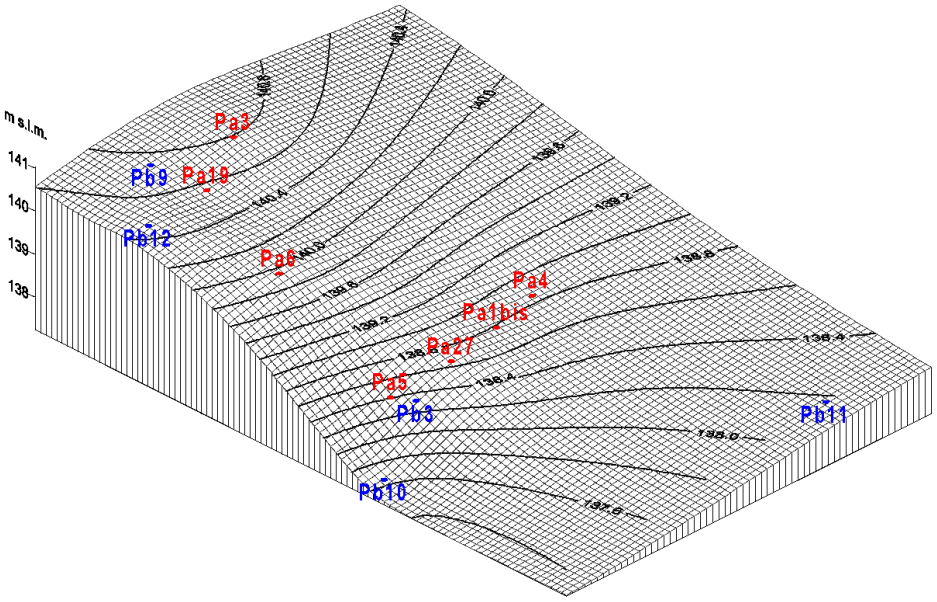
gram.mi
geologia • risorse idriche e geotermiche • ambiente

Progetto preliminare e definitivo di bonifica dei terreni e della falda presso sito industriale a Rho (Mi)

Il sito è un insediamento industriale ampio circa 25.000 m^2 tuttora attivo nello stoccaggio e nel confezionamento di solventi, diluenti e altri prodotti della chimica organica.

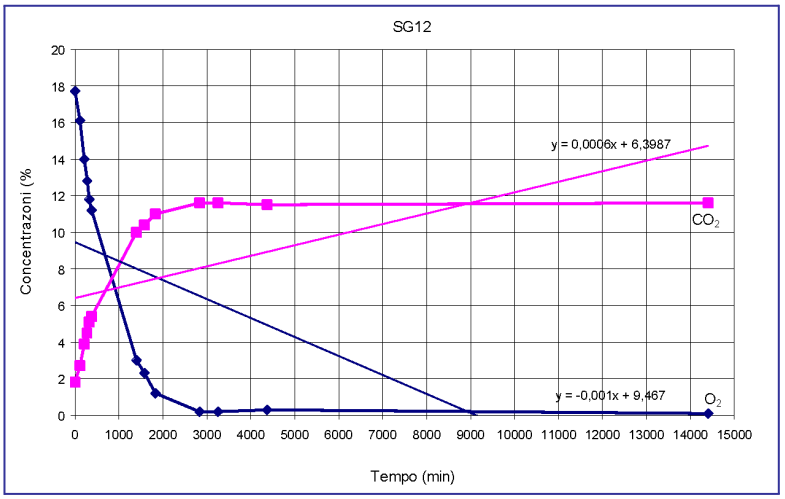
A seguito delle prime evidenze di contaminazione della falda sottostante il sito, a partire dal 1997 è stata svolta un'indagine preliminare per la caratterizzazione della struttura idrogeologica dell'area cui appartiene il sito. Conclusa la fase di caratterizzazione è stato redatto il Progetto Definitivo per la bonifica dei terreni e della falda. L'esecuzione del Progetto di Bonifica è stata avviata dal 2000 mentre il monitoraggio della bonifica ha avuto periodicità dapprima quadrimestrale e, dopo 7 anni dall'avvio, semestrale.

Nella prima fase d'indagine sono stati eseguiti:
a) 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) un piezometro che si andava ad aggiungere ad altri due già esistenti con caratteristiche simili per la rilevazione del livello piezometrico della falda confinata;
c) rilievo altimetrico dei SEV e dei piezometri esistenti nell'area in falda libera e in falda confinata.



Infatti 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 6 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, 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 una serie di 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 una serie di minipiezometri 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.



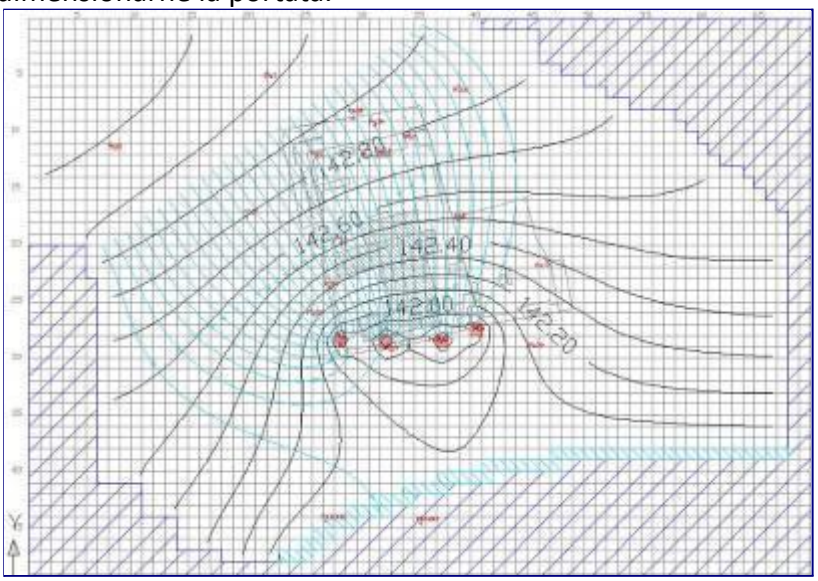
Le indagini geognostiche hanno evidenziato la presenza di due acquiferi, il primo presente tra piano campagna e circa 6/9 m di profondità occupato da una falda sospesa di tipo libero, con livello statico a circa 4,5 m da p.c., il secondo presente tra circa 12 m e circa 50 m di profondità occupato da una falda di tipo semiconfinato con livello di equilibrio medio situato a circa 6 m dal p.c. I due acquiferi sono separati da un acquitardo di spessore variabile da 4 a circa 6 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 soprattutto nel settore sudoccidentale dell'insediamento.
L'integrazione delle indagini utili per la redazione del Progetto Definitivo di bonifica è avvenuta in una terza fase con l'esecuzione di un test respirometrico per valutare l'efficacia potenziale dell'installazione di un sistema di ventilazione artificiale del terreno insaturo (Soil Vapour Extraction) finalizzato a rimuovere i contaminanti mediante l'incentivazione dei fenomeni di biodegradazione aerobica. In base all'esito del test è stata calcolata la velocità di biodegradazione nelle condizioni di operatività del sistema di bonifica.

Le curve ottenute hanno dimostrato inequivocabilmente l'efficacia del metodo, che è stato successivamente incluso nel Progetto Definitivo di Bonifica dei terreni.

Vista la contaminazione della falda superficiale soggiacente il sito e considerato che l'insediamento è tuttora attivo, 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.

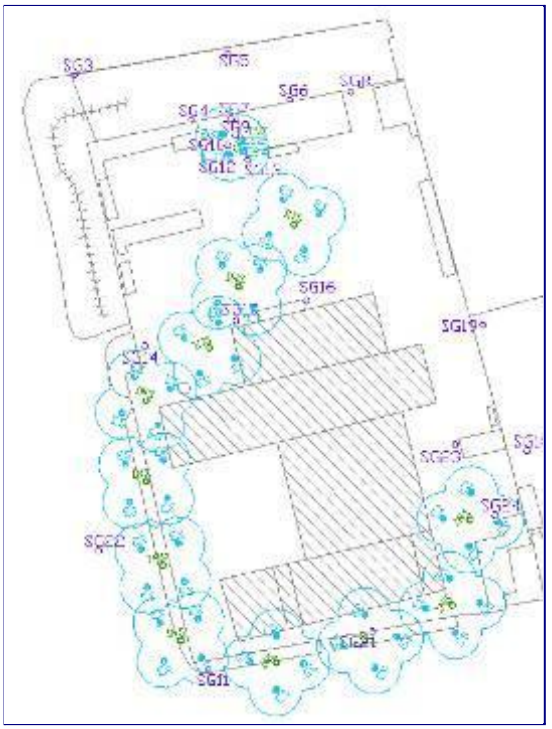
A tal fine si è realizzato un modello di flusso della falda in 3D in regime permanente con il codice di calcolo alle differenze finite Modflow tramite l'interfaccia grafica Groundwater Vistas. Lo scopo di questa operazione risiede nella necessità di definire la corretta ubicazione dei pozzi e di dimensionarne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



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 4 piezometri. Per contrastare eventuali fenomeni di drenanza indotti dalle differenti pressioni tra acquiferi 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 m^3/h per ciascun punto.

Per il trattamento delle acque di falda prelevate mediante la barriera idraulica è stato realizzato un impianto di tipo biologico. Infine per valutare la fattibilità e la possibilità di successo della bonifica col metodo *soil venting* con estrazione di aria da appositi pozzetti è stato utilizzato il software 'Hyperventilate' (EPA), con risultati favorevoli.



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 pozzetti 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 soprastante) determinato durante i test.