

Workshop

**Bonifica, recupero ambientale e sviluppo del  
territorio:  
esperienze a confronto sul fitorimedia**

Terni, 20-21 ottobre 2011

## **Potenziale ruolo del fitorimedia nei siti della provincia di Ferrara: aspetti tecnici ed amministrativi"**

Dott. Igor Villani

Provincia di Ferrara - Settore Ambiente -PO Sviluppo Sostenibile - UOS Siti Contaminati

La Provincia di Ferrara ha circa 130 procedimenti di bonifica attualmente in istruttoria, parte dei quali rappresentata da siti orfani o comunque siti di grandi dimensioni per i quali risulta difficoltoso intervenire con tecnologie di bonifica "classiche". La tipologia di bonifica applicabile ad un sito è infatti connessa, oltre che alle caratteristiche dell'inquinamento, alla destinazione d'uso ed alle previsioni di utilizzo dell'area. L'attuale sistema normativo italiano finanziariamente poggia le bonifiche ambientali su fondi di privati direttamente ed immediatamente connessi alla responsabilità dell'inquinamento. Ciò è assolutamente coerente ed in linea con le direttive internazionali relative al concetto di "chi inquina paga", il problema è che, ad oggi in Italia, viene meno tutto il sistema legato al danno ambientale ed alla strategia transattiva che risulta essere più efficace proprio a livello internazionale. Questo, in sostanza, comporta che le tipologie di bonifica che vanno a termine siano quasi esclusivamente quelle in aree su cui sussiste un forte interesse economico di intervento, e quindi, sulle quali siano necessarie stringenti tempistiche di sviluppo dei progetti al fine di rendere disponibile l'investimento. Quest'ultima modalità di intervento purtroppo spesso non si allinea a corretti criteri di sostenibilità e risulta inapplicabile per siti senza "responsabile" o "interessato". I motivi per cui in Italia si riesca ad operare difficilmente col sistema transattivo sono connessi alla struttura degli Enti preposti, i quali non dispongono del personale sufficiente per sopperire su larga scala alle necessità di settore, e, soprattutto, non dispongono dei fondi per poter affrontare gli investimenti neanche come anticipo al sistema transattivo. Per di più in Italia si registra una grossa difficoltà anche solo ad ottemperare agli strumenti di base di gestione dei siti inquinati, quali l'anagrafica, l'adozione di piani bonifiche, la costituzione di linee operative. Il problema è profondo e strutturale, quindi di difficile e non rapida soluzione, ma virtuosi progetti e strategie locali, quali REMIDA, rappresentanti esempio di integrazione tra Enti e studio di tecnologie adeguate, possono portare ad efficaci risultati e magari a tracciare la giusta strada per un futuro sviluppo del sistema tecnico-normativo nazionale.

## **Il ruolo delle tecnologie "soft" nella rigenerazione dei Brownfields: la visione del progetto europeo "Hombre"**

Renato Baciocchi, Università di Roma "Tor Vergata", Roma  
Pierre Menger, Tecnalia, Bilbao (Spagna)

Il progetto Hombre (Holistic Management of Brownfield Regeneration), finanziato dalla Commissione Europea e dai partner nell'ambito del Settimo Programma Quadro, Tema FP7 ENV.2010.3.1.5-2: Environmental technologies for brownfield regeneration affronta il problema della rigenerazione dei Brownfields, ovvero di "siti che siano stati influenzati da usi precedenti, siano derelitti o sottoutilizzati, siano completamente o parzialmente in aree urbane sviluppate, richiedano interventi per riportarli ad usi benefici, possano presentare problemi di contaminazione reali o percepiti".

Il progetto prevede di sviluppare strategie innovative per la gestione dei brownfields, basate su di un approccio olistico, che tenga in considerazione aspetti ambientali, energetici, economici, sociali, di pianificazione territoriale, in modo da consentire l'individuazione degli obiettivi e del percorso ottimale di rigenerazione. Nell'ambito del progetto si prevede una forte interazione con diversi casi studio europei, che risultino rappresentativi di diverse tipologie di siti (industriali, urbani, minerari) e di diverse fasi di utilizzo del sito (in operazione, prossimo alla dismissione, dismesso, in rigenerazione). Tra questi, si segnala il sito di Terni-Papigno, il cui inserimento è stato approvato dal Comune di Terni.

Nell'ambito del progetto viene data rilevanza alle opzioni di riutilizzo cosiddette soft, al quale è dedicato un Working Package specifico del Progetto, denominato "Enabling soft BF reuse". L'obiettivo specifico è quello di fornire soluzioni migliori e più creative che consentano un uso efficace del suolo a lungo termine nei BF attuali e futuri, mediante lo sviluppo ed il miglioramento di metodologie, strumenti e tecnologie per la rigenerazione dei BF a destinazione d'uso verde. Nello specifico, viene studiata l'implementazione di distretti bio-energetici che possono consentire di correlare il riuso di siti brownfield urbani marginali con la produzione sostenibile di energia; si prevede inoltre lo sviluppo di diverse classi di tecnologie soft, basate rispettivamente sull'impiego di biochar e sull'aggiunta di materia organica, con miglioramento del suolo, sequestro di carbonio e gestione del rischio.

## **Fitotrattamento del percolato di discarica: il caso Alcantara**

Prof. Paolo De Angelis

Dipartimento per l'Innovazione nei Sistemi Biologici, Agroalimentari e Forestali (DIBAF)  
Università degli Studi della Tuscia, Viterbo

L'impiego dei sistemi vegetali può trovare anche utile applicazione, nel ridurre o annullare il trasferimento dei percolati di discarica verso sistemi di trattamento chimico-fisico-biologici esterni alla discarica stessa. In questi casi, la funzione delle piante è quella di consumare il percolato direttamente in discarica evitando costosi trasferimenti e la produzione di rifiuti dai sistemi di trattamento del percolato che devono quindi tornare in discarica. Una applicazione di questo tipo è stata realizzata presso lo stabilimento Alcantara SpA di Nera Montoro (TR), con la collaborazione dell'Università degli Studi della Tuscia (Dipartimento per l'Innovazione nei sistemi Biologici, Agroalimentari e Forestali).

Obiettivo dell'impianto era quello di annullare il trasferimento del percolato proveniente dalla discarica interna "in uso", dove sono depositati i fanghi di risulta del sistema di trattamento acque. Nell'ottica di ottimizzazione e razionalizzazione dei processi di gestione del percolato di discarica, è stata individuata come soluzione tecnica quella di realizzare un "sistema di fitotrattamento" finalizzato a consumare la fase liquida del percolato e a gestire le componenti minerali presenti. Il sistema di fitotrattamento è stato realizzato sulla superficie di vecchie discariche già sigillate (come previsto dalla normativa) in cui era già presente un top di terreno vegetale. In questo modo il sistema di fitotrattamento rimane all'interno di un'area già dotata dei dispositivi di sicurezza necessari ad evitare la dispersione in falda dei contaminanti presenti.

Una simulazione effettuata sui potenziali di accumulo nella matrice suolo su un arco temporale di 10 anni, ha evidenziato che nessun contaminante raggiunge i livelli di concentrazione indicati dalle CSC per i terreni ad uso industriale e sono pochissimi i valori che superano le CSC per le aree destinate a verde pubblico. Inoltre, la valutazione dell'accumulo dei contaminati è stata fatta in via cautelativa senza tenere conto delle capacità estrattive delle piante che verranno impiegate.

Il sistema di fitotrattamento proposto si basa sulla gestione controllata del processo evapotraspirativo svolto normalmente dal complesso suolo-pianta-atmosfera con il solo input energetico dato dalla radiazione solare. Sulle tre vasche sigillate, sono state realizzate delle piantagioni con specie sempreverdi adatte al clima dell'area, che, mediante un apposito sistema di irrigazione a goccia sono irrigate con il percolato di discarica. Il sistema d'irrigazione è regolato da una rete di sensori che gestiscono i flussi di percolato in relazione alle condizioni di saturazione del terreno; la gestione avviene in modo indipendente per ciascuna vasca.

In conclusione, con l'intervento realizzato è stato possibile realizzare un complessivo miglioramento ambientale dell'area di discarica, interrompere il ciclo che portava alla produzione di rifiuti, aprire nuove destinazioni ai fanghi prodotti dal sistema di trattamento acque.

## **Il rimedio di suoli ed acque contaminati con metalli pesanti, organici, e eccesso di nutrienti: processi biologici utili nella rizosfera delle piante**

Angelo Massacci

Primo ricercatore Istituto Ricerche sulle Acque Consiglio Nazionale delle Ricerche

Il fitorimedio applicato come sistema colturale agroforestale con 1-1,5 alberi per m<sup>2</sup> consente, rispetto alle applicazioni agronomiche con piante erbacee e arbustive, una decontaminazione potenzialmente più efficiente di suoli e acque da alcuni metalli pesanti, azotati solubili, e xenobiotici organici. La migliore efficienza di fitorimedio è attribuita alla produzione in queste condizioni di un enorme rizosfera: una densissima rete di capillari radicali in grado di esplorare il suolo abbastanza omogeneamente fino a profondità di qualche metro. Oltre al maggiore assorbimento dei nutrienti essenziali per la crescita questi capillari possono assorbire passivamente anche discrete quantità di metalli pesanti e altri inorganici eventualmente presenti nel suolo. In aggiunta, essi rilasciano nel loro intorno ossigeno e molte sostanze attive che stimolano la crescita di una varia microflora aerobica. Alcuni elementi di tale microflora sono in grado di co-degradare con vari enzimi molti polimeri biologici e alcune molecole xenobiotiche anche molto complesse e recalcitranti per ottenerne il carbonio necessario per crescere.

Un sistema colturale ad alta densità di pioppi, selezionati per un'elevata attività, traspirativa fogliare e per la tolleranza dei contaminanti presenti nel terreno, è stato utilizzato in due applicazioni sperimentali di fitorimedio. Le due applicazioni, di cui si riportano e discutono i risultati globalmente positivi, hanno riguardato l'immobilizzazione di metalli nel suolo mediante controllo del bilancio idrologico e la degradazione di isomeri dell'esaclorocicloesano. In quest'ultimo caso è stata applicata la tecnica del rizorimedio biofortificato con l'individuazione preliminare dei potenziali microorganismi degradatori presenti nel suolo contaminato, la loro caratterizzazione e il loro arricchimento per inoculo nella rizosfera. Partendo dall'analisi delle esperienze effettuate la relazione indica le strategie e gli obiettivi di ricerca che si possono mettere in atto per aumentare l'applicabilità delle biotecnologie verdi per la decontaminazione sia di suoli che di acque.

## **Le attività di REMIDA e l'approccio operativo**

**Andrea Sconocchia**

Responsabile Servizio Suolo Rifiuti e Bonifiche  
Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale dell'Umbria

Nell'ambito delle attività istituzionali di competenza dell'ARPA Umbria, ed in linea con le nuove tendenze di gestione e controllo delle problematiche ambientali del territorio, ARPA Umbria in collaborazione con gli Istituti CNR, per la Ricerca sulle Acque (IRSA) e il DIBAF-Università degli Studi della Tuscia, sta mettendo a punto una serie di interventi innovativi per la riqualificazione ambientale che consentono di coniugare molteplici necessità ed esigenze di diversi portatori di interesse presenti sul territorio.

Si intende innescare un meccanismo virtuoso che prevede la risoluzione di criticità ambientali, di elevato interesse per la collettività, mediante attività o strumenti operativi che consentano di raggiungere obiettivi secondari di interesse e vantaggio per enti e imprese private, operati sul territorio, stimolati a co-finanziare queste iniziative.

Le attività in esame sono finalizzate al raggiungimento contestuale di una o più delle seguenti finalità: disinquinamento e/o bonifica di aree contaminate; ripristino ambientale di aree degradate abbandonate; contenimento degli impatti ambientali; riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>; monitoraggio e controllo dell'inquinamento.

Tutti gli interventi sopra descritti si basano sulla valorizzazione delle potenzialità dei sistemi vegetali e sulle loro proprietà di contenere, ridurre, misurare l'inquinamento nelle diverse matrici ambientali e di utilizzare/ convertire l'energia solare per tali finalità. Detti interventi sono caratterizzati da costi estremamente contenuti, da tecnologie applicative semplici e da una elevata accettabilità sociale.

## **Il Progetto Europeo GREENLAND: Una soluzione verde per la gestione di suoli e e siti contaminati da metalli pesanti**

Giancarlo Renella, Dipartimento di Scienze delle Produzioni Vegetali, del Suolo e dell'Ambiente Agroforestale, Università degli studi di Firenze, P.le delle Cascine 28, 50144 – Firenze.

Il progetto europeo GREENLAND - Gentle remediation of trace element contaminated land ([www.greenland-project.eu](http://www.greenland-project.eu)), è coordinato dall'Università Boku di Vienna e co-finanziato dalla Commissione Europea ed è un consorzio formato da 17 partner, tra cui 6 Università, 7 Istituti di ricerca e quattro SME.

L'obiettivo complessivo del progetto è rimuovere i principali ostacoli che attualmente ancora non permettono alla phytoremediation di funzionare sempre e aumentare le possibilità di successo, perché divenga un'opzione preferibile quando è accertato un inquinamento da metalli pesanti. Per raggiungere l'obiettivo, compiremo osservazioni su siti sperimentali nel centro e nel nord dell'Europa.

La phytoremediation è un insieme di tecnologie sviluppate negli ultimi venti anni, alternative alle tecniche di ingegneria civile che si basano principalmente su escavazione e smaltimento in discarica del suolo inquinato. La phytoremediation si basa sull'uso di piante, microrganismi e ammendanti naturali o sintetici, in grado di ridurre la frazione solubile dei metalli pesanti, la più pericolosa, restituendo al suolo la fertilità e le sue funzioni ambientali caratteristiche, non ultima quella di filtro delle sostanze che possono inquinare le acque e, complessivamente, l'ambiente.

I metalli pesanti, come altre forme di inquinanti, si diffondono nell'acqua e nell'aria ma soprattutto si accumulano nel suolo, dove reagiscono con le fasi solide reattive organiche ed inorganiche. A differenza degli inquinanti organici, i metalli pesanti non si degradano e possono persistere nel suolo per decenni o anche secoli, poiché sono trattenuti con varia forza dalle particelle reattive del suolo stesso. La frazione solubile dei metalli pesanti costituisce quella maggiormente assimilabile dalle piante, dai microrganismi e dagli animali e col passare del tempo, tali elementi possono propagarsi nelle catene alimentari e accumularsi anche nel corpo umano, con il rischio di causare varie patologie acute e croniche.

Decontaminare un suolo inquinato da metalli pesanti, senza alterarne le caratteristiche fondamentali è virtualmente impossibile se non in tempi lunghissimi, data la natura dei legami che si stabiliscono tra i metalli pesanti e i collodi del suolo.

Mediante la phytoremediation i metalli pesanti sono estratti dal suolo in seguito al loro assorbimento da parte delle piante o sono stabilizzati nel terreno con vari meccanismi che ne riducono la solubilità, allo scopo di ridurre il rischio sanitario ed ambientale.

Il primo beneficio per l'ambiente è la preservazione del suolo, una risorsa naturale non rinnovabile se non in tempi geologici, che riattiva le sue preziose funzioni (ad esempio decomposizione, umificazione, fertilità) all'interno degli ecosistemi.

Inoltre, esiste oggi la concreta possibilità di praticare la phytoremediation utilizzando essenze destinate alla produzione di biocarburanti (es. colza e girasole) o produzioni legnose anche da combustione (es. pioppo e salice), che non accumulano metalli pesanti nelle parti combustibili.

Così facendo è possibile attenuare i rischi per la salute umana e per gli ecosistemi, legati alla propagazione dei metalli pesanti nelle catene trofiche e nelle acque freatiche. Oltre alla conservazione e al miglioramento di suoli inquinati, la phytoremediation presenta costi di bonifica relativamente bassi, la non distruttività e non invasività, e la possibilità di coniugare recupero ambientale, tutela del paesaggio e sostenibilità socio-economica. Con questo approccio, da mero problema che sottopone gli abitanti del territorio al rischio, un suolo inquinato può divenire una potenziale risorsa, poiché possiamo attuare una gestione agroforestale che dia anche un ritorno economico a chi possiede le aree o ci abita intorno.

Il lavoro specifico del DIPSA sarà di capire se il suolo recuperato mediante phytoremediation incrementi la propria fertilità e la diversità microbica, e ritorni a svolgere quelli che sono definiti i 'servizi ecosistemici'.

## **Applicazione sperimentale di Rizorimedio su suoli inquinati da composti organici: “Le potenzialità della short rotation coppice (SRC) per il recupero ambientale e la sostenibilità economica”**

Daniele Bianconi, Angelo Massacci

L'attività di ricerca è stata finalizzata all'approfondimento di tematiche legate alla bonifica eco-compatibile di suoli contaminati dagli isomeri dell'esaclorocicloesano (HCH) in alcune aree del bacino del fiume Sacco (Lazio) interdette all'uso agricolo.

La prima fase sperimentale dell'attività ha avuto come obiettivo la selezione di cloni di pioppo che fossero idonei alla coltivazione e ad un'applicazione di fitorimedio su un suolo in cui la presenza dell'esaclorocicloesano è al di sopra dei limiti previsti dalla legge per le aree destinate a verde pubblico. Contemporaneamente alla selezione delle piante si sono sperimentati trattamenti sia biologici che chimici, noti per le potenziali capacità degradative, che potessero aiutare la pianta nell'attecchimento, nello sviluppo radicale e nella produzione di biomassa.

La selezione dei cloni di pioppo e l'attività di messa a punto dei trattamenti biologici e chimici è stata inizialmente effettuata in serra e successivamente applicata in un'area agricola di 0.4 ettari. Nella sperimentazione in campo con i pioppi, al fine di ottenere la massima capacità degradativa, è stato adottato il sistema di coltivazione ad alta densità per impianti a turno di taglio breve (SRC “short rotation coppice”).

Alla fine della sperimentazione, sia in serra che in campo, si è potuto constatare l'idoneità di uno dei cloni di pioppo all'utilizzo in un intervento di fitorimedio su suoli contaminati da esaclorocicloesano; la sua azione rizosferica è stata in grado di degradare significativamente, sia individualmente che in associazione con microrganismi, tutti gli isomeri dell'HCH e particolarmente efficace è risultata l'azione sull'isomero beta, il più recalcitrante.

Inoltre è economicamente importante evidenziare che la produttività di biomassa accumulata nelle piante non è stata alterata dall'interazione con il terreno contaminato.

## **Fitostabilizzazione e controllo idrologico in un sito multicontaminato da metalli pesanti nell'area industriale di Porto Marghera.**

L. Pietrosanti, F. Pietrini, G. Matteucci, A. Massacci R. Aromolo (CNR-IBAF)  
A. Nardella, G. Capotorti (Eni, Rome, Italy)

Una parcella sperimentale di fitostabilizzazione è stata allestita in un sito industriale nella laguna veneta utilizzando essenze arboree di salicaceae : 2 cloni di *Populus deltoides* (Dvina, Lena), 1 clone di *P x canadensis* (Neva), 2 di *Salix matsudana* (S76-005 e S76-008) e uno di *Salix alba* (SI64-017). L'area di studio insisteva in un' isola ripascita, nel corso di alcune decadi, con materiali di scarto di varie attività industriali e presentava nel suolo spot di eccedenze, rispetto ai limiti soglia di contaminazione, di metalli quali As, Pb, Zn e Cd.

Sono state indagate la capacità dei diversi cloni di assorbire i contaminanti inorganici nonché la loro capacità evapotrosparativa, essendo quest'ultimo parametro di massimo interesse poiché l'isola è stata oggetto di un'opera di messa in sicurezza tramite palancolatura al fine di isolarla dallo ambiente lagunare, rendendo necessario quindi l'allontanamento delle acque meteoriche. Inoltre una buona capacità evapotraspirativa è stata considerata come indice di fitostabilizzazione in quanto previene il leaching dei metalli nella falda sottostante.

Dopo tre anni di coltivazione i cloni di pioppo hanno mostrato una migliore tolleranza rispetto ai salici riguardo la contaminazione del suolo. Si è trovata anche una buona correlazione fra capacità evapotraspirativa, velocità di crescita e capacità di accumulo dei metalli. Considerando la media di tutti i cloni i pioppi hanno accumulato per singola pianta circa 5 mg Pb, 12 mg Cd, 825 mg Zn ed 1 mg As nelle foglie; 824 mg Pb, 62 mg Cd, 2343 mg Zn e 16 mg As nel fusto; 365 mg Pb, 8 mg Cd, 439 mg Zn e 6 mg As nelle radici.

La piantagione si è mostrata inoltre efficiente nel regolare il bilancio idrico del suolo nella stagione vegetativa, restituendo in atmosfera la totalità delle acque piovane e rimuovendo dal suolo l'acqua in eccesso rispetto alla capacità di campo.

A completamento della sperimentazione è stata effettuata un'indagine della capacità di accumulo in piante presenti nell'isola sia spontanee che introdotte. Alcune specie sono state prese in considerazione per una co-coltivazione fra i filari delle salicacee al fine di accelerare l'azione di bonifica del sito contaminato.

## **Biorisanamento di acque sotterranee contaminate da solventi clorurati: batteri responsabili del processo e strategie applicative"**

Rossetti S.<sup>1</sup>, Tandoi V.<sup>1</sup>, Majone M.<sup>2</sup>, Petrangeli Papini M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Istituto di Ricerca sulle Acque, Via Salaria km 29,300, 00015 Monterotondo (Roma)

<sup>2</sup> Dipartimento di Chimica, Sapienza Università di Roma, P.le A. Moro 5, 00185 Roma.

La contaminazione di acque sotterranee da solventi clorurati, e la necessaria bonifica, rappresentano un rilevante problema nel settore del risanamento ambientale a causa della tossicità dei contaminanti e dei conseguenti effetti che questi comportano sulla salute umana e sull'ambiente in generale. Nell'ambito di protocolli di valutazione ed attuazione dei processi di biorisanamento basati sulla biostimolazione in situ di microrganismi autoctoni in grado di sostenere il processo di dechlorazione riduttiva di eteni alto clorurati fino all'inocuo etilene, si rende necessario l'ausilio di strumenti predittivi per un rapido e specifico monitoraggio di microrganismi degradatori in campioni ambientali.

La comunicazione riguarderà l'esperienza effettuata sul sito di Rho (Milano) contaminato da eteni ed etani clorurati, in cui, nell'ambito di un approccio multidisciplinare di caratterizzazione del sito, sono stati applicati metodi avanzati di indagine microbiologica per la stima quantitativa di specifici bioindicatori (sia microrganismi che geni funzionali coinvolti nel processo di biodegradazione) in prove di trattabilità in scala di laboratorio ed in test di campo.

## **Esperienze di fitorisanamento presso due aree industriali**

Luca Marchiol

Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali, Università di Udine, Via delle Scienze 208, 33100 Udine

Le esperienze di fitorisanamento in situ condotte in Italia, su scala pilota o estensiva, sono ancora poco numerose. Al contrario, sarebbe necessario acquisire molta esperienza per una più accurata messa a punto dei molteplici aspetti riguardanti la gestione degli interventi di fitorimediazione. Nella relazione sono presentate due esperienze di fitorisanamento in aree industriali.

In un'area contaminata da ceneri di pirite posta all'interno dello stabilimento Caffaro (Torviscosa, SIN "Laguna di Grado e Marano", DM 648/2001) è stata allestita una stazione sperimentale per indagini in situ sul fitorimediazione. In particolare, è stato osservato il potenziale di fitoestrazione di *Sorghum bicolor* e *Helianthus annuus* in risposta a diverse modalità di conduzione agronomica. Sono presentate le concentrazioni di metalli pesanti rilevate nelle frazioni vegetali e le asportazioni di metalli pesanti dal suolo inquinato. Il miglioramento delle condizioni nutrizionali delle piante si è dimostrato efficace consentendo un incremento della produzione di biomassa, ma non ha avuto effetti sulla concentrazione dei metalli pesanti assimilati dalle piante.

La seconda esperienza, in fase di avvio, riguarda l'Ex-Pertusola Sud di Crotone (SIN "Crotone-Cassano e Cerchiara", DM 468/2001). Diverse aree dello stabilimento, in via di dismissione, sono contaminate da metalli pesanti. Dopo la caratterizzazione e l'esecuzione dell'analisi del rischio sono stati definiti gli obiettivi della bonifica e il POB (Piano Operativo di Bonifica). Il piano prevede di eseguire la bonifica mediante fitorimediazione in un'area di circa cinque ettari. Allo scopo di definire specifici aspetti tecnici e predisporre il progetto esecutivo è stata avviata un'indagine preliminare che si articola in fasi successive. Preliminarmente è stata condotta un'indagine sulla flora spontanea presente nell'area contaminata con lo scopo di valutare il potenziale di fitoestrazione nelle specie presenti. È in corso uno screening condotto in condizioni controllate per valutare il comportamento di altre specie vegetali candidate. Le specie più promettenti saranno trasferite in situ per l'avvio della fase pilota. I risultati attesi, implementando le informazioni già disponibili, consentiranno di predisporre la progettazione esecutiva dell'intervento di fitorimediazione alla Ex-Pertusola Sud di Crotone.

## **La fito-estrazione assistita per il recupero della fertilità agronomica dei suoli contaminati.**

Massimo Fagnano, Nunzio Fiorentino  
Università degli Studi di Napoli Federico II - Dip. Ingegneria agraria e Agronomia

Gran parte dei suoli agricoli contaminati della regione Campania è caratterizzata da un contenuto di Elementi potenzialmente tossici (PTE) di poco superiori ai limiti di legge, a causa della distribuzione di compost di bassa qualità o di deposizione di prodotti della combustione di rifiuti o plastiche agricole.

In queste condizioni, è stata verificata a scala di pieno campo l'efficacia della canna comune (*A. donax*) in programmi di fitoestrazione assistita. È stato previsto l'uso di materiali economici (compost dalla frazione organica dei rifiuti solidi urbani e bioregolatori commerciali) per incrementare la biodisponibilità dei metalli e l'assorbimento radicale e l'adozione di tecniche colturali a bassi input (nessuna irrigazione, fertilizzazione o trattamenti antiparassitari) al fine di verificare la realistica applicabilità di tali tecniche.

Nel caso studio, è stato usato un suolo con bassa contaminazione di cadmio (3.1 mg/kg), fertilizzato con compost (20 t/ha) e coltivato con *A. donax* (2.7 rizomi/m<sup>2</sup>). I rizomi sono stati inoculati con un bioregolatore commerciale a base di *Trichoderma harzianum* A6.

Nel primo anno di crescita (maggio-novembre), la canna ha prodotto 12.8 t/ha di s.s. e la fertilizzazione con compost ha significativamente incrementato la produzione fino a 13.8 t/ha.

Sia il compost che l'inoculazione con *Trichoderma* hanno incrementato significativamente l'assorbimento di Cadmio e la sua traslocazione nelle foglie che sono risultate il sink preferenziale per l'accumulo di cadmio (ca. 68% del totale), mentre l'accumulo di cadmio nei culmi è stato più basso e non influenzato dai trattamenti.

Questo risultato è importante perché l'organo della pianta maggiormente richiesto per le utilizzazioni energetiche (cogenerazione, etanolo di II generazione) o industriali (carta, intermedi chimici per polimeri biodegradabili) è proprio il culmo.

Nei programmi di bonifica dei suoli contaminati, quindi, i culmi di canna potrebbero avere un valore economico, in quanto richiesti dalle industrie energetiche e chimiche, mentre le foglie potrebbero essere avviate a processi di decontaminazione dei metalli accumulati.

## **La posizione di U.P. nei processi di bonifica**

Donatella Giacometti  
UNIONE PETROLIFERA Ufficio Salute, Sicurezza e Ambiente

Con la legge delega in campo ambientale 69/2009 il Governo non ha apportato modifiche alla norma relativa alla bonifica dei siti contaminati contenuta nel D.Lgs. 152/06 "Norme in materia ambientale". Nonostante l'assenza di un intervento da parte del legislatore, il settore industriale resta chiuso tra due esigenze: il bisogno di avere un quadro giuridico di riferimento certo e più possibilmente stabile e la necessità di un perfezionamento della norma. Ciò per rendere più compatibile il procedimento amministrativo di bonifica con l'operatività dei siti produttivi e per un opportuno raccordo con la disciplina del danno ambientale per la soluzione dei casi più complessi di contaminazione storica. Inoltre occorre tener conto dell'evoluzione futura del settore della raffinazione, ormai in crisi strutturale, che porterà ad un aumento delle attività di dismissione nei prossimi anni. Strumento essenziale per il coordinamento degli interventi di bonifica e danno in siti complessi resta quello degli accordi volontari stipulati con il coinvolgimento diretto dei soggetti privati interessati. Altro elemento volto a migliorare gli interventi di bonifica è dato dall'attività di confronto delle esperienze del settore pubblico e privato per l'emanazione di linee guida tecniche.