

Caso di studio – Applicazione dei software

Ing. Antonella Vecchio

Ing. Marco Falconi

Descrizione del sito

Il sito oggetto di studio rappresenta una delle più comuni tipologie di sito contaminato ed è rappresentato dallo sversamento di idrocarburi da una stazione di servizio. In questi casi, data la modesta estensione del sito stesso, le indagini di caratterizzazione sono in genere abbastanza limitate e quindi poche sono le informazioni disponibili sia sulla distribuzione spaziale della contaminazione, sia sulle caratteristiche geologiche, idrogeologiche e ambientali dell'area. Il sito è pavimentato.

Durante l'esecuzione delle prove di tenuta si è evidenziata:

- la foratura di un serbatoio di benzina super senza pb;
- la foratura di due linee di distribuzione carburante.

I prodotti petroliferi distribuiti sono:

- benzina super senza Pb;
- gasolio per autotrazione.

<u>N° SERBATOI</u>	<u>CAPACITA'</u>	<u>PRODOTTO</u>
2	10	Gasolio per autotrazione
5	10	Benzina super senza Pb

Punti di campionamento del suolo e delle acque sotterranee

Sono state effettuate le seguenti procedure di indagine:

- Campionamento acque pozzo P.V.(Fig.1);
Sono stati cercati: IDROCARBURI TOTALI (N-ESANO), BENZENE, TOLUENE, ETILBENZENE e XILENI.
- Prelievo ed analisi di campioni nell'insaturo e in falda. I punti di campionamento sono indicati in Fig.1.

I risultati delle analisi per il suolo, indicati nella Tab.1, mostrano contaminazione nel suolo da IDROCARBURI LEGGERI (C<12), BENZENE, TOLUENE, ETILBENZENE e XILENI.

Tab. 1 – Risultati dell’analisi dei campioni di suolo.

<u>Campione</u>	<u>Profondità m</u>	<u>Idrocarburi (C < 12) mg/Kg</u>	<u>Idrocarburi (C > 12) mg/Kg</u>	<u>Benzene mg/Kg</u>	<u>Toluene mg/Kg</u>	<u>Etilbenzene mg/Kg</u>	<u>Xileni mg/Kg</u>	<u>Piombo mg/Kg</u>	<u>MTBE mg/Kg</u>
PM-1	3,5	5,0	5,0	0,1	0,1	0,1	0,1	25,3	0,5
PM-1 (A)	4,5	5,0	5,0	0,1	0,1	0,1	0,1	20,9	0,5
PM-1 (A)	5,5	70,0	8,0	0,8	4,3	2,1	10,4	15,7	2,0
PM-1 (A)	6,0	30,0	5,0	0,5	2,7	1,0	7,2	25,9	0,3
PM-1(A)	10,0	5,0	5,0	0,1	0,1	0,1	0,1	16,0	0,3
PM-2	3,0	51,0	5,0	20,0	92,0	70,0	338,0	20,9	8,0
PM-2(A)	4,5	41,0	5,0	0,1	9,1	2,6	12,9	28,2	8,0
PM-2 (A)	8,0	5,0	5,0	0,1	0,1	0,1	0,1	23,0	1,5
PM-3	3,0	147,0	174,0	0,1	0,1	0,1	60,0	27,7	1,8
PM-3(A)	5,0	5,0	5,0	0,1	0,1	0,1	0,1	25,0	1,8
PM-3 (A)	8,0	5,0	5,0	0,1	0,1	0,1	0,1	29,1	1,8
PM-4 (A)	3,5	10,0	6,0	0,1	0,8	1,1	2,3	31,9	3,5
PM-4 (A)	5,5	44,0	5,0	0,1	9,8	7,9	14,2	22,3	16,4
PM-4 (A)	8,0	110,0	15,0	0,1	10,9	7,0	23,5	19,4	34,4
PM-5	2,0	875,0	1,5	2,0	2,0	2,0	396,0	70,8	1,0
PM-5	2,5	5,0	40,0	2,0	2,0	2,0	24,0	25,4	1,0
PM-5	3,4	30,0	21,0	2,0	30	16	48,0	23,3	1,0
PM-5 (A)	5,5	46,0	84,0	0,1	3,7	3,0	13,7	21,2	18,5
PM-5 (A)	8,0	5,0	5,0	0,1	0,1	0,1	0,1	12,5	16,7

I risultati analitici per le acque di falda mostrano CONTAMINAZIONE in tutti i pozzi di monitoraggio (Fig.1) realizzati come si evince dalla successiva Tab.2.

Tab. 2 – Risultati dell’analisi dei campioni di acque sotterranee.

<u>Piezometro</u>	<u>Idrocarburi Totali µg/L</u>	<u>Benzene µg/L</u>	<u>Toluene µg/L</u>	<u>Etilbenzene µg/L</u>	<u>Xileni µg/L</u>
PM-1(A)	49.783	331	108	165	649
PM-2(A)	261.899	8.051	13.458	1.182	5.037
PM-3 (A)	27.750	4	3	3	25
PM-4(A)	823.690	13.806	7.201	2.052	8.612
POZZO P.V.	985	0,5	0,5	0,5	0,5
PM-5 (A)	PRODOTTO IN GALLEGGIAMENTO				

Nel PM-5 c'è del prodotto libero in galleggiamento (surnatante). Contestualmente prelievo ulteriore campione dal pozzo del P.V. da sottoporre alle medesime analisi. I risultati sono in linea con quelli relativi ai piezometri.

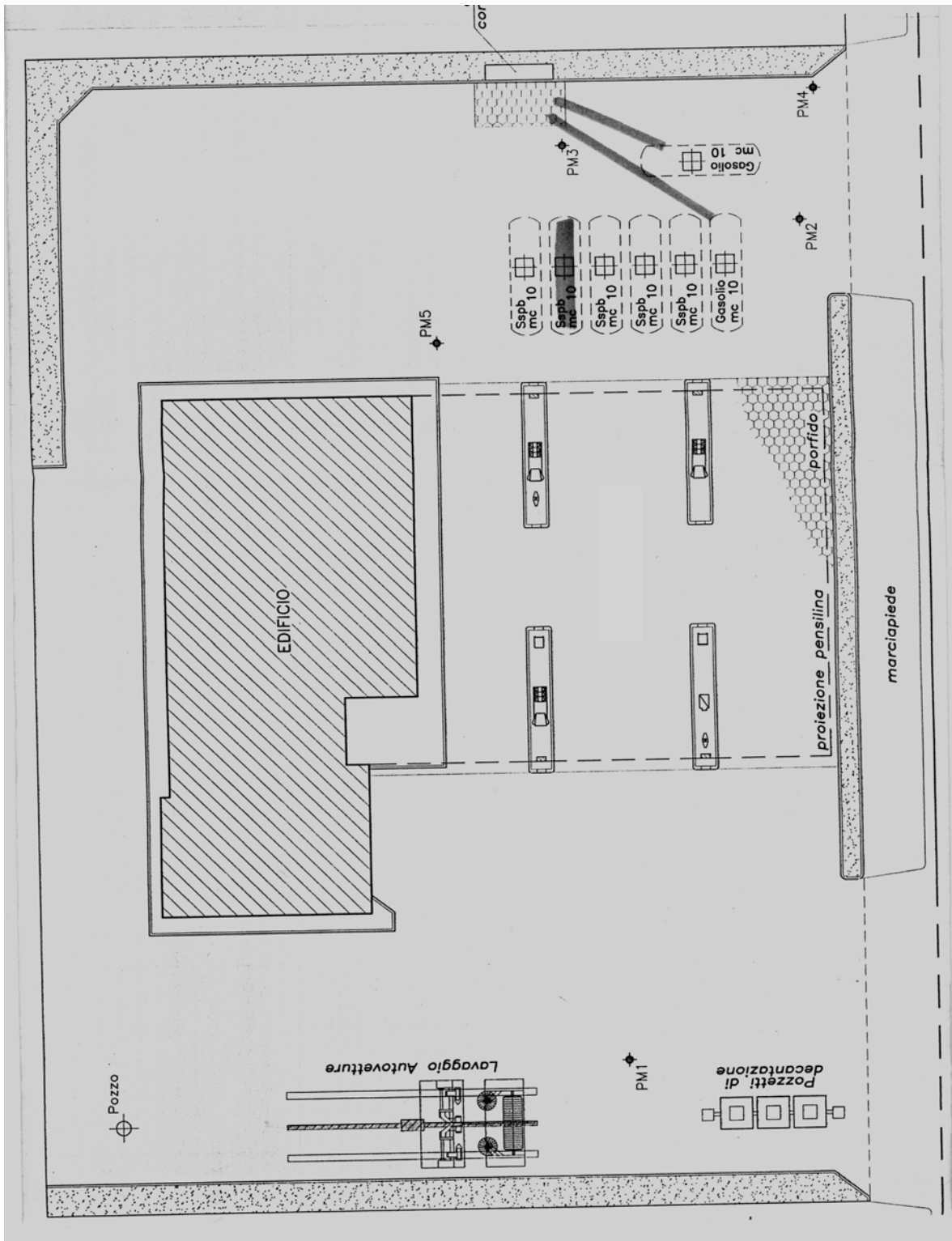


Fig. 1 – Schema di ubicazione dei sondaggi nel P.V.

Definizione del modello concettuale preliminare

In sintesi gli elementi del modello concettuale di sito sono i seguenti:

- Sorgenti:
 - il suolo in prossimità del serbatoio e delle due linee oggetto dello sversamento;
 - le acque sotterranee nell'intorno del sito;
- Meccanismi di trasporto:
 - lisciviazione e migrazione della parte solubile della contaminazione nell'acquifero;
 - migrazione della fase separata (prodotto libero) nell'acquifero;
 - volatilizzazione verso l'atmosfera (solo ipotizzata per possibili fessurazioni nella pavimentazione superficiale);
- Modalità di esposizione:
 - inalazione di volatili indoor e outdoor dal suolo e dalla falda contaminata (ipotizzata per possibili fessurazioni nella pavimentazione superficiale);
 - ingestione di acque sotterranee (tutela della risorsa).

Sono stati escluse le modalità di esposizione:

- ingestione e contatto diretto con il suolo perché la contaminazione è profonda e per la presenza della pavimentazione;
- inalazione di polveri sempre perché la contaminazione è profonda e per la presenza della pavimentazione.

Concentrazione rappresentativa alla sorgente

L'analisi deve essere effettuata sia sulla base della concentrazione massima perché il numero di sondaggi è inferiore a 10.

Nelle seguenti tabelle (Tab.3 e Tab.4) sono riportate le concentrazioni mediate sulla profondità, per ciascun punto di campionamento, relative ai contaminanti indice nel suolo e le concentrazioni relative alle acque sotterranee. Per la determinazione delle concentrazioni rappresentative nel suolo non sono stati considerati i campioni prelevati nel saturo. In blu sono evidenziati i valori massimi.

Tab. 3 – Concentrazioni mediate sulla profondità per il suolo.

SUOLO [mg/kg s.s.]

<u>piezometro</u>	<u>x</u>	<u>y</u>	<u>Benzene</u>	<u>Toluene</u>	<u>Etilbenzene</u>	<u>Xileni</u>	<u>C < 12</u>	<u>C > 12</u>	<u>Pb</u>	<u>MTBE</u>
1	5,1	10,5	0,1	0,1	0,1	0,1	5,0	5,0	25,3	0,5
2	42,1	2,2	20	92	70	338	51,0	5,0	20,9	8,0
3	45,6	12,7	0,1	0,1	0,1	60	147,0	174,0	27,7	1,8
4	48,0	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-
5	36,9	18,4	2	12,5	7,25	188,0	391,7	22,9	45,6	1,0
LIMITE D.M.471/99 (Res.)			0	0,5	0,5	0,5	10	50	100	10
LIMITE D.M.471/99 (Comm./Ind.)			2	50	50	50	250	750	1000	250

Tab. 4 – Concentrazioni per le acque sotterranee.

ACQUE SOTTERRANEE [µg/L]

<u>piezometro</u>	<u>x</u>	<u>y</u>	<u>Benzene</u>	<u>Toluene</u>	<u>Etilbenzene</u>	<u>Xileni</u>	<u>Idrocarburi totali</u>
pozzo	2,5	33,0	0,5	0,5	0,5	0,5	985
1	5,1	10,5	331	108	165	649	49783
2	42,1	2,2	8051	13458	1182	5037	261899
3	45,6	12,7	4	3	3	25	27750
4	48,0	1,5	13806	7201	2052	8612	823690
LIMITE D.M.471/99			1	15	50	10	350

Sono inoltre riportati i limiti di legge per ciascuna sostanza. In particolare, per quanto riguarda il suolo, seguendo il criterio suggerito del “tossicologicamente affine” suggerito dal D.M. 471/99 l'MTBE (evidenziato in rosso) è stato assimilato agli idrocarburi leggeri. Per quanto concerne le acque sotterranee, il D.M. 471/99 riporta la concentrazione limite solo per il para-Xilene e non per tutti gli isomeri (Xileni totali) per cui per gli Xileni totali (evidenziati in rosso) si è scelto come valore limite quello relativo al para-Xilene.

Da questi dati sono state ricavate le concentrazioni rappresentative in input per l'analisi indicate nelle seguenti tabelle (Tab.5 e Tab.6).

Tab. 5 – Concentrazioni rappresentative per il suolo.

SUOLO [mg/kg s.s.]

<i>Contaminante</i>	<i>Max</i>
<i>Benzene</i>	20,0
<i>Toluene</i>	92,0
<i>Xilene (mixed isomers)</i>	338,0
<i>Etilbenzene</i>	70,0
<i>C<12</i>	391,7

Tab. 6 – Concentrazioni rappresentative per le acque sotterranee.

ACQUE SOTTERRANEE [mg/L]

<i>Contaminante</i>	<i>Max</i>
<i>Benzene</i>	13,8
<i>Toluene</i>	13,5
<i>Etilbenzene</i>	2,05
<i>Xilene (mixed isomers)</i>	8,6
<i>Idrocarburi totali</i>	823,7

Parametri di input sito-specifici

Si definiscono, a questo punto, i parametri di input sito-specifici ricavabili dai dati di caratterizzazione del sito. In generale è necessario definire dapprima le effettive dimensioni della sorgente di contaminazione, che può coincidere o meno, con l'area del sito. Una volta definita la sorgente è utile individuare poi i parametri idrogeologici del sito per implementare la procedura di valutazione del rischio delle risorse idriche sotterranee.

Dimensioni della sorgente di contaminazione

L'estensione della sorgente di contaminazione viene posta cautelativamente pari all'intera area del sito.

Stima dei parametri idrogeologici

Sulla base dei dati di caratterizzazione è stata ricostruito l'andamento delle isopieze che caratterizzano la superficie freatica determinando il regime di flusso della falda. Essi sono indicati nella successiva tabella.

Tab. 6 – Soggiacenza della falda.

<u>piezometro</u>	<u>x</u>	<u>y</u>	<u>soggiacenza</u>
pozzo	2,5	33	4,6
PM1	5,1	10,5	5,123
PM2	42,1	2,2	4,228
PM3	45,6	12,7	4,652
PM4	48	1,5	3,358
PM5	36,9	18,4	3,341

Nella successiva Fig.8 è rappresentato l'andamento della superficie freatica, con l'indicazione dei punti di campionamento. La parte lasciata in bianco indica insufficienza di dati per effettuare l'interpolazione.

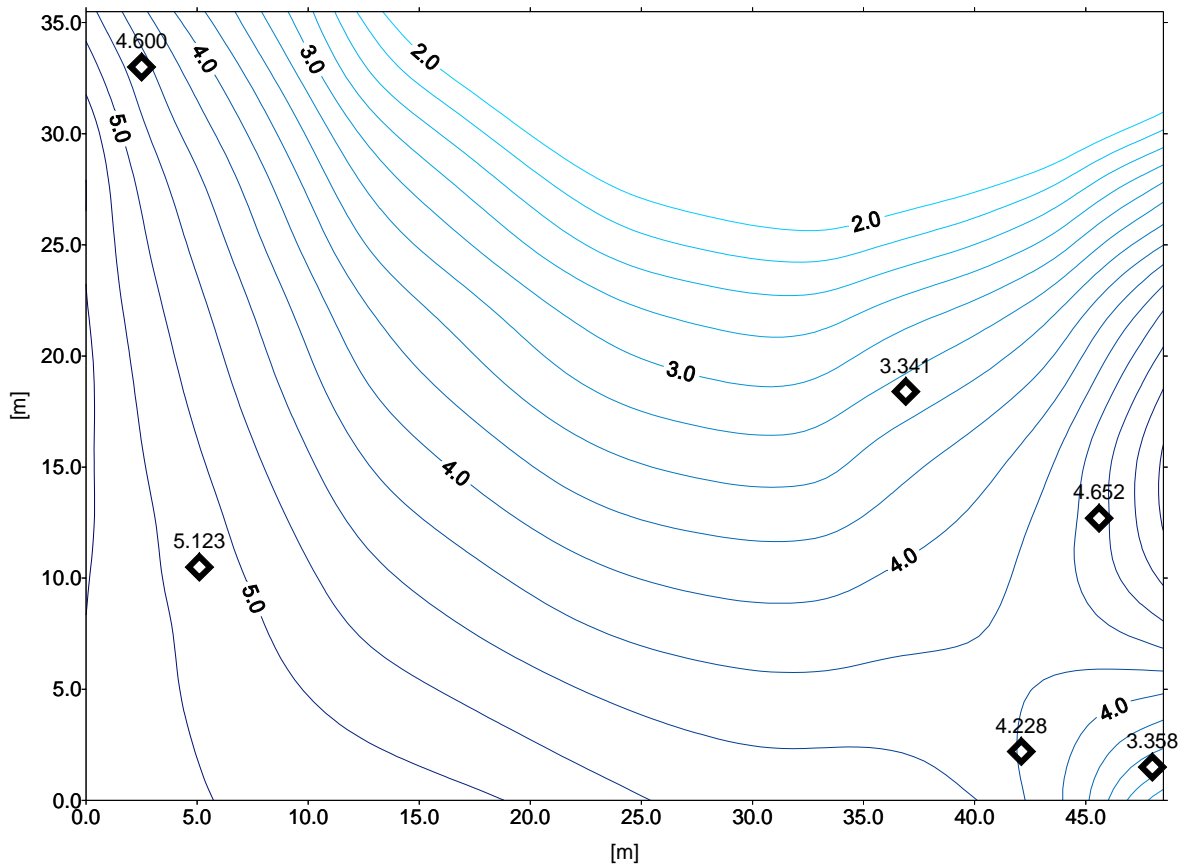


Fig. 8 – Andamento della superficie freatica

Si evidenzia la presenza di uno spartiacque sotterraneo in corrispondenza della zona dove sono presenti i serbatoi per lo stoccaggio del carburante. Tale interpolazione risulta quindi congruente con l'andamento della concentrazione in falda.

In base a questa interpolazione è stato possibile ricavare il gradiente idraulico medio dell'acquifero. Esso è pari a $i = 0,25$.

Inoltre, individuando l'andamento delle linee di flusso, si è visto che la direzione prevalente di quest'ultimo è S-N per cui è possibile stimare cautelativamente la dimensione della sorgente parallela al flusso di falda pari a:

- suolo, falda: lato corto della superficie del P.V., ossia $W = 34,5 \text{ m}$

La dimensione della sorgente ortogonale al flusso di falda è invece pari a:

- suolo, falda: lato lungo della superficie del P.V., ossia $L = 48 \text{ m}$

Per quanto riguarda la conducibilità idraulica, nonostante l'acquifero sia abbastanza eterogeneo da un punto di vista geologico, è stato possibile stimarla come media sullo spessore degli strati. E' stato quindi ricavato un valore medio pari a $K = 10^{-5} \text{ cm/s}$. Tale valore corrisponde ad una litologia prevalente costituita da *limo sabbioso*.

Quesito 1: Si richiede la definizione del modello concettuale preliminare del sito.

Quesito 2: Si richiede la valutazione delle dimensioni della sorgente per il suolo e per la falda.

Quesito 3: Si richiede la valutazione del rischio risultante dalla contaminazione del sito applicando il software Rome ver. 2.1.

Quesito 4: Si richiede la valutazione delle concentrazioni obiettivo di bonifica applicando il software Rome ver. 2.

