

## Contributo tecnico

Classificazione: (PT.01.23.22/33)

Al Dipartimento di Pistoia  
att.ne Dr. Andrea Poggi

Oggetto: **Indagine pozzi via del Redolone – contributo idrogeologico e idrochimico**

Premessa.....	1
Aspetti idrogeologici.....	1
Degradazione dei composti organoalogenati.....	5
Facies idrochimiche.....	8
Mappa geostatistica del pennacchio di contaminazione.....	8
Considerazioni conclusive.....	11

### **Premessa**

Il presente contributo idrogeologico e idrochimico sul monitoraggio di indagine nell'area di Via Redolone località Ponte Stella (Serravalle Pistoiese, PT) segue un precedente contributo del 20 febbraio 2019 che integrava le analisi eseguite fino a quella data.

Il monitoraggio ambientale regionale delle acque sotterranee sulla stazione MAT-P281 Pozzo 1 Redolone ha evidenziato in passato frequenti superamenti delle concentrazioni di soglia di contaminazione per quanto riguarda il cloruro di vinile e 1-2 dicloroetilene. E' così seguito, nel mese di dicembre 2019 e da parte di ARPAT, un monitoraggio di indagine dei composti organoalogenati (tabella 1) su pozzi posti nelle vicinanze del MAT-P281 per verificare la presenza dei due contaminanti. I pozzi individuati per l'indagine sono stati caratterizzati in termini di profondità ed è stato notato che un pozzo, in particolare il D, sebbene di profondità inferiore al pozzo MAT-P281, denunciava valori anche più alti di cloruro di vinile e di 1-2 dicloroetilene. Da una relazione fornita dal gestore Publiacqua risulta che il Pozzo 1 Redolone ha una profondità di 80 metri, superiore al Pozzo D profondo solo 20 m. Gli orizzonti acquiferi del Pozzo 1 che si sviluppano in conglomerati, sempre secondo la relazione, sarebbero stati separati tramite cementazione dagli orizzonti sabbioso ghiaiosi più superficiali; gli stessi del Pozzo D come del vicino Pozzo 3 Redolone, anche lui contaminato in CV.

La situazione critica è stata rappresentata nel corso di una riunione con gli enti competenti realizzata il 7 marzo 2019 presso il Comune di Serravalle Pistoiese e, nel seguito, concentrazioni ancora superiori sia al Pozzo 1 che allo stesso Pozzo D sono emerse da campionamenti vicini condotti nello stesso mese di marzo 2019.

Un ultimo campionamento del mese di marzo con analisi eseguite dal laboratorio accreditato Toscolab ha riscontrato nel pozzo TS01 una concentrazione di CV di 2510 µg/L.

Pozzo Profondita	X	Y	ARPALAB	ARPALAB	Data	Redox mV	segno	CVM - µg/L	1,2-DCE - µg/L	PCE - µg/L	TCE - µg/L
Pozzo B - n.d.	1653505	4860830	5014	2018/5014	10/12/18	106,1	=	10	6	<0,1	0,4
Pozzo C - 25 m	1653082	4860723	5015	2018/5015	10/12/18	190,0	<	< 0,05	<2	<0,1	<0,1
Pozzo D - 32 m	1653802	4860635	5016	2018/5016	10/12/18	-58,7	=	476	367	<0,1	<0,1
Pozzo 1 - 85 m	1653392	4860772	5056	2018/5056	11/12/18	-105,5	=	110	34	<0,1	<0,1
Pozzo 3 - 30 m	1653381	4860777	5057	2018/5057	11/12/18	-15,7	=	33	5	<0,1	<0,1
Pozzo 4 - 30 m	1653212	4860843	5055	2018/5055	11/12/18	-18,8	<	< 0,05	<2	<0,1	<0,1
Pozzo A - 20 m	1653188	4860984	5054	2018/5054	11/12/18	-15,2	<	< 0,05	<2	<0,1	<0,1
Pozzo E - 24 m	1654258	4860593	196	2019/196	29/01/19	-12,6	=	23	<2	0,3	<0,1
Pozzo F - 10 m	1653425	4860248	198	2019/198	29/01/19	88,0	<	< 0,05	<2	<0,1	<0,1
Pozzo G - n.d.	1653745	4860407	199	2019/199	29/01/19	135,0	<	< 0,05	<2	1,1	<0,1
Pozzo H - 25 m	1653755	4861037	201	2019/201	29/01/19	-98,0	=	1,8	<2	0,1	<0,1
Pozzo I - 32 m	1654033	4860942	205	2019/205	29/01/19	-65,2	=	20	<2	0,1	<0,1
Pozzo B - n.d.	1653505	4860830	215	2019/215	30/01/19	180,0	=	0,3	9	0,1	0,7
Pozzo L - 21 m	1654454	4860105	216	2019/216	30/01/19	-40,0	<	< 0,05	<2	<0,1	<0,1
Pozzo M - 6 m	1654834	4859626	217	2019/217	30/01/19	50,0	<	< 0,05	<2	<0,1	<0,1
Pozzo N - 20 m	1655019	4859717	218	2019/218	30/01/19	-98,5	<	< 0,05	<2	<0,1	<0,1
Pozzo D - 32 m	1653802	4860635	232	2019/232	04/02/19	-49,3	=	730	528	0,1	<0,1
Pozzo P - 30 m	1654407	4860579	227	2019/227	04/02/19	-14,4	=	0,2	<2	<0,1	<0,1
Pozzo Q - 6 m	1652799	4860926	233	2019/233	04/02/19	73,3	=	0,3	<2	<0,1	<0,1
Pozzo R - 18 m	1653997	4860849	606	2019/606	05/03/19	13,3	=	80	19	<0,1	<0,1
Pozzo S - 10 m	1653959	4860711	607	2019/607	05/03/19	119,0	<	< 0,05	<2	<0,1	<0,1
Pozzo T - 24 m	1654116	4860703	608	2019/608	05/03/19	-42,6	=	255	29	<0,1	<0,1
Pozzo U - 30 m	1653914	4861252	609	2019/609	05/03/19	-10,1	<	< 0,05	<2	<0,1	<0,1
Pozzo V - n.d. m	1653817	4861541	610	2019/610	05/03/19	12,0	<	< 0,05	<2	<0,1	<0,1
Pozzo Z - n.d. m	1654353	4860834	700	2019/700	11/03/19	25,5	=	20	<2	<0,1	<0,1
Pozzo J - 30 m	1653883	4860459	701	2019/701	11/03/19	-73,6	<	< 0,05	<2	<0,1	<0,1
Pozzo K - n.d. m	1653376	4861075	706	2019/706	11/03/19	-43,8	<	< 0,05	<2	<0,1	<0,1
Pozzo X - 15 m	1653484	4861359	705	2019/705	11/03/19	-0,4	<	< 0,05	<2	<0,1	<0,1
Pozzo Y - 18 m	1653390	4861468	702	2019/702	11/03/19	-16,3	<	< 0,05	<2	<0,1	<0,1
Pozzo W - 30 m	1653570	4861539	704	2019/704	11/03/19	14,7	<	< 0,05	<2	<0,1	<0,1
Pozzo O - 30 m	1654093	4861044	699	2019/699	11/03/19	-19,2	<	< 0,05	<2	<0,1	<0,1
Pozzo AA - 28 m	1654533	4860592	796	2019/796	14/03/19	44,9	<	< 0,05	<2	<0,1	<0,1
Pozzo AB - 25 m	1654549	4860831	797	2019/797	14/03/19	-58,2	<	< 0,05	<2	<0,1	<0,1
Pozzo AC - 90 m	1654584	4860788	798	2019/798	14/03/19	-20,9	<	< 0,05	<2	<0,1	<0,1
Pozzo AD - 22 m	1654597	4861088	799	2019/799	14/03/19	-66,8	<	< 0,05	<2	<0,1	<0,1
Pozzo AE - 25 m	1654388	4861165	800	2019/800	14/03/19	15,9	<	< 0,05	<2	<0,1	<0,1
Pozzo P - 30 m	1654407	4860579	801	2019/801	14/03/19	-4,6	=	0,2	<2	<0,1	<0,1

**Tabella 1: Monitoraggio di indagine Redolone - analisi composti organoalogenati**

## Aspetti idrogeologici

Nella figura 1 è rappresentata la situazione geologica, l'area si colloca ai margini del bacino fluviolacustre di Pistoia prossima a rilievi collinari dove affiorano terreni della formazione di Sillano (SIL) ed alcuni terrazzi antichi di età Villafranchiana (VILh). Nella mappa è riportata una piezometria rappresentativa che, sebbene datata al 1998 indica un flusso generalmente orientato ovest-est, e la posizione sia dei pozzi campionati da ARPAT, contraddistinti da lettere, sia di punti di controllo stratigrafici reperiti dal Gestore Publiacqua (Pozzi 1 – 5) e forniti<sup>1</sup> dall'Ordine dei Geologi della Toscana (G).

Nella stessa mappa sono altresì indicati i valori massimi di CV riscontrati nei pozzi campionati, per i quali, nella generalità dei casi, è stata acquisita la profondità. Sono riportati sia i pozzi campionati da ARPAT che, con diversa simbologia i pozzi TS analizzati dal laboratorio Toscolab per conto del Comune di Serravalle, incluso il pozzo TS01 prima notato.

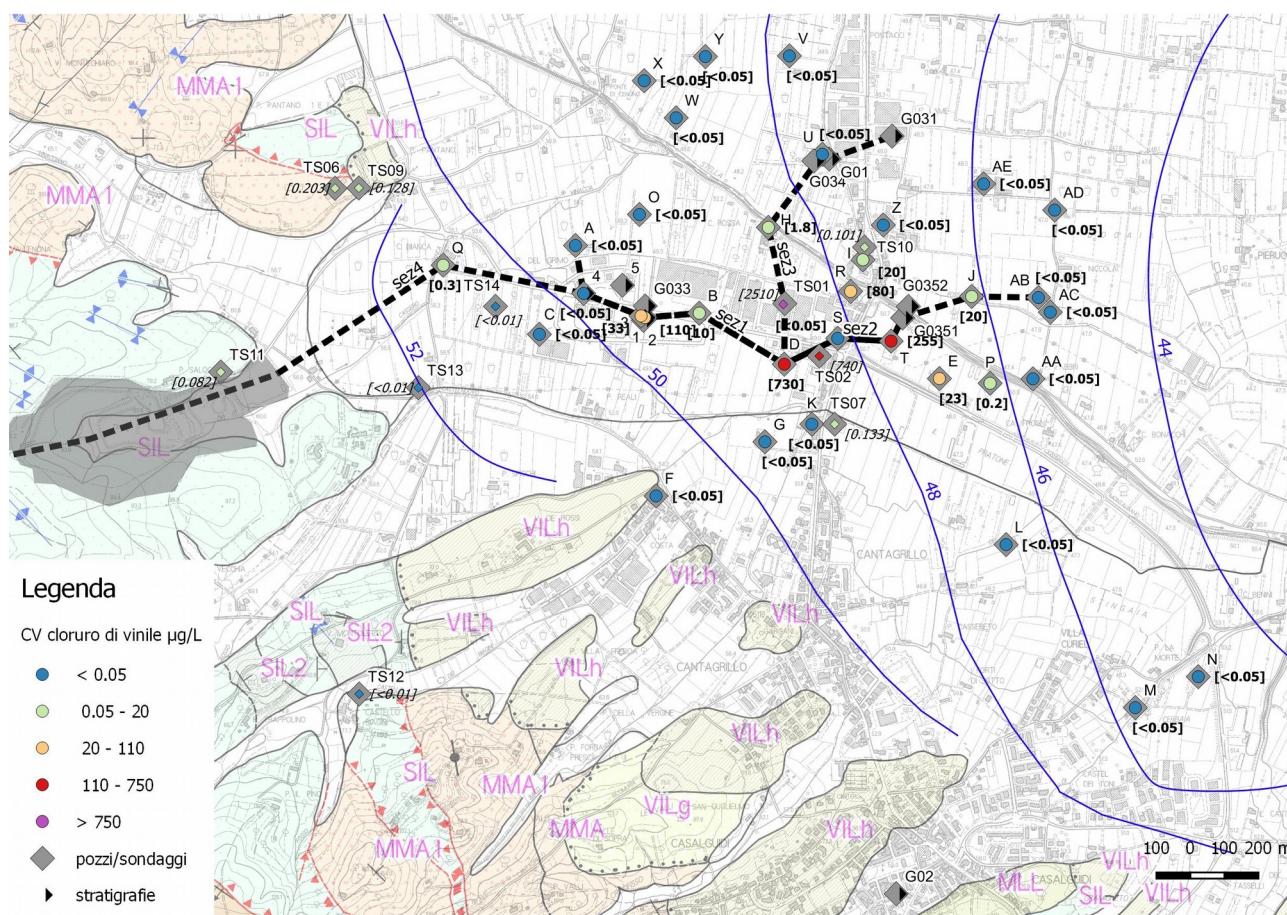


Figura 1: Monitoraggio di indagine sulla contaminazione da CV - punti di prelievo e controllo stratigrafico

Da un primo esame delle concentrazioni rilevate si rileva un doppio gradiente di attenuazione delle concentrazioni, sia in direzione est secondo lo scorrimento di falda, sia in direzione ovest, apparentemente contraria, dai pozzi maggiormente contaminati D, T ed ultimo TS01 verso il campo pozzi Redolone (Pozzi 2 e 3).

<sup>1</sup> L'Ordine dei Geologi che ha partecipato, nella persona del consigliere Dr. Gaddo Mannori, alla riunione del 7 marzo ha offerto il proprio contributo richiedendo i propri iscritti informazioni ai fini dell'attività istruttoria di accertamento, propedeutica all'avvio del procedimento come da art. 244 del d.lgs. 152/06.

La sezione riportata in figura 2 con lo schema di completamento pozzi derivato dalla relazione di Publiacqua pone un primo problema. Come indicato, infatti, il pozzo 1 sembra captare un orizzonte ben separato dall'orizzonte più superficiale che collega pozzo D e pozzo 3.

Per giustificare la presenza di contaminazione in ambedue gli orizzonti si deve pertanto ammettere una **mancata separazione dei due circuiti**. In ipotesi, lo stesso pozzo 1 dove la **cementazione** si potrebbe essere **degradata**, potrebbe funzionare da **pozzo "miscelante"** od altrimenti un pozzo prossimo ma al momento sconosciuto.

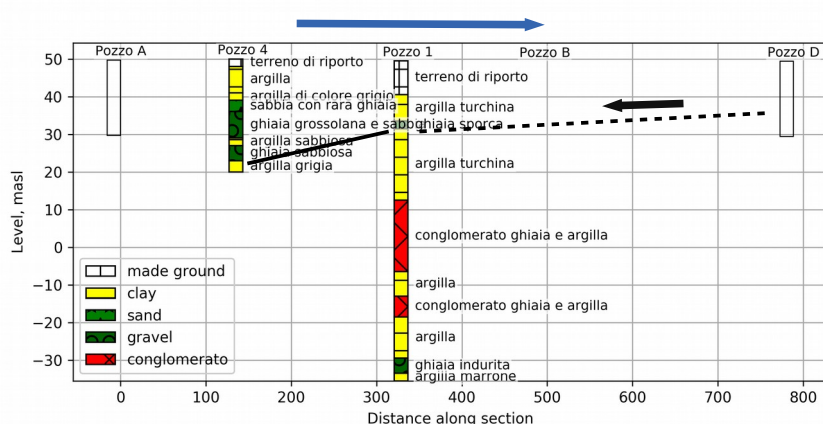


Figura 2: sezione 1

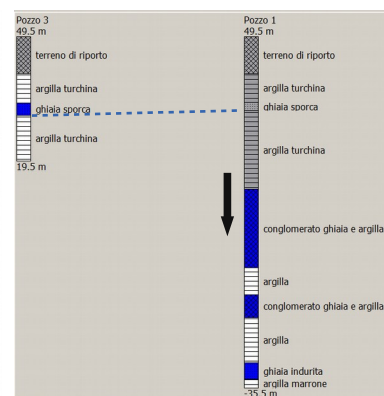


Figura 3: schema tratti filtranti pozzi 1 e 3

La sezione geologica unita al contesto geomorfologico che vede il pozzo D sul prolungamento di un alto morfologico ed il pozzo A al centro dell'incisione suggerisce, inoltre, una probabile pendenza della base dell'acquifero, contraria alla direzione generale di deflusso. Sebbene il CV abbia una densità pari se non di poco inferiore all'acqua (0,911), DCE (1,21) oltre a TCE (1,46) e PCE (1,62) hanno densità superiori e possono prodursi in fasi separate ed è noto che i DNAPL (Dense Non Aqueous Phase Liquid tra cui rientrano questi composti) per via della maggiore densità possono, in fase separata, seguire direzioni più influenzate dalla morfologia del substrato che dal gradiente idraulico (figura 4)<sup>2</sup>.

Pertanto., oltre ad un probabile effetto di passato richiamo dai pompaggi del campo pozzi, lo stesso assetto locale potrebbe essere responsabile del gradiente inverso da D a pozzo 1.

<sup>2</sup> DENSE NONAQUEOUS PHASE LIQUIDS S. G. Huling and J. W. Weaver 1991 – EPA Ground Water Issue



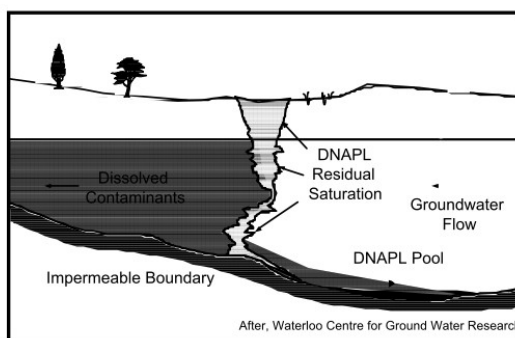


Figure 13a. Stratigraphic gradient different from ground water gradient results in a different direction of flow of the ground water and continuous phase DNAPL.

Figura 4: Schema dell'influenza del gradiente stratigrafico in EPA (1991)

Altro elemento caratteristico, sempre legato alla profondità dei pozzi, riguarda il **pozzo S**, che con una **profondità ridotta** e valori < LQ in stretta vicinanza ai pozzi D e T fortemente contaminati sembra intercettare una **falda superficiale sospesa separata** (figura 5).

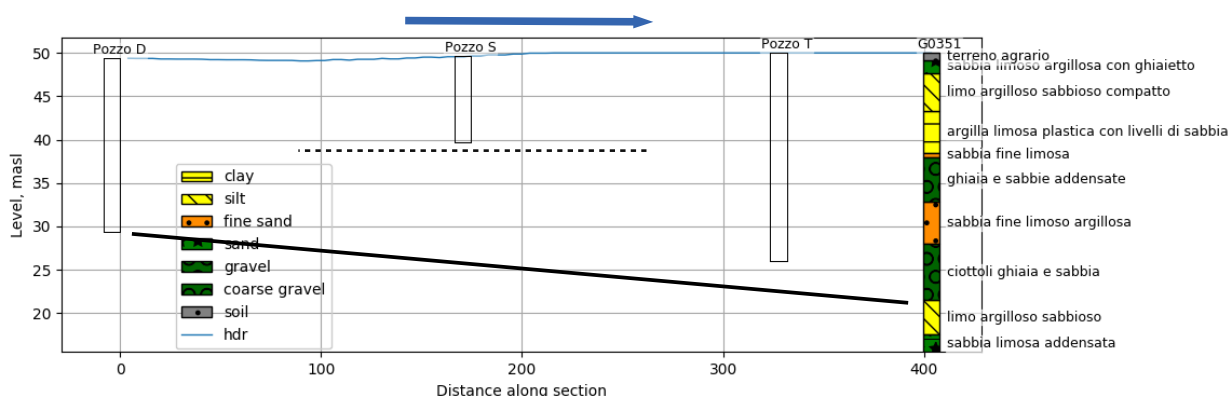


Figura 5: sezione 2

Un ulteriore interrogativo a riguardo delle differenti profondità dei pozzi e separazione dei circuiti idrogeologici è dato dal prodonfo **pozzo TS01** che, attestato nella falda profonda, denuncia concentrazioni notevoli di cloruro di vinile e dicloroetilene.

Le notizie relative al pozzo TS01 riportano che la perforazione, dopo aver incontrato una prima falda a 20-30 m, ritenuta insufficiente, è proseguita fino alla profondità di 70 m. Non si hanno notizie precise sulla posizione dei filtri, appare **probabile** che sia stato realizzato **filtro e drenaggio** anche per l'**orizzonte superiore**. Lo stesso orizzonte superiore, oggi contaminato come attestato dai vicini D ed H, potrebbe essere quindi il responsabile della contaminazione.

La sezione 3 rende anche evidente come procedendo in **direzione nord** verso la città di Pistoia si produca un incremento sia degli spessori sia della granulometria degli orizzonti acquiferi. Un **aumento** della **trasmissività** in questa direzione, che potrebbe spiegare la sparizione per diluizione del contaminante, appare evidente anche da una diminuzione del gradiente piezometrico in questa direzione.

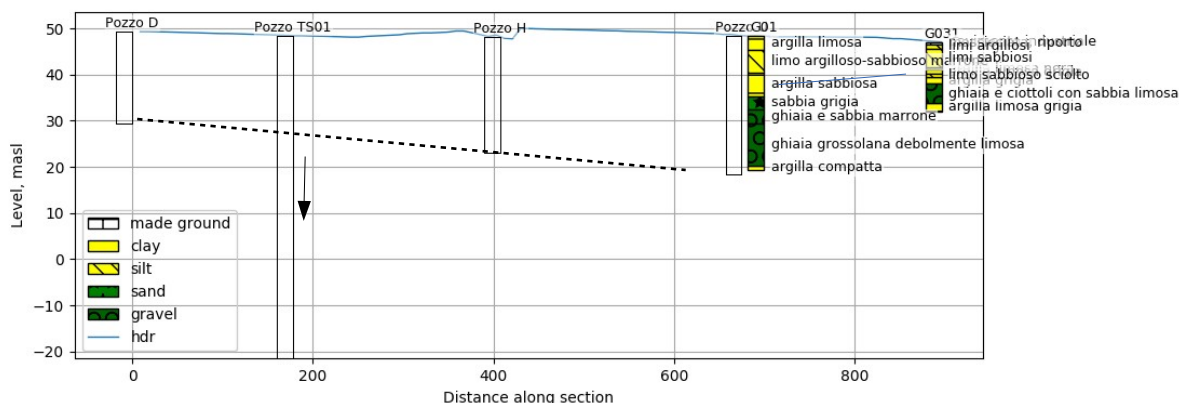


Figura 6: sezione 3

Un ultima considerazione idrogeologica riguarda infine il **pozzo Q** che, di limitata profondità e posto a monte dell'area contaminata ha mostrato comunque un valore positivo di CV sebbene molto basso 0,3 µg/L. La sua posizione potrebbe apparire critica nei riguardi della vicina discarica del Cassero, iniziale sospettata della contaminazione. Come mostrato dalla sezione 4 la sua limitata profondità potrebbe anche far pensare, come per il pozzo S ad una **falda sospesa non comunicante con la falda superiore contaminata**.

Da sottolineare che, al momento, il valore positivo non è stato confermato da una ripetizione dell'analisi in aprile che ha dato esito negativo ( $CV < LQ$ ). Tuttavia analisi con valori positivi, comunque bassi e sempre inferiori alla CSC, sono state riscontrate in quest'area anche dal laboratorio Toscolab. Alcuni di questi pozzi non interessano i depositi alluvionali, la natura di questi valori diffusi, se confermati da successive ripetizioni, sarà oggetto di approfondimenti. Non sembra avere però, al momento, relazione con la contaminazione della zona Redolone.

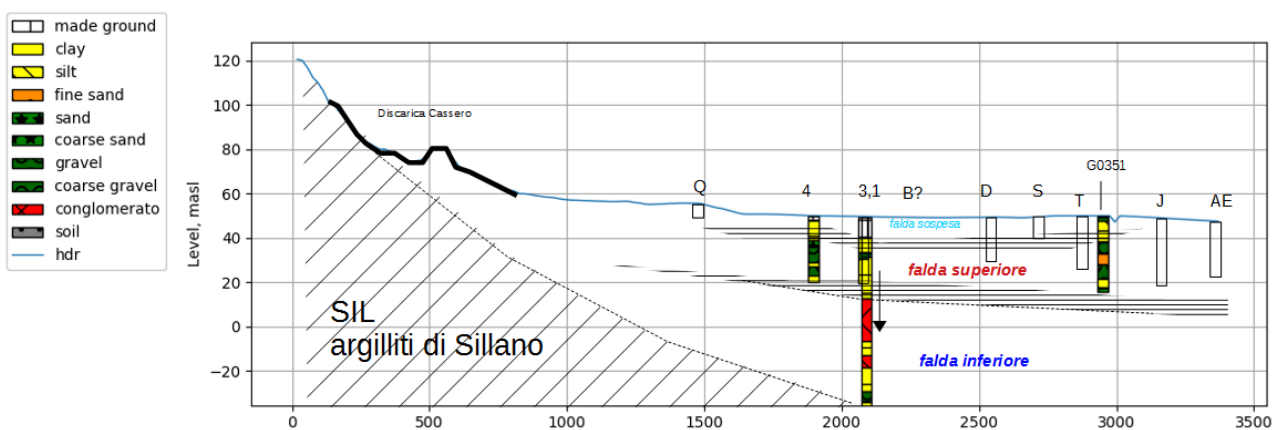


Figura 7: sezione 4

## Degradazione dei composti organoalogenati

Nell'ambito del processo di degradazione degli organoalogenati per **dechlorinazione riduttiva**, partendo da sostanze di origine quali PCE e/o TCE, il CV compare dopo il DCE.

L'esistenza di una reazione di dechlorinazione con incremento del rapporto CV/DCE è risultata ben evidente nella serie storica dello stesso pozzo 1 (MAT-P281) diagrammata in figura 8.

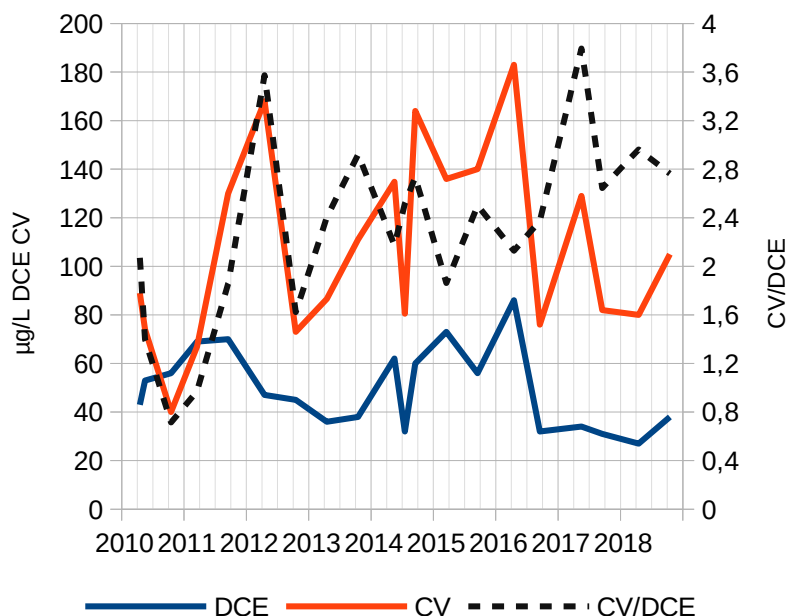


Figura 8: trend CV/DCE al pozzo 1 MAT-P281

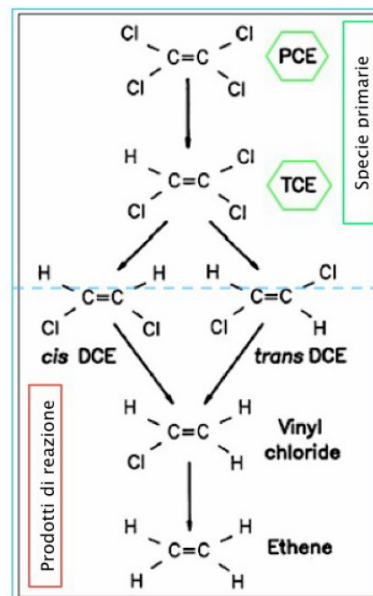


Figura 9: Dechlorinazione riduttiva

Il rapporto CV/DCE può incrementarsi con l'evoluzione della degradazione anche in senso spaziale ed a tal fine, tale rapporto è rappresentato per i pozzi analizzati del monitoraggio di indagine nel diagramma di figura 9 e nella mappa di figura 10.

Il diagramma identifica i pozzi D e TS01 come i termini attualmente più primitivi e presumibilmente più prossimi alla fonte di contaminazione. Da questi, la contaminazione sembra evolvere temporalmente e spazialmente nelle due direzioni prima notate, verso est e dunque verso i pozzi T ed R secondo la direzione generale del flusso di falda e verso ovest e il campo pozzi Redolone, in direzione apparentemente contraria. Il richiamo in questa direzione oltretutto dall'ipotesi prima avanzata sul trasporto in fase separata potrebbe essere stato favorito, più semplicemente, anche da un passato pompaggio del campo pozzi.

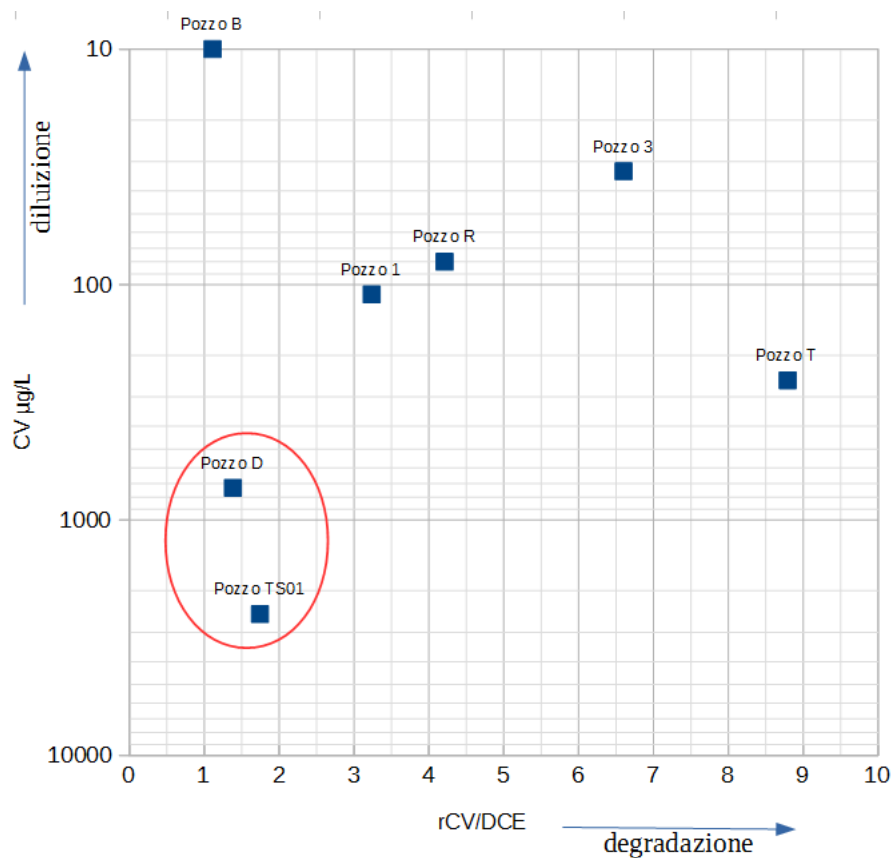


Figura 10: diagramma evolutivo declorinazione

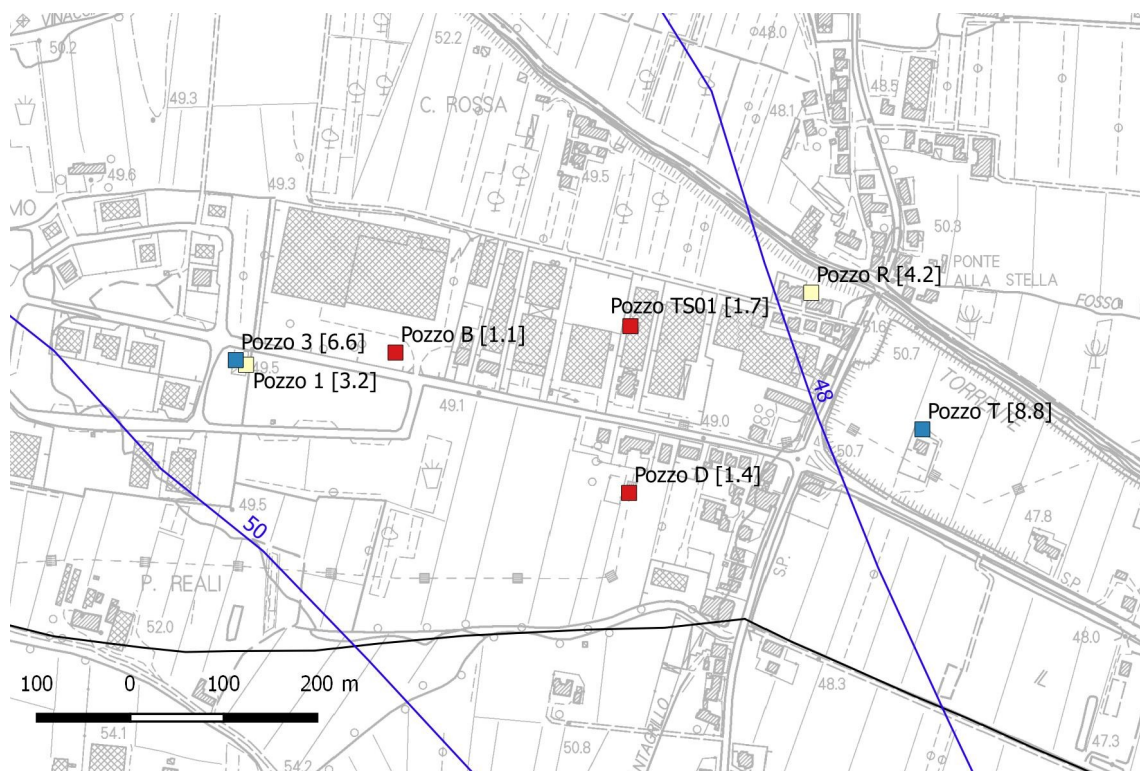


Figura 11: mappa rCV\_DCE



## Facies idrochimiche

Per i pozzi campionati è stata infine determinata la facies idrochimica ed attraverso il diagramma di Piper è stato possibile verificare affinità e parentela geochimica delle acque campionate. Si tratta nel complesso di acque non dissimili con composizione bicarbonato alcalino terrosa.

Nome	mg/L						
	Ca	Mg	Na	K	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl
Pozzo 1	64,1	12,5	70,2	< 1	373	14,5	88,7
Pozzo 3	26,5	17,3	53,4	< 1	332	32,9	25,5
Pozzo 4	72,9	24,5	21,7	< 1	454	52,9	14,7
Pozzo A	28,9	16,6	47,7	< 1	324	15	32,7
Pozzo AA	54,1	21,3	46,9	< 1	432	24,4	27,7
Pozzo AB	32,2	12,9	39	< 1	308	4,9	18,7
Pozzo AC	38,2	3,4	138	< 1	360	10,4	124
Pozzo AD	53,3	14,1	29,8	< 1	334	37,2	23,5
Pozzo AE	44,3	14	36,2	< 1	282	37,6	22
Pozzo C	45,8	20,2	23,5	< 1	316	31,1	17,1
Pozzo D	57,15	19,55	48,1	< 1	393	26,25	33,45
Pozzo E	73,1	19,9	39,9	< 1	471	27,7	30,3
Pozzo F	81,8	7,5	30,2	< 1	313	34,6	45,1
Pozzo H	67,9	12,6	25,2	< 1	370	12,4	19,1
Pozzo I	69,6	16,8	27,1	< 1	387	19,9	21,7
Pozzo J	58,4	19,7	34,2	< 1	395	22,7	23,2
Pozzo K	28,9	17,6	57	< 1	337	11,4	45,6
Pozzo L	30,6	17,6	61	< 1	335	14,6	45
Pozzo N	32,1	17,6	39,7	< 1	324	29,2	28,9
Pozzo O	77,4	12,4	24,7	< 1	405	14,5	21,2
Pozzo P	50,5	17,1	37,7	< 1	362	10,8	25,75
Pozzo R	70,2	15,4	30,4	< 1	392	18,4	22,6
Pozzo T	75,4	20,4	34,6	< 1	462	21,4	25,1
Pozzo U	40,1	11,3	35,4	< 1	242	39,5	16,2
Pozzo V	35,6	13	26,7	< 1	269	15,9	13,9
Pozzo Y	57,4	14	13,8	< 1	303	26,4	16,3
Pozzo W	68,2	11,7	22,3	1,1	361	14,1	20
Pozzo X	71,3	16,8	17,6	1,2	356	43,5	19,5
Pozzo Z	70,2	21,7	32,6	1,3	394	90,5	26,6
Pozzo M	73,9	11,6	26,8	2,1	318	27,2	36,3
Pozzo B	43,55	12,4	17,75	2,3	250,5	27,05	14,05
Pozzo Q	77,8	13,4	59,7	2,3	373	55,6	38,1
Pozzo G	132	17,7	61,7	7,8	472	76,8	94,8
Pozzo S	127	18	30,4	10,2	526	40,4	53,7

*Tabella 2: Analisi facies idrochimiche*

I campioni, relativi al pozzo **1** e pozzo **AC** ambedue di **profondità elevata** pari ad 85 e 90 m rispettivamente risultano ben **distinti** con **chimismo** spostato verso termini bicarbonato alcalini per **incremento** degli ioni **sodio** e **cloruri**. La diversa natura geochimica di queste acque sembrerebbe **confermare** una **naturale separazione** dei circuiti idrogeologici tra la **falda** sede della **contaminazione** da CV, compresa tra **20 e 30 m da pc**, e la **falda** più **profonda**, tra 70 e 90 m. Tale separazione, come visto, potrebbe essere localmente venuta meno per effetto di **pozzi miscelanti**.

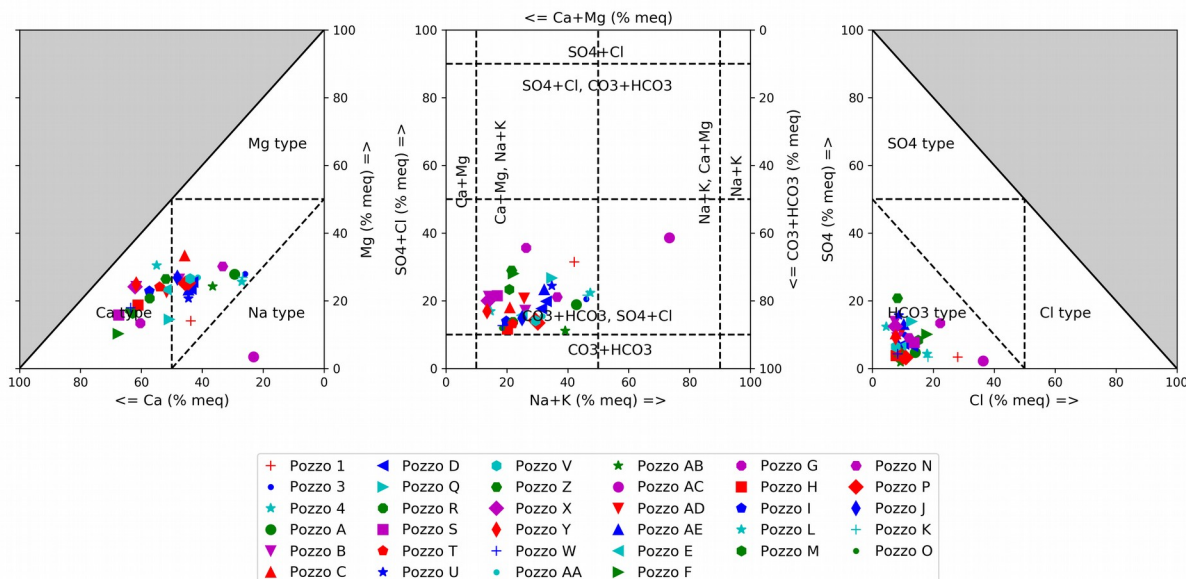


Figura 12: Diagramma di Piper delle facies idrochimiche

## Mappa geostatistica del pennacchio di contaminazione

Sulla base degli elementi fin qui discussi è stata condotta, infine, una interpolazione geostatistica dei valori di concentrazione riscontrati nell'**orizzonte acquifero compreso tra i 20 e 30 m** da piano campagna, rappresentato dalla generalità dei pozzi campionati con, si ricordano, le seguenti eccezioni e distinzioni:

- il pozzo **S** è **escluso** dall'interpolazione perché di **minore profondità < 10 m**, con valori di CV diversi ed una situazione stratigrafica che sembra ammettere l'esistenza di una falda sospesa;
- i pozzi più **profondi TS01** e pozzo **1** sono **esclusi**, in **attesa** di ulteriori **verifiche**, per quanto si ritenga probabile, per diversi motivi, un loro drenaggio dell'orizzonte superiore;
- Il pozzo **Q**, a monte dell'area contaminata e di limitata profondità pari a 6 m, il cui valore positivo anche molto basso **non** è stato al momento **confermato** dalla **ripetizione** dell'analisi è, anche questo, **escluso** dall'interpolazione.

I dati interpolati risultano in conclusione 32 con valore minimo pari ad LQ (0,05) e valore massimo 730. La distribuzione dei dati, qui rappresentata con trasformazione logaritmica per i soli valori > LQ, è asimmetrica destra con valori 730 e 255 come possibili outlier.

Il grafico di frequenza cumulata in scala di probabilità normale identifica una netta **discontinuità di frequenza** in uno stretto intervallo tra 10 e 50.

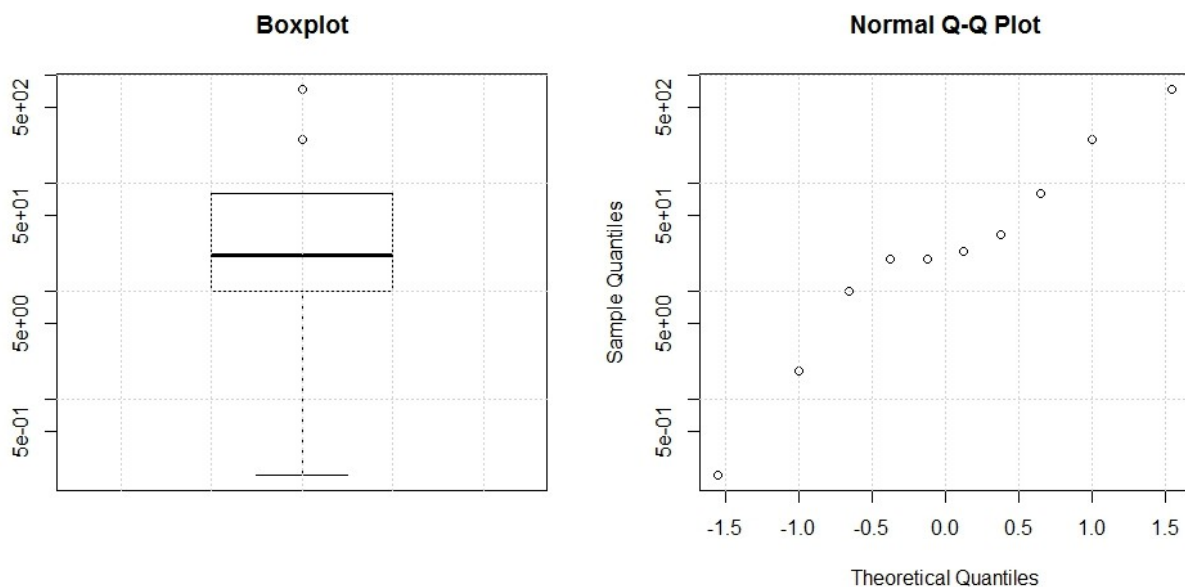


Figura 13: Boxplot e QQplot

L'analisi geostatistica tramite l'indice di Moran rivela una **limitata continuità** spaziale dei dati, con un livello di significatività statistica per il rifiuto dell'ipotesi nulla di una distribuzione casuale molto basso e pari a 0,43.

Ciononostante lo studio del **variogramma** spaziale rende **evidente** la **continuità spaziale** delle osservazioni che sembra svilupparsi, secondo il variogramma modello, entro una **distanza** (range) di **463 m**.

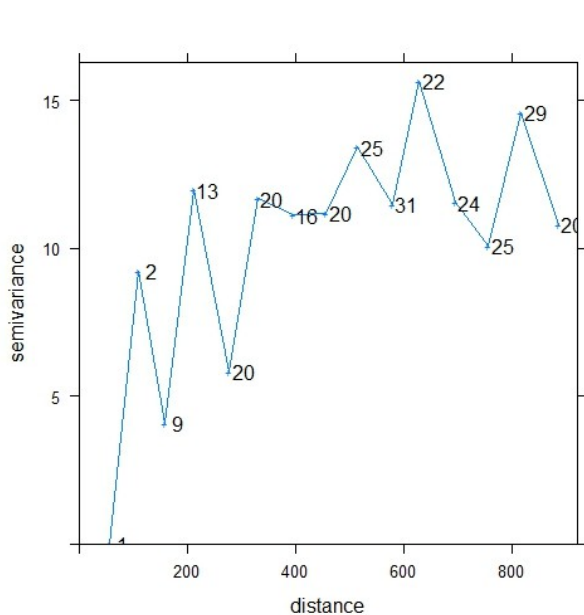


Figura 14: variogramma sperimentale

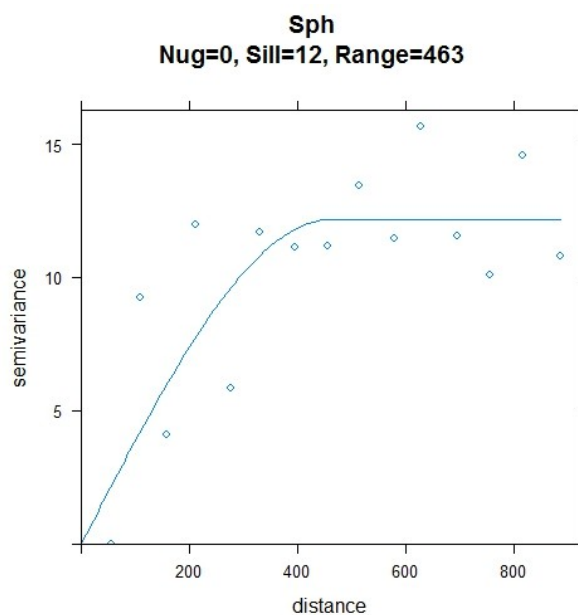


Figura 15: modello di variogramma

I diagrammi della cross-validation relativi al kriging mostrano un accordo limitato tra valori predetti ed osservati con una media dei residui pari a 31 e massimo 729.

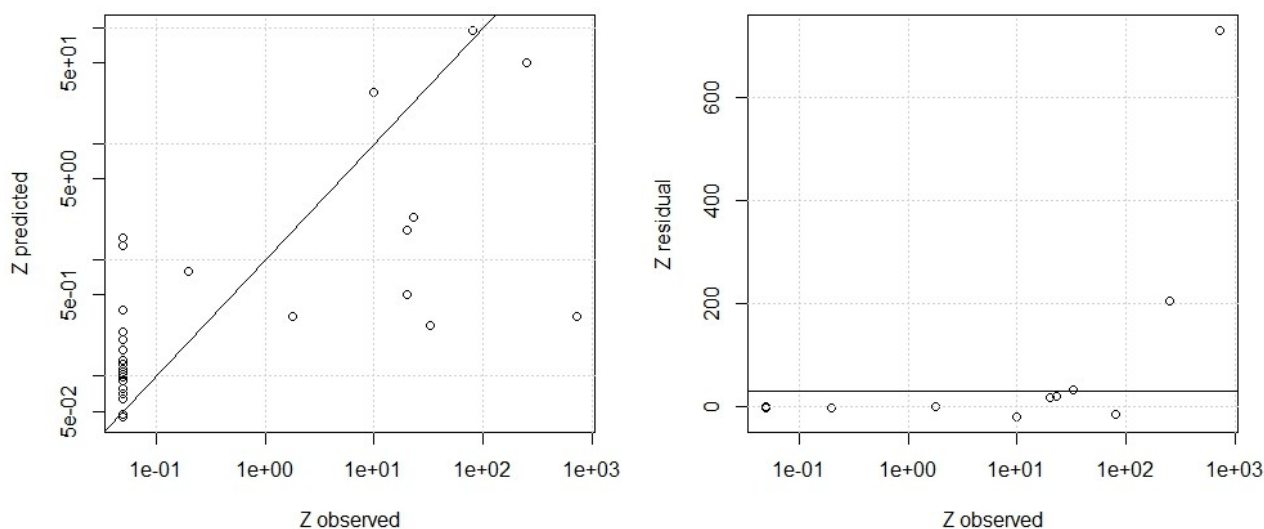


Figura 16: cross validation

La mappa risultante delle concentrazioni interpolate che è riprodotta nella figura seguente delinea, in tutti i casi, un **pennacchio** di contaminazione **allungato** nella direzione **ovest-est**.

Le sue dimensioni, con riferimento ad una **isocona** di **0.5 µg/L**, pari alla **CSC** di cui alla tabella 2, allegato 5 alla parte V del DLgs 152/2006 sono di **1,2 Km** in **lunghezza** e **570 m** in **larghezza** per una **superficie** complessiva di **53 ha** circa.

Con riferimento alla **soglia** di concentrazione prima **notata** di **50 µg/L**, che sembra separare una **classe omogenea** di **valori elevati** di **concentrazione**, le dimensioni di un possibile **nucleo** del pennacchio sono di 570 m in lunghezza e 230 m in larghezza per complessivi **12 ha**.



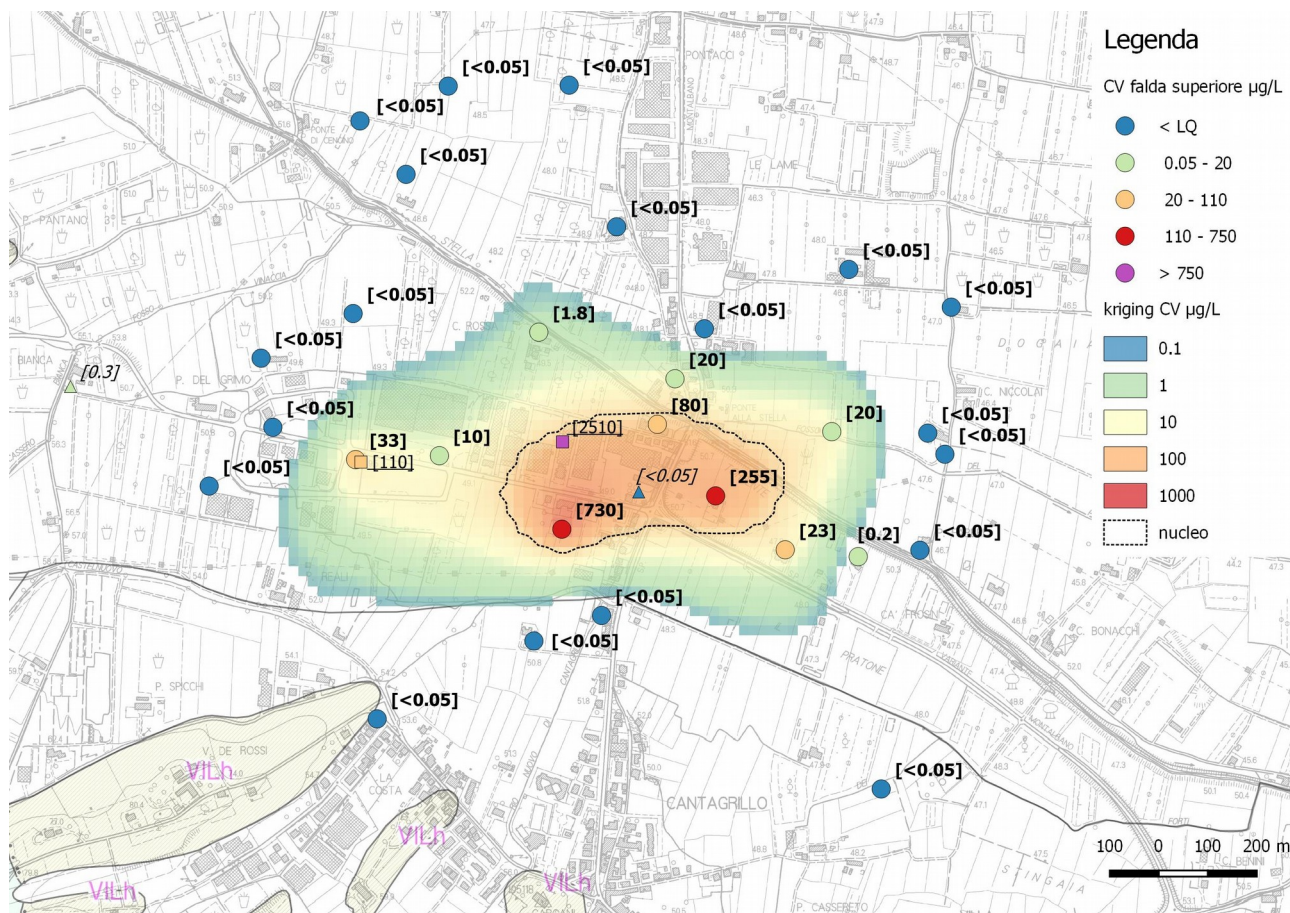


Figura 17: mappa geostatistica del pennacchio di contaminazione

L'interpolazione, si ricorda, ha riguardato i soli pozzi sicuramente ascrivibili alla falda superiore, nella figura sono comunque riportati con diversa simbologia anche i pozzi esclusivamente della falda sospesa e comunque intercettanti la falda inferiore. Mentre per i primi le concentrazioni appaiono distinte, nel caso dei pozzi della falda inferiore si rilevano concentrazioni molto prossime.

## Considerazioni conclusive

La disamina e interpretazione dei dati raccolti sotto il profilo idrogeologico e geochimico sembra identificare, al momento, gli attuali **pozzi TS01 e D** come più **prossimi** ad un'area di **sorgente, perlomeno secondaria, di contaminazione da CV**. La comparsa di cloruro di vinile quale ultimo prodotto di **degradazione** di **accumuli** passati di **TCE / PCE** in falde con condizioni **redox riducenti**, come è il caso della presente, è un processo **documentato** in **letteratura**. Un'indagine di particolare dettaglio è riportata per un pennacchio di solo CV presente nell'area ferrarese (pandora plume di Pontelagoscuro, Gargini [2007]<sup>3</sup>).

<sup>3</sup> Gargini (2007) - Completamento dell'investigazione della contaminazione da cloruro di vinile nell'area di Pontelagoscuro (FE). Relazione Tecnica - Comune di Ferrara e Consorzio Ferrara Ricerche. Responsabile scientifico Alessandro Gargini.

Cloruro di vinile e dicloroetilene mostrano anche nella nostra area un **evoluzione** dei rapporti **compatibile** con il processo di **dechlorinazione** avvenuto nel tempo, così come testimoniato dalla stazione MAT-P281 che ha i **primi dati utili risalenti al 2010**.

La contaminazione da CV sembra svilupparsi entro un **orizzonte acquifero** indicato come **falda superiore** e compreso tra i **20 e 30 metri** dal piano campagna. L'orizzonte appare **protetto** dalla **superficie** con evidenza anche di una **locale falda sospesa** entro i primi 10 metri (pozzi Q e S).

Per giustificare la contaminazione in alcuni pozzi della falda inferiore, oltre i 40 e fino a 90 metri, 70 quali pozzo 1 e TS01, si **ipotizza**, al momento, una **via di miscelamento** tra le due falde, probabilmente negli **stessi pozzi**, in presenza di un **livello piezometrico** della **falda contaminata prevalente sulla profonda**.

A tal proposito, anche ai fini della messa in sicurezza e contenimento della contaminazione, si raccomanda di **eseguire** con massima urgenza una **prova idraulica di tenuta** della **separazione** inizialmente riportata per **pozzo 1**. La prova di pompaggio nel pozzo 1 dovrebbe così verificare le **possibili interferenze**, cioè un abbassamento indotto, nel vicino **pozzo 3**. Per quanto riguarda il pozzo **TS01** che, secondo le informazioni raccolte filtrava comunque in origine anche l'orizzonte superiore, si **raccomanda** una **videoispezione**.

Le concentrazioni rilevate hanno **continuità spaziale** e mostrano, attraverso l'interpolazione geostatistica, un **prevalente trasporto** in direzione **est** secondo la **direzione generale del flusso di falda**.

Il **pennacchio** di contaminazione definito dall'**isocona CSC** di 0,05 50 µg/L ha una lunghezza di 1,2 Km ed una larghezza di 570 m per complessivi **53 ha**. Il **nucleo** del pennacchio, dove **potrebbero intensificarsi** le **ricerche** della sorgente è stato definito dall'isocona dei 50 µg/L ed ha dimensioni di 570 m di lunghezza per 230 m in larghezza, per complessivi **12 ha**.

I **rapporti** CV/DCE ottenuti dai diversi pozzi disposti lungo la direzione ovest-est del pennacchio confermano una **degradazione** che avviene **nello spazio** oltrechè nel tempo.

I percorsi di evoluzione da D e TS01 verso pozzo R e pozzo T in direzione est e, verso pozzo 3 e pozzo 1 in direzione ovest sembrano, in ogni caso, confermare l'**area tra D e TS01** come attuale **sorgente** perlomeno secondaria.

Tuttavia, restando al momento non nota la posizione della fonte primaria in TCE/PCE e rimanendo in attesa delle verifiche idrauliche proposte che potrebbero permettere un effettivo accertamento della eventuale contaminazione a carico della falda inferiore si osserva che, per giustificare la contaminazione dell'area del campo pozzi Redolone, a monte idrogeologico dell'area indicata come sorgente sono plausibili le seguenti ipotesi:

- un trasporto in direzione contraria al flusso di falda potrebbe essersi instaurato in passato, favorito da un lato dal richiamo del campo pozzi Redolone, e dall'altro, soprattutto con il DCE (in passato forse anche TCE/PCE), più pesante dell'acqua, da una contropendenza locale della base dell'orizzonte acquifero superiore; tale ipotesi appare confermata dai rapporti evolutivi CV/DCE;
- per quanto meno probabile, infine, non si può escludere, in assenza di più sicuri accertamenti sulla falda inferiore, un notevole spostamento del pennacchio da una sorgente non più attiva da tempo, localizzata ancora a monte del campo pozzi Redolone, secondo uno scenario, in ipotesi e tutto da verificare, per un evento, adesso concluso, legato alla gestione della discarica del Cassero.

Sulla base degli esiti e conferme delle indagini proposte sui due pozzi profondi sarà possibile, non prima, programmare gli **interventi di messa in sicurezza** che potrebbero consistere in:

- **ricostituzione** della **separazione** dalla falda superiore per **pozzo 1**, tramite punzonatura del casing metallico ed iniezione di boiaccia cementizia; si otterrebbe così un punto di effettivo controllo della falda inferiore;
- **chiusura**, sempre tramite punzonatura del casing ed iniezione di boiaccia, **dell'orizzonte inferiore** in **pozzo TS01** che, rappresentando fin qui il massimo valore osservato della contaminazione, potrebbe, in seguito, essere **utilmente impiegato** come **pozzo di spurgo** possibilmente con annesso impianto di filtraggio a carboni attivi per l'abbattimento del CV entro i limiti di scarico di 1 mg/L.

Infine, come già sottolineato nella riunione del 6 marzo u.s. è quanto mai indispensabile provvedere anche ad un nuovo **rilevamento** delle **quote piezometriche** degli **orizzonti acquiferi** presenti nel sottosuolo, **individuando** e **quotando punti idonei** alla **misura del livello**.

Data 26/04/2019

Firma Stefano Menichetti