

# Grandi opere pubbliche Italferr – la geologia e l'ambiente

L'espletamento dei procedimenti di bonifica nell'ambito della  
progettazione e costruzione delle infrastrutture ferroviarie

*Claudio Pilla*

14 Maggio 2021



# CONCENTRAZIONI SOGLIA

## Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC)

sono le concentrazioni degli inquinanti nei terreni e nelle acque sotterranee al di sopra delle quali è obbligatorio fare la notifica agli enti e intraprendere un procedimento di bonifica nel caso si sia responsabili dell'inquinamento oppure interessati al suo utilizzo. Esse sono elencate nell'Allegato 5, Parte IV del D.Lgs. 152/2006 e nel D.M. 46 del 1 marzo 2019.

### SUOLO

Industriale/Commerciale

All. 5 parte IV Tabella 1, colonna B

### SUOLO

Verde/Residenziale

All. 5 parte IV Tabella 1, colonna A

### SUOLO

Agricolo

Allegato 2 del D.M. 46 del 1 marzo 2019



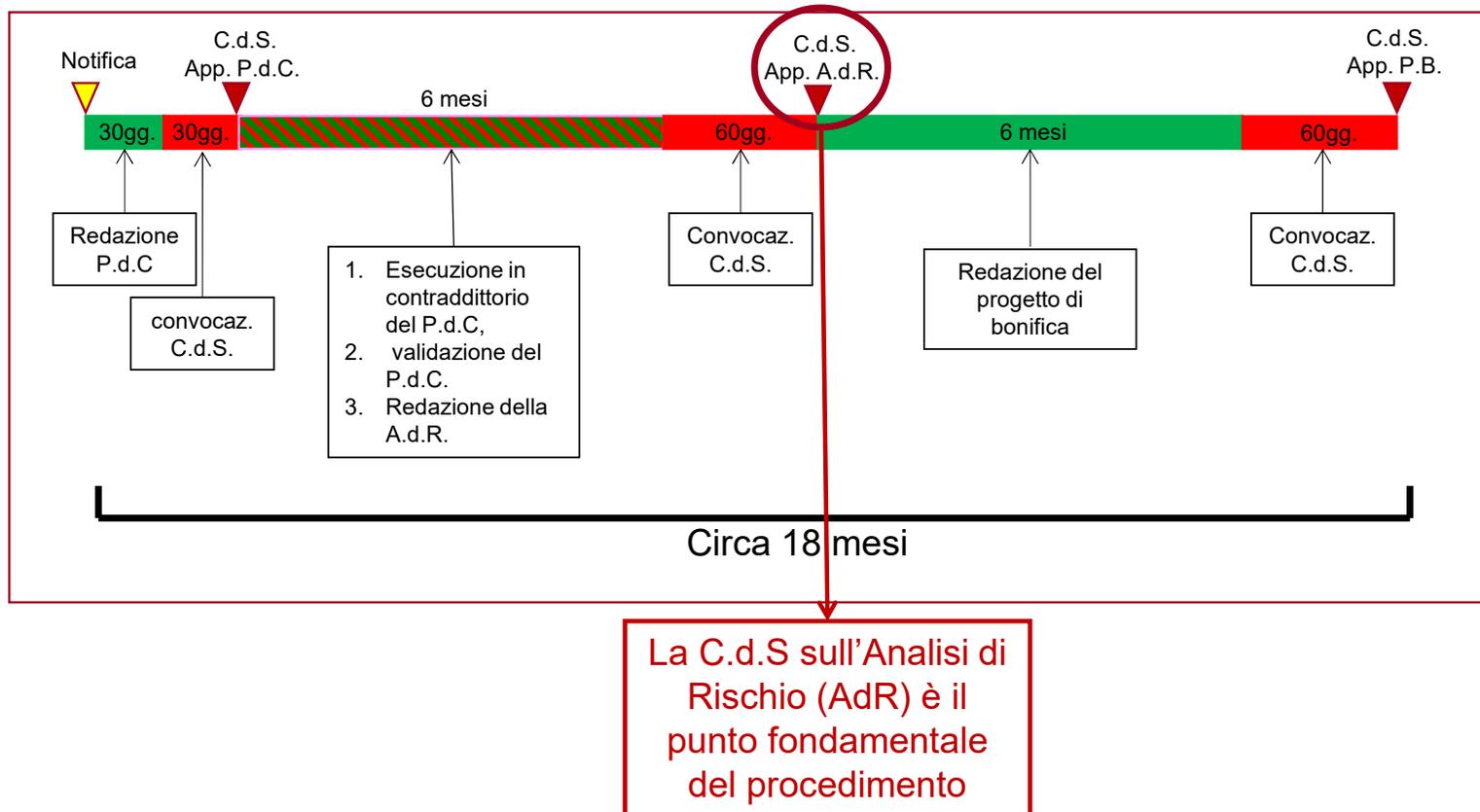
### ACQUE SOTTERRANEE

All. 5 parte IV Tabella 2

## Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR)

sono le concentrazioni degli inquinanti nei terreni e nelle acque sotterranee determinate dall'Analisi di Rischio che rappresentano le concentrazioni accettabili per il sito specifico. Quindi non sono note a priori

## Procedura di bonifica ordinaria – D.Lgs 152/2006 – Art. 242



## Quando si apre un procedimento di bonifica facendo la Notifica?



### Art. 242

Quando si accerti il superamento delle CSC

o al verificarsi di un evento che sia potenzialmente in grado di generare tali superamenti



### Art. 239

L'abbandono di rifiuti non costituisce un evento che obbliga la notifica di un potenziale superamento delle CSC. La notifica è obbligatoria solo se in seguito alla rimozione si rilevano nel suolo o nella falda dei superamenti delle CSC.

## Piano di Caratterizzazione



**Il Piano di Caratterizzazione (PdC) viene preventivamente approvato in CdS e successivamente eseguito in contraddittorio con ARPA**

La caratterizzazione serve a definire il modello concettuale del sito specifico:

- Definizione spaziale delle contaminazioni nel suolo, ed eventualmente nei soil-gas, nell'ambito stratigrafico ed idrogeologico locale,
- I parametri di input sito specifici per la successiva analisi di rischio di cui i più importanti (Permeabilità, gradiente idraulico, granulometrie, coefficienti di ripartizione suolo/acqua  $k_d$ )



**I risultati della caratterizzazione devono essere validati da ARPA prima di potere essere utilizzati per elaborare l'Analisi di Rischio (AdR).**



## Piano di Caratterizzazione Sondaggi ambientali

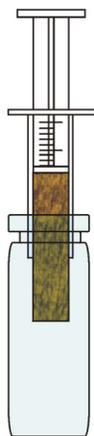


**Il sondaggi ambientali devono garantire il mantenimento delle caratteristiche chimiche dei terreni e delle falde**

- Carotaggio per lo più a secco.
- L'acqua potabile è l'unico fluido di perforazione consentito per attraversamenti di rocce o l'inserimento dei rivestimenti provvisori.
- Lo scampionamento del carotiere deve avvenire a secco (estrusore, carotiere apribile, ecc.)
- Evitare di surriscaldare il terreno.
- Evitare lubrificanti minerali ma solo vegetali o appositamente creati per i sondaggi ambientali.
- Decontaminare le attrezzature di perforazione prima di ogni nuovo sondaggio e dopo eventuali battute in tratti sospetti.

## Piano di Caratterizzazione

### Campionamenti dei terreni per analisi chimiche



I campioni di terreno per le analisi chimiche vanno presi esclusivamente nell'insaturo .

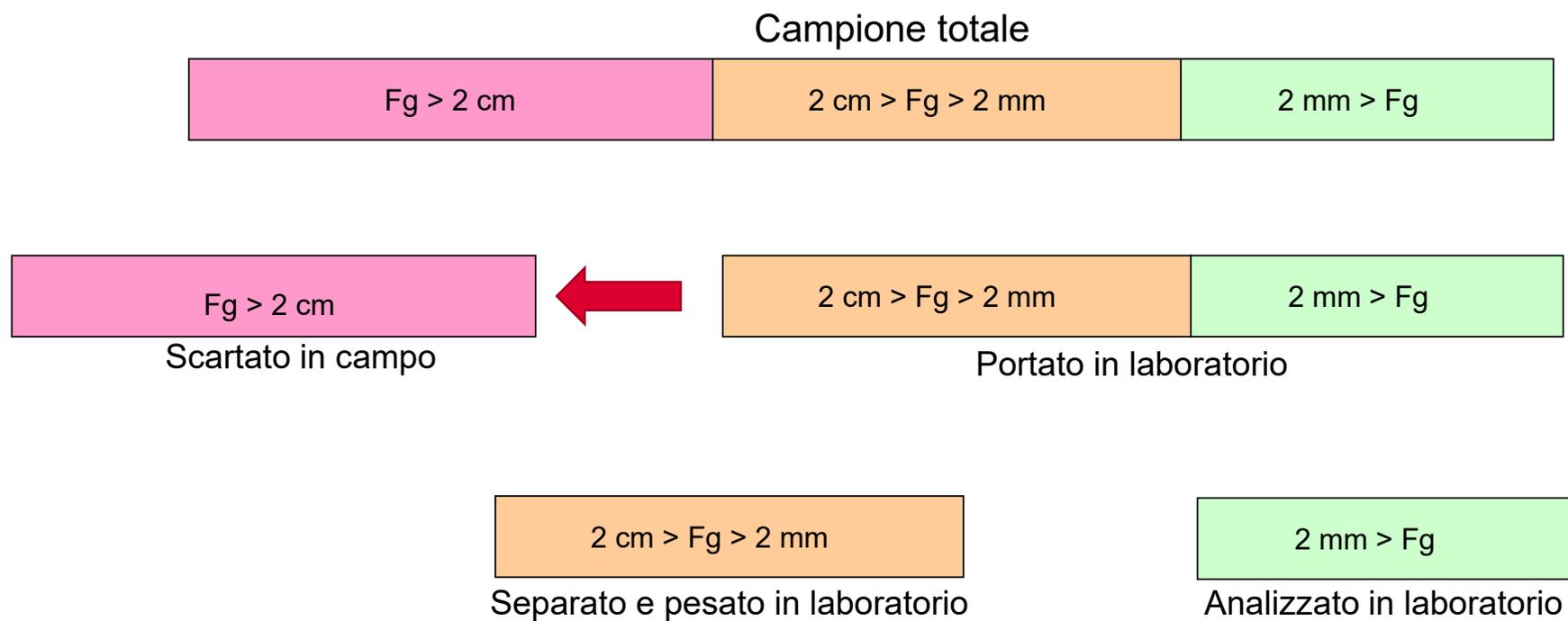
È necessario caratterizzare in modo distinto il primo metro (suolo superficiale) e ciò che sta tra il primo metro e l'aquifero (suolo profondo). Di solito si prelevano campioni rappresentativi di tratti di 1 m, raramente tratti maggiori.

I campioni destinati alla determinazione dei composti non volatili sono conservati in vasetti di vetro o plastica atossica da circa 1 litro, costituiti da tratti di carota omogeneizzati, privati della frazione superiore a 2 cm.

I campioni destinati alla determinazione dei composti volatili vengono conservati in vial sterili, e sono costituiti da piccoli frammenti di cuore delle carote meno disturbati possibile

## Piano di Caratterizzazione

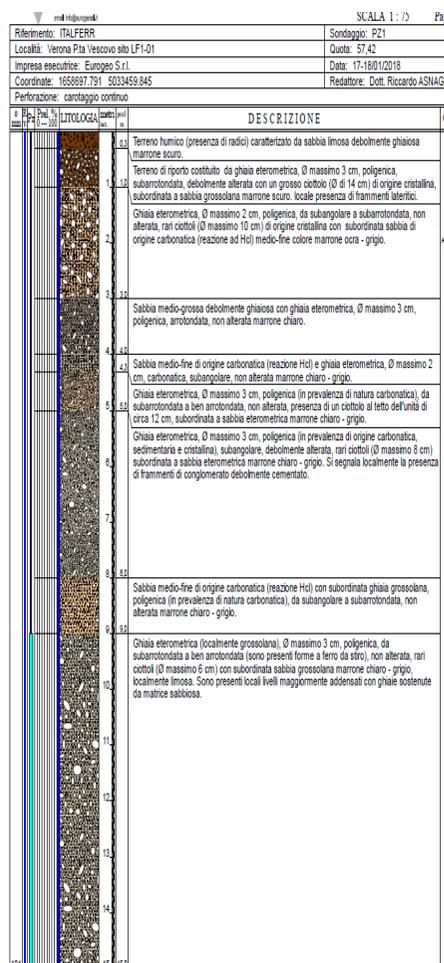
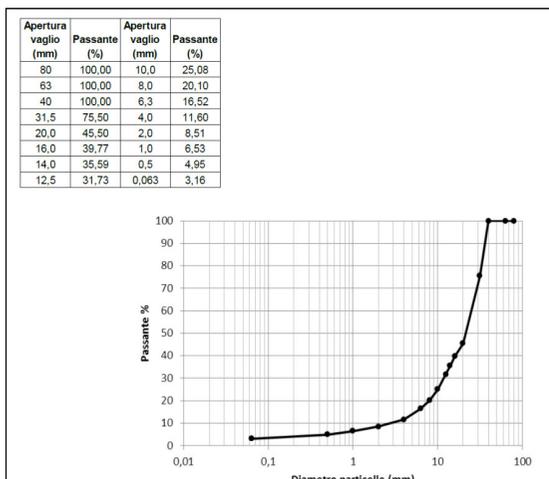
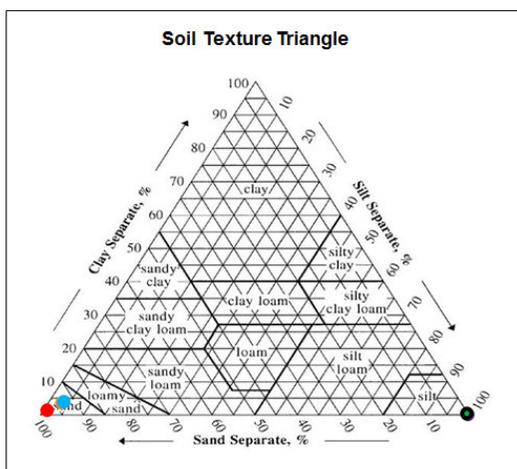
### Determinazione delle concentrazioni nei terreni



$$C = \frac{C(2mm > Fg) \times \text{Peso}(2mm > Fg)}{\text{Peso}(2cm < Fg < 2mm) + \text{Peso}(2mm > Fg)}$$

# Piano di caratterizzazione

## Caratterizzazioni sito specifiche suoli - Granulometrie



È necessario stabilire la granulometria rappresentativa del suolo superficiale (1° metro) e del suolo profondo insaturo e suolo profondo saturo.

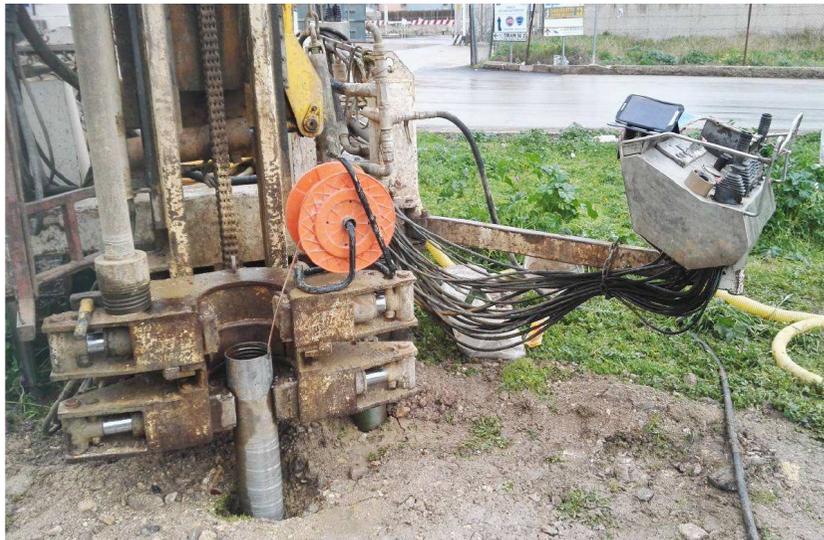
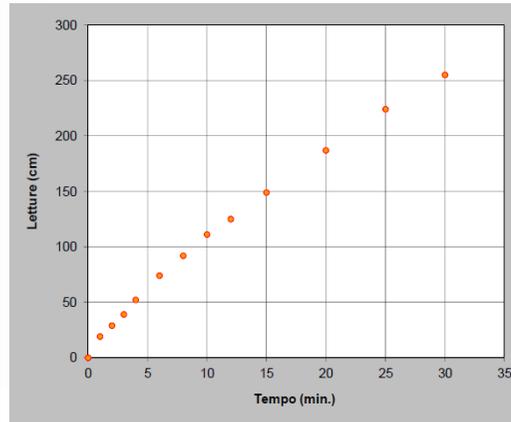
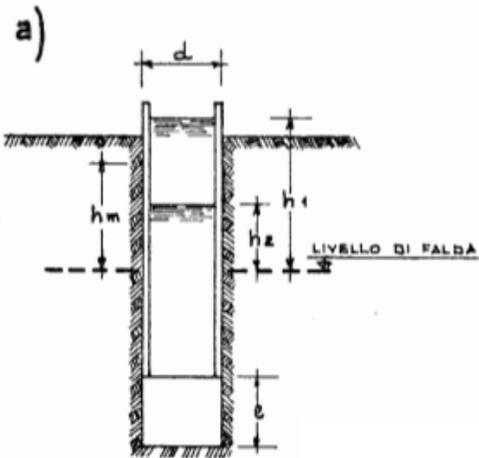
Le classi granulometriche contemplate dalla Analisi di Rischio sono:

- SAND,
- LOAMY SAND,
- SANDY LOAM,
- SANDY CLAY LOAM,
- LOAM,
- SILT LOAM,
- CLAY LOAM,
- SILTY CLAY LOAM

È importante attribuire ad ogni comparto la granulometria più rappresentativa derivante dal contributo delle analisi granulometriche di laboratorio puntuali e dalle stratigrafie dei sondaggi.

# Piano di Caratterizzazione

## Caratterizzazioni sito specifiche – Permeabilità K



Per le analisi di rischio servono solo i  $k$  del suolo sotto falda.

Le  $k$  sito specifiche più attendibili sono quelle determinate da prove in situ.

I valori di  $k$  determinati in laboratorio sono poco attendibili perché troppo puntuali.

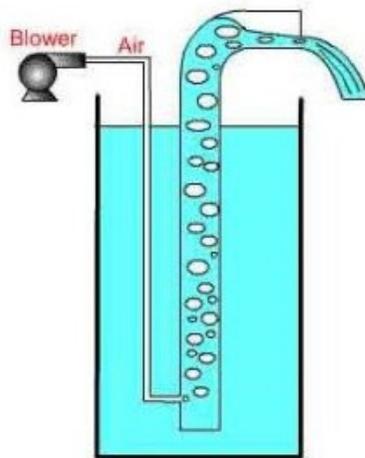
Una delle prove di permeabilità più idonee nella caratterizzazione di un sito inquinato è la prova LeFranc a carico variabile.

Va tenuto presente che  $k$  è un input che influenza il risultato del rischio in modo inversamente proporzionale e che le prove LeFranc in situ tendono di norma a sottostimare  $k$ .

## Piano di Caratterizzazione Installazione di Piezometri ed esecuzione sviluppo



Calo Pompa sommersa per inizio sviluppo



Schema Air lifting

I piezometri Ambientali sono di tipo a tubo aperto, di solito in PVC atossico. Il diametro deve essere almeno di 3''

Dopo l'istallazione i piezometri devono essere sottoposti a sviluppo mediante emungimento ad alto flusso, utilizzando pompe sommerse o dispositivi Air Lifting, fino ad ottenimento di acqua chiara

## Piano di caratterizzazione

### Spurgo dei piezometri prima del campionamento



Attività di spurgo del piezometro  
Visione generale



Attività di spurgo del piezometro  
Dettaglio della cella di flusso con inserita sonda multiparametrica per rilevazione dei parametri speditivi

Prima del campionamento il piezometro va spurgato mediante emungimento a basso flusso fino all'estrazione di almeno 3÷5 volte il volume della tubazione piezometrica sommersa o fino al raggiungimento della stabilizzazione dei parametri speditivi secondo le tolleranze della tabella seguente

Parametro	Oscillazione massima
Temperatura	± 0,2 °C
pH	± 0,1
Conducibilità elettrica specifica	± 3%
Ossigeno disciolto	± 0,3 mg/L
Potenziale di ossidoriduzione	± 10 mV

## Piano di caratterizzazione Campionamento dei piezometri



Campionamento Vial



Filtrazione dei campioni per i metalli  
mauale e automatico



Campionamento standard  
Tramite pompa e tramite  
bailer

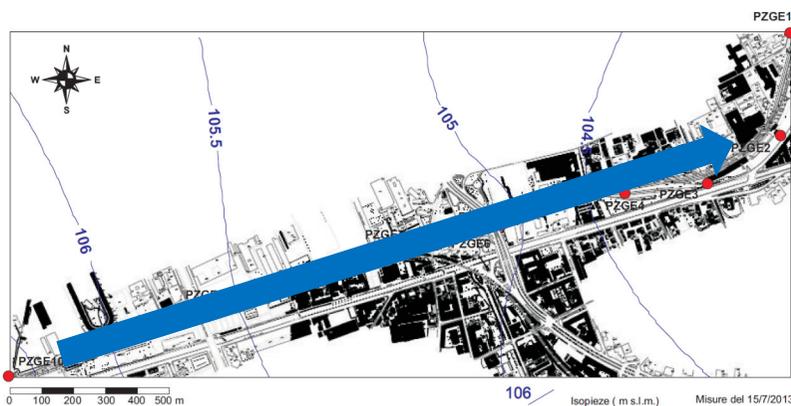
I campioni per le analisi di laboratorio si prelevano tramite la stessa pompa utilizzata per lo spurgo o tramite un bailer.

Il campione destinato alla determinazione dei metalli deve essere filtrato a  $0,45\ \mu\text{m}$  manualmente o con apposita strumentazione automatica

Il campione destinato alla determinazione dei Composti Volatili deve essere inserito nel Vial sterile a bassissimo flusso evitando gorgoglii

## Piano di Caratterizzazione

### Gradiente idraulico e direzione di deflusso sotterraneo



Per la definizione del modello concettuale sono necessari il gradiente idraulico e la direzione di deflusso della falda. Quest'ultima è necessaria anche per il posizionamento del punto di conformità

A tal fine è necessario costruire le isopieze del sito tramite le misure piezometriche dei piezometri all'interno del sito. Spesso è necessario contestualizzare le letture dei piezometri interni al sito con letture di piezometri esterni e con la idrogeologia generale di area vasta.

## Piano di Caratterizzazione

### Caratterizzazioni sito specifiche – Soil Gas



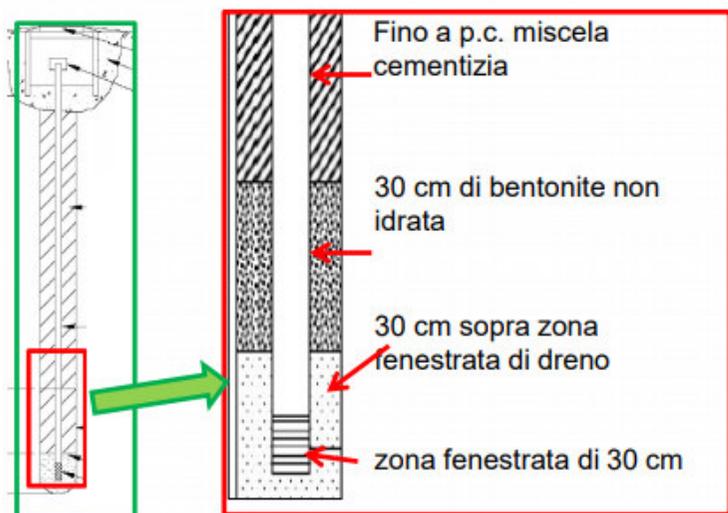
I **Soil-gas** costituiscono una componente ambientale aggiuntiva alle tradizionali che talvolta conviene campionare e caratterizzare per ottenere dei risultati di rischio di inalazione outdoor e indoor più realistici e meno conservativi rispetto a quelli che si ottengono partendo dalle concentrazioni nei suoli e nelle acque

Il campionamento dei Soil Gas ed il loro utilizzo nell'Analisi di Rischio è illustrato nelle Linee Guida SNPA (*Sistema Nazionale Protezione Ambiente*) del 2018

## Piano di Caratterizzazione

### Caratterizzazioni sito specifiche – Soil Gas

I Soil Gas si possono campionare aspirandoli da tubazioni installate nel suolo per circa 1÷2m, fessurate negli ultimi 30 cm e stagne nel tratto sovrastante.



Schema di un pozzetto di estrazione soil gas



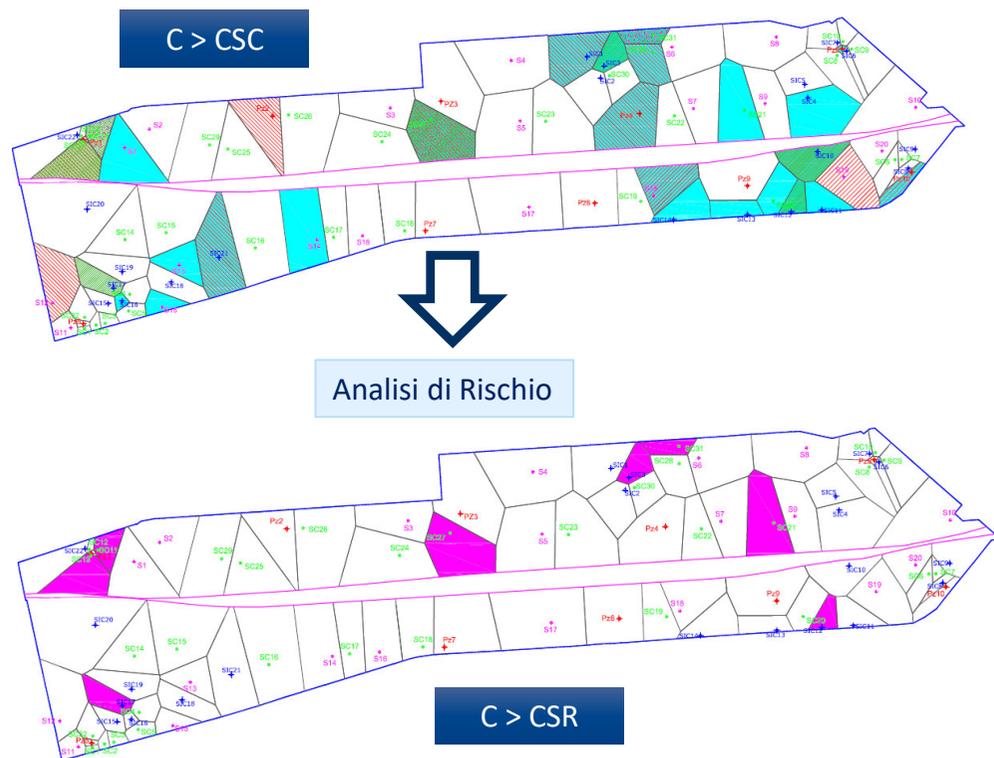
Cella filtrante e tubazione flessibile di collegamento con la superficie



Pozzetto di estrazione ultimato e fase di campionamento del soil gas

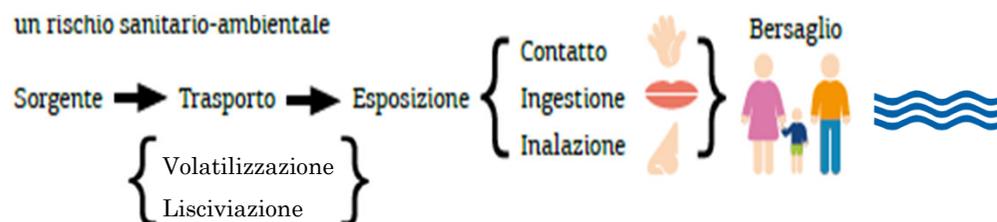
# L'ANALISI DI RISCHIO (AdR) DEI SITI CONTAMINATI

Cosa è?



L'Analisi di Rischio (AdR) è:

una modellazione che verifica in base alla simulazione del trasporto degli inquinanti, alla loro concentrazione ed alle caratteristiche del sito se le contaminazioni costituiscono un rischio.

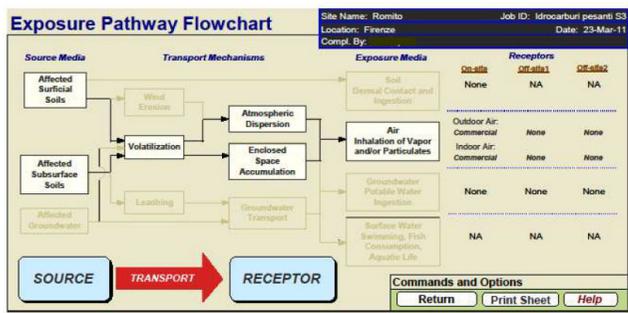


L'AdR calcola le **Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR)**:

- Se le CSR sono inferiori delle concentrazioni di inquinanti rilevate nel sito allora il sito deve essere bonificato;
- Se le CSR sono superiori alle concentrazioni di inquinati rilevate nel sito la bonifica non è dovuta.

Le **CSR** costituiscono nel contempo anche gli **Obiettivi dell'eventuale Bonifica**.

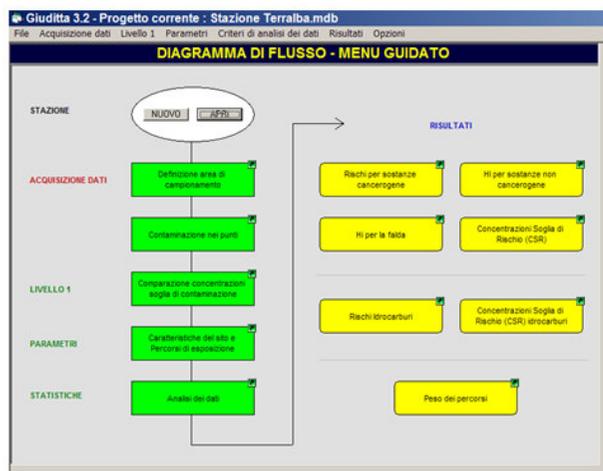
# Analisi di Rischio Software più diffusi



Esempio schermata RBCA

Il Software più utilizzato a livello internazionale è lo statunitense **RBCA**.

In Italia sono stati prodotti dei software appositamente allineati con i criteri fissati da MATTM, ISPRA e con la banca dati di ISS.



Esempio schermata Giuditta

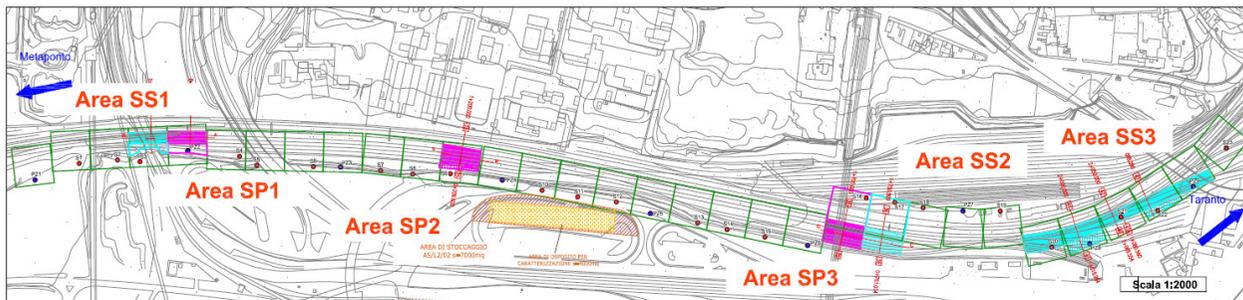


Esempio schermata Risknet

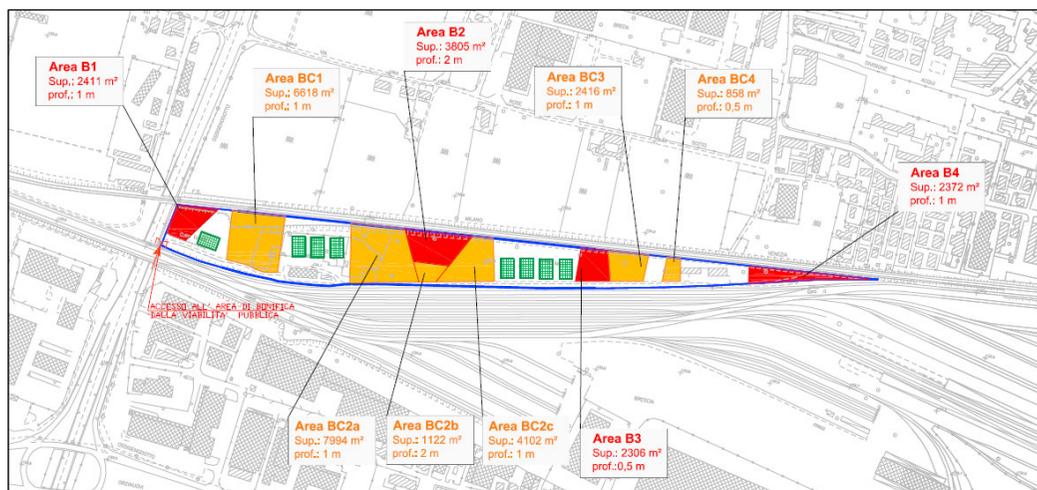
Fino al 2010 in Italia si utilizzava soprattutto il software **Giuditta** prodotto dalla Provincia di Milano.

Dal 2010 in Italia si utilizza soprattutto il software **Risknet**, prodotto dall'Università di Tor Vergata (RM) e scaricabile gratuitamente dal sito [www.reconnet.net](http://www.reconnet.net). L'ultima versione del software è la 3.1.1

# Bonifica



Areedi bonifica (celestre suolo superficiale – fuxia suolo profondo)



Areedi bonifica suddivise per tipologie di inquinanti

La Bonifica si svolgerà solo nei confronti degli inquinanti risultati in concentrazioni superiori alle CSR calcolate con la AdR.

Essa si eseguirà a valle dell'approvazione di un Progetto di Bonifica approvato in apposita CdS.

La certificazione di avvenuta bonifica sarà emessa dalla Città Metropolitana (Ex provincia) dopo l'esito positivo del collaudo da eseguire in contraddittorio con ARPA.

## Bonifica Suoli

Se i siti inquinati ricadono lungo il tracciato di costruzione di infrastrutture ferroviarie, i progetti di Bonifica di Italferr prevedono di realizzare le bonifiche dei suoli contestualmente ai lavori di realizzazione delle infrastrutture ferroviarie stesse, al fine di ottimizzare i costi e i tempi. In tal caso le bonifiche consisteranno per lo più nella rimozione e smaltimento dei suoli inquinati



Collaudo di scavo di bonifica



Collaudo di scavo di bonifica con opere di contenimento

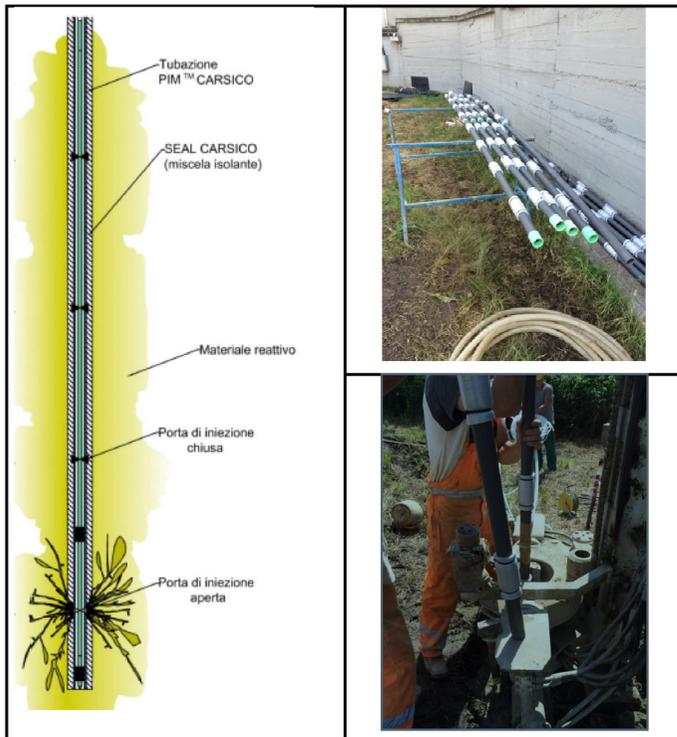


Esecuzione scavo di bonifica



Successivo collaudo

## Bonifica Falda



Bonifica della falda inquinata da solventi clorurati tramite iniezioni di nanoparticelle di Carbone attivo (Plumestop) e nutrienti per la pololazione batterica utile alla degradazione dell'inquinante specifico



Per la bonifica delle falde è difficile ottimizzare i costi e i tempi con la constestualizzazione di eventuali lavori di costrizioni di opere ferroviarie, in quanto si tratta sovente di attività differenti che possono durare più a lungo dei lavori ferroviari stessi

## Messa in Sicurezza Permanente (MISP)



Nel caso la bonifica non sia realizzabile a costi sostenibili è possibile eseguire una Messa in Sicurezza Permanente.

Il dimensionamento della messa in sicurezza dipenderà dai risultati della precedente Analisi di Rischio (AdR).

Può consistere in un pacco di copertura impermeabilizzante, comprendete anche teli HDPE, per i rischi di lisciviazione in falda o volatilizzazione di vapori. O in coperture permeabili o semipermeabili per i soli rischi di contatto con il suolo contaminato

In questo caso sul sito graverà il vincolo della conservazione e della manutenzione delle opere di messa in sicurezza



# Grazie

**Claudio Pilla**  
**c.pilla@italferr.it**

