



Alma Mater Studiorum

Università degli Studi di Bologna  
Facoltà di Chimica Industriale

# SITI CONTAMINATI

PROCEDURE DI CONTROLLO E DI BONIFICA  
Verso una procedura standardizzata

*a cura di*  
Luciano Morselli

Atti del Workshop 8 Giugno 1993

Editrice **QUEB** Bologna

*Con il patrocinio di:*

Ministero dell'Ambiente - Ministero della Protezione Civile - Ministero dell'Ambiente - Regione Emilia Romagna - Istituto Superiore di Sanità - Gruppo interdivisionale di Chimica per l'Ambiente della S.C.I. - ISPESL - ENEL s.p.a. - UNICHIM - ENEA

*Comitato tecnico scientifico ed organizzativo*

PROF. LUCIANO MORSELLI	- Università degli Studi di Bologna/Gruppo Interdivisionale di Chimica per l'Ambiente della S.C.I.
DR. NICOLA BRUNETTI	- ENEA Roma
DR. ANACLETO BUSÀ	- UNICHIM Milano
ING. GIORGIO DINELLI	- ENEL Centro Ricerche ceneri Brindisi
PROF. SERGIO FACCHETTI	- CCR Ispra
DR.SSA LOREDANA MUSMECI	- ISS Roma
DR. MASSIMO VILLARINI	- ISPESL Roma

*Con il contributo di:*

ACOSER - Bologna; AMIU - Bologna; AMIU - Modena; CIBA ADDITIVI - Pontecchio Marconi (Bo); ECOAPPRAISAL S.r.l. - Giussago (Pv); ECODECO - Giussago (Pv); ENEA - Roma; ENEL S.p.a. - Roma; EURECOS S.a.s. - Trieste; FELSILAB S.r.l. - Bologna; GEOLAVORI S.r.l. - Udine; GROUNDWATER TECHNOLOGY ITALIA S.r.l. - Cantù (CO); IDROSER S.p.a. - Bologna; PETROLTECNICA - Rimini; UNICHIM - Milano; UNIONE PETROLIFERA - Roma

# Bonifica integrata in situ/on site dell'area del Rio Barca (Votaggio, AL) contaminata da olio combustibile

Dott. Isidoro Bonfà\*, Dott. Maurizio Gambera\*, Dott. Mario Samaja\*

## 1. Introduzione

Sul versante sinistro del Rio Barca (Votaggio, AL; Fig. 1), la rottura accidentale di un oleodotto ha provocato la fuoriuscita di un grande volume di olio combustibile fluido. La perdita ha avuto luogo in un periodo in cui il corso d'acqua era completamente in secca: il prodotto ha pertanto saturato i sedimenti dell'alveo fluviale, nonché la coltre detritica del versante sinistro del Rio, luogo della rottura. Le indagini condotte hanno portato a stimare in circa 6000 m<sup>3</sup> il volume di sedimenti interessati dalla contaminazione nell'alveo del torrente, ed in circa 700 m<sup>3</sup> quelli sul versante collinare. Le concentrazioni di idrocarburi risultavano distribuite in modo assai irregolare; su buona parte dell'area interessata (circa 500 m. di lunghezza dell'alveo fluviale) si riscontrava presenza di prodotto libero.

## 2. Scelta degli obiettivi e dei metodi di bonifica

In assenza di una normativa italiana sulle concentrazioni massime ammissibili di idrocarburi nel suolo, in accordo tra le parti coinvolte si è scelto come obiettivo il limite di 5000 mg/kg, tratto dalla normativa olandese (Tab. 1).

Tabella 1: Norme Olandesi sull'inquinamento di terreni da olii minerali.

Concentrazione di olii minerali nel suolo (mg/kg)	< 100	100 ÷ 1.000	1.000 ÷ 5.000	> 5.000
Livello di contaminazione	Pulito	Accettabile	Necessaria la valutazione di rischio	Necessaria la bonifica

L'impossibilità, o comunque l'estrema difficoltà nel reperire una discarica che potesse ricevere tali volumi di suolo, le difficoltà tecniche (stabilità dei versanti, alterazione del profilo fluviale, etc.), e considerazioni economiche hanno condotto alla scelta, praticamente obbligata, della bonifica in situ.

\* Groundwater Technology Italia - Cantù (Co).

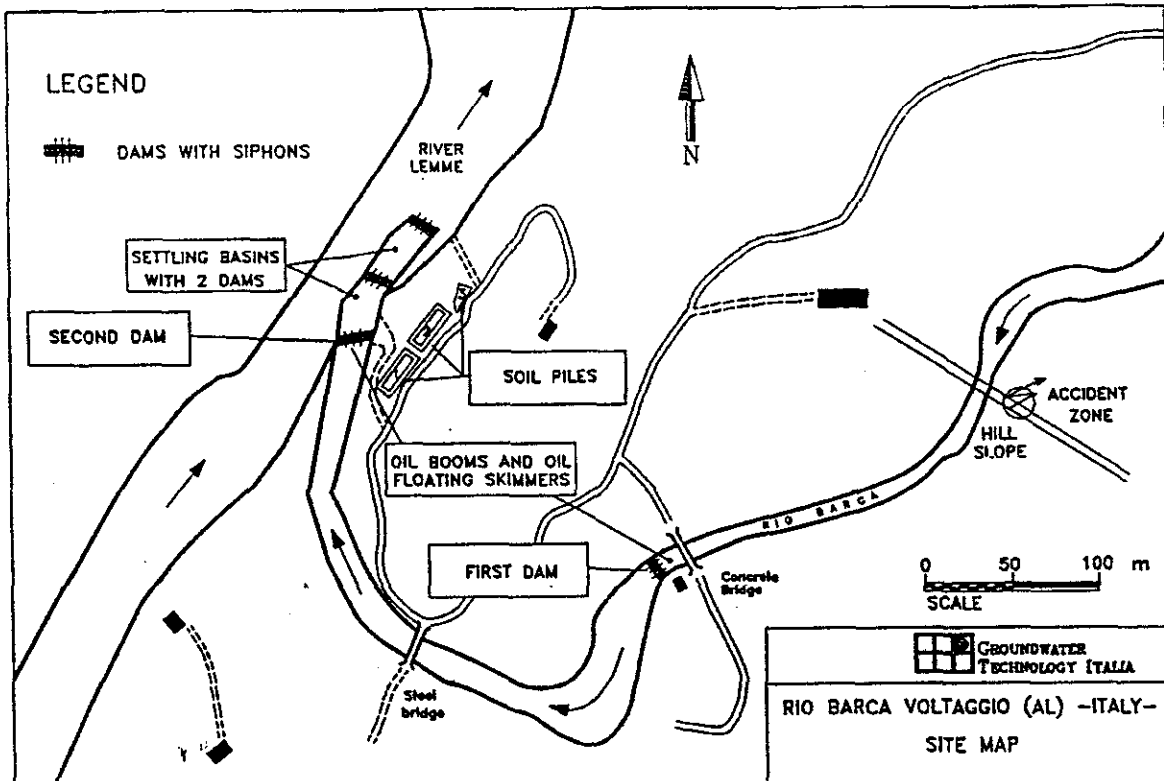


Figura 1

### 3. Metodi di bonifica

#### 3.1 Alveo del torrente

Ha comportato due fasi:

I) *Lavaggio meccanico dei sedimenti* con escavatore, per liberare il prodotto in fase separata. Due sbarramenti sifonati hanno consentito di trattenere l'olio e recuperarlo con uso di skimmers. Due bacini di flocculazione hanno svolto la funzione di contenere i sedimenti fini e pesantemente contaminati messi in circolo dall'operazione di lavaggio meccanico. Tali sedimenti sono stati trattati on-site (Par. 3.2).

II) *Biobonifica stimolata in situ*. Tale metodo consiste nel creare in situ le condizioni più favorevoli allo sviluppo dei ceppi batterici indigeni capaci di degradare il contaminante. Una miscela di nutrienti opportunamente calibrata è stata immessa nel suolo nella zona da trattare; una serie di linee interrato a circa 1,5 m. di profondità sotto alveo è stata utilizzata per immettere aria, fornendo così l'ossigeno necessario alla biodegradazione aerobica del prodotto da parte dei batteri presenti.

**3.2 Biobonifica on-site dei sedimenti fini dei bacini**

I sedimenti dei bacini sono stati rimossi e trattati sul posto, in pila. Il metodo sfrutta la biodegradazione naturale stimolata, ma, contrariamente a quando si opera in situ, in questo caso è più agevole il controllo dei parametri fondamentali, quali ad esempio la disponibilità di ossigeno e nutrienti, il pH ed altri. La pila di trattamento è dotata di un sistema di aspirazione/immissione d'aria, e di uno per l'immissione dei nutrienti.

**3.3 Bonifica in situ dei sedimenti del versante collinare**

Il trattamento è tuttora in corso, con l'impiego di diversi metodi:

- soil venting (estrazione d'aria) dalla zona non satura, per agevolare il ricambio d'ossigeno
- air sparging (immissione d'aria) in zona satura, per fornire ossigeno sottofalda
- immissione di nutrienti

**4. Risultati**

Trascorso un anno dall'inizio del trattamento di biobonifica stimolata in situ, l'obiettivo prefissato (5000 mg/kg) era stato raggiunto e spesso largamente superato lungo tutto il tratto di torrente interessato. L'istogramma di Figura 2 riporta la diminuzione delle concentrazioni di idrocarburi totali (T.P.H.) nei sedimenti dell'alveo dal Maggio 1991 al Marzo 1993. I valori accanto ad ogni colonna rappresentano la concentrazione residuale in percentuale rispetto al valore medio di concentrazione all'inizio dell'intervento, posto uguale a 100%. In 22 mesi si è ottenuta una riduzione del 99% rispetto alle concentrazioni iniziali.

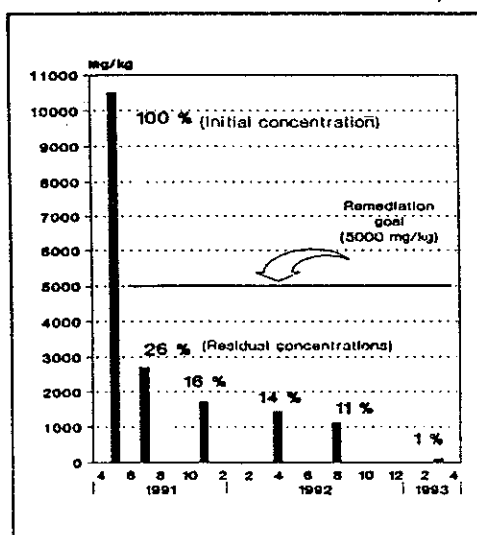


Figura 2 Concentrazioni medie di T.P.H. nell'alveo del Rio Barca.

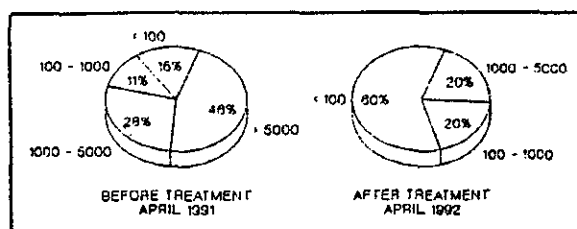


Figura 3: zone a differenti concentrazioni di idrocarburi in percentuale sul totale della superficie contaminata (conc. in mg/kg).

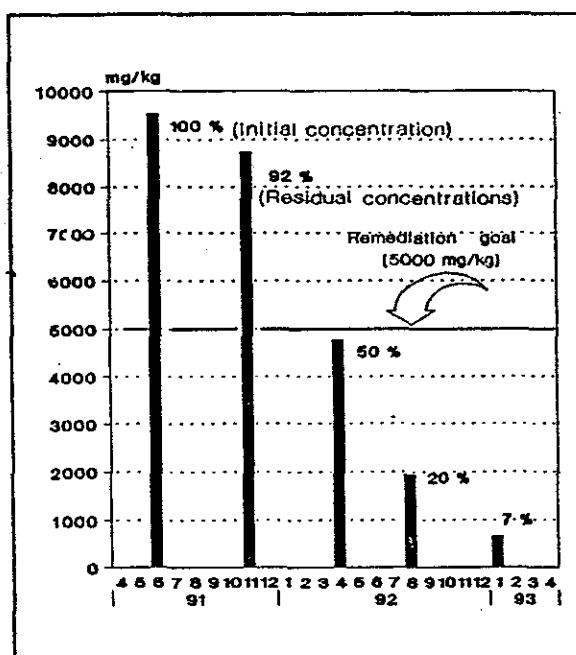


Figura 4: Concentrazioni medie di T.P.H. nelle pile di trattamento dei suoli dei bacini.

La Figura 3 riporta le zone corrispondenti a diversi intervalli di concentrazione dei T.P.H., espresse come percentuale della superficie totale dell'area contaminata, prima del trattamento di biobonifica e dopo un anno dall'inizio dello stesso.

A causa della granulometria fine, l'andamento della biodegradazione stimolata nella pila di trattamento risulta più lento rispetto all'alveo del torrente. Comunque, dopo 19 mesi di funzionamento (compresi i mesi invernali, a bassa temperatura) si è registrata una riduzione media del 93% rispetto alle concentrazioni medie iniziali di T.P.H. (Fig. 4). L'obiettivo di bonifica prefissato è stato raggiunto in circa 9 mesi dall'inizio dell'intervento.

Per quanto riguarda il versante collinare luogo dello spandimento, si erano previsti sin dall'inizio tempi di bonifica più lunghi in considerazione della complessità della situazione geologica, e delle difficoltà logistiche. Co-

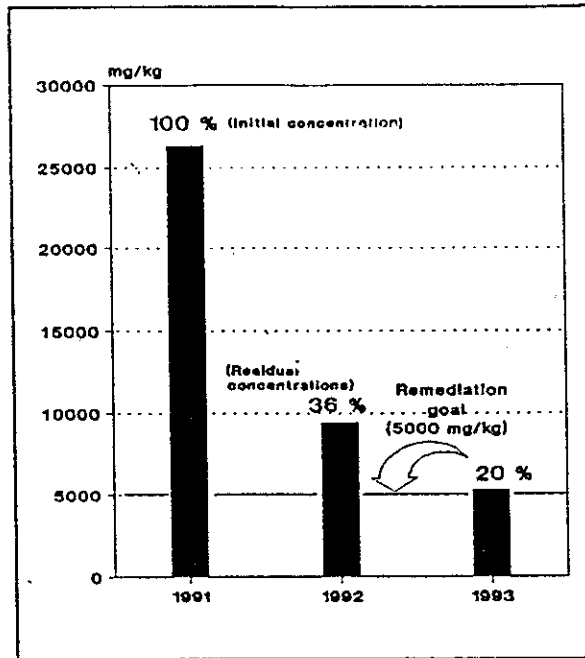


Figura 5: Concentrazioni medie di T.P.H. sul versante collinare, luogo della rottura dell'oleodotto.

munque, il sistema di sparging e ventilazione installato ha condotto ad una riduzione media dell'80% in due anni di funzionamento del sistema (Fig. 5).

## 5. Costi

Il costo complessivo dell'operazione, comprese le onerose opere civili, è risultato pari a circa 1/5 del costo preventivato per escavazione, trasporto e smaltimento in discarica (non considerando i costi di ripristino).

## Indice

SALUTI DI BENVENUTO .....	pag.	9
Prof. Alberto Valvassori .....	»	11
Prof. Franco Magelli .....	»	13
Prof. Mario Rinaldi .....	»	15
<b>I SESSIONE - ASPETTI GENERALI .....</b>	<b>»</b>	<b>17</b>
Introduzione alla I Sessione Prof. Renato Seeber .....	»	19
A model for the development of a hazardous waste cleanup program for the Italian Ministry of the environment - Dr. Thomas C. Voltaggio .....	»	21
La politica della comunità europea in materia di terreni contaminati - Dr. André Piavaux .....	»	35
La realtà italiana relativa ai siti contaminati - Ing. Leopoldo D'Amico, Dr. Roberto Morelli, Ing. Stefano Ciampicacigli e Prof. Luciano Morselli .....	»	45
La vulnerabilità del suolo - Prof. Gilmo Vianello .....	»	51
Procedure del site assessment e suoi impieghi in Italia e all'estero - Dr. Carlo Bossi .....	»	63
Tecniche di bonifica - Ing. Gianni Andreottola, Prof. Luciano Morselli, Dr. Alejandro Duran e Ing. Fabio Tatàno .....	»	71
Il controllo dei siti contaminati - Prof. Sergio Facchetti .....	»	95
Bonifica dei siti contaminati: prime idee per un'iniziativa legislativa - Dr. Franco Giampietro .....	»	101
<b>II SESSIONE - ASPETTI APPLICATIVI E CASI DI STUDIO .....</b>	<b>»</b>	<b>111</b>
Introduzione alla II Sessione - Prof. Gian-Antonio Mazzochin .....	»	113
Introduzione alla II Sessione - Dr.ssa Loredana Musmeci .....	»	115
Piano di bonifica delle aree contaminate dell'Emilia-Romagna. Primi lineamenti - Ing. Claudia Ferrari, Dott.ssa Barbara Villani .....	»	117
Piani regionali di bonifica delle aree contaminate: Lombardia, Piemonte, Toscana - Dr. Alberto Milani, Dr.ssa Maddalena Bonizzoni .....	»	125
Valorizzazione dei residui industriali per la prevenzione ed il controllo della contaminazione diffusa sul territorio - Ing. Giorgio Dinelli, Ing. Pompilio Caramuscio .....	»	133
Bonifica di aree inquinate da rifiuti tossico nocivi nel territorio della regione Emilia Romagna - Ing. Demetrio Egidi, Dott. Stefano Vannini, Ing. Davide Gadani .....	»	149
Analisi di rischio per la definizione della lista di priorità di interventi nella bonifica di siti contaminati - Ing. Angelo Felli, Ing. Fiorenzo Benvegù .....	»	171
La funzione delle cellule immobilizzate nella bioremediation - Dr. Leonardo Setti, Prof. Pier Giorgio Pifferi e Prof. Gaetano Lanzarini .....	»	179
Possibilità e limiti dei trattamenti biologici in-situ ed on-site/off-site dei terreni contaminati - Ing. Gianni Andreottola, Ing. Fabio Tatàno .....	»	185



III SESSIONE - LINEE GUIDA UNICHIM .....	»	211
Fase preparatoria delle linee guida. Unichim «Suoli e falde contaminati: indagini e tecnologie di Bonifica» - Dr. Anacleto Busà .....	»	213
IV Sessione - Poster .....	»	225
La certificazione ambientale di terreni, immobili e impianti - Dr. Carlo Bossi, Dr. Alberto Riva. ....	»	227
Indagini preliminari per la caratterizzazione dell'area contaminata a valle di una ex miniera di amianto - Ing. Pompilio Caramuscio, Dr.ssa Paola Annoni, Dr. Stefano Maran e Prof. Gian Maria Zuppi .....	»	229
Applicazione di biotecnologie per il recupero di terreni contaminati - Dr. Giuseppe Varallo, Dr. Mario Maspero, Dr.ssa Maria Laura Meloni .....	»	235
Applicazione di metodologie geofisiche per la definizione della situazione del sottosuolo - Dr. Mauro Piccolo, Dr.ssa Annalisa Zanelli .....	»	241
B.A.T. Water Monitoring System, Campionamento di acqua e gas e misure di permeabilità in terreni a granulometria fine - Dr. Luigi Plateo .....	»	245
Distribuzione dei Composti Organo-Alogenati negli acquiferi della Provincia di Bologna - Dr. Giuseppe Raffaelli .....	»	253
Bonifica integrata in situ/on site dell'area del Rio Barca (Votaggio, AL) contaminata da olio combustibile - Dott. Isidoro Bonfà, Dott. Maurizio Gambera, Dott. Mario Samaja .....	»	257
I test di cessione sui fanghi ceramici: uno studio cinetico - Dr. Fulvio Corradini, Prof. Gian Carlo Franchini, Prof. Carlo Preti, Prof. Giuseppe Tosi, Prof. Paolo Zannini .....	»	263
La qualità dei servizi negli interventi di messa in sicurezza o bonifica di siti inquinati - Dr. Giorgio Del Frate .....	»	267
Bonifica di siti contaminati da fanghi ceramici: un caso operativo - P.I. Roberto Paparella .....	»	69
V SESSIONE - RISOLUZIONI .....	»	285
Dr.ssa Loredana Musmeci, Dr. Anacleto Busà .....	»	287
Prof. Luciano Morselli .....	»	289
Elenco partecipanti .....	»	293