque di scarico (BOD5, COD, TOC); è interessante confrontare i valori (LAGA, 1984) delle discariche nuove e vecchie con i valori delle acque di scarico urbane (Tabella 4):

Le sostanze organiche contenute nel percolato da discariche recenti (in cui la massa di rifiuti sia prevalentemente in fase acetogenesi) sono più facilmente decomponibili biologicamente (alto rapporto BOD5/COD); quando la discarica ha circa tre anni di vita questo rapporto è circa 0.5 e scende gradualmente sino a raggiungere valori prossimi a 0.1 (dopo l'instaurarsi della fase metanogenesi).

Le sostanze organiche contenute in bassa concentrazione nel percolato delle discariche vecchie sono difficilmente decomponibili ed hanno una composizione simile a quella delle sostanze umiche naturali.

Numerosi studi hanno ormai accertato, per molti metalli una correlazione positiva tra contenuto in acidi grassi e solubilità. La pericolosità dei percolati è quindi collegata alla presenza degli acidi grassi volatili che rappresentano, in realtà, una preziosa fonte di energia per la metanogenesi.

Salvatore Montanino

Tabella 3 - Concentrazione di parametri che non subiscono modificazioni evidenti nelle due diverse fasi

PARAMETRI	Unità di misura	Valori minimi	Valori massimi
Alcalinità	mg CaCO ₃ /l	300	11.500
AOX	µg Cl/l	320	3.500
Arsenico	µg/l	5	1.600
Azoto Ammoniacale (N-NH ₄ ⁺)	mg/l	1	1.500
Azoto nitrico	mg/l	0,1	50
Azoto nitroso	mg/l	0,1	25
Azoto organico	mg/l	1	2.500
Azoto totale	mg/l	50	5.000
BOD5	mgO ₂ /l	100	90.000
COD	mgO ₂ /l	150	100.000
Cadmio	µg/l	0,5	140
Cloruri	mg/l	100	5.000
Cobalto	µg/l	4	950
Cromo	µg/l	30	1.600
Fosforo totale	mg/l	0,1	30
Mercurio	µg/l	0,2	50
Nichel	µg/l	20	2.050
Piombo	µg/l	8	1.020
Potassio	mg/l	10	2.500
Rame	µg/l	4	1.400
Sodio	mg/l	50	4.000
Solfati	mg/l	10	1.200
Zinco	mg/l	0,05	170

Tabella 4 - Confronto tra i valori di alcuni parametri rilevati in percolati provenienti da discariche nuove e da discariche vecchie. Sono riportati anche i valori tipici per le acque di scarichi urbani.

Parametri	Unità di misura	Percolato		Acque di scarico urbane
		discariche nuove	discariche vecchie	
COD	mgO ₂ /l	4.000-60.000	250-10.000	500-800
BOD5	mgO ₂ /l	3.000-45.000	80-5.000	300-500
TOC	mgC/l	2.000-20.000	1.000-5.000	200-350