ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

Tesi di tirocinio di formazione e orientamento

(Convenzione stipulata tra ISPRA e Fondazione CRUI)

Approfondimento delle tecnologie di bonifica in situ

Ing. Ilaria Masciotra

Tutor ISPRA: *Patrizia Scotto di Carlo*

Data	Firma tirocinante	Firma tutor ISPRA	Firma Responsabile Servizio ISPRA

Abstract

Il presente lavoro è stato svolto al fine di definire lo stato di applicazione delle diverse tecnologie di bonifica impiegate nei siti contaminati. Sono state prese in esame le tecnologie proposte dai soggetti privati e/o responsabili delle aree ricadenti all'interno del perimetro dei Siti di Interesse Nazionale.

Lo studio dei progetti di bonifica presentati ha consentito di schematizzare le modalità d'intervento proposte e di confrontarle con le tecnologie impiegabili in relazione al tipo di contaminazione.

Nell'ambito della studio è stato sviluppato un utile strumento per la rapida consultazione delle diverse soluzioni progettuali in relazione alla tipologia di matrice contaminata e alle sostanze inquinanti. Tale strumento consente, se ulteriormente implementato, di avere un quadro attualizzato del grado di diffusione delle diverse tecnologie e di valutarne l'efficacia sulla base degli esiti del monitoraggio degli interventi stessi.

INDICE

1. Introduzione 3
2. La normativa nazionale sulle bonifiche dei siti contaminati 4
3. I Siti di Interesse Nazionale 7
3.1 Interventi sui siti di interesse nazionale: lo stato delle procedure di bonifica 8
4. Le principali tecniche di bonifica 11
4.1 Aspetti tecnici condizionanti l'applicabilità delle tecnologie 14
5. Stato dell'arte: i progetti analizzati 16
5.1 Tecnologia di bonifica in situ per il trattamento delle acque di falda: le Barriere Permeabili Reattive 24
6. Conclusioni 30
Bibliografia 34
Allegati 35
Allegato 1: Caratteristiche dei Siti d'Interesse Nazionale 35
Allegato 2: Tabella riepilogativa degli interventi 38
Allegato 3: Esempio di scheda progetto elaborata 46

1. Introduzione

Il presente lavoro è stato svolto al fine di definire lo stato di applicazione delle diverse tecnologie di bonifica impiegate nei siti contaminati.

Sono state prese in esame le tecnologie proposte dai soggetti privati e/o responsabili delle aree ricadenti all'interno del perimetro dei Siti di Interesse Nazionale.

É stata effettuata l'analisi delle tecnologie proposte nell'ambito dei Siti di Interesse Nazionale di maggior rilievo per gli obiettivi dello studio; tali siti sono quelli di meno recente individuazione, in cui l'iter procedurale è in uno stato avanzato.

Sulla base degli elaborati progettuali disponibili, sono state individuate le tecnologie di bonifica maggiormente utilizzate.

Lo studio dei progetti di bonifica presentati ha consentito di schematizzare le modalità d'intervento proposte, associate alla contaminazione riscontrata in fase di caratterizzazione per il sito specifico, e di confrontarle con le tecnologie impiegabili in relazione al tipo di contaminazione, così come individuate dall'ISPRA nella "matrice di screening per la selezione delle tecnologie di bonifica".

Quanto emerso attraverso il presente studio deve essere commisurato ai soli progetti sopra menzionati, seppur rappresentativi dell'approccio progettuale recente in quanto i progetti presi in esame si riferiscono agli anni 2008-2012.

Nell'ambito della studio è stato inoltre sviluppato un utile strumento per la rapida consultazione delle diverse soluzioni progettuali in relazione alla tipologia di matrice contaminata e alle sostanze inquinanti. Tale strumento consente, se ulteriormente implementato, di avere un quadro attualizzato del grado di diffusione delle diverse tecnologie e di valutarne l'efficacia sulla base degli esiti del monitoraggio degli interventi stessi.

2. La normativa nazionale sulle bonifiche dei siti contaminati

Con il termine “sito contaminato” ci si riferisce a tutte quelle aree nelle quali, in seguito ad attività umane svolte o in corso, è stata accertata un'alterazione delle caratteristiche qualitative dei terreni, delle acque superficiali e sotterranee, le cui concentrazioni superano quelle imposte dalla normativa.

La legislazione relativa ai siti contaminati ha subito modifiche nel corso degli anni: il D.M. 471/99 “Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati”, è stato sostituito dal Titolo V “Bonifica di siti contaminati” della Parte Quarta del D.Lgs 152/06 che introduce novità sostanziali nella disciplina della bonifica dei siti contaminati.

Rispetto alla pre-vigente disciplina, il decreto mantiene i principi fondamentali sulla quale la stessa si basa, primo fra tutti quello di imputare al soggetto che ha causato l’inquinamento, ancor prima che al proprietario del sito, la responsabilità di procedere alla bonifica e di attuare un intervento sulla base di un progetto approvato dalle autorità competenti.

Sostanzialmente quindi il Titolo V del decreto legislativo 152/2006 s.m.i. costituisce attualmente il quadro normativo di riferimento in materia di bonifiche; nello specifico le disposizioni di cui al Titolo V (dall’art. 239 fino all’art. 253) dettano gli adempimenti per effettuare l’intero processo di bonifica. La norma si differenzia dal decreto precedente (D.M. 471/99) per l’introduzione di tre concetti principali (art. 240):

1. “Analisi di rischio sanitario e ambientale sito-specifica”: definita come l’analisi degli effetti sulla salute umana derivanti dall’esposizione prolungata all’azione delle sostanze presenti nelle matrici ambientali contaminate (eseguita secondo i criteri dell’Allegato I alla parte IV);
2. “Concentrazioni soglia di contaminazione - CSC”: definite come le concentrazioni al di sopra delle quali risulta necessario procedere alla caratterizzazione e all’analisi di rischio;
3. “Concentrazioni soglia di rischio - CSR”: intese come le concentrazioni, da determinare attraverso l’analisi del rischio sito-specifica, al di sopra delle quali risulta necessaria la messa in sicurezza e la bonifica. I valori delle concentrazioni ottenuti dall’analisi di rischio sito specifica sono quelli da considerare accettabili per il sito in esame in funzione della sua destinazione d’uso: al variare di quest’ultima si dovrà procedere con una nuova

determinazione del valore delle CSR. Le CSR rappresentano quindi l'obiettivo delle operazioni di bonifica.

L'introduzione dei concetti di analisi di rischio sito-specifica, CSC e CSR ha conseguentemente modificato le definizioni di sito potenzialmente contaminato (sito in cui uno o più valori di concentrazione delle sostanze inquinanti rilevate nelle matrici ambientali risultano superiori ai valori delle CSC) e sito contaminato (sito in cui uno o più valori delle CSR, determinate attraverso l'analisi di rischio sito-specifica di cui all'Allegato 1 della parte IV del decreto, risultano superati). Ciò dunque a differenza di quanto stabilito in precedenza nel DM 471/99 per il quale era sufficiente il superamento anche di uno solo dei parametri elencati nell'allegato a tale decreto, per considerare il sito contaminato e con conseguente obbligo di interventi di bonifica.

Nell'allegato 5 del Titolo V, Parte IV del D.Lgs. 152/06 sono riportate le tabelle con le concentrazioni soglia di contaminazione in relazione alle diverse destinazioni d'uso dei siti.

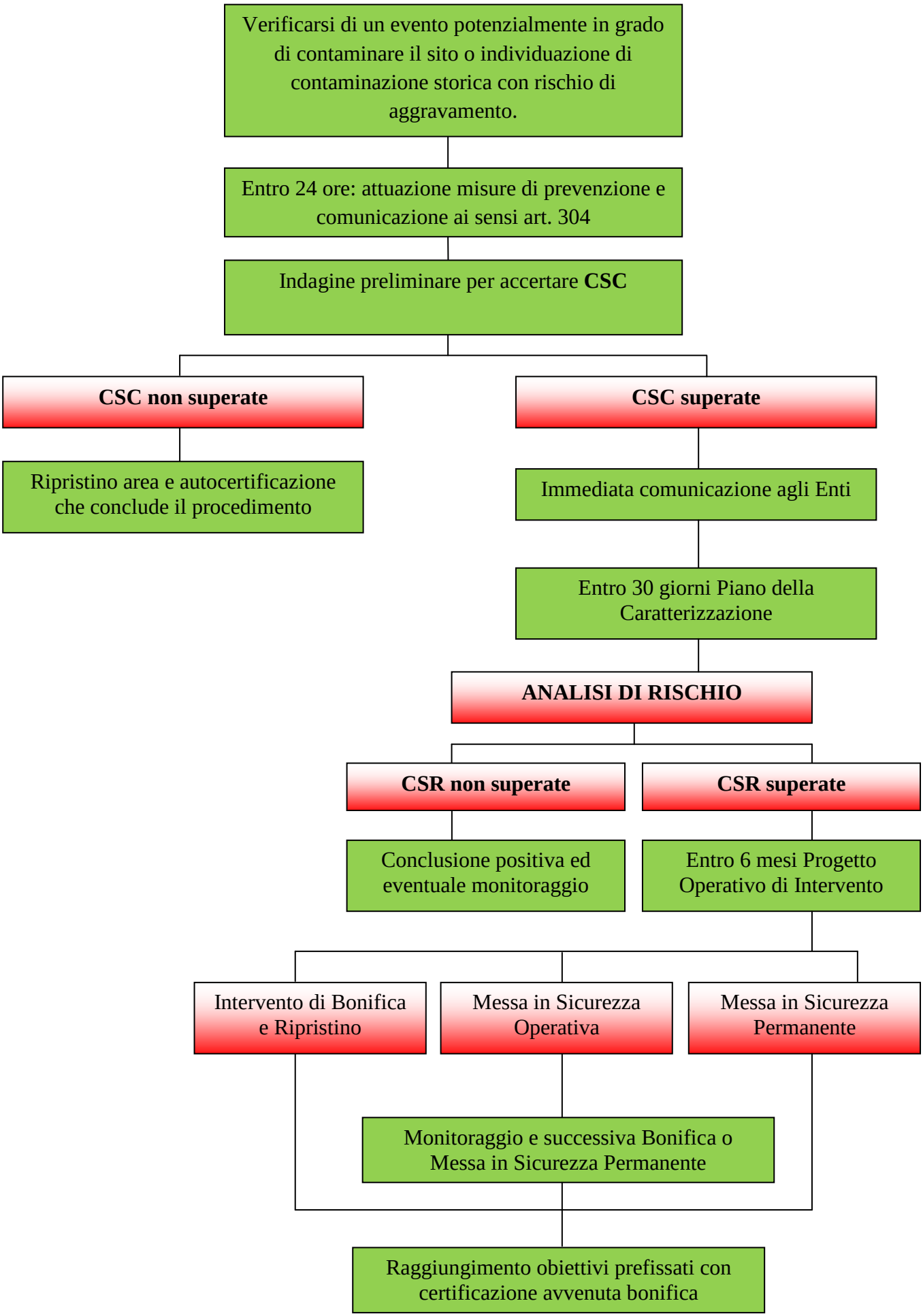
Nel concetto generale di bonifica rientrano tutte le attività che vanno della rimozione di una fonte inquinante al contenimento della diffusione dell'inquinamento. La normativa distingue e definisce le seguenti fasi (Art. 240):

- messa in Sicurezza d'Emergenza;
- messa in sicurezza operativa;
- messa in sicurezza permanente;
- bonifica;
- ripristino ambientale.

Per quanto riguarda le tecniche di bonifica, esse si distinguono in biologiche, chimiche, fisiche e termiche in funzione delle metodologie utilizzate. Inoltre esse possono essere ulteriormente suddivise in base al luogo in cui viene effettuato l'intervento. Nello stesso D.Lgs. 152/2006 (Allegato III al Titolo V), le tecnologie di bonifica vengono distinte in:

- interventi *in situ*;
- interventi *ex situ* (a loro volta differenziate in *on site* e *off site*).

Il seguente schema riassume le procedure operative ed amministrative per la bonifica ordinaria dei siti contaminati ai sensi del D.Lgs. 152/06.


Verificarsi di un evento potenzialmente in grado di contaminare il sito o individuazione di contaminazione storica con rischio di aggravamento.
Entro 24 ore: attuazione misure di prevenzione e comunicazione ai sensi art. 304
Indagine preliminare per accertare CSC
CSC non superate
CSC superate
Ripristino area e autocertificazione che conclude il procedimento
Immediata comunicazione agli Enti
Entro 30 giorni Piano della Caratterizzazione
ANALISI DI RISCHIO
CSR non superate
CSR superate
Conclusione positiva ed eventuale monitoraggio
Entro 6 mesi Progetto Operativo di Intervento
Intervento di Bonifica e Ripristino
Messa in Sicurezza Operativa
Messa in Sicurezza Permanente
Monitoraggio e successiva Bonifica o Messa in Sicurezza Permanente
Raggiungimento obiettivi prefissati con certificazione avvenuta bonifica

3. I Siti di Interesse Nazionale

I Siti d'Interesse Nazionale (SIN) sono aree del territorio nazionale individuate in relazione alle caratteristiche del sito, alle quantità e pericolosità degli inquinanti presenti, all'impatto sull'ambiente circostante in termini di rischio sanitario ed ecologico e di pregiudizio per i beni culturali ed ambientali.

L'articolo 252 del D.Lgs. 152/06 attribuisce al Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, sentito il Ministero delle attività produttive le procedure operative ed amministrative di bonifica alla competenza, le procedure operative ed amministrative di cui all'art. 242. Il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio può avvalersi anche dell'ISPRA, delle Agenzie regionali per la protezione dell'ambiente e dell'Istituto superiore di sanità nonché di altri soggetti qualificati pubblici o privati.

I SIN sono individuati e perimetrati con Decreto del Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, d'intesa con le regioni interessate.

La legislazione italiana riconosce quali Siti d'Interesse Nazionale (SIN) quelle aree in cui l'inquinamento di suolo, sottosuolo, acque superficiali e sotterranee è talmente esteso e grave da costituire un pericolo per la salute pubblica e per l'ambiente naturale. I SIN sono in generale zone industriali dismesse, aree in cui l'attività industriale è ancora attiva, porti, ex miniere, cave, discariche non conformi alla legislazione, discariche abusive.

Sul territorio nazionale sono attualmente presenti 57 Siti contaminati di Interesse Nazionale (SIN, Figura 1), perimetrati dal 1998 in poi sulla base di diverse leggi, ultima delle quali il Decreto Legislativo n.152 del 2006.

Il decreto di perimetrazione riporta le sostanze inquinanti riconosciute nel sito, riferite a diversi comparti ambientali (aria, acqua, suolo, catena trofica) e le modalità di esposizione (inalazione, ingestione, contatto).

I contaminanti maggiormente presenti all'interno dei SIN sono: diossine, idrocarburi policiclici aromatici, metalli pesanti, solventi organo clorurati e policlorobifenili (PCB).

Il totale della superficie interessata consiste in 1.800 km² di aree marine, lagunari e lacustri (il doppio della Laguna di Venezia e del Lago di Garda messi assieme) e 5.500 km² di aree terrestri (più della somma delle province di Milano, Pavia e Lodi), per un'estensione pari a circa il 3% del territorio nazionale.

I Comuni inclusi nei SIN sono oltre 300, con circa 9 milioni di abitanti.

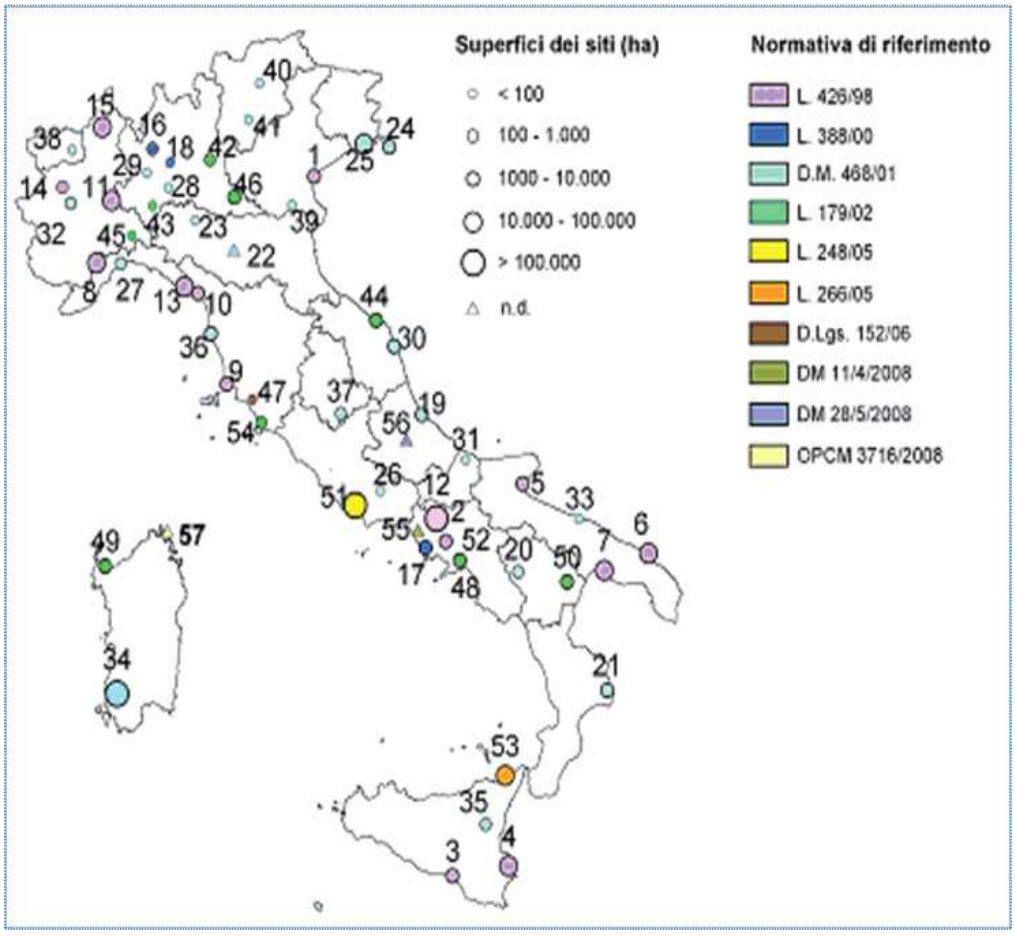


Figura 1: Localizzazione, superficie e legislazione di riferimento dei Siti di Interesse Nazionale (ISPRA, 2009)

3.1 Interventi sui siti di interesse nazionale: lo stato delle procedure di bonifica

Nel presente lavoro è riportato l'aggiornamento dello stato delle procedure di bonifica gestite dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare relativamente ai 57 Siti d'Interesse Nazionale fino al 2008.

Durante la prima fase dell'attività si è proceduto ad aggiornare i dati disponibili relativi al 2007, che si riferivano alle seguenti voci:

- ID_SIN (identificativo del SIN all'interno dell'archivio del Servizio Interdipartimentale per le Emergenze Ambientali dell'ISPRA);
- Nome Sito;
- Regione e Comune di appartenenza;
- Legge d'istituzione del SIN;
- Normativa di Perimetrazione;
- Perimetrazione totale e a terra (espressa in ettari);
- Matrici inquinate;

- Principali agenti inquinanti;
- Attività pregressa svolta nel sito.

Tali informazioni sono state integrate e aggiornate fino al 2008 utilizzando i dati presenti nell'Annuario dei Dati Ambientali (ISPRA, 2010) e nel Rapporto Bonifiche (Federambiente, 2010).

Nello specifico per ciascuno dei 57 SIN sono state riportate, in una tabella di sintesi, le informazioni sopra menzionate e le seguenti ulteriori informazioni:

- Perimetrazione totale;
- Perimetrazione a mare e a terra;
- Messa in sicurezza d'emergenza (%);
- Procedimenti avviati (%);
- Caratterizzazione avviata (%);
- Caratterizzazione conclusa (%);
- Progetto di bonifica proposto ma non approvato per suolo e acque (con AdR e senza AdR);
- Progetto di bonifica approvato per suolo e acque (con AdR e senza AdR);
- Inizio procedimento SIN;
- Matrici inquinate;
- Principali agenti inquinanti;
- Risorse stanziate (euro per difetto) – MATTM – D.M. n. 468/2001 – D.M. 308/2006;
- Attività svolta.

L'aggiornamento dei dati riferiti ai 57 SIN ha consentito di disporre di un quadro recente dello stato di attuazione delle bonifiche in tali siti.

A seguito della riperimetrazione e all'introduzione di due nuovi siti (elaborazioni dati ISPRA 2008) l'estensione complessiva dei SIN è risultata pari a 820.000 ha nel 2008, rispetto ai 681.000 ha del 2007.

Dai dati aggiornati riferiti al 2008 emerge che la caratterizzazione è stata attivata nel 16% della superficie complessiva e conclusa sulla stessa superficie in percentuale pari al 2%.

Le aree svincolate, a seguito della conclusione degli interventi di bonifica o per effetto della accertata assenza di contaminazione, costituiscono percentuali marginali nella maggior parte dei SIN (elaborazione dati ISPRA 2008 da: Confindustria, 2009).

I dati relativi al 2007 e al 2008 risultano di difficile confronto a causa della variazione delle superfici perimetrate e della diversa classificazione della attività di bonifica in seguito all'entrata in vigore del D.Lgs. 152/06.

Nel 2007 i dati si riferiscono alle seguenti fasi: approvazione del piano di caratterizzazione, del progetto preliminare e del progetto definitivo; nel 2008 si riferiscono alle voci: caratterizzazione avviata e conclusa, progetto proposto per terreno o acque con o senza analisi di rischio e progetto approvato per terreno o acque con o senza analisi di rischio.

La tabella realizzata costituisce l'allegato 1 al presente studio.

4. Le principali tecniche di bonifica

Le tecniche di bonifica si distinguono in: biologiche, chimiche, fisiche e termiche.

Nelle prime vengono generalmente impiegati microrganismi per i quali l'inquinante costituisce nutrimento ottenendo la degradazione dello stesso in anidride carbonica e acqua; le seconde, sfruttando specifiche reazioni chimiche, scompongono gli agenti inquinanti in sostanze meno tossiche; i trattamenti fisici, sfruttando le differenti caratteristiche del contaminante rispetto al mezzo inquinato, consentono una separazione della fase inquinante, la sua rimozione ed il successivo trattamento; attraverso i trattamenti termici infine si mira alla distruzione della sostanza inquinante o alla immobilizzazione nel mezzo che la contiene, per procedere alla successiva rimozione.

Tali tecniche possono essere classificate in base al luogo in cui viene effettuato l'intervento (in situ, ex situ). Lo stesso D.Lgs. n. 152/2006 nell'Allegato III al Titolo V, fa riferimento a questo criterio di classificazione.

Nella Tabella 2 sono riportate le principali tecniche di bonifica suddivise secondo i criteri di classificazione illustrati. Per ciascuna delle tecniche elencate, viene indicata la matrice ambientale in cui può essere impiegata: acque sotterranee e suolo (quindi senza distinzione fra suolo corticale e suolo insaturo ma evidenziando comunque la possibilità di utilizzo anche nel caso di suolo saturo).

La scelta del metodo di bonifica varia in funzione del tipo di inquinante, dell'estensione dell'inquinamento, della natura del mezzo contaminato e delle prestazioni di risanamento da conseguire. Nel caso di contaminazioni rilevanti ed estese vengono generalmente utilizzate più tecnologie.

In relazione all'utilizzo delle varie tecniche è importante considerare anche quanto le stesse siano consolidate o, di contro, vengano applicate ancora a livello sperimentale; nelle Tabelle 3 e 4, distinguendo rispettivamente tra tecniche di intervento *in situ* ed *ex situ*, viene fornita un'indicazione dell'attuale frequenza di impiego delle stesse a livello nazionale.

In relazione a ciò, è opportuno evidenziare, che qualsiasi intervento di bonifica *ex situ* richiede, necessariamente, una fase di escavazione preliminare al fine di prelevare la frazione di matrice terreno contaminata da avviare a trattamento.

Pur non rappresentando di per sé una tecnica di bonifica in senso compiuto, già la sola escavazione consente di rimuovere in genere rapidamente ma, soprattutto, radicalmente l'inquinamento.

Il limite delle attività di bonifica che comportano lo scavo del terreno, è rappresentato dai volumi di terreno da movimentare, dalla sua collocazione (in particolare la profondità fino alla quale si estende la contaminazione) e dalla conseguente necessità di trattamento e/o smaltimento della matrice così rimossa.

In alcuni casi è necessario prevedere procedure particolari per poter effettuare le attività di escavazione in condizioni di sicurezza.

Tecnica	Localizzazione	Metodologia utilizzata	Intervento	Matrice ambientale
Separazione (l'inquinante è separato dal mezzo inquinato e trattato)	In situ	Chimico-fisica	soil flushing; soil vapor extraction;dual phase extraction; air sparging; vagliatura; pump & treat	Suolo; Suolo-Acque; Sottosuolo; Acque sotterranee
		Termica	desorbimento; thermal enhanced (TEVES)	Suolo
		Biologica	soil washing	Suolo
	Ex situ	Chimico-fisica	soil washing; estrazione con solventi	Suolo
		Termica	desorbimento	Suolo
Trasformazione (l'inquinante è trasformato in sostanze meno pericolose o innocue)	In situ	Biologica	bioventing; biosparging; natural attenuation; barriere biologiche	Suolo; Suolo-Acque; Sottosuolo; Acque sotterranee
		Chimico-fisica	barriere permeabili reattive	Acque sotterranee
	Ex situ	Biologica	landfarming; biopile; bioslurry; inertizzazione	Suolo
		Chimico-fisica	trattamenti chimici; inertizzazione	Suolo
		Termica	incenerimento; pirolisi	Suolo
Immobilizzazione (l'inquinante viene immobilizzato o in una matrice o tramite trasformazione in sostanze meno mobili)	In situ	Chimico-fisica	solidificazione; contenimento	Suolo
		Termica	vetrificazione	Suolo
	Ex situ	Chimico-fisica	solidificazione	Suolo
		Termica	vetrificazione	Suolo

Tabella 2: Tecniche di bonifica (Fonte: Annuario dei dati ambientali, ISPRA 2010)

Tipologia di intervento in situ	Applicazione		
	Di pieno campo		Sperimentale
	Poche realizzazioni	Molte realizzazioni	
Pump & treat		☺	
Soil vapor extraction		☺	
Bioventing		☺	
Air sparging		☺	
Biosparging		☺	
Recupero prodotto libero		☺	
Multiphase extraction		☺	
Strippaggio in pozzo			😐
Landfarming		☺	
Soil flushing	☹		
Ossidazione chimica in situ	☹		
Riduzione chimica in situ			😐
Biorisanamento		☺	
Dealogenazione riduttiva			😐
Fratturazione idraulica			😐
Fitodepurazione	☹		
Solidificazione/stabilizzazione			😐
Barriere permeabili reattive	☹		
Enhanced pump and treat			😐
Elettromigrazione			😐
Trattamento termico			😐
Vetrificazione			😐
Monitoraggio attenuazione			😐

Tabella 3: Tecniche di bonifica *in situ* utilizzate attualmente in Italia (Fonte: Annuario dei dati ambientali, ISPRA 2010)

Tipologia di intervento ex situ	Applicazione		
	Di pieno campo		Sperimentale
	Poche realizzazioni	Molte realizzazioni	
Vagliatura		☺	
Soil washing		☺	
Biopile		☺	
Solidificazione/stabilizzazione	☹		
Estrazioni con solventi	☹		
Vetrificazione			😐
Smaltimento in discarica		☺	
Termodistruzione		☺	
Desorbimento termico	☹		
Pirolisi			😐
Strippaggio aria/acqua		☺	
Adsorbimento su carboni		☺	
Ossidazioni	☹		

Tipologia di intervento ex situ	Applicazione		
	Di pieno campo		Sperimentale
	Poche realizzazioni	Molte realizzazioni	
Scambio ionico	☹		
Filtrazione/precipitazione		☺	
Osmosi inversa	☹		
Biofiltri		☺	
Vetrificazione			😐

Tabella 4: Tecniche di bonifica *ex situ* utilizzate attualmente in Italia (Fonte: Annuario dei dati ambientali, ISPRA 2010)

4.1 Aspetti tecnici condizionanti l'applicabilità delle tecnologie

Gli interventi di bonifica devono essere condotti secondo alcuni criteri tecnici generali:

- privilegiare le tecniche di bonifica che riducono permanentemente e significativamente la concentrazione nelle diverse matrici ambientali, gli effetti tossici e la mobilità delle sostanze inquinanti;
- privilegiare le tecniche di bonifica tendenti a trattare e riutilizzare il suolo in situ o on site con conseguente riduzione dei rischi derivanti dal trasporto e conferimento in discarica di terreno inquinato;
- privilegiare le tecniche di bonifica o messa in sicurezza che blocchino le sostanze inquinanti in composti chimici stabili (ad esempio fasi cristalline stabili per i metalli pesanti);
- privilegiare le tecniche di bonifica che permettono il trattamento e il riutilizzo nel sito dei materiali eterogenei o di risulta utilizzati nel sito come materiali di riempimento;
- prevedere il riutilizzo del suolo e dei materiali eterogenei sottoposti a trattamenti off site sia nel sito medesimo che in altri siti che presentino le caratteristiche ambientali e sanitarie adeguate;
- privilegiare negli interventi di bonifica e ripristino ambientale l'impiego di materiali organici di adeguata qualità provenienti da attività di recupero di rifiuti urbani;
- evitare rischi igienico-sanitari per la popolazione durante lo svolgimento degli interventi;
- adeguare gli interventi di ripristino ambientale alla destinazione d'uso e alle caratteristiche morfologiche e paesistiche dell'area.

La selezione e l'esecuzione degli interventi di bonifica e ripristino ambientale, nonché l'individuazione delle migliori tecniche di intervento a costi sostenibili, applicabili in un determinato sito contaminato, sono correlate a numerose variabili sia di ordine generale, che sito-specifiche quali in particolare:

- il livello di protezione ambientale da conseguire;
- l'esistenza o meno di tecniche affidabili in grado di conseguire e mantenere nel tempo detti livelli di protezione;
- l'entità dei costi di progettazione, realizzazione, gestione e monitoraggio.

L'individuazione della specifica tecnologia di risanamento deve essere effettuata sulla base dei parametri che condizionano l'applicabilità dei diversi processi, quali:

- le caratteristiche della matrice (distribuzione granulometrica, contenuto di argilla e frazione di carbonio organico, umidità, PH, porosità, permeabilità, capacità di scambio cationico, potenziale di ossidoriduzione, nutrienti, presenza di biomassa adatta);
- le caratteristiche del sito (superficie e spessore da risanare, profondità della contaminazione dal piano campagna, profondità e gradiente idraulico della falda, conducibilità idraulica, trasmissività).

I fattori che incidono nella scelta delle possibili modalità operative sono dunque molteplici, un aspetto rilevante e fondamentale è l'applicabilità delle tecnologie in situ in relazione alle caratteristiche fisiche e chimiche delle sostanze che hanno determinato lo stato di contaminazione e in relazione al volume della matrice da trattare.

5. Stato dell'arte: i progetti analizzati

Sono stati analizzati gli elaborati progettuali disponibili presso il servizio Interdipartimentale per le Emergenze Ambientali (EME) dell'ISPRA, relativi ai Siti di Interesse Nazionale di maggior rilievo per gli obiettivi del presente studio, finalizzato a fornire un quadro attuale dello stato di applicazione delle diverse tecnologie di bonifica.

Tali siti sono quelli in cui l'iter procedurale è in uno stato avanzato: Porto Marghera, Brindisi, Taranto, Pitelli, Balangero, Pieve Vergonte, Crotone, Scandiano, Laguna Grado e Marano, Bacino del fiume Chienti, Livorno e Priolo.

Sono stati presi in esame 19 elaborati progettuali, relativi ad aree incluse nei SIN sopra menzionati, presentati nel periodo 2008-2012.

Le aree a cui si riferiscono i 19 progetti sono evidenziate nella figura 2.

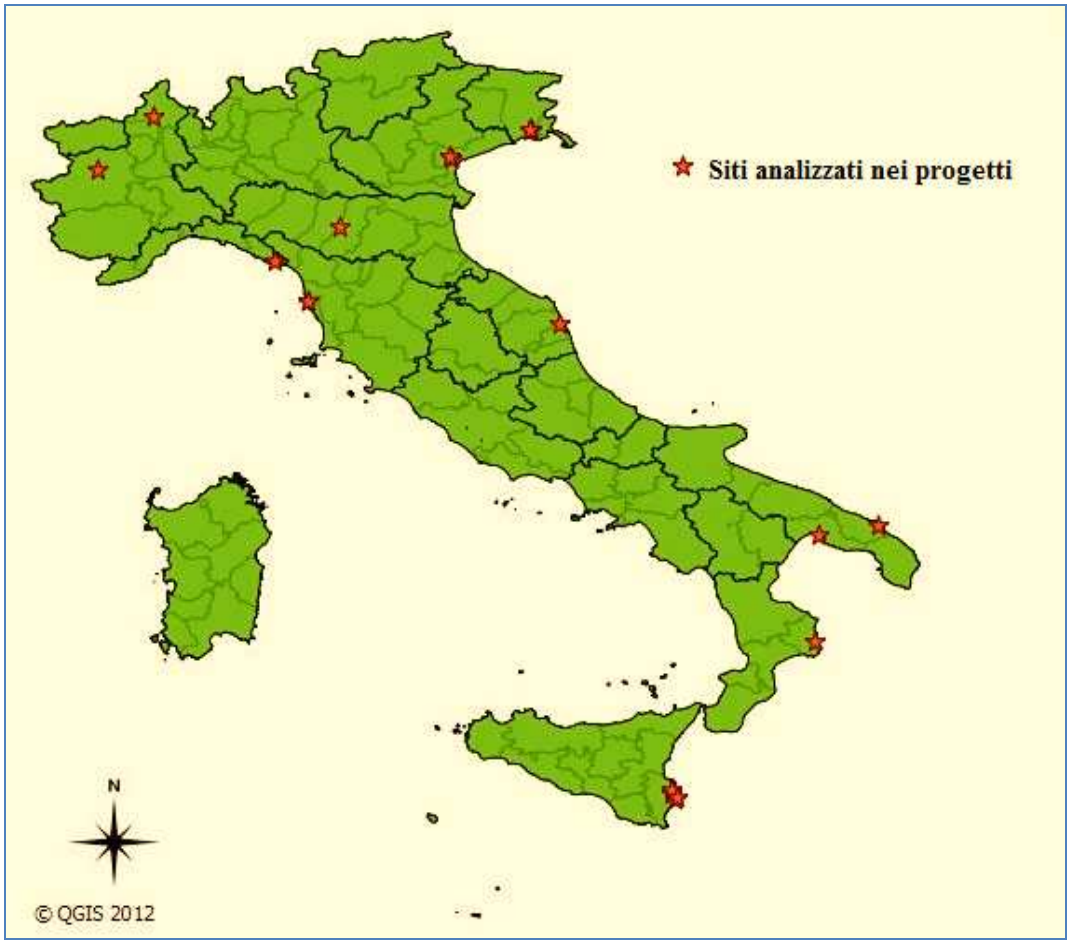


Figura 2: Siti analizzati nei progetti (immagine realizzata in ambiente GIS)

Lo studio è consistito nell'analisi dettagliata dei progetti; sono stati individuati per ciascuno di essi le caratteristiche fondamentali per il raggiungimento degli obiettivi di

bonifica proposti, in considerazione della contaminazione riscontrata in fase di caratterizzazione.

In particolare, da ciascun elaborato progettuale sono state estrapolate le seguenti informazioni, riportate nella Tabella riepilogativa in allegato (allegato 2): la specifica matrice su cui è previsto l'intervento, la contaminazione presente in termini di tipologia di sostanze inquinanti e la modalità d'intervento proposta.

Per ciascuno dei progetti analizzati è stata, inoltre, realizzata una dettagliata scheda descrittiva nella quale è riportato il decreto di istituzione e di perimetrazione del SIN nel quale ricade l'area in esame, la tipologia di contaminazione e l'attività che l'ha generata, la tecnica di intervento proposta e, se presenti, le informazioni idrogeologiche sito specifiche.

In particolare ciascuna scheda è stata strutturata evidenziando le seguenti informazioni principali:

- Numero di protocollo (protocollo generale ISPRA e protocollo interno del servizio EME);
- Titolo del progetto;
- Grado di istruttoria raggiunto;
- Estensione area (m^2);
- Matrici contaminate;
- Contaminanti individuati;
- Tecnica di intervento;
- Totale costi di intervento stimati.

La definizione del grado di istruttoria raggiunto è l'esito della ricostruzione dell'iter istruttorio riferito alla specifica area contaminata.

L'iter istruttorio si articola in varie fasi e prevede l'intervento di diversi soggetti:

- il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, il quale si avvale del supporto tecnico dell'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) e dell'ISS (Istituto Superiore di Sanità);
- gli enti sopra citati provvedono alla valutazione dei progetti e alla predisposizione di un'istruttoria tecnica che sarà discussa in sede di Conferenza dei Servizi istruttoria secondo quanto previsto dalla Legge 241/90 art. 14, comma 1. A tale conferenza partecipano tutti gli organi istituzionali, gli organismi territoriali competenti e i soggetti privati responsabili e/o proprietari dei siti;
- il Ministero raccoglie le risultanze della Conferenza di Servizi Istruttoria e convoca la Conferenza di Servizi Decisoria, ai sensi della Legge 241/90 art. 14

comma 2, alla quale partecipano unicamente il Ministero dell'Ambiente, il Ministero della Salute, il Ministero delle Attività Produttive e la Regione territorialmente competente. A seguito di tale conferenza viene predisposto il verbale di Conferenza di Servizi Decisoria nel quale sono approvati gli elaborati progettuali presentati con eventuali prescrizioni.

- al fine di procedere all'esecuzione dell'intervento di bonifica proposto e approvato in sede di Conferenza di Servizi Decisoria, viene successivamente emanato da parte del Ministero dell'Ambiente, di concerto con gli altri ministeri di cui sopra, il decreto di autorizzazione a procedere alla bonifica.

La definizione dello stato dell'iter istruttorio dei 19 progetti è stata effettuata attraverso le informazioni presenti nei progetti stessi, che descrivono le modifiche prodotte agli elaborati in seguito alle prescrizioni ricevute in sede di Conferenza dei Servizi.

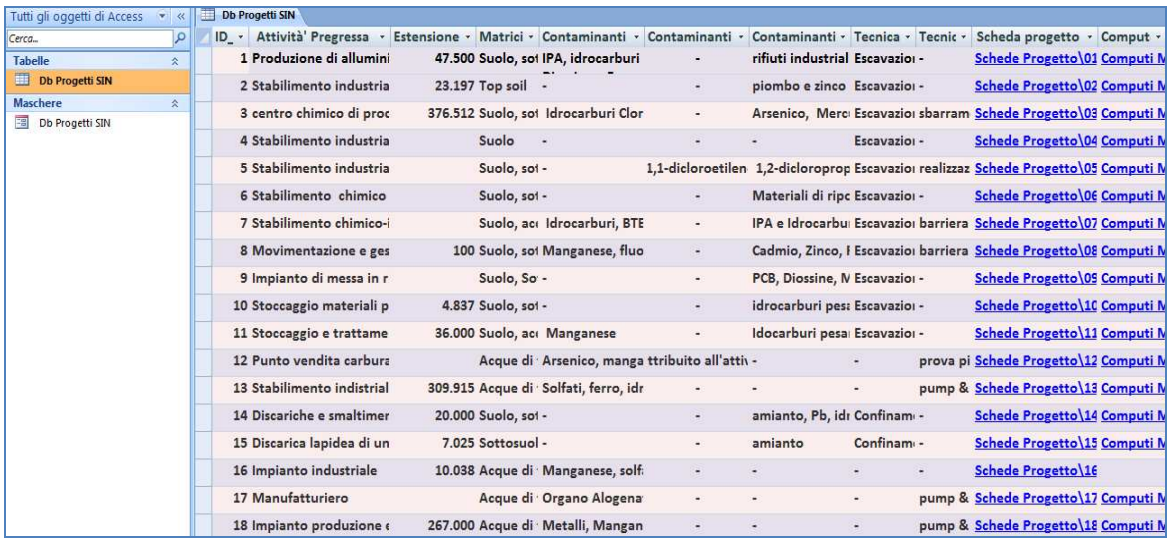
In allegato 3 è riportata a titolo esemplificativo una "scheda tipo" relativa ad uno dei progetti analizzati.

Le principali informazioni desunte dai progetti analizzati sono state inoltre impiegate per la realizzazione di un database.

Il database consiste in una tabella a undici campi quali: ID_progetto, Attività pregressa, Estensione, Matrici contaminate, Contaminanti individuati nelle acque di falda, Contaminati individuati nelle acque superficiali, contaminanti individuati nel suolo e sottosuolo, Tecnica di bonifica matrice suolo, Tecnica di bonifica matrice acque, Scheda progetto, Computo metrico riferito alla valorizzazione economica degli interventi (Figura 3), ed una maschera attraverso la quale è possibile visualizzare in modo diretto e schematico le informazioni relative ai singoli progetti (Figura 4).

Aprendo il database con Access e utilizzando i relativi link di collegamento presenti nel campo "Scheda progetto" e nel campo "Computo metrico" è possibile collegarsi direttamente:

- alle schede dei progetti (in formato word 2003);
- alle schede dei computi metrici (in formato pdf).



ID_	Attività' Pregressa	Estensione	Matrici	Contaminanti	Contaminanti	Contaminanti	Tecnica	Tecnic	Scheda progetto	Comput
1	Produzione di allumini	47.500	Suolo, sot	IPA, idrocarburi	-	rifiuti industrial	Escavazioi	-	Schede Progetto\01	Computi M
2	Stabilimento industria	23.197	Top soil	-	-	piombo e zinco	Escavazioi	-	Schede Progetto\02	Computi M
3	centro chimico di proc	376.512	Suolo, sot	Idrocarburi Clor	-	Arsenico, Merc	Escavazioi	sbarram	Schede Progetto\03	Computi M
4	Stabilimento industria		Suolo	-	-	-	Escavazioi	-	Schede Progetto\04	Computi M
5	Stabilimento industria		Suolo, sot	-	1,1-dicloroetilen	1,2-dicloroprop	Escavazioi	realizzaz	Schede Progetto\05	Computi M
6	Stabilimento chimico		Suolo, sot	-	-	Materiali di ripc	Escavazioi	-	Schede Progetto\06	Computi M
7	Stabilimento chimico-i		Suolo, acc	Idrocarburi, BTE	-	IPA e Idrocarbu	Escavazioi	barriera	Schede Progetto\07	Computi M
8	Movimentazione e ges	100	Suolo, sot	Manganese, fluo	-	Cadmio, Zinco, I	Escavazioi	barriera	Schede Progetto\08	Computi M
9	Impianto di messa in r		Suolo, So	-	-	PCB, Diossine, M	Escavazioi	-	Schede Progetto\09	Computi M
10	Stoccaggio materiali p	4.837	Suolo, sot	-	-	idrocarburi pes	Escavazioi	-	Schede Progetto\10	Computi M
11	Stoccaggio e trattame	36.000	Suolo, acc	Manganese	-	Idocarburi pesa	Escavazioi	-	Schede Progetto\11	Computi M
12	Punto vendita carbura		Acque di	Arsenico, manga	ttribuito all'attiv	-	-	prova pi	Schede Progetto\12	Computi M
13	Stabilimento indistrial	309.915	Acque di	Solfati, ferro, idr	-	-	-	pump &	Schede Progetto\13	Computi M
14	Discariche e smaltimer	20.000	Suolo, sot	-	-	amianto, Pb, idr	Confinam	-	Schede Progetto\14	Computi M
15	Discarica lapidea di un	7.025	Sottosuol	-	-	amianto	Confinam	-	Schede Progetto\15	Computi M
16	Impianto industriale	10.038	Acque di	Manganese, solf	-	-	-	-	Schede Progetto\16	
17	Manufatturiero		Acque di	Organo Alogena	-	-	-	pump &	Schede Progetto\17	Computi M
18	Impianto produzione	267.000	Acque di	Metalli, Mangan	-	-	-	pump &	Schede Progetto\18	Computi M

Figura 3: Maschera tabella realizzata mediante Access 2007

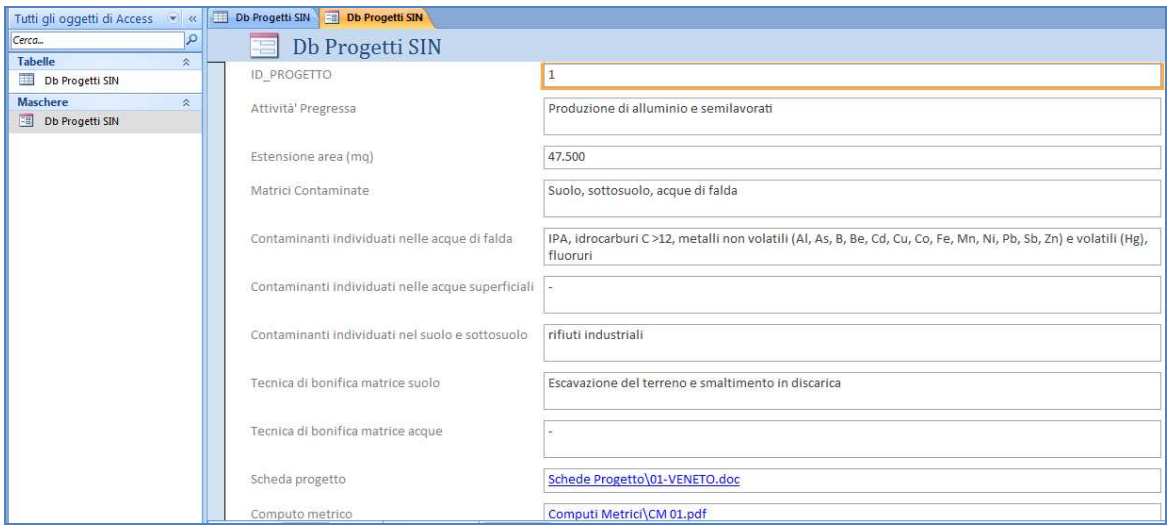


Figura 4: Schede progetti presenti nel Database

L'utilizzo del data base consente di avere un quadro delle modalità operative d'intervento in riferimento al tipo di matrice contaminata e alle specifiche sostanze inquinanti. Tale strumento, se ulteriormente implementato, consente di avere un quadro attualizzato del grado di diffusione delle diverse tecnologie e di valutarne l'efficacia mediante l'inserimento degli esiti del monitoraggio degli interventi stessi.

In riferimento alla specifica analisi dei progetti risulta che le matrici ambientali oggetto di contaminazione nelle 19 aree che ricadono nei SIN presi in esame sono: il suolo, il sottosuolo e le acque di falda.

Le sostanze rinvenute con maggior frequenza nella matrice suolo sono state: Idrocarburi Pesanti (C>12), metalli, composti organici aromatici, amianto, mentre le acque

di falda sono risultate contaminate principalmente da arsenico, solfati e composti organo alogenati.

I 19 elaborati presi in considerazione, sono distinti come segue, secondo la classificazione della tipologia d'intervento effettuata dai soggetti proponenti.

In particolare, 13 elaborati sono classificati come interventi di bonifica, 4 progetti sono proposti come progetti di Messa in Sicurezza d'Emergenza (MISE), 1 progetto consiste in interventi di Messa in Sicurezza Permanente e 1 progetto consiste nella presentazione degli esiti di un Piano di Caratterizzazione.

Rispetto ai 13 progetti di bonifica, 2 sono progetti di bonifica della falda (il suolo non è contaminato), 2 sono progetti di bonifica dei suoli e 9 sono progetti di bonifica del suolo e della falda.

Per la matrice suolo e sottosuolo sono previste negli 11 progetti di bonifica, le seguenti tipologie d'intervento, così ripartite.

Numero di progetti	Tipologia d'intervento per la matrice suolo e sottosuolo
2	scavo dei suoli contaminati e conferimento in aree appositamente predisposte all'interno del sito
1	scavo dei suoli contaminati, vagliatura ed eventuale lavaggio e conferimento in aree appositamente predisposte all'interno del sito
4	scavo dei suoli contaminati e invio a destinazioni esterne di recupero/smaltimento
1	scavo dei suoli contaminati, vagliatura, lavaggio ed eventuale inertizzazione per rendere possibile lo smaltimento dei terreni in discariche per rifiuti non pericolosi. In alcune porzioni del sito, come intervento residuale, è previsto l'impiego di tecnologie in situ (Soil Vapor Extraction ed Air Sparging)
1	capping (isolamento superficiale dei suoli contaminati);
1	esecuzione di prove pilota a scala di laboratorio per l'applicazione delle tecniche di ossidazione chimica in situ e di riduzione chimica in situ
1	proposta di intervento di bio sparging

Tabella 5: Tipologia d'intervento per la matrice suolo/sottosuolo proposta nei progetti di bonifica

In sintesi 5 progetti prevedono l'asportazione dei terreni e l'invio a destinazioni esterne come rifiuto, 3 progetti prevedono la ricollocazione dei terreni in aree appositamente predisposte all'interno del sito di provenienza. In 1 progetto la bonifica dei suoli consiste nella realizzazione del capping superficiale e solo in 2 progetti sono proposti interventi di bonifica in situ della matrice suolo.

Per le acque di falda sono proposti in 2 progetti la definizione di valori di fondo naturale e in 9 progetti, le seguenti tipologie d'intervento, così ripartite.

Numero di progetti	Tipologia d'intervento per la matrice acque di falda
1	marginamento fisico secondo l'Accordo di Programma Quadro dello specifico SIN di appartenenza
3	barriera fisica (palancolato o diaframma plastico) e idraulica e impianto di trattamento acque di falda (TAF)
1	barriera fisica e prove pilota relative al trattamento di ossidazione chimica in situ (ISCO), impiego in una specifica porzione del sito della tecnologia di attenuazione naturale monitorata (Monitored Natural Attenuation)
2	barriera idraulica e invio a impianto di trattamento acque di falda interno (TAF), in un caso si prevede il riutilizzo a fini industriali delle acque trattate
1	barriera idraulica e invio a impianto di trattamento interno (TAF), interventi di Air Sparging (AS) e Soil Vapor Extraction in specifiche aree
1	proposta d'intervento di bio sparging

Tabella 6: Tipologia d'intervento per la matrice acque di falda proposta nei progetti di bonifica

I 4 progetti di messa in sicurezza d'emergenza prevedono: in 3 progetti l'asportazione del suolo contaminato e l'invio a impianti di recupero/smaltimento (messa in sicurezza d'emergenza del suolo) e in un progetto la realizzazione di un sistema pump & treat (messa in sicurezza d'emergenza della falda).

Il progetto di messa in sicurezza permanente preso in esame prevede la realizzazione del capping superficiale dei suoli contaminati.

Il progetto che consiste nella presentazione degli esiti della caratterizzazione effettuata in un'area industriale, non propone interventi bensì la restituzione dell'area agli usi civici. Le analisi effettuate hanno evidenziato l'assenza di contaminazione dei suoli e il superamento delle CSC nelle acque di falda relativamente a manganese, solfati e fluoruri, che vengono ricondotti a cause naturali.

In riferimento alle modalità d'intervento riportate nelle tabelle 5 e 6 è stata effettuata la verifica dell'applicabilità delle tecniche proposte rispetto ai contaminanti presenti, utilizzando la matrice di screening per la selezione delle tecnologie di bonifica elaborata dall'ISPRA.

Dal confronto è risultato che le tecniche proposte sono coerenti con tale matrice.

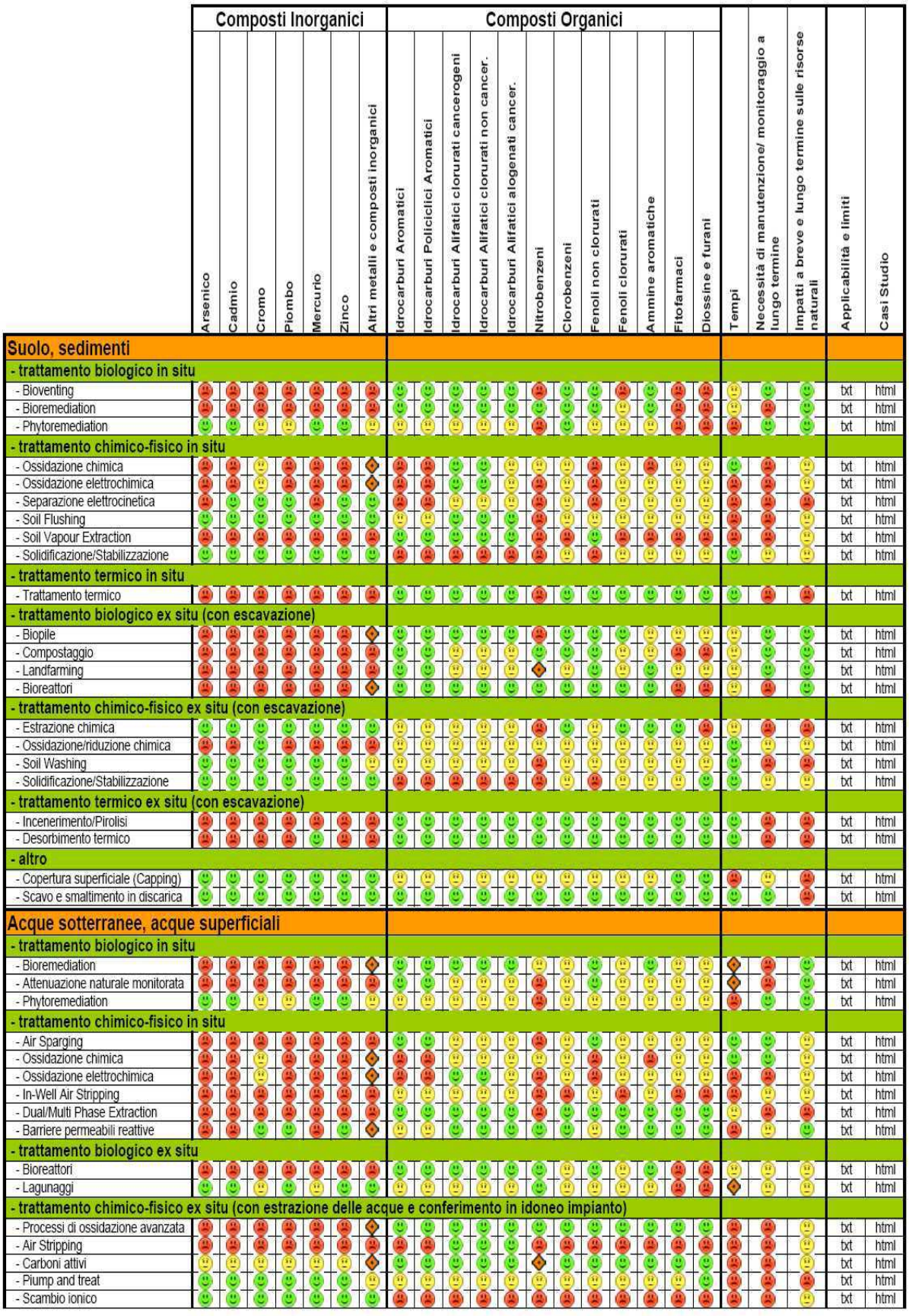


Figura 5: Matrice di Screening delle Tecnologie di Bonifica (ISPRA)

In conclusione, in anni recenti, in particolare nel periodo a cui si riferisce la redazione dei progetti presi in esame, 2008-2012, la prassi progettuale maggiormente

diffusa consiste nella proposta di interventi ex-situ o on-site e solo marginalmente vengono proposte tecniche di bonifica in situ.

Le modalità di bonifica della falda consistono prevalentemente nella realizzazione di sistemi pump & treat mentre l'impiego delle tecniche in situ, quando previsto, è limitato a specifiche porzioni del sito, mentre per il suolo prevale l'asportazione e l'invio a destinazioni esterne al sito.

Lo studio, definito lo stato di carente applicazione delle tecniche in situ, è stato sviluppato proponendo, a partire da un progetto in cui sono stati riscontrati contaminanti trattabili medianti tecnologie in-situ, una possibile modalità d'intervento applicabile in linea teorica al caso specifico, allo scopo di evidenziare i vantaggi e gli svantaggi connessi al ricorso a tale tecnica.

5.1 Tecnologia di bonifica in situ per il trattamento delle acque di falda: le Barriere Permeabili Reattive

Si è preso in esame il progetto identificato in allegato 3 con il numero 18 (ID_progetto) in cui è stata riscontrata una diffusa contaminazione delle acque di falda da parte di idrocarburi alifatici clorurati e metalli pesanti.

Per il trattamento delle acque di falda contaminate da tali sostanze può risultare vantaggioso l'impiego di Barriere Permeabili Reattive (PRB), in alternativa alla tradizionale procedura pump & treat.

Il principio di funzionamento di un barriera reattiva permeabile è relativamente semplice (Figura 6): del materiale reattivo permeabile viene posto all'interno del sistema acquifero in modo da essere attraversato dall'acqua contaminata che si muove per effetto del gradiente naturale. I processi chimico-fisici che avvengono all'interno della barriera consentono di degradare, immobilizzare o adsorbire il contaminante nella fase di attraversamento. La tecnologia si configura, pertanto, come un trattamento di bonifica di tipo passivo, realizzato in situ, di una contaminazione a carico del sistema acquifero.

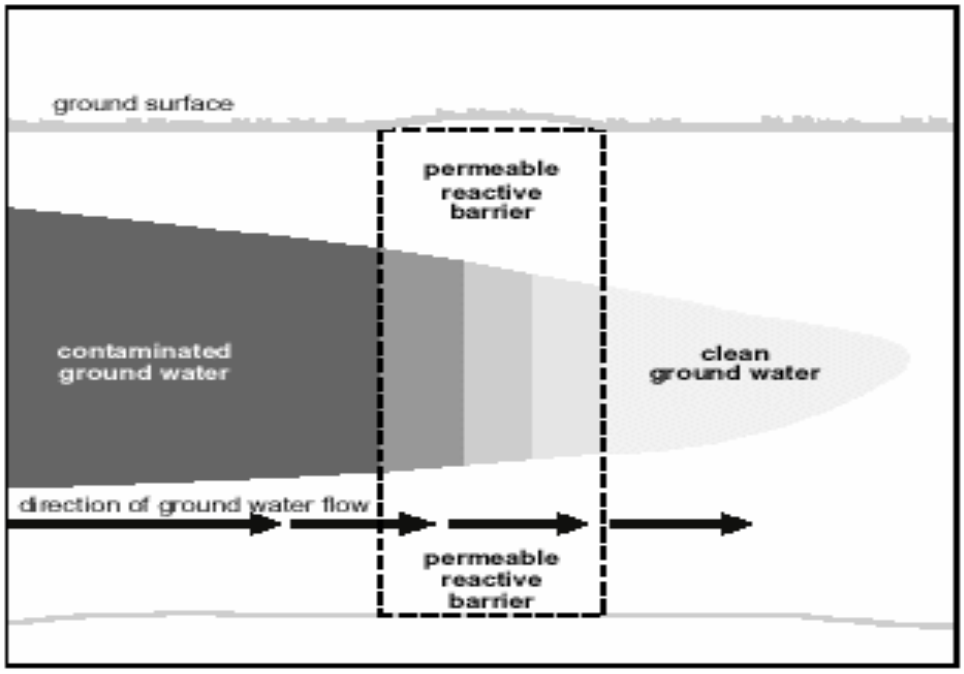


Figura 6: Configurazione di una BPR (Bonifica dei siti contaminati)

Le configurazioni planimetriche usualmente impiegate sono quelle di (Figura 7):

• barriera continua: consiste in una cella che contiene il materiale reattivo, posizionata in modo da intercettare il pennacchio contaminato in tutta la sua ampiezza;

• funnel and gate: comprende una sezione a bassa permeabilità (tunnel), generalmente costituita da uno o più diaframmi plastici (ad es. cemento-bentonite) che ha la funzione di convogliare il flusso contaminato verso la sezione permeabile (gate), costituita dalla trincea contenente il materiale reattivo. Questa configurazione permette una maggiore efficacia di trattamento nei casi in cui il pennacchio contaminato è particolarmente esteso o il terreno che costituisce l'acquifero in cui si ha il flusso contaminato è molto eterogeneo.

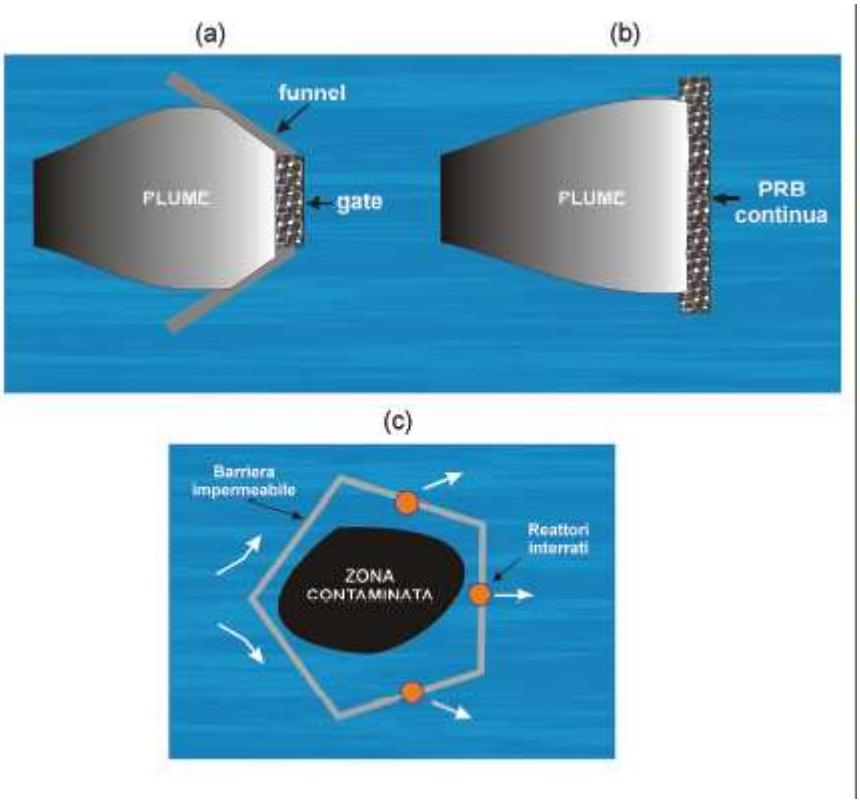


Figura 7: Schema di funzionamento e configurazioni di barriere reattive permeabili: a) funnel and gate, b) trincea continua, c) reattore interrato.

Dopo aver ottenuto le informazioni riguardanti le caratteristiche idrogeologiche del sito, la natura e l'estensione della contaminazione, occorre scegliere il materiale reattivo costituente la cella di reazione; tale scelta deve essere operata in base alle seguenti considerazioni:

• reattività: si preferiscono mezzi reattivi che assicurano maggiori velocità di degradazione e quindi un minore tempo di residenza nella zona di trattamento;

• stabilità: la capacità di un mezzo reattivo di mantenere inalterate nel tempo le caratteristiche di reattività, per assicurare una efficienza di trattamento a lungo termine;

• disponibilità e costi;

• permeabilità: la granulometria del mezzo deve essere tale da assicurare un tempo di residenza sufficiente per la degradazione delle sostanze inquinanti; le condizioni di permeabilità di progetto devono mantenersi nel tempo;

• compatibilità ambientale: il mezzo reattivo impiegato non dovrebbe produrre residui dannosi (ossidi, idrossidi, carbonati, ecc.).

I materiali reattivi attualmente impiegati sono:

• metalli in forma granulare (Fe0, Cu0, Al0, Mg0, Sn0, Zn0, Mn0);

• ferro granulare con ammendanti (Fe0 + pirite, calcopirite, zolfo);

• complessi bimetallici (Fe-Pd, Fe-Cu);

• iron foam;

• ferro colloidale;

• composti contenenti ferro (FeS, FeS2);

• carboni attivi;

• zeoliti;

• materiali calcarei;

• miscele di materiali solidi con funzione di supporto alla crescita batterica.

Le barriere permeabili realizzate con diversi materiali reattivi sono state impiegate per il trattamento in situ di acque contaminate da un'ampia gamma di contaminanti, quali:

• solventi, tra cui TCE, PCE e cloruro di vinile;

• idrocarburi aromatici (BTEX);

• cromo esavalente;

• Ni, Pb, Cd, As, Cu, Zn;

• Solfati e fosfati;

• DDT;

• Composti nitroaromatici.

In particolare nel caso di degradazione chimica, il materiale reattivo può essere costituito da ferro granulare, anche in combinazione con altri materiali solidi quali sabbia silicea. Le reazioni principali di degradazione possono essere accompagnate da adsorbimento o precipitazione dei composti organici e inorganici in soluzione alla superficie del materiale solido che costituisce la barriera.

Queste reazioni devono essere attentamente considerate e monitorate nel tempo poiché possono modificare la reattività del materiale. Nel caso in cui si intenda attivare

l’adsorbimento come meccanismo principale di riduzione della concentrazione dei contaminanti, il materiale di riempimento della barriera reattiva può essere costituito da carboni attivi, efficaci soprattutto per i composti organici apolari, zeoliti, naturali o artificiali.

Di seguito sono sintetizzati gli elementi da valutare per l’applicazione della tecnologia.

Condizioni di applicabilità al sito	Elementi necessari alla progettazione
Scavabilità del terreno	Scelta della configurazione
Natura e tipologia della contaminazione	Scelta del mezzo reattivo e caratteristiche di efficienza nel tempo
Estensione, profondità, direzione e velocità di flusso del pennacchio contaminato	Modellazione del flusso sotterraneo senza e con l’elemento permeabile
Presenza, profondità e caratteristiche dello strato a bassa permeabilità	Permeabilità e spessore della zona reattiva: tempo di residenza
Possibilità di smaltimento del terreno di risulta della operazioni di scavo e dei materiali reattivi esausti	Profondità di installazione
	Immorsamento della barriera in un substrato a bassa permeabilità

Tabella 7: Elementi da valutare in sede progettuale per le PRBs

Rispetto alle altre tecniche di bonifica di acquiferi contaminati, i principali vantaggi delle PRB risultano essere:

• l’azione passiva di tale intervento in situ che non necessita di impianti fuori terra;

• la relativa semplicità di messa in opera;

• la possibilità di trattare plume inquinati anche quando le sorgenti sono distribuite e difficilmente localizzabili con precisione;

• l’assenza di rischio dovuta al trasferimento della contaminazione verso la superficie o altre matrici ambientali;

• la restituzione immediata dell’area alla fruibilità;

• l’assenza di materiale di scarto o di rifiuti da smaltire, se non in fase di realizzazione;

• l’ottimo rapporto costi-benefici dal momento che vengono ridotti al minimo i costi di gestione;

• la possibilità di utilizzo combinato con altre tecnologie per il trattamento di un ampio spettro di contaminanti.

Questa tecnologia presenta, tuttavia, alcuni svantaggi o limitazioni, quali ad esempio:

• la possibilità di trattare solo la frazione solubile dei DNAPL;

• la difficoltà di cattura dell'intero plume di inquinante in situazioni dove sono ipotizzabili percorsi preferenziali di flusso dell'acqua di falda;

• l'incertezza relativa alla longevità dei materiali reagenti e all'eventuale rigenerazione degli stessi.

Una volta determinata la localizzazione, la configurazione e le dimensioni della barriera reattiva, deve essere selezionata una opportuna tecnologia che ne permetta la realizzazione. I fattori che, in ultima analisi, concorrono alla scelta del metodo sono:

• profondità dello scavo;

• permeabilità della cella;

• caratteristiche dei terreni e vincoli geotecnici;

• smaltimento di eventuali terreni contaminati risultanti dallo scavo in trincea;

• accessibilità al sito e spazio per la realizzazione del cantiere di lavoro;

• costi.

In linea generale, l'estensione e la geometria della barriera devono essere tali da garantire, al variare delle condizioni di flusso e anche in presenza di oscillazioni esterne (oscillazioni della tavola d'acqua, fenomeni di ricarica, pompaggio, etc.), di intercettare completamente il pennacchio inquinante.

Nei casi particolari in cui non tutto lo spessore saturo sia interessato dal fenomeno di inquinamento è possibile intervenire con una barriera "sospesa" limitando, in questo modo, le profondità degli scavi alla parte più superficiale dell'acquifero. Se la contaminazione è distribuita su tutto lo spessore saturo dell'acquifero, o nel caso in cui coinvolga gli strati più profondi, è necessario realizzare una barriera che raggiunga il basamento impermeabile dell'acquifero. Una corretta localizzazione della cella reagente ed un adeguato immorsamento nel substrato impermeabile servono ad evitare l'instaurarsi di fenomeni di *overflow* e di *underflow*. Risulta evidente che, all'aumentare della profondità della barriera, aumentano le difficoltà tecniche per la realizzazione ed il sostentamento dello scavo e, quindi, anche i costi intervento.

Per quanto riguarda la permeabilità della cella, questa deve essere superiore a quella del sistema acquifero per evitare fenomeni di aggiramento e per favorire il deflusso dell'acqua contaminata attraverso la barriera reattiva. D'altro canto, solitamente, ad un aumento della conducibilità idraulica corrisponde anche una diminuzione della superficie

specifica del materiale che deve essere compensata tramite un aumento dello spessore della cella reagente. Per valutare le caratteristiche geotecniche dei terreni, si rende indispensabile l'esecuzione di una serie di prove quali: sondaggi a carotaggio continuo con esecuzione di prove penetrometriche (SPT), prove di carico su piastra, prove Lefranc oltre a prove laboratorio sui campioni di terreno prelevati per valutarne i parametri di resistenza al taglio e di deformabilità. Devono essere, inoltre, studiate opportune miscele di fanghi che permettano il sostegno delle pareti degli scavi. Nella realizzazione del *gate* permeabile vengono utilizzate miscele biodegradabili che possano essere eliminate in breve tempo a seguito della sostituzione con il ferro granulare.

Nella scelta della tecnologia realizzativa non devono essere trascurati fattori quali l'accessibilità del sito e lo spazio per l'allestimento del cantiere, dal momento che i lavori di scavo, generalmente, comportano l'utilizzo di mezzi pesanti caratterizzati da un notevole ingombro. Il materiale di risulta dagli scavi e l'acqua estratta per deprimere la falda dovranno essere smaltiti o trattati in impianti *off site* o con impianti *on site* dedicati.

6. Conclusioni

Dallo studio dei progetti analizzati è possibile effettuare alcune preliminari considerazioni circa la tipologia di intervento più ricorrente, seppur, come evidenziato, siano limitate a 19 progetti, comunque rappresentativi dell'approccio progettuale recente, in quanto riferiti al periodo 2008-2012.

Dall'analisi dei 19 progetti emerge che l'applicazione delle tecniche di bonifica in situ è marginale rispetto agli interventi ex-situ, in cui prevale, per la matrice suolo, l'asportazione e l'invio a destinazioni esterne come rifiuto. Per la matrice acque sotterranee prevale l'adozione di sistemi pump & treat.

Tali dati confermano il perdurare di quanto già evidenziato in specifici studi, in cui si evidenzia il minor impiego di tecnologie di bonifica in situ in Italia, rispetto alle prassi consolidate sopra descritte.

Studi effettuati a livello nazionale evidenziano che, la bonifica dei siti contaminati 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 che, una volta esauriti, vengono smaltiti in discariche (Figura 9).

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.

Nel panorama italiano, secondo tali studi la contaminazione di suoli e acque di falda, 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 (Figura 8). Per cui la scelta di non effettuare interventi in situ non è, almeno in linea generale, correlata all'inefficacia degli interventi in relazione alla tipologia di inquinante rilevato.

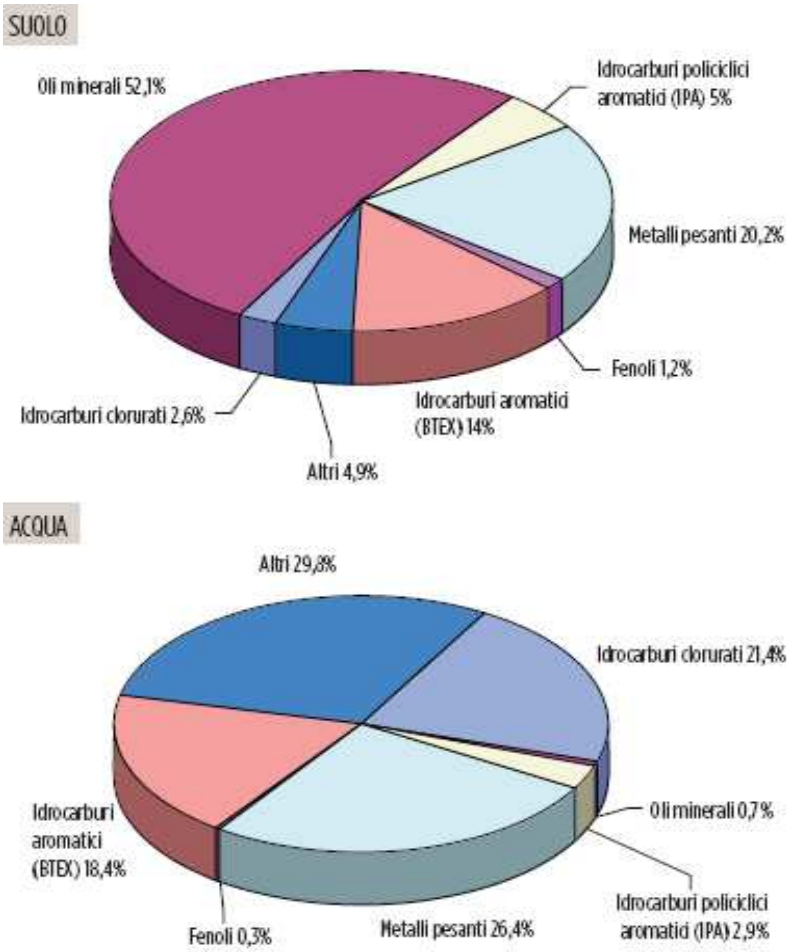
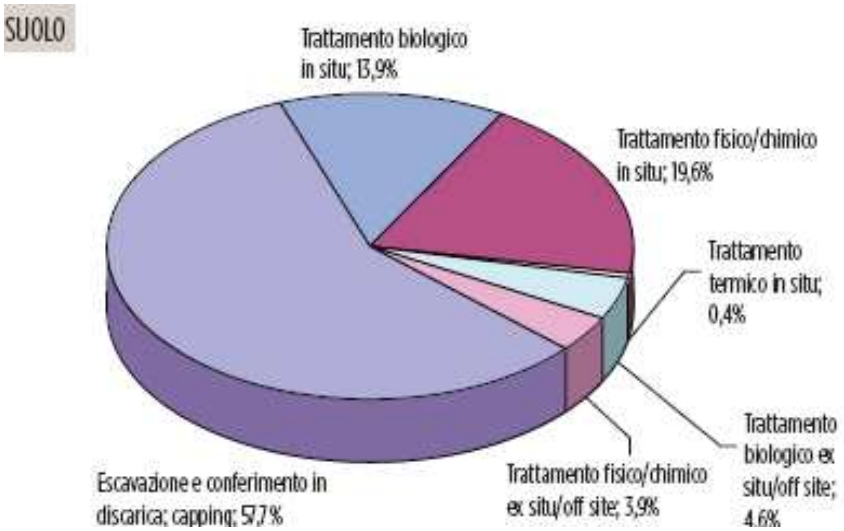


Figura 8: Origine della contaminazione (Fonte Ecoscienza, 2010)



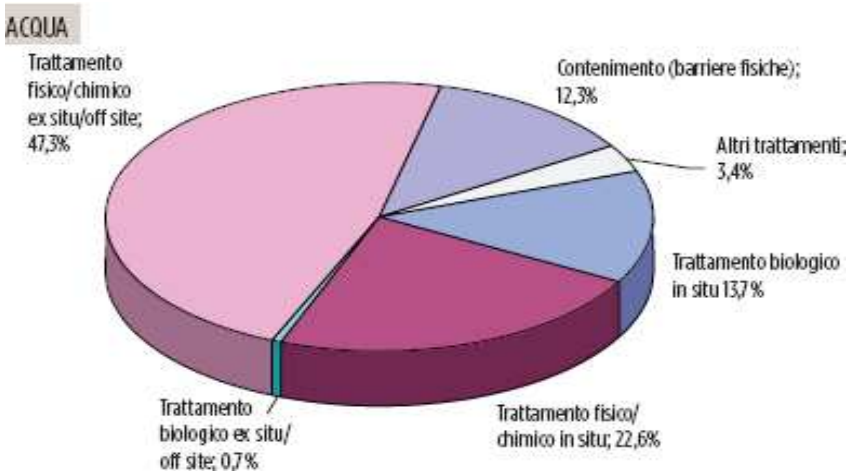


Figura 9: Tecniche di bonifica (Fonte Ecoscienza, 2010)

Occorre evidenziare che tale approccio è connesso ai vantaggi dell'impiego delle tecniche ex situ e on site e ad alcuni svantaggi connessi all'utilizzo delle tecnologie in situ, quali ad esempio la necessità di una approfondita conoscenza delle condizioni che determinano la propagazione dei contaminanti.

In linea generale l'impiego delle tecnologie di bonifica in situ consente di evitare le problematiche relative alla gestione delle matrici contaminate rimosse, d'altro canto i bassi costi del conferimento del suolo contaminato in discarica, rappresentano un deterrente all'applicazione delle tecniche di bonifica in situ per quanto attiene alla matrice suolo.

L'asportazione dei suoli determina però una produzione secondaria di rifiuti, che devono essere smaltiti presso discariche adeguate con conseguente consumo di territorio.

L'asportazione e lo smaltimento dei suoli contaminati vengono giustificati dai soggetti proponenti con l'esiguità dei volumi da smaltire e con l'esigenza di rendere le aree contaminate rapidamente disponibili per il proseguimento delle attività industriali. La rapida disponibilità delle aree viene privilegiata rispetto all'attesa di lunghi tempi di recupero delle stesse determinati, ad esempio, dalle cinetiche di reazione dei metodi biologici.

Ulteriori fattori che incidono nella scelta degli interventi ex-situ ed on site sono: la un miglior contatto tra contaminante e agente (ad esempio eventuali fluidi estraenti utilizzati), la possibilità di effettuare un controllo più diretto dei parametri che condizionano il processo, quali ad esempio: umidità, condizioni di aerazione, con la possibilità di aggiungere nutrienti o popolazioni batteriche specificatamente selezionate al fine di rendere più rapido ed efficace il processo.

Non di minore importanza nella definizione della modalità d'intervento è l'aspetto economico.

La valutazione dei costi degli interventi in situ richiede la stima dell'impegno economico associato all'approntamento della strumentazione, alla gestione e manutenzione della stessa, alle analisi di monitoraggio necessarie per valutare gli esiti dell'intervento; aspetti che rappresentano fattori d'incertezza nella valutazione complessiva dei costi, in fase di scelta della linea operativa da sviluppare.

In conclusione, le scelte progettuali prese in esame, sono orientate al raggiungimento degli obiettivi di bonifica nel breve periodo non in piena coerenza con quanto prescrive la normativa in termini di priorità degli interventi in situ.

Un'applicazione a più larga scala di tali tecnologie permetterebbe interventi più efficaci e sostenibili nel lungo periodo anche a fronte delle economie di scala connesse alla maggiore diffusione delle stesse.

Bibliografia

A. AA.VV., 2003, Tecnologie di bonifica dei siti inquinati. A cura di S.Tunesi e Q. Napoleoni. I libri di Ambiente e Sicurezza, Il Sole 24 Ore
B. BERTELLE, G.P. BERETTA, 2009, *Prezziario delle Bonifiche* , Il Sole 24 Ore S.p.A., Roma
C. BONI M.R., 2007, Fenomeni di inquinamento degli ambienti naturali. Principi e metodi di studio Carocci Editore
D. Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati, rev. 2, Ispra (ex Apat), Maggio 2008
E. DI MOLFETTA A.; SETHI R., 2005, Barriere reattive permeabili, In: Bonifica dei siti contaminati: caratterizzazione e tecnologie di risanamento., A CURA DI BONOMO LUCA, Mc Graw-Hill (ITA), pp. 562- 605, 2005, ISBN: 88-386-6278-9
F. ECOSCIENZA Numero 3 • Anno 2010
G. ISPRA, 2010, Tematiche in primo piano, Annuario dei dati ambientali 2010.
H. LUCA BONOMO, 2005, Bonifica di siti contaminati (caratterizzazione e tecnologie di risanamento), McGraw-Hill, Milano
I. BONI M.R, SBAFFONI S., 2007, Materiali alternativi in barriere permeabili per il trattamento di acqua di falda

http://www.greenpeace.org/italy/Global/italy/report/2011/inquinamento/Rapporto%20SIN%20Italy.pdf

Normativa nazionale

D.Lgs. 3 aprile 2006, n.152, Norme in materia ambientale, in G.U. n. 88 del 14 aprile 2006.

Allegati

Allegato 1: Caratteristiche dei Siti d’Interesse Nazionale

ALLEGATO 1 - SIN ANNO 2008, FONTE ISPRA E FEDERAMBIENTE

ID_SIN	SITO al 2007	REGIONE	COMUNE	LEGGE ISTRUTTORIA	NORMATIVA DI PERIMETRAZIONE (MINISTERO AMBIENTE)	PERIMETRAZIONE TERRA (ha) al 2007	PERIMETRAZIONE TOTALE (ha) al 2007	PERIMETRAZIONE TOTALE (ha) al 2008	PERIMETRAZIONE (ha) al 2008		MESSA IN SICUREZZA D' EMERGENZA	PROCEDIMENTI AVVIATI	CARATTERIZZAZIONE AVVIATA	CARATTERIZZAZIONE CONCLUSA	PROGETTO DI BONIFICA PROPOSTO MA NON APPROVATO				PROGETTO DI BONIFICA APPROVATO				INIZIO PROCEDIMENTO SIN	MATRICI INQUINATE suoli: terreno superficiale, profondo, sedimenti in alveo ed arenili	PRINCIPALI AGENTI INQUINANTI (principali inquinanti)	COSTI DI MESSA IN SICUREZZA e/o BONIFICA (euro per difetto) FEDERAMBIENTE 2010
									MARE	TERRA	%				SUOLO		FALDA		SUOLO		FALDA				
															SENZA AdR	CON AdR	SENZA AdR	CON AdR	SENZA AdR	CON AdR	SENZA AdR	CON AdR			
1	Venezia (Porto Marghera)	Veneto	Venezia	L. 426/98	Decreto 23 febbraio 2000 (G.U. 03/03/2000)	3221	5787	5787	2566	3221	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1998	suolo, sottosuolo, acque di falda	metalli pesanti, IPA, Idrocarburi, As-Cd-Se, Cu, Zn, BTEX, PCB, PCDD, Fe, Al, Mr, As, Zn, ...	750000000
2	Napoli Orientale	Campania	Napoli	L. 426/98	Decreto 29 dicembre 1999 (G.U. 08/03/2000)	834	2267	2267	1433	834	28,15707434	55,42086331	54,81414868	19,46402878	0	0	0	0	17,53357314	0	13,97242206	0	1998	suolo, sottosuolo, acque di falda, sedimenti	metalli pesanti, solventi clorurati, IPA, Idrocarburi, Arsenico	180.000.000,00
3	Gela	Sicilia	Gela	L. 426/98	Decreto 10 gennaio 2000 (G.U. 23/02/2000)	795	5358	5358	4563	795	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1998	suolo, sottosuolo, acque superficiali, acque di falda,	etilene, glicoli, polimeri, fertilizzanti, acido fosforico, acido solforico, oli, rifiuti industriali, polietilene, perossidi, eptano, ammide oleica, propinato di ottodecile, zolfo, ammoniaca, pentossido di vanadio, fosforiti, acido	50.000.000,00
4	Priolo	Sicilia	Priolo, Melilli, Augusta, Siracusa	L. 426/98	Decreto 10 gennaio 2000 (G.U. 23/02/2000)	3366	13451	13451	10085	3366	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1998	suolo, sedimenti	cloruri, ossido di magnesio, cemento, rifiuti pericolosi, diossine e furani	50.000.000,00
5	Manfredonia	Puglia	Manfredonia	L. 426/98	Decreto 10 gennaio 2000 (G.U. 26/02/2000)	304	1157	1157	853	304	37,05940594	72,43894389	52,9669967	48,70957096	0	0	0	0	17,35643564	0	45,87458746	0	1998	suoli, falda e mare	fertilizzanti azotati, urea, solfato ammonico, ammoniaca, acido benzoico, benzaldeide, cloro, toluolo, soda caustica, arsenico, IPA, fenoli, solfati, cloruri, toluene, xilene	100.000.000,00
6	Brindisi	Puglia	Brindisi	L. 426/98	Decreto 10 gennaio 2000 (G.U. 22/02/2000)	5733	11323	11323	5590	5733	17,05088718	83,44352957	83,44352957	5,637544043	6,47479505	0	8,62550148	0,26032095	0,86739229	0	0	0	1998	suolo, sottosuolo e falde	idrossido di calcio, amianto, discariche abusive di RU e speciali, rifiuti industrustriali, reflui organici, metalli	50000000
7	Taranto	Puglia	Taranto	L. 426/98	Decreto 10 gennaio 2000 (G.U. 24/02/2000)	4383	11374	11374	6991	4383	33,67934748	51,81471138	45,45879078	9,828916267	0	0,821355	0	0	0	5,653785079	6,276066621	0	1998	suolo, sottosuolo, acque di falda, sedimenti	_	50.000.000,00
8	Cengio e Saliceto	Ligura - Piemonte	Savona e Cuneo Provincia	L. 426/98	Decreto 20 ottobre 1999 (G.U. 28/12/1999)	62	62	22387	0	22387	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1998	suolo, sottosuolo e falda freatica	naftalene, benzene, betaftanolo, acido bon, acido tobias, ptalocainina, 13 bacini di lagunaggio contengono reflui salini, presenza di materiale contaminato, falda acquifera inquinata	190.000.000,00
9	Piombino	Toscana	Piombino	L. 426/98	Decreto 10 gennaio 2000 (G.U. 25/02/2000)	829	2849	2849	2020	829	69,09500401	100	99,02548888	1,840743227	0	0,541395	0	0	0	0	0	0	1998	atmosferico da polveri, suolo, acque di falda	polveri, IPA, benzene, ossidi di zolfo, ossidi di azoto	25.000.000,00
10	Massa e Carrara	Toscana	Massa e Carrara	L. 426/98	Decreto 21 dicembre 1999 (G.U. 01/02/2000)	1648	3539	3539	1891	1648	20,37026845	26,57035055	25,17377712	18,58726177	0,080026	0	2,030487	0,003744	4,712486104	0	2,437404369	0	1998	suolo, acque di falda	metalli, pesticidi, IPA, solventi, fenoli, idrocarburi, polveri di marmo	45.000.000,00
11	Casal Monferrato	Piemonte	Casal Monferrato	L. 426/98	Decreto 10 gennaio 2000 (G.U.22/02/2000)	74325	74325	74325	0	74325	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1998	suolo e acque superficiali	Amianto	40.000.000,00
12	Litorale Domizio Flegreo ed Agro Aversano	Campania	61 Comuni	L. 426/98	Decreto 10 gennaio 2000 (G.U.29/05/2001)	140755	163167	163167	22412	140755	68,18129046	79,85524385	78,62779456	1,096892533	0	0,151489	0	0,064739	0,031074666	0	0,182132067	0	1998	suolo, sottosuolo, acque superficiali, acque di falda	Diossine	75.000.000,00
13	Pitelli	Liguria	La Spezia, Lerici, Arcola	L. 426/98	Decreto 10 gennaio 2000 (G.U.24/02/2000)	338	1909	1909	1571	338	17,53309015	89,13935639	88,98906053	64,2160258	2,130178	3,310142	2,130178	0	0	0	0	0	1998	suolo, sottosuolo, acque di falda, sedimenti	ossidi di piombo, amianto, silani, nichel, mercurio, piombo, cadmio, cromo, inquinanti organici, rame, arsenico, ammoniaca, metano, acetilene, glicole etilenico	38.000.000,00
14	Balangero	Piemonte	Balangero e Corio	L. 426/98	Decreto 10 gennaio 2000 (G.U.19/02/2000)	317	317	317	0	317	96,52996845	96,52996845	96,52996845	30,9148265	4,7[1]	0	0	0	26,2[1]	0	0	0	1998	suolo e sottosuolo	Amianto	30.000.000,00
15	Pieve Vergonte	Piemonte	Pieve Vergonte, Vogona e Piedimulera	L. 426/98	Decreto 10 gennaio 2000 (G.U.25/02/2000)	15242	15242	15242	0	15242	70,81247161	98,11838659	70,80785054	0	0	0	0	0	0	0,129873251	0	0	1998	suoli, falda, corsi d'acqua e lago	DDT e suoi derivati, composti organici anche clorurati, ferro, cadmio, mercurio, arsenico	54.000.000,00
16	Sesto San Giovanni	Lombardia	Sesto San Giovanni e Cologno Monzese	L. 388/00	Decreto 31 agosto 2001 (G.U. 26/10/2001)	256	256	256	0	256	35,55109375	100,0484375	100,0484375	43,50089844	0	0	0	0	23,5025	1,83984375	100,0484375	0	2002	suolo e acque di falda	Scorie di fonderia-cromo, piombo, rame, zinco Ceneri di pirite-arsenico, cadmio, piombo, zinco Oli minerali- idrocarburi pesanti e policlici	25.000.000,00
17	Napoli Bagnoli - Coroglio	Campania	Napoli	L. 388/00	Decreto 31 agosto 2001 (G.U. 26/10/2001)	945	2439	2439	1494	945	0	24,53171429	24,53171429	19,14285714	0	0	0	0	0,158730159	18,98412698	0	18,98412698	2000	suolo, acque di falda, sedimenti	arsenico, piombo, zinco, vanadio, idrocarburi, IPA, Ferro, Manganese, reflui organici, amianto, migliaia di tonnellate di rifiuti di attività industriali dismessi e contaminati da sostanze pericolose, polveri e fumi di orifine industraiale,	150.000.000,00
18	Pioltello e Rodano	Lombardia	Pioltello e Rodano	L. 388/00	Decreto 31 agosto 2001 (G.U. 29/10/2001)	85	85	85	0	85	99,96470588	99,96470588	99,96470588	99,96470588	0	51,41176	0	0	37,41176471	0	0	0	2000	suolo, acque di falda, sedimenti	acido isoftalico, acetati, solventi, Sali, acetilene, idrato di calcio, MMcTD, ftalati, nerofumo, IPA, fenoli	15.000.000,00
19	Fiumi Saline e Alento	Abruzzo	Montesilvano, Cappelle sul Tavo, Collecorvino, Francavilla a Mare, Ripa Teatina, Torrevecchia Teatina	D.M. 468/01	Decreto 3 marzo 2003 (G.U. 27/05/2003)	1137	1915	1915	778	1137	96,6587511	97,70397537	97,53470536	0,093667546	0	0	0	0	0	0	0	0	2001	suolo, acque di falda, sedimenti	Rifiuti ingombranti, fanghi di depurazione civile e industriale, oli, solventi, vernici, rifiuti di produzione artigianale e industriale di varo natura, percolato discarica R.U. di Montesilvano (cadmio)	13.000.000,00
20	Tito	Basilicata	Tito	D.M. 468/01	Decreto 8 luglio 2002 (G.U. 02/10/2002)	315	315	315	0	315	29,34984127	46,05095238	46,05095238	4,905396825	0	0	0	0	0	0	0	0	2001	suolo e acque di falda	(ammoniaca, fosfogessi, fosforo, acque reflue, scorie siderurgivhr, amianto, oli minerali, fenoli, cadmio, cromo esavalente, mercurio, cianuri inorganicc, acidi e basi vari)	13.000.000,00
21	Crotone - Cassano - Cerchiara	Calabria	Crotone, Cassano allo Jonio, Cerchiara	D.M. 468/01	Decreto 26 novembre 2002(G.U. 22/01/2003)	868	2321	2320	1452	868	11,69135945	30,90130184	30,90130184	11,75670507	5,353687	0	0,760369	0	9,05875576	0	0,036866359	0	2001	suoli , (falda) e mare	ferriti di zinco, R.U., rifiuti speciali, fanghi di depurazione civile ed industriale, zinco, cadmio, piombo, rame, arsenico	180.000.000,00
22	Sassuolo - Scandiano	Emilia Romagna	9 comuni	D.M. 468/01	Decreto 26 febbraio 2003 (G.U. 27/05/2003)		-	0	-	-	79,16666667	100	75	70,83333333	12,5	0	0	0	12,5	0	12,5	0	2001	suoli, sottosuoli e falda	metalli pesanti - piombo	60.000.000,00
23	Fidenza	Emilia Romagna	Fidenza	D.M. 468/01	Decreto 16 ottobre 2002 (G.U. 06/12/2002)	25	25	25	0	25	53,3688	76,5008	76,5008	31,6968	0	0	0	0	11,444	0	11,444	0	2001	suoli, sottosuoli e falda	piombo inorganico, piombo tetraetile, IPA-PCB, idrocarburi pesanti, ceneri di impianto di incenerimento	20.000.000,00
24	Trieste	Friuli Venezia Giulia	Trieste	D.M. 468/01	Decreto 24 febbraio 2003 (G.U. 27/05/2003)	502	1698	1698	1196	502	38,00244931	100	99,13769207	3,353371813	0	0	0	0	7,679031743	0,257416881	0	0	2001	suolo, sottosuolo e acque di falda, sedimenti	oli minerali, idrocarburi, metalli pesanti	25.000.000,00
25	Laguna di Grado e Marano	Friuli Venezia Giulia	San Giorgio di Nogaro, Torviscosa, Cerignano del Friuli	D.M. 468/01	Decreto 24 febbraio 2003 (G.U. 27/05/2003)	4198	11029	11029	6831	4198	2,247062887	9,096422106	9,096422106	5,437179609	0	0	0	0	3,644592663	0	0,54787994	0	2001	suoli,falda e corsi d'acqua	mercurio	23000000
26	Frosinone	Lazio	85/99 comuni della Provincia	D.M. 468/01	Decreto 2 dicembre 2002 (G.U. 07/03/2003)	ND	ND	0	-	-	99,18699187	99,18699187	48,7804878	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2001	suolo e acque di falda	metalli pesanti, alifatici clorurati e composti aromatici	18.000.000,00

27	Cogoleto - Stoppani	Liguria	Cogoleto e Arenzano	D.M. 468/01	Decreto 8 luglio 2002(G.U. 01/10/2002)	46	214	214	168	46	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	2001	(suoli),falda e corsi d'acqua	cromo	10.000.000,00
28	Cerro al Lambro	Lombardia	-	D.M. 468/01	Decreto 8 luglio 2002 (G.U. 05/10/2002)	6	6	6	0	6	100	100	100	100	0	0	0	0	0	100	0	0	2001	suolo e acque di falda	melme acide, terre decoloranti esauste	41.000.000,00
29	Milano - Bovisa	Lombardia	Bovisa	D.M. 468/01	Decreto 8 luglio 2002 (G.U. 03/10/2002)	43	43	43	0	43	100	100	100	100	0	0	0	0	0,462962963	0	0,462962963	0	2001	suoli, sottosuoli e falda	metalli pesanti,IPA, BTEX, ferrocianuri	24.000.000,00
30	Basso bacino del fiume Chienti	Marche	Covotanova Marche, Montecosaro, Morrovalee, Porto Sant'Elpidio, Sant'Elpidio a Mare	D.M. 468/01	Decreto 26 febbraio 2003 (G.U. 27/05/2003)	2641	3832	3832	1191	2641	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2001	acque di falda	Tricloroetano, tricoloroetilen, tetracloroetilene	4.000.000,00
31	Campobasso - Guglionesi II	Chienti Molise	Goglionesi	D.M. 468/01	Decreto 16 dicembre 2002 (G.U. 05/12/2002)	4	4	8	0	8	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	2001	suolo	Cloro esavalente , mercurio, fanghi biologici	2.000.000,00
32	Basse di Stura (Torino)	Piemonte	Basse di Stura	D.M. 468/01	Decreto 8 luglio 2002 (G.U. 04/10/2002)	163	163	163	0	163	81,47398773	91,53147239	91,53147239	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2001	acque superficiali e di falda	scorie di fonderia, Sali da rifudione di alluminio, fanghi, morchie oleose, idrocarburi, cromo, nichel, rame, cobalto, piombo, zinco, cloruri, ammoniaca, floruri, nitriti, nitarti, naftalene	25.000.000,00
33	Bari - Fibronit	Puglia	Bari	D.M. 468/01	Decreto 8 luglio 2002 (G.U. 01/10/2002)	15	15	15	0	15	100	100	100	95,8249833	0	0	0	0	95,8[f]	0	0	0	2001	suoli e falda	amianto	7.000.000,00
34	Sulcis - Eglesiente - Guspinese	Sardegna	34 comuni	D.M. 468/01	Decreto 12 marzo 2003 (G.U. 27/05/2003)	356353	445474	445474	89121	356353	2,950568509	5,676574661	1,548692617	0,17155837	0	0	0	0	0	0,000124876	0,115896316	0,000124876	2001	suolo, sottosuolo, acque di falda	piombo, zinco, cadmio, mercurio, ferro, rame	470.000.000,00
35	Biancavilla	Sicilia	Biancavilla	D.M. 468/01	Decreto 18 luglio 2002 (G.U. 02/10/2002)	330	330	330	0	330	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	2001	suolo e falda	Amianto	20.000.000,00
36	Livorno	Toscana	Livorno	D.M. 468/01	Decreto 24 febbraio 2003 (G.U. 27/05/2003)	656	2079	2079	1423	656	34,09603659	41,76074695	41,64184451	2,211890244	0	0	2,286585	0	0	0	1,192073171	0	2001	suolo, sottosuolo, acque di falda	Piombo, mercurio, rame, zinco, cromo, IPA	10.330.000,00
37	Terni - Papigno	Umbria	Terni	D.M. 468/01	Decreto 8 luglio 2002 (G.U. 05/10/2002)	655	655	655	0	655	33,8760458	83,86175573	83,86175573	54,26051908	0	0	0	0	4,27480916	0	4,27480916	0	2001	_	Carburo-Calcio - Smaltimento rifiuti pericolosi	23.000.000,00
38	Emarese	Valle d'Aosta	Emarese	D.M. 468/01	Decreto 26 novembre 2002 (G.U. 25/01/2003)	15	15	15	0	15	99,96470588	99,96470588	99,96470588	99,96470588	0	0	0	0	37,7[f]	0	0	0	2001	suolo e sottosuolo	Amianto	20.000.000,00
39	Mardimago - Ceregnano	Veneto	Mardimago e Ceregnano	D.M. 468/01	Decreto 8 luglio 2002 (G.U. 30/09/2002)	56	56	56	0	56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2001	suolo	fluff da attività di demolizione autoveicoli, polverino da impianto di abbattimento dei fumi da acciaieria (piombo, cadmio, cromo esavalente)	6.000.000,00
40	Bolzano	Provincia autonoma di Bolzano	Bolzano	D.M. 468/01	Decreto 8 luglio 2002 (G.U. 04/10/2002)	26	26	26	0	26	100	100	100[c]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*2001*	*suolo, sottosuolo e acque di falda*	*Fluoruri, Magnesio, ferro, ossido di Bario, Ammoniaca*	*20.000.000,00*
41	Trento Nord	Provincia autonoma di Trento	Trento	D.M. 468/01	Decreto 8 luglio 2002 (G.U. 03/10/2002)	24	24	24	0	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*2001*	*suolo, sottosuolo e acque di falda*	*IPA, solventi aromatici, fenoli, naftalene, piombo, mercurio*	*100.000.000,00*
42	Brescia Caffaro	Lombardia	Brescia	L. 179/02	Decreto 24 febbraio 2003 (G.U. 27/05/2003)	263	263	263	0	263	58,03471483	67,20315589	26,51874525	11,32749049	0,261407	0	0	0	11,32749049	0	0,121673004	0	2002	suolo, sottosuolo, acque di falda e sedimenti	metalli pesanti, PCB, PCDD/PCDF, arsenico, mercurio, nichel, rame, zinco	_
43	Broni	Lombardia	Broni	L. 179/02	Decreto 26 novembre 2002 (G.U. 09/01/2003)	14	14	14	0	14	99,12184413	99,12184413	99,12184413	18,0837037	0	0	0	0	0	0	0	0	2002	suoli e sottosuoli	Amianto, Rifiuti speciali e pericolosi	_
44	Falconara Marittima	Marche	Falconara Marittima	L. 179/02	Decreto 26 febbraio 2003 (G.U. 27/05/2003)	74	1238	1272	1164	108	77,08333333	95,51851852	90,19444444	16,53703704	0	0	0,925926	0,333333	0	1,259259259	0	0,925925926	2002	suolo, sottosuolo, acque di falda e sedimenti	Idrocarburi leggeri, metalli pesanti, ceneri di pirite e residui fosfatici, arsenico, piombo, mercurio, rame, cadmio, solfati, fluoruri e fosfati	_
45	Serravalle Scrivia	Piemonte	Serravalle Scrivia	L. 179/02	Decreto 7 febbraio 2003 (G.U. 12/04/2003)	74	74	74	0	74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2002	Acque di falda e sedimenti	acido solforico	_
46	Laghi di Mantova e Polo Chimico	Lombardia	Mantova	L. 179/02	Decreto 7 febbraio 2003 (G.U. 12/04/2003)	1030	1030	1030	0	1030	13,7081165	40,3222233	31,8592233	19,44381553	4,466019	0	0	1,165049	1,354368932	0,485436893	0	0	2002	Suolo, acque superficiali e di falda	metalli pesanti, Mercurio	_
47	Orbetello	Toscana	Orbetello	L. 179/02	Decreto 2 dicembre 2002 (G.U. 27/03/2003)	64	336	336	272	64	67,1875	67,1875	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2002	Suolo, acque superficiali e di falda	metalli pesanti, arsenico e piombo	_
48	Aree del Litorale Vesuviano	Campania	Portici, San Giorgio a Cremano, Ercolano, Torre del Greco, Torre Annunziata, Pompei e Castellammare di Stabia	L. 179/02	Decreto 27 dicembre 2004 (G.U. 07/04/2005)	9615	177442	177442	167827	9615	10,62783505	39,72068041	32,4165567	4,887649485	0	1,876289	0,474227	0	0,144329897	0	2,06185567	0	2002	Suolo, acque superficiali e di falda	Contaminazione da abbandono incontrollato dei rifiuti	_
49	Aree Industriali di Porto Torres	Sardegna	Porto Torres	L. 179/02	Decreto 29 dicembre 1999 (G.U. 08/03/2000)	1844	46006	4606	2762	1844	74,9537961	78,17104121	78,17104121	10,50585683	0	0,178959	0	0,450108	0	0	0	0,113882863	2002	Suolo, sottosuolo, acque di falda, aree marino costriere,	Metalli pesanti, idrocarburi IPA, Alifatici clorurati cancerogeni, clorobenzeni, Mercurio e Cadmio	_
50	Area Industriale della Val Basento	Basilicata	Ferrandina e Pisticci, Grottole, Miglionico, Pomarico, Salandra	L. 179/02	Decreto 26 febbraio 2003 (G.U. 27/05/2003)	3393	3393	3330	0	3330	5,935156156	32,42809009	32,42809009	23,98961261	0	0	0	0	0,252252252	0	0,3003003	0	2002	Suolo e acque di falda	Metalli pesanti, IPA, solventi clorurati e comp. Aromatici	_
51	Bacino Idrografico del Fiume Sarno	Campania	Castellammare di Stabia, Nocera Inferiore, Sarno	L. 266/05	Decreto pubblicato sulla G.U. N. 257 del 04/11/2006)	50000		117086	0	117086	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2005	Acque superficiali e sedimenti		_
52	Milazzo	Sicilia	Milazzo	L. 266/05	Decreto 11 agosto 2006	500	1500	42664	0	42664	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2005	Suolo, acque superficiali e di falda	Amianto , idrocarburi e metalli pesanti	_
53	Bacino Idrografico del Fiume Sacco	Lazio	Colleferro, Segni, Gaviganno (RM), Paliano, Anagni, Ferentino, Sgurgola, Morolo, Supino (FR)	L. 266/05	D.M. 4352 del 31/01/208	117287	117371	2739	2190	549	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2005	Ambiente Marino, Sedimenti e acque di falda	isomeri di esaclorocicloesano	_
54	Discarica Le Strillaie	Toscana	Grosseto	D.Lgs. 152/06	Decreto 11 agosto 2006 (G.U. 02/11/2006)	33	33	33	0	33	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2006	suolo e acque di falda		_
55	Pianura	Campania	Napoli e Pozzuoli	Decreto 11/04/08	Perimetrazione provvisoria - Decreto in corso di registrazione	1649	1649	156	0	156	15,57692308	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2008			_
56	Bussi sul Tirino	Abruzzo	Bussi sul Tirino - Popoli, Tocco da Casauria, Castiglione a Casauria, Bolognano, Torre de' Passeri, Alanno, Scafa, Manoppello, Rosciano, Alanno, Chieti, Cepagatti	Decreto 29/05/08	Perimetrazione in corso di definizione	235	235	234	0	234	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2008	suolo, sottosuolo e acque di falda	metalli peasanti, composti organo alogenati, IPA, percolato, solfati, cromo, nichel, sostanze organiche	_
57	La Maddalena	Sardegna		OPCM 3716/2008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2008			

Allegato 2: Tabella riepilogativa degli interventi

ID_progetto	SITO	PROGETTO ANALIZZATO	MATRICI CONTAMINATE	CONTAMINANTI INDIVIDUATI	TECNICA DI INTERVENTO
1	Venezia (Porto Marghera)	Variante al Progetto Operativo di Bonifica e successive integrazioni	Suolo, sottosuolo e acque di falda	**Suolo:** presenza di rifiuti industriali; **Acque di falda:** IPA, Idrocarburi C>12, metalli non volatili e volatili (Hg), fluoruri, Diossine e Furani, Azoto ammoniacale, nitriti, solfati, Composti organici clorurati	**Suolo:** rimozione dei terreni superficiali per superamento delle CSC, rimozione dei terreni profondi per superamento delle CSR e confinamento in un'apposita area interna al sito, realizzata secondo i criteri del D.Lgs. 36/03. **Acque di falda:** adesione ad Accordo di Programma Quadro del SIN che prevede il marginamento fisico.
12	Venezia (Porto Marghera)	Progetto Operativo di Bonifica	Sottosuolo e acque di falda	**Sottosuolo:** MTBE, **Acque di falda:** idrocarburi totali, benzene, p-xilene, MTBE, arsenico e manganese	**Sottosuolo:** proposta intervento di Bio sparging. **Acque di falda:** prove pilota di Air Sparging e proposta intervento di Bio sparging.

ID_progetto	SITO	PROGETTO ANALIZZATO	MATRICI CONTAMINATE	CONTAMINANTI INDIVIDUATI	TECNICA DI INTERVENTO
2	Brindisi	Progetto di MISE per il suolo	suolo	Piombo e zinco	**Suolo:** scavo forma quadrata di lato 25 m e profondità 15 cm considerando gli ingombri si stima una superficie reale di 521,73 mq e scavo reale di 78,26 mc. Destinazione del suolo contaminato a discariche esterne al sito. **Acque di falda:** adesione all'Accordo di Programma Quadro del SIN.
13	Taranto	Progetto di Bonifica della Falda	Acque di Falda	Superamento CSC per Solfati e Ferro; Idrocarburi totali e Composti organici aromatici	**Acque di falda:** bonifica tramite trattamento di pump & treat e riutilizzo a fini industriali delle acque trattate.
14	Pitelli	Progetto Definitivo di Bonifica	Suolo e sottosuolo	Amianto, piombo, idrocarburi pesanti, zinco e rame	**Suolo**: confinamento superficiale mediante capping su tutta la superficie realizzato secondo i criteri del D.Lgs 36/03.
15	Balangero	Progetto definitivo/esecutivo di messa in sicurezza permanente (M.I.S.P.)	Suolo e sottosuolo	Amianto	**Suolo:**realizzazione del capping finalizzato a isolare il pietrisco asbestifero

ID_progetto	SITO	PROGETTO ANALIZZATO	MATRICI CONTAMINATE	CONTAMINANTI INDIVIDUATI	TECNICA DI INTERVENTO
3	Pieve Vergonte	Progetto Operativo di Bonifica	Suolo, sottosuolo e acque sotterranee	**Suolo e Sottosuolo:** Arsenico, Mercurio, DDT e derivati, **Acque:** Idrocarburi Clorurati Alifatici e Aromatici, DDT, Arsenico	**Suolo e Sottosuolo:** escavazione dei terreni contaminati (fino a 8 m), vagliatura ed eventuale lavaggio e collocazione presso un'area di confinamento interna al sito (647.000 m^3). **Acque di falda:** barriera idraulica; potenziamento impianto di trattamento acque di falda (TAF); interventi di Air Sparging e Soil Vapor Extraction in specifiche sub-aree.
16	Crotone - Cassano - Cerchiara	Piano di Caratterizzazione Ambientale	Acque di Falda	Superamento CSC per: manganese, solfati e fluoruri.	**Acque di falda:** Proposta di definizione di valori di fondo per i superamenti rilevati nelle acque di falda, ricondotti a cause naturali.-
4	Sassuolo - Scandiano	Perizia di variante n.2 alla messa in sicurezza d'emergenza	Suolo/sedimenti	-	**Suolo/sedimenti:** asportazione e conferimento ad impianti di recupero/trattamento/ smaltimento off-site del materiale contaminato (300 t). Ripristino e Messa in Sicurezza delle sponde

ID_progetto	SITO	PROGETTO ANALIZZATO	MATRICI CONTAMINATE	CONTAMINANTI INDIVIDUATI	TECNICA DI INTERVENTO
5	Laguna di Grado e Marano	Progetto Operativo di Bonifica	Suolo e sottosuolo, acque di falda	**Suolo e sottosuolo:** 1,2-dicloropropano, 1,2-dicloroetano, idrocarburi leggeri C<12, Cloruro di vinile, 1,2-dicloetilene **Acque di falda:** Cloruro di vinile; 1,1-dicloroetilene; Tricloroetilene, 1,2-dicloroetilene, 1,2-dicloropropano	**MISE Suolo:** completa escavazione del terreno. **Suolo:** Riduzione chimica in situ, ossidazione chimica in situ, in specifiche sub-aree. **Acque di falda:** realizzazione di diaframma fisico lungo il confine di valle idrogeologico dell'area, Ossidazione Chimica in sito (ISCO) e impiego in una specifica porzione del sito dell'Attenuazione Naturale Monitorata
6	Laguna di Grado e Marano	Progetto Operativo di Bonifica	Suolo e sottosuolo	Presenza di materiali di riporto e terreni contaminati (non è specificata la tipologia dei contaminanti)	**Suolo:** conferimento dei materiali di riporto e dei terreni contaminati in discariche interne per rifiuti non pericolosi, per un volume di 7.050 m^3, con deposito preliminare e trattamento on site (eventuale conferimento esterno per i rifiuti pericolosi non idonei allo smaltimento nelle discariche interne).

ID_progetto	SITO	PROGETTO ANALIZZATO	MATRICI CONTAMINATE	CONTAMINANTI INDIVIDUATI	TECNICA DI INTERVENTO
19	Laguna di Grado e Marano	Messa in Sicurezza e Bonifica	Suolo, acque di falda e sedimenti	**Suolo:** metalli, idrocarburi, diossine e BTEX; **Acque di falda**: BTEX, VOC e metalli; **Sedimenti:** mercurio, rame, nichel, zinco, fitofarmaci, PCB, diossine, furani e superamenti puntuali per arsenico, cadmio, cromo, piombo, terbutilstagno, dibutilstagno, IPA.	**Suolo:** asportazionee trattamento on-site dei terreni contaminati destinati allo smaltimento, previa vagliatura, lavaggio ed eventuale inertizzazione per rendere possibile lo smaltimento in discariche per rifiuti non pericolosi. Trattamento in situ dei terreni non asportabili in quanto localizzati in corrispondenza delle infrastrutture mediante Soil Vapor Extraction, Air Sparging, e metodi elettrochimici (ECRT); **Acque di falda:** barriera idraulica, trattamento in impianto TAF **Sedimenti:** escavo e trattamento on site dei sedimenti
17	Basso bacino del fiume Chienti	Integrazioni al Progetto di Messa in Sicurezza	Acque di Falda	Composti organo alogenati	**Acque di falda:** barriera idraulica con installazione di un impianto di trattamento acque a carboni attivi

ID_progetto	SITO	PROGETTO ANALIZZATO	MATRICI CONTAMINATE	CONTAMINANTI INDIVIDUATI	TECNICA DI INTERVENTO
7	Livorno	Progetto di bonifica dei suoli e della falda.	Suolo e Acque di Falda	**Suolo:** IPA e Idrocarburi pesanti. **Acque di falda:** Idrocarburi, BTEX, metalli.	**Suolo:** asportazione e smaltimento presso siti esterni del suolo inquinato per completamento azioni di MISE; **Acque di falda:** potenziamento dell'impianto di depurazione per il trattamento delle acque di falda mediante sistema Pump & Treat e completamento del diaframma plastico di confinamento.
8	Livorno	Progetto Operativo di Bonifica	Suolo, sottosuolo, acque di falda	**Suolo:** Cadmio, Zinco, Piombo, Arsenico, Mercurio, Idrocarburi C>12 **Acque di falda:** Manganese, fluoruri, solfati, arsenico.	**Suolo:** rimozione dei terreni contaminati; **Acque di falda:** sistema di marginamento fisico con palancole, barriera idraulica e impianto TAF.
18	Priolo	Progetto di bonifica delle acque di falda	Acque di Falda	Metalli, Manganese, Benzene, Cloruro di Vinile, Triclorometano, 1,1-Dicloroetilene, 1,2-Dicloroetilene	**Acque di falda:** realizzazione di un sistema di marginamento fisico mediante diaframma plastico e realizzazione di barriera idraulica (Pump & Treat).

ID_progetto	SITO	PROGETTO ANALIZZATO	MATRICI CONTAMINATE	CONTAMINANTI INDIVIDUATI	TECNICA DI INTERVENTO
9	Priolo	Piano della Caratterizzazione Ambientale e Interventi di Messa in Sicurezza di Emergenza	Suolo e Sottosuolo	PCB, Diossine, Mercurio	**Suolo:** esecuzione di interventi di MISE attraverso l'escavazione e il conferimento in discarica esterna al sito di 263,5 ton di terreno con codice CER 17 05 04 e 710,28 ton di terreno con codice CER 19 13 02 (restano da smaltire, al 2007, 44 ton di terreni).
10	Priolo	Progetto di bonifica del suolo.	Suolo, sottosuolo, acque di falda	**Suolo, sottosuolo:** idrocarburi pesanti C > 12 e idrocarburi leggeri C < 12; **Acque di falda:** idrocarburi, Cr VI	**Suolo:** Rimozione del terreno contaminato e smaltimento in discarica esternamente al sito. **Acque di falda:** proposta di monitoraggio della falda a valle della rimozione del suolo saturo contaminato.
11	Priolo	Progetto definitivo di Bonifica	Suolo e Acque di Falda	**Suolo:** Idrocarburi pesanti C>12 e arsenico **Acque di falda:** manganese	**Suolo:** rimozione dei terreni contaminati e invio a impianti esterni di smaltimento **Acque di falda:** non sono previsti interventi, si ipotizza che i superamenti del manganese siano riconducibili a valori di fondo naturale**.**

Allegato 3: Esempio di scheda progetto elaborata

SIN [ID del sin e nome del sin]

Sito di Interesse Nazionale istituito con il D.M 426/98

Intervento di bonifica del sito [nome del sito oggetto di intervento]

Prot. EME n. 1200 del 12/05/2011

Comune di [comune], [regione]

Perimetrazione SIN: [riferimento del decreto ministeriale di perimetrazione]

Perimetrazione totale fonte ISPRA al 2008: [estensione] ha, di cui:

- [estensione] ha a mare;
- [estensione] ha a terra.

ISTRUTORIA

Il sito in oggetto è stato caratterizzato e riconosciuto contaminato ai sensi del DM 471/99 a causa delle lavorazioni in esso svolte ([descrizione della attività pregressa]).

- In data …… sono state comunicate le misure di prevenzione (svuotamento e bonifica serbatoio) e le attività di MISE (installazione di impianto di pump&stock delle acque di falda),
- in data …… è stato presentato il Piano della Caratterizzazione,
- in data …….il Piano della Caratterizzazione è stato approvato con prescrizioni in Conferenza di Servizi decisoria,
- in data … viene presentato il Piano di Caratterizzazione acquisito dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare al prot. n. …../QdV/DI del ……...aggiornato sulla base delle prescrizioni ricevute in sede di Conferenza;
- in data …… sono state validate dall'ARPA le analisi di caratterizzazione del sito,
- in data ……. è stato presentato il report di attività dell'impianto pilota di air sparging,
- in data …… è stato presentato il Progetto operativo di bonifica, approvato il …..

DESCRIZIONE DEL SITO

Il sito in esame si trova nel Comune di .. in un'area a destinazione d'uso industriale. L'attività svolta consiste nel……

In seguito agli esiti delle prove di tenuta effettuate sul serbatoio presente nel sito, che hanno evidenziato la presenza di acqua nel serbatoio, sono state avviate le seguenti attività.

Misure di prevenzione:

- Svuotamento, bonifica, controllo visivo e vetrificazione del serbatoio di 10 mc, risultato non a tenuta, in cui si è constatata la presenza di acqua;
- sopralluogo nei dintorni del sito al fine di ricercare presenza di vapori di idrocarburi all'interno di pozzetti fognari (esito negativo),
- comunicazione avvio delle indagini preliminari al fine di rilevare l'eventuale contaminazione del sito e quindi procedere se necessario ad una MISE.

Indagini preliminari:

- Perforazione di n. 5 sondaggi a carotaggio continuo (profondità tra 5-10 m) attrezzati a piezometro;
- esecuzione di misure di "head space analysis" tramite fotoionizzatore portatile;
- realizzazione rilievo soil gas survey (SGS) secondo maglie di lato 10 m;
- prelievo ed analisi chimiche di: n. … campioni di terreno e di n. … campioni di acqua di falda;
- misura della soggiacenza della falda nei piezometri messi in opera;
- rilievo plano-altimetrico e georeferenziazione di tutti i punti di indagine eseguiti.

Le misure di "head space analysis" hanno dato esiti negativi. Sui 10 campioni di terreno sono stati ricercati i seguenti parametri:

- idrocarburi leggeri C< 12;
- idrocarburi pesanti C > 12;
- BTEX;
- Stirene;
- Piombo.

Si è rilevata la generale conformità ai limiti normativi D.M. 471/99 per i suoli (in vigore alla data di riferimento).

Sui 5 campioni di acqua sotterranea sono stati ricercati i seguenti parametri:

- Idrocarburi tot;

- BTEX;
- Stirene;
- Pb.

Si è evidenziato la generale conformità ai limiti normativi D.M. 471/99 (in vigore alla data di riferimento).

In un successivo monitoraggio della qualità delle acque di falda effettuato in data …… sono state registrate le seguenti evidenze analitiche:

- superamenti dei limiti relativi a: alluminio, antimonio, arsenico, ferro, manganese;
- presenza di MTBE in 2 piezometri.

INSTALLAZIONE ED AVVIAMENTO DELL'IMPIANTO MISE

In seguito alle evidenze di contaminazione della falda è stata effettuata la MISE attraverso l'installazione di una barriera idraulica per l'emungimento delle acque di falda al fine di impedire la propagazione della contaminazione presente.

Sono state effettuate nell'ambito delle attività di Messa in Sicurezza d'Emergenza:

- perforazione di n. 2 pozzi, rilievo freatimetrico, installazione di n. 2 pompe sommerse e di sonde di livello;
- esecuzione di misure di "head space analysis" tramite fotoionizzatore portatile;
- prelievo e analisi chimica di n. 8 campioni di terreno e di n. 2 campioni di acqua di falda;
- scavo di tracce per la posa in opera dei cavidotti e delle tubazioni idrauliche interrate;
- posa in opera e certificazione dei sistemi elettrici di comando e controllo delle attrezzature.

All'avvio della MISE (in data……..) sono stati prelevati campioni d'acqua da tutti i piezometri e 2 campioni di acqua dal canale, in posizione di monte e di valle idrogeologica rispetto al sito.

I risultati delle analisi di laboratorio hanno evidenziato per le acque di falda alcune non conformità diffuse per i parametri alluminio, antimonio, arsenico, ferro, manganese e limitate ad un solo campione per i parametri MTBE, Cromo VI e Piombo.

CARATTERIZZAZIONE DELL'AREA

Sulla base del *"Piano di Caratterizzazione rev 01"* sono state effettuate le attività di caratterizzazione del sito nel periodo ….

Le analisi chimiche di laboratorio condotte su n. 11 **campioni di terreno** hanno evidenziato la completa conformità ai limiti normativi di riferimento, mentre, le analisi condotte sui **campioni di acqua di falda** hanno evidenziato non conformità per il parametro Idrocarburi totali (come n-esano il cui valore limite è stato stabilito in CdS del … pari a di 350 µg/l) e per alluminio, antimonio, arsenico, ferro e manganese.

A valle degli esiti della caratterizzazione, in seguito a quanto deliberato in sede di CdS decisoria in data …… il sistema di emungimento è stato avviato in una configurazione implementata tramite l'emungimento di ulteriori 5 pozzi.

In data …… è stato trasmesso alle pubbliche amministrazioni competenti il Progetto Operativo di Bonifica contenente una proposta di trattamento per il sito (Air Sparging).

In sede di Conferenza di Servizi Istruttoria è stata evidenziata la necessità di presentare un report di conduzione dell'impianto di MISE e di effettuare prova pilota di Air Sparging.

PROVE PILOTA DI AIR SPARGING

La prova pilota ha avuto inizio ….. con durata complessiva di 4 mesi, si è articola in 2 fasi:

1 (durata 72 h): steps test finalizzato alla calibrazione dei principali parametri di funzionamento dell'impianto e alla determinazione dei raggi d'influenza;

2 (durata 3 mesi): long term finalizzato alla determinazione della durata dell'intervento di bonifica.

Gli esiti delle prove hanno evidenziato che portate di 20 mc/h sono sufficienti a determinare un raggio di influenza di circa 5,5 m dal punto di insufflazione, la presenza di O_2 disciolto, di VOC non hanno evidenziato fenomeni di strippaggio, attestandosi quasi sempre su valori nulli.

MONITORAGGIO DELLE ATTIVITÀ DI MISE

I risultati delle analisi di monitoraggio delle acque sotterranee hanno evidenziato:

- generale presenza di MTBE con concentrazioni in sensibile decremento rispetto ai valori iniziali;
- generale presenza di Idrocarburi totali con concentrazioni in notevole decremento fino a raggiungere valori inferiori ai limiti normativi;
- occasionale presenza di Composti Organici Aromatici;
- generale presenza di fondo di metalli.

MODELLO CONCETTUALE DEL SITO

Sulla base dei dati disponibili e delle informazioni raccolte nel corso delle attività condotte è stato formulato il Modello Concettuale definitivo del sito. Sono state definite le:

- caratteristiche geologiche;
- sorgenti primarie/secondarie di potenziale contaminazione;
- tipologia ed estensione ella contaminazione nelle diverse matrici ambientali;
- percorsi di migrazione della contaminazione tra le sorgenti ed i recettori ambientali.

Si è riscontrato quanto segue:

- Contaminazione da idrocarburi e da MTBE nei terreni saturi;
- Conformità ai limiti di riferimento per il terreno insaturo (0-1,5 m);
- Contaminazione da idrocarburi e da MTBE nelle acque sotterranee: la MISE nel corso degli anni ha permesso la completa scomparsa della contaminazione da idrocarburi, sia quelli espressi come n-esano che quelli aromatici. Dal …. permane solo MTBE in concentrazioni variabili che superano i riferimenti dell'I.S.S.

Per ciò che riguarda le sorgenti primarie di potenziale contaminazione, a seguito della bonifica e vetrificazione nel ….. del serbatoio non a tenuta e le successive prove sulle linee di aspirazione che hanno dato nuovo esito negativo, si può affermare che **non sono attive in sito fonti di contaminazione primarie**.

Le sorgenti secondarie di contaminazione sono costituite dalle acque sotterranee in cui si rileva la presenza di MTBE in fase disciolta, i metalli sono presenti in forma diffusa e permanente nelle acque di falda.

INDIVIDUAZIONE DELLA TECNOLOGIA DI BONIFICA

Alla luce delle prove pilota risulta che la migliore tecnologia applicabile risulta essere la biodegradazione dei contaminanti di natura organica presenti in falda stimolata attraverso l'iniezione di aria a basse portate: Bio Sparging.

CRONOPROGRAMMA

Si stima che la durata complessiva delle operazioni di bonifica mediante Bio sparging sia di 48 mesi.

ANALISI DEI COSTI DI BONIFICA

ATTIVITA'	COSTO (€)
Realizzazione punti di sondaggio per l'intervento di Bio Sparging	35.000
Installazione e gestione impianto di Bio Sparging	50.000
Attività di monitoraggio in campo e analisi di laboratorio	122.000
Verifiche post operam	10.000
TOTALE COSTI STIMATI DI BONIFICA	**217.000**