

# BIOREMEDIATION, I RITARDI DELL'ITALIA

L'USO DI TECNOLOGIE IN SITU IN ITALIA È MINORITARIO, ANCHE IN RELAZIONE A QUANTO PRESCRIVE LA NORMATIVA. UN'APPLICAZIONE A PIÙ LARGA SCALA PERMETTEREBBE INTERVENTI PIÙ EFFICACI E SOSTENIBILI NEL LUNGO PERIODO.

**S**i stima che nell'Unione europea vi siano circa tre milioni di siti potenzialmente contaminati. Con la proposta di una direttiva quadro sul suolo (COM(2006) 232) e l'approvazione della direttiva sulla protezione delle acque sotterranee (2006/118), l'Unione europea ha reso la gestione dei siti contaminati una priorità politica. Dal 2004 l'Agenzia europea per l'ambiente (Eea) ha svolto un ampio lavoro sull'identificazione e classificazione dei siti contaminati [1-3] e l'Ue ha finanziato diverse "azioni coordinate" (Caracas, Clarinet, Sednet, Nicole, Eurodemo) finalizzate a ridurre la frammentazione delle informazioni sulle tecnologie di bonifica applicate, ad

ampliare l'utilizzo dell'analisi di rischio, a sviluppare raccomandazioni tecniche per la gestione sostenibile e il riutilizzo dei siti contaminati e, specialmente negli ultimi anni, a promuovere la messa a punto di tecniche di bonifica innovative e sostenibili.

In Italia vi sono oltre 18.000 siti contaminati [4], che occupano il 3% del territorio nazionale. Di questi, più di 5.000 sono di interesse regionale e più di 50 di interesse nazionale. Come mostrato in *figura 1*, la contaminazione di suoli, acque di falda, sedimenti e fanghi è dovuta principalmente a idrocarburi alifatici e aromatici, prevalentemente

di origine industriale e mediamente biodegradabili, e solamente per il 20-26% è dovuta a metalli pesanti.

Come mostrato nella *figura 2*, la bonifica di tali siti in Italia viene condotta per lo più attraverso tecniche *ex situ* di tipo convenzionale: per i suoli, prevale lo scavo e smaltimento in discarica (*dig & dump*), tecnica che considera il suolo come un rifiuto piuttosto che come una risorsa da risanare e riutilizzare; per le falde, domina ampiamente il *pump & treat*, spesso associato all'adsorbimento dei contaminanti su carboni attivi a perdere che vengono smaltiti in discariche. L'uso di tecnologie *in situ* rimane minoritario, anche per tecniche largamente utilizzate in altri paesi quali le barriere permeabili reattive, l'ossidazione chimica *in situ* e soprattutto il biorisanamento aerobico (*bioventing*, *biosparging*, biobarriere) e anaerobico (*Monitored and enhanced natural attenuation*). Tra le tecniche biologiche *in situ*, prevalgono i trattamenti aerobici mediante *bioventing* o l'utilizzo di composti a lento rilascio di ossigeno, si riscontrano inoltre alcuni casi di applicazione di processi riduttivi (decolorazione riduttiva dei solventi clorurati) [5].

La scarsa applicazione delle tecniche di bonifica *in situ*, comprese quelle biologiche, è dovuta a vari fattori tra cui prevale quello legato alla normativa. A questo riguardo è da evidenziare la scelta, di impronta conservativa, effettuata dal legislatore con il Dlgs 4/08, il quale impone per la falda ai confini di proprietà il rispetto delle Concentrazioni soglia di contaminazione (Csc) di cui al Dlgs 152/06. Tale condizione, oltre a determinare, nel caso di siti suddivisi in più proprietà, evidenti incongruenze e situazioni di difficile gestione, comporta quasi sempre la determinazione di obiettivi di bonifica per la falda, all'interno dell'area di proprietà (Concentrazioni soglia di rischio, Csr, di cui al Dlgs 152/06), pressoché uguali alle Csc e quindi molto

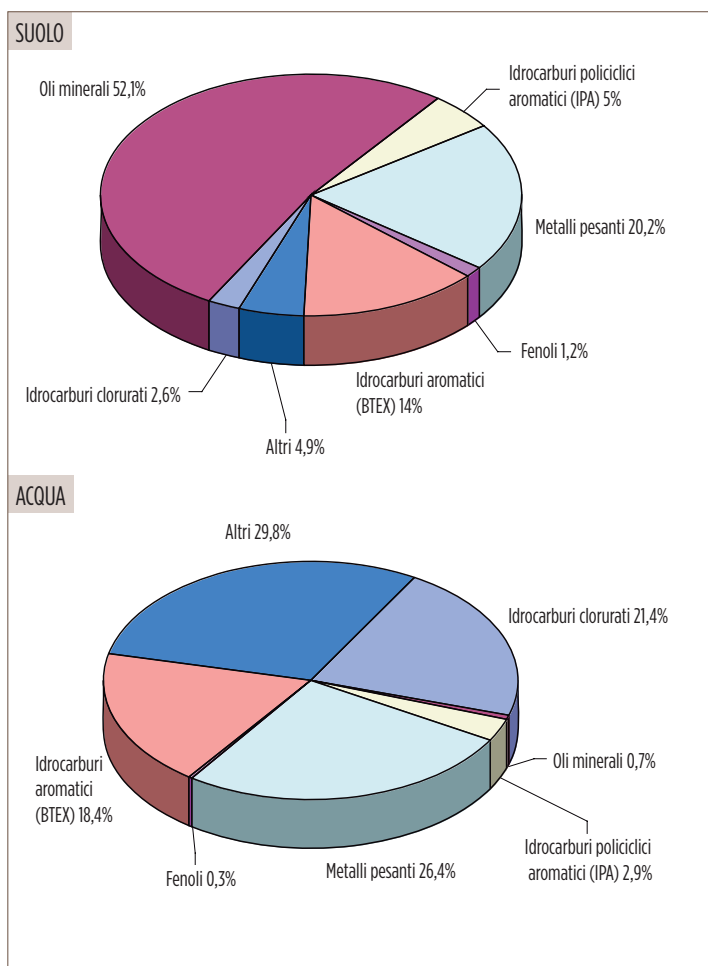


FIG. 1  
ORIGINE DELLA  
CONTAMINAZIONE

Origine della contaminazione dei suoli, sedimenti e fanghi (sopra) e delle acque di falda, superficiali e percolati (sotto) dei siti contaminati italiani[4].

stringenti e di difficile ottenibilità con tecnologie *in situ*, comprese quelle biologiche. La necessità di rispettare le Csc ai confini di proprietà impone l'utilizzo di sistemi di confinamento (idraulico o fisico) che intercettano le acque di falda in uscita dalla proprietà. L'adozione di tali sistemi, interrompendo il percorso di migrazione attraverso la falda, comporta la determinazione di Csr per la falda (secondo la metodologia Ispra [6,7]) relativamente elevate e tali da non rendere più necessari, nella maggioranza dei casi, ulteriori trattamenti sulla falda. In definitiva, l'adozione di un vincolo estremamente stringente sulle acque in uscita dal confine di proprietà (indipendentemente dalla effettiva presenza di recettori sensibili a valle, quindi con approccio che non tiene conto della sito specificità), porta quasi sempre all'adozione di soluzioni radicali per quanto riguarda il confinamento e queste non rendono più necessaria la realizzazione di efficaci interventi di bonifica della falda. In tanti casi quindi si tende a "chiudere" i contaminanti all'interno dell'area di proprietà senza che vengano messe in atto tecniche efficaci di riduzione della loro concentrazione. Inoltre, i sistemi di confinamento usualmente adottati (*pump & treat*, barriere fisiche + *pump & treat*) sono difficilmente sostenibili nel lungo periodo e sono tali da porre seri dubbi sulla effettiva positività di un bilancio complessivo condotto secondo i criteri del *life cycle assessment*. È anche da evidenziare che l'ipotesi di applicare, contemporaneamente al sistema di confinamento, tecniche *in situ* per la riduzione delle concentrazioni viene spesso scartata poiché non se ne intravede un'effettiva utilità in termini di riduzione del periodo di esercizio del sistema di confinamento, che rimarrebbe comunque estremamente elevato dati i valori di concentrazione estremamente stringenti da raggiungere nel sito che derivano dal vincolo delle Csc sul confine. Un approccio più razionale suggerirebbe invece di utilizzare il rispetto della Csc al confine di proprietà solo come condizione estremamente cautelativa in caso di assenza di informazioni sull'area a valle (principio di cautela), mentre quando tali informazioni esistono, queste andrebbero utilizzate per la valutazione degli obiettivi di bonifica specifici per la falda del sito. Ciò consentirebbe, in tanti casi, di spostare le ingenti risorse utilizzate per il confinamento verso interventi di bonifica più efficaci e senz'altro più sostenibili nel lungo periodo.

In questa ottica, sarebbero da ampliare le conoscenze sulle aree a valle idrogeologica rispetto alle aree contaminate e in particolare lo studio dei *plume* di contaminanti. Tale aspetto, che oggi è raramente preso in considerazione poiché si "guarda" soltanto fino ai confini di proprietà, permetterebbe di mirare meglio gli interventi di bonifica e di estendere sia alla bonifica che al monitoraggio l'applicazione dei metodi

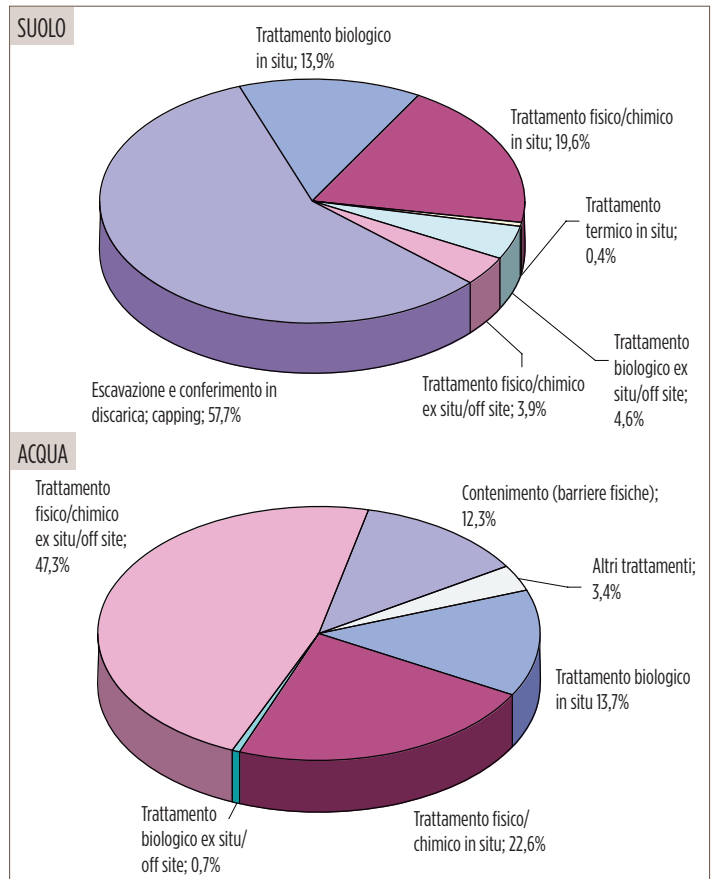
biologici, che presentano le caratteristiche per avere la massima sostenibilità ambientale.

Altri fattori che possono spiegare lo scarso utilizzo di tecnologie biologiche in Italia sono:

- l'elevata presenza, tra le aziende impegnate nella bonifica dei siti contaminati, di Pmi, tra le quali è più difficile che siano disponibili le competenze per gestire l'applicazione

FIG. 2  
TECNICHE  
DI BONIFICA

Frequenza di utilizzo delle diverse tecniche di bonifica per i suoli, sedimenti e fanghi (sopra) e per le acque di falda, superficiali e percolati (sotto) nei siti contaminati italiani[4].



delle tecnologie più complesse, vista anche la scarsa interazione tra aziende e università o centri di ricerca

- la diffidenza sull'efficacia e sulle tempistiche (specialmente in presenza di Napl, di contaminazioni storiche e di obiettivi di bonifica molto stringenti)
- la preoccupazione per gli eventuali metaboliti [5].

Per favorire l'estensione dell'applicazione dei metodi biologici di monitoraggio e bonifica dei siti contaminati, sarebbe importante che gli enti e/o il legislatore stabilissero obiettivi di bonifica più aderenti alle situazioni specifiche locali e quindi più realistici da raggiungere, eventualmente anche utilizzando le possibilità previste dal Dlgs 4/08 per l'uso di valori diversi dalle Csc al confine di proprietà.

Inoltre, da parte delle università e centri di ricerca, si ritiene utile:

- una maggiore partecipazione ad attività di sperimentazione in campo con razionalizzazione dei risultati ottenuti e loro divulgazione
- l'approfondimento delle conoscenze sull'uso di prodotti a lento rilascio di agenti riducenti e ossidanti (attualmente utilizzati con know-how di pochi produttori) e sull'uso di tensioattivi biocompatibili
- l'approfondimento delle conoscenze su batteri e funghi in grado di biodegradare inquinanti organici, con particolare attenzione ai composti recalcitranti (quali organoclorurati e distruttori endocrini) e al comportamento dei microrganismi in presenza di fasi non acquose separate (L-Napl e D-Napl)
- lo sviluppo di strumenti biotecnologico-molecolari in grado di integrare le conoscenze acquisibili in fase di caratterizzazione e di monitoraggio, ed eventualmente di consentire una più mirata progettazione dei trattamenti di bonifica.

**Dario Frascari<sup>1</sup>, Giulio Zanaroli<sup>2</sup>, Massimo Nocentini<sup>1</sup>, Fabio Fava<sup>2</sup>**

Facoltà di Ingegneria, Università di Bologna

1. Dipartimento di ingegneria chimica, mineraria e delle tecnologie ambientali (Dicma)

2. Dipartimento di ingegneria civile, ambientale e dei materiali (Dicam)  
fabio.fava@unibo.it

1 Immagine della Città della Scienza a Bagnoli, Napoli.

2 Museo del patrimonio industriale di Bologna, già fornace Galotti.



1

FOTO: FONDAZIONE IUS, CITTÀ DELLA SCIENZA



2

FOTO: MUSEO DEL PATRIMONIO INDUSTRIALE

## BIBLIOGRAFIA

[1] Quercia F., Vecchio A., Falconi M., Schamann M., Tarvainen T., Fons J. (ETCTE), *Objectives and Methodology*, EEA Technical Report, November 2005 ([http://eea.eionet.europa.eu/Public/irc/eionet-circle/te/library?l=/eionet\\_contaminated/technical\\_documentation&vm=detailed&sb=Title](http://eea.eionet.europa.eu/Public/irc/eionet-circle/te/library?l=/eionet_contaminated/technical_documentation&vm=detailed&sb=Title)).

[2] Quercia F., Falconi M., Vecchio A., Schamann M., Tarvainen T., Fons J. (ETCTE), *Analysis of EIONET consultation on data availability and relevance of Problem Areas assessment*, EEA Technical Report, May 2006 ([http://eea.eionet.europa.eu/Public/irc/eionet-circle/te/library?l=/collection\\_2006/2resultseionetconsultati/\\_EN\\_1.0\\_&a=d](http://eea.eionet.europa.eu/Public/irc/eionet-circle/te/library?l=/collection_2006/2resultseionetconsultati/_EN_1.0_&a=d)).

[3] EEA/ETCTE, *Guidelines for EIONET data collection on contaminated sites 2006*, July 2006 ([http://eea.eionet.europa.eu/Public/irc/eionet-circle/te/library?l=/collection\\_2006/guidelines2006\\_finaldoc/\\_EN\\_1.0\\_&a=d](http://eea.eionet.europa.eu/Public/irc/eionet-circle/te/library?l=/collection_2006/guidelines2006_finaldoc/_EN_1.0_&a=d)).

[4] Archivio del National Focal Point italiano della rete EIONET (European Environment Information and Observation Network) dell'Agenzia europea per l'ambiente (EEA), [www.sinanet.apat.it/it/nfp\\_it](http://www.sinanet.apat.it/it/nfp_it), e dell'Agenzia europea per l'ambiente sui suoli contaminati, [www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/soil-contamination-1](http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/soil-contamination-1).

[5] Majone M., Beretta G. P., Raffaelli L., Musmeci L., Mininni G. "Lo stato dell'arte della bonifica di siti contaminati", *Atti di Ecomondo 2006*.

[6] Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati, rev. 2, Ispra (ex Apat), maggio 2008.

[7] Protocollo Ispra-Inail (ex-Ispes) per la valutazione del rischio associato all'inhalazione di vapori e polveri, in ambienti aperti e confinati nei siti di bonifica, rev. 0, Ispra, ottobre 2010.