



## Progetto Preliminare e Definitivo di Bonifica dei Terreni e della Falda presso sito industriale a Rho (Mi)

### 1 INTRODUZIONE

Il sito è un insediamento industriale di Rho (Mi) ampio circa 25.000 m<sup>2</sup> tuttora attivo nello stoccaggio e nel confezionamento di solventi, diluenti, acquaragie e sverniciatori e di un'ampia gamma di prodotti della chimica organica.

A seguito delle prime evidenze di contaminazione della falda sottostante il sito, nell'aprile 1997 è stata svolta un'indagine preliminare per la caratterizzazione della struttura idrogeologica dell'area cui appartiene il sito, seguite nei mesi di maggio e giugno 1997 da indagini più approfondite.

Conclusa la fase di caratterizzazione, nel dicembre 1999 è stato redatto il Progetto Definitivo per la bonifica dei terreni e della falda. L'esecuzione del Progetto di Bonifica è avvenuta nel 2000 mentre il monitoraggio della bonifica è tuttora in corso con periodicità dapprima quadrimestrale e poi, dal 2005, semestrale.

### 2 INDAGINI SU TERRENI E FALDA

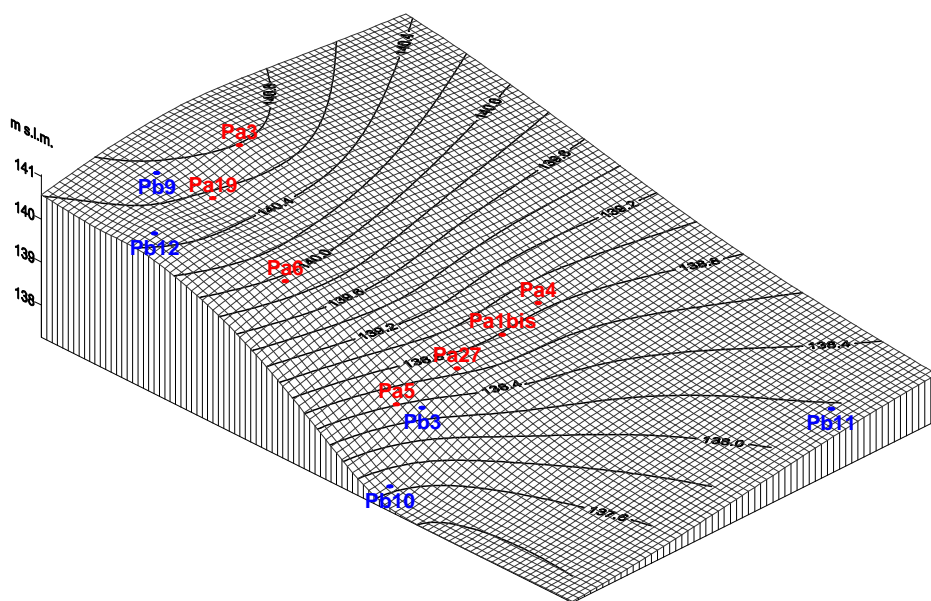
Nella prima fase d'indagine (aprile-giugno 1997) sono stati eseguiti:

a) 17 sondaggi elettrici verticali (SEV) all'interno ed all'esterno dello stabilimento per definire presenza, estensione e spessore dell'orizzonte acquitardo, nonché per una prima stima della conducibilità idraulica degli orizzonti di terreno attraversati in base alla loro resistività

b) 1 piezometro spinto a 20 m di profondità che si andava ad aggiungere ad altri due piezometri già esistenti con caratteristiche simili per la rilevazione del livello piezometrico della falda confinata;

c) rilievo altimetrico dei SEV e dei 5 piezometri esistenti nell'area (2 in falda libera e 3 in falda confinata). Nell'area in esame la struttura idrogeologica è definita dalla presenza di due unità principali. La contaminazione interessa la prima unità, la cui base si trova a circa 50 m di profondità, a sua volta formata da una serie di livelli minori limitati localmente da acquicludi o acquitardi più o meno estesi in spessore ed ampiezza.

Le indagini svolte in questa fase hanno permesso di definire sia le caratteristiche geometriche dell'orizzonte acquitardo (Figura sottostante) che è risultato continuo in tutta l'area di studio e di





spessore consistente medio prossimo a 5 m), sia le caratteristiche idrostatiche della prima falda confinata sottostante lo stabilimento.

La seconda fase d'indagine è stata articolata come segue:

- a) esecuzione di 4 sondaggi geognostici superficiali profondi circa 10 metri per la ricostruzione dei profili stratigrafici, il prelievo di campioni semidisturbati e indisturbati e la misura in situ di permeabilità, finiti come piezometri;
- b) esecuzione di prelievi ed analisi di gas interstiziali;
- c) esecuzione di 8 micropiezometri profondi 7/8 metri per la misura dei livelli della falda superficiale;
- d) integrazione del rilievo delle quote topografiche dei nuovi punti di misura;
- e) rilievo dei livelli per l'elaborazione della piezometria statica della falda libera sospesa e della falda confinata;
- f) raccolta dati sul chimismo delle acque di falda.

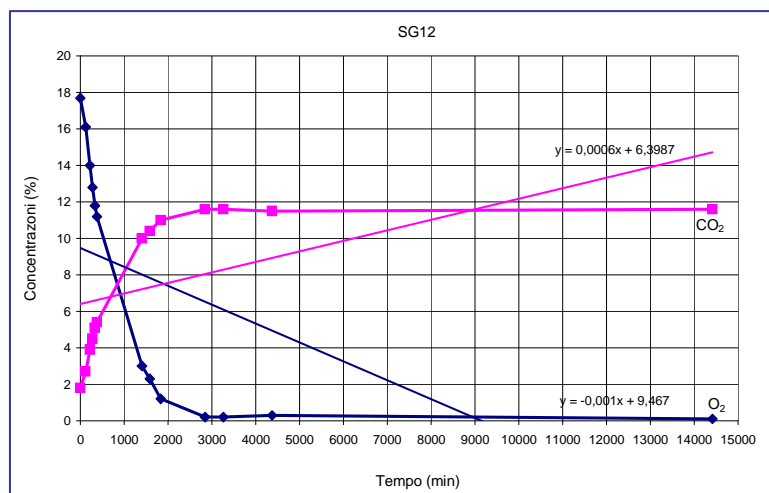
Le indagini geognostiche avevano rilevato che il terreno sottostante l'insediamento è caratterizzato dalla presenza di due acquiferi, il primo presente tra piano campagna e 5,9-9,1 m di profondità occupato da una falda sospesa di tipo libero, con livello statico a circa 4,5 m da p.c., il secondo presente tra circa 12 m e 50,5 m di profondità occupato da una falda di tipo semiconfinato con livello statico situato a circa 6 m dal p.c.

I due acquiferi sono separati da un acquitrando di spessore variabile da 4 a 5,7 m costituito da limo argilloso-sabbioso o, più raramente, ghiaioso. Le analisi dei gas interstiziali avevano permesso d'individuare alcune aree critiche in un paio di settori dello stabilimento.

Le analisi chimiche delle acque indicavano per la prima falda la presenza diffusa di solventi diversi dagli organoalogenati, per la seconda la presenza della stessa tipologia di contaminanti localizzata nel settore sudoccidentale dell'insediamento.

L'integrazione delle indagini utili per la redazione del Progetto Definitivo di bonifica è avvenuta in una terza fase tra aprile e settembre 1999. In particolare l'obiettivo del test respirometrico è stato quello di valutare l'efficacia potenziale dell'installazione di un sistema di ventilazione artificiale del terreno insaturo (Soil Vapour Extraction) per la rimozione dei contaminanti mediante l'incentivazione dei fenomeni di biodegradazione aerobica.

Le curve ottenute hanno dimostrato inequivocabilmente l'efficacia del metodo, che è stato successivamente incluso nel Progetto Definitivo di Bonifica dei terreni. Sulla base dei risultati del test è stata calcolata la velocità di biodegradazione nelle condizioni di operatività del sistema di bonifica.

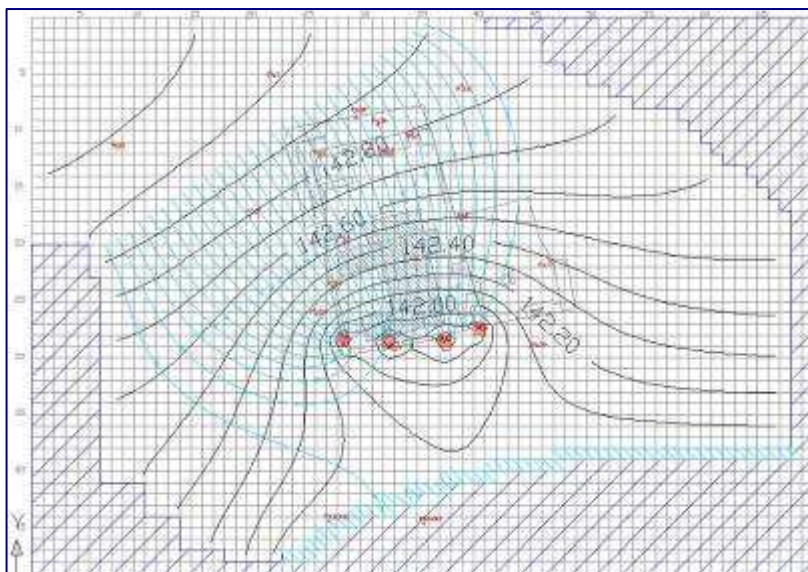




### 3 MODELLO DI FLUSSO DELLA FALDA

Vista la contaminazione della falda superficiale sottostante il sito e considerato che l'insediamento è tuttora in uso, si è ritenuto opportuno verificare la possibilità d'installare una barriera idraulica per intercettare e conferire a un impianto di depurazione le acque di falda contaminate.

A tal fine si è realizzato un modello di flusso della falda in 3D in regime permanente con il codice di calcolo alle differenze finite Modflow tramite l'interfaccia grafica Groundwater Vistas. Lo scopo di questa operazione risiede nella necessità di definire la corretta ubicazione dei pozzi e di dimensionarne la portata.



### 4 MESSA IN SICUREZZA DELLA FALDA E DEI TERRENI

La soluzione proposta per la messa in sicurezza e la bonifica della falda è il *pump and treat*, integrato con il metodo *air sparging* per accelerare i tempi di risanamento.

La barriera idraulica è stata realizzata attivando il pompaggio in 3 piezometri per impedire la migrazione a valle dei contaminanti. Nel caso si fossero

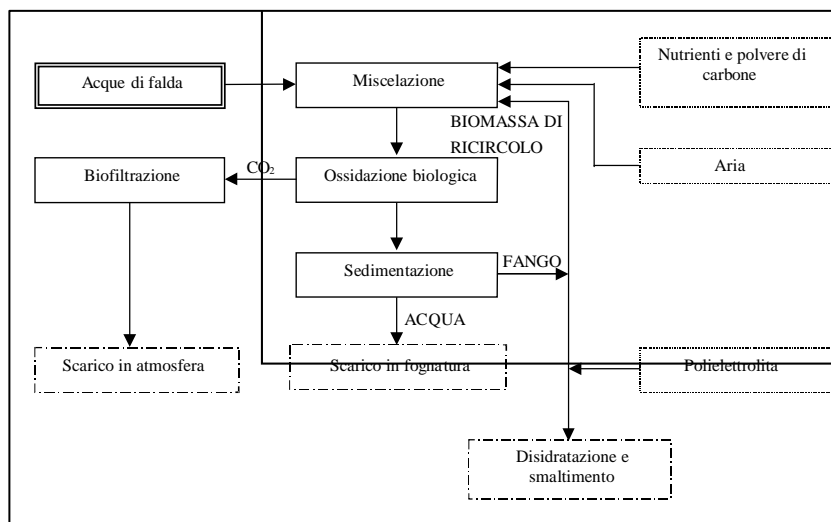
innescati fenomeni di drenanza indotti dalle differenti pressioni tra l'acquifero superficiale e quello confinato è stata prevista l'attivazione del pompaggio anche in 5 piezometri profondi.

L'ubicazione dei punti di prelievo e la determinazione delle portate da prelevare sono state definite mediante una simulazione di flusso in condizioni dinamiche (Figura soprastante). Il sistema *pump and treat* è stato quindi affiancato da un sistema per l'insufflaggio d'aria nella zona contaminata della falda libera superficiale per mezzo di pozzetti attrezzati con compressori in grado di fornire una quantità di flusso pari a  $Q > 80 \text{ m}^3/\text{h}$  per ciascun punto.



### Impianto di trattamento chimico-fisico delle acque di falda

Per il trattamento delle acque di falda prelevate mediante la barriera idraulica è stato realizzato un



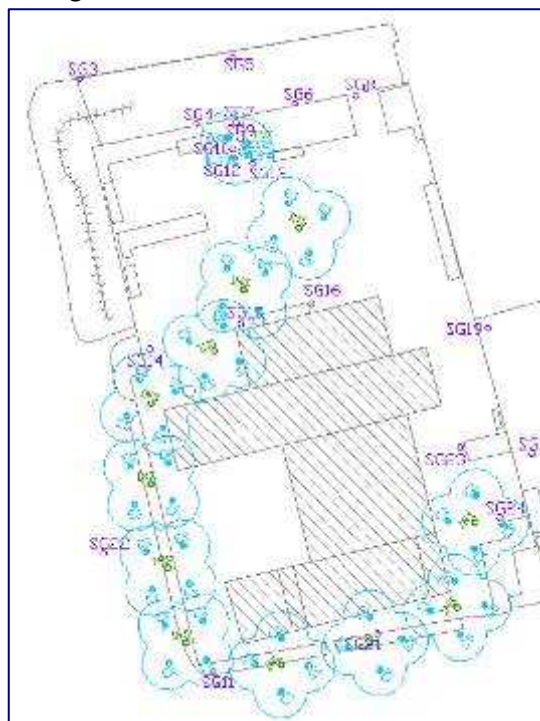
impianto di tipo biologico. La figura in basso mostra lo schema di flusso dell'impianto: all'interno di una vasca l'acqua di falda estratta dai quattro pozzi barriera viene posta a contatto con la biomassa di ricircolo e addizionata con polvere di carbone e nutrienti; la prima serve a migliorare la resa del trattamento mentre i nutrienti (fosfato monoidrato e urea o prodotti equivalenti) hanno la funzione di mantenere il tenore d'azoto e di fosforo sui livelli necessari al fabbisogno legato alla sintesi cellulare.

La fase d'ossidazione biologica avviene in un reattore cilindrico da 100 m<sup>3</sup> e rimuove le sostanze organiche trasformandole in altri composti non pericolosi e in anidride carbonica che viene immessa in atmosfera; la fase liquida, decisamente impoverita di sostanze organiche, viene scaricata in fognatura.

Per assicurare agitazione e ossigenazione al sistema e per favorire l'ossidazione del Fe<sup>++</sup> è prevista l'immissione di 300 m<sup>3</sup>/h d'aria esterna che, prima di essere immessa nuovamente nell'ambiente è trattata in un biofiltro; lo stripping dei solventi organici che tale flusso può provocare è ridotto dalla presenza della polvere di carbone che in precedenza fissa i solventi stessi.

#### Bonifica del terreno insaturo

Il metodo che si propone è il *soil venting* che consiste nell'estrazione di aria con appositi pozzetti. Per valutare la fattibilità e la possibilità di successo della bonifica con questo metodo è stato utilizzato il software 'Hyperventilate v. 2.0b' (EPA - Shell Development West Hollow Research Center), con risultati incoraggianti.





L'estrazione d'aria contaminata richiama altra aria ricca di ossigeno da aree non contaminate, favorendo così l'attività batterica e quindi anche la biodegradazione naturale. L'ubicazione dei pozzi per il soil venting è stata definita in base al raggio di influenza dei pozzetti di aspirazione e all'estensione dell'area da bonificare (Figura a lato).

## **5 MONITORAGGIO DELLA BONIFICA**

Il monitoraggio della bonifica, avviato nel 2000 con cadenza quadrimestrale e dal 2005, vista la stabilizzazione della situazione, semestrale, è ora in via di conclusione.