

# **La Geotermia nell'ambito delle rinnovabili Progettazione e realizzazione degli impianti di geoscambio - Proposta di Linee Guida**

Fano, 27 Maggio 2011

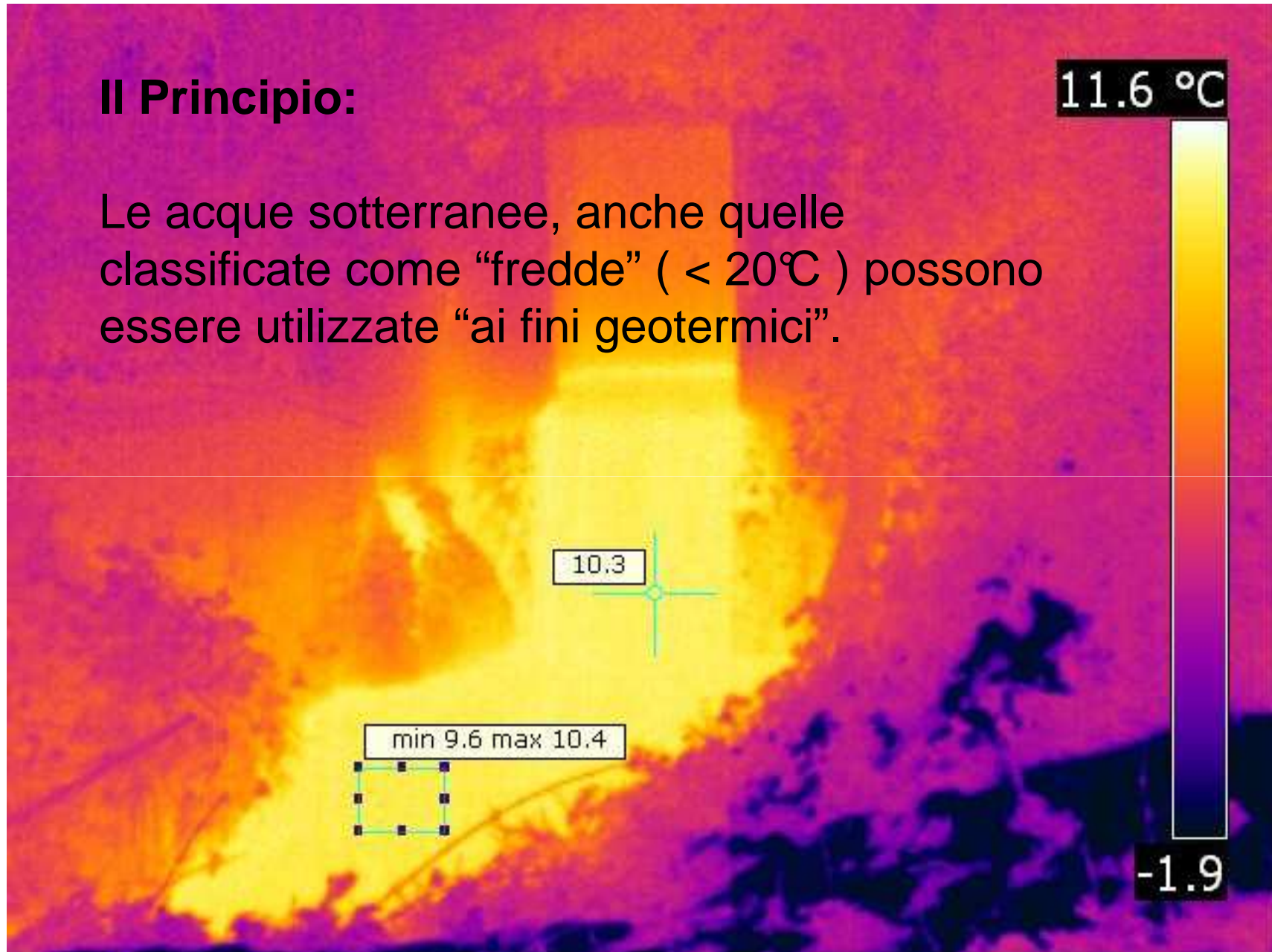
## **Sistemi a circuito aperto: aspetti tecnici e normativi**

**L'utilizzazione delle acque falda ai fini geotermici**

**Dr Geol Daniele Farina  
Ordine dei Geologi delle Marche**

## Il Principio:

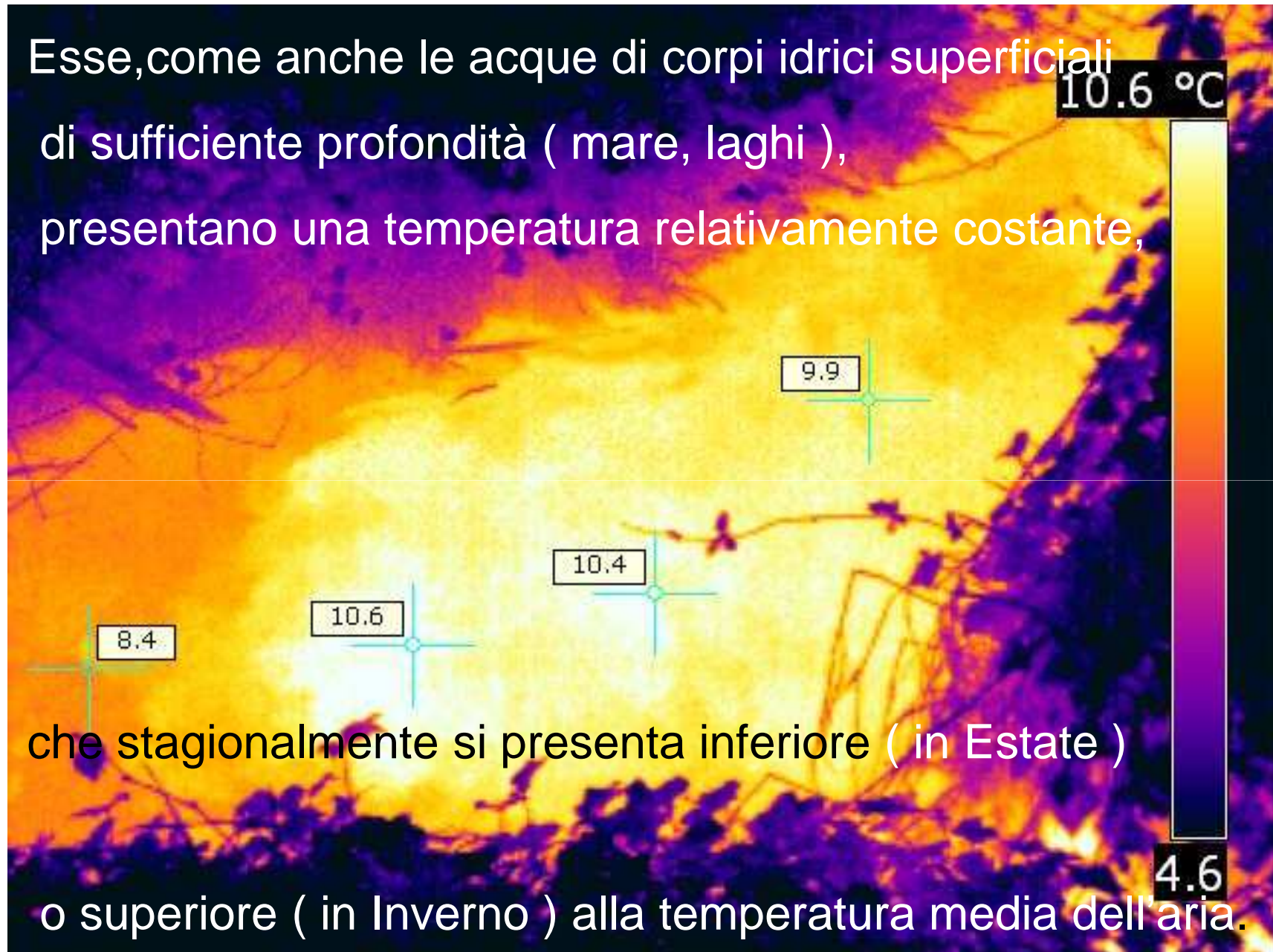
Le acque sotterranee, anche quelle classificate come “fredde” (  $< 20^{\circ}\text{C}$  ) possono essere utilizzate “ai fini geotermici”.



Esse, come anche le acque di corpi idrici superficiali di sufficiente profondità ( mare, laghi ), presentano una temperatura relativamente costante,

che stagionalmente si presenta inferiore ( in Estate )

o superiore ( in Inverno ) alla temperatura media dell'aria.





## Il “ Geoscambio”

Nel consegue la possibilità di attuare uno scambio termico ( per trasmissione di Calore ) con due opposte finalità:

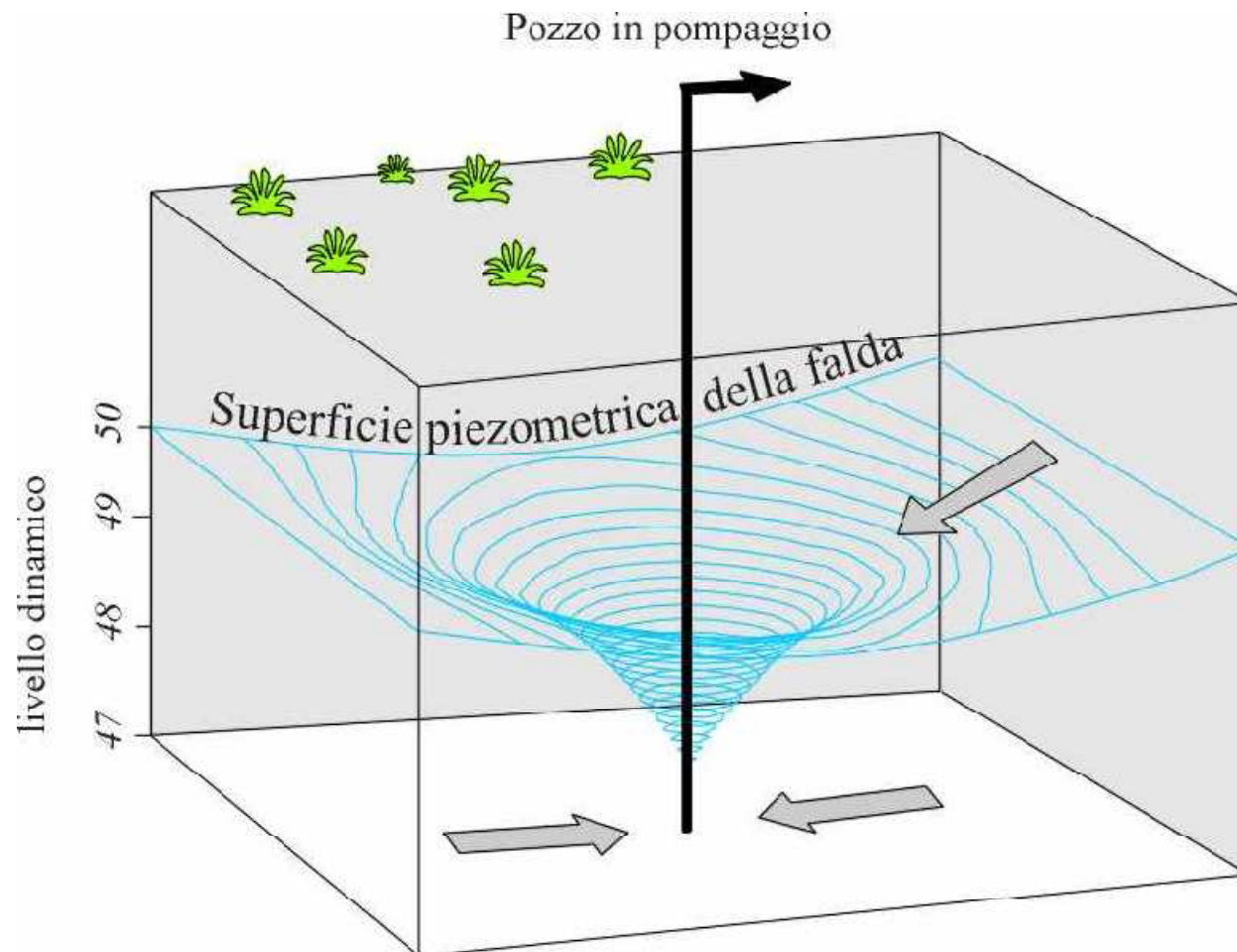
1. Per raffreddare un oggetto più caldo ( come, ad es. in Estate, una abitazione ): raffrescamento diretto mediante scambiatori ( “ *Direct cooling*” );
2. per trasferire calorie dall'acqua all'oggetto più freddo da riscaldare ( Riscaldamento invernale ), *amplificando* il salto termico mediante una *Pompa di calore*.

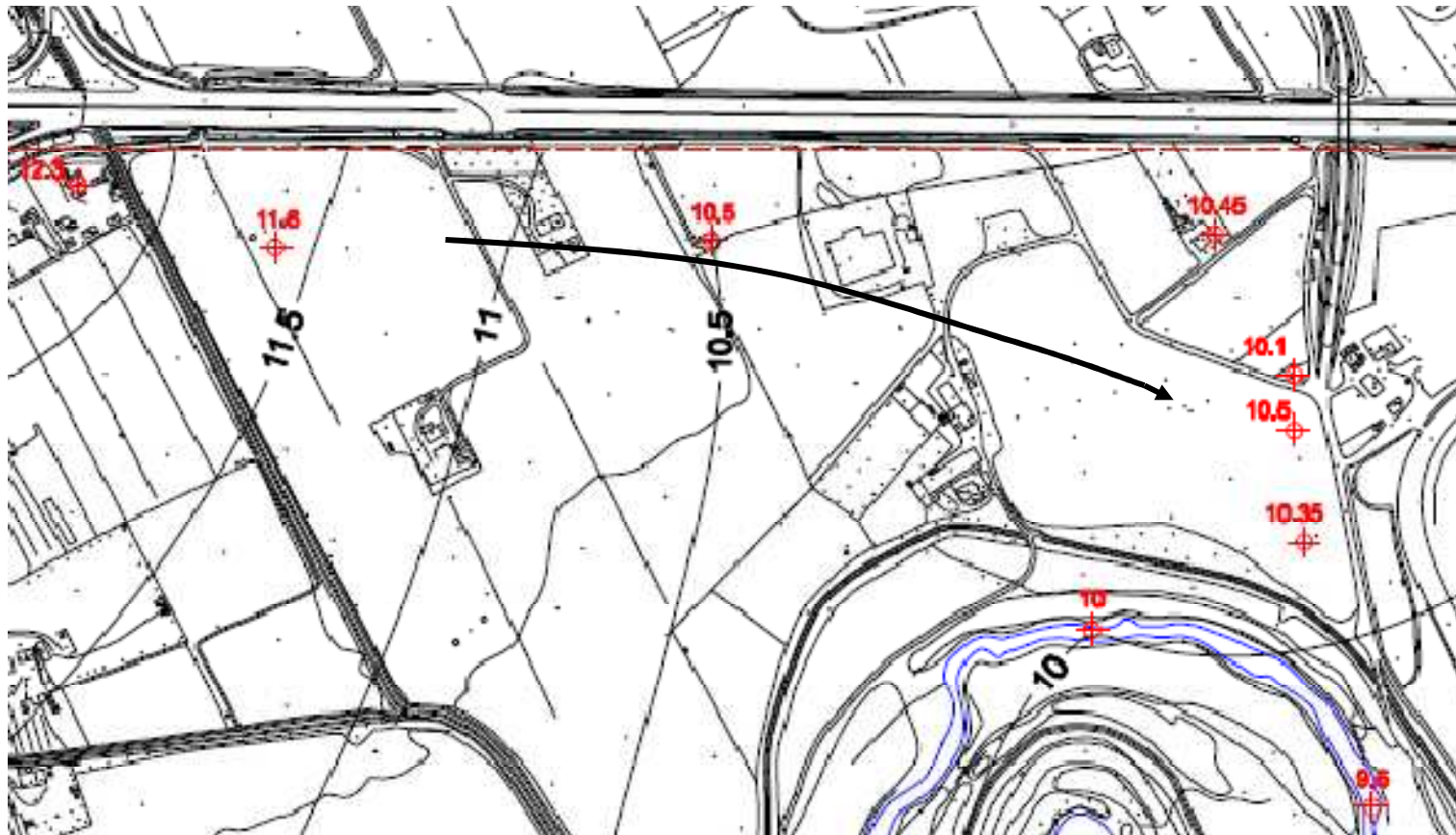
*Dalle nostre parti...*

Estate:  
temperatura media del mese  
di Luglio: 25°C  
  
Temperatura media estiva  
delle acque sotterranee  
( es. acq. Alluvionale ):  $\approx 17.0^{\circ}\text{C}$

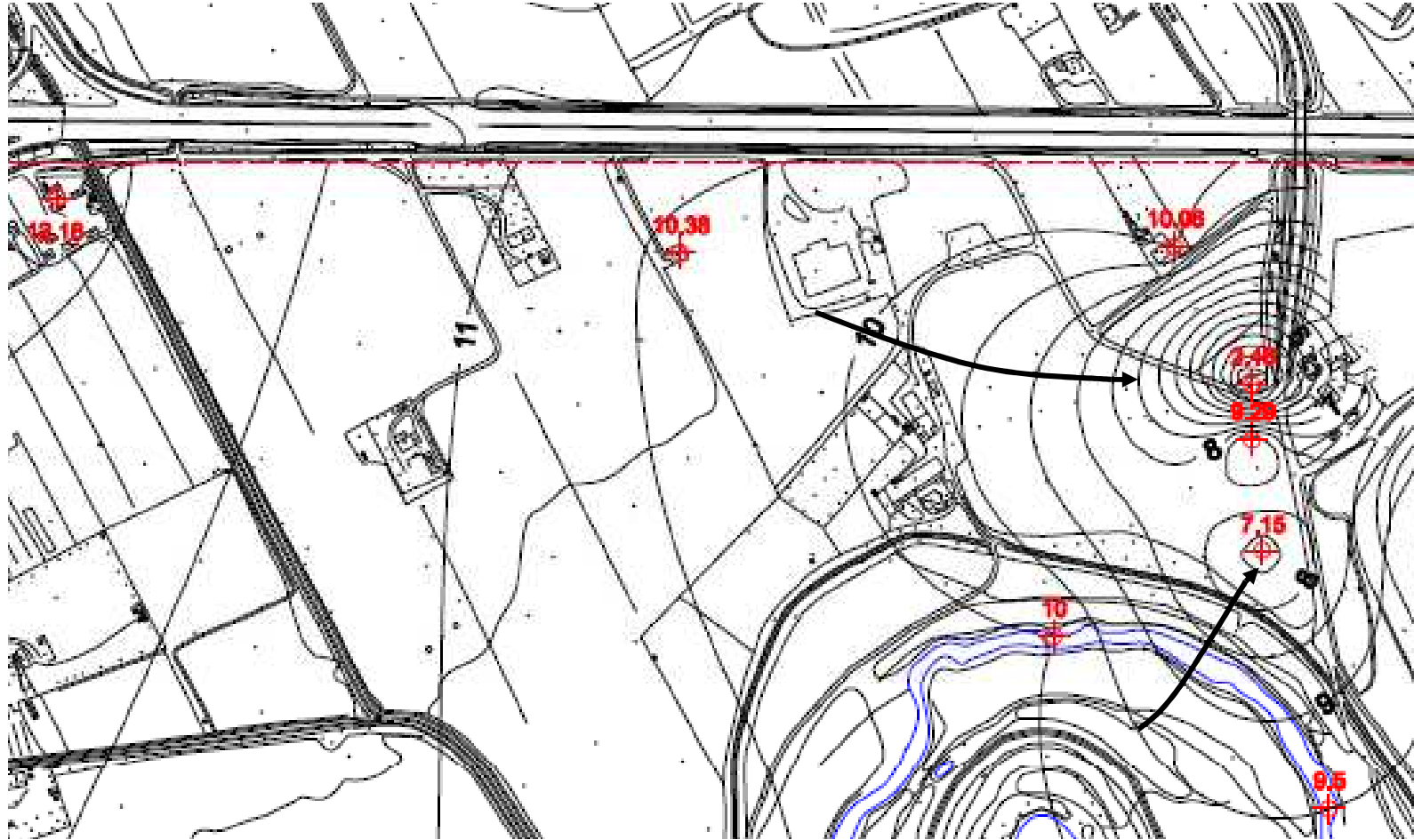
Inverno:  
temperatura media del mese  
di Gennaio: 5°C  
  
Temperatura media invernale  
delle acque sotterranee  
( es. acq. Alluvionale ):  $\approx 14.0^{\circ}\text{C}$

## Emungimento della falda mediante pozzi

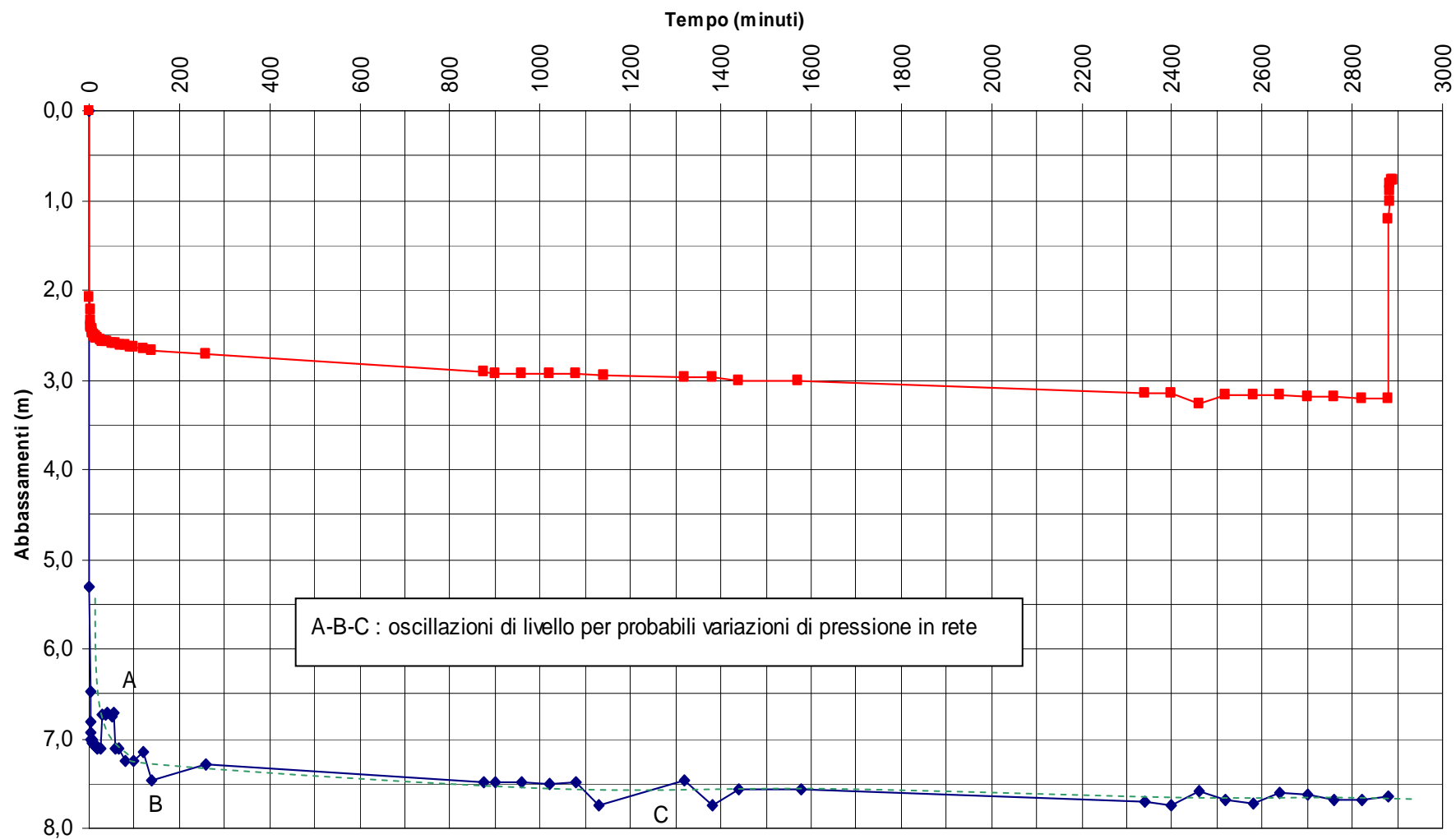






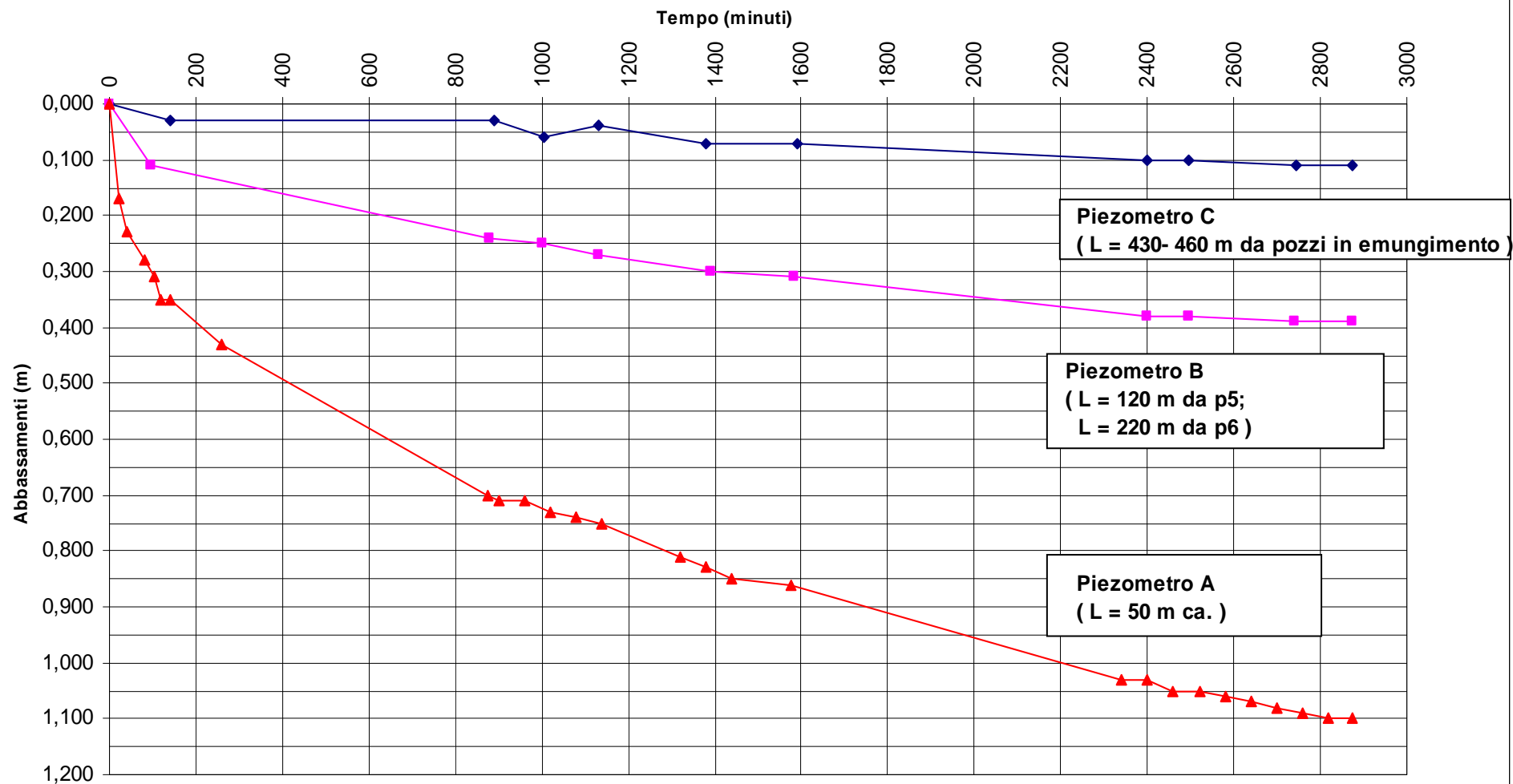


**TEST DI EMUNGIMENTO AI POZZI 5 e 6 (  $Q = 14 + 14$  l/s )**  
**GRAFICO TEMPO - ABBASSAMENTI; durata dell'emungimento: 48 h**

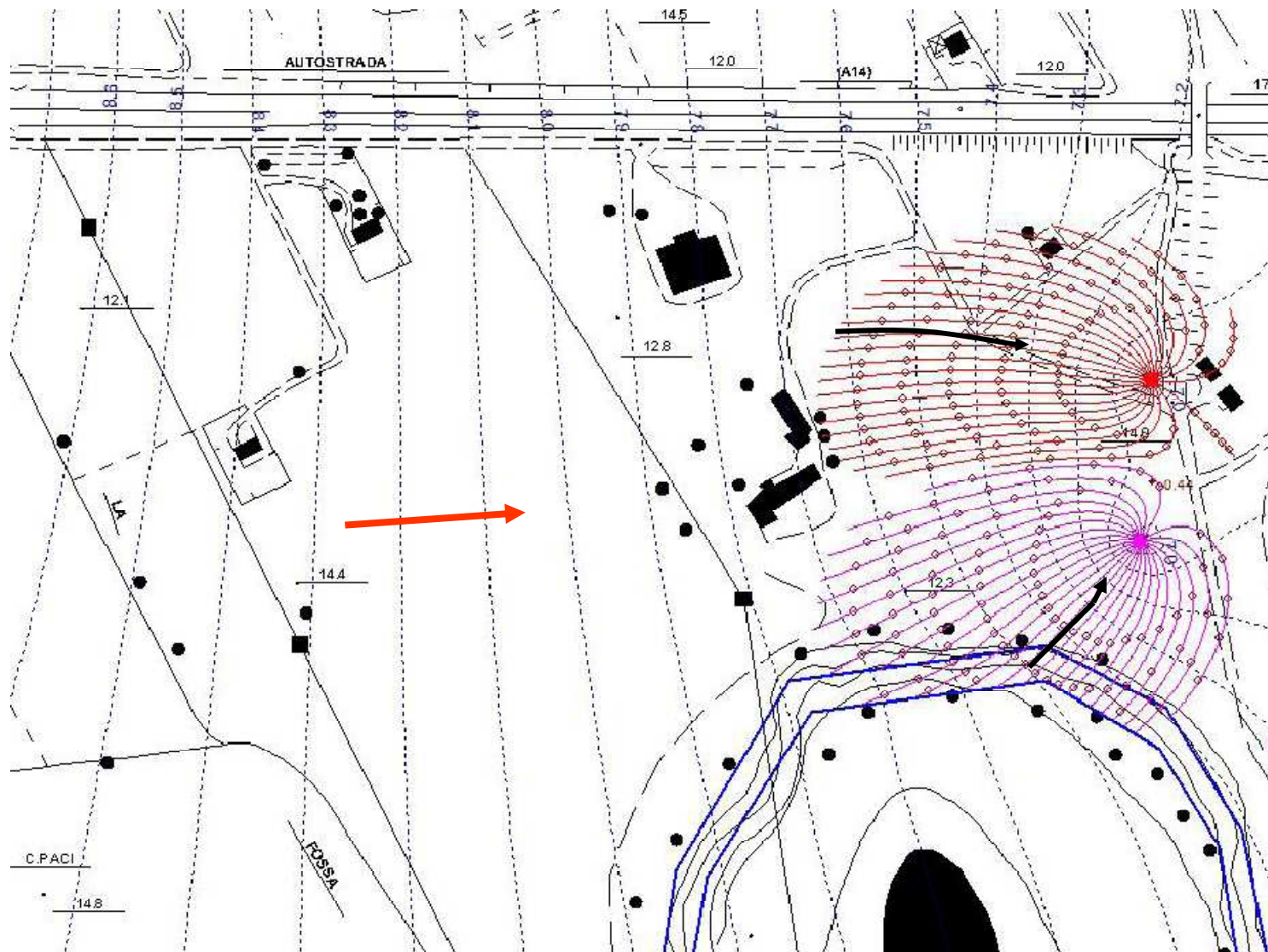




**GRAFICO TEMPO - ABBASSAMENTI**  
**MISURATI AI PIEZOMETRI DI CONTROLLO DEI LIVELLI DI FALDA**  
 (  $Q = 14 + 14$  l/s dai pozzi in emungimento; durata test: 48 ore )



## *Simulazione dell' emungimento da pozzi*





# Utilizzo dell'acque di falda ai fini geotermici

Due casi di studi di fattibilità

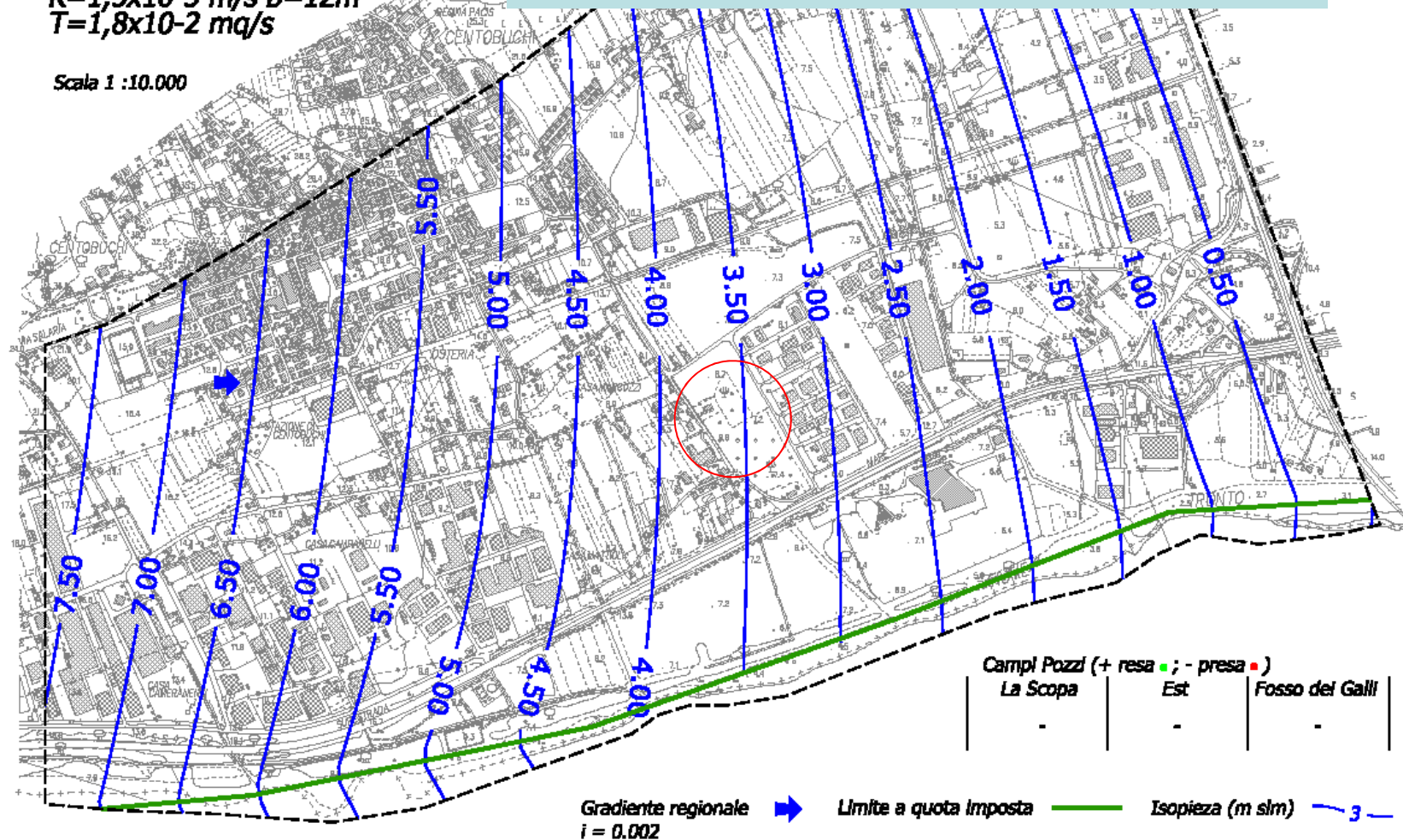




**CARTA PIEZOMETRICA  
SIMULAZIONE 0**  
 $K=1,5 \times 10^{-3} \text{ m/s}$   $b=12\text{m}$   
 $T=1,8 \times 10^{-2} \text{ mq/s}$

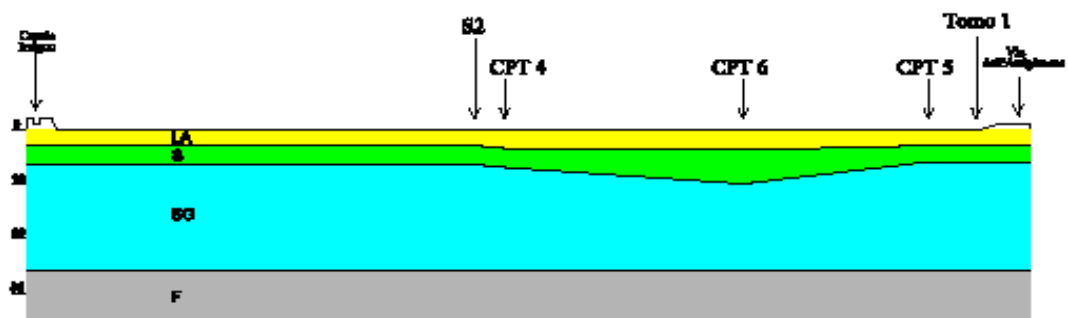
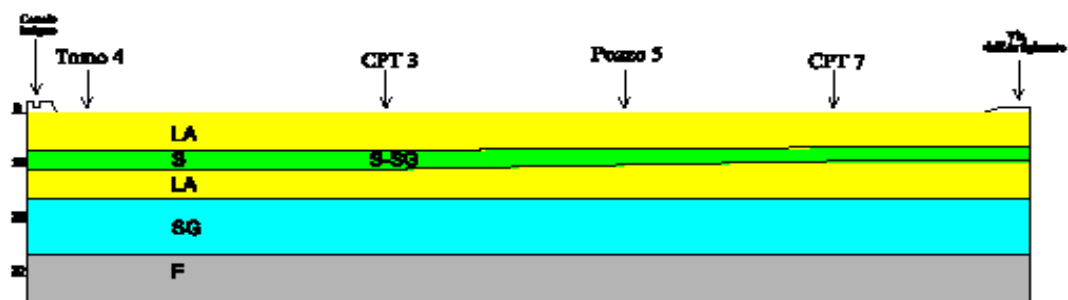
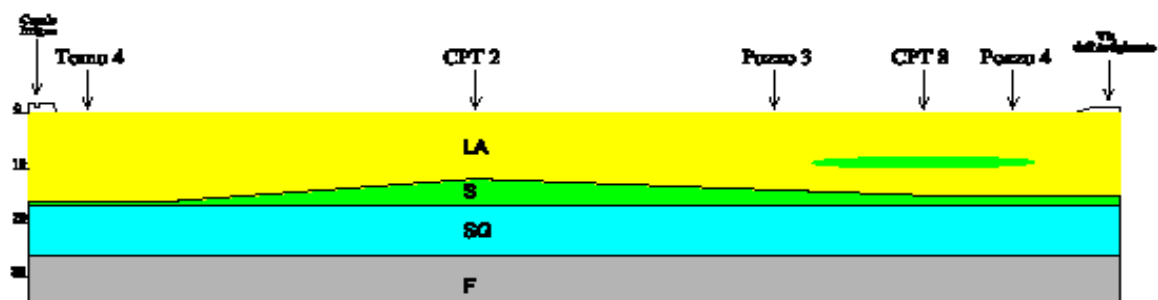
Scala 1 : 10.000

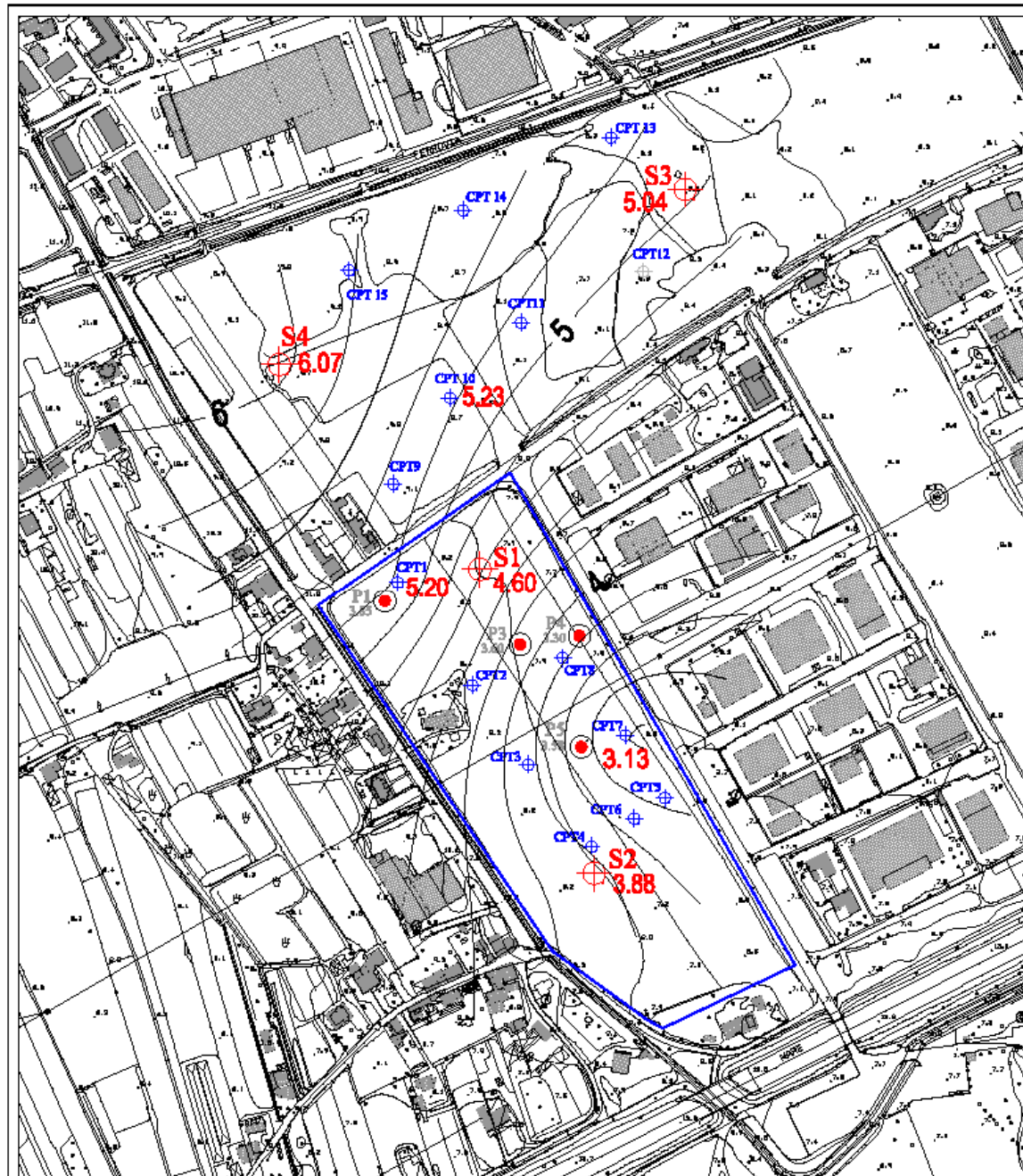
1 - Impianto ad anello aperto in  
depositi alluvionali di fondovalle

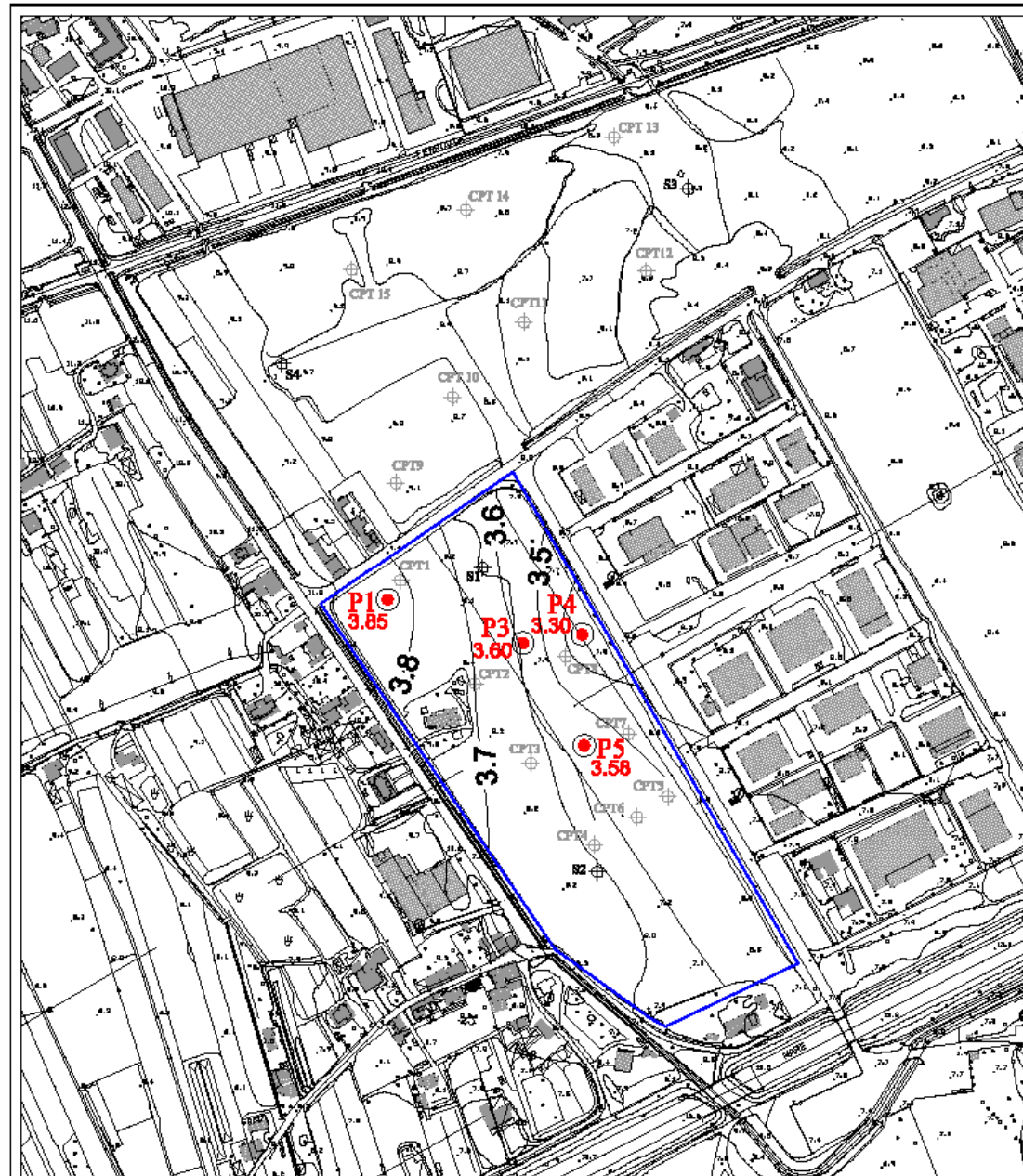




## Schema stratigrafico – sezioni interpretative

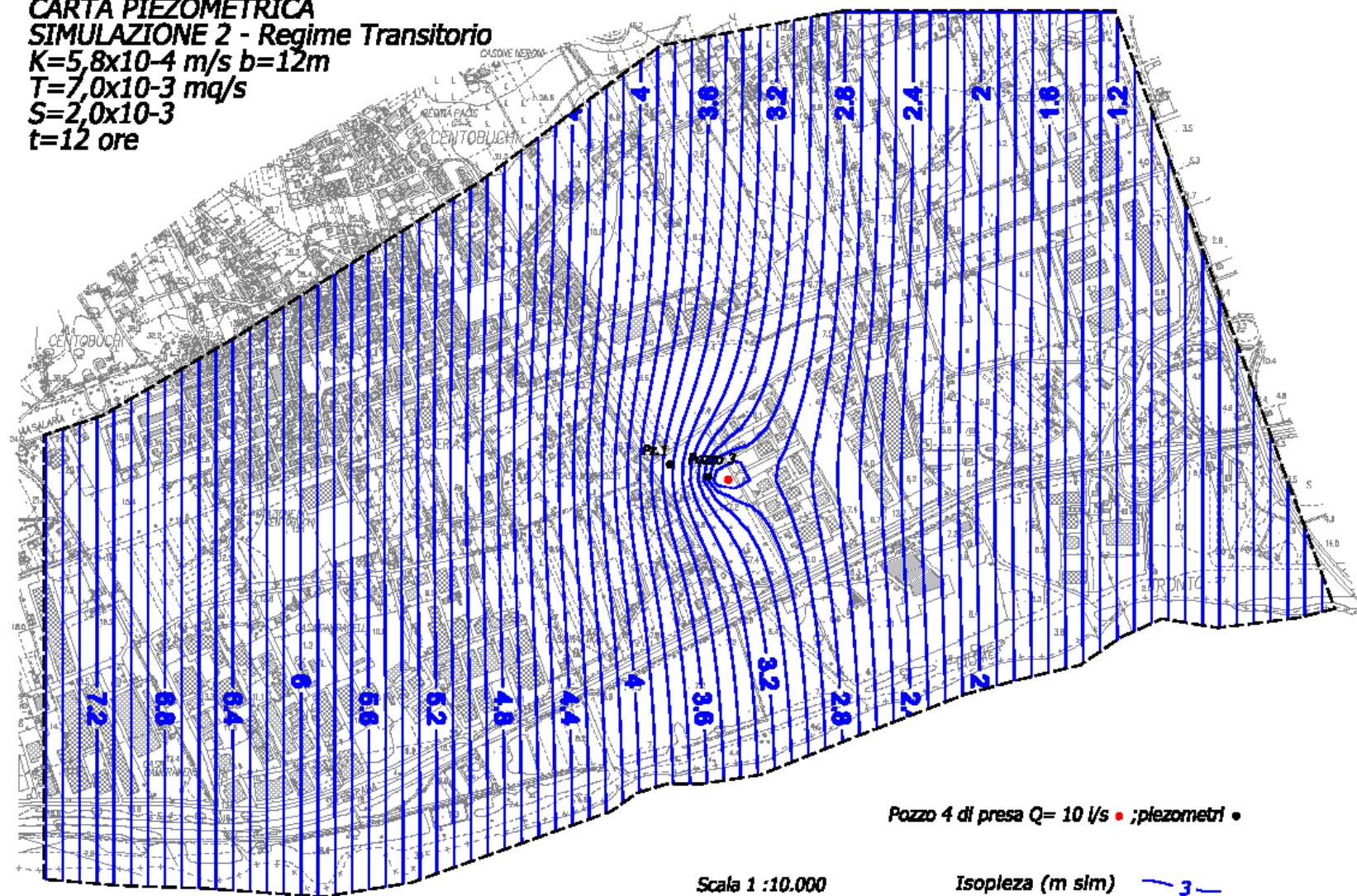






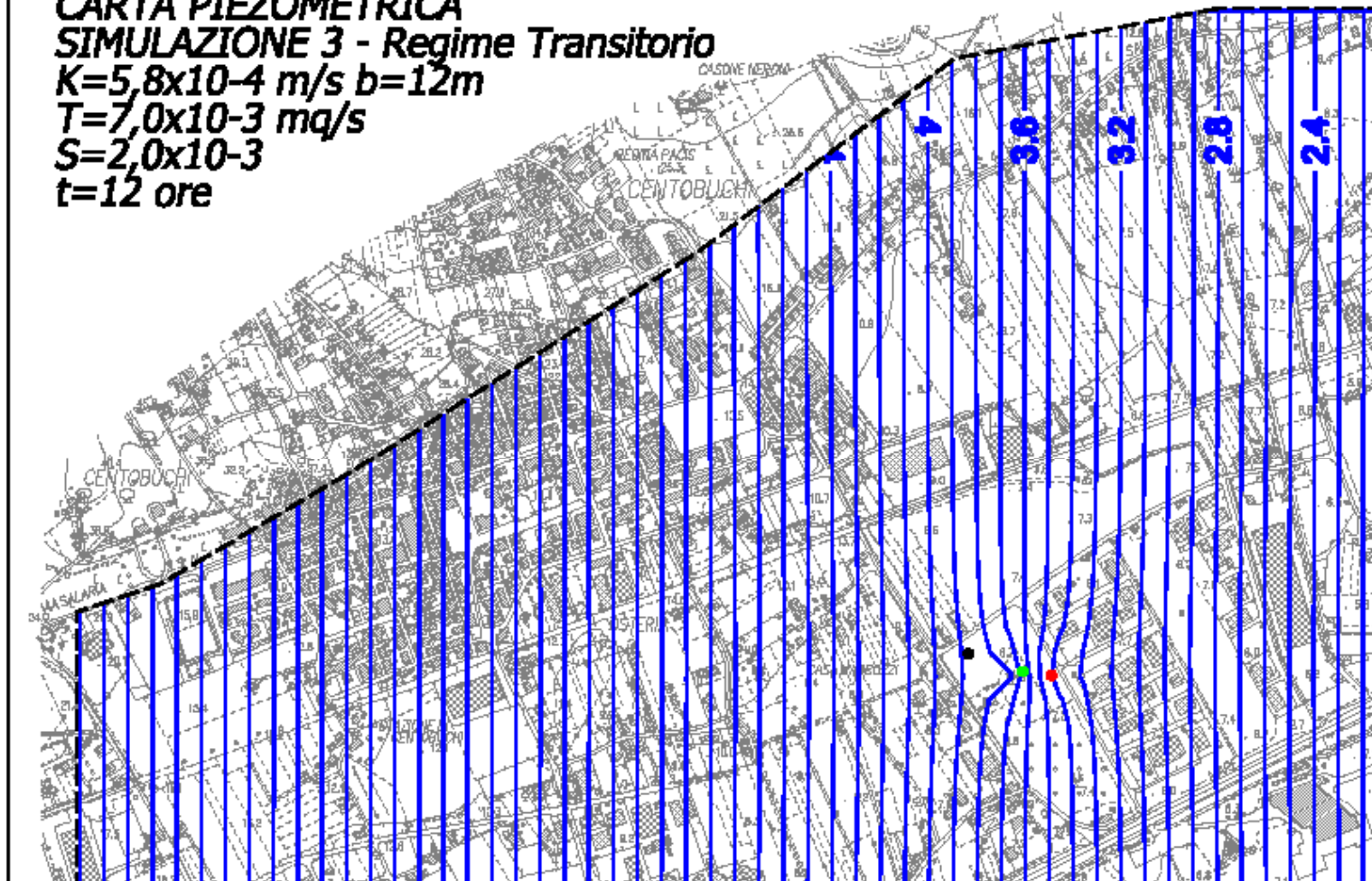


**CARTA PIEZOMETRICA**  
**SIMULAZIONE 2 - Regime Transitorio**  
 $K=5,8 \times 10^{-4} \text{ m/s}$   $b=12\text{m}$   
 $T=7,0 \times 10^{-3} \text{ mq/s}$   
 $S=2,0 \times 10^{-3}$   
 $t=12 \text{ ore}$



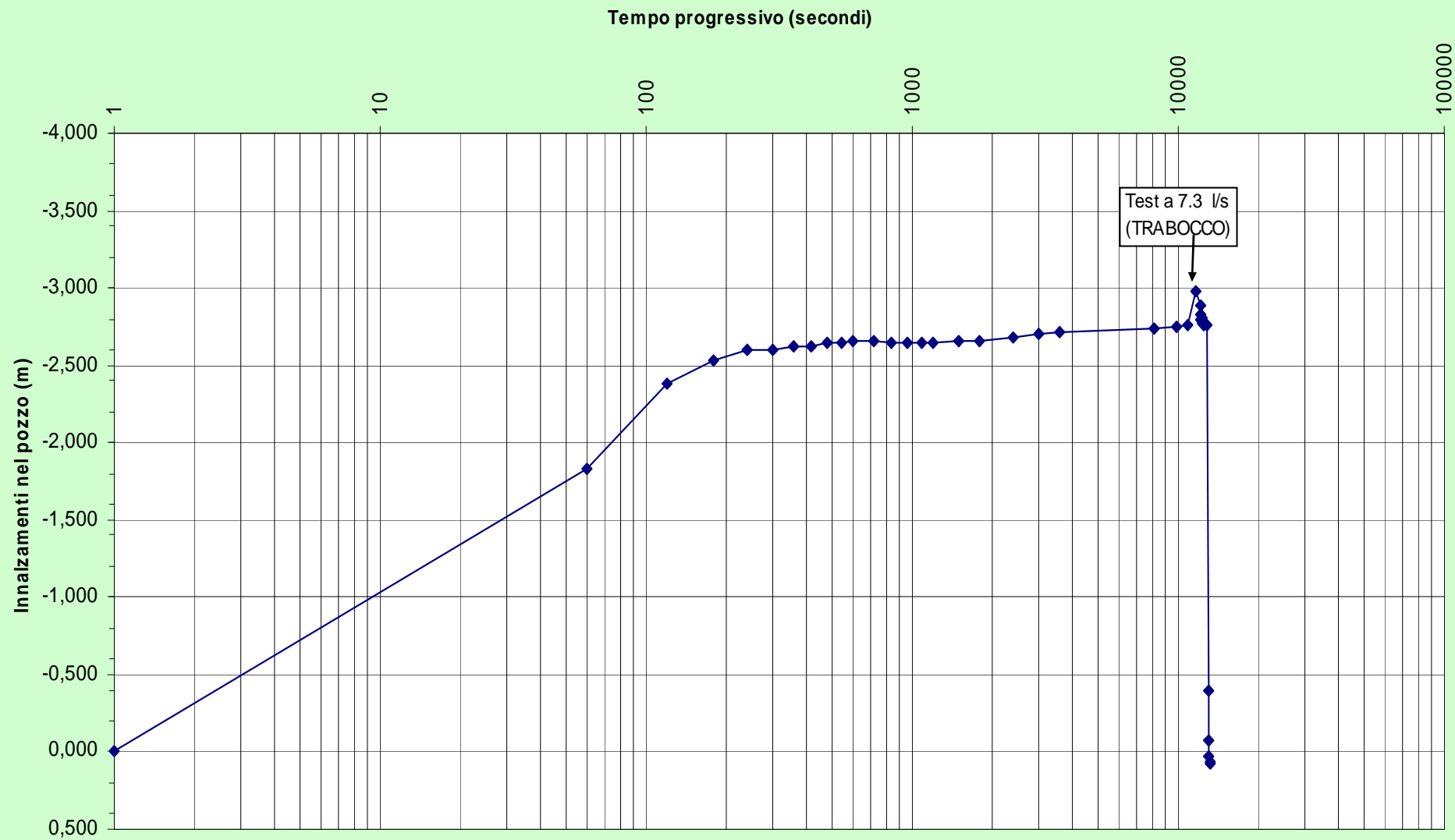


**CARTA PIEZOMETRICA**  
**SIMULAZIONE 3 - Regime Transitorio**  
 $K=5,8 \times 10^{-4} \text{ m/s}$   $b=12\text{m}$   
 $T=7,0 \times 10^{-3} \text{ mq/s}$   
 $S=2,0 \times 10^{-3}$   
 $t=12 \text{ ore}$

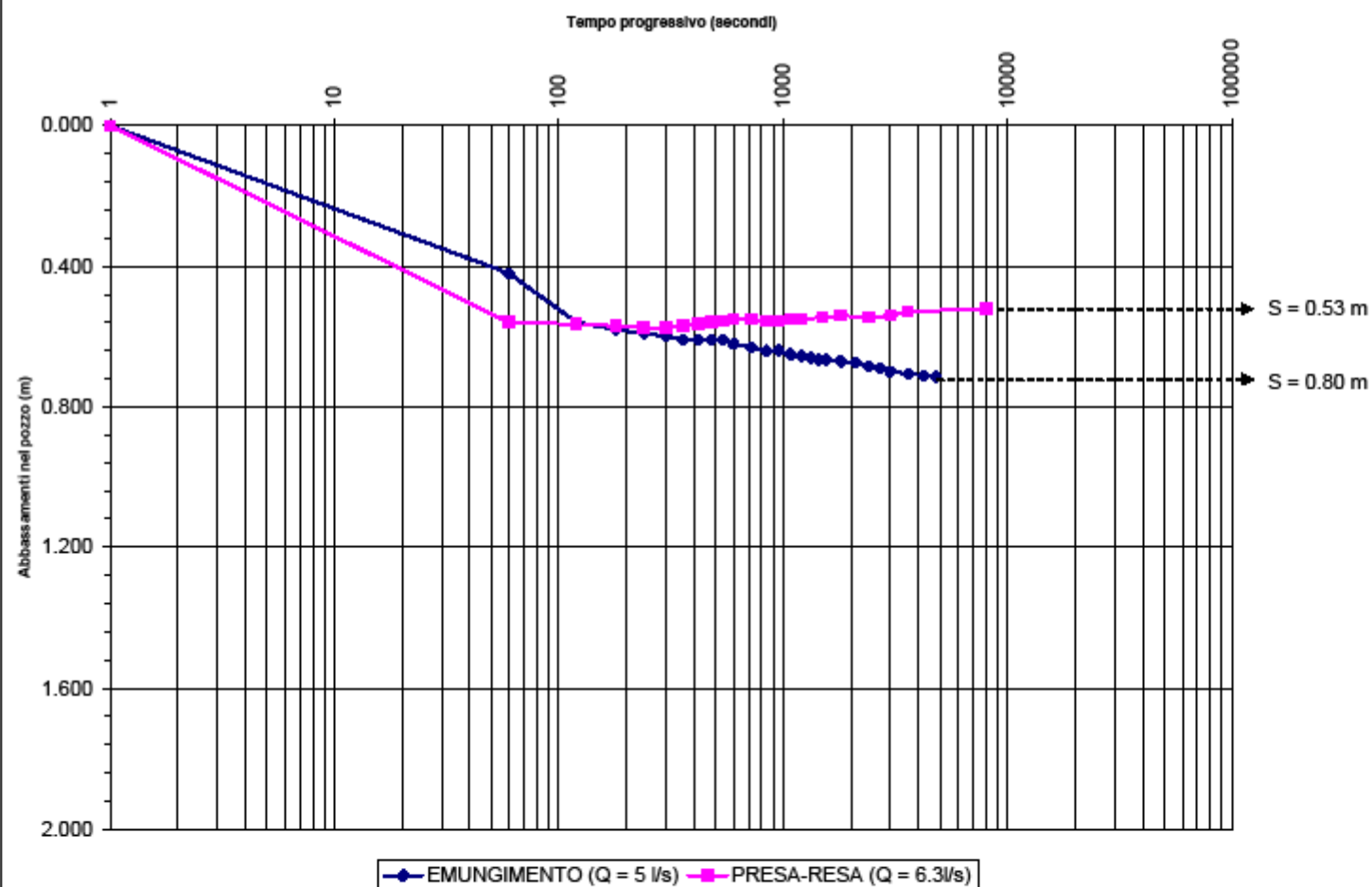


Pozzo di presa a valle – pozzo di resa a monte: +/- 10 l/s

**GRAFICO TEMPO/INNALZAMENTI  
RIFERITO AL TEST DI RESA DEL POZZO 3**



**CONFRONTO TRA IL TEST DI PRESA - RESA ED EMUNGIMENTO**  
**Pozzo 4**



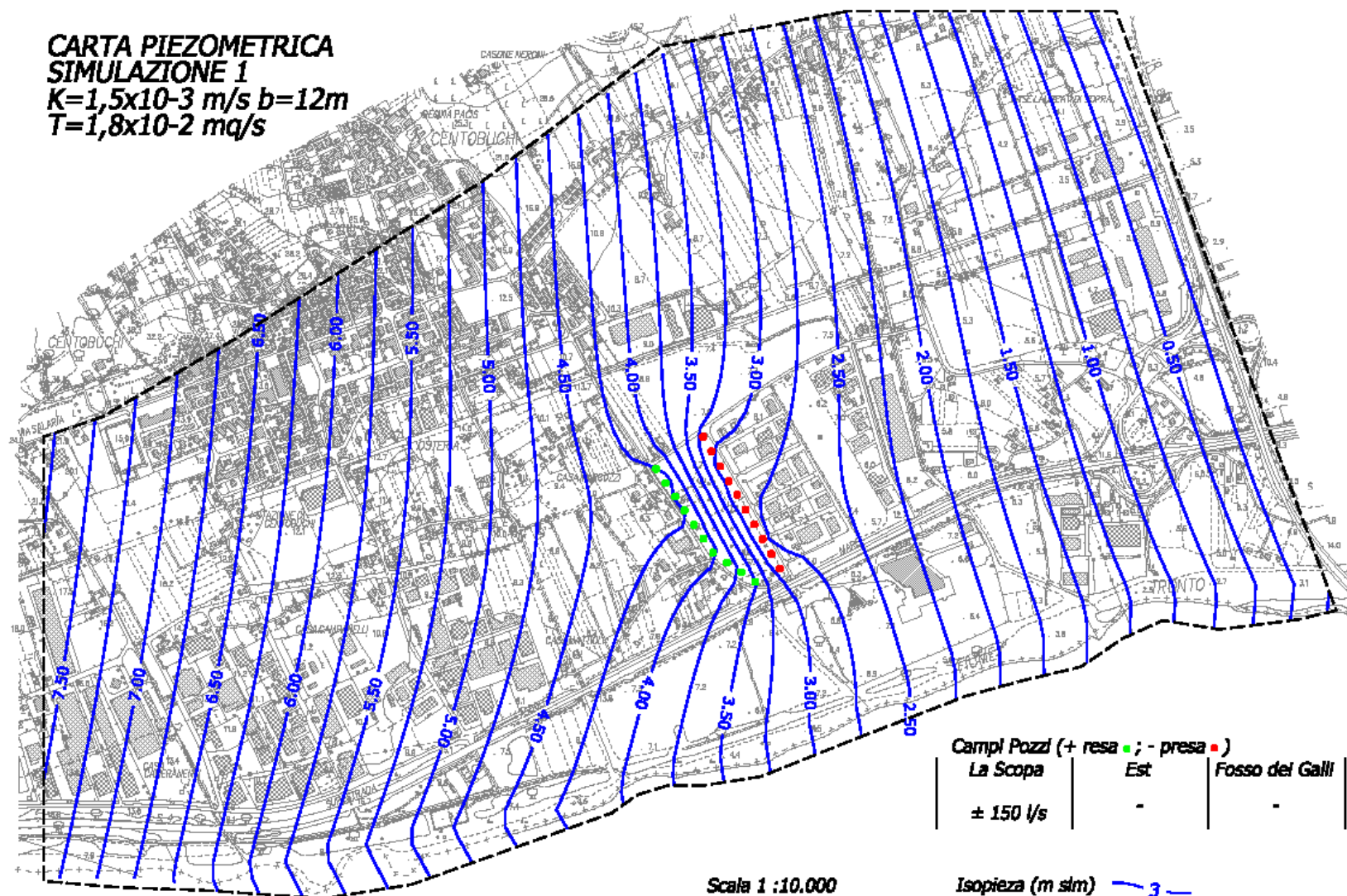
# Perché “presa e resa”

- Necessita' di mantenere il Bilancio ricarica-prelievi dell'acquifero.
- Diminuire gli abbassamenti in falda →
- Evitare i cedimenti dei terreni compressibili per drenaggio della falda superficiale
- Evitare il richiamo di acque a scarso ricambio e/o inquinate
- Evitare una eventuale progressione del “cuneo salino”

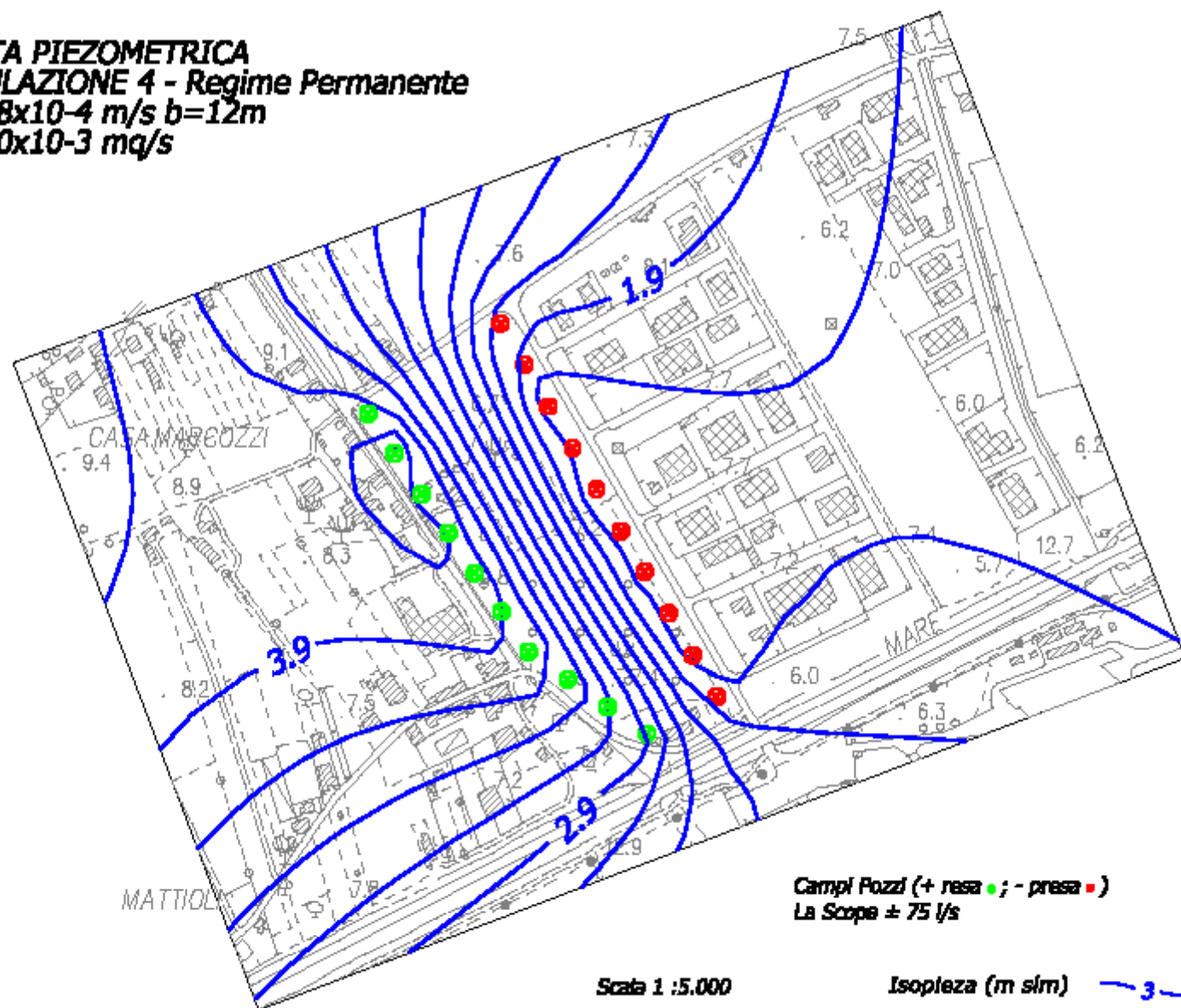
Anche questa è una forma di “invarianza idraulica”...



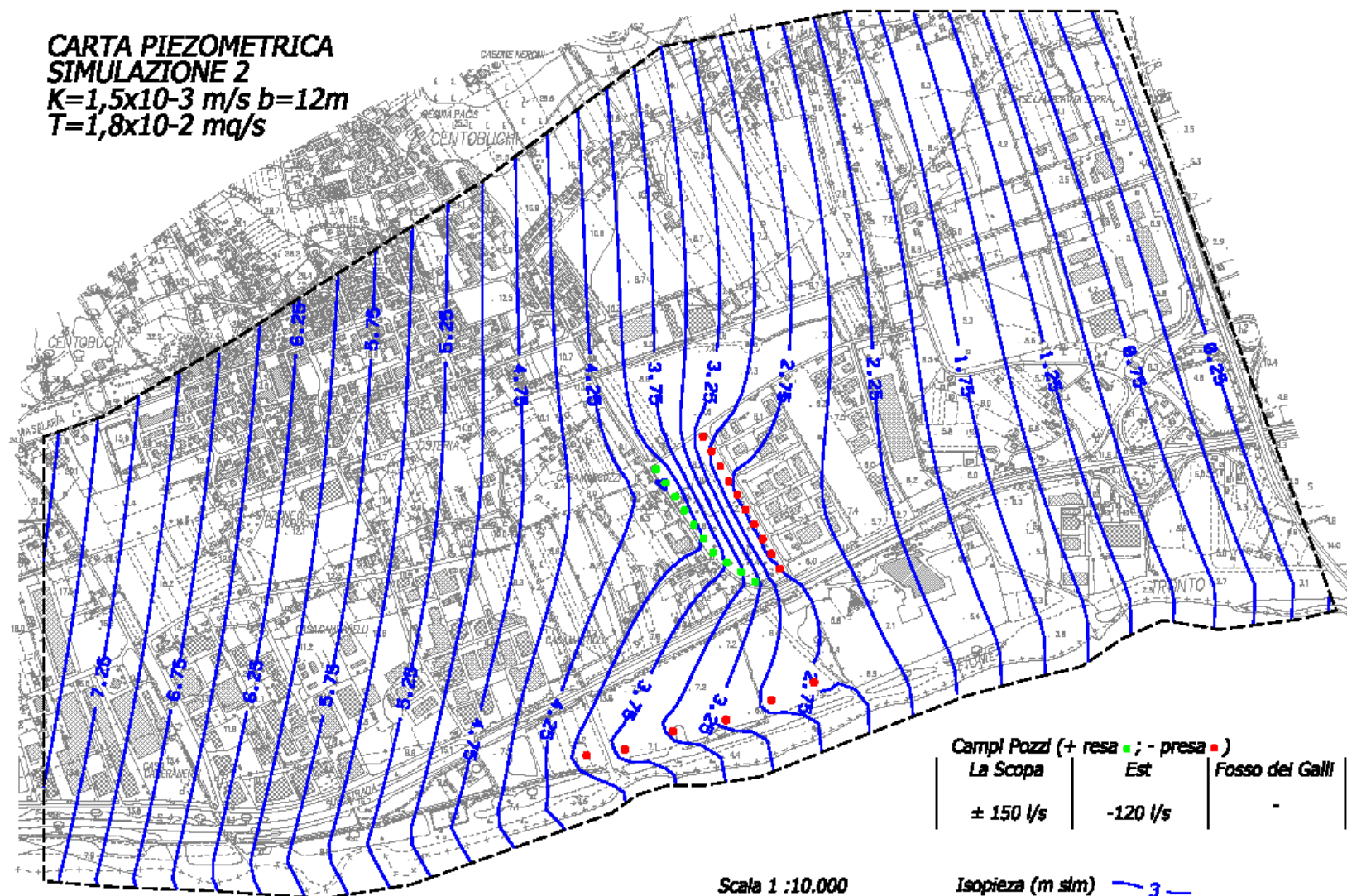
**CARTA PIEZOMETRICA  
SIMULAZIONE 1**  
 $K=1,5 \times 10^{-3} \text{ m/s}$   $b=12\text{m}$   
 $T=1,8 \times 10^{-2} \text{ mq/s}$



**CARTA PIEZOMETRICA**  
**SIMULAZIONE 4 - Regime Permanente**  
 $K=5,8 \times 10^{-4} \text{ m/s}$   $b=12\text{m}$   
 $T=7,0 \times 10^{-3} \text{ mq/s}$



**CARTA PIEZOMETRICA  
SIMULAZIONE 2**  
 $K=1,5 \times 10^{-3} \text{ m/s}$   $b=12\text{m}$   
 $T=1,8 \times 10^{-2} \text{ mq/s}$

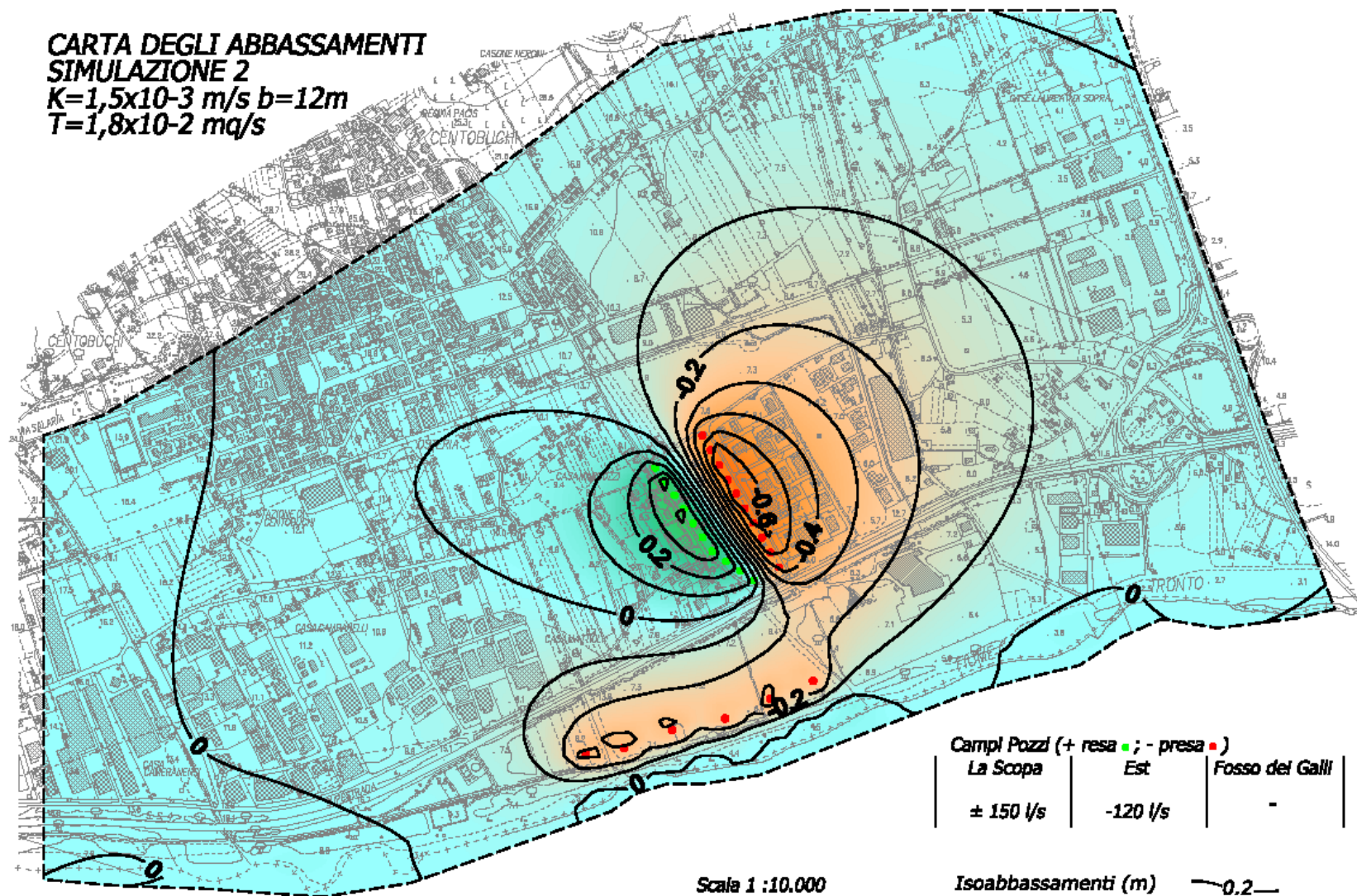




$$T = 1,8 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$$

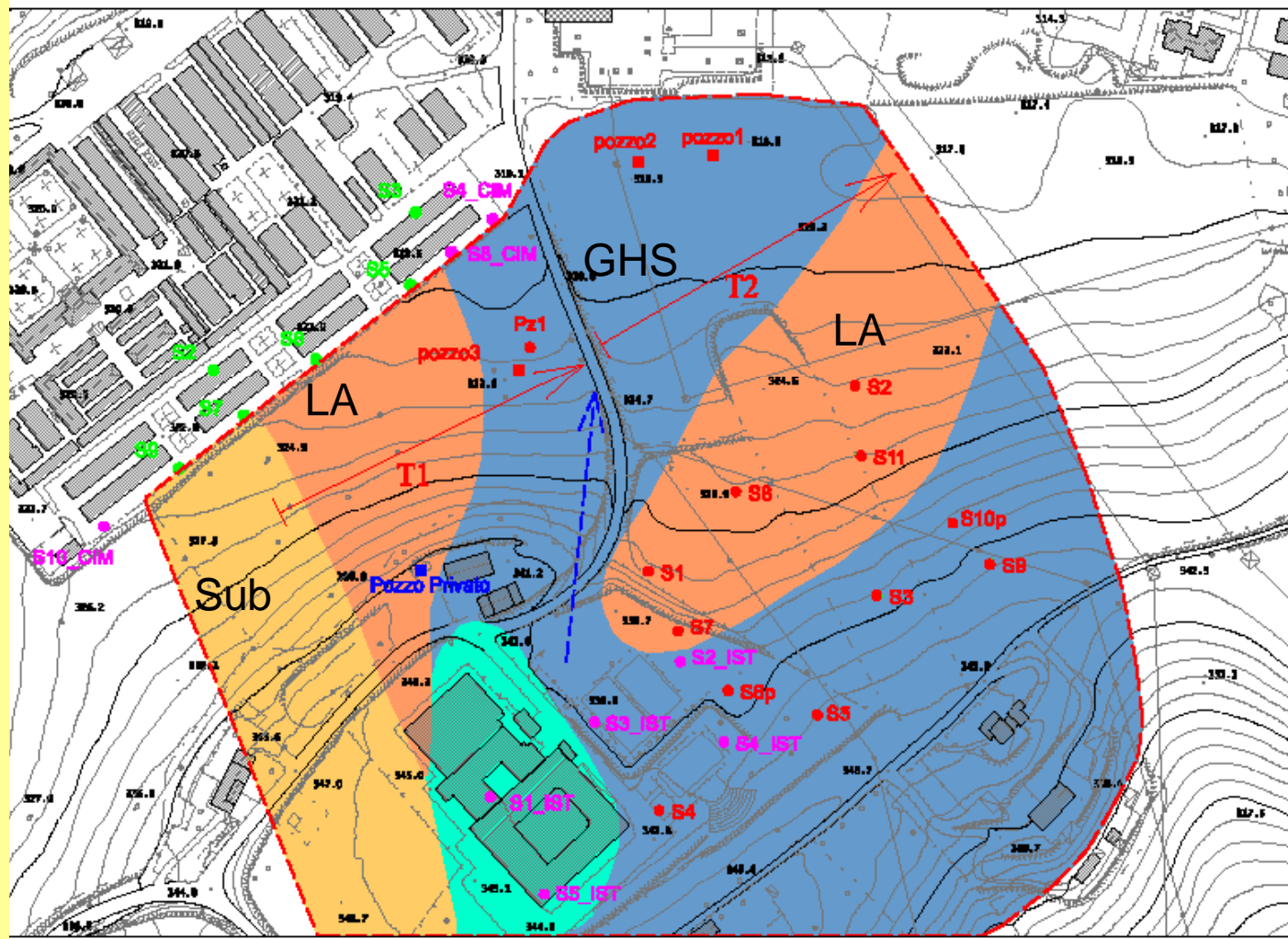


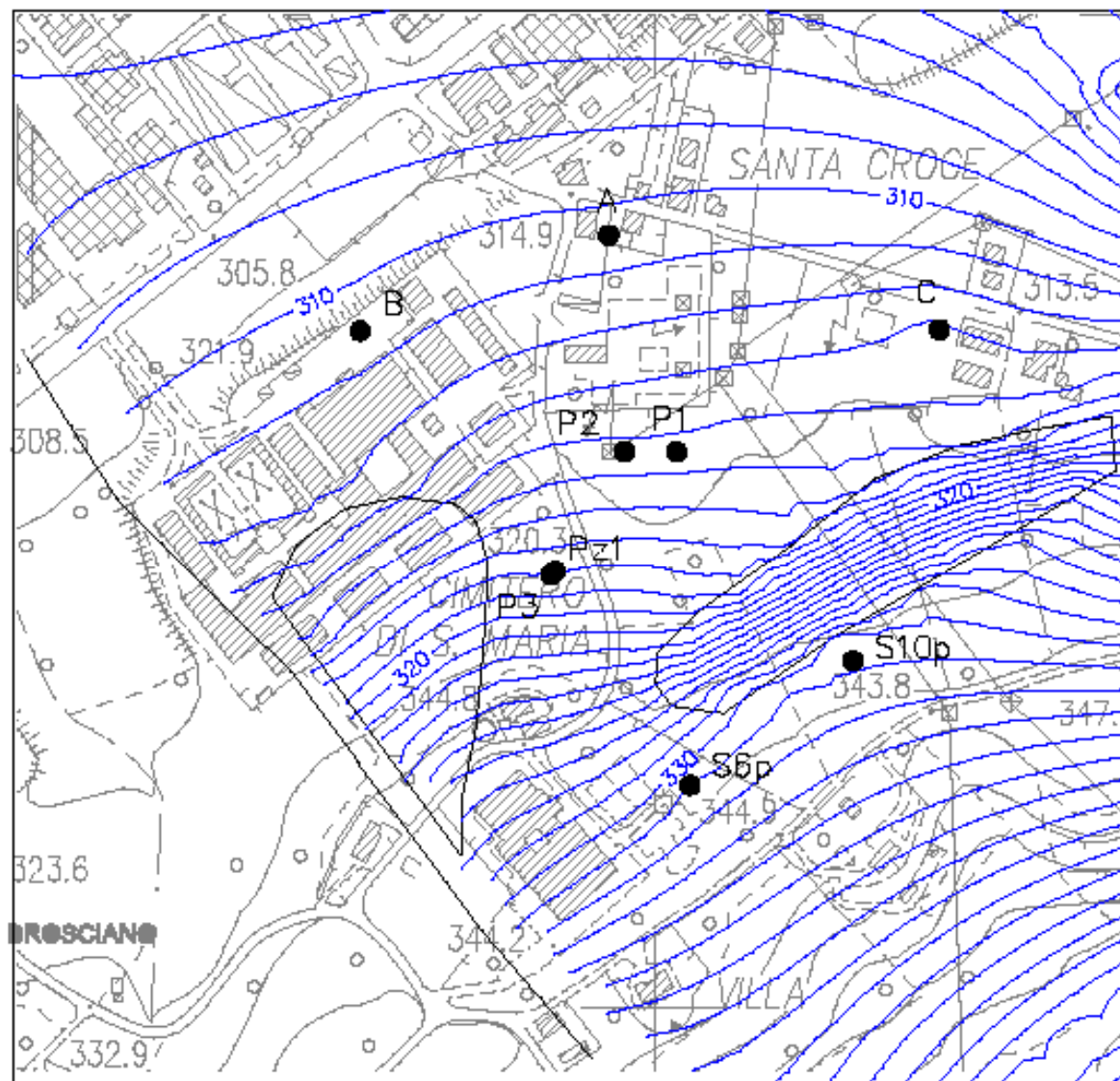

**CARTA DEGLI ABBASSAMENTI  
SIMULAZIONE 2**  
 $K=1,5 \times 10^{-3} \text{ m/s } b=12\text{m}$   
 $T=1,8 \times 10^{-2} \text{ mq/s}$



## 2- Impianto ad anello aperto in depositi fluvio-lacustri

### Inquadramento geologico



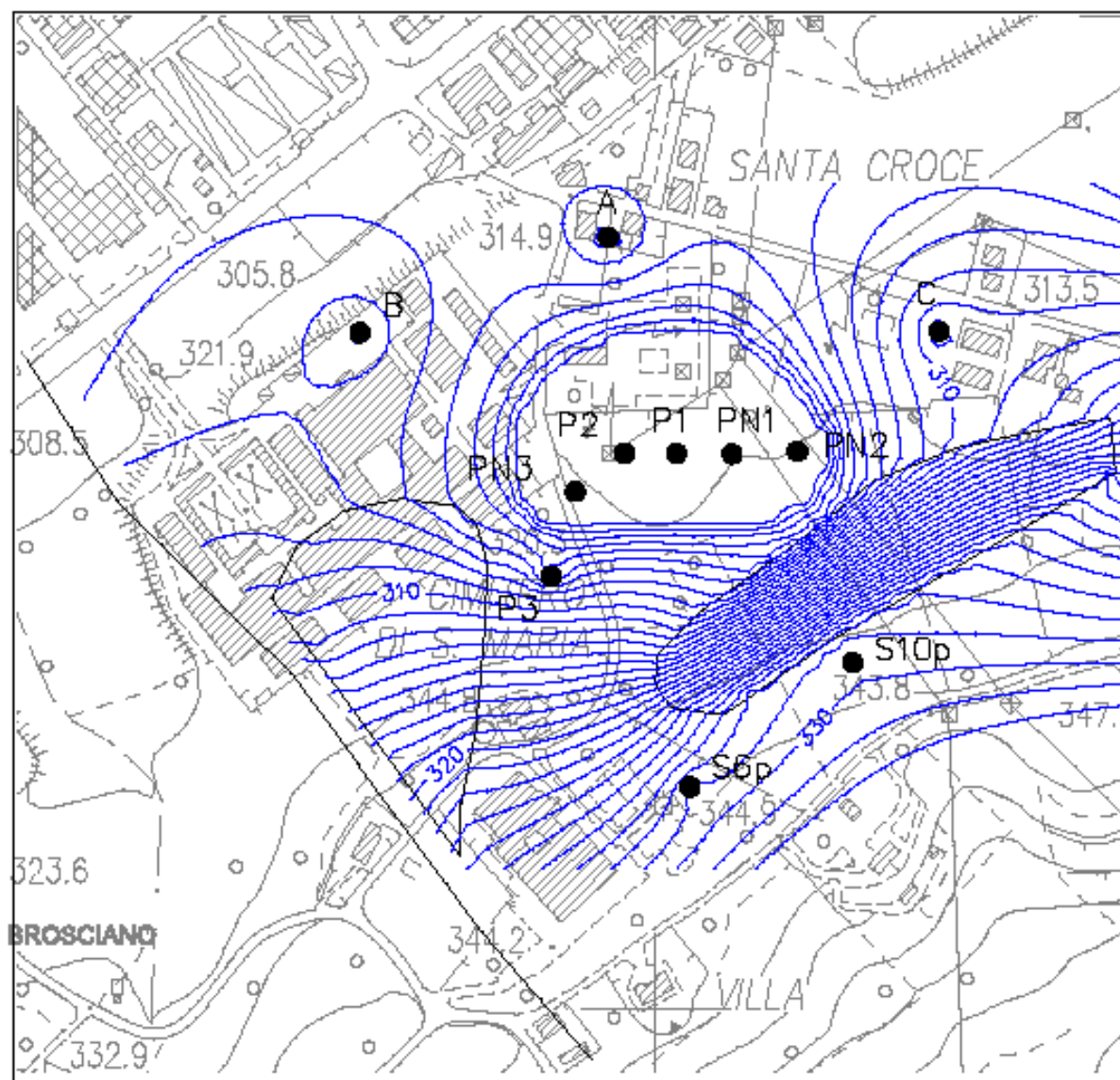


SIMULAZIONE IDRODINAMICA  
REGIME PERMANENTE  
CONDIZIONI INIZIALI

- Pozzi
- P = pozzi esistenti
- Pz, S = piezometri
- A, B, C = pozzi fittizi
- Aree a minor permeabilità
- Limite stagno
- 300 Isofreatica (m s.l.m.)

Scala 1 : 4.000





SIMULAZIONE IDRODINAMICA  
 REGIME PERMANENTE  
 Q TOTALE EMUNTA = 9.0 l/s  
 NESSUNA RICARICA  
 FALDA PROSCIUGATA

● Pozzo in emungimento  
 P = pozzi esistenti  
 PN = pozzi in progetto  
 S = piezometri

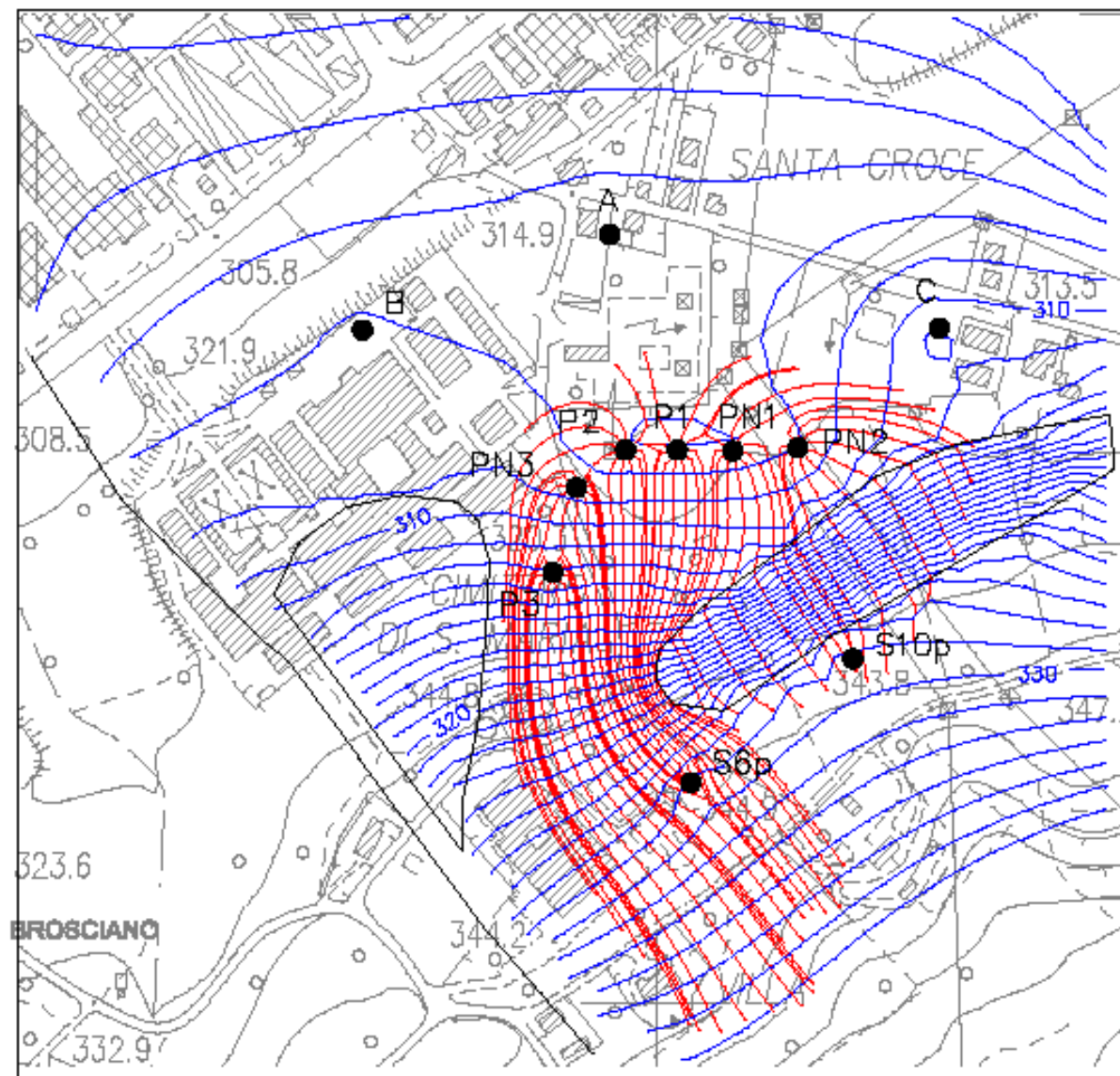
— Aree a minor permeabilità

— Limite stagno

-300' Isofreatica (m s.l.m.)

Scala 1 : 4.000

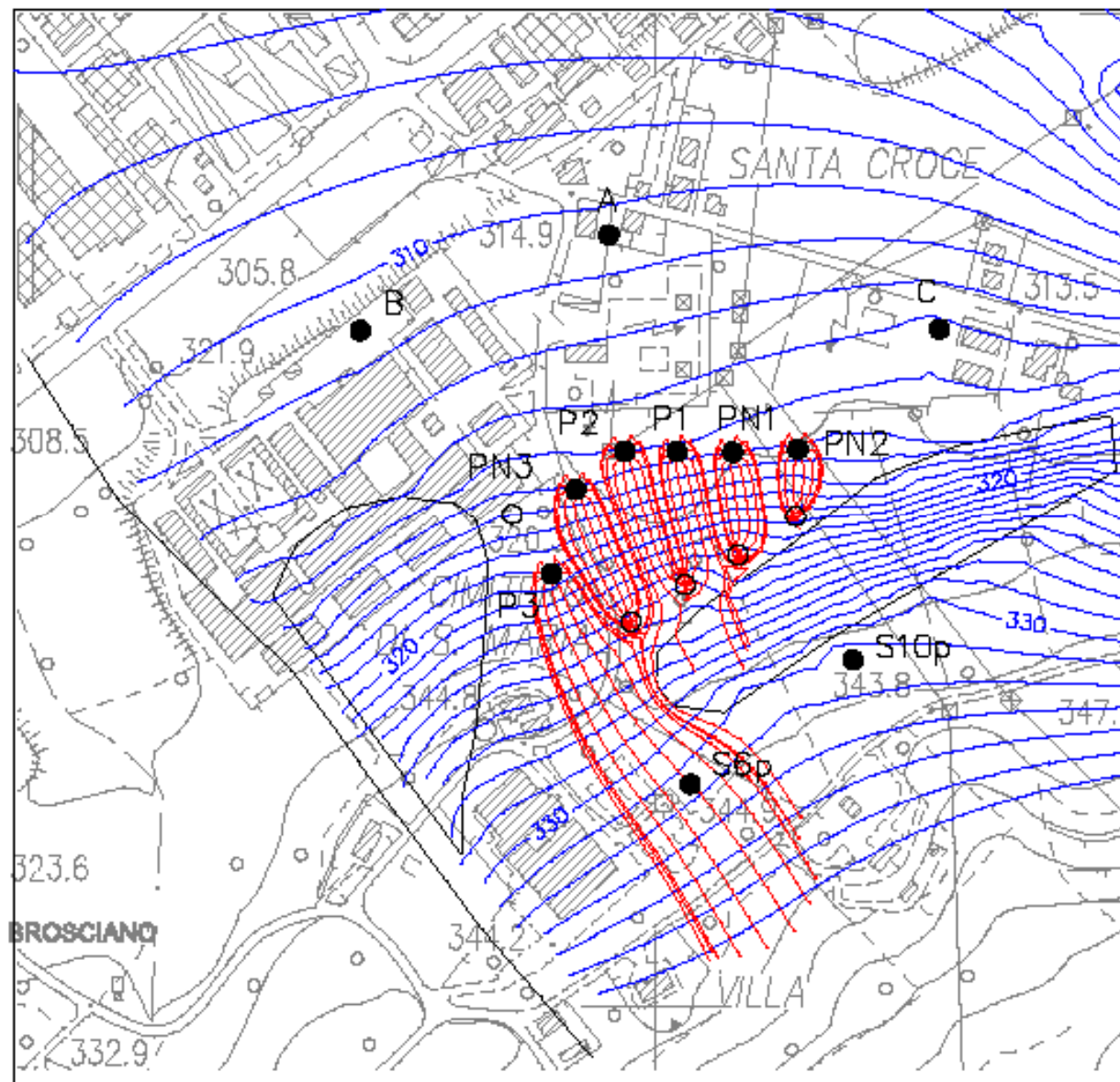




SIMULAZIONE IDRODINAMICA  
 REGIME PERMANENTE  
 Q TOTALE EMUNTA = 4.8 l/s  
 NESSUNA RICARICA

- Pozzo in emungimento  
 P = pozzi esistenti  
 PN = pozzi in progetto  
 S = piezometri
- Aree a minor permeabilità
- Limite stagno
- 300 Isofreatica (m s.l.m.)
- Linee di flusso dopo 1 anno

Scala 1 : 4.000



SIMULAZIONE IDRODINAMICA

REGIME PERMANENTE

Q TOTALE EMUNTA = 4.8 l/s

Q RESA = 4.8 l/s

● Pozzo in emungimento  
P = pozzi esistenti  
PN = pozzi in progetto  
S = piezometri

○ Pozzi di resa

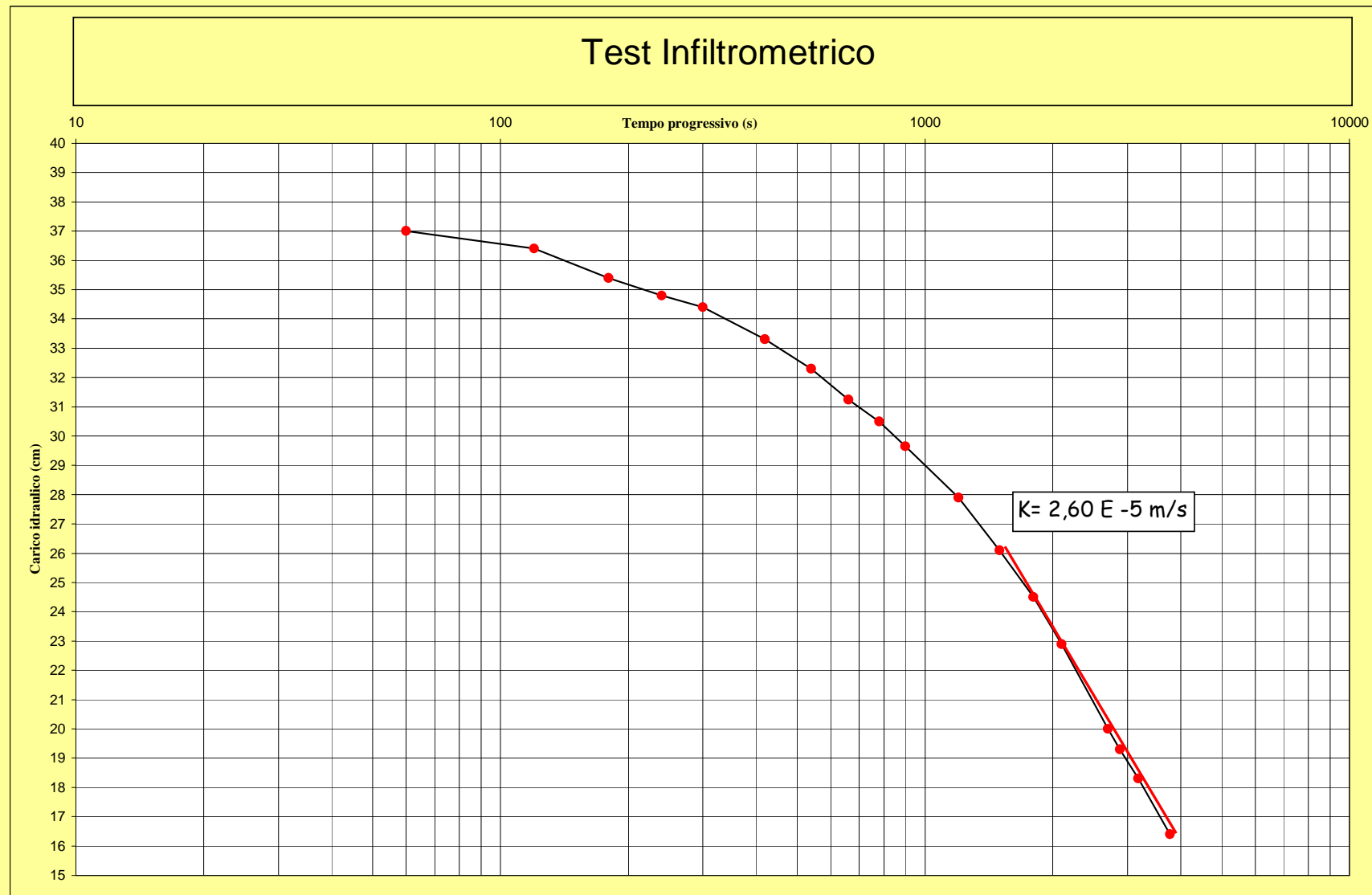
— Aree a minor permeabilità

— Limite stagno

300 Isofreatica (m s.l.m.)

— Linee di flusso dopo 1 anno

Scala 1 : 4.000



Perché la infiltrazione: tra le altre cose, la ricarica indiretta attraverso l'insaturo favorisce il riequilibrio termico dell'acqua

## Verifiche fisico-chimiche, chimiche e microbiologiche

- Valutazione del “plume termico” mediante formulazioni e/o modelli di trasporto ( almeno per le grandi realizzazioni )
- Valutazione delle variazioni ossido riduttive connesse al pompaggio e re-immissione delle acque in falda, con potenziali effetti su specie chimiche congenite ad alcuni acquiferi, quali il Fe ed il Mn.
- Acquisizione delle schede tecniche-tossicologiche dei materiali utilizzati nell'impianto
- Redazione di un protocollo di controlli e manutenzioni, che tenga conto dei fenomeni di “clogging” dei filtri, anche imputabili a proliferazione batterica o algale connessa alla restituzione di acque a maggior contenuto termico in falda.



## Linee Guida - Informazioni di base per progetti di impianti ad anello aperto (i.a.a.)

Progetto/richiedente	Località/Comune	Potenza termica di progetto (Kwt)	Acquifero di riferimento <sup>(1)</sup>	Portata di prelievo (l/sec)
Numero pozzi di presa	Scarico sì/no ( se sì, corpo idrico recettore )	Reimmissione in falda (si/no)	Numero pozzi di resa o bacino disperdente	Altri utilizzi dell'acqua di risulta <sup>(2)</sup>
Breve descrizione impiantistica, compresi i pozzi ( profondità, diametro, ecc. )				
Presenza di pozzi acedottistici entro i 500 m (si/no), se sì, distanza del pozzo più vicino	Portata di pozzi acedottistici entro i 500 m	Presenza di concessioni private entro i 500 m (si/no), se sì, distanza del pozzo più vicino	Spessore dell'acquifero (m)	Trasmissività dell'acquifero (m <sup>2</sup> / sec)
Temperatura media delle acque sotterranee (°C)	Presenza di Aree di Salvaguardia di pozzi-sorgenti (si / no, se sì allegare stralcio cartografico)	Presenza di siti contaminati entro i 500 m	Presenza di aree industriali o P.V. carburanti entro i 500 m	Presenza di aree umide protette – SIC/ZPS entro i 500 m

(1) Alluvionali; detritici e fluvio-lacustri; calcarei; marnoso-calcarei; marnoso-arenacei; altri

(2) Irrigui, per arredo urbano e spazi verdi, ecc.

## Linee Guida - Zone di rispetto di pozzi e sorgenti - criteri e vincoli di compatibilità idrogeologica

Aree di Salvaguardia	Pozzi	Sorgenti ( $Q_{media} < 5 \text{ l/sec}$ )	Sorgenti ( $Q_{media} > 5 \text{ l/sec}$ )	Vincolo alla realizzazione di impianti geotermici
<b>Area di rispetto ristretta</b>	$t = 60 \text{ gg}$	Area racchiusa tra la semicirconferenza con raggio 200 m con centro sulla sorgente e la isoipsa passante per la sorgente	Criterio idrogeologico o morfologico-altimetrico; metodo del dimezzamento della portata	Sì
<b>Area di rispetto allargata</b>	$t = 180 \text{ gg}$ ( $t = 365 \text{ gg}$ per acquiferi a vulnerabilità molto elevata)	Criterio idrogeologico o morfologico-altimetrico	Criterio idrogeologico o metodo del dimezzamento della portata	Condizionato alla verifica della compatibilità idrogeologica

## Linee Guida: analisi di Compatibilità idrogeologica

**A1)** Per progetti che ricadano entro la Zra di pozzi o sorgenti e/o che implicino portate di prelievo superiori ai 10 l/s e sino a 50 l/s, dovrà essere implementato uno studio idrogeologico approfondito, che evidenzi le influenze sull'ambiente idrico sotterraneo del progetto geotermico ed avente come minimo i seguenti contenuti:

- ricostruzione del campo di moto della falda in condizioni statiche e dinamiche entro un raggio di almeno 500 m ;
- redazione del Bilancio Idrologico dell'area con computo delle risorse idriche rinnovabili;
- svolgimento di test di pompaggio per la determinazione dei parametri idrogeologici dell'acquifero;
- implementazione del modello di flusso atto a simulare gli effetti sulla falda dell'emungimento ed eventualmente della resa dell'acqua di processo;
- valutazione degli effetti del progetto di presa / resa delle acque di falda a livello geotecnico (es. variazione delle pressioni interstiziali sui terreni di fondazione );
- determinazione della qualità delle acque di falda in relazione alla presenza dei Centri di Pericolo presenti nell'area di influenza dell'impianto.



## Linee Guida: analisi di Compatibilità idrogeologica e VIA

- Nel dettaglio, si ritiene che debbano essere assoggettati a VIA tutti i progetti di impianti geotermici ad anello chiuso od aperto, di potenza compresa tra 500 Kwt ed 1Mwt, ovvero di portata compresa tra 50 e 100 l/sec, da realizzarsi nell'ambito degli acquiferi della Regione Marche, (acquiferi così come classificati nel Piano di Tutela delle Acque).
- Tale criterio è improntato sia alla tutela delle risorse idriche regionali e dei preminenti usi idropotabili delle stesse, previsti dalla legge, che alla previsione di un effetto sommativo determinato da realizzazioni geotermiche plurime nell'ambito del medesimo acquifero.
- Esso tende a incentivare le piccole e medie realizzazioni evitando una eventuale eccessiva ed indiscriminata proliferazione degli impianti geotermici, specialmente di grande taglia.
- Sotto tale aspetto il legislatore regionale potrebbe individuare una taglia massima di impianto per ciascun acquifero (es. acquifero del Metauro, acquifero dell'Esino, ecc.), adottando ad esempio il limite sopraindicato di 1 Mwt (per impianti a sonde geotermiche) e di 100 l/sec per impianti ad anello aperto.

## *Conclusioni*

1) Gli impianti ad anello aperto rappresentano, specialmente in ambito alluvionale ed in particolare in aree residuali sotto il profilo acquedottistico, una opzione che può rendere vantaggioso sotto il profilo tecnico e dei costi la realizzazione di un impianto di “Geoscambio”

2) A livello di prefattibilità, si richiama la esigenza di disporre di una carta delle Potenzialità Geotermiche della Regione Marche, che indichi la produttività degli acquiferi e i principali vincoli all'utilizzo della risorsa ai fini geotermici ( es. funzione idropotabile preminente, qualità, ecc. ) elementi che possono discendere dal PTA esistente e da un prossimo PRA

3) Stante il principio del rispetto del Bilancio Idrico (cfr. PTA) e della auspicabile “invarianza idraulica”, deve essere normata in maniera specifica la possibilità di resa al medesimo acquifero delle acque utilizzate dall’impianto geotermico, definendo tutte le verifiche necessarie ( asseverazione della qualità in uscita, ricarica diretta od indiretta, ecc. ).

4) Così come proposto nelle Linee Guida, ed in accordo con la L.R. 7/2004 e s.m., appare opportuno assoggettare i progetti di dimensioni maggiori a procedura di VIA-VAS. In particolare la L.R. 7/2004 in materia di VIA ( All. A1, art 1, punto b ) indica in 100 l/sec il limite oltre il quale i progetti di utilizzo delle acque sotterranee richiedono la procedura di VIA di competenza regionale e in 50 l/sec ( All. B2, punto 5d ) il limite per i procedimenti di VIA di competenza provinciale.





GRAZIE  
DELL'ATTENZIONE