



# CONTAMINAZIONE DA SOLVENTI ORGANOCLORURATI NELL'ACQUIFERO DELLA VALLE UMBRA: PROBLEMATICHE NELL'INTERPRETAZIONE DEI DATI E NELLA MODELLAZIONE DEI PROCESSI DI TRASPORTO

Emanuele Romano, Paolo Roberto Di Palma, Sara Morelli,  
Elisabetta Preziosi

ISTITUTO DI RICERCA SULLE ACQUE - CNR  
Area della Ricerca di Roma 1  
romano@irsa.cnr.it

Regione Emilia-Romagna

Seminario Tecnico - Organo-clorurati ed idrogeologia delle aree urbane: inquinamento puntuale o diffuso?

11 giugno 2015

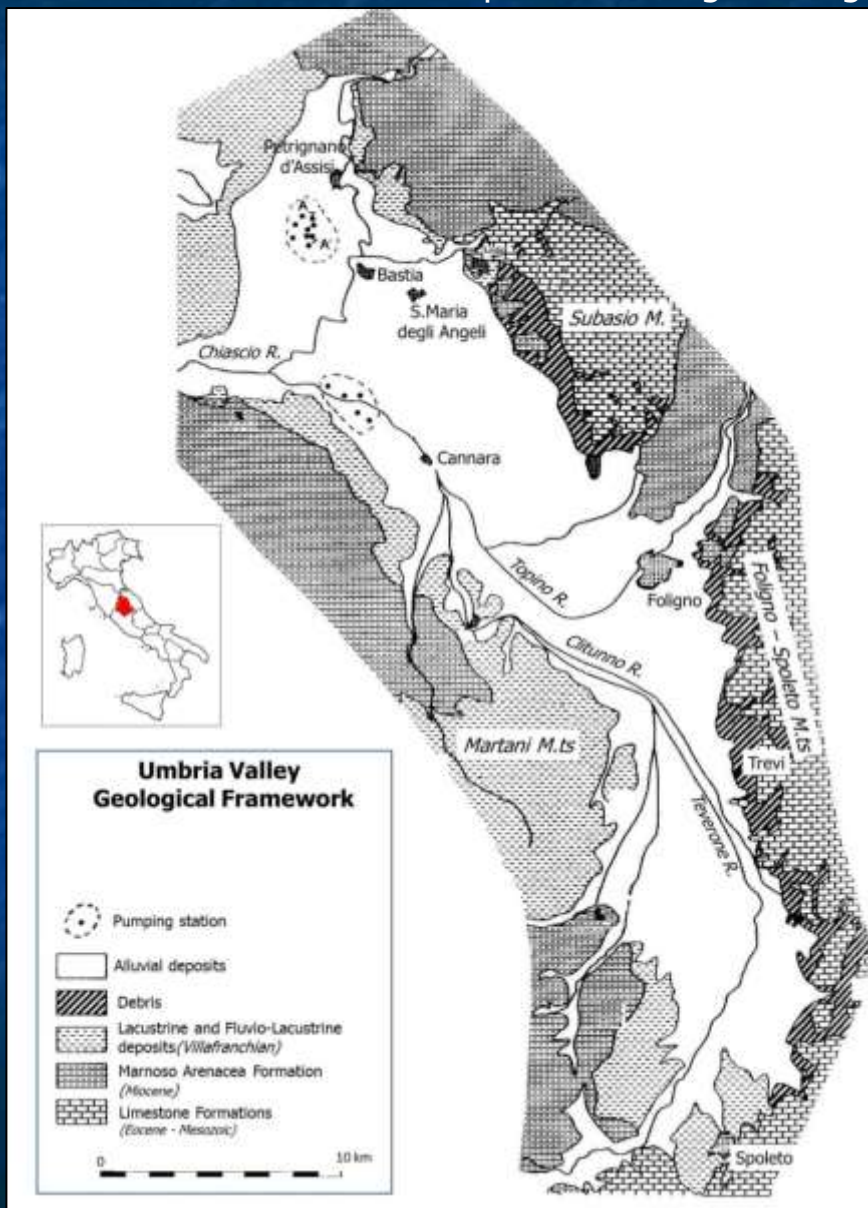


# OBIETTIVI E OUTLINE

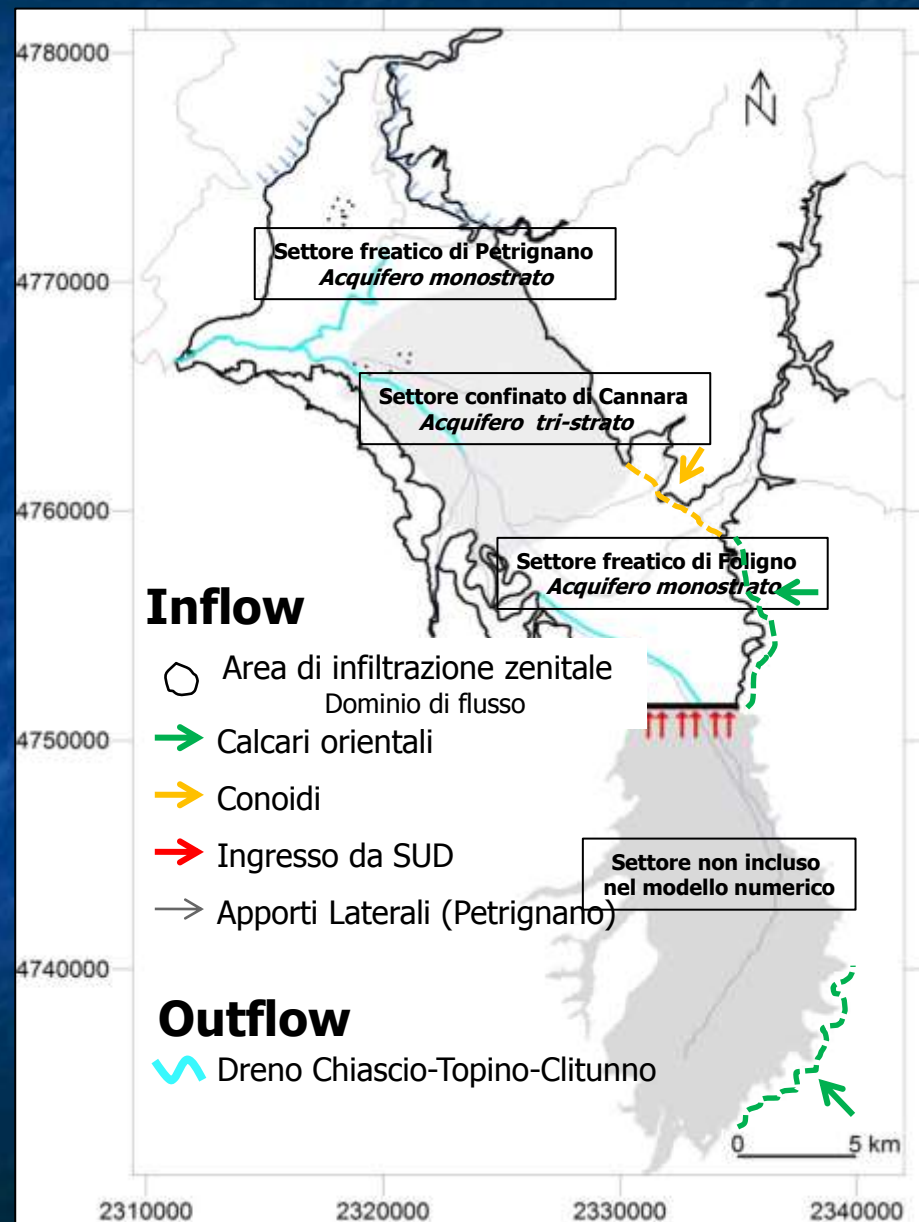
UTILIZZO DELLA MODELLISTICA DI FLUSSO E TRASPORTO  
PER LA VALUTAZIONE DELLA QUALITA' DEL MONITORAGGIO  
E PER LA FORMULAZIONE DI IPOTESI OPERATIVE

- Presentazione generale dell'acquifero della Valle Umbra
- Risultati del monitoraggio → ipotesi aperte
- Sviluppo, calibrazione e validazione di modelli di flusso e trasporto
- Indicazioni derivanti dalla modellistica
- Conclusioni

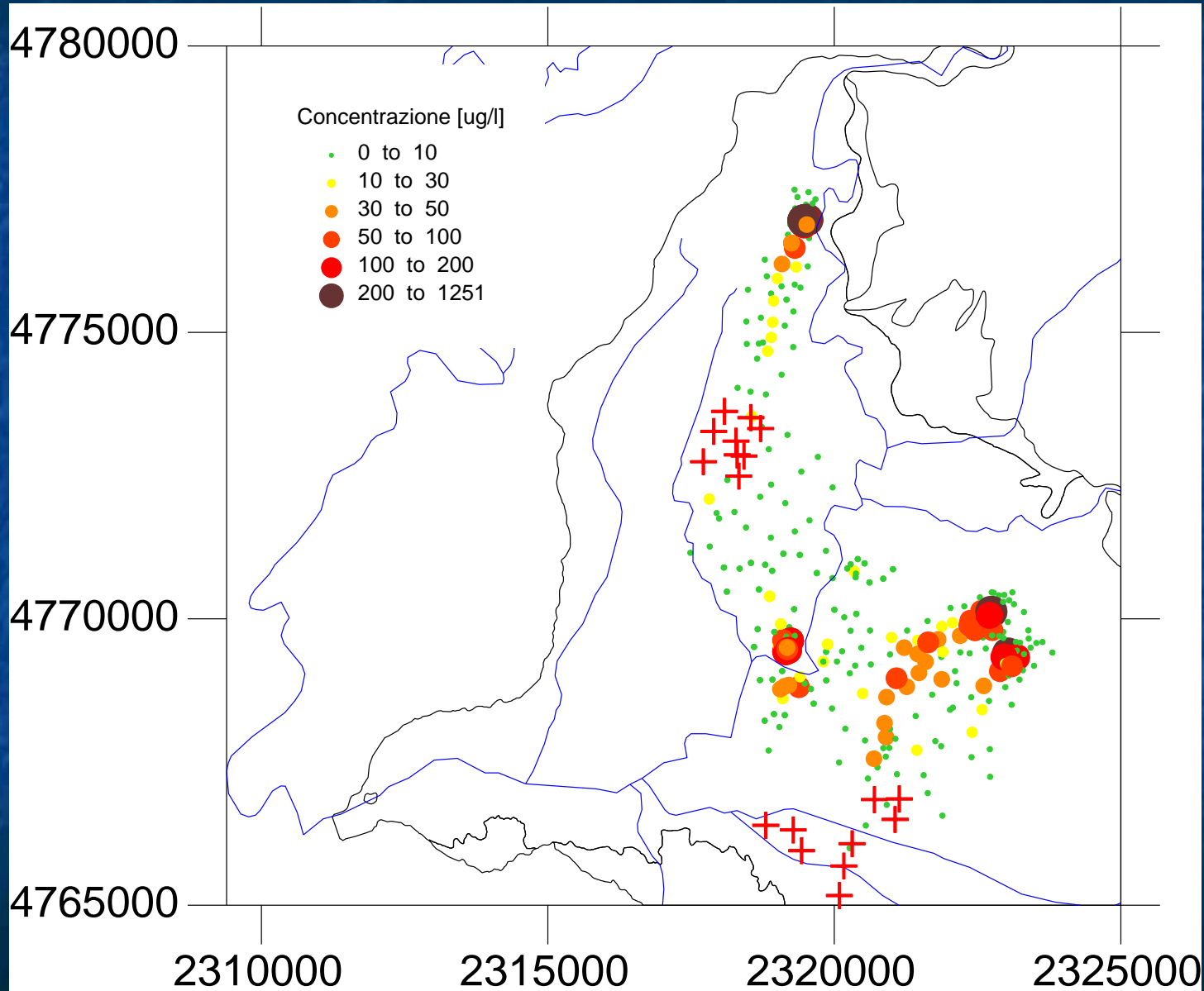
Ubicazione dell'area – Inquadramento geolitologico



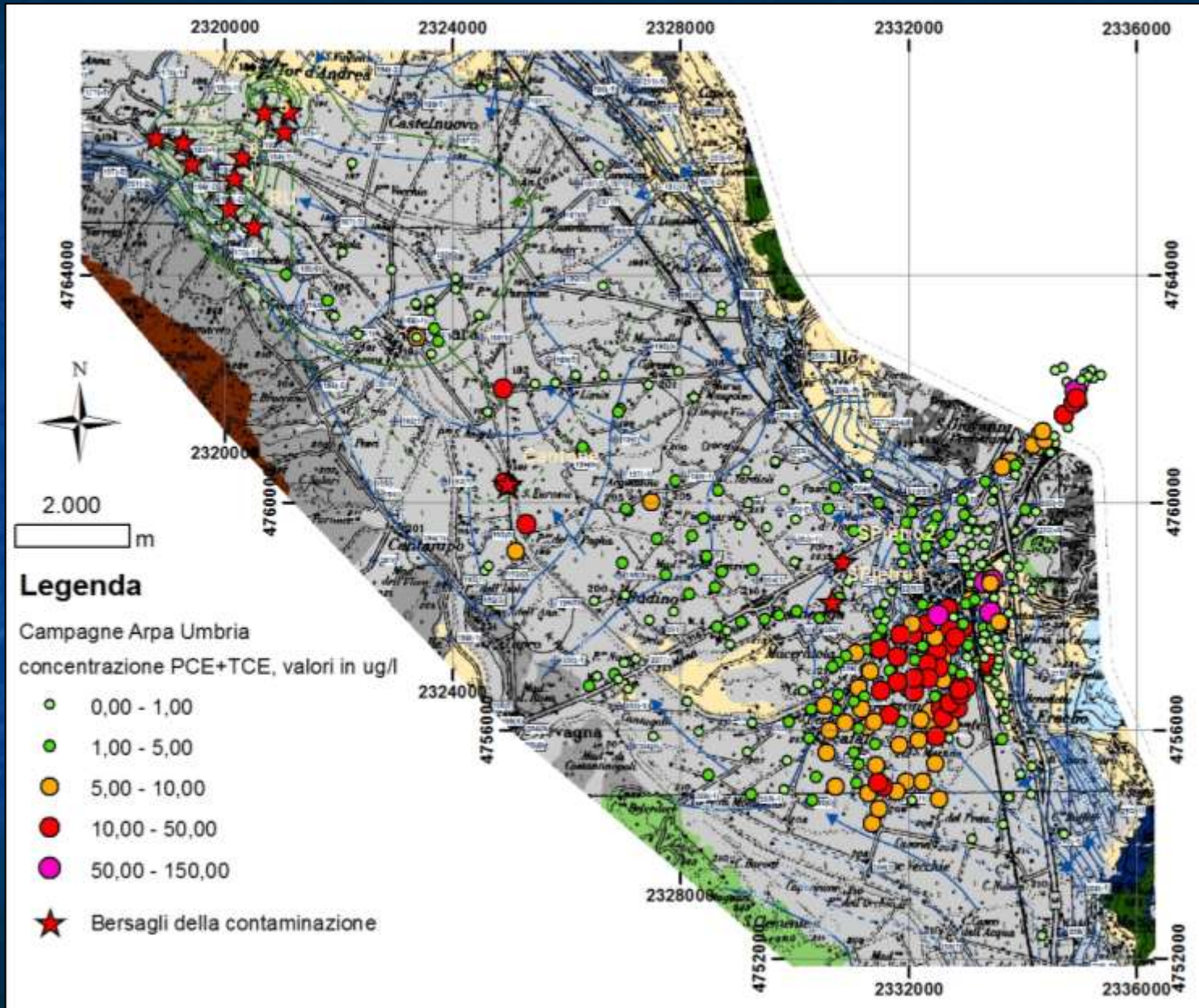
Termini del bilancio di massa



Elaborazioni IRSA su dati ARPA (2010)

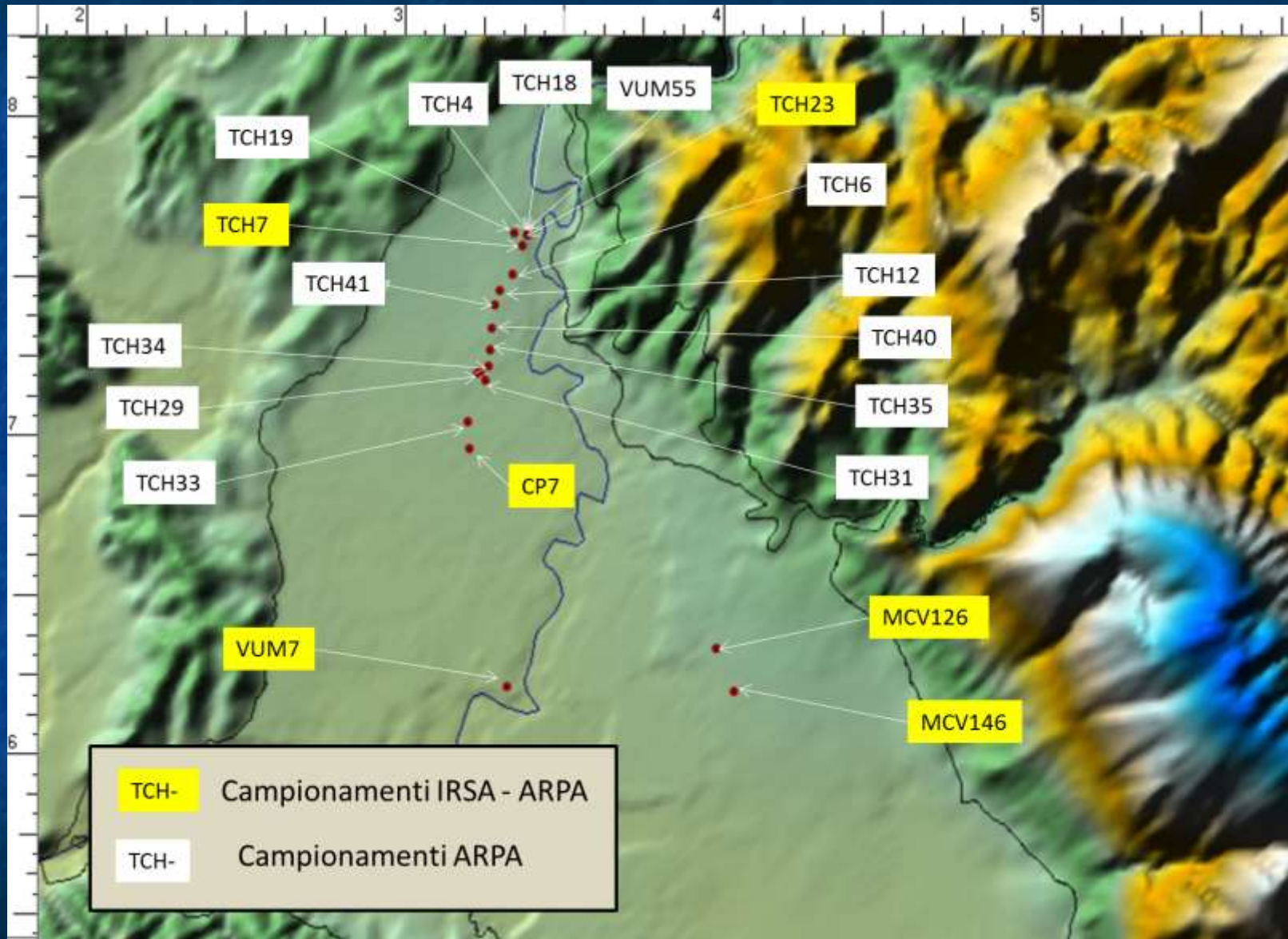




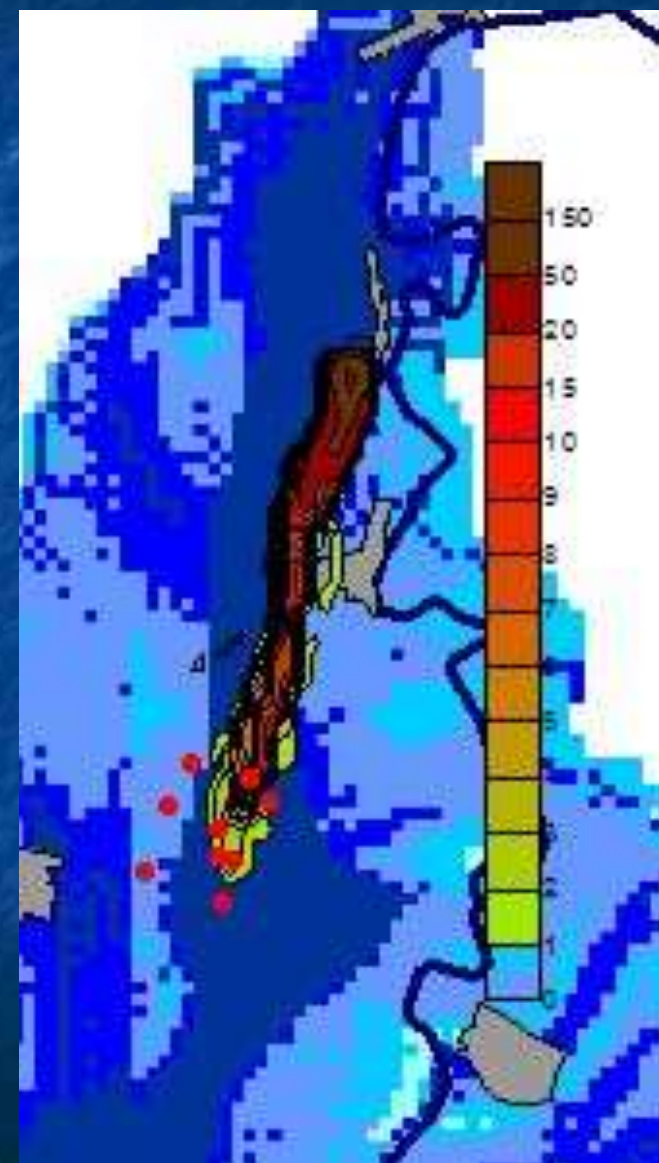
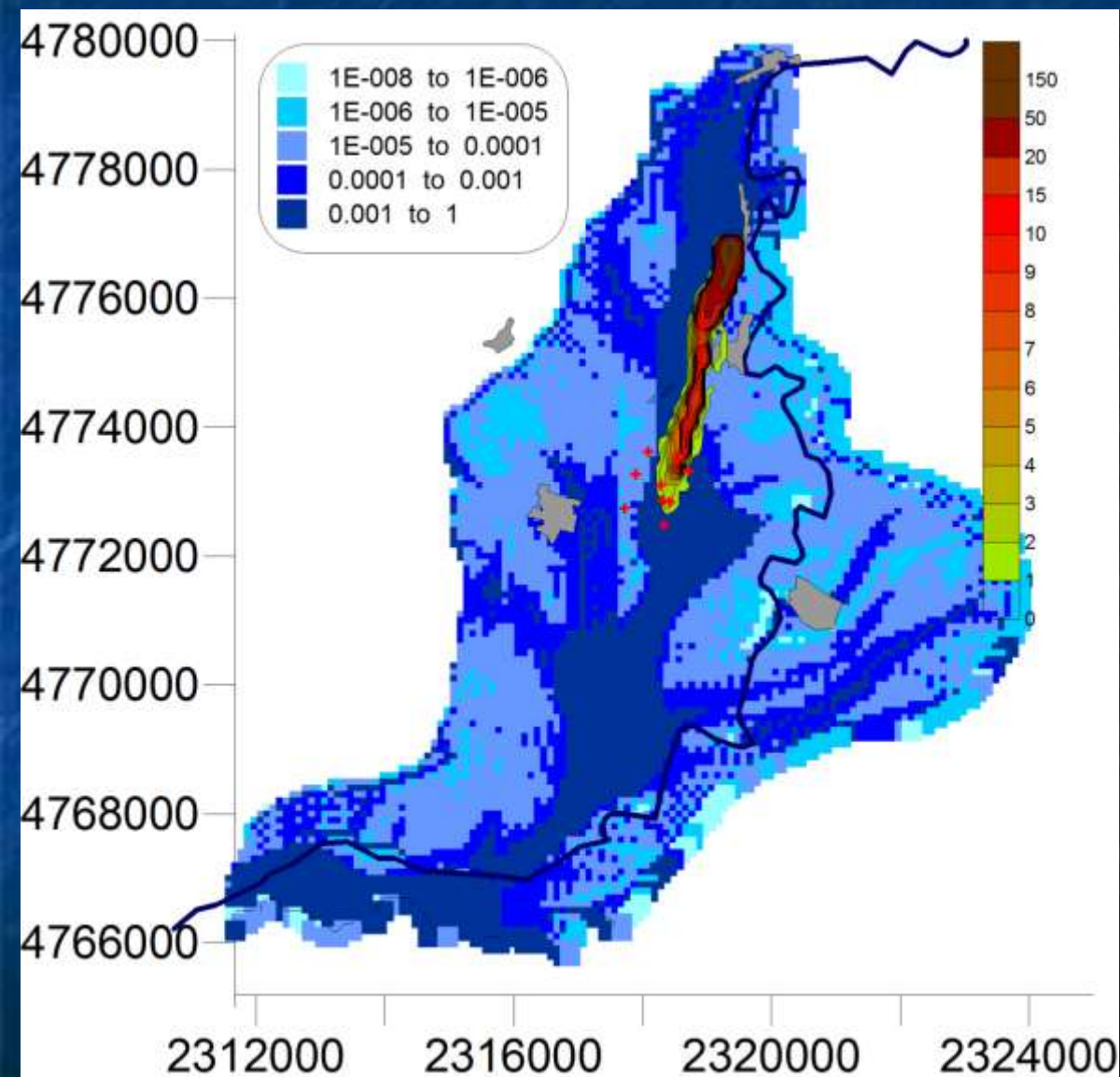




# Area in esame – Pozzi di campionamento

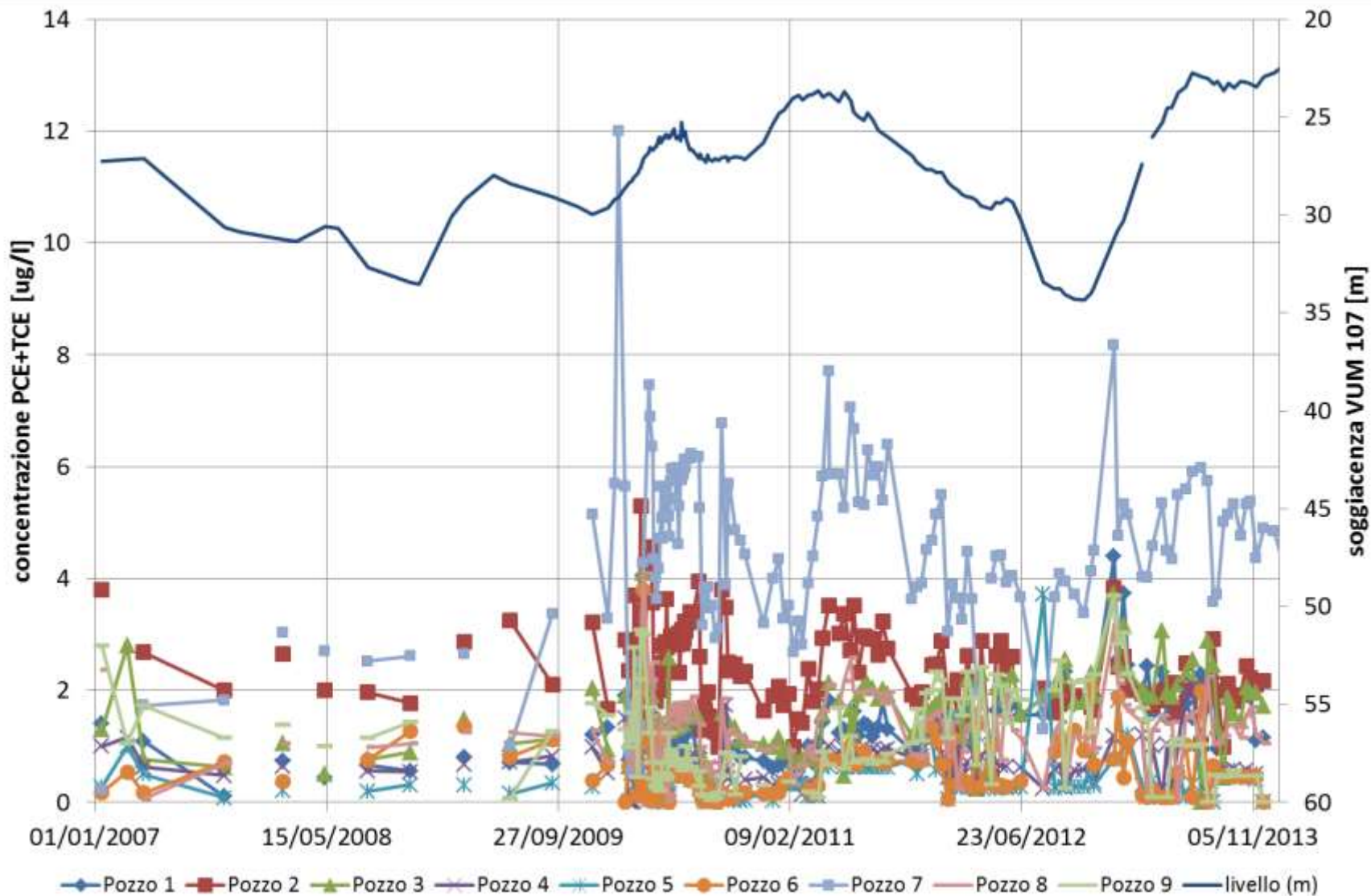


# Mappa concentrazioni PCE



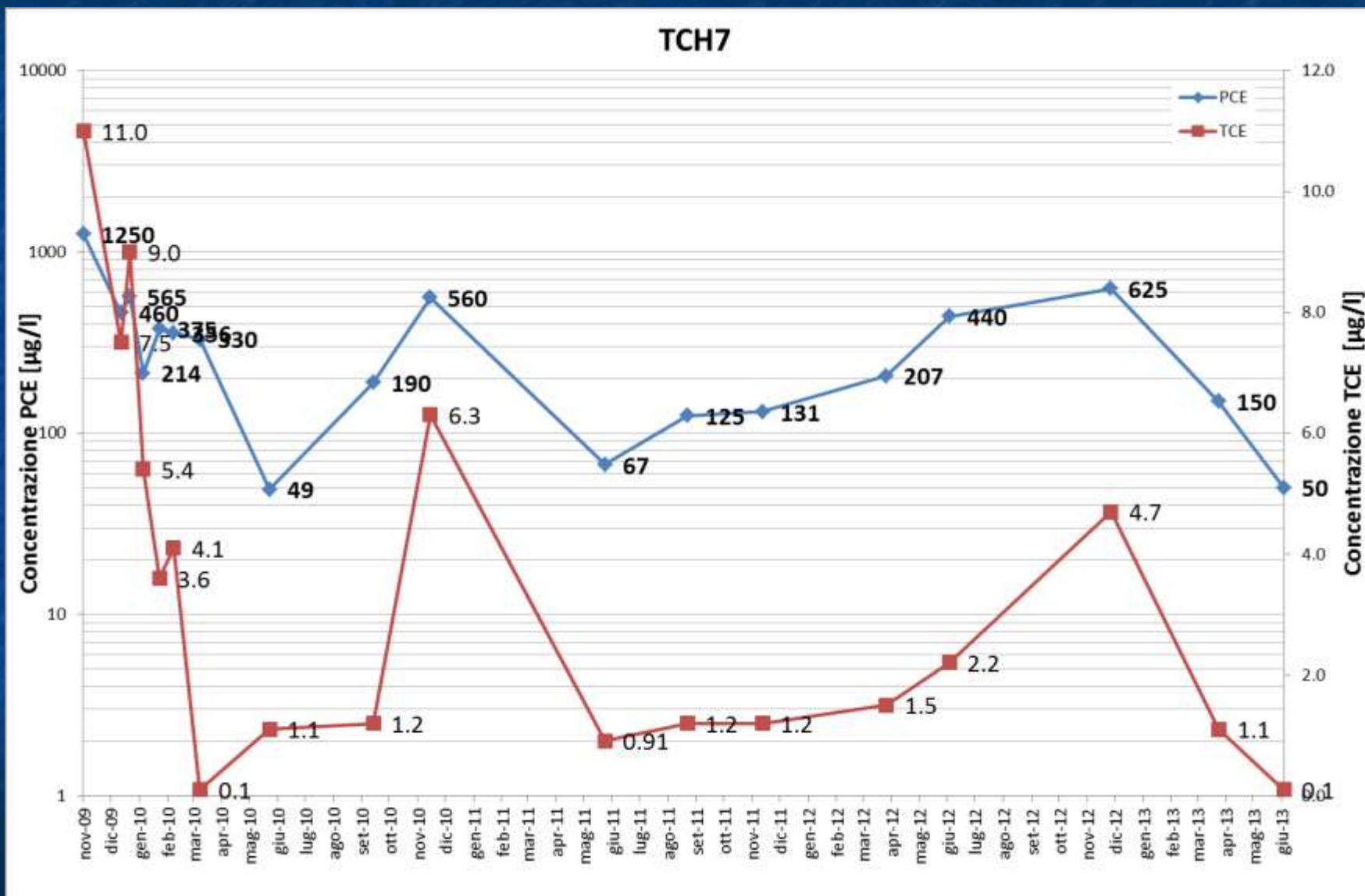


# Concentrazioni VOC pozzi Petrignano

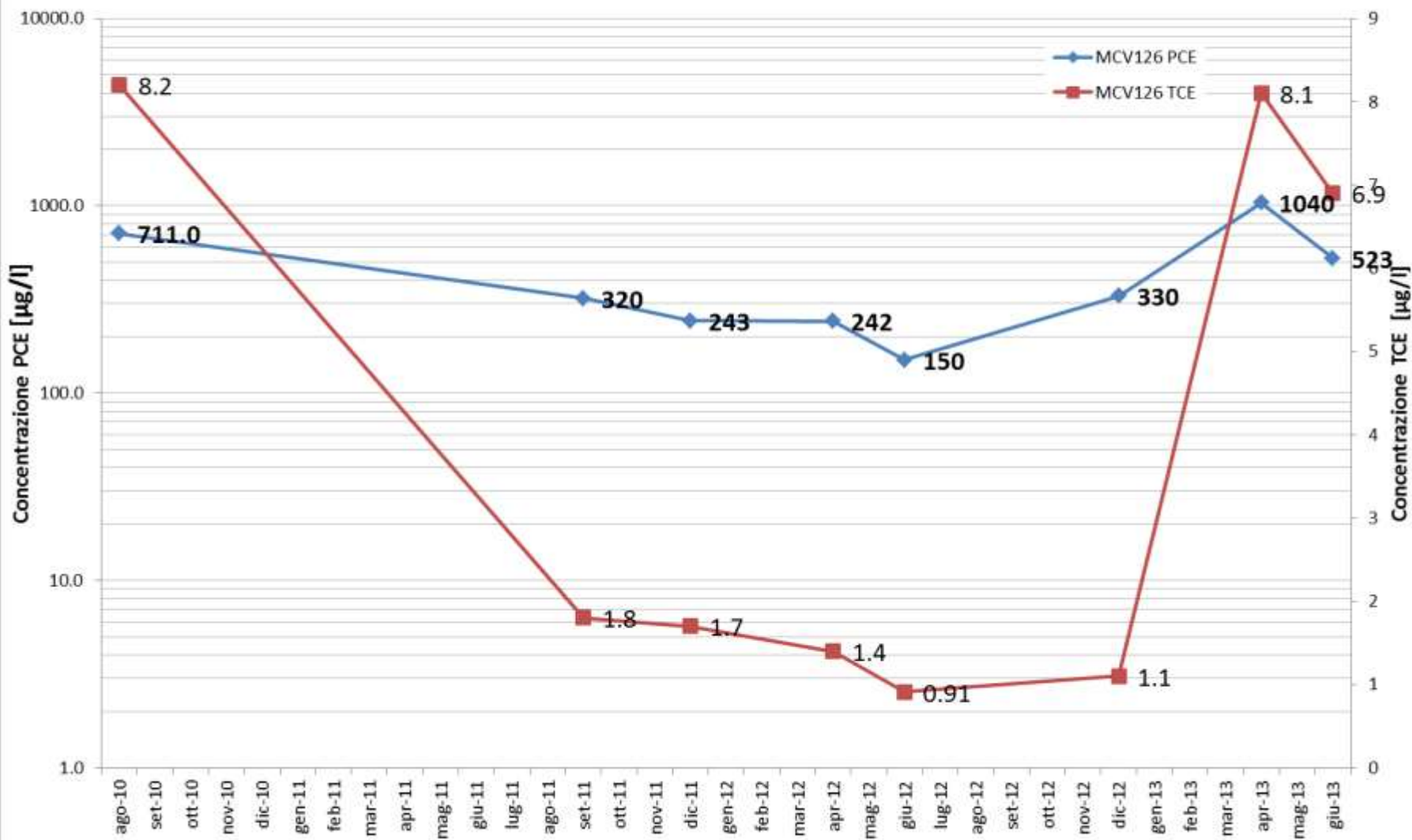




# EVOLUZIONE PCE/TCE POZZO TCH7 (nov09-dic 2013)

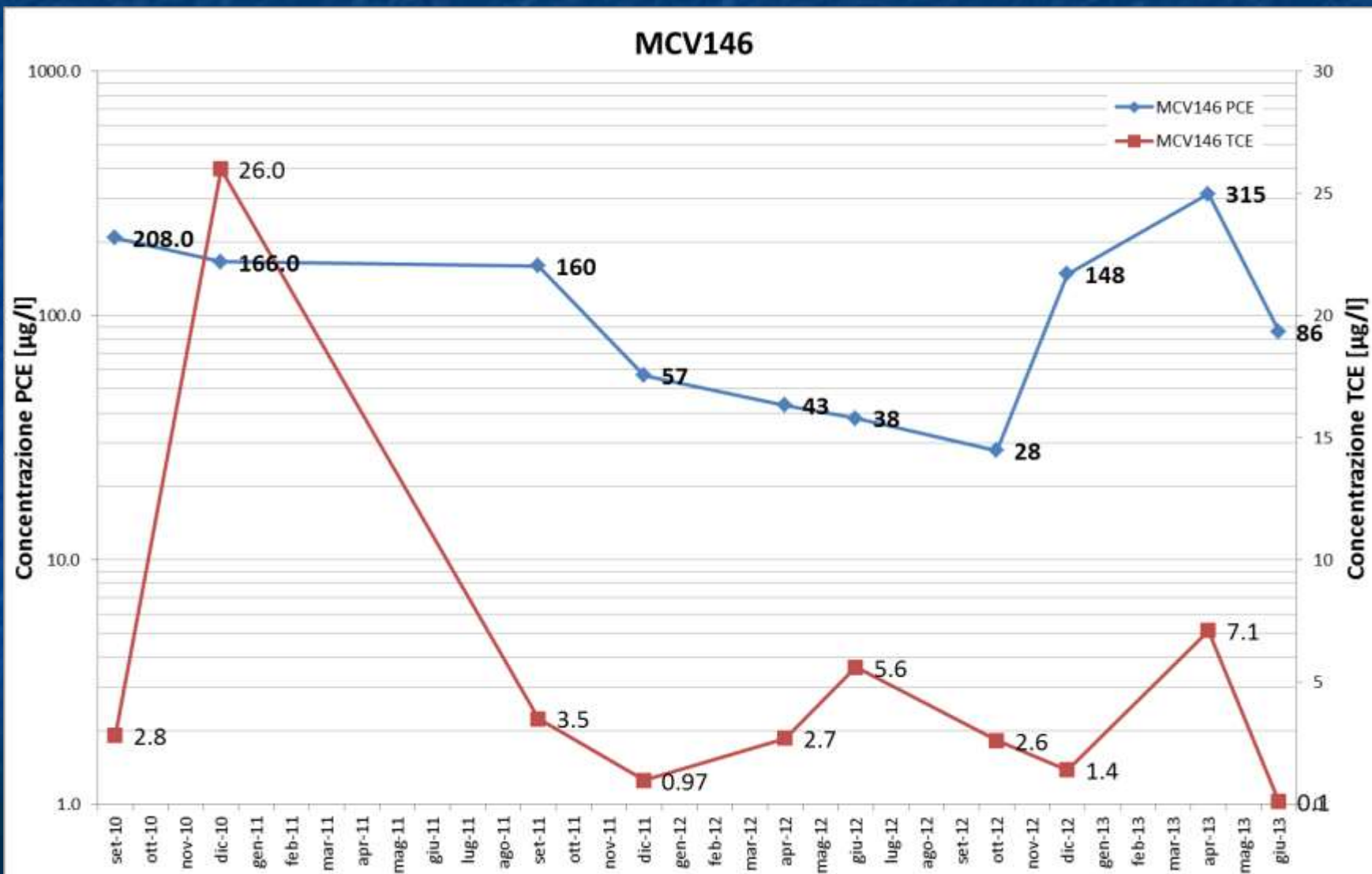


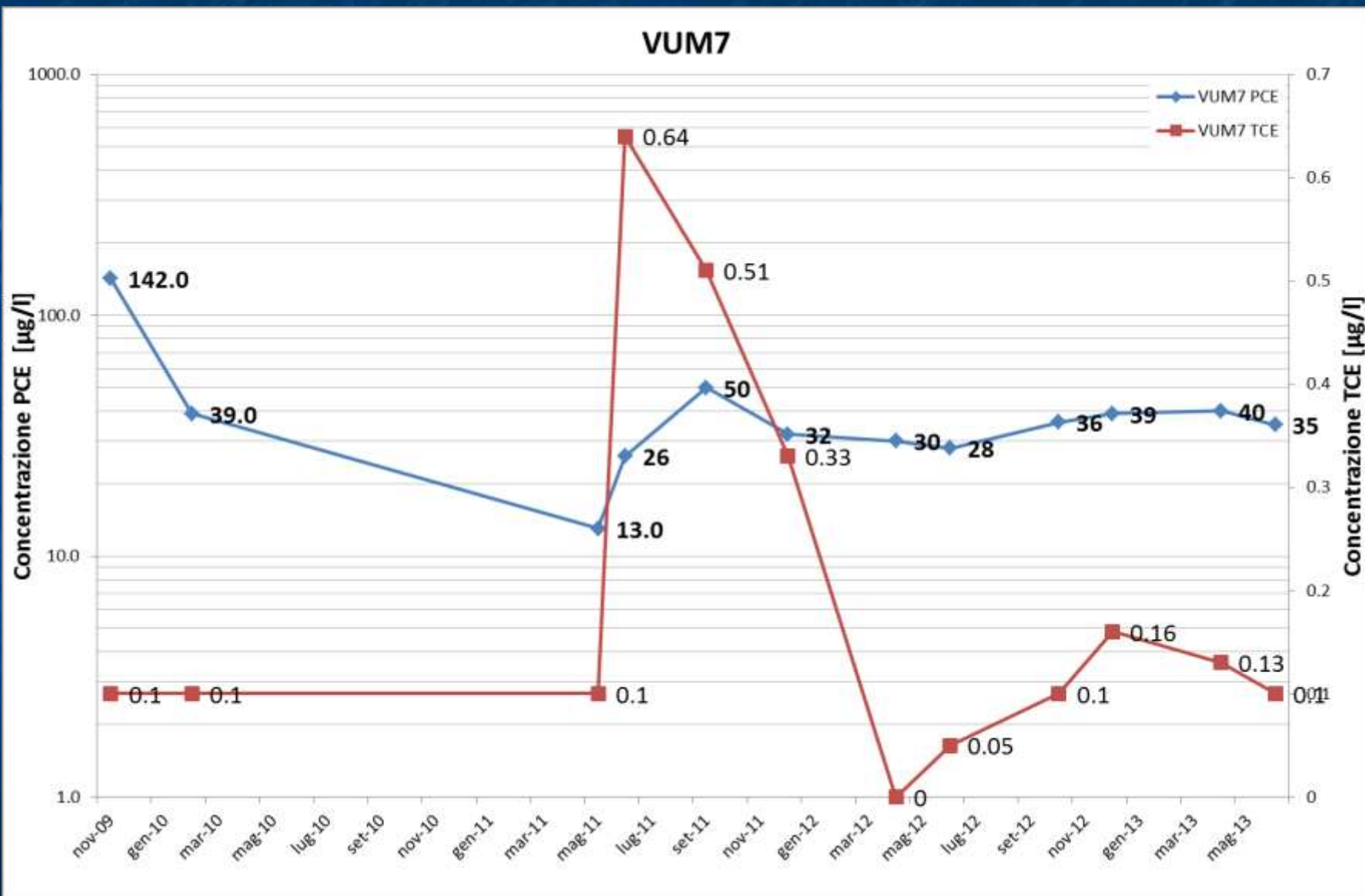
## MCV126





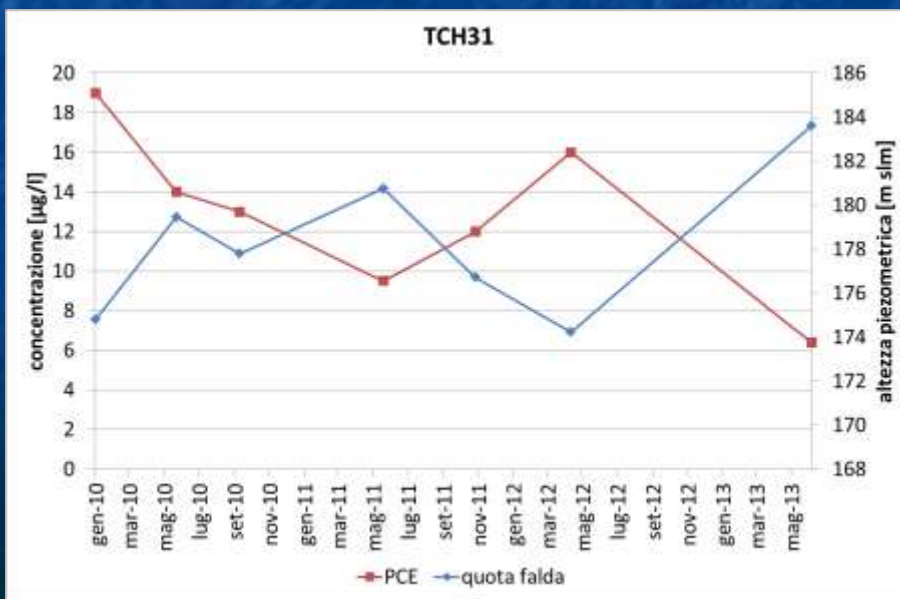
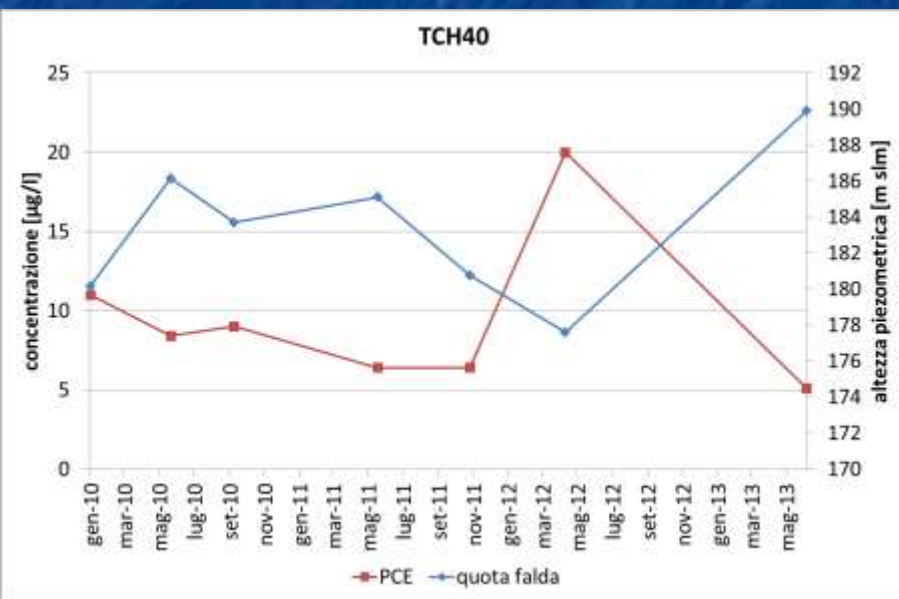
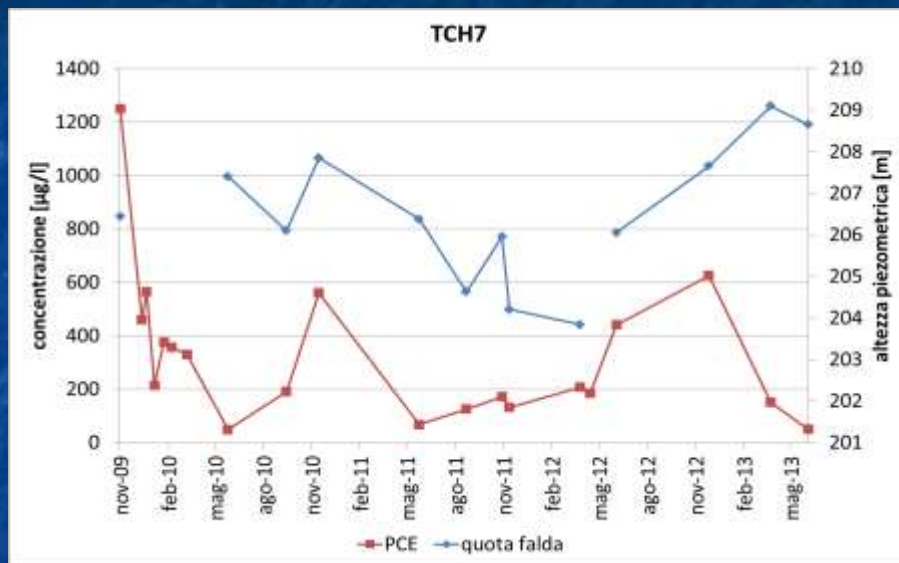
# EVOLUZIONE PCE/TCE NEL POZZO MCV146 (nov09-dic 2012, ug/L, dati ARPA-IRSA)



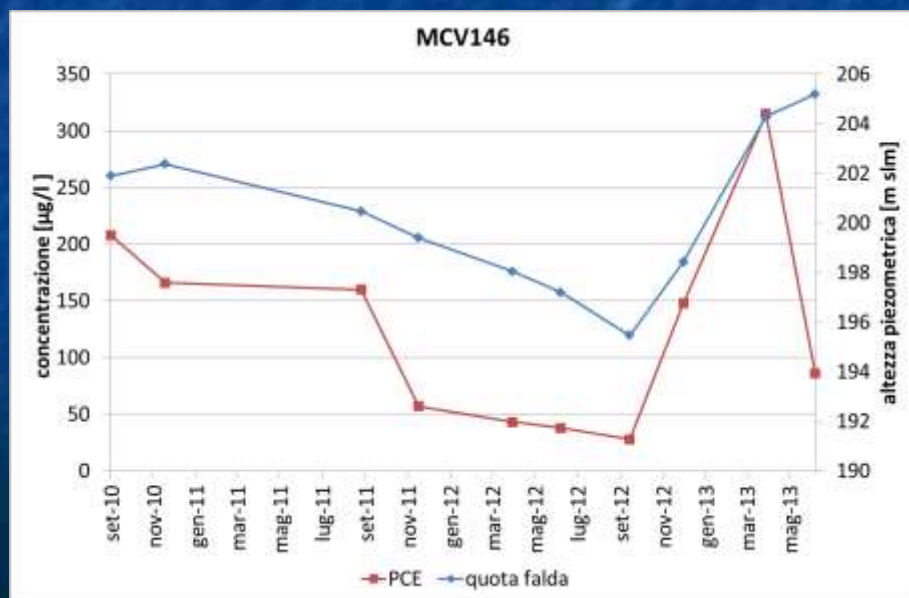
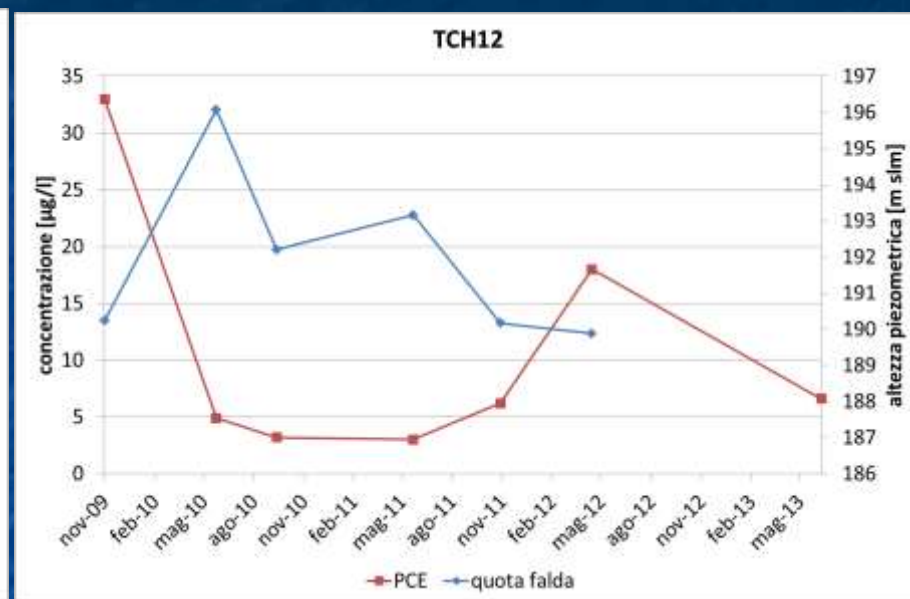
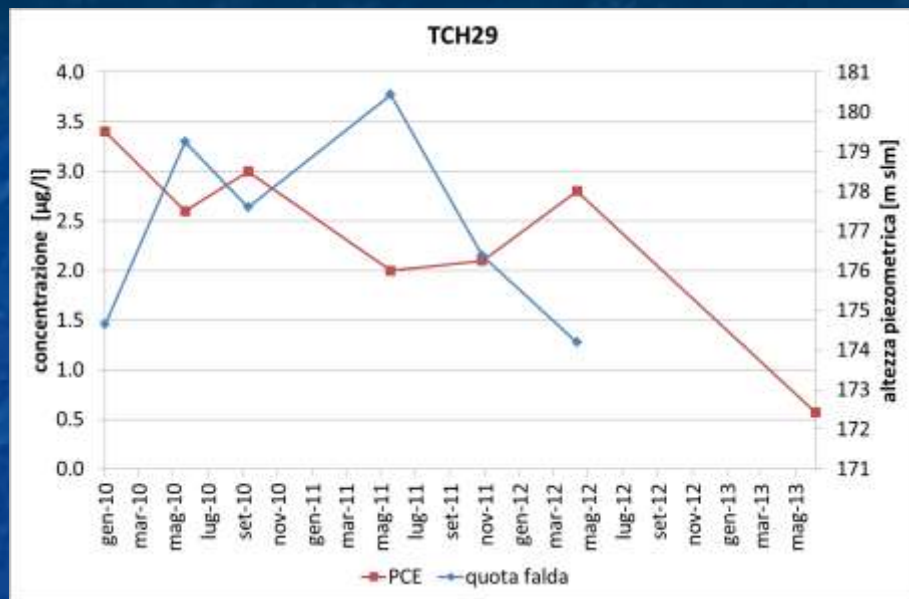




# Analisi delle relazioni altezza piezometrica – concentrazione VOC



# Analisi delle relazioni altezza piezometrica – concentrazione VOC



In molti casi, con l'eccezione significativa del TCH7 e del MCV146 ad un aumento del livello di falda corrisponde una diminuzione delle concentrazioni.

## IPOTESI

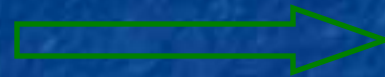
- In corrispondenza della sorgente di contaminazione prevalgono meccanismi di percolazione attraverso il non saturo e di conseguente presa in carico del contaminante
- A distanza dalla sorgente prevalgono meccanismi di diluizione



## MODELLO CONCETTUALE

Variabili forzanti

Dati  
qualitativi/quantitativi



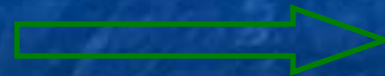
Fenomeni osservati

Dati  
qualitativi/quantitativi

“One of the most useful things about a numerical model is that it provides a tool to test and improve the conceptual model of a field site” (Zheng and Bennet, 1995)

Variabili forzanti

Dati quantitativi

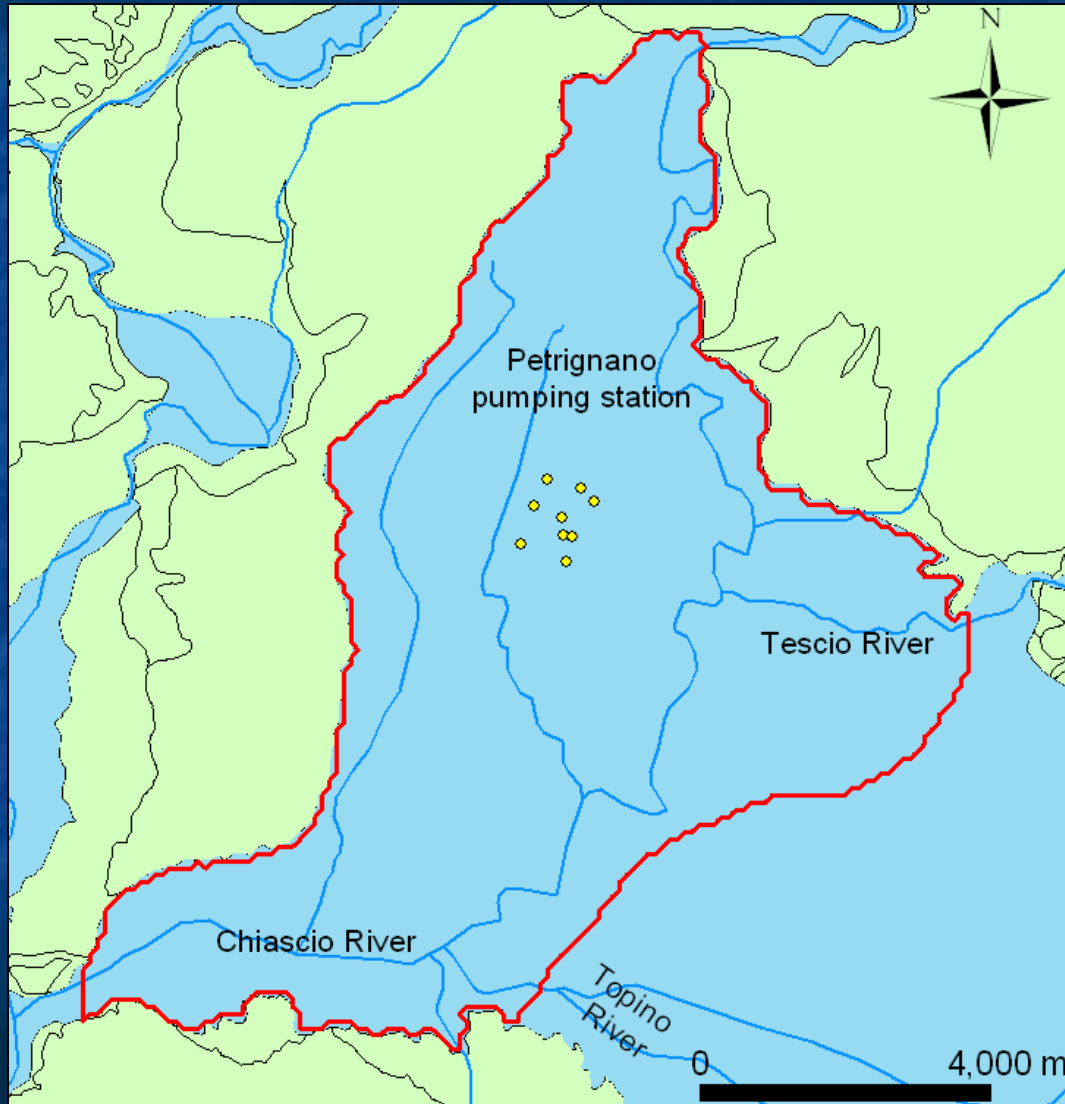


Fenomeni osservati

Dati quantitativi

Descrizione del processo fisico  
tramite equazioni matematiche

# L'ACQUIFERO DI PETRIGNANO D'ASSISI. GEOLOGIA DELL'AREA DI INTERESSE



- Acquifero poroso
- Sedimenti di origine fluviale
- Estensione circa 75 km<sup>2</sup>
- Substrato marnoso-arenaceo (Miocene)
- Limitato a est e a ovest da depositi lacustri e fluvio-lacustri (Villafranchiano)



# CARATTERISTICHE IDRAULICHE DELL'ACQUIFERO

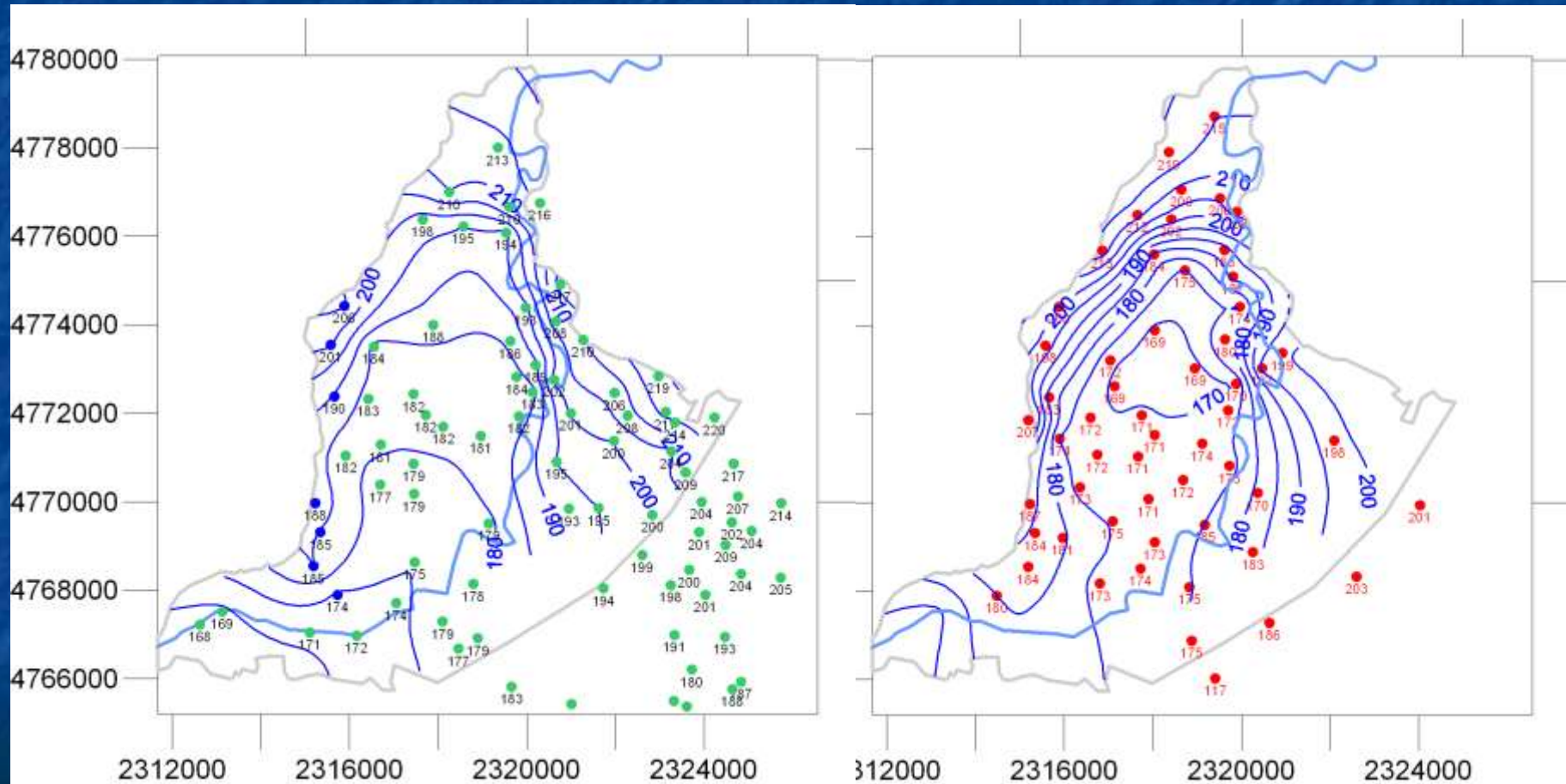
(da Boila et al., 1991; Marchetti e Martinelli, 1991; Chiodini et al., 1991; Beretta et al., 1995)

- Deflusso naturale dell'acquifero da nord a sud
- In condizioni di sfruttamento, cono di depressione indotto da emungimenti
  - Acquifero monostrato
    - Ricarica dal p.c. per infiltrazione di acque meteoriche
    - Perdite dal Chiascio verso la falda nella zona apicale
  - Azione drenante del fiume nella zona di chiusura dell'acquifero
- Possibile alimentazione per infiltrazione laterale dai margini ovest e est



# PIEZOMETRIE DI RIFERIMENTO

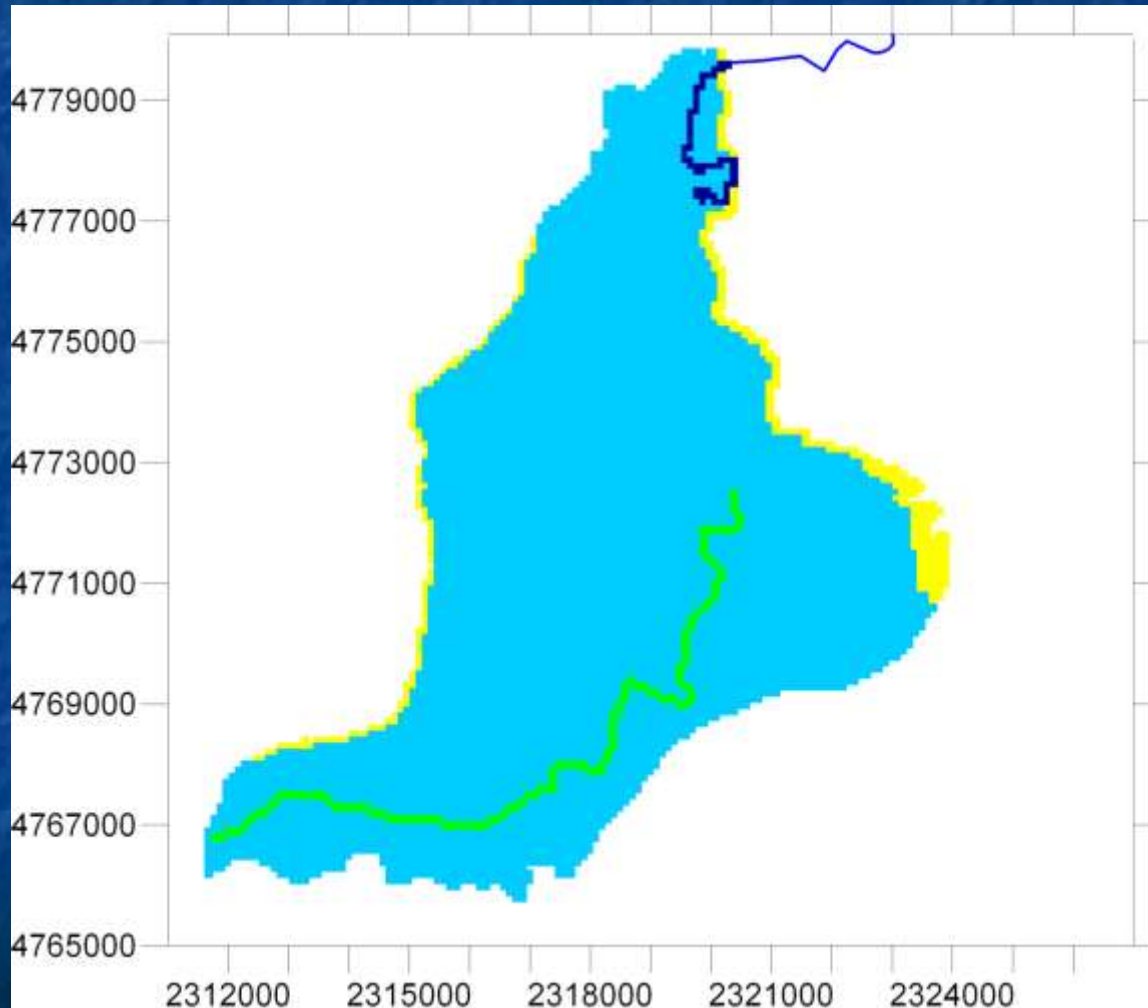
(da Boila et al., 1991; Marchetti e Martinelli, 1991; Chiodini et al., 1991; Beretta et al., 1995)



1974 Condizione indisturbata

2004 Condizione di sfruttamento

# CONDIZIONI AL CONTORNO E TERMINI DI SORGENTE



Condizioni al contorno  
di flusso nullo

 Ricarica per  
infiltrazione  
efficace

 Ricarica per  
perdite  
dal Chiasco

 Ricarica per  
infiltrazione  
dai margini

 Condizioni  
di dreno



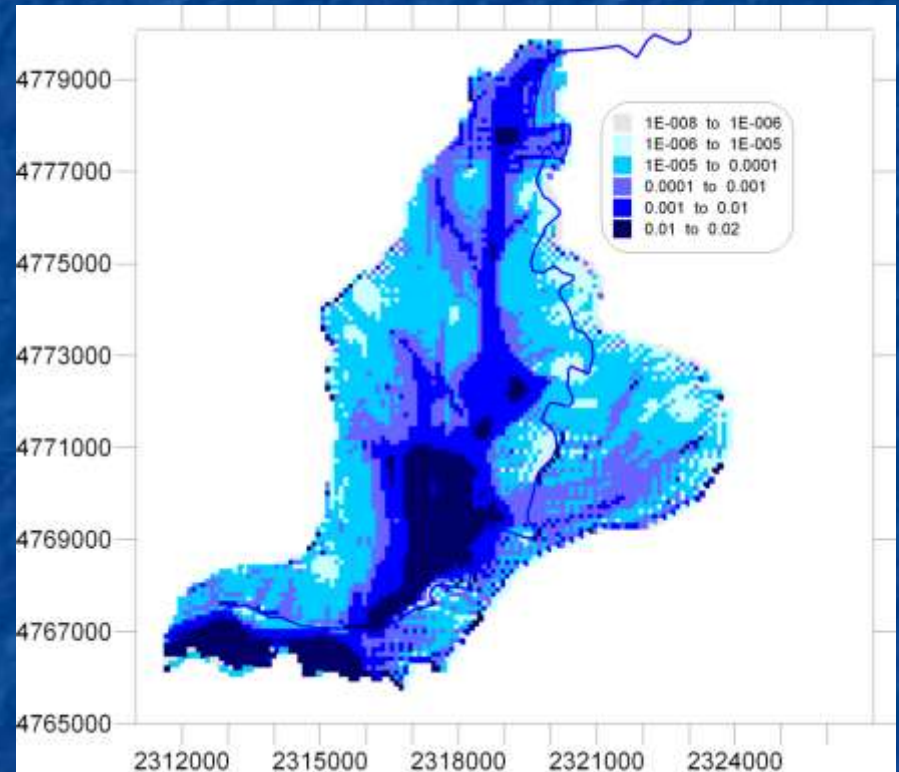
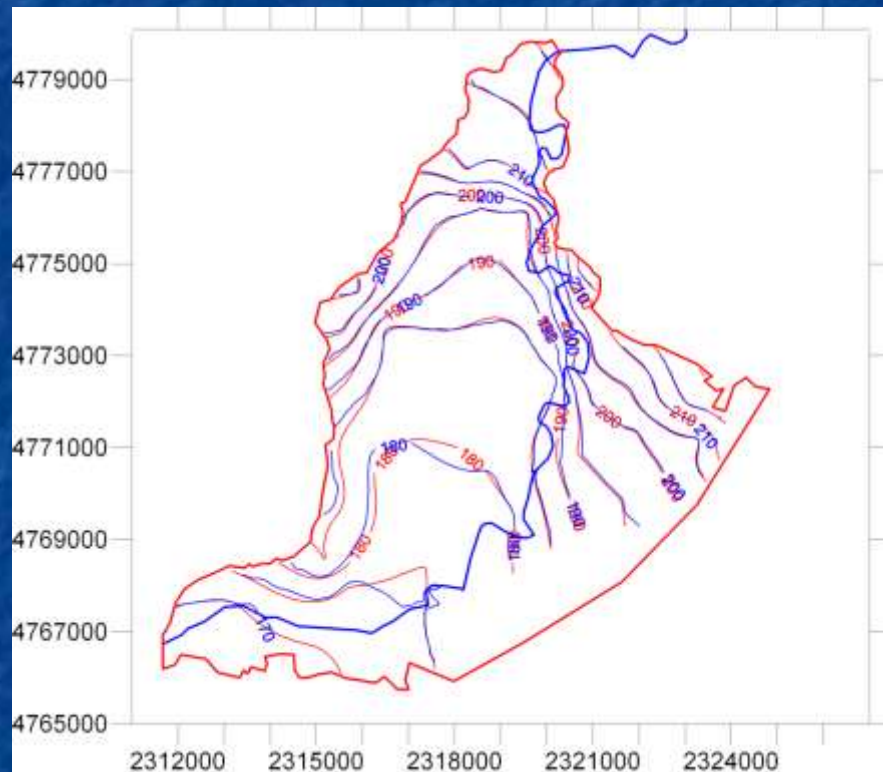
# BILANCIO IDRICO IPOTIZZABILE

## PORTATA [l/s]

TERMINI DI BILANCIO	MOD 1a (150 mm/y)	MOD 2a (200 mm/y)	MOD 3a (250 mm/y)
ricarica per infiltrazione efficace	357	475	595
ricarica laterale dai margini	0-100	0-100	0-100
ricarica per perdite dal Chiascio	180	180	180
TOTALE ENTRATE	537-637	655-755	775-875



## MOD03 (250 mm/y)



Nel caso in esame è stato possibile trovare per ogni valore di ricarica un campo di conducibilità che riproduce correttamente la piezometria di riferimento



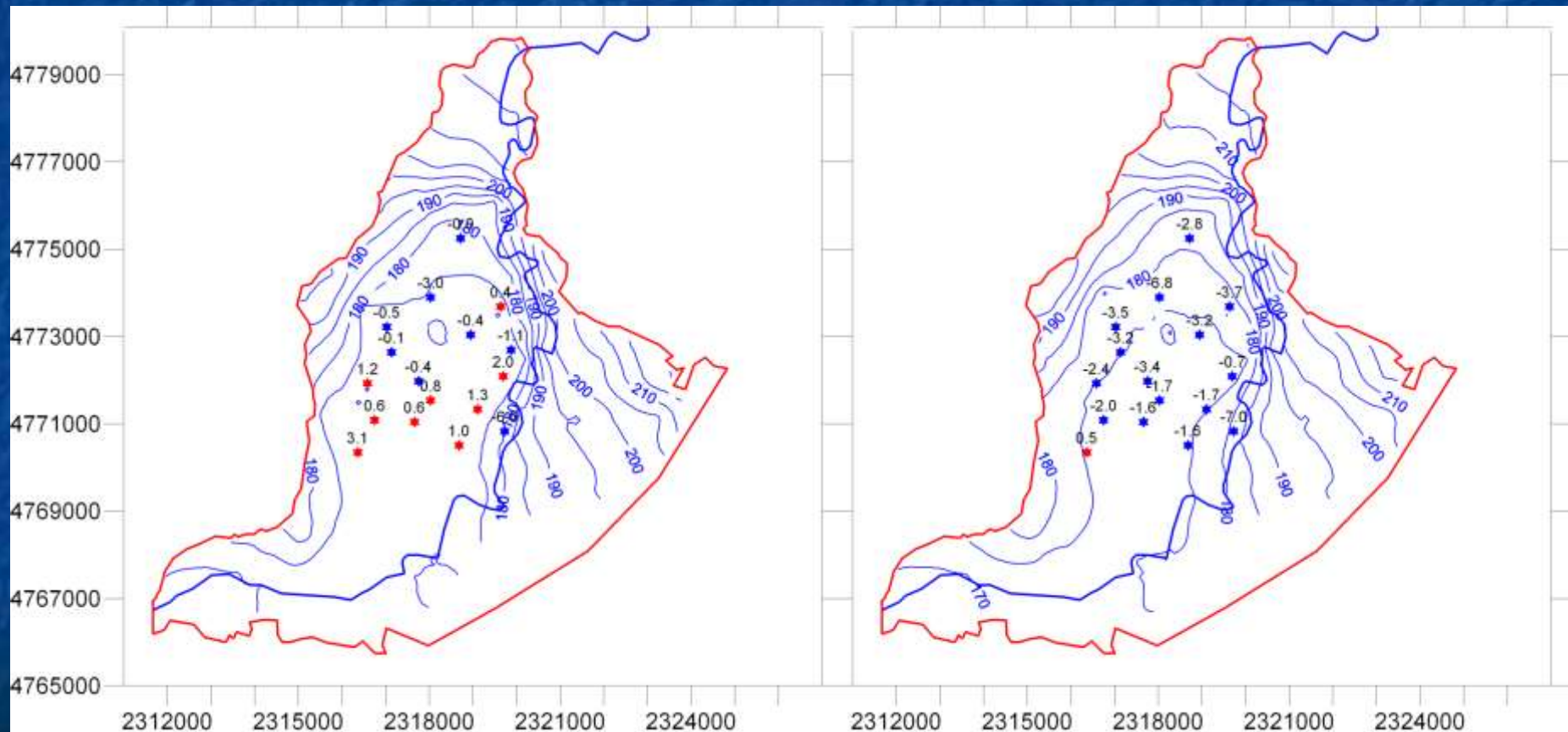
# IL BILANCIO IDRICO GLOBALE IN CONDIZIONI DI SFRUTTAMENTO DELL'ACQUIFERO

## Emungimenti puntuali

TERMINI DI SORGENTE	PORTATE [l/s]		
	MOD01	MOD02	MOD03
Infiltrazione efficace	330	465	660
Ricarica laterale	106	106	106
Perdite dal Chiascio	180	180	180
Emungimenti puntuali	-440	-440	-440
Idroesigenze	-172	-172	-172
<b>TOTALE ENTRATE</b>	<b>616</b>	<b>751</b>	<b>946</b>
<b>TOTALE USCITE</b>	<b>-612</b>	<b>-612</b>	<b>-612</b>

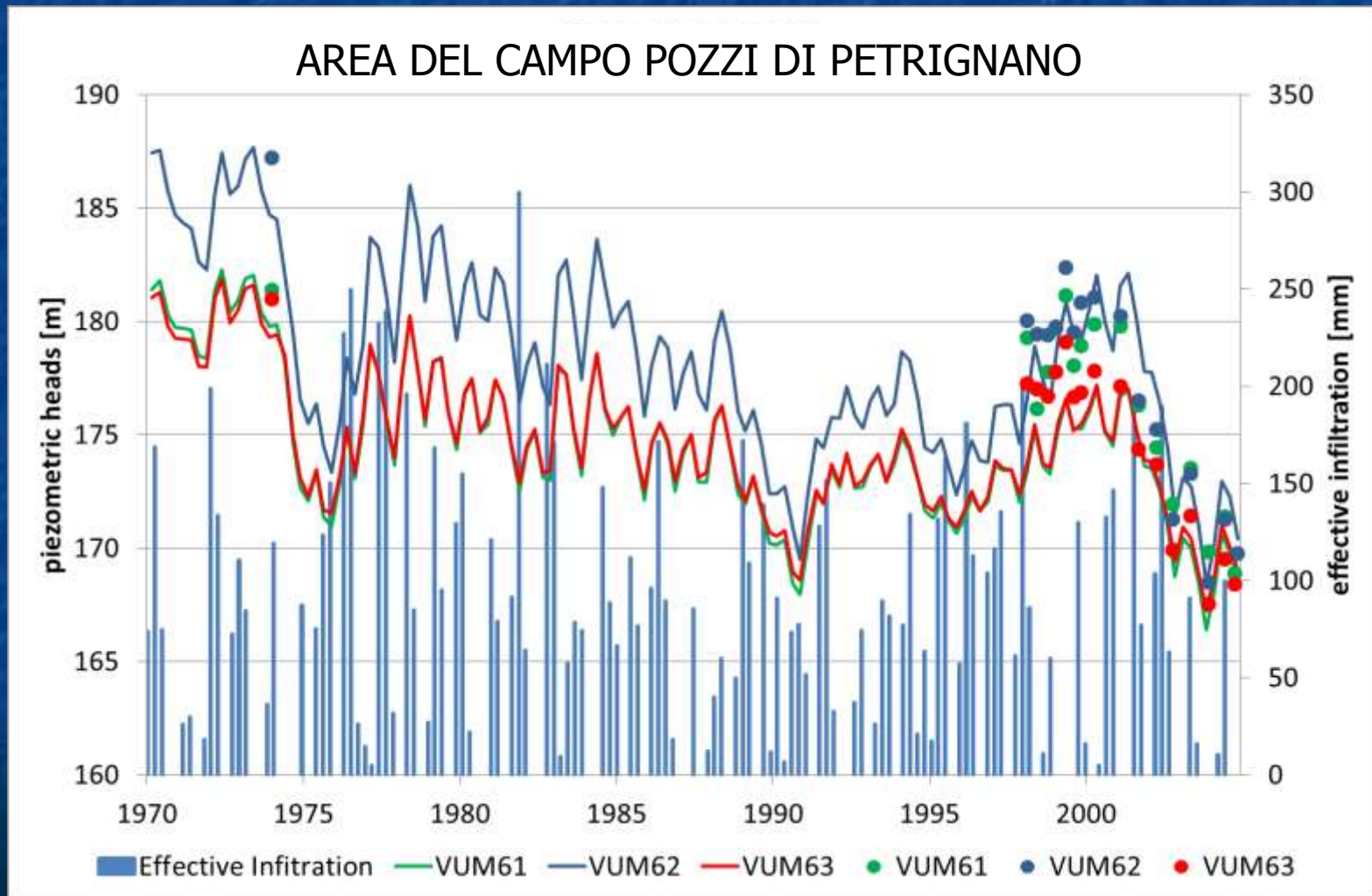
MOD 02 (200 mm/y)

MOD 03 (250 mm/y)



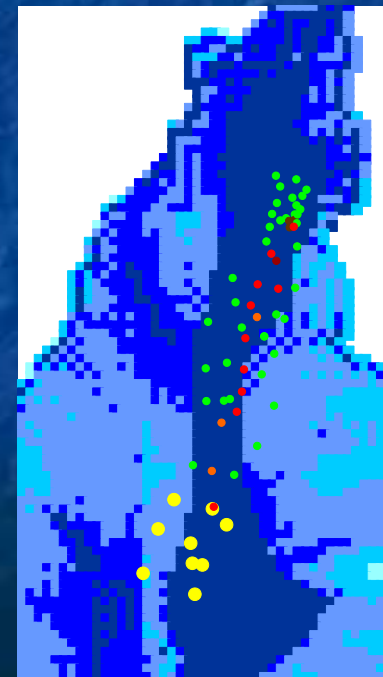
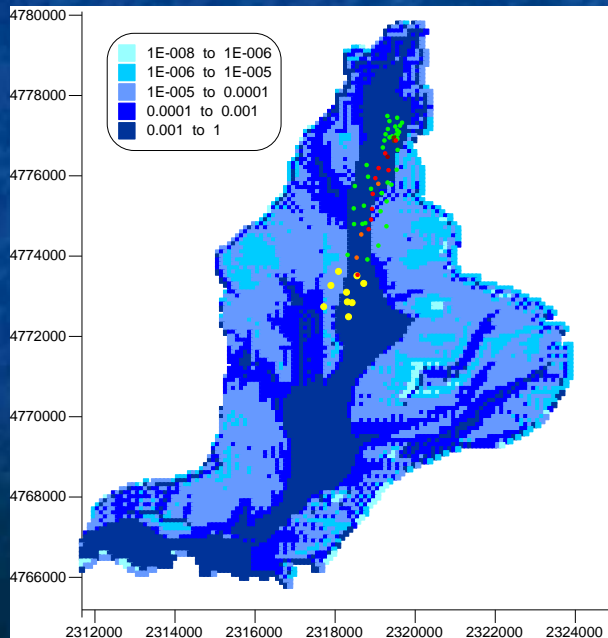


Target: evoluzione dei carichi piezometrici nel periodo 1974-2004



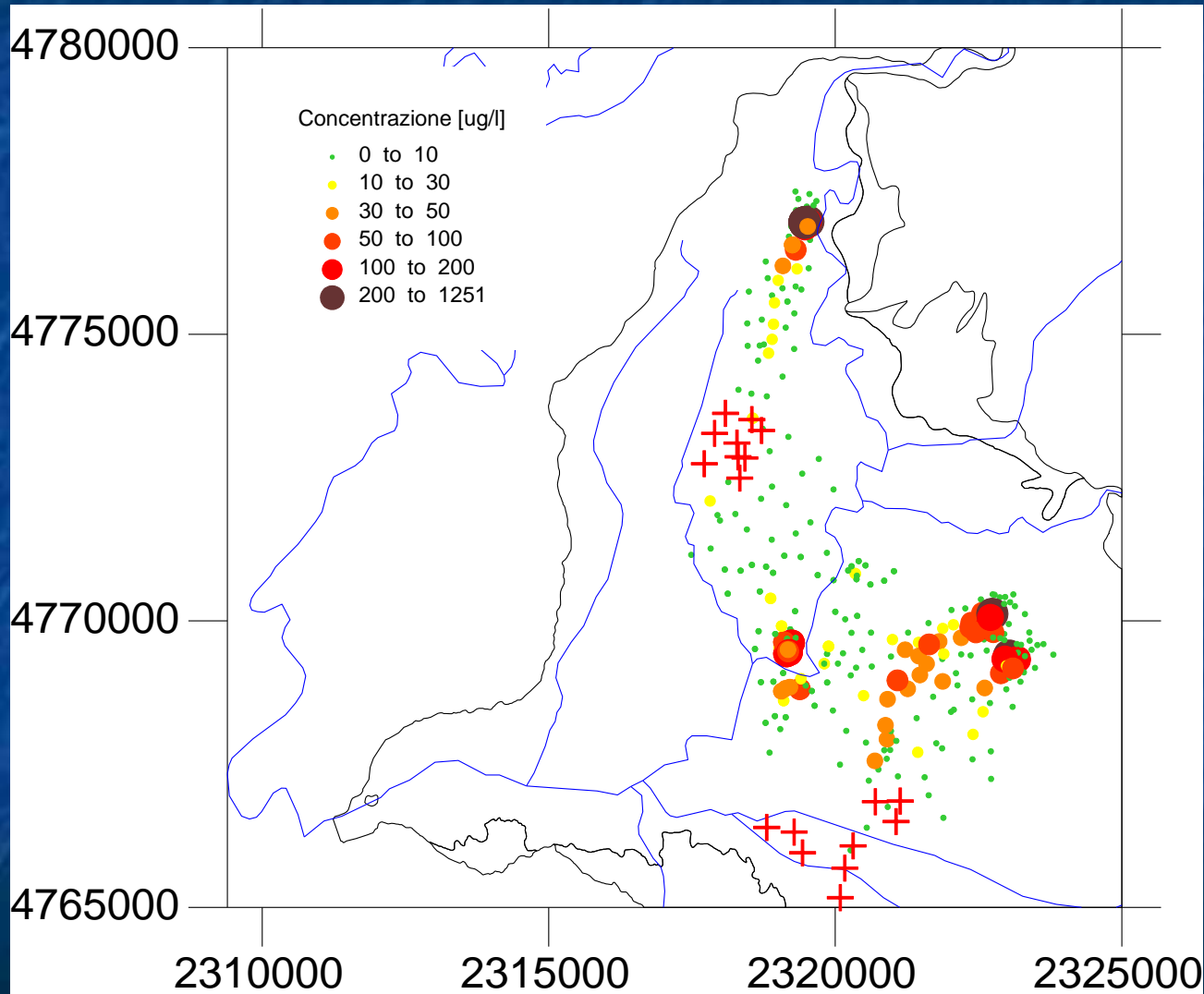
# SIMULAZIONI NUMERICHE

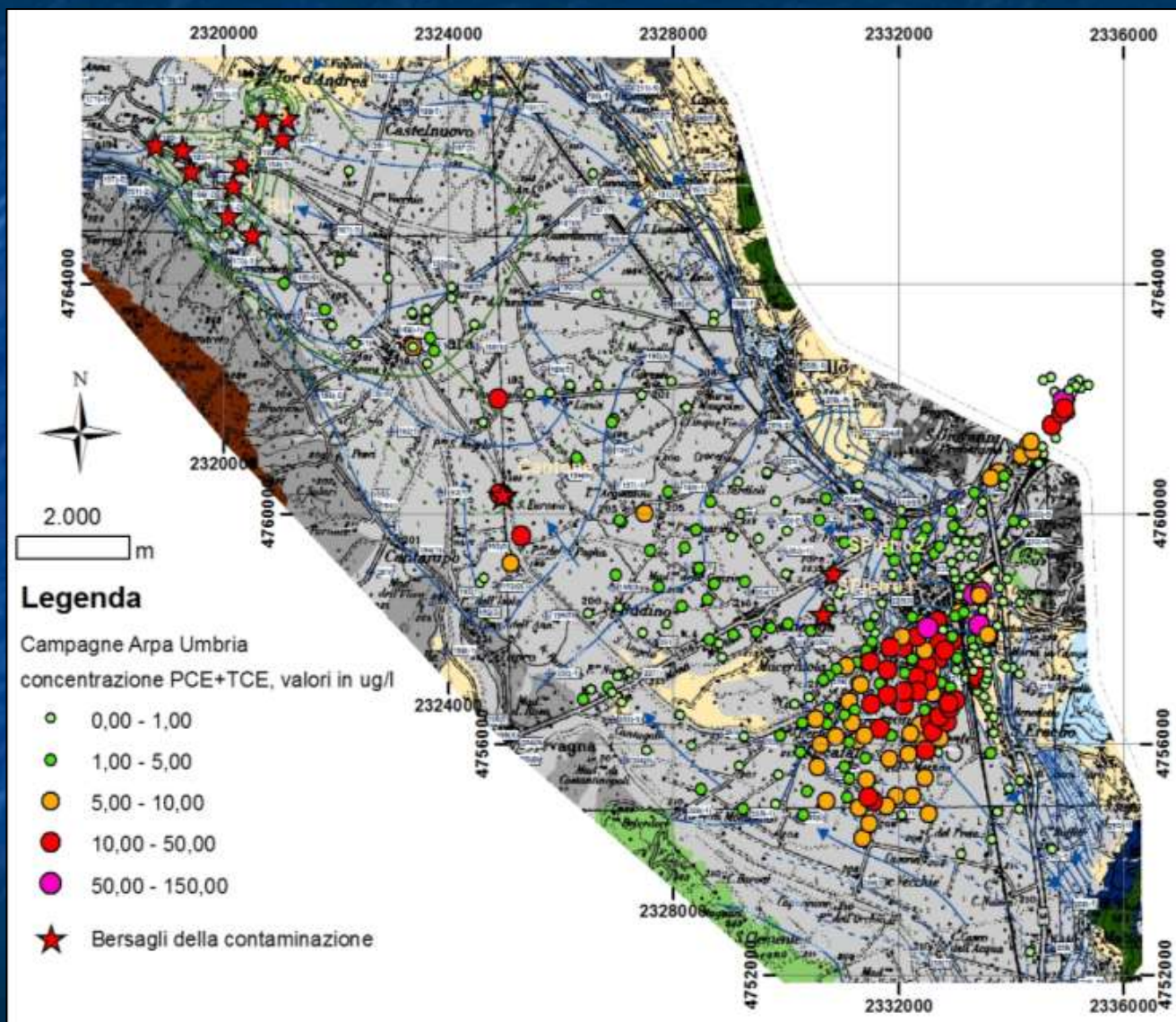
- Campo di velocità dal modello di flusso in condizioni stazionarie calibrato sulla base dei dati piezometrici del 1974 e 1998-2004 e risultato compatibile con la condizione attuale di flusso
- Campo di conducibilità idrauliche caratterizzato da un asse di drenaggio preferenziale compatibile con il percorso di contaminazione osservato
- Simulazione dell'evoluzione del PCE disciolto nell'ipotesi di trasporto non reattivo



- ❖ Esiste una evidente relazione tra altezza della falda e concentrazione di contaminante (aumento di  $h \rightarrow$  diminuzione di  $C$ ) per effetto di diluizione
- ❖ Il range delle variazioni di  $h$  in relazione alla ricarica è di circa 10-15 m. Non si tiene conto di eventuali variazioni nel regime degli emungimenti
- ❖ Il range delle variazioni di  $C$  in caso di trasporto non reattivo ed assumendo un rilascio costante pari a 20 kg/anno del contaminante è di circa 40 ug/L  $\rightarrow$  le variazioni della concentrazione di PCE osservate in corrispondenza del TCH7 non possono essere attribuite solo a diluizione indotta da aumento /diminuzione del volume di acqua immagazzinato



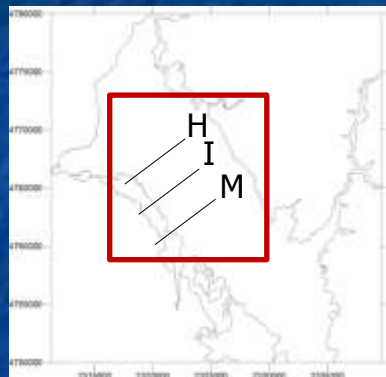






# Settore di Cannara: modello del sottosuolo e implicazioni sulla circolazione idrica sotterranea

Indagini geoelettriche nell'area di Cannara (Rpa – Italpros, 1974,1984)



Terreni conduttivi  
 Terreni resistivi

Sez. H



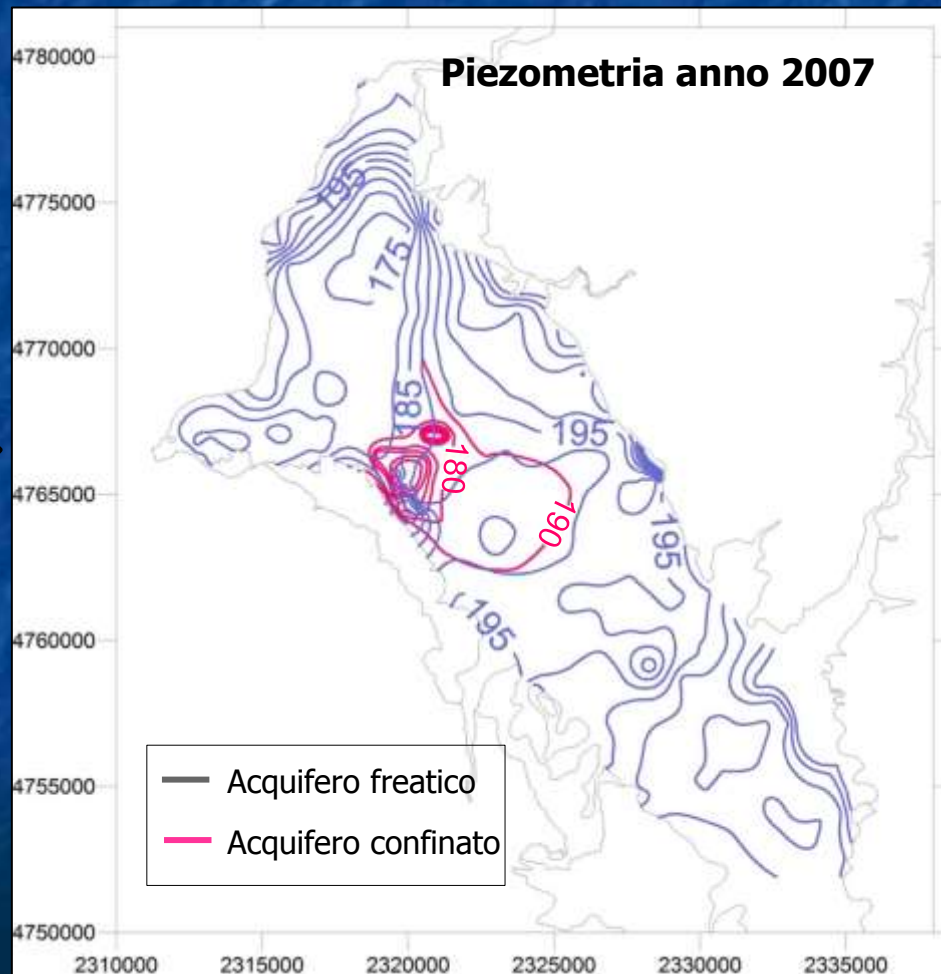
Sez. I



Sez. M

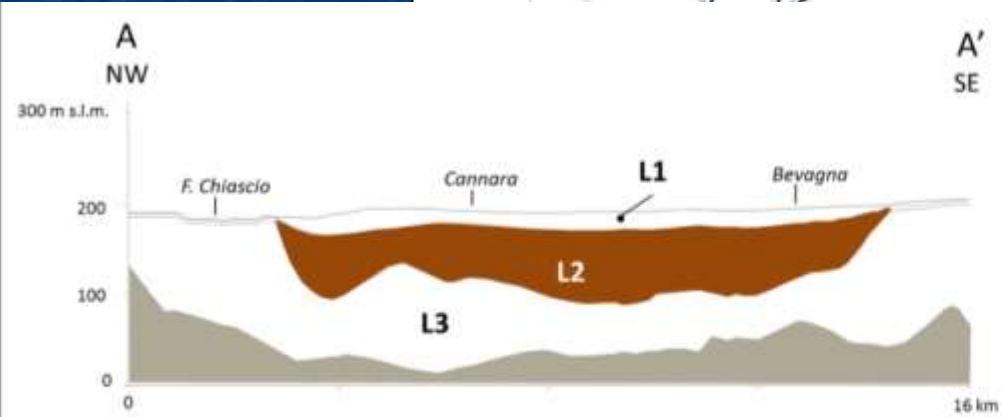
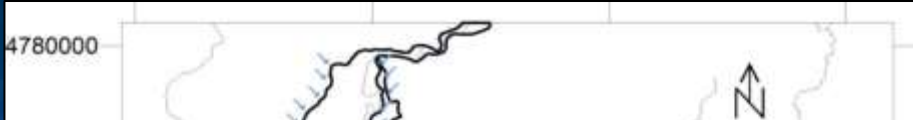


Forte disaccoppiamento delle altezze piezometriche in condizioni indisturbate e di sfruttamento .

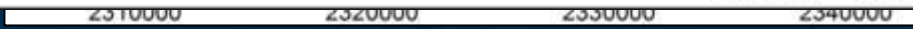
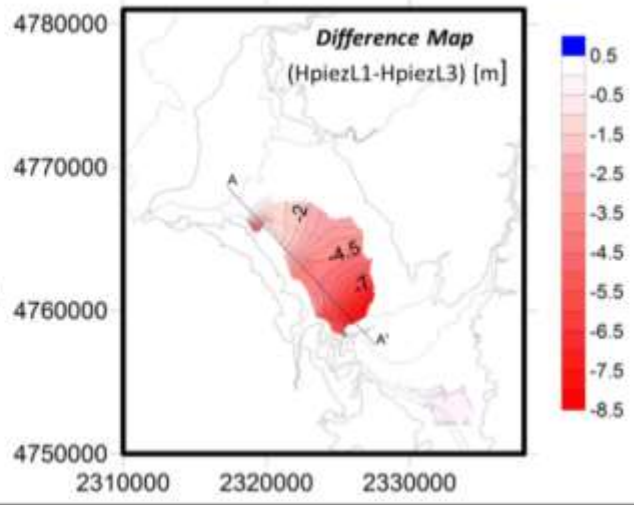
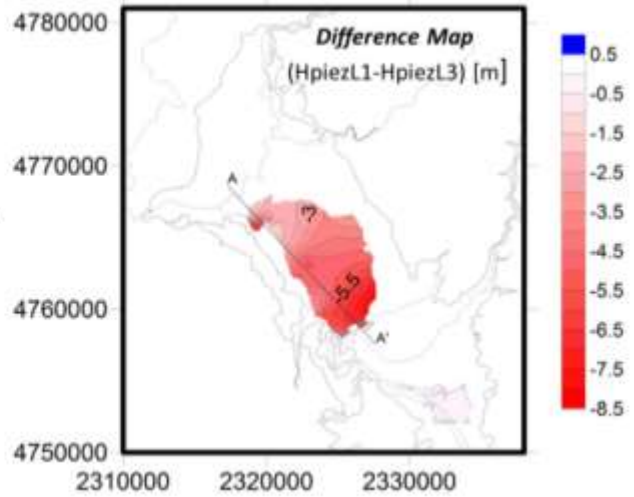
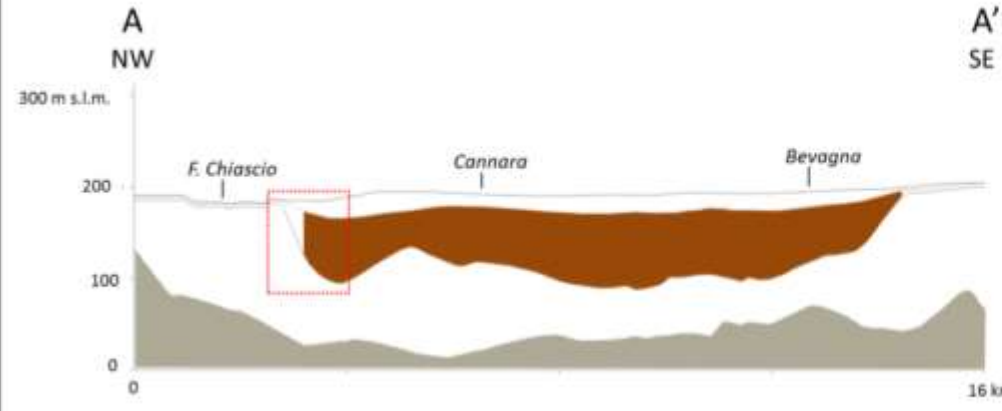




# AREA DI FOLIGNO - CANNARA

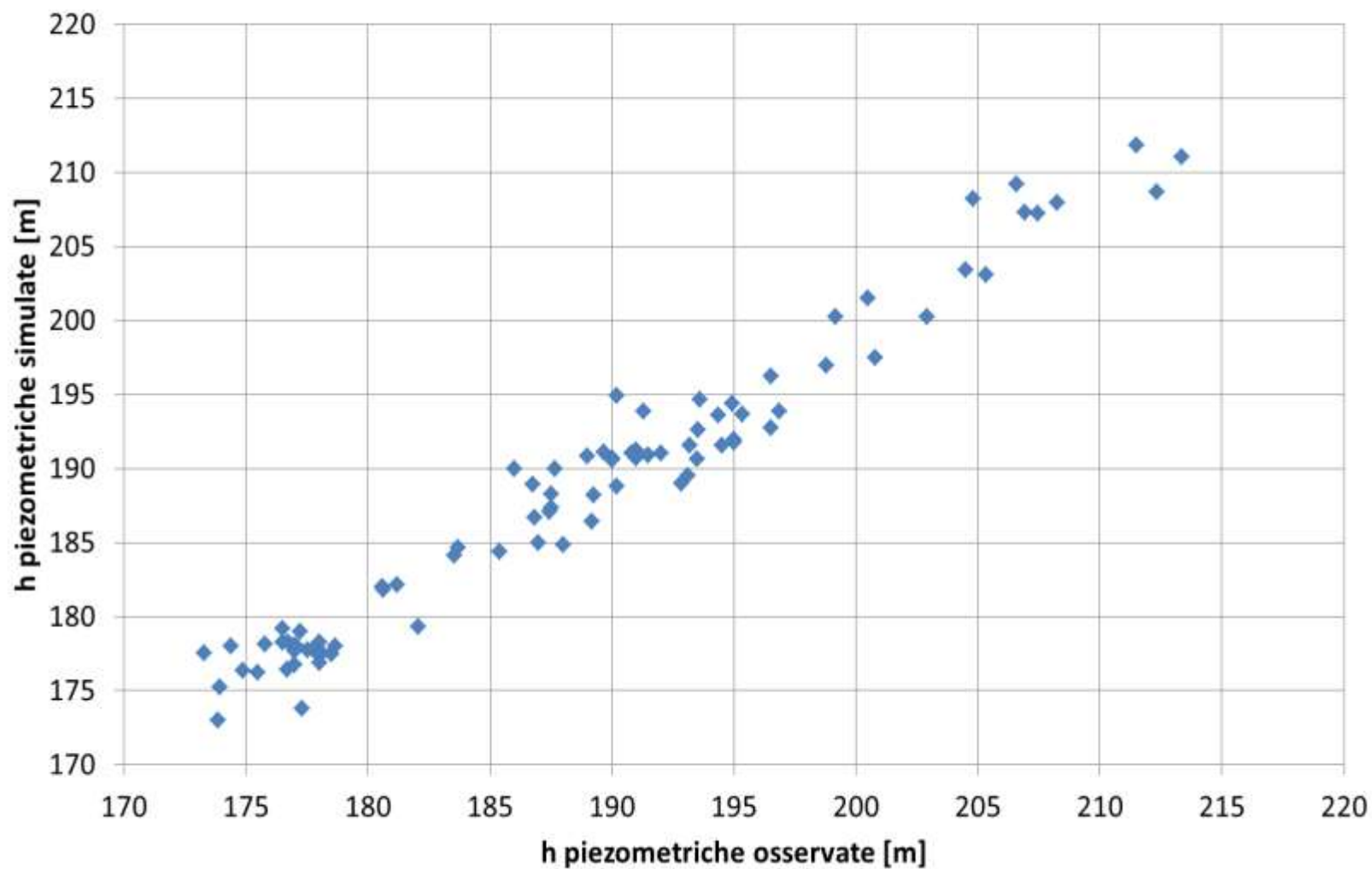


- Acquifero ghiaioso-sabbioso
- Aquitard limoso-argilloso
- Bedrock



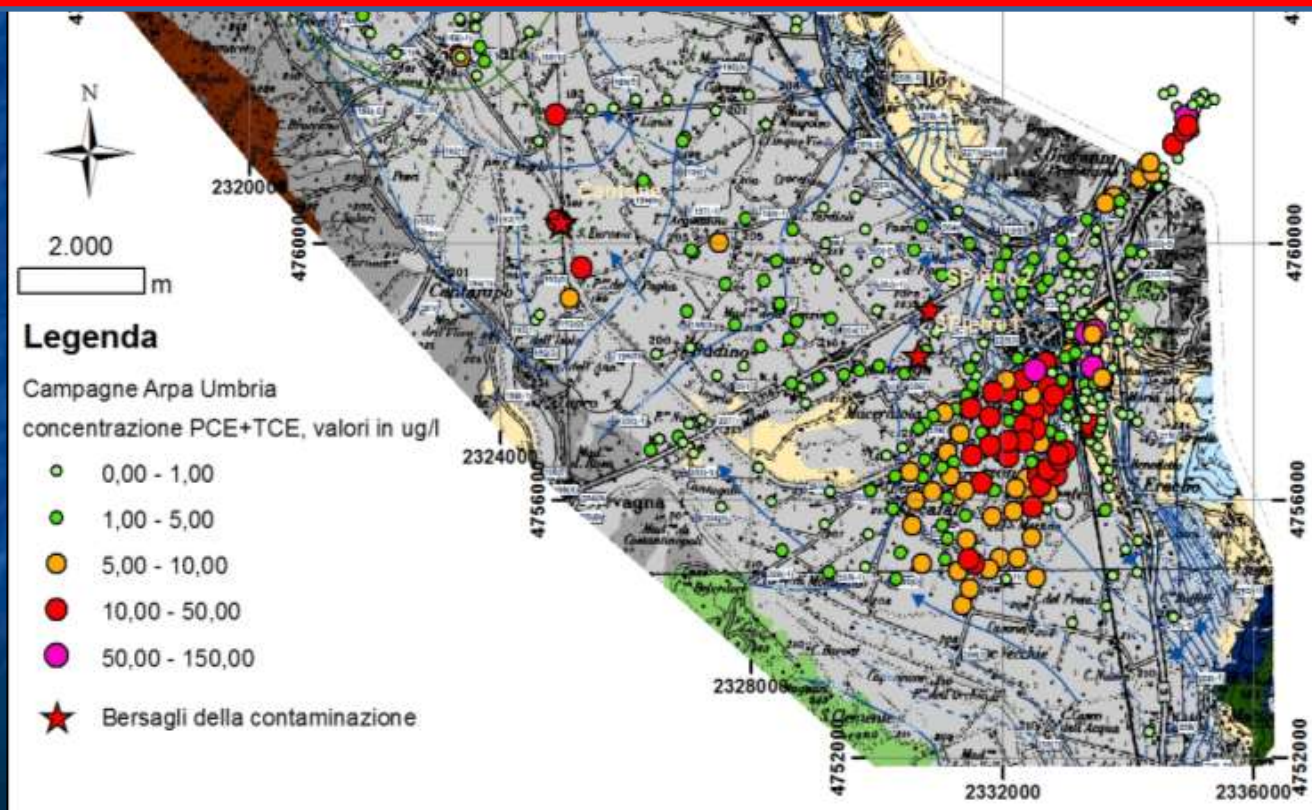


## Validazione - Osservato vs Simulato



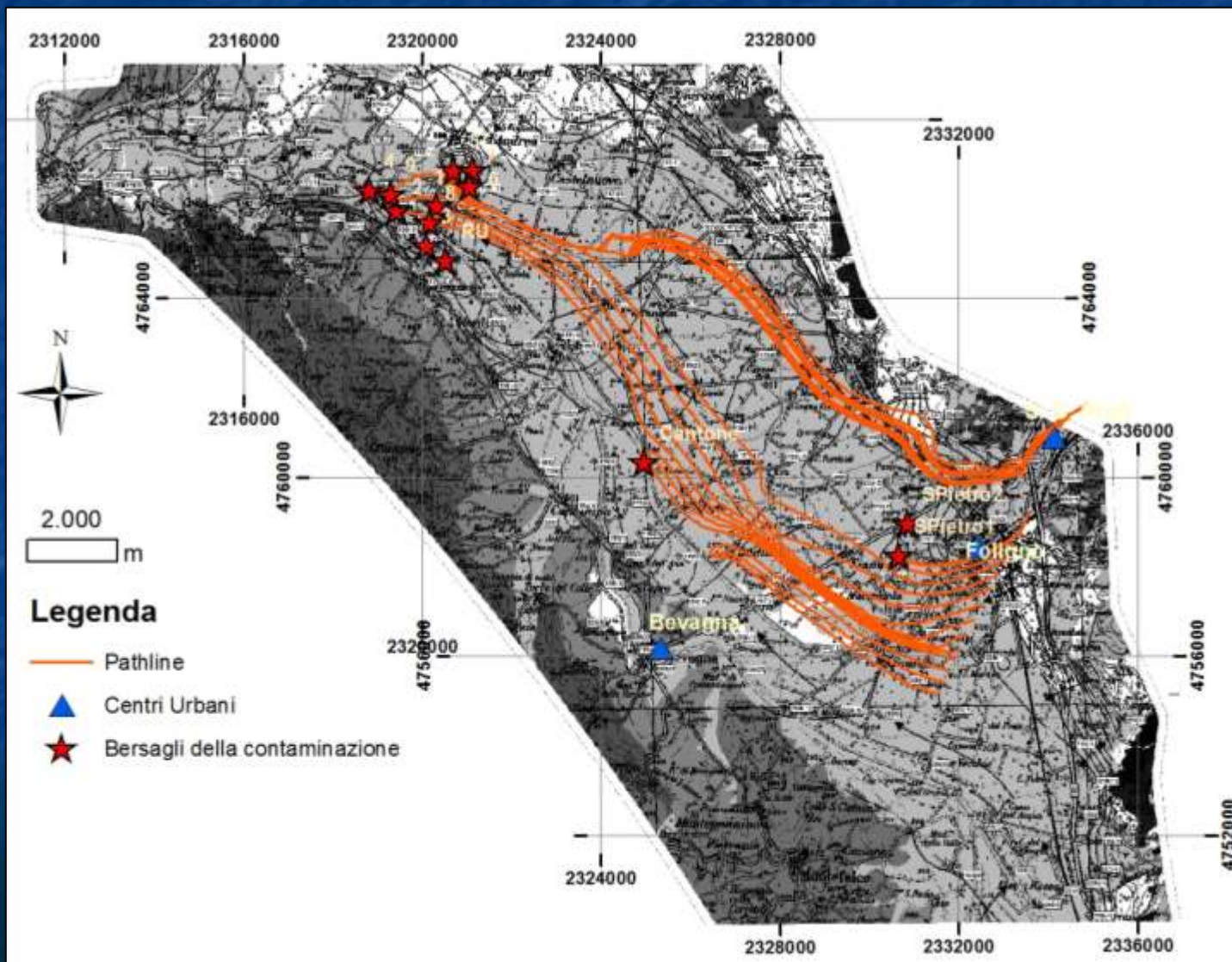


- ❖ Il campo pozzi di Cannara è vulnerabile ad una contaminazione proveniente dalla zona di Foligno – Sangiovanni Profiamma?
- ❖ La rete di monitoraggio è adeguata?



# MODELLO DI TRASPORTO ADVETTIVO

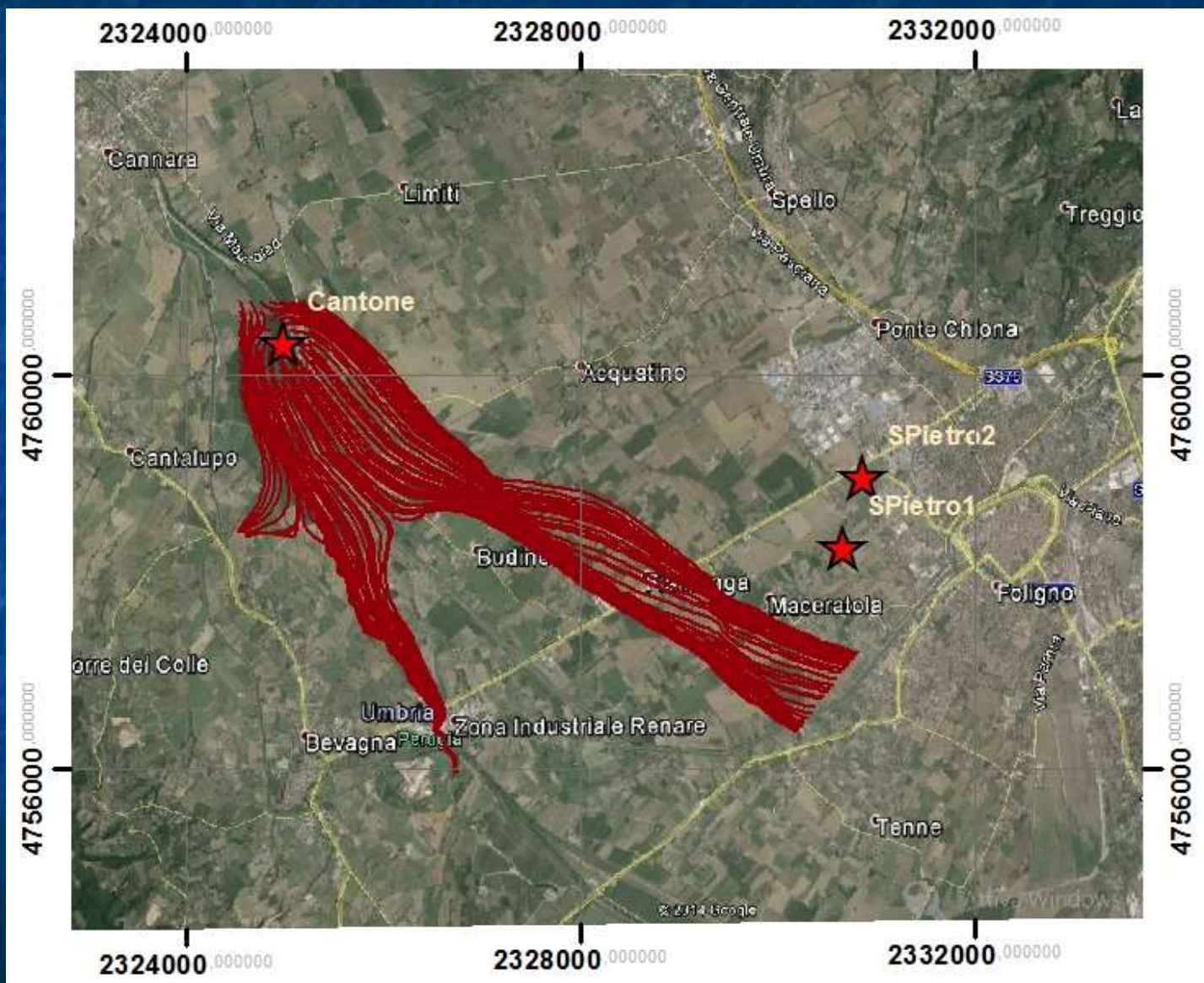
Rilascio di contaminante dalla zona Foligno, S. Giovanni Profiamma



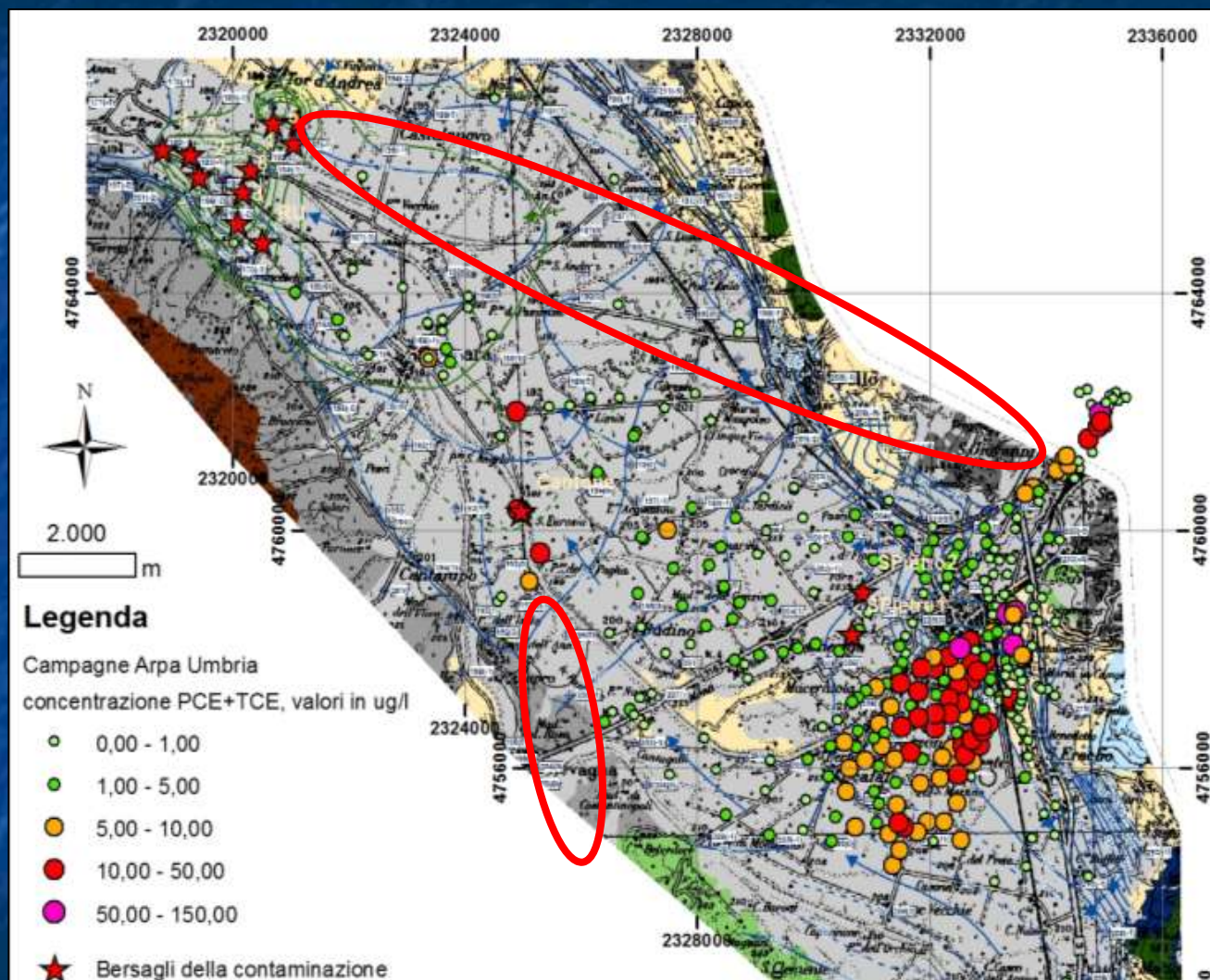


# MODELLO DI TRASPORTO ADVETTIVO

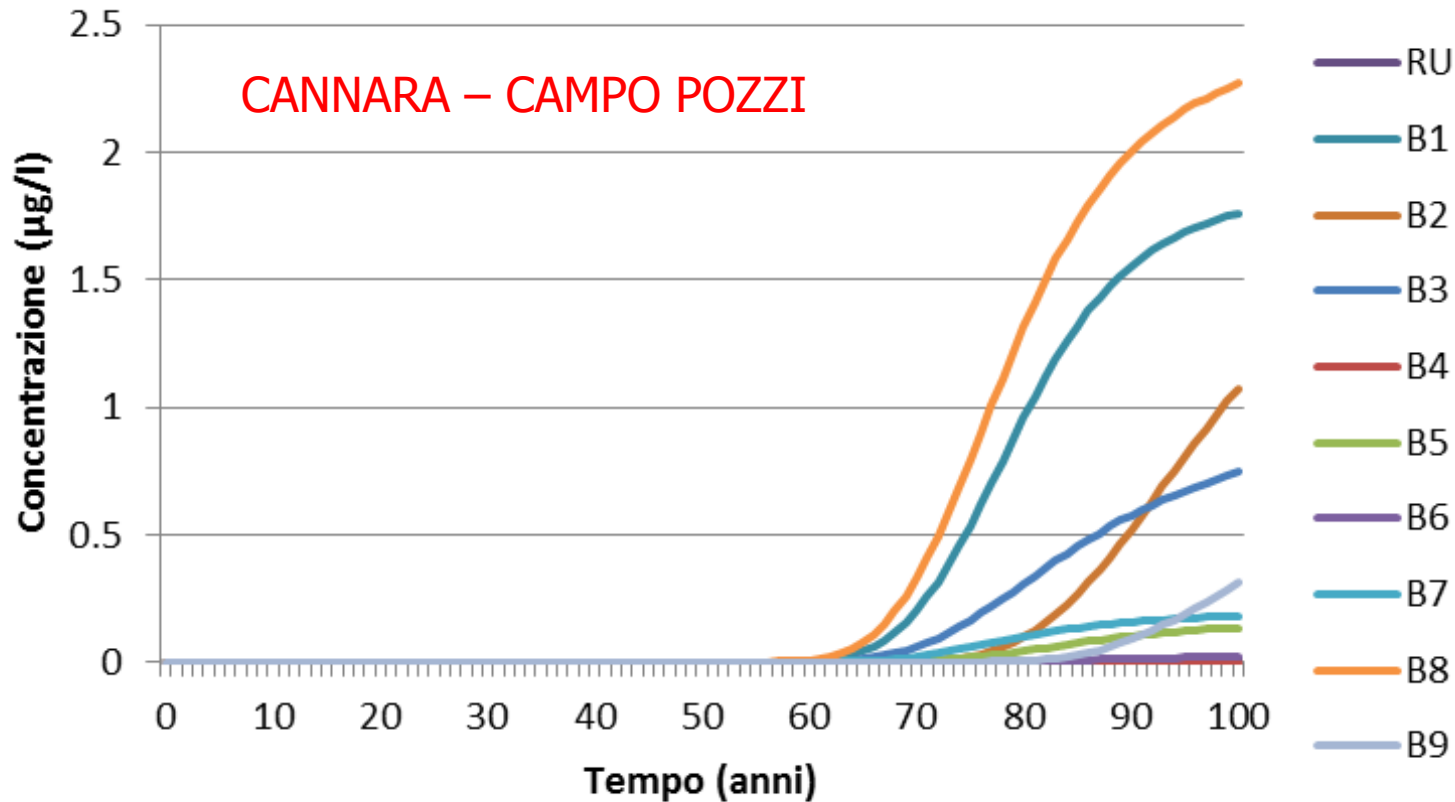
Tracciamento inverso dalla zona del pozzo Cantone







Necessità di monitoraggio anche nelle due zone indicate



**I POTIZZABILE LA PRESENZA DI UNA SORGENTE DI CONTAMINAZIONE NELL'AREA INDUSTRIALE DI BEVAGNA IN ASSENZA DI DEGRADAZIONE, POSSIBILE ARRIVO DEL CONTAMINANTE AL CAMPO POZZI DI CANNARA**



# CONCLUSIONI

- Le caratteristiche chimico-fisiche dei solventi organoclorurati rendono estremamente complessa l'interpretazione dei dati di campo (sia nel tempo che nello spazio)
- La modellazione numerica del flusso può aiutare a formulare ipotesi:
  - ✓ sulla localizzazione della o delle sorgenti
  - ✓ sulle modalità di rilascio del contaminante
  - ✓ sulla rappresentatività della rete di monitoraggio





**GRAZIE  
DELL'ATTENZIONE**