

Nuove frontiere per la bonifica dei siti inquinati

di Gabriele Beretta

Con la tesi di dottorato “Innovative sustainable Low-Energy Technologies for contaminated sites”, Gabriele Beretta ha vinto il premio unem per i “Degree Awards 2022”, consegnato in occasione dell’ultima edizione di RemTech Expo che si è tenuta a Ferrara dal 21 al 23 settembre scorsi. A seguire un estratto del lavoro premiato.

Seguendo le indicazioni della Comunità europea, che richiede “approcci mirati, proporzionati e sostenibili per affrontare il problema della qualità ambientale”, il lavoro si è concentrato sullo studio di tecnologie sostenibili in situ per la decontaminazione del suolo e delle acque sotterranee riducendo l’uso di energia e risorse naturali. Con l’obiettivo di decontaminare suoli eterogenei insaturi o saturi, altamente inquinati da idrocarburi del petrolio, idrocarburi policiclici aromatici e metalli pesanti, l’attività di ricerca è stata indirizzata verso le seguenti tecnologie:

- la bonifica elettrocinetica (EKR) che prevede l’applicazione di un campo elettrico tra coppie di elettrodi inserite nel terreno contaminato. I principali meccanismi indotti nel suolo sono: elettroosmosi, elettromigrazione ed elettroforesi. Inoltre, nel processo di elettrocinesi, l’elettrolisi dell’acqua provoca l’acidificazione/alcalinizzazione del suolo attorno all’anodo/catodo; tale fenomeno deve essere opportunamente gestito. La bonifica elettrocinetica è indicata per la bonifica di metalli pesanti e grazie ad una buona flessibilità impiantistica consente di soddisfare i diversi requisiti specifici dei siti contaminati;
- le tecnologie elettrochimiche microbiche (MET) che beneficiano della capacità

naturale dei microrganismi di catalizzare reazioni elettrochimiche utilizzando elettrodi solidi come inesauribili accettori/donatori di elettroni. Pertanto, richiedono poca o nessuna fornitura di energia e non richiedono l'iniezione di sostanze chimiche nel terreno. Come altre tecniche di biorisanamento, il MET può essere una strategia di bonifica complementare per ottenere una rimozione efficace ed efficiente a concentrazioni di inquinanti non tossici. La ricerca svolta si è concentrata sulla progettazione, pianificazione e conduzione di esperimenti su scala di laboratorio e sulla realizzazione di un sistema di controllo e monitoraggio da remoto delle prove. I risultati della sperimentazione hanno evidenziato come la presenza di metalli pesanti in forme altamente stabili e non mobili, oltre agli elevati valori di alcalinità e capacità tampone del suolo influenzino sensibilmente il desorbimento e il recupero dei metalli stessi. Le attività finalizzate allo sviluppo e all'arricchimento di comunità batteriche elettroattive hanno permesso di ridurre le tempistiche necessarie alla colonizzazione dell'elettrodo e al processo di trattamento di acque sotterranee contaminate da solfati, nitrati e Cr (VI) in assenza di una fonte di carbonio organico. L'implementazione di due diverse configurazioni di MET operanti in flusso continuo per la rimozione bioelettrochimica di Cr(VI) da acque e suoli contaminati è stata eseguita partendo dai risultati ottenuti nei precedenti test in batch. In particolare, le condizioni che sono state testate intendevano simulare le condizioni delle acque sotterranee contaminate reali. In conclusione, le prove batch sono state determinanti per indagare i fattori limitanti che incidono sulla rimozione delle diverse tipologie di inquinanti oggetto di studio, e hanno permesso di progettare il trattamento idoneo e le condizioni operative per ottenere un'efficace degradazione dei contaminanti organici e la rimozione dei metalli nel terreno trattato. Sono necessari ulteriori studi per comprendere sia il ruolo della comunità microbica indigena del suolo nella bonifica elettrocinetica sia gli effetti di questa tecnologia sui meccanismi bio-pedologici naturali. L'approccio alla bonifica elettrochimica microbica in due fasi, sviluppo-arricchimento di batteri elettroattivi

e successiva riduzione bioelettrochimica del Cr(VI), si è rivelato fondamentale per migliorare l'efficienza della decontaminazione e potrebbe essere considerato anche per il trattamento di altri contaminanti. Le analisi della comunità microbica hanno confermato l'importanza del biofilm elettroattivo nella rimozione del cromo esavalente disciolto e anche il ruolo dominante ricoperto da batteri appartenenti agli ordini Flavobacteriales, Nitrosomonadales e Rhizobiales, a conferma che la rimozione bioelettrochimica del Cr (VI) può avvenire, anche in assenza di carbonio organico.

Le diverse configurazioni testate dimostrano la possibilità di applicare MET alla bonifica di suoli contaminati saturi e potrebbero essere prese in considerazione per un futuro scale-up della tecnologia e l'implementazione della bonifica in situ. Sebbene il trattamento bioelettrochimico necessiti di ulteriori studi (su scala pilota e scala di campo) e approfondimenti dal punto di vista della fattibilità economica, può rappresentare un approccio innovativo e sostenibile per la rimozione dei contaminanti dal suolo e dalle falde acquifere.



