

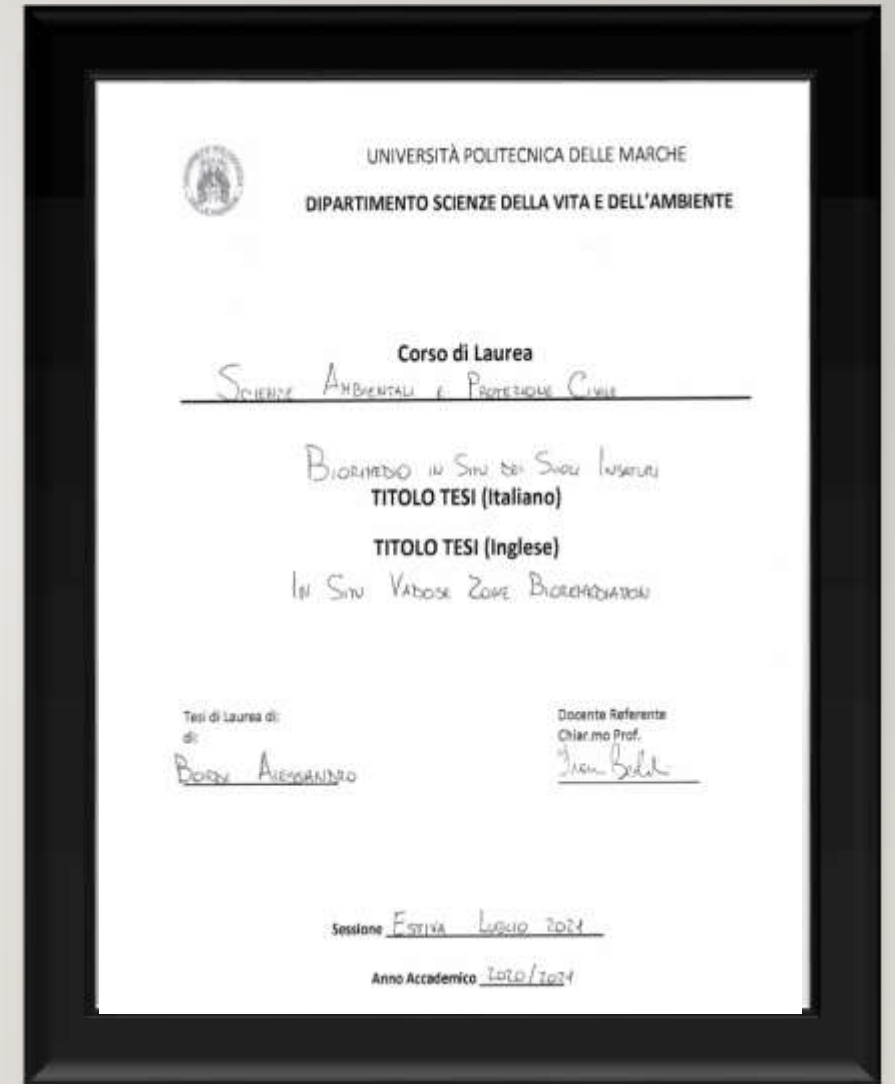
|

TESI DI LAUREA TRIENNALE

SCIENZE AMBIENTALI E PROTEZIONE CIVILE

*BIORIMEDIO IN SITU DEI SUOLI INSATURI
IN SITU VADOSE ZONE BIOREMEDIATION*

Docente Referente Chia.mo Prof. Beolchini Francesca



2 INTRODUZIONE

L'inquinamento dei suoli insaturi è divenuto un problema diffuso in tutto il mondo. La tecnica di bonifica principale utilizzata per far fronte a queste situazioni è quella del bioventing, la quale però risulta efficace solo su certe classi di contaminanti.

Tuttavia esistono altre strategie di biorimediazione che possono essere utilizzate su diverse categorie di inquinanti, e l'obiettivo di questo articolo è quello di presentare queste nuove tecniche di bonifica che si differenziano dal bioventing convenzionale e mostrare ricerche di attenuazioni naturali.

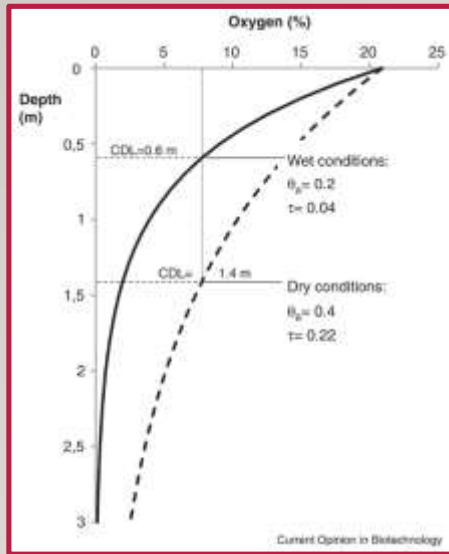


Sorgente



3 STRATO INSATURO

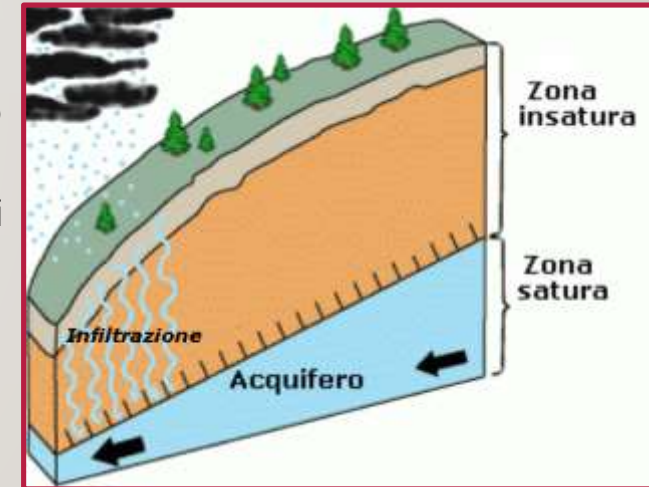
E' lo strato di suolo che si estende dalla superficie fino alla falda sotterranea. Si tratta di uno strato generalmente a grana fina dove il numero di microrganismi diminuisce con la profondità con un fattore di magnitudine di quarto ordine, ma il numero rimane comunque alto (10^6 a 10^8 cellule per grammo di suolo). La forma principale di trasporto gassoso è la diffusione.



**Lunghezza
Caratteristica di
Diffusione:**
Lunghezza di scala
attraverso la quale la
diffusione tende ad
omogenizzare i gradienti
indotti dalle reazioni

ATTENUAZIONI NATURALI

A differenza dei suoli saturi, lo studio delle attenuanti naturali nei suoli insaturi è molto più limitato. Dai due studi più importanti in materia si è riuscito a quantificare il tasso di biotrasformazione degli idrocarburi in prodotti più semplici, principalmente in metano, e ad analizzare la variazione dei parametri fisici e biologici del terreno, fornendo un profilo verticale della distribuzione dei gas.



Sorgente

4 TECNICHE DI BIORIMEDIO

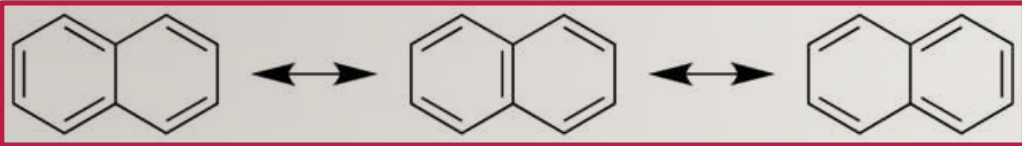
Il biorimedia può essere generalmente basato su quattro principali strategie:

- Biostimulation delle trasformazioni ossidative e riduttive: riguarda l'utilizzo di agenti stimolanti (nutrienti, accettori e donatori di elettroni) da dare ai microrganismi endogeni
- Bioaugmentation: riguarda l'innesto di popolazioni già coltivate di microrganismi per favorire la degradazione.
- Stimolazione dei biofilms per l'immobilizzazione degli inquinanti.
- Tecnologie della rizosfera: le radici delle piante con micorrize e batteri associati trasformano gli inquinanti sotto condizioni redox non ben definite.

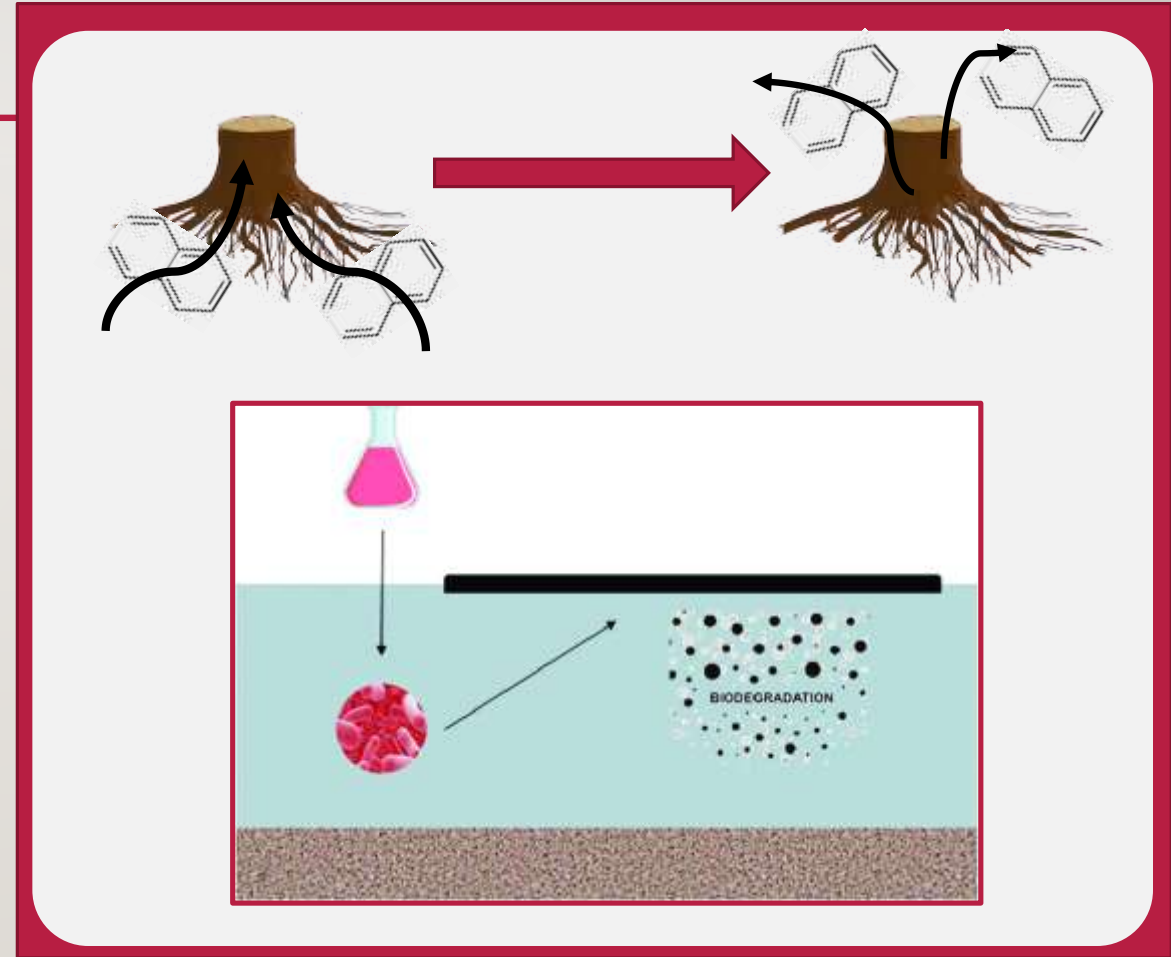
Pollutant	Type of application	Performance	Reference
Petroleum hydrocarbons	Source removal by bioventing: aerobic biostimulation	Standard operation since 1980ies	[1,2,4]
	Vapor attenuation below buildings induced by low air flows	Proof of concept study, attenuation of HC vapors and methane	[20**]
Naphthalene	Volatilization and aerobic degradation (Phytoventing)	Field-scale remediation by hybrid poplars	[21,22]
Perchlorate and nitrate	Reductive biostimulation by electron donor (propane, H ₂) injection	Full-scale site demonstration and lab tests	[23**,24,25,53]
Uranium	Immobilization as P minerals	Lab study: stimulation of phosphatase under aerobic conditions	[30**]
	Immobilization by reduction	Field application (saturated conditions only): electron donor injection	[28*,54]
Hexavalent chromium	Reduction in <i>Pseudomonas putida</i> and immobilization in exopolymers (biofilm)	Lab study. Hematite is found as beneficial for toxicity reduction	[32-34]
Halogenated VOCs	Bioaugmentation, reductive biostimulation, electron donor injection	Pilot scale treatment of clay till, vadose and saturated zone	[12,13**,36]
Explosives:	Injection of N ₂ , Reductive biostimulation with natural electron donors, further lab tests with organic vapors as donors	Full-scale site demonstration, microbial activity and contaminant abatement proven	[37]
RDX and dinitrotoluene		Monitoring	[38,51*]
Pesticides	Organochlorine-contaminated soil, <i>in situ</i> bioaugmentation	Field demonstration, evaluation by gene probes	[15]
Hexachlorocyclohexanes (Lindane)	Bioaugmentation, <i>Sphingobium indicum</i>	Full scale, India. Uneven decrease of isomers, >80% of $\alpha + \gamma$ -HCH	[42]
	Biostimulation, Daramend products	Full scale, USA. 50% decrease of total HCH	[14]



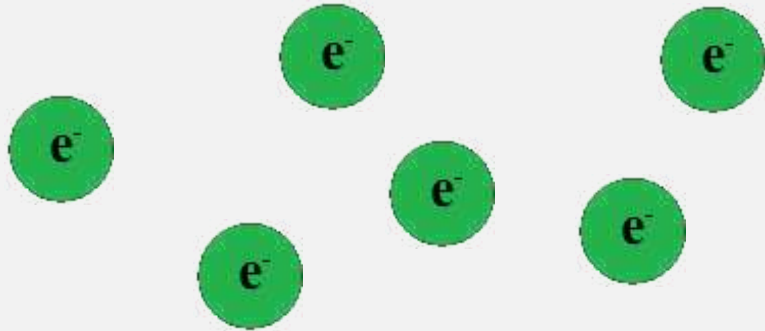
5 NAFTALINA E ESPLOSIVI



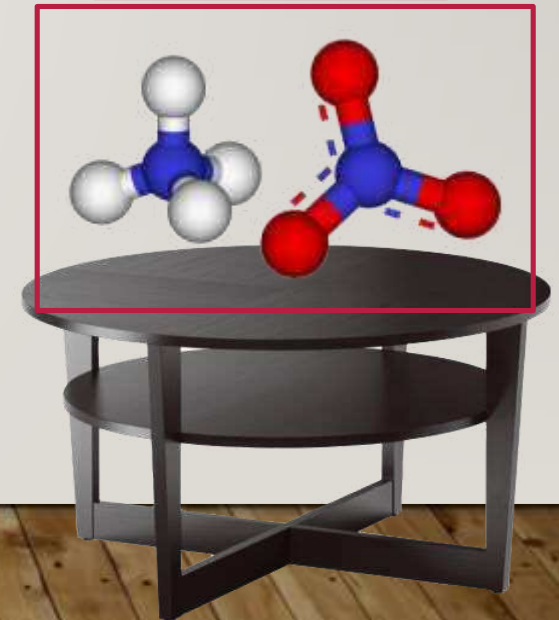
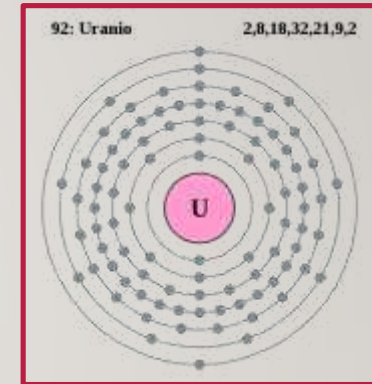
- La biodegradazione aerobica, assistita da radici di pioppo, è stata responsabile della rimozione di naftalina.
- Le attività di degradazione riduttiva dei mo indigeni sono state stimulate da un'iniezione di azoto gassoso.



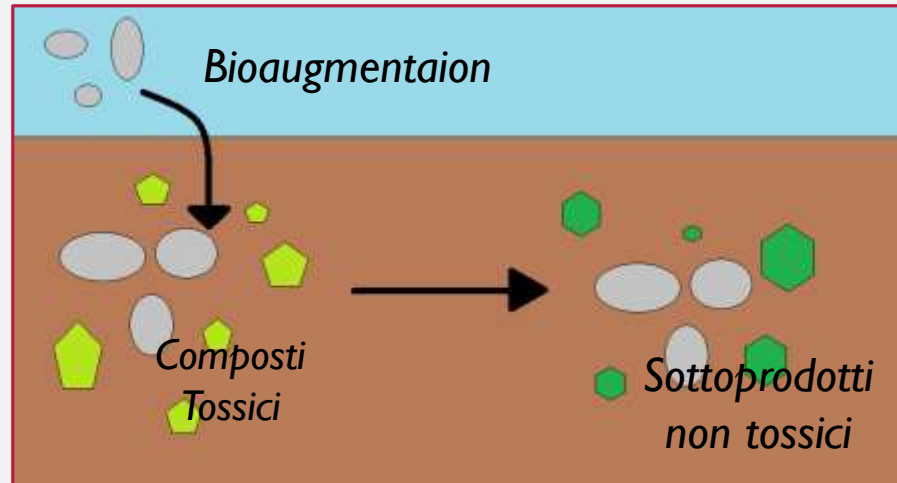
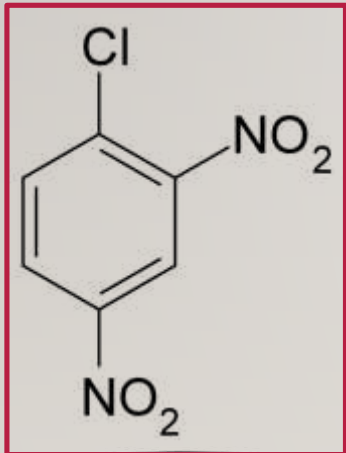
6 URANIO E NITRATI E PERCLORATI



- L'aggiunta di organofosfati favorisce la precipitazione di uranio libero in minerali ricchi di fosforo.
- I nitrati e i perclorati possono essere ridotti iniettando miscele di donatori di elettroni attraverso il bioventing inverso



7 SOLVENTI ALOGENATI E CROMO ESAVALENTE



Per entrambi i composti, l'inoculazione di mo ha portato ad una diminuzione degli inquinanti attraverso una degradazione riduttiva



8 PESTICIDI

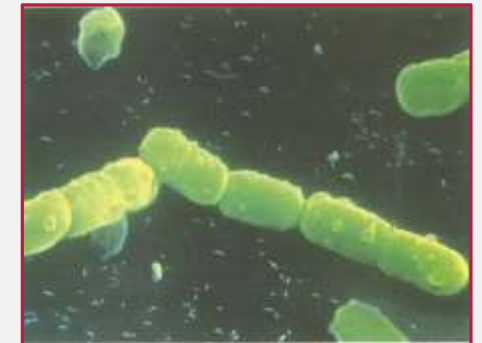


La Bioaugmentation ha riscontrato un successo nella bonifica dei suoli contaminati da pesticidi. Consorzi di batteri sono stati innestati per ridurre le concentrazioni di inquinanti, in particolare di organocloruri. Anche le applicazioni di Biostimulation si sono rivelate un successo.

Sorgente



Sorgente



Sorgente

9 CONCLUSIONI



Sorgente



Sorgente



Sorgente

Mentre il bioventing è la strategia standard utilizzata per i siti contaminati da idrocarburi, una grande varietà di altri inquinanti può essere trattata in situ. Sono necessarie ulteriori ricerche nella biostimulation per la sua applicazione in climi freddi e per il trasporto dei microrganismi nei terreni con i pori a grana fina nella bioaugmentation. Nuovi strumenti con grandi potenziali sono stati messi a punto per quantificare il successo di queste tecniche e ricerche in laboratorio promettenti portano avanti lo studio di questa porzione di suolo da molto tempo ignorata.

10 BIBLIOGRAFIA

- www.sciencedirect.com In Situ Vadose Zone Bioremediation, Patrick Höhener and Violaine Ponsin



RIASSUNTO ESTESO

La contaminazione dei suoli insaturi con diversi contaminanti è un problema diffuso in tutto il mondo. I trattamenti di Biorimedia In Situ sono stati standardizzati per essere utilizzati con praticità ed efficienza come tecniche di bonifica di siti inquinati. Tra le più famose ed utilizzate troviamo la bioventilazione, utilizzata principalmente per gli idrocarburi leggeri, tuttavia esistono altre tecniche di biorimedia, come la bioaugmentation o la biostimulation le quali offrono valide alternative alla ventilazione di aria artificiale nel suolo.

La zona insatura si estende dalla superficie del suolo fino alla falda sotterranea, e comprende lo spazio intermedio e lo strato capillare. Il numero di microrganismi generalmente diminuisce con la profondità ma il numero rimane comunque alto. Per via delle sue caratteristiche fisiche, la bioaugmentation rimane difficile da praticare, poiché la grana fina funge da filtro per le cellule microbiche e limita il trasporto di diffusione dei gas. Perciò, per classificare i processi si utilizza la “Lunghezza Caratteristica di Diffusione”, la quale rappresenta la lunghezza di scala dove la diffusione tende ad omogenizzare i gradienti indotti dalle reazioni.

Le tecniche di biorimedia differenti dal bioventing consistono in diverse strategie. La prima è la biostimulation o l’iniezione di miscele di composti, utilizzate per favorire le attività cataboliche ossidative o riduttive, come nel caso di inquinanti come nitrati e perclorati, uranio ed esplosivi. Successivamente troviamo la bioaugmentation, principalmente per solventi alogenati e pesticidi, la fitodepurazione, in cui il caso principale è quello della naftalina, ed infine la stimolazione del biofilm per la chelazione degli inquinanti, come del cromo esavalente. Molti meno studi sono invece focalizzati sulle attenuazioni naturali dei suoli insaturi, e sono necessarie ulteriori ricerche per applicare la biostimulation nei climi freddi o facilitare il trasporto per diffusione gassosa.