

# Nota Tecnica - Technical Note

not peer reviewed

## Procedures for the environmental remediation of contaminated sites in Italy: food for thought from the Roundtable at Flowpath 2021 in Naples

### *Procedure per il risanamento ambientale dei siti contaminati in Italia: spunti di riflessione dalla Tavola Rotonda di Flowpath 2021 a Napoli*

Diego Di Curzio<sup>a</sup> , Marco Rotiroti<sup>b</sup>, Elisabetta Preziosi<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Chair di ECHN-Italy, Membro del Comitato IAH-Italy, Università degli Studi "G. d'Annunzio" di Chieti-Pescara.

 email: [diego.dicurzio@unich.it](mailto:diego.dicurzio@unich.it)

<sup>b</sup> Membro del Comitato IAH-Italy, Università degli Studi di Milano-Bicocca - email: [marco.rotiroti@unimib.it](mailto:marco.rotiroti@unimib.it)

<sup>c</sup> Membro del Comitato IAH-Italy, Istituto di Ricerca sulle Acque - Consiglio Nazionale delle Ricerche (IRSA-CNR) - email: [elisabetta.preziosi@cnr.it](mailto:elisabetta.preziosi@cnr.it)

#### Riassunto

Questa nota tecnica segue la discussione scaturita durante la Tavola Rotonda sul tema "Esperienze e prospettive sulla contaminazione delle acque sotterranee: dalla caratterizzazione alle implicazioni legali", tenutasi durante il Convegno Nazionale Flowpath 2021, alla quale hanno partecipato esperti in materia di siti contaminati provenienti dal mondo accademico, professionale e degli enti pubblici.

L'obiettivo di questo contributo è sintetizzare e discutere le criticità emerse durante la Tavola Rotonda, partendo dalla descrizione dell'iter tecnico-amministrativo attualmente previsto dalla normativa italiana e delle misure suggerite per ciascuna fase del processo di risanamento ambientale.

#### Abstract

*This technical note follows the discussion that took place during the Roundtable on "Experiences and perspectives on groundwater contamination: from characterization to legal implications", held during the National Conference Flowpath 2021, which was attended by experts in the field of contaminated sites from the academic, professional, and public sectors.*

*This contribution aims at summarizing and discussing the critical points emerged during the Roundtable, starting from the description of the technical-administrative procedure currently required by the Italian legislation and the measures suggested for each phase of the environmental remediation process.*

**Keywords:** groundwater, contaminated sites, remediation, procedures, environmental regulations

**Parole chiave:** acque sotterranee, siti contaminati, disinquinamento, procedure, normativa ambientale

Copyright: © 2022 by the authors.

License Associazione Acque Sotterranee.

This is an open access article under the CC BY-NC-ND license:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

#### Introduzione

La crescita economica globale degli ultimi cinquant'anni (World Economics 2014) è stata in buona parte possibile grazie alla sintesi di composti chimici organici e inorganici, che sono stati utilizzati in una moltitudine di settori: dal tessile, all'elettronico, al chimico, al farmaceutico. La combinazione dell'utilizzo su vasta scala, una scarsa sensibilità ambientale e la pressoché totale mancanza di normative chiare e ben definite, hanno causato la presenza massiva di queste sostanze nelle matrici ambientali quali aria, acqua e suolo.

Oltre a rappresentare una severa minaccia sia per la salute umana che per gli ecosistemi, la contaminazione ambientale limita fortemente l'accesso alla risorsa idrica di buona qualità, che è prevalentemente rappresentata dalle acque sotterranee (UN-WWAP 2015).

Per questi motivi, il risanamento ambientale oggi rimane una delle maggiori priorità a livello globale ed è una sfida che sia l'Unione Europea (UE) che l'Organizzazione delle Nazioni Unite (ONU) intendono vincere entro i prossimi decenni. Infatti, sia l'Action Plan "Towards Zero Pollution for Air, Water and Soil" nell'ambito del Green Deal Europeo (European Commission 2019, 2021) che i Sustainable Development Goals (United Nations 2015), in particolare modo il SDG3 "Good health and well-being", il SDG6 "Clean water and sanitation" ed il SDG15 "Life on land", vanno proprio in questa direzione.

Ad oggi, però, le pratiche per risanamento ambientale ed il disinquinamento sono definite da normative nazionali. In Italia, il Decreto Legislativo n° 152 del 3 Aprile 2006 (D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.), definisce un iter tecnico-amministrativo ad hoc finalizzato proprio alla bonifica dei siti contaminati (Parte IV, Titolo V).

Con quasi 35,000 siti contaminati su scala nazionale (ISPRA 2021), di cui più di 16,000 ancora attivi, è lecito porre la questione dell'effettiva efficacia dell'iter definito nel D.Lgs. 152/06, soprattutto nell'ottica del riutilizzo di tali siti contaminati e della risorsa idrica sotterranea (Confindustria 2016). Per porre domande ad alcuni tra i maggiori esperti in Italia sul tema, il gruppo italiano dell'Early Career Hydrogeologists' Network (ECHN-Italy) ha organizzato una Tavola Rotonda sul tema "Esperienze e prospettive sulla

contaminazione delle acque sotterranee: dalla caratterizzazione alle implicazioni legali”, nell’ambito del convegno Nazionale Flowpath 2021, organizzato dalla Sezione Italiana dell’International Association of Hydrogeologists (IAH-Italy) lo scorso dicembre a Napoli. La Tavola Rotonda, moderata da Stefania Stevenazzi (Università degli Studi “Federico II” di Napoli) e Marco Rotiroti (Università degli Studi di Milano-Bicocca), ha visto la partecipazione di esperti sul tema della contaminazione ambientale e del disinquinamento, operanti in diversi settori: Giovanni Pietro Beretta (Università degli Studi di Milano), Mara Dal Santo (Stantec S.p.A.), Elena Leale (AECOM URS Italia S.p.A.) e Fabio Pascarella (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale-ISPRA).

A valle della discussione scaturita durante la Tavola Rotonda, questa nota tecnica mira a sintetizzare e discutere le criticità emerse, partendo dalla descrizione dell’iter tecnico-amministrativo attualmente previsto dalla normativa italiana e dagli interventi e misure suggeriti per ciascuna fase del processo di risanamento ambientale (ISPRA 2018).

### **La procedura per il ripristino ambientale secondo la legge**

La procedura prevista per il risanamento ed il ripristino delle matrici ambientali (i.e., suolo e acque sotterranee) viene descritta nel Titolo V “Bonifica dei siti contaminati” della Parte IV del D.Lgs. 152/06 e nei relativi Allegati (schematizzata in Figura 1). Nella descrizione sintetica riportata di seguito, non verranno citate le tempistiche previste dalla normativa, in quanto non oggetto di questa nota tecnica.

Tale iter è concepito sulla base del principio “chi inquina paga” e può essere attivato in casi di incidente o “evento potenzialmente in grado di contaminare il sito”, oppure a seguito della evidenza di “contaminazioni storiche”, sia dai responsabili della contaminazione (i.e., secondo l’Art. 242) che da soggetti non responsabili (i.e., secondo l’Art. 245) che possono eventualmente essere interessati alla bonifica.

Una volta intraprese le necessarie misure di prevenzione (MIPRE) o Messa In Sicurezza d’Emergenza (MISE), è richiesta un’indagine preliminare con l’obiettivo di verificare se le concentrazioni delle sostanze inquinanti eventualmente presenti (i.e., contaminanti indice) superino le relative Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC), o Valori di Fondo naturale o antropico (VF), laddove siano stati definiti.

In caso di mancato superamento, si procede al ripristino della zona contaminata e quindi alla chiusura del procedimento, dopo un monitoraggio facoltativo a discrezione delle Autorità competenti. Qualora le concentrazioni dei contaminanti siano invece superiori alle relative CSC, il sito viene considerato “potenzialmente contaminato” e si rendono necessari ulteriori approfondimenti per individuare l’effettiva contaminazione ed eventualmente definire una strategia di risanamento efficace di suoli e acque sotterranee.

Per questo motivo, è richiesto dalla normativa un Piano di Caratterizzazione, che va definito sulla base dell’analisi di tutte le informazioni, anche di tipo storico, riguardante le attività svolte sul sito, ed i dati pregressi (i.e., Modello Concettuale Preliminare) e seguendo le indicazioni riportate

nella normativa (Allegato 2 alla Parte IV, Titolo V) e che deve essere approvato dalle Autorità competenti.

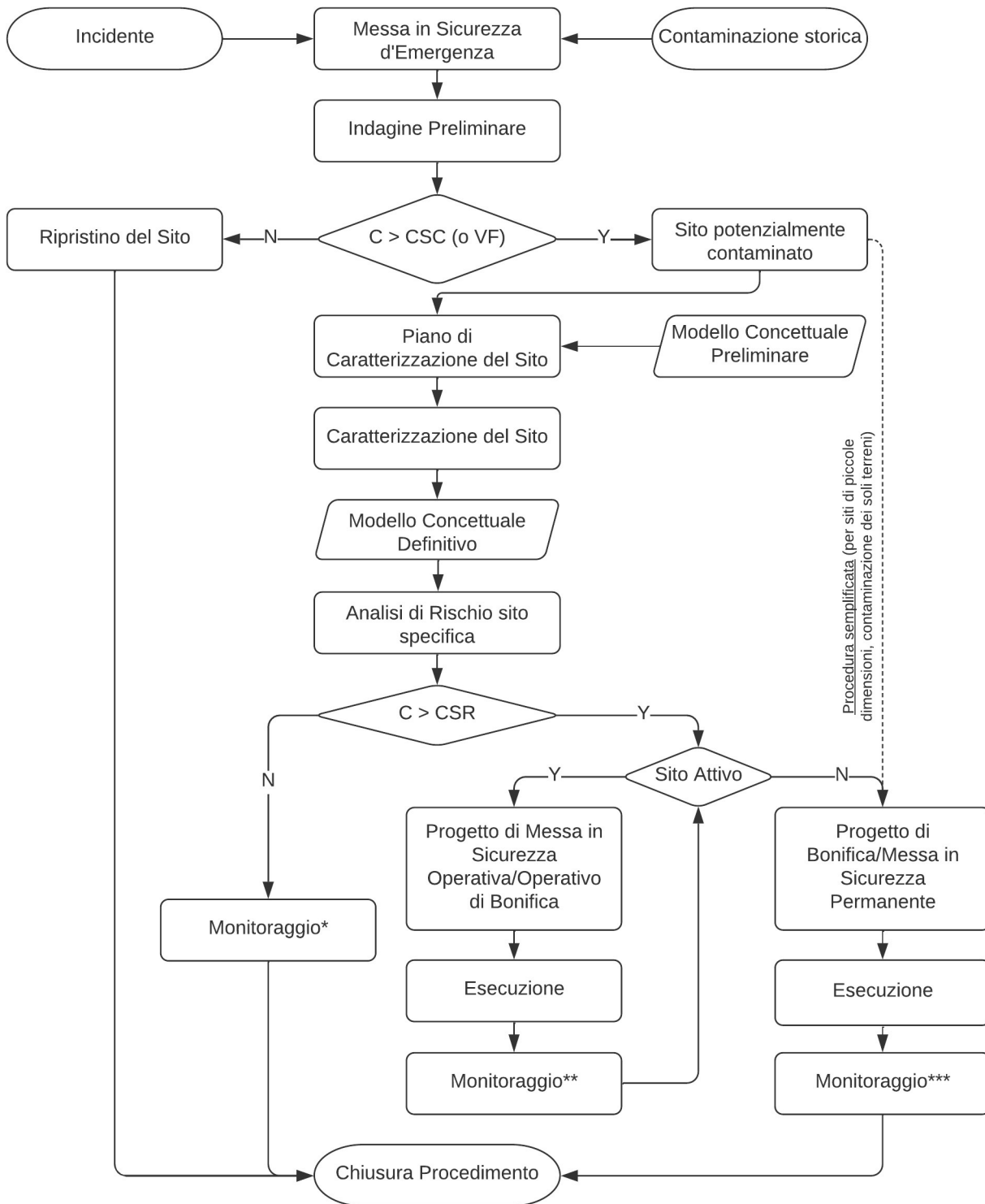
I dati raccolti durante la caratterizzazione eseguita sulla base del piano approvato, considerando anche indagini integrative richieste dalle Autorità competenti durante le fasi intermedie, serviranno per aggiornare il Modello Concettuale Preliminare. Presupposti fondamentali di questo aggiornamento, che porterà all’elaborazione di un Modello Concettuale Definitivo, sono: (i) la definizione delle caratteristiche del sito in termini di stato di attività e distribuzione delle potenziali sorgenti primarie di contaminazione, (ii) la ricostruzione dell’entità e la distribuzione dei fenomeni di contaminazione che coinvolgono le matrici ambientali (i.e., aria, suolo, acque superficiali e acque sotterranee) che costituiscono le sorgenti secondarie, e (iii) l’identificazione con un certo grado di affidabilità dei percorsi di migrazione dalle sorgenti di contaminazione ai bersagli individuati, sia nello scenario attuale che in quello futuro in previsione per il l’utilizzo dell’area.

In questo quadro, il modello idrogeologico di dettaglio dell’area interessata dalla contaminazione, che definisce le caratteristiche idrogeologiche dei diversi acquiferi presenti in quanto possibili percorsi di esposizione alle sostanze inquinanti, è il protagonista assoluto del Modello Concettuale Definitivo.

Il passo successivo è l’Analisi di Rischio (AdR) sito specifica (Allegato 1 alla Parte IV, Titolo V), che si basa proprio sul Modello Concettuale Definitivo e che mira a calcolare i livelli di contaminazione residua accettabili per i contaminanti indice, o Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR), sui quali si baseranno gli obiettivi degli interventi previsti nelle fasi successive dell’iter (i.e., Bonifica, Messa In Sicurezza Permanente, Messa In Sicurezza Operativa), da prevedere nei relativi progetti da sottoporre all’approvazione delle Autorità competenti.

L’analisi di rischio viene in prima istanza prodotta con un approccio inverso (backwards), partendo cioè da un rischio ritenuto accettabile per elementi e composti suddivisi in due grandi categorie (i.e., non cancerogeni e cancerogeni rispetto alla salute umana) e calcolando le concentrazioni in grado di garantirlo; per maggiore sicurezza, viene talora richiesto anche il calcolo del rischio mediante un approccio diretto (forward).

Le misure di mitigazione e ripristino ambientale vengono definite e adottate sulla base, tra le altre cose, dell’attività in essere sul sito (Allegato 3 alla Parte IV, Titolo V). Se il sito soggetto alla contaminazione è interessato da attività produttive in esercizio e la logistica di tali attività non lo permette, dovranno essere implementati interventi di Messa In Sicurezza Operativa (MISO), finalizzati a minimizzare o ridurre il rischio per la salute umana e per l’ambiente, mediante il contenimento delle sostanze contaminanti all’interno del sito (i.e., entro una determinata distanza individuabile come Punto di Conformità-POC), e alla graduale eliminazione della contaminazione. Nel caso in cui la logistica delle attività produttive in atto nel sito lo permettesse, si potrebbe anche procedere con un vero e proprio Progetto Operativo di Bonifica (POB). Quando il sito invece non è più attivo, potranno essere



\* Facoltativo, a discrezione delle Autorità competenti.

\*\* Con riferimento agli obiettivi definiti nel Progetto di Messa in Sicurezza Operativa/Operativo di Bonifica.

\*\*\* Con riferimento agli obiettivi definiti nel Progetto di Bonifica/Messa in Sicurezza Permanente.

Fig. 1 - Flowchart summarizing the environmental remediation and restoration procedure provided for by Legislative Decree 152/06.

Fig. 1 - Diagramma di flusso che descrive sinteticamente la procedura di risanamento e ripristino ambientale prevista dal D.Lgs. 152/06.

attuati interventi di ripristino ambientale definitivi come la Bonifica o la Messa In Sicurezza Permanente (MISP), qualora non fosse possibile procedere con un disinquinamento vero e proprio. In entrambi i casi precedentemente descritti, è necessario predisporre un monitoraggio ad hoc, da estendere nel tempo secondo le prescrizioni stabilite dagli Enti di controllo.

Infine, solo nel caso di siti contaminati di piccole dimensioni (i.e., con superficie inferiore a 1000 m<sup>2</sup>), è possibile operare mediante la Procedura semplificata (i.e., secondo l'Art. 242-bis e l'Allegato 4 alla Parte IV, Titolo V) e in presenza della sola contaminazione dei terreni, è possibile procedere alla bonifica diretta riferendosi alle CSC, ossia evitando l'AdR (Fig. 1).

Per ciascuna delle fasi dell'intero iter di risanamento ambientale, ossia MISE, MISO, MISP e Bonifica, sia l'Allegato 3 alla Parte IV, Titolo V del D.Lgs. 152/06 che la "Matrice di screening delle tecnologie di bonifica" proposta dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA 2018), così come US-EPA (1994), suggeriscono una serie di misure ed interventi, da scegliere in funzione di:

- efficacia nel raggiungere gli obiettivi finali (e.g., concentrazioni residue per la Bonifica);
- tempi di esecuzione;
- impatto sull'ambiente circostante;
- sostenibilità economica, in termini di rapporti costi benefici.

Vanno inoltre favoriti interventi in situ o on site e il riutilizzo del suolo, dei materiali di risulta e delle acque estratte come materiali all'interno del sito o nei cicli produttivi, in modo da favorire anche la sostenibilità ambientale.

La Tabella 1 raggruppa gli interventi suggeriti nei due documenti in macrocategorie per fornire una visione di insieme delle principali tipologie di misure o interventi disponibili per ciascuna fase dell'iter di bonifica. Nel caso delle acque sotterranee, escludendo interventi di rimozione delle sorgenti primarie di ulteriore contaminazione, di regimazione idraulica e di early warning (Interventi di altro tipo), risulta evidente che gli interventi di tipo Chimico-fisico sono i più numerosi, nonché presenti in maniera trasversale tra le varie fasi, soprattutto quelli di tipo idraulico che prevedono l'utilizzo di pozzi o trincee (i.e., barriere idrauliche e Pump & Treat). Ben rappresentati sono anche gli interventi di tipo biologico, mentre quelli di tipo termico sono prettamente riservati al disinquinamento della matrice solida per composti recalcitranti ad altri trattamenti meno invasivi.

## Le criticità emerse dalla Tavola Rotonda

La discussione intavolata con gli esperti ha interessato il processo di risanamento ambientale secondo D.Lgs. 152/06 e s.m.i. a 360 gradi, mettendo in evidenza diversi aspetti critici e spunti di riflessione, seppur in un contesto di sostanziale efficacia.

In primis, è stata evidenziata la totale assenza di una direttiva europea in materia di bonifica dei siti contaminati e risanamento delle matrici ambientali, che fornisca delle adeguate linee di indirizzo omogenee nei diversi Stati Membri

per affrontare questa importante sfida globale.

La discussione si è quindi spostata sul caso Italia, dove si è assistito ad un'evoluzione della normativa, a partire dal D.M. 471/99, preceduto da alcune normative regionali, fino all'attuale D.Lgs. 152/06, con un sostanziale mutamento di paradigma sia per quanto riguarda la caratterizzazione dei siti contaminati che la loro bonifica. Dall'approccio iniziale di tipo idraulico/geotecnico, finalizzato a bloccare il contaminante e ad impedire la migrazione verso i possibili recettori o bersagli della contaminazione, si è passati ad una maggiore consapevolezza del ruolo preponderante che ricoprono l'eterogeneità idrogeologica del sottosuolo e la complessità biogeochimica connessa al problema della contaminazione. Questo è stato possibile anche grazie alle nuove tecniche per la caratterizzazione dei siti e alla aumentata precisione degli strumenti analitici, che permettono la rivelazione di concentrazioni anche molto basse (i.e., anche al di sotto dei mg/kg o µg/L), che in precedenza sfuggivano.

Questa evoluzione ha interessato anche la bonifica vera e propria, con l'introduzione di tecniche più avanzate, come ad esempio quelle che sfruttano gli ammendanti o i processi di attenuazione naturale (i.e., *Monitored Natural Attenuation-MNA*), che si sono aggiunte al tradizionale *Pump & Treat* (P&T). Tuttavia, questa transizione, che nel resto del mondo è ormai consolidata (US-EPA 2018), incontra ancora resistenze in Italia. Un esempio emblematico di questa evidenza è rappresentato dalla richiesta di conformità al confine del sito contaminato, o POC, per le acque sotterranee, richiesta dal D.Lgs. 152/06 (Allegato 1 alla Parte IV, Titolo V) nel caso di MISO o POB (i.e., ovvero se sussistono attività produttive nel sito). In questo caso, per tutelare gli utenti a valle idrogeologico, si applicano le CSC, o i VF, e non le CSR definite dall'Analisi di Rischio sito specifica, alle quali invece si fa riferimento per la matrice solida. Questa necessità costringe il proprietario del sito ad attuare misure che abbiano un effetto a breve termine e un'efficacia "certa". In un contesto culturale nel quale l'impedimento fisico al movimento della contaminazione è ancora visto come la soluzione più "sicura" – come suggerito anche dalla presenza pressoché trasversale tra le varie fasi dell'intero processo di bonifica di misure che prevedano l'utilizzo di barriere fisiche o idrauliche (Tab. 1) –, i sistemi di P&T adottati durante la MISE e la MISO vengono mantenuti in opera per decenni senza mai attuare una vera bonifica e risolvere la contaminazione nel sito, facendo lievitare il costo complessivo degli interventi e causando un depauperamento della risorsa idrica sotterranea (Sottani et al. 2021). Questa situazione si verifica a causa delle condizioni idrogeologiche (i.e., eterogeneità del sottosuolo, interazione dei contaminanti con la matrice solida, etc.) e dei ridotti valori obiettivo da raggiungere (i.e., CSC anche inferiori al µg/L).

Un'altra importante proposta emersa durante la discussione è stata quella di installare sui siti sottoposti a bonifica, ove possibile, impianti per la produzione di energia rinnovabile, per ridurre ulteriore consumo di suolo e ridare valore economico al sito. Questo tipo di installazione proposta si inquadra negli elementi cardine della "*Green Remediation*",

Tab. 1 - Suggested measures and actions for each stage of the remediation process (RI 2006; ISPRA 2018).

Tab. 1 - Misure ed interventi relativi alle diverse fasi del processo di bonifica suggeriti (RI 2006; ISPRA 2018).

Tipologia	MISE	MISO	Bonifica/MISP
Interventi di tipo Chimico-fisico	<p>Acque sotterranee</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Dual/Multi Phase Extraction mediante pozzi e/o trincee</li> </ul>	<p>Suolo</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Soil Venting</li> <li>– Soil Vapour Extraction</li> </ul> <p>Acque sotterranee</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Barriere o diaframmi verticali in acciaio o altri materiali impermeabili</li> <li>– Sistemi di impermeabilizzazione sotterranei e di immobilizzazione degli inquinanti</li> <li>– Barriere idrauliche costituite da pozzi e/o trincee drenanti</li> <li>– Air Stripping</li> <li>– Soil Vapour Extraction</li> <li>– Dual/Multi Phase Extraction mediante pozzi e/o trincee</li> <li>– Barriere permeabili reattive</li> </ul>	<p>Suolo</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•In situ: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Ossidazione chimica</li> <li>– Ossidazione elettrochimica</li> <li>– Separazione elettrocinetica</li> <li>– Soil Flushing</li> <li>– Soil Vapour Extraction</li> <li>– Solidificazione/Stabilizzazione</li> </ul> </li> <li>•Ex situ: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Estrazione chimica</li> <li>– Ossidazione/riduzione chimica</li> <li>– Dealogenazione</li> <li>– Separazione</li> <li>– Soil Washing</li> <li>– Solidificazione/Stabilizzazione</li> </ul> </li> </ul> <p>Acque sotterranee</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•In situ: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Air Sparging</li> <li>– Ossidazione chimica</li> <li>– Ossidazione elettrochimica</li> <li>– In-Well Air Stripping</li> <li>– Dual/Multi Phase Extraction</li> <li>– Barriere permeabili reattive</li> </ul> </li> <li>•Ex situ: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Processi di ossidazione avanzata</li> <li>– Air Stripping</li> <li>– Carboni attivi</li> <li>– Pump &amp; Treat</li> <li>– Scambio ionico</li> </ul> </li> </ul>
Interventi di tipo Biologico			<p>Suolo</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•In situ: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Bioventing</li> <li>– Bioremediation (aerobica)</li> <li>– Bioremediation (anaerobica)</li> <li>– Phytoremediation</li> </ul> </li> <li>•Ex situ: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Biopile</li> <li>– Compostaggio</li> <li>– Landfarming</li> <li>– Bioreattori</li> </ul> </li> </ul> <p>Acque sotterranee</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•In situ: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Bioremediation</li> <li>– Attenuazione naturale monitorata</li> <li>– Phytoremediation</li> </ul> </li> <li>•Ex situ: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Bioreattori</li> <li>– Lagunaggi</li> </ul> </li> </ul>
Interventi di tipo Termico			<p>Suolo</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•In situ: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Trattamento termico</li> </ul> </li> <li>•Ex situ: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Incenerimento/Pirolisi</li> <li>– Desorbimento termico</li> </ul> </li> </ul>
Interventi di altro tipo	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Rimozione potenziali sorgenti di contaminazione (es. sostanze pericolose sversate, rifiuti ammassati in superficie, contenuto di vasche, bidoni o container abbandonati)</li> <li>– Copertura superficiale (Capping)</li> <li>– Regimentazione acque superficiali</li> <li>– Costruzione e stabilizzazione di argini</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Sistemi di pronto intervento in caso di incidente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Copertura superficiale (Capping)</li> <li>– Scavo e smaltimento in discarica</li> </ul>



caratterizzata dalla necessità di ridurre l'impronta ambientale anche delle azioni di bonifica.

### Quali indirizzi per il futuro?

Il fruttuoso dialogo con gli esperti, dal quale sono emerse le criticità appena descritte, ha messo in evidenza alcune necessità, in particolare:

1. l'esigenza di una direttiva comunitaria ad hoc che fornisca indicazioni chiare in merito alle procedure da attuare per bonificare i siti contaminati, che sono decine di migliaia su tutto il territorio urbanizzato europeo, e risanare le matrici ambientali in maniera efficace e che permetta di contribuire in maniera sostanziale agli obiettivi definiti dal *Green Deal* europeo e dai *Sustainable Development Goals* dell'Organizzazione delle Nazioni Unite;
2. un'ulteriore promozione dell'utilizzo di tecnologie di disinquinamento avanzate diverse dalle tradizionali soluzioni impiantistiche, che si basino sulla sinergia tra tutti gli attori implicati (i.e., soggetti privati, enti pubblici e tecnici) e su una conoscenza dettagliata delle caratteristiche geologiche, idrogeologiche e biogeochimiche dei siti contaminati, utilizzando dati sperimentali di elevata qualità, prodotti dalle nuove tecnologie di esplorazione diretta e indiretta del sottosuolo;
3. la promozione di competenze tecnico-scientifiche adeguate a definire un modello concettuale del sito oggetto della contaminazione affidabile, che possa contribuire in maniera sostanziale alla progettazione e implementazione degli interventi di bonifica, che passano inevitabilmente per la valorizzazione della figura dell'idrogeologo in un contesto multidisciplinare;
4. in ultimo, ma non per importanza, l'emanazione di linee guida per la promozione delle aree oggetto di interventi di bonifica e risanamento ambientale ai fini della riduzione dell'impatto, ad esempio mediante la produzione di energia rinnovabile per il funzionamento degli interventi *in situ*, in modo da trasformare un problema ambientale e logistico in un'opportunità di sviluppo sostenibile.

### Ringraziamenti:

Gli Autori ringraziano il Prof. Giovanni Pietro Beretta per la revisione di questa nota tecnica, che ne ha decisamente incrementato la qualità e la completezza. Si ringraziano altresì Mara Dal Santo, Elena Leale e Fabio Pascarella, intervenuti durante la Tavola Rotonda, per il loro prezioso contributo a questa rilevante discussione.

### BIBLIOGRAFIA

- Confindustria (2016) Dalla bonifica alla reindustrializzazione – Analisi, criticità, proposte. [https://www.confindustria.it/wcm/connect/31b3856f-7aac-4022-9382-84b187b1eace/Confindustria+Dalla+Bonifica+alla+Reindustrializzazione+e+settembre+201.pdf?MOD=AJPERES&CONVERT\\_TO=url&CACHEID=ROOTWORKSPACE-31b3856f-7aac-4022-9382-84b187b1eace-mnICLWb](https://www.confindustria.it/wcm/connect/31b3856f-7aac-4022-9382-84b187b1eace/Confindustria+Dalla+Bonifica+alla+Reindustrializzazione+e+settembre+201.pdf?MOD=AJPERES&CONVERT_TO=url&CACHEID=ROOTWORKSPACE-31b3856f-7aac-4022-9382-84b187b1eace-mnICLWb)
- European Commission (2019) The European Green Deal. COM(2019) 640.
- European Commission (2021) EU Action Plan: "Towards Zero Pollution for Air, Water and Soil". COM(2021) 400. <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/2000KG7K.PDF?Dockey=2000KG7K.PDF>
- ISPRA (2018) Matrice di screening delle tecnologie di bonifica (Revisione 2018). [https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/suolo-e-territorio/siti-contaminati/Matrice\\_tecnologie\\_ISPRA\\_rev2018.pdf](https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/suolo-e-territorio/siti-contaminati/Matrice_tecnologie_ISPRA_rev2018.pdf)
- ISPRA (2021) Lo stato delle bonifiche dei siti contaminati in Italia: i dati regionali - Edizione 2021. ISPRA, Rapporti 337/21. [https://www.isprambiente.gov.it/files2021/pubblicazioni/rapporti/rapporto\\_bonifiche\\_siti\\_locali.pdf](https://www.isprambiente.gov.it/files2021/pubblicazioni/rapporti/rapporto_bonifiche_siti_locali.pdf)
- Repubblica Italiana (2006) Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 Norme in materia ambientale. Gazzetta Ufficiale 88. <http://www.camera.it/parlam/leggi/deleghe/06152dl.htm>
- Sottani A, Merlin A, Cerutti P (2021) La rinnovabilità della risorsa idrica sotterranea negli interventi di disinquinamento: presupposti giuridici ed implicazioni tecniche di sostenibilità ambientale [The renewability of the groundwater resource in clean-up interventions: legal assumptions and technical implications of environmental sustainability]. *Acque Sotterranee - Italian Journal of Groundwater*, 10(4), 47–54. <https://doi.org/10.7343/as-2021-540>
- United Nations (2015). Sustainable Development Goals website: <https://sdgs.un.org/goals>
- UN-WWAP (2015) The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World. UNESCO, Paris. <http://www.unesco.org/new/en/naturalsciences/environment/water/wwap/wwdr/2015-water-for-a-sustainable-world>
- US-EPA (1994) Remediation Technologies Screening Matrix and Reference Guide, 2nd Edition, October 1994.
- US-EPA (2018) Examples of Groundwater Remediation at NPL Sites. EPA 542-R-18-002. [https://www.epa.gov/sites/default/files/2018-05/documents/examples\\_of\\_groundwater\\_remediation\\_at\\_npl\\_sites.pdf](https://www.epa.gov/sites/default/files/2018-05/documents/examples_of_groundwater_remediation_at_npl_sites.pdf)
- World Economics (2014) World Economics: Global Growth Tracker. [https://www.worldeconomics.com/Pages/Subscriber-Login.aspx?F=/papers/Global%20Growth%20Monitor\\_7c66ffca-ff86-4e4c-979d-7c5d7a22ef21.paper](https://www.worldeconomics.com/Pages/Subscriber-Login.aspx?F=/papers/Global%20Growth%20Monitor_7c66ffca-ff86-4e4c-979d-7c5d7a22ef21.paper)