

UNIVERSITA` DEGLI STUDI DI NAPOLI
"FEDERICO II"



FACOLTA` DI INGEGNERIA

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA PER L' AMBIENTE ED IL TERRITORIO
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA IDRAULICA, GEOTECNICA ED AMBIENTALE

Abstract

TESI DI LAUREA

***"Il Trattamento del Percolato di Discarica:
Metodi Tradizionali e Soluzioni Innovative"***

RELATORE

Ch.mo Prof.
Ing. Gianpaolo Rotondo

CANDIDATO

Stefania Arciero 49/440

Anno Accademico 2010-2011

Le attività antropiche in costante sviluppo e la continua richiesta di beni di consumo, utilizzati per periodi sempre più limitati, hanno comportato, nel tempo, un rapido e significativo incremento nella produzione di rifiuti, con conseguente notevole impatto sull'ambiente.

Nonostante l'introduzione di normative volte a promuovere un Ciclo Integrato dei Rifiuti, con politiche orientate alla prevenzione, al recupero, al riciclaggio, al compostaggio ed alla termodistruzione (come già introdotto dal Decreto Ronchi n°22/1997 poi ripreso dal D. Lgs 152/2006), la discarica controllata rappresenta ancora il principale sistema di smaltimento dei rifiuti solidi (che, ai sensi dell' Art. 182 comma 1 del D. Lgs 152/2006, "costituisce la fase residuale della gestione dei rifiuti" volta a sottrarre definitivamente una sostanza, un materiale o un oggetto dal circuito economico e/o di raccolta), a causa della convenienza economica ed energetica legata ai costi e ai consumi contenuti, e dei limitati tempi di realizzazione che, inoltre, richiedono un modesto livello tecnologico.

Tali discariche costituiscono dei "reattori biologici" nei quali avvengono reazioni, i prodotti delle quali si ritrovano sia in fase gassosa, il biogas, che in fase liquida, il percolato.

Il processo di formazione del percolato ha inizio con l'infiltrazione delle acque superficiali nell'ammasso di rifiuti: per stimarne la quantità prodotta il miglior metodo è quello di impostare un bilancio idrologico, ovvero una valutazione dei flussi in ingresso ed in uscita dall'ammasso di rifiuti. L'equazione utilizzata è:

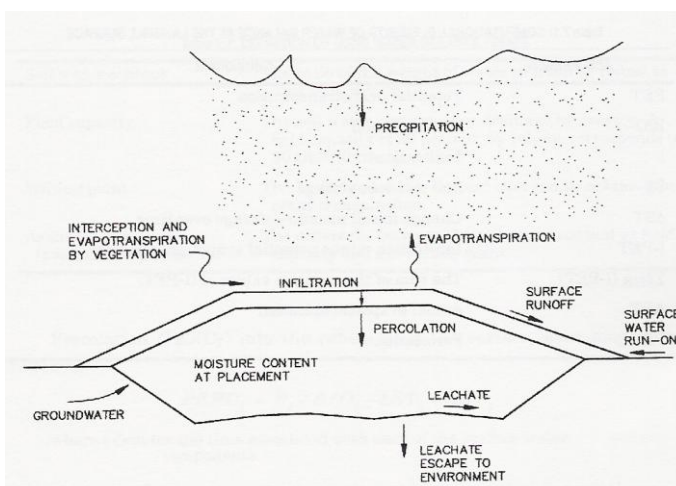
$$I = P - R - ET + \Delta U_C + I_S + I_G + R^* + J$$

nella quale compaiono :

- le **precipitazioni efficaci**, P_e , cioè l'aliquota delle precipitazioni P al netto delle quantità sottratte dai fenomeni di **ruscellamento**, R , ed **evapotraspirazione**, ET ;
- l'aliquota **trattenuta dal terreno** di copertura, che ne determina una variazione del contenuto di umidità, ΔU_C ;
- il contributo dovuto all'**infiltrazione di acque superficiali**, I_S , o **profonde**, I_G ;
- il **ruscellamento**, R^* , che, a differenza di R , convoglia nell'area del sito tutte le acque cadute nelle aree limitrofe;
- l'eventuale **riciccolo del percolato**, J .

La **produzione di percolato**, L_R , si ottiene dall'equazione:

$$L_R = I + \Delta U_R + \Delta U_{RSU} - L_I + S - vap - b$$



nella quale, i termini rappresentano rispettivamente:

- ΔU_R rappresentano le **variazioni del contenuto** di umidità delle coperture intermedie e dall'ammasso di rifiuti, ΔU_{RSU} ;
- **le perdite** del manto di impermeabilizzazione nel terreno circostante, L_I ;
- **l'apporto d'acqua dei fanghi della depurazione** eventualmente smaltiti in discarica, S ;
- **le perdite di umidità** del rifiuto sotto forma di vapore, vap ;
- **la produzione ed il consumo di acqua dovuti ai processi biologici** di trasformazione della sostanza organica presente nel rifiuto, b .

Il bilancio idrico caratterizza le caratteristiche qualitative e quantitative del percolato, che dipendono anche dall'età della discarica, nella quale i rifiuti subiscono un processo di stabilizzazione in quattro fasi:

- **Degradazione Aerobica**, in cui le proteine si degradano prima in amminoacidi, poi in anidride carbonica, acqua, nitrati e solfati; i carboidrati si trasformano in biossido di carbonio ed acqua ed i grassi si idrolizzano ad acidi grassi e glicerolo.
- **Degradazione Anaerobica: fase acidogenica**, durante il quale, consumato l'ossigeno contenuto nei vuoti interstiziali, iniziano i processi biodegradativi ad opera dei batteri anaerobici: i composti inorganici ossidati, quali nitrati e solfati, possono essere utilizzati come fonte di ossigeno; l'esotermicità della reazione è meno pronunciata di quella della fase precedente.
- **Degradazione Anaerobica: fase metanigena instabile**, in cui ha inizio la decomposizione anaerobica ad opera dei batteri metanigeni, che convertono la sostanza organica parzialmente degradata in CH_4 e CO_2 . Il consumo di acidi organici comporta la diminuzione del valore del COD nel percolato, il cui valore del pH aumenta fino a raggiungere la neutralità; tale riduzione dell'aggressività chimica del percolato influenza la solubilità, determinando una diminuzione delle concentrazioni dei composti inorganici
- **Degradazione Anaerobica: fase metanigena stabile**, nel quale il processo di trasformazione anaerobica della materia organica biodegradabile raggiunge l'equilibrio con frazioni volumetriche costanti di metano e biossido di carbonio.

Dall'analisi dei campioni si evince che il percolato è costituito da composti organici ed inorganici in fase acquosa con caratteristiche di un liquame ad alto carico inquinante; si distinguono quattro gruppi fondamentali di inquinanti:

Sostanza organica disciolta, espressa come richiesta di ossigeno necessario ad ossidare chimicamente le sostanze organiche;

Macrocomponenti inorganici, quali Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Fe , Mn , Cl^- , SO_4^{-2} ;

Metalli pesanti, quali Cd , Cr , Cu , Pb , Ni , Zn ;

Composti organici xenobiotici (XOC_s), quali idrocarburi aromatici, fenoli ed idrocarburi alifatici clorurati, derivanti da prodotti chimici.

Pur realizzando a regola d'arte una discarica controllata, nel rispetto delle Normative Vigenti e con l'ausilio delle tecniche e delle tecnologie più all'avanguardia, la quantità di percolato prodotta, seppur ridotta nel volume e generalmente di più recente formazione, necessita di sistemi di trattamento flessibili, affinché sia garantita la possibilità di trattare volumi variabili

nel tempo e dalle diverse caratteristiche; l'individuazione della tipologia impiantistica più efficiente è molto complessa, considerando che nel progetto di un impianto bisogna tenere in considerazione anche i seguenti aspetti :

- concentrazioni limite da rispettare;
- basso consumo energetico ;
- limitata produzione di residui ;
- basso impatto ambientale .

A fronte di tali problematiche c'è l'opportunità di scegliere tra due tipi di soluzione: i trattamenti "On Site" e "Off Site".

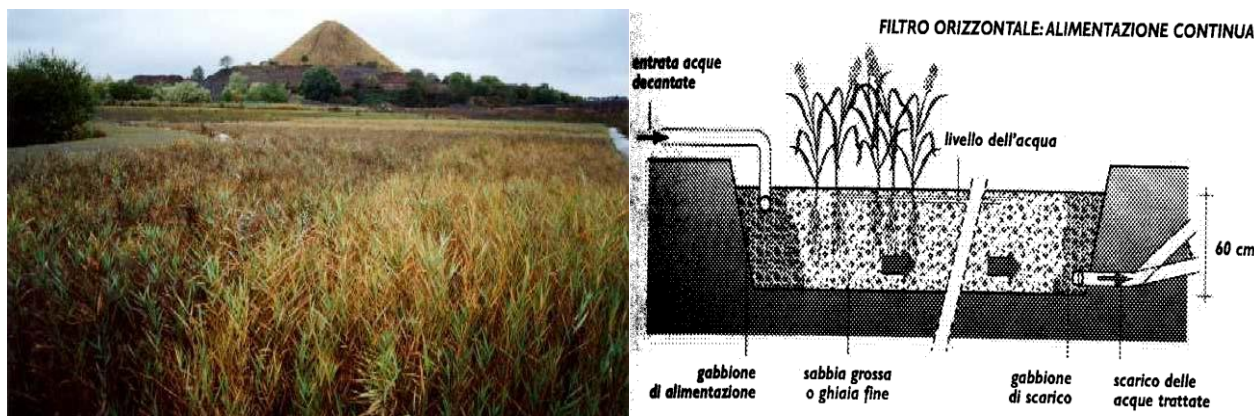
Tra i trattamenti che è possibile effettuare on site bisogna distinguere:

- ✓ i **Pre-trattamenti** , il cui prodotto necessita, comunque, dei trattamenti effettuati negli impianti di depurazione,oppure di ulteriori trattamenti "Off Site", resi, in tal modo, economicamente più sostenibili ;
- ✓ la **Fitodepurazione**;
- ✓ i **Trattamenti anaerobici**, che, abbinati a degli adeguati processi biologici da effettuare on-site oppure off-site, producono un refluo che arriva a possedere i requisiti che ne consentono lo scarico direttamente in un corpo idrico ricettore ;
- ✓ il **Ricircolo** .

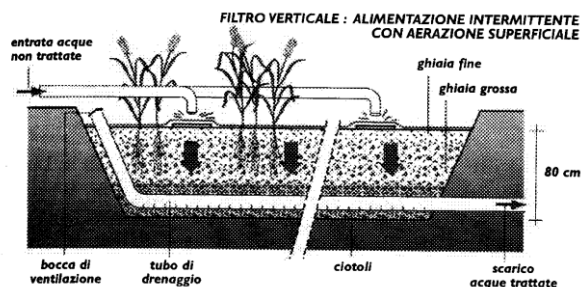
Esempi di pre-trattamenti molto diffusi sono:

- ✓ il **lagunaggio anaerobico**, in cui i bacini , detti anche stagni , oltre ad assolvere alla funzione depurativa, hanno il vantaggio di rendere uniformi le caratteristiche del percolato sia in termini qualitativi, che quantitativi;
- ✓ la **microbioflottazione**. che determina un abbattimento dell'azoto contenuto fino al 70-80% mediante il processo biologico di Nitrificazione – Denitrificazione attivato tramite “aerazione –ossidazione forzata” che metabolizza il carico organico inquinante (COD), trasforma l'azoto organico e l'urea in ammoniacale, nitrificando poi a nitriti e nitrati ; la quantità di ossigeno somministrata viene, quindi ,ridotta a zero per intervalli di tempo prestabiliti e di durata prefissata al fine di convertire i nitrati presenti in azoto elementare in un ambiente privo di ossigeno (denitrificazione) .

La **Fitodepurazione** svolge funzioni di abbattimento di buona parte del carico organico e dei solidi sospesi in ingresso; il funzionamento a flusso verticale permette una prima fase di nitrificazione dell' azoto ammoniacale, mentre sullo strato a flusso orizzontale posizionato sul fondo avviene una prima parziale denitrificazione.



Schema a flusso sommerso orizzontale



Schema a flusso sommerso verticale

Tra i trattamenti anaerobici on site i più frequentemente utilizzati si annoverano :

- il **digestore anaerobico**, in cui i batteri metanigeni, in assenza di ossigeno, trasformano il contenuto di sostanza organica del percolato in biogas, costituito essenzialmente da CH_4 (presente in una percentuale variabile dal 50% all'80%, a seconda del tipo di sostanza organica digerita e delle condizioni di processo), e CO_2 ;
- i **reattori UASB e i filtri anaerobici**; hanno rappresentato una svolta, rendendo possibile estendere il trattamento anche a reflui ad alto carico e a basso contenuto di solidi e di biomassa, la quale, nei reattori di tipo tradizionale, fuoriesce prima di riuscire a moltiplicarsi in quantità sufficiente a garantire un'efficiente resa del processo. Un'altra distinzione può essere fatta in base alla modalità di crescita della biomassa, tra i reattori tradizionali a biomassa sospesa, nei quali la crescita della biomassa avviene in sospensione nella fase liquida, e gli innovativi reattori a biomassa adesa, nei quali la crescita della biomassa avviene in film sottili, detti "biofilm", su del materiale posto all'interno del reattore stesso.

Tra i trattamenti aerobici, molto efficaci nella riduzione della sostanza organica, più frequentemente utilizzati off- site si annoverano :

- il processo a **fanghi attivi**, nei quali in vasca di aerazione la sostanza organica biodegradabile (substrato), contenuta nel percolato, viene degradata dai microrganismi presenti (biomassa), che la utilizzano per il loro metabolismo;



- i **letti percolatori**, reattori biologici a " biomassa fissa", nei quali i microrganismi crescono su un supporto costituito da un unico strato filtrante di materiale inerte, sulla cui superficie si forma una pellicola o membrana biologica, che aumenta di spessore; all' inizio il processo è aerobico, poi, a causa dell' aumento delle dimensioni della pellicola, che ostacola l' ingresso di aria, le condizioni nella parte più interna diventano anaerobiche, con conseguente morte dei microrganismi e formazione di cataboliti gassosi, gas di riduzione biologica e acidi che favoriscono il distacco delle pellicole. L' efficienza nella depurazione ad opera dei Reattori UASB è notevolmente amplificata se accoppiati, a costituire impianti ibridi, con dei filtri anaerobici, reattori costituiti da un recipiente riempito di materiale su cui si sviluppa il biofilm;



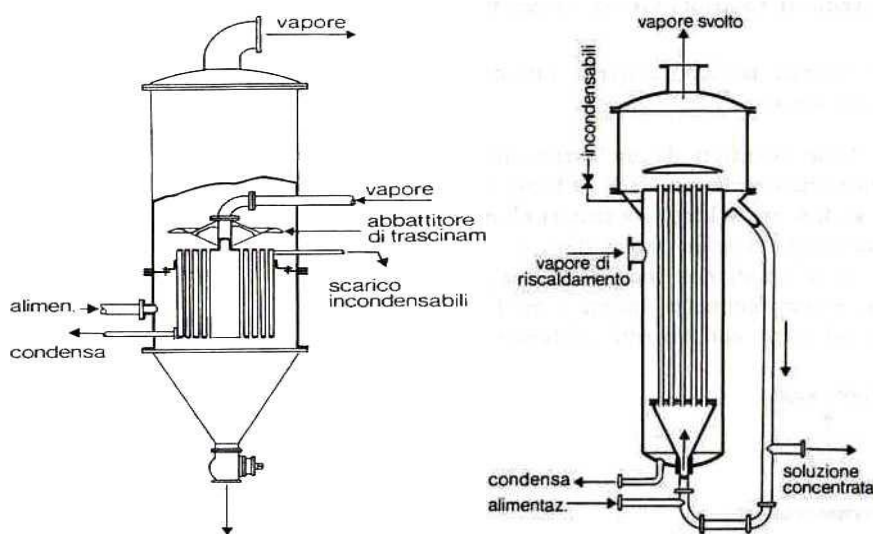
- i **dischi biologici**, che costituiscono il supporto per colture adese, immersi per metà nel liquame, sulla cui superficie si forma nel tempo una membrana biologica, che, durante la rotazione, si carica di ossigeno nella fase di esposizione all' aria, per poi immergersi ed adsorbire e metabolizzare le sostanze organiche, disciolte e colloidali, presenti nel liquame.



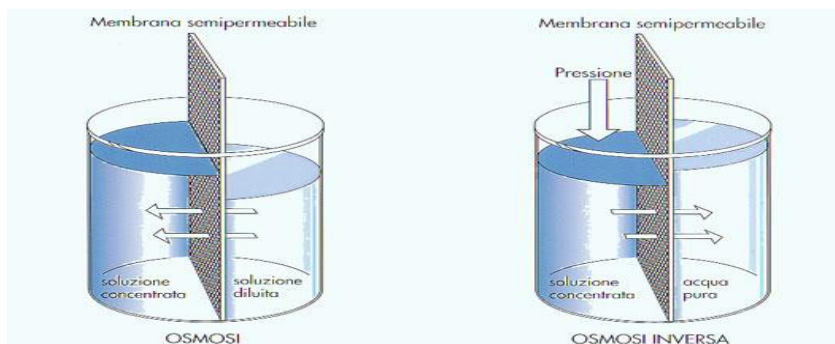
Essi sono preceduti dal processo di *ossidazione ad umido*, nella quale il refluo aspirato dalla vasca di stoccaggio e pompato in tubazione si miscela con l'ossigeno; di seguito avviene lo scambio di calore con i sali fusi. Il refluo fa il suo ingresso nel reattore, non riscaldato ma coibentato, dove avviene l'ossidazione; nell'ultimo tratto del reattore avviene il secondo scambio, volto a raffreddare il refluo in modo da evitarne la vaporizzazione e per recuperare sia il calore fornito dai sali che quello prodotto durante il processo esotermico di ossidazione, che viene utilizzato in un circuito, per produrre vapore, ed in un altro per produrre acqua calda.

Un esempio di schema di *Trattamenti Fisico – Chimici* è :

- *Dissabbiatura*
- *Disoleatura*
- *Chiariflocculazione*
- *Evaporazione*, processo volto ad eliminare da una soluzione liquida il solvente, per recuperarlo o concentrare la soluzione determinando un passaggio dallo stato liquido a quello vapore, mediante assorbimento di calore fornito alla soluzione mediante scambiatori di superficie in esso immersi, oppure, nella fase di invio al processo, convogliandola in tubi a contatto con il fluido di riscaldamento; in entrambi i casi, al raggiungimento della temperatura ebollizione, nel liquido ad immediato contatto con la superficie riscaldante avviene la formazione di bolle di vapore.



- *Osmosi inversa*, in cui esercitando una pressione maggiore di quella osmotica sulla soluzione più concentrata si ottiene l'inversione del processo osmotico, con passaggio di solvente dalla soluzione concentrata a quella a concentrazione minore, ottenendo un effluente con un ridottissimo contenuto di soluto;



- *Strippaggio.*

La scelta del tipo di trattamento cui sottoporre il percolato di discarica non è univoca; sono da preferire, ove possibile, i trattamenti " On - Site" per i numerosi vantaggi, quali:

- ✓ l' abbattimento dei costi del trasferimento del percolato e l' annullamento dei rischi ad esso correlati;
- ✓ la maggiore efficacia di trattamenti specifici, in funzione delle particolari caratteristiche e variabilità del percolato in esame;
- ✓ l' utilizzazione del biogas prodotto nei processi come fonte energetica nell' alimentazione dell' impianto;
- ✓ la chiusura del ciclo di stabilizzazione del rifiuto nella discarica stessa.

Per ottenere, comunque, i massimi rendimenti dei processi depurativi è necessario valutare caso per caso per individuare il sistema migliore in funzione delle caratteristiche del percolato:

- il *percolato giovane* è caratterizzato da un notevole carico organico, per la riduzione del quale sono più efficienti i pre-trattamenti quali il lagunaggio, che ne smorza le punte quali-quantitative con una rimozione del COD fino all' 80-90%, ma non sono efficaci nell' abbattimento dell' azoto ammoniacale, e i trattamenti biologici; la trattabilità biologica di un percolato " giovane" dipende comunque dal rapporto BOD_5/COD ($>0,5$) e dall' eventuale presenza di sostanze inibenti l'attività batterica (Metalli, Solfuri, Cloruri, Fenoli, Cianuri...); è difficile il raggiungimento dei limiti di legge solo con il loro ausilio, per cui vanno essi integrati con altri trattamenti.
- il *percolato vecchio* è, come già detto, caratterizzato da carico inorganico principalmente costituito da azoto; buoni risultati depurativi si ottengono con l' adsorbimento, su percolati già trattati, con percentuali di rimozione del COD fino all' 85%, con l' osmosi inversa, con abbattimento del COD fino al 90% e dell' azoto ammoniacale fino all' 80%; la flocculazione garantisce un' efficienza del 40-60% il COD per ma non per l' azoto ammoniacale.

L' evaporazione ha il vantaggio di essere un processo compatto, con rendimenti indipendenti dalle caratteristiche del percolato.

La scelta dei processi nel trattamento del percolato di discarica, quindi, dipende da molte variabili; si è, comunque, orientati verso trattamenti multistadio che includano i trattamenti biologici .