

LE BONIFICHE DEI  
**SITI CONTAMINATI**  
E DEI  
**BENI CONTENENTI AMIANTO**  
ALLA LUCE DELLA NORMATIVA AMBIENTALE

*Modulo 2 – tecniche di bonifica*

**Dott. Sergio Citran**  
**Firenze, 27 gennaio 2020**



## 1<sup>a</sup> Parte

Attività di caratterizzazione  
Modello concettuale del sito  
Analisi di Rischio

## 2<sup>a</sup> Parte

Bonifica dei siti  
Criteri di scelta degli interventi  
Tipologia di interventi sui suoli sulle acque  
Attività degli organi di controllo

## CONCETTI BASE SULLA CONTAMINAZIONE DEL TERRENO

# CONTAMINANTI NEL SOTTOSUOLO

Costituiti principalmente da:

**INORGANICI: METALLI PESANTI** (Arsenico , Cadmio, Mercurio, Piombo, Zinco.....). Talvolta legati con altre sostanze (es. solfuri)

**COMPOSTI ORGANICI:** molecole complesse formate essenzialmente da carbonio (C) ossigeno (O) idrogeno (H) in alcuni casi da cloro (Cl). Si tratta in gran parte di derivati dalla distillazione del petrolio o carbone



## CONCETTI BASE SULLA CONTAMINAZIONE DEL TERRENO

In larga parte i contaminanti organici dopo un tempo più o meno lungo di persistenza nell'ambiente, iniziano a degradarsi naturalmente, scindendosi in molecole più semplici.

Questo invece non avviene per i metalli pesanti quindi la loro rimozione dai suoli contaminati rappresenta un problema piuttosto complicato.



## CONCETTI BASE SULLA CONTAMINAZIONE DEL TERRENO

### CONTAMINANTI NEL SOTTOSUOLO

Coesistenza di 3 fasi:

- Solido: particelle di inquinanti frammiste a terreno
- Liquido: frazione liquida o disciolta nell'acqua interstiziale (falda)
- Gassoso: vapori presenti nei pori della porzione insatura (soil gas)



## CONCETTI BASE SULLA CONTAMINAZIONE DEL TERRENO

Il suolo rappresenta:

1. un supporto sul quale gli inquinanti si possono fissare (assorbimento/adsorbimento)
2. Un mezzo poroso attraverso il quale fluisce un fluido (acqua) contaminato

I metalli nei suoli si concentrano principalmente nella frazione fine (diam. < 4 mm) e soprattutto in quella argillosa, che contiene i nutrienti per la vegetazione.

L'analisi della frazione fine dei suoli è quella di maggiore utilità per prevedere se i metalli pesanti presenti nel suolo possono entrare a far parte dell'ecosistema.

Diversi fattori (pH, potenziale redox, temperatura) spesso associati a processi batterici influenzano la solubilità, mobilizzazione precipitazione/deposizione dei metalli.

La mobilità è anche influenzata dall'eterogeneità tessiturale dei suolo o sedimenti.



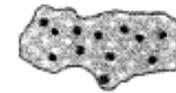
Particellato inquinante



Patina liquida



Inquinante adsorbito



Inquinante assorbito

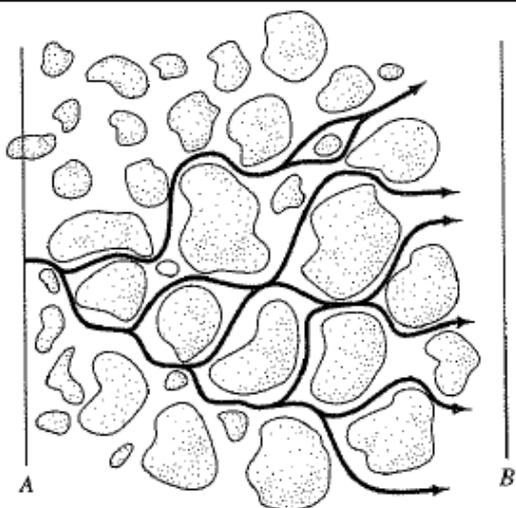


Contaminante in fase liquida nei pori



Contaminante in fase solida nei pori

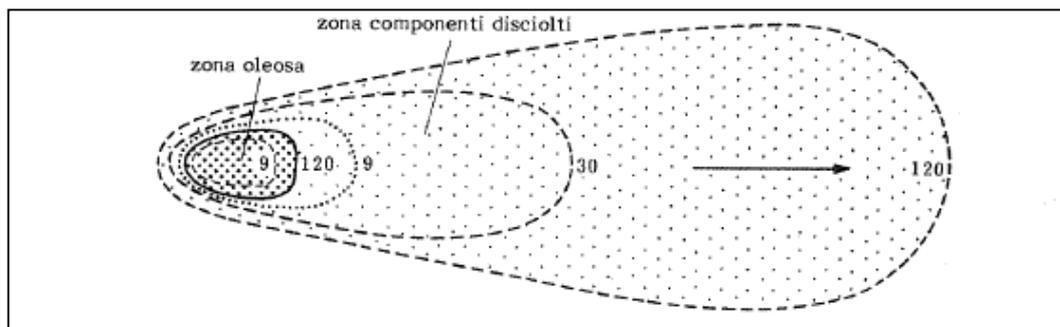
## CONCETTI BASE SULLA CONTAMINAZIONE DEL TERRENO



In un mezzo poroso la contaminazione della falda tende a disperdersi lateralmente rispetto alla direzione di deflusso della falda in quanto, a scala microscopica, il flusso tende a divergere come illustrato nella figura accanto.

Il risultato di ciò è una miscelazione in direzione normale al flusso e viene definita come dispersione trasversale.

La dispersione trasversale è il fenomeno che va a generare il cosiddetto plume di contaminazione che si allunga e allarga in direzione del flusso di falda (con attenuazione della concentrazione)



## CONCETTI BASE SULLA CONTAMINAZIONE DEL TERRENO

I composti organici, dal punto di vista dell'inquinamento possono essere divisi in quattro fasi:

- 1 - Volatile o gassosa (SOIL GAS)
- 2 - Soluzione acquosa (nell'acqua mobile tra pori interstiziali e nella pellicola che avvolge le particelle di terreno)
- 3 - Non solubile o liquida, a sua volta distinta in:
  - (LNAPL = light non aqueous phase liquid)
  - (DNAPL = dense non aqueous phase liquid)
- 4 - Fase adsorbita nelle particelle di terreno (nella zona insatura e satura)

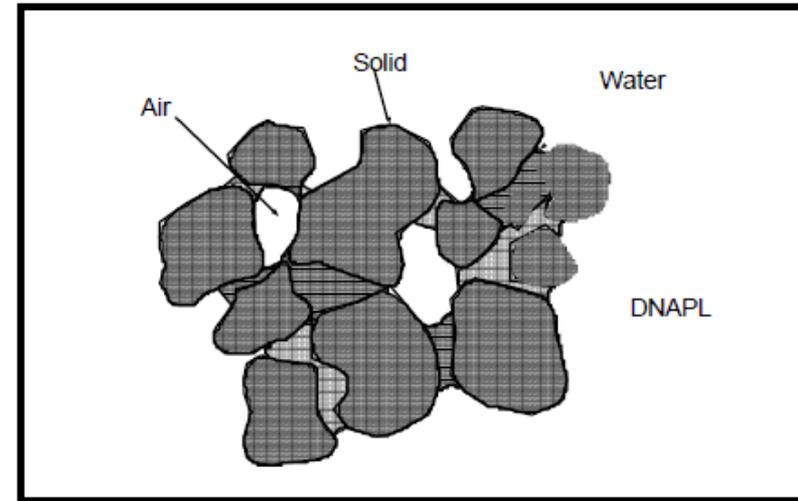


Figure 3. A DNAPL contaminated unsaturated zone has four physical states or phases (air, solid, water, immiscible). The contaminant may be present in any one, or all four phases.

## CONCETTI BASE SULLA CONTAMINAZIONE DEL TERRENO

Le tecnologie di bonifica possono coinvolgere una combinazione di metodologie fisico-chimiche e biologiche che hanno lo scopo di:

- **Immobilizzare**
- **Isolare**
- **Estrarre**
- **Degradare**

Le sostanze inquinanti.



## PROGETTAZIONE INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA/BONIFICA

Definizioni da D. Lgs. 152/06 Parte quarta allegato 3

**BONIFICA:** finalizzata ad eliminare la contaminazione del sottosuolo riportando le concentrazioni nelle matrici ambientali interessate (terreno-falda) entro i valori delle CSC o CSR

**INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA:** isolamento delle fonti inquinanti per impedirne la diffusione e contatto con esseri umani e recettori ambientali.

Si dividono in:

- messa in sicurezza d'urgenza
- messa in sicurezza operativa (MISO)
- messa in sicurezza permanente (MISP)



## BONIFICA/MESSA IN SICUREZZA

**Il percorso di bonifica/messa in sicurezza si sviluppa attraverso le seguenti fasi:**

1. Caratterizzazione e analisi di rischio
2. Progettazione dell'intervento di bonifica
3. Emissione provvedimento di approvazione
4. Esecuzione dell'intervento di bonifica
5. Collaudo dell'intervento
6. Emissione della certificazione di avvenuta bonifica

## PROGETTAZIONE INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA/BONIFICA

Il progetto degli interventi deve contenere una dettagliata analisi comparativa delle diverse tecnologie di intervento applicabili al sito in esame in termini di:

- efficacia nel raggiungere gli obiettivi finali,
- concentrazioni residue (CSC o CSR),
- tempi di esecuzione,
- impatto degli interventi sull'ambiente circostante;
- analisi dei costi delle diverse tecnologie.

*Art. 242bis, comma 2bis: nella selezione della strategia di intervento dovranno essere privilegiate modalità tecniche che permettano il trattamento e riutilizzo in sito del suolo minimizzando o evitando il conferimento in discarica dei rifiuti prodotti durante le operazioni di bonifica.*



## PROGETTAZIONE INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA/BONIFICA

ISPRA - Matrice di screening delle tecnologie di bonifica

[www.isprambiente.gov.it/files/temi/matrice-tecnologie-ispra-rev050908.pdf](http://www.isprambiente.gov.it/files/temi/matrice-tecnologie-ispra-rev050908.pdf)



**ISPRA**  
Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale

## Matrice di screening delle tecnologie di bonifica

Giudizio		😊 = Buono	😐 = Medio	😞 = Basso
<b>Contaminanti trattati</b>		Efficienza dimostrata	Limitata efficienza	Efficienza non dimostrata
<b>Tempi</b>	<b>suolo in situ</b>	Meno di 1 anno	Da 1 a 3 anni	Oltre 3 anni
	<b>suolo ex situ</b>	Meno di 0,5 anno	Da 0,5 a 1 anno	Oltre 1 anno
	<b>acque</b>	Meno di 3 anni	Da 3 a 10 anni	Oltre 10 anni
<b>Necessità di manutenzione/ monitoraggio a lungo termine</b>		Necessità di un basso grado di manutenzione	Necessità di un medio grado di manutenzione	Necessità di un alto grado di manutenzione
<b>Impatti a breve e lungo termine sulle risorse naturali</b>		Bassi impatti sulle risorse naturali/Alta sostenibilità	Medi impatti sulle risorse naturali/Medi sostenibilità	Alti impatti sulle risorse naturali/Bassa sostenibilità

◆ = Il livello di efficienza dipende dallo specifico contaminante, dalle condizioni sito specifiche e dalla progettazione







## PROGETTAZIONE INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA/BONIFICA

L'analisi dei costi di un intervento di bonifica deve contemplare anche una valutazione dei benefici diretti e indiretti collegati alle diverse scelte.

Esempio: a volte è preferibile una scelta più costosa di bonifica al posto della messa in sicurezza, per i vantaggi che possono derivare dall'assenza di vincoli permanenti sul sito e necessità di monitoraggi, a beneficio di una maggiore valorizzazione commerciale del sito



## APPROVAZIONE INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA/BONIFICA

### AUTORIZZAZIONE ALL'ESECUZIONE DELLA BONIFICA

Avviene con l'emissione di un Decreto di approvazione del progetto generalmente emesso da:

- Ministero Ambiente (SIN)
- Regione
- Comune (tutti gli altri casi)

L'approvazione del progetto sostituisce, laddove previsto, anche le autorizzazioni, le concessioni ecc. previsti dalla vigente normativa con particolare riferimento a:

- Valutazione impatto ambientale
  - Gestione terre e rocce da scavo all'interno del cantiere
  - Scarico delle acque emunte dalle falde
- 

## ESECUZIONE DEI LAVORI DI BONIFICA

# Varianti in corso d'opera

Durante l'esecuzione dei lavori si può manifestare l'esigenza di dover apportare delle modifiche al progetto

*(es. rinvenimento situazioni nel sottosuolo non preventivate durante la caratterizzazione, modifiche alla perimetrazione del sito.....)*

- Non sostanziali: comunicazione agli enti di controllo  
(da condividere e comunicare agli enti)
- Sostanziali: progetto di variante da sottoporre ad approvazione  
*Non esiste una regola precisa che stabilisce se la variante costituisce una variante sostanziale/non sostanziale – concordare sempre con enti*



## COLLAUDO DELLA BONIFICA

Il collaudo deve verificare la rispondenza tra il progetto e quanto realizzato. Deve essere eseguito da un soggetto terzo rispetto a progettista e direttore lavori.

### **Bonifica**

- Efficienza di sistemi, tecnologie, strumenti utilizzati sia durante che al termine delle attività
- Raggiungimento CSC o CSR mediante analisi di fondo scavo e pareti, validate da ARPA

### **Messa in sicurezza permanente**

- Efficienza di sistemi, tecnologie, strumenti utilizzati sia durante che al termine delle attività
- Efficacia delle misure di sicurezza adottate

## CERTIFICAZIONE DI BONIFICA

Viene accertata dalla Provincia (Città metropolitana) mediante apposita certificazione rilasciata da ARPA.

Rilascio della certificazione di avvenuta bonifica\*

\* *vale solo per l'intervento per il quale è stata eseguita la bonifica*  
**non è universale né eterno**



## TECNICHE DI BONIFICA MESSA IN SICUREZZA OPERATIVA (MISO)

Riguarda siti contaminati in cui siano presenti attività produttive in corso.

Finalità: minimizzare rischio per la salute pubblica/ambiente attraverso il contenimento degli inquinanti all'interno dei confini del sito.

Interventi compatibili con il proseguimento delle attività produttive svolte nel sito.

Progettazione degli interventi sulla base di una analisi di rischio sito specifica.

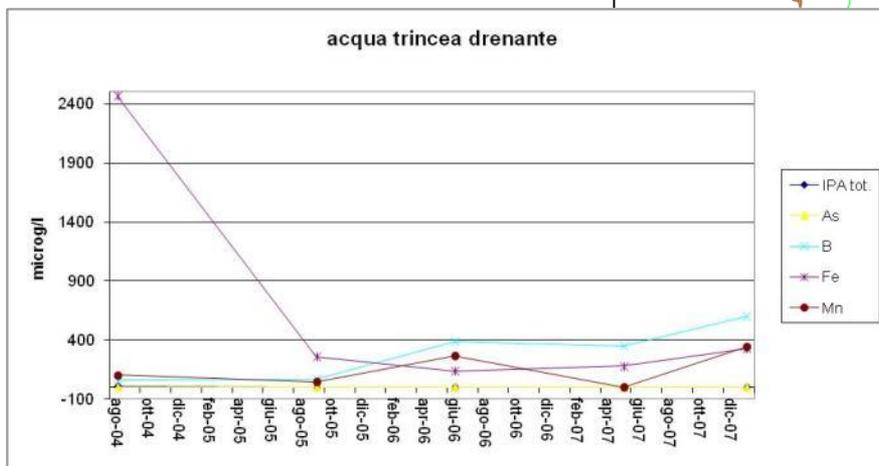
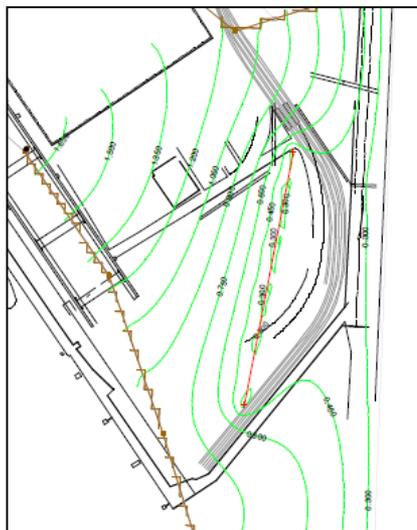
Idonei sistemi di monitoraggio e controllo atti a verificare l'efficacia delle misure adottate e mantenimento delle condizioni di accettabilità del rischio (CSR).



## TECNICHE DI BONIFICA MESSA IN SICUREZZA OPERATIVA (MISO)

Esempi di misure passive  
TRINCEA DRENANTE

Obiettivo: intercettare falda superficiale (contaminata da composti organici) evitando il contatto con le acque superficiali prospicienti.  
Raccolta e smaltimento in impianto delle acque come rifiuto

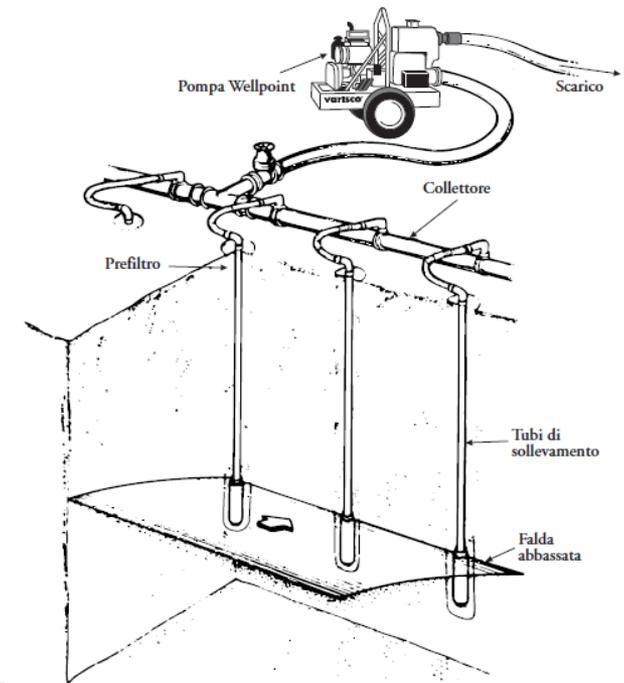


## TECNICHE DI BONIFICA MESSA IN SICUREZZA OPERATIVA (MISO)

Impianto wellpoint: costituito da una serie di micropozzi (diametro da 1.5-2" con i quali si va ad intercettare il flusso di falda. Le acque emunte vengono quindi sottoposte a trattamento prima dello scarico. Efficace per profondità fino a -5 m circa.

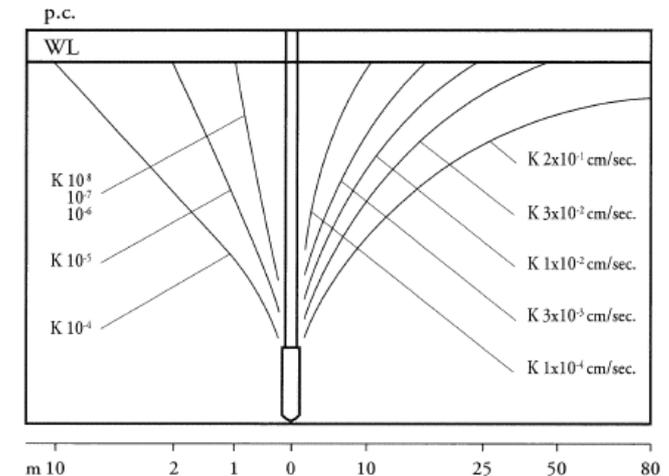
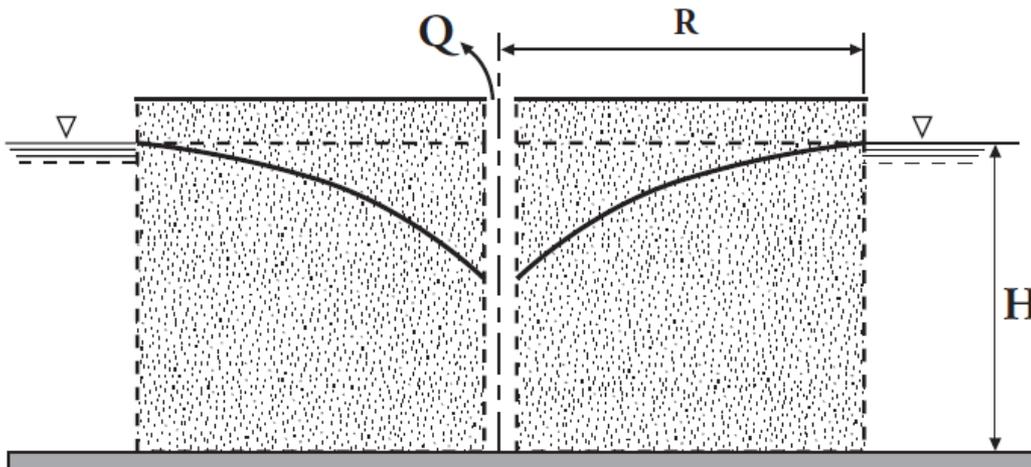


*Batteria di wellpoint per intercettazione acqua di falda contaminata.*



## TECNICHE DI BONIFICA MESSA IN SICUREZZA OPERATIVA (MISO)

Durante il pompaggio si genera un abbassamento della falda nell'intorno del punto di emungimento che si estende fino ad una distanza chiamata "raggio di influenza" R.

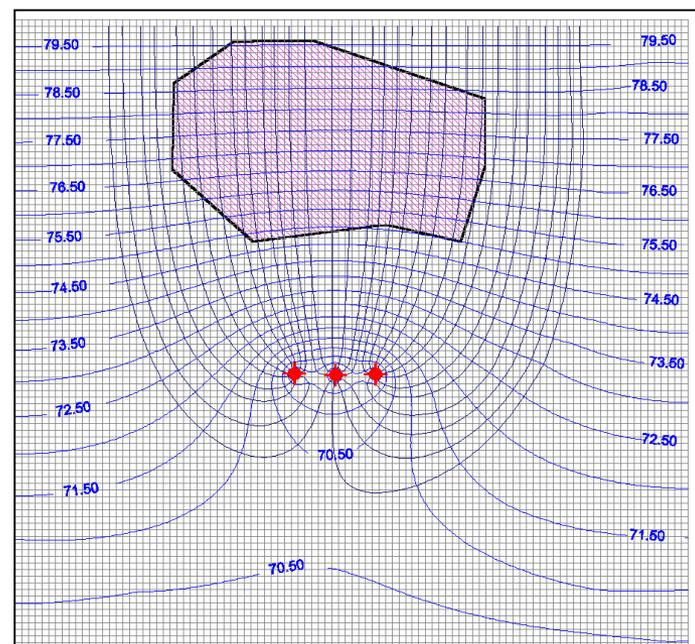
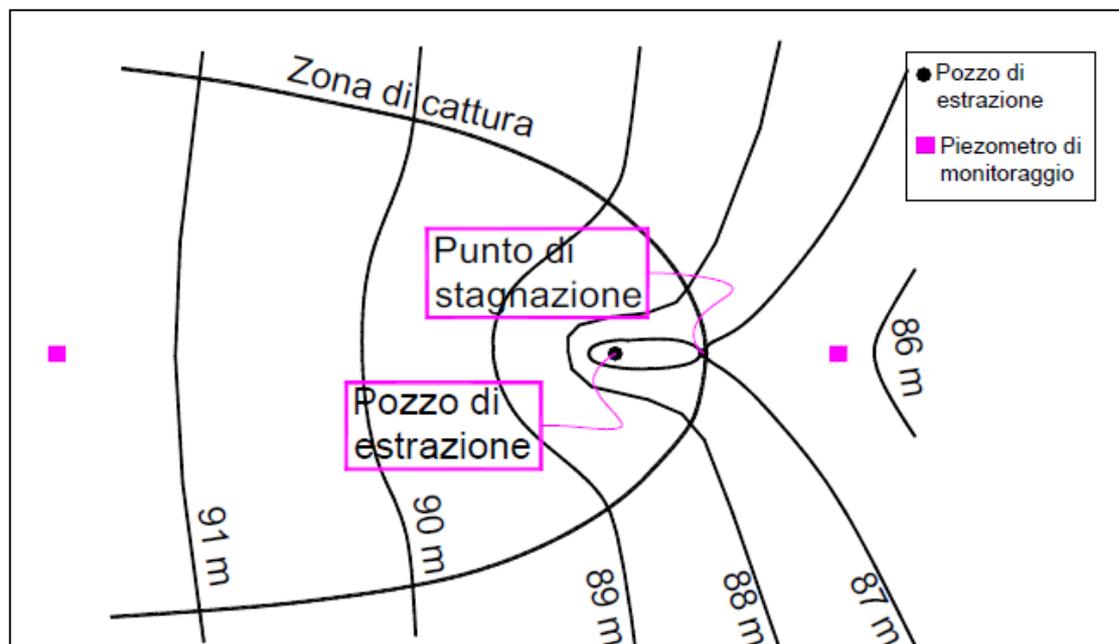


*Radius of influence.*

*Trend of the cone of depression as a function of the hydraulic conductivity of soils.*

## TECNICHE DI BONIFICA MESSA IN SICUREZZA OPERATIVA (MISO)

Durante il pompaggio si determina una perturbazione del flusso idrico sotterraneo che porta a convogliare le particelle d'acqua verso i punti di captazione.



## TECNICHE DI BONIFICA

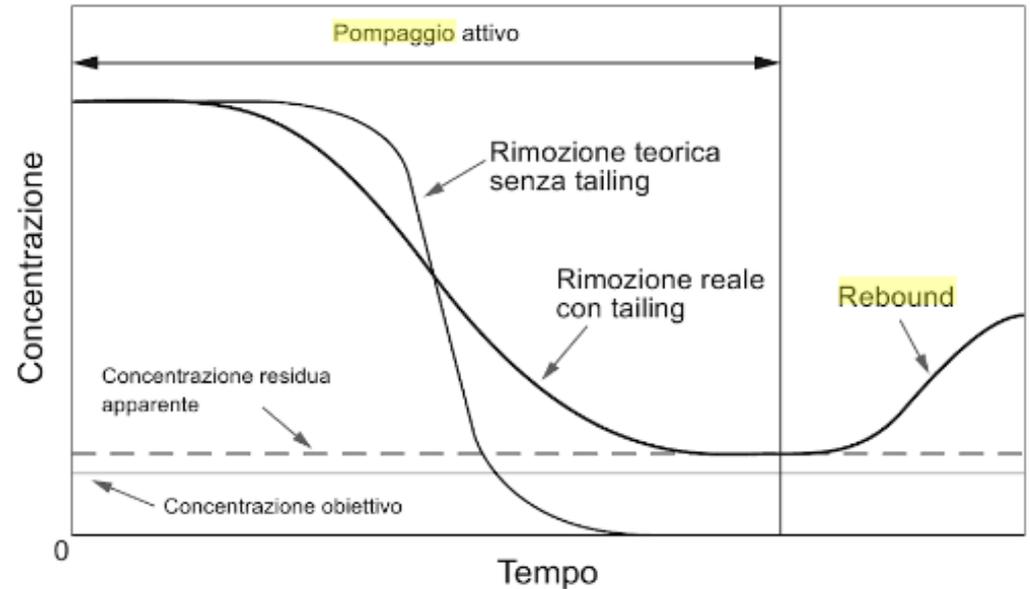
### Pompaggio e trattamento:

Prevede l'estrazione di acqua contaminata e l'invio ad impianto di trattamento.

### Potenziati limitazioni:

Parzialmente efficace in quanto si riesce ad estrarre solo la parte di acqua gravifica (presente nei pori maggiori)  
Progressivo rallentamento dell'efficacia del metodo man mano che si prosegue con il pompaggio ("tailing")

Incremento della contaminazione (talvolta abbastanza rapido) dopo l'interruzione del pompaggio ("rebound").



*Si può limitare o annullare l'effetto del "rebound" con trattamento di desorbimento della frazione adsorbita al terreno per mobilizzarla e recuperare durante il pompaggio*

## TECNICHE DI BONIFICA MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE (MISP)

### MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE

Sono interventi definitivi da realizzare su siti non interessati da attività produttive per renderli fruibili per gli utilizzi previsti dagli strumenti urbanistici.

Obiettivo: isolare in modo definitivo le fonti inquinanti rispetto alle matrici ambientali circostanti e garantire così un elevato e definitivo livello di sicurezza per le persone e per l'ambiente.

E' considerata una soluzione alternativa alla bonifica applicabile in qualunque contesto indipendentemente dalla presenza o meno di rifiuti.

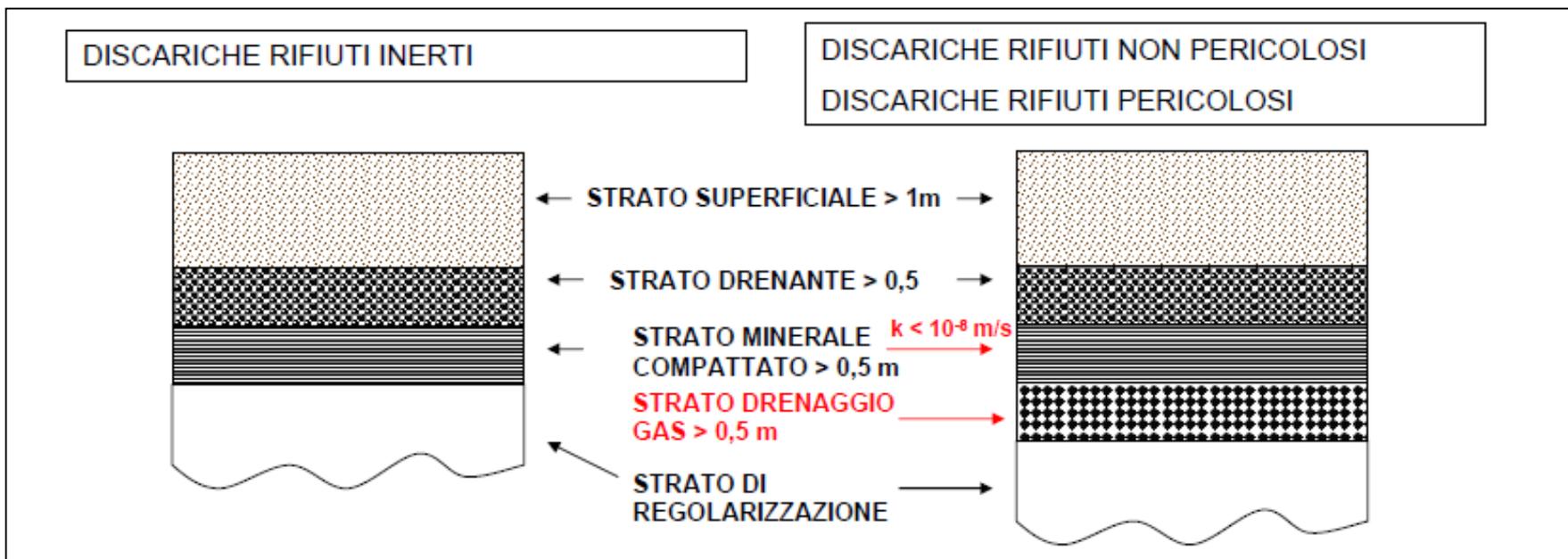
Prevede piani di monitoraggio per verificarne l'efficacia e possibili limitazioni d'uso rispetto alle previsioni degli strumenti urbanistici.

Un esempio classico di sito oggetto di messa in sicurezza permanente sono le discariche incontrollate (discariche vecchie ed esaurite, o abusive).

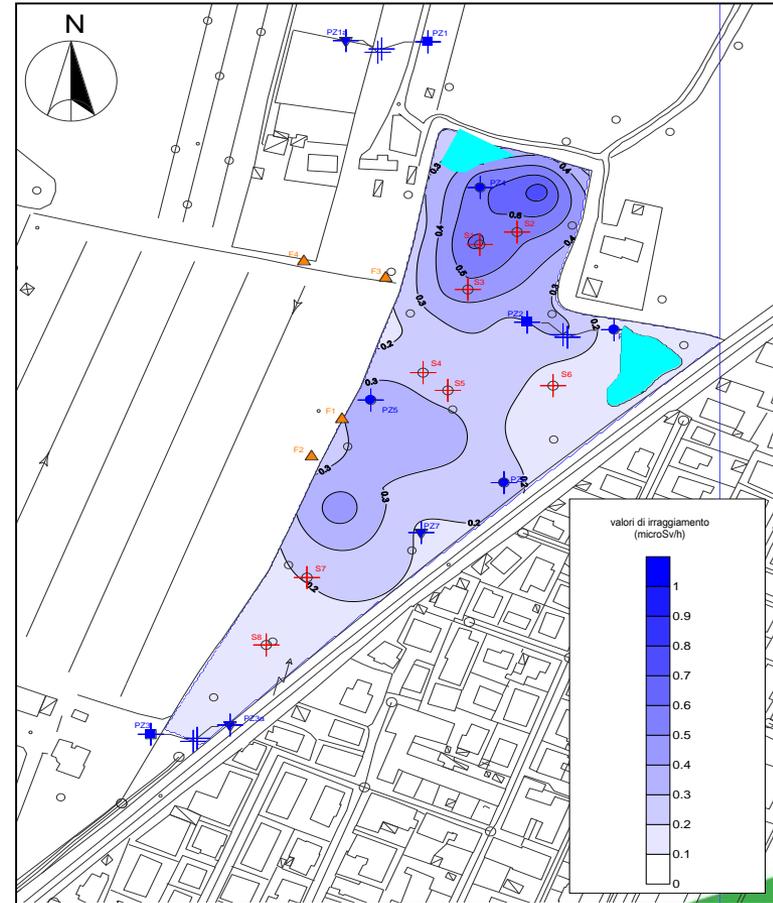
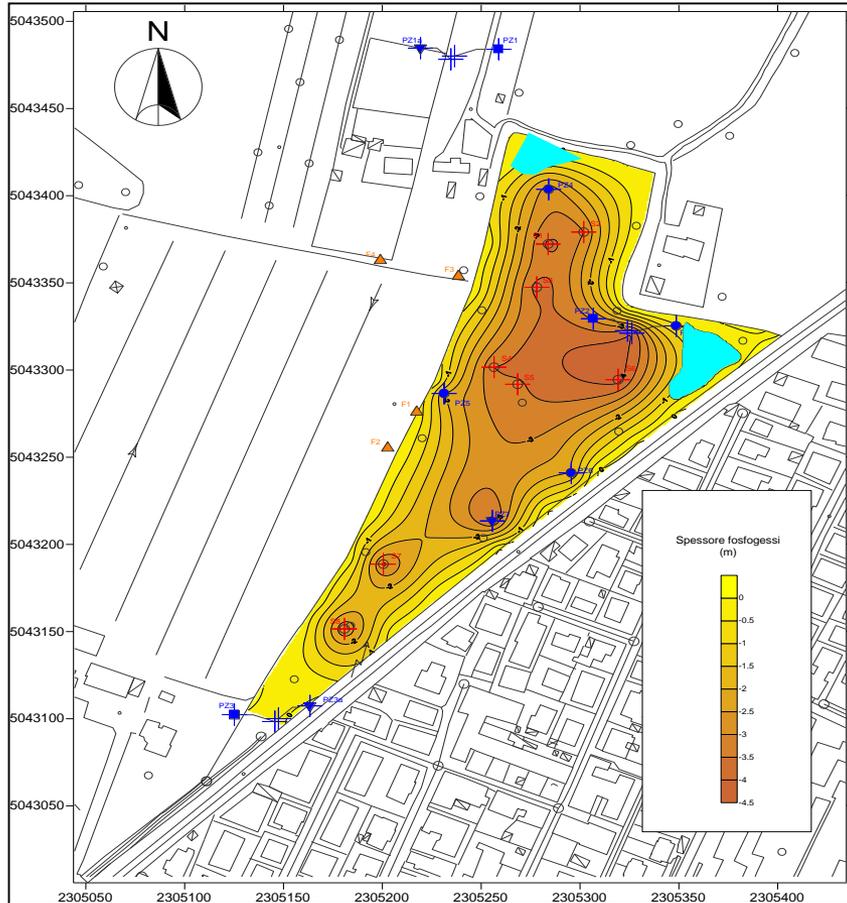


## TECNICHE DI BONIFICA MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE (MISP)

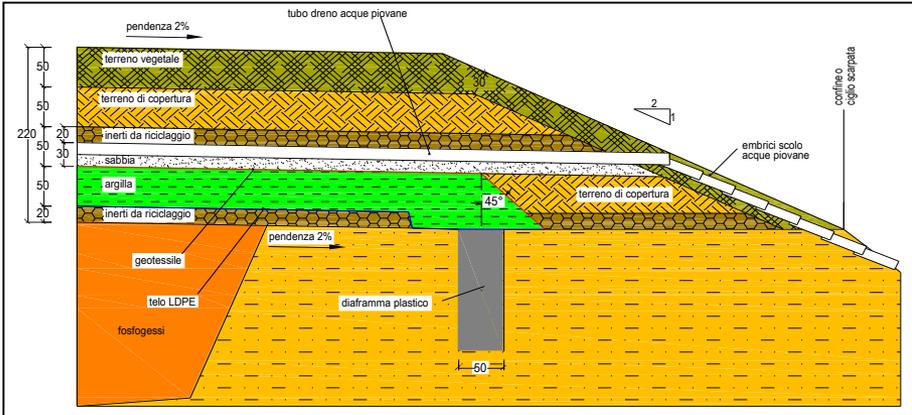
Criteria progettuali derivati dal D.L. 13 gennaio 2003, n.36, attuazione della direttiva europea 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti



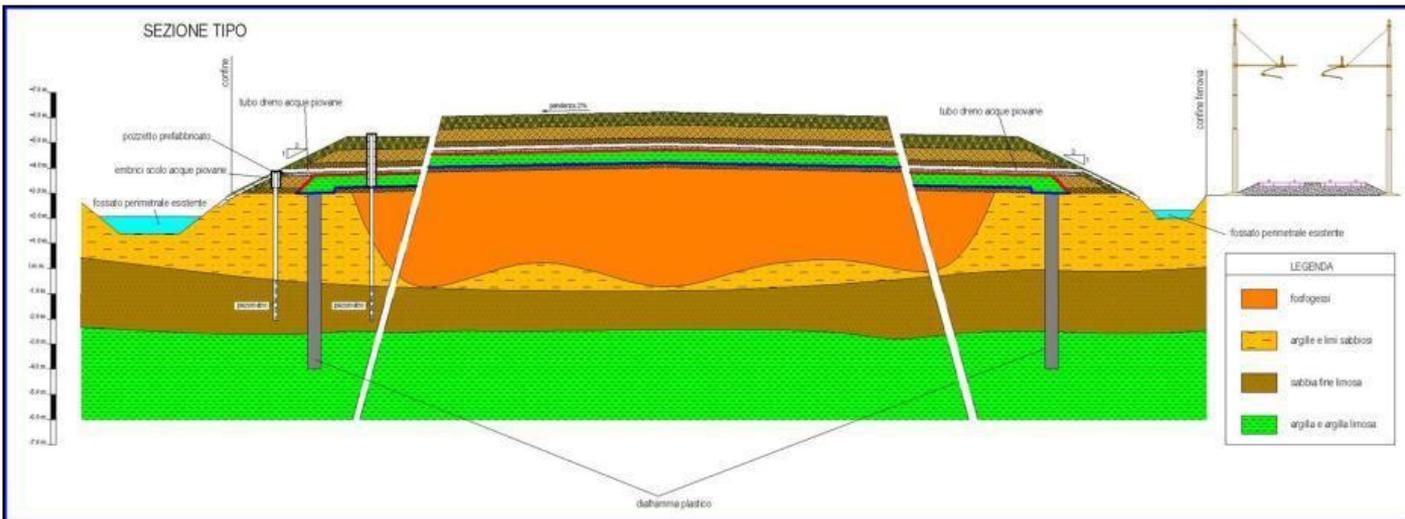
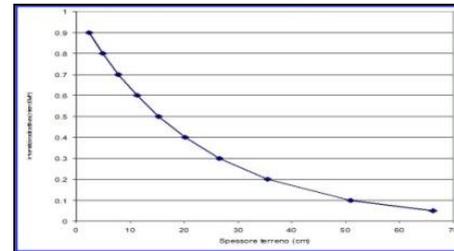
## TECNICHE DI BONIFICA MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE (MISP)



## TECNICHE DI BONIFICA MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE (MISP)



Schema di Messa in sicurezza permanente di un deposito di Fosfogessi radiocontaminati



### TECNICHE DI BONIFICA

Gli interventi di bonifica possono essere inquadrati secondo alcune categorie generali che mirano ad ottenere i seguenti risultati:

**DISTRUZIONE DEL CONTAMINANTE:** trasformazione in sostanza non pericolosa per l'uomo e l'ambiente.

**IMMOBILIZZAZIONE/INERTIZZAZIONE:** il contaminante viene "bloccato" in maniera tale da non diffondersi nell'ambiente esterno

**RIMOZIONE:** i contaminanti vengono allontanati dal sito



## TECNICHE DI BONIFICA

### TECNICHE IN SITU:

- Applicabili con terreni molto permeabili
- Possibile complessità nel mettere in atto le condizioni operative

### TRATTAMENTO TERMICO EX-SITU:

- Dispendioso per alte quantità di energia necessarie
- Rischioso per possibili fughe di gas pericolosi
- Ceneri residue non riutilizzabili

### ESTRAZIONE E SEPARAZIONE PARTICELLE:

- Applicabile se contaminanti concentrati in una sola frazione granulometrica
- Limiti con suoli argillosi (rese 80%)

### TECNICHE BIOLOGICHE EX SITU:

- Non riducono i contaminanti alla soglia naturale ma li abbattano in modo significativo
- Poche esperienze con idrocarburi alifatici ed aromatici



### DECLORURAZIONE E OSSIDAZIONE CHIMICA:

- Importante data l'alta diffusione dei composti clorurati
- Richiede condizioni drastiche essendo i legami Cl-C alquanto stabili

### ELETTORIMOZIONE:

- Movimento di particelle cariche in un mezzo acquoso
- Ostacolata da presenza di elettrodi o oggetti metallici nel suolo
- Ottimi risultati con Cu, Zn, Pb e As



## Attività di caratterizzazione aspetti progettuali e operativi

1. Tecnologie che provvedono ad estrarre i contaminanti direttamente dal sottosuolo oppure ne favoriscono la degradazione.
2. Avvengono senza movimentazione o rimozione del suolo.
3. Ottemperano ai principi generali della progettazione (*allegato3 - no discarica*)

Prevedono quindi una installazione impiantistica di superficie per il trattamento e/o recupero degli effluenti ed impianti nel sottosuolo che variano in base alla tecnica impiegata.

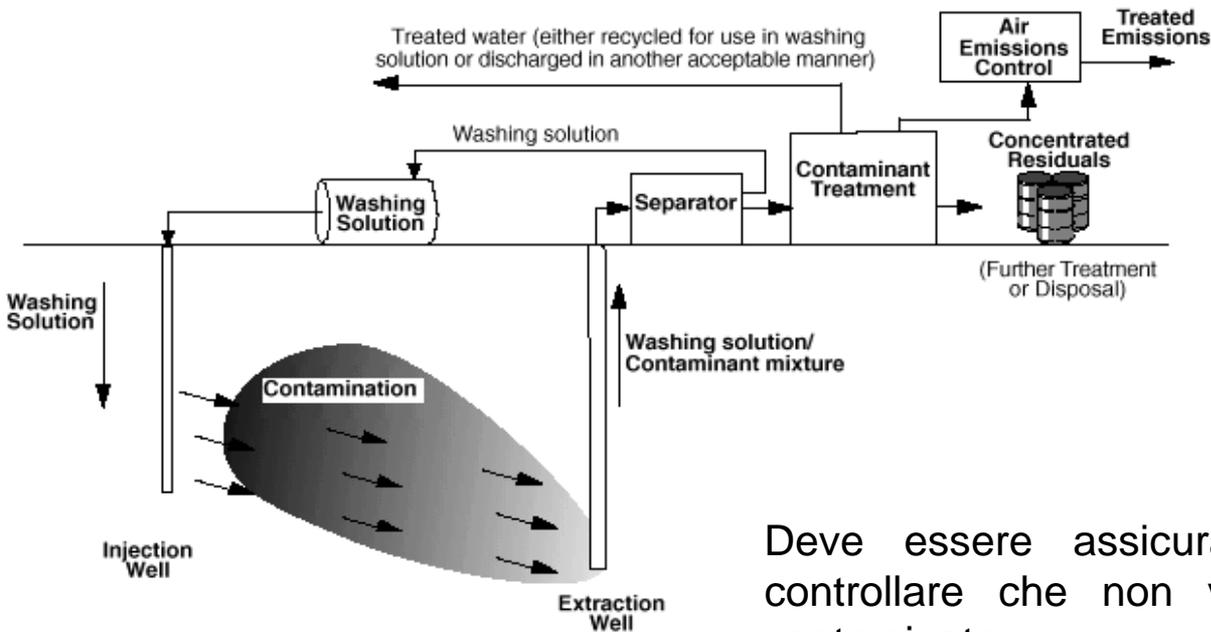
Le tecniche disponibili sono:

- a. -Estrazione fase liquida: Pompaggio e trattamento delle acque
- b. -Lavaggio con estrazione/estrazione multifase
- c. -Biodegradazione assistita
- d. -Ossidazione chimica
- e. -Inertizzazione-stabilizzazione
- f. -Elettrocinesi
- g. -Fitodepurazione
- h. -Soil venting-air sparging-bioventing-biosparging
- i. -Trattamenti termici

## TECNICHE DI BONIFICA

### Lavaggio ed estrazione:

Prevede l'immissione di acqua con fluidi di lavaggio (detergenti-emulsionanti-ossidanti-solventi) che facilitano la rimozione dei contaminanti.



L'acqua viene recuperata a valle con l'ausilio di pozzi di emungimento, trincee drenanti o sistemi wellpoint.

Deve essere assicurato un attento controllo per controllare che non vi siano dispersioni di acque contaminate

## TECNICHE DI BONIFICA – Biodegradazione e ossidazione chimica

### Efficaci per contaminazione di terreno e falde da composti organici (idrocarburi – idrocarburi aromatici )

L'implementazione di queste tecnologie deriva dalla constatazione che i sistemi di pump & treat risultano inefficaci nel raggiungere gli obiettivi di bonifica richiesti in tempi e costi ragionevoli, particolarmente in presenza di fase libera, di adsorbimento dei contaminanti sulla matrice solida o di eterogeneità dell'acquifero.

La strategia di intervento deve/può prevedere l'integrazione delle diverse tecnologie disponibili per superare i problemi legati all'eterogeneità della matrice da trattare e concentrazioni di inquinanti da rimuovere



### TECNICHE DI BONIFICA – Biodegradazione e ossidazione chimica

**Ossidazione chimica:** consiste nell'iniettare nel sottosuolo e/o nelle acque sotterranee alcune sostanze dalle proprietà ossidanti o riducenti, che reagendo con i contaminanti presenti, formano prodotti innocui per l'ambiente e la salute umana, quali l'anidride carbonica e l'acqua.

I reagenti operano attraverso la modifica della mobilità dei composti – sia in aumento, per rendere i contaminanti disponibili per la successiva rimozione o distruzione, sia in diminuzione, per ridurre le concentrazioni in fase disciolta – e nella distruzione degli stessi attraverso processi chimici, ossia non mediati da organismi biologici.

**Biodegradazione assistita:** prevede l'immissione di sostanze a lento rilascio di ossigeno (es. perossido di calcio o magnesio) per facilitare l'azione dei batteri naturalmente presenti nel sottosuolo per tempi prolungati al fine di attivare i processi di biodegradazione degli inquinanti.



### TECNICHE DI BONIFICA – Biodegradazione e ossidazione chimica

Ogni sostanza ossidante risulta efficace per contaminanti diversi. In generale la lista dei contaminanti trattati con successo comprende solventi aromatici (BTEX), tricloroetilene, tetracloroetilene, dicloroetilene, cloruro di vinile, MtBE, IPA e prodotti petroliferi.

I reagenti tipicamente impiegati per l'ossidazione chimica in situ dei contaminanti organici sono:

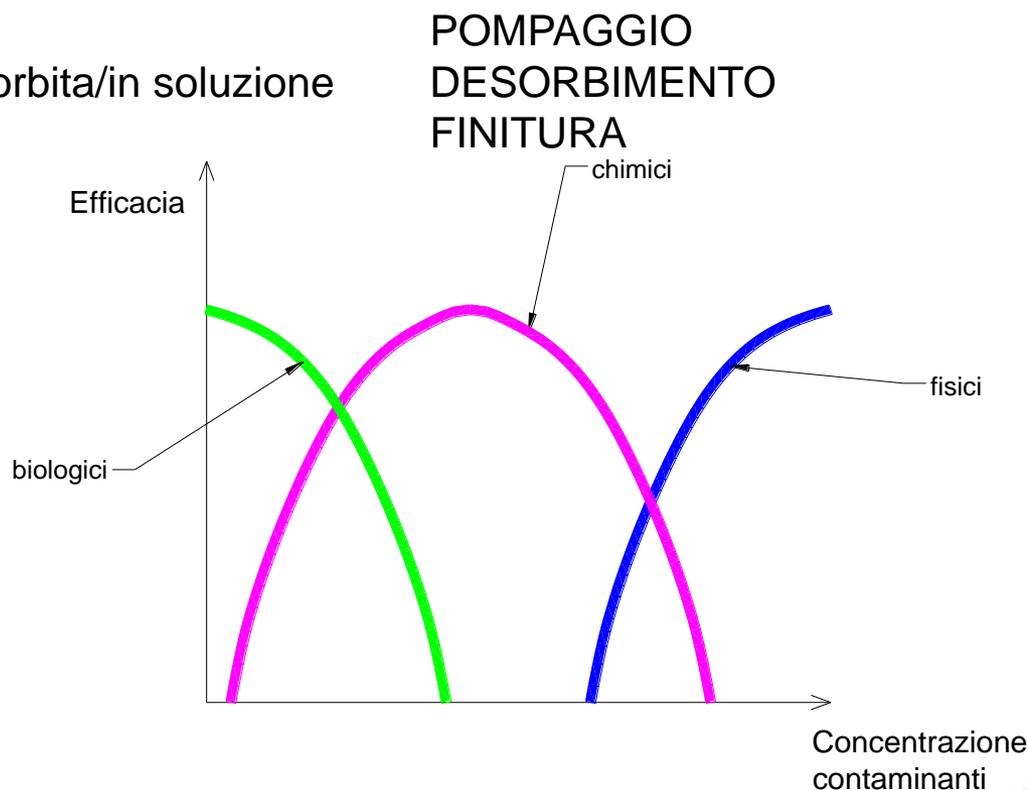
- perossido di idrogeno
- reagente fenton (perossido di idrogeno con aggiunta di ferro)
- permanganato di potassio
- per carbonato di sodio
- ozono
- persolfato di sodio

## TECNICHE DI BONIFICA – Biodegradazione e ossidazione chimica

Nell'ipotesi di un sito con presenza di idrocarburi in fase libera la sequenza degli interventi potrebbe prevedere le fasi di seguito elencate:

- 1 – rimozione della fase libera
- 2 – riduzione della massa residua assorbita/in soluzione
- 3 – riduzione della fase disciolta

Si opera con una combinazione di più tecnologie ognuna delle quali presenta una efficacia maggiore per specifiche concentrazioni.



## TECNICHE DI BONIFICA – Biodegradazione e ossidazione chimica

Il tipo di suolo e la litologia influenzano il rendimento globale del processo di ossidazione chimica in quanto condizionano:

Il volume di pori interstiziali	quantità di acqua che il mezzo può recepire
Velocità dell'acqua di falda	trasporto della massa inquinante e dell'ossidante
Terreni molto permeabili	trasporto per dispersione
Terreni poco permeabili	diffusione

Regolano il tempo di diffusione dell'ossidante.

I terreni argillosi hanno la tendenza a trattenere maggiormente i contaminanti sulla loro superficie rispetto a quelli sabbiosi.

Nei terreni stratificati l'ossidante tende a fluire lungo i livelli più permeabili senza agire su quelli più fini e quindi maggiormente inquinati.

Terreni fortemente contaminati possono richiedere più cicli di iniezione

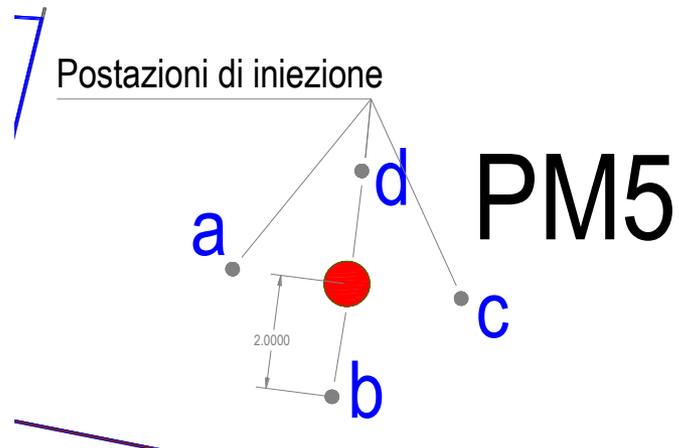


## TECNICHE DI BONIFICA – Biodegradazione e ossidazione chimica

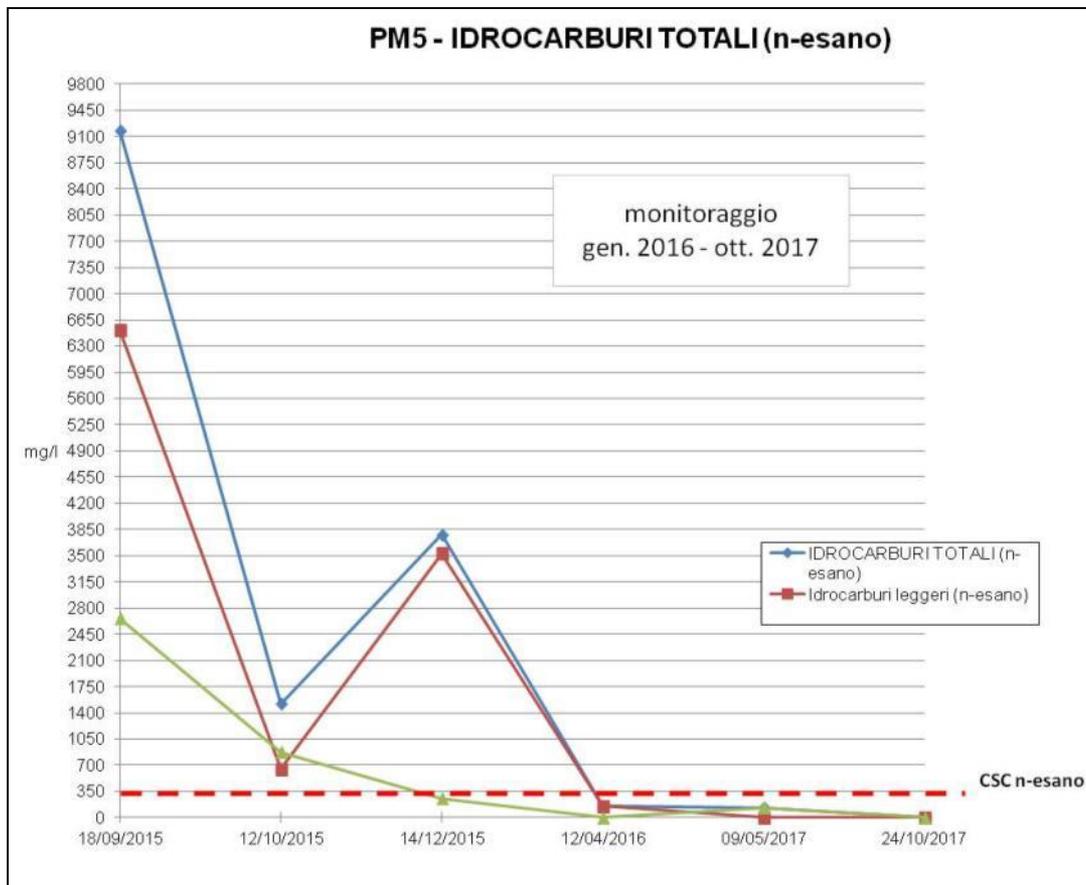
Per l'immissione delle sostanze si utilizzano punti di immissione realizzati mediante perforazione secondo una griglia regolare definita di volta in volta sulla base dell'estensione dell'area da trattare e delle caratteristiche del sottosuolo.



## TECNICHE DI BONIFICA – Biodegradazione e ossidazione chimica



## TECNICHE DI BONIFICA – Biodegradazione e ossidazione chimica



## TECNICHE DI BONIFICA – Selezione granulometrica per riduzione volumi da smaltire

Come perseguire questi obiettivi: operazioni meccaniche con selezione granulometrica dei materiali con benna vagliatrice rotante

Sottovaglio  
Smaltimento in discarica



Sopravaglio  
recuperato in sito



## TECNICHE DI BONIFICA – Requisiti dei materiali da recuperare nel sito

Circolare del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare n. 5205 del 2005 "Indicazioni per l'operatività nel settore edile, stradale e ambientale, ai sensi del decreto ministeriale 8 maggio 2003, n. 203"

Prevede la conformità ai criteri stabiliti dall'allegato C caratteristiche prestazionali degli aggregati riciclati, suddiviso in:

- All. C1 – corpo dei rilevati
- All. C2 – sottofondi stradali
- All. C3 – strati di fondazione
- All. C4 – recuperi ambientali riempimenti e colmate



## TECNICHE DI BONIFICA – Requisiti dei materiali da recuperare nel sito

PARAMETRO	MODALITÀ DI PROVA	LIMITE	
Materiali litici di qualunque provenienza, pietrisco tolto d'opera, calcestruzzi, laterizi, refrattari, prodotti ceramici, malte idrauliche ed aeree, intonaci, scorie spente e loppe di fonderia di metalli ferrosi (caratterizzate secondo EN13242)	Separazione visiva sul trattenuto al setaccio 8 mm (rif. UNI EN 13285:2004)	>80% in massa	
Vetro e scorie vetrose		≤ 10% in massa	
Conglomerati bituminosi		≤ 15% in massa	
Altri rifiuti minerali dei quali sia ammesso il recupero in sottofondi o fondazioni stradali ai sensi della legislazione vigente		≤ 15% in massa e ≤ 5% per ciascuna tipologia	
Materiali deperibili: carta, legno fibre tessili, cellulosa, residui alimentari, sostanze organiche eccetto bitume; Materiali plastici cavi: corrugati, tubi o parti di bottiglie in plastica etc.		≤ 0.1% in massa	
Alti materiali (metalli, gesso*, guaine, gomme, lana di roccia o di vetro ecc.)		≤ 0.4% in massa	
Equivalente in sabbia		UNI EN 933-8	>30%
Perdita in peso per abrasione con apparecchio "Los Angeles"		UNI EN 1097-2	≤30
Passante al setaccio da 63 mm		UNI EN 933-1**	100%
Passante al setaccio da 4 mm			≤ 60%
Rapporto tra il passante al setaccio da 0.5 mm ed il passante al setaccio da 0.063 mm	>3/2		
Passante al setaccio 0.063 mm	≤ 15%		
Indice di forma (frazione >4 mm)	UNI EN 933-4	≤40	
Indice di appiattimento (frazione >4 mm)	UNI EN 933-3	≤35	
Ecocompatibilità	Test di cessione ai sensi D.M. 186/06	Il materiale dovrà risultare conforme ai test di cessione previsto dal DM 186/06.	

Circolare del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare n. 5205 del 2005 "Indicazioni per l'operatività nel settore edile, stradale e ambientale, ai sensi del decreto ministeriale 8 maggio 2003, n. 203"

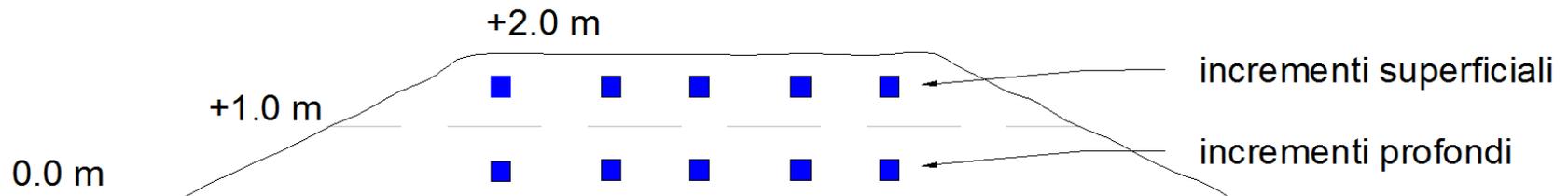
All. C2 – sottofondi stradali

## TECNICHE DI BONIFICA – interventi di scavo e smaltimento

### CARATTERIZZAZIONE DEL RIFIUTO, UNI 10802 - DGRV 2922/03

#### CAMPIONAMENTO IN CUMULO: lotti non superiori a 1000 m<sup>3</sup>

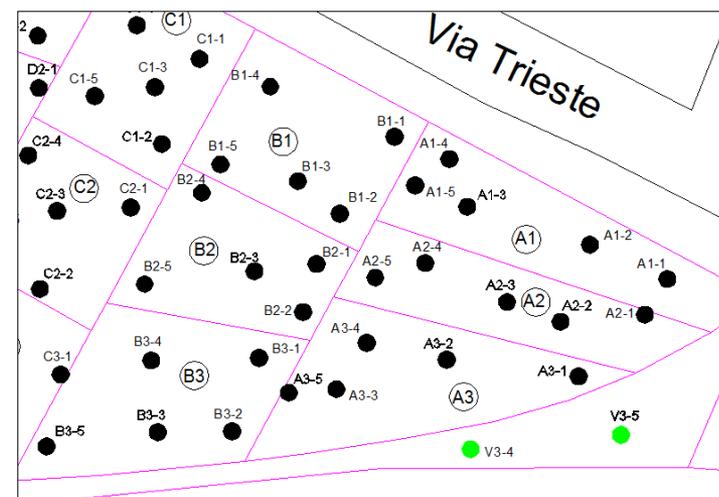
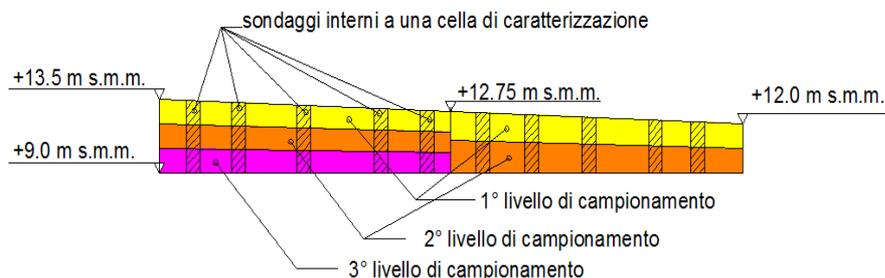
- Per ciascun lotto un unico campione composito, ottenuto dall'unione di un certo numero di incrementi miscelati fra loro, che, per quartatura, darà il campione da analizzare.  
Es. per lotti di 1000 m<sup>3</sup> prelievo di almeno 20 incrementi costituiti da 10 prelievi profondi e 10 superficiali (es. per cumuli di altezza fino a 2 m, 10 incrementi fra 0-1 m di profondità e 10 incrementi fra 1-2 m di profondità).
- In ogni caso per ogni lotto almeno 6 incrementi a creare il campione composito.



## TECNICHE DI BONIFICA – interventi di scavo e smaltimento

### CARATTERIZZAZIONE DEL RIFIUTO, UNI 10802 - DGRV 2922/03 CAMPIONAMENTO IN CUMULO ROVESCIO : lotti non sup. a 1000 m<sup>3</sup>

- secondo gli stessi criteri sopraindicati,
- avviene sul terreno in sito prima degli scavi,  
mediante campioni prelevati da sondaggio



Lotto	Cella	Sup (m <sup>2</sup> )	quota media (m s.m.m.)	quota fondo scavo (m s.m.m.)	prof. rifiuto (m)	livelli n°	sp. Livelli (m)	vol. livelli (m <sup>3</sup> )	Livelli di campionamento			
									profondità media (m da p.c.)			
									1° livello	2° livello	3° livello	calcestruzzo
A'	A'1	436	11,81	11	0,81	1	0,81	355,19	0.0 - 1.0	NO	NO	
	A'2	288	12,08	11	1,08	1	1,08	310,75	0.0 - 1.1	NO	NO	
	A'3	224	12,61	11	1,61	1	1,61	360,42	0.0 - 1.6	NO	NO	
A	A1	310	11,89	9	2,89	2	1,45	448,64	0.0 - 1.5	1.5 - 3.0	NO	
	A2	260	12,04	9	3,04	2	1,52	395,45	0.0 - 1.4	1.5 - 3.0	NO	SI
	A3	338	12,33	9	3,33	3	1,11	374,90	0.0 - 1.3	1.3 - 2.5	2.5 - 3.5	SI