

Biopile: una biotecnologia al servizio dell'ambiente

Anella Liliana Gomiero¹

¹Tecnologie per l'ambiente

Abstract

Il sistema di *Biopile* è una tecnica di risanamento biologico dei terreni incentrata sulla capacità dei microrganismi autoctoni del terreno di rimuovere particolari tipi di contaminanti, come idrocarburi policiclici aromatici (IPA) e idrocarburi di petrolio (TPH), in determinate condizioni ambientali. La gestione dei siti contaminati è stata oggetto di trattazione sia a livello europeo che nazionale, con la finalità di scongiurare gravi rischi ambientali potenzialmente derivanti da attività antropiche quali attività industriali, stoccaggio di rifiuti, attività minerarie, perdite da serbatoi e linee di trasporto degli idrocarburi. In particolare, a livello europeo la normativa si è concretizzata nella Strategia Tematica sul Suolo, mentre in ambito nazionale, trova larga applicazione il Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale", con particolare riferimento alla parte IV del Titolo V - Bonifica di siti contaminati.

La funzione "green" dei batteri: il biopile

Le biopile sono considerate la tecnica di bioremediation più diffusa per il risanamento dei suoli contaminati, il cui procedimento consiste nel prelievo dei terreni/sedimenti contaminati e nel loro successivo trattamento in strutture denominate pile ¹, all'interno delle quali condizioni come, concentrazione di ossigeno, umidità del suolo, concentrazione di nutrienti e pH, sono controllate per ottimizzare la crescita e l'attività della comunità microbica autoctona ².

Il sistema di biopile è una tecnica che viene utilizzata per ridurre le concentrazioni di contaminanti attraverso processi di biodegradazione. Tale tecnica è stata applicata con successo sia in campo pilota che a scala reale, ed è risultata particolarmente efficace nei casi di contaminazione da idrocarburi del petrolio ^{3, 4}, idrocarburi poliaromatici (IPA) ^{5, 6}, clorofenoli.

L'intervento, che prevede l'escavazione dei terreni contaminati, consiste nella miscelazione con ammendanti dei suoli e nel trasferimento in un'area di trattamento. Il terreno scavato viene disposto in strati sovrapposti inserendo alternativamente tubi forati per la distribuzione nel materiale contaminato di aria e soluzioni nutrienti e tubi di estrazione dell'aria dall'ammasso, quest'ultima viene trattata prima dell'emissione in atmosfera. Questa tecnica di bonifica, dunque, è basata sulla stimolazione della crescita e della moltiplicazione dei batteri aerobici tramite l'uso di ossigeno, dove l'aria viene fatta circolare nel terreno attraverso tubature con tecniche di estrazione/iniezione.

L'area di trattamento può essere realizzata con differenti livelli di ingegnerizzazione; in generale comunque si dovrà prevedere la realizzazione di sistemi di raccolta del percolato e in alcuni casi, quando tra i contaminanti sono presenti composti volatili, di sistemi di recupero dei vapori.

Da un punto di vista prettamente normativo l'Unione Europea ha a più riprese tentato di promuovere un'azione unitaria per gli Stati Membri fissando, attraverso la Strategia Tematica sul Suolo (Soil Thematic Strategy) quattro obiettivi: 1. incrementare la consapevolezza della necessità di proteggere il suolo 2. intensificare la ricerca sul suolo 3. integrare la protezione del suolo nella formulazione e l'implementazione delle politiche nazionali e comunitarie in tema di agricoltura, sviluppo regionale, trasporti e ricerca 4. mettere in atto una legislazione quadro per la protezione e l'uso sostenibile del suolo.

In Italia la materia è regolamentata dal Dlgs 152/06 "Norme in materia ambientale" che, alla Parte Quarta, Titolo V "Bonifica di siti contaminati" (modificato dal Decreto Legislativo 16 gennaio 2008, n. 4 Ulteriori disposizioni correttive ed integrative) ha fornito la definizione di sito contaminato e ha stabilito che la necessità di eventuali interventi debba essere subordinata al supe-

ramento delle cosiddette Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR), a seguito del quale il sito può essere considerato potenzialmente contaminato o contaminato, e ha fissato gli obiettivi di bonifica determinati mediante l'applicazione di un'analisi di rischio sito-specifica.



Figure 1: Trattamento con Biopile

Il caso studio

Di seguito si riporta l'analisi di un caso studio dove per la bonifica di alcuni terreni contaminati dalla fuoriuscita di petrolio da una raffineria della zona è stata applicata la tecnica delle biopile ⁷ e con l'ulteriore finalità di trasformare le lagune circostanti in una zona verde che servisse come barriera visiva tra la raffineria e la città.

I rifiuti erano composti da idrocarburi aromatici paraffinici (IPA), benzo(a)pyrene e BTEX ⁸, ed erano individuati come contaminanti desatanti maggiore preoccupazione. Circa 3.300 m³ di terre-

no contaminato furono sottoposti a trattamento mediante il quale veniva impiegata una combinazione di areazione attiva e passiva, applicata attraverso un sistema di piezometri in tutta la biopila⁹, congiuntamente all'applicazione di nutrienti e tensioattivi per incrementare la biodegradazione dei contaminanti più considerevoli.

Pertanto, il terreno contaminato veniva miscelato con fertilizzanti minerali e trucioli di legno, coperto con uno strato di dolomite e, successivamente, con terreno non contaminato unitamente all'installazione di un sistema di drenaggio e raccolta del percolato.

L'obiettivo principale di questo progetto su larga scala era quello di caratterizzare, valutare e bonificare una di queste lagune. Nello specifico lo scopo del progetto era di ridurre il rischio ambientale dai composti di idrocarburi paraffinici aromatici (IPA) nel terreno. Quest'ultimo è stato caratterizzato usando la metodologia Expedited Site Characterization sviluppata dal DOE.

Un progetto di biopile impiegava una combinazione di areazione attiva tramite iniezione ad aria, e passiva tramite pompaggio barometrico, insieme all'applicazione di nutrienti e tensioattivi venne usato per incrementare la biodegradazione dei contaminanti più rilevanti.

Nell'arco dei 20 mesi della durata del progetto, attraverso 5 campagne operative, più dell'81% (120 tonnellate) di idrocarburi di petrolio è risultato biodegradato, sono stati raggiunti tassi di biodegradazione di 121 mg/kg di terreno/giorno nel lato attivamente aerato ed 82 mg/kg di terreno/giorno nel lato passivo (Fig. 2). La rimozione stimata di BTEX per il progetto è stata tra il 90-99,9% con una riduzione degli idrocarburi di petrolio totali TPH di 65-90% e rimozione di IPA tra il 50-75%.

Campagna	Passiva	Attiva
OC1	44	119
OC2	82	94
OC3	33	0
OC4	0	37
OC5	60	121

Figure 2: Tasso di biodegradazione degli idrocarburi totali di petrolio per campagna operativa e trattamento

Conclusioni

La tecnica del biopile consente di raccogliere tutto il terreno contaminato, fornire condizioni ottimali per l'attività microbica attraverso il ricircolo e l'aerazione del percolato, richiedendo consumi relativamente contenuti di energia e consente il riutilizzo del terreno una volta completata la bonifica. Pertanto, le caratteristiche fisico-chimiche del materiale, il pH, il contenuto di umidità e il contenuto di petrolio appaiono superiori al materiale lagunare originariamente selezionato, rendendolo ideale per un'operazione di biopiling. Alla luce di quanto detto finora, il biopile può essere considerata l'unica tecnologia che degrada completamente i contaminanti, consente il riutilizzo del materiale (precedentemente) contaminato senza restrizioni e appare altamente efficace, considerata tanto l'essenzialità delle operazioni e la scarsa manutenzione richiesta quanto un design assai semplicistico. Di converso, però, la tecnologia presenta alcuni limiti legati alla ridotta profondità di intervento per le difficoltà di escavazione a grandi profondità, inoltre, la richiesta di grandi aree di trattamento provocano un notevole incremento dei costi di bonifica.

References

1. Benyahia, F., Abdulkarim, M., Zekri, A., Chaalal, O. & Hasanain, H. Bioremediation of Crude Oil Contaminated Soils. *Process Safety and Environmental Protection* **83**, 364–370 (2005).

2. Kodres, C. A. Coupled water and air flows through a bioremediation soil pile. *Environmental Modelling & Software* **14**, 37–47 (1998).
3. Jorgensen, K. S., Puustinen, J. & Suortti, A.-M. Bioremediation of petroleum hydrocarbon-contaminated soil by composting in biopiles. *Environmental Pollution* **107**, 245–254 (2000).
4. Huesemann, M. H. Biodegradation and Bioremediation of Petroleum Pollutants in Soil. in *Soil Biology* 13–34 (Springer Berlin Heidelberg, 2004). doi:10.1007/978-3-662-05794-0₂.
5. Sayara, T., Borràs, E., Caminal, G., Sarrà, M. & Sánchez, A. Bioremediation of PAHs-contaminated soil through composting: Influence of bioaugmentation and biostimulation on contaminant biodegradation. *International Biodeterioration & Biodegradation* **65**, 859–865 (2011).
6. Chen, B. & Ding, J. Biosorption and biodegradation of phenanthrene and pyrene in sterilized and unsterilized soil slurry systems stimulated by *Phanerochaete chrysosporium*. *Journal of Hazardous Materials* **229-230**, 159–169 (2012).
7. Hazen, T. C. *et al.*. Biopiles for Remediation of Petroleum-Contaminated Soils: A Polish Case Study. in *The Utilization of Bioremediation to Reduce Soil Contamination: Problems and Solutions* 229–246 (Springer Netherlands, 2003). doi:10.1007/978-94-010-0131-1₂₁.
8. Łebkowska, M. *et al.*. Bioremediation of soil polluted with fuels by sequential multiple injection of native microorganisms: Field-scale processes in Poland. *Ecological Engineering* **37**, 1895–1900 (2011).
9. Płaza, G. *et al.*. Evaluation of Bioremediation Processes at the Oil Refinery in Czechowice-Dziedzice. in *Environmental Engineering Studies* 409–419 (Springer US, 2003). doi:10.1007/978-1-4419-8949-9₃₈.