



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SIENA
FACOLTÀ DI SCIENZE MATEMATICHE, FISICHE E NATURALI
CENTRO DI GEOTECNOLOGIE
Corso di Laurea Magistrale in Geologia Applicata

**Studio di modelli di resistività
finalizzati alla caratterizzazione di
un acquifero in località Bassa
(Cerreto Guidi-Firenze)**

Relatore:

Dott. Fabio Mantovani

Co-relatore:

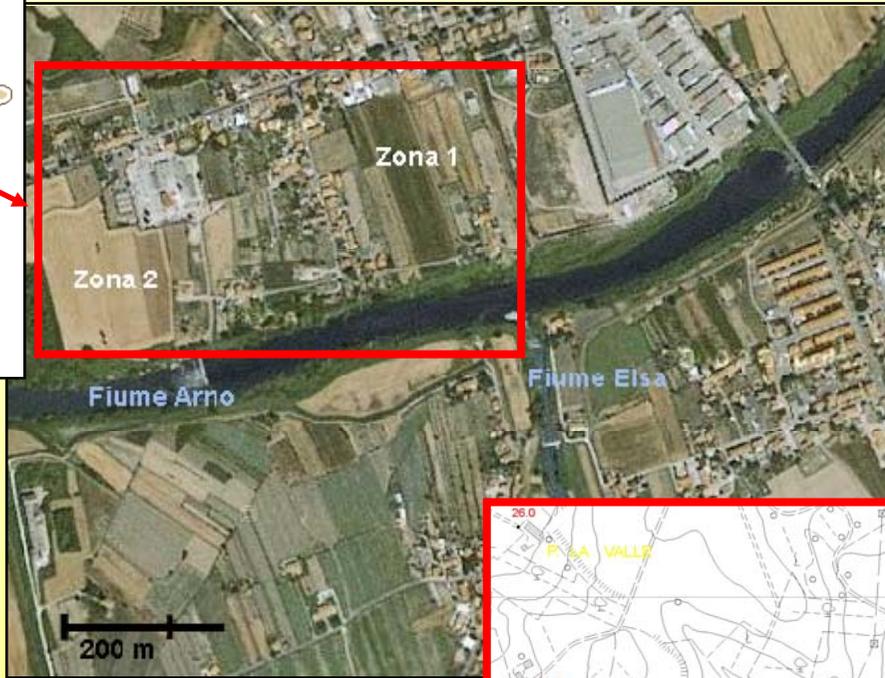
Dott. Claudio Rossi

**Tesi di Laurea
di Catia Salvadori**

Sommario

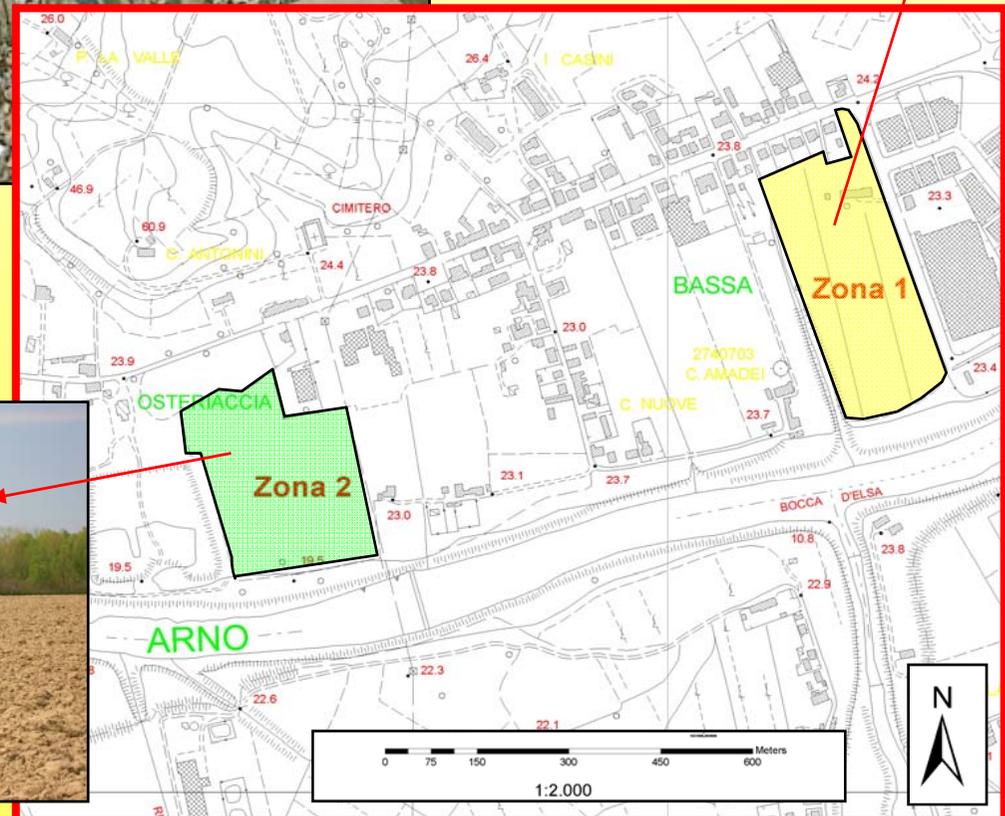
- ✓ **Contestualizzazione geologica del sito**
- ✓ **Metodo e pianificazione della campagna di misure**
- ✓ **Modelli di resistività dell'area attualmente sfruttata**
- ✓ **Studio integrato dei dati geologici, geoelettrici e idrogeologici**
- ✓ **Modelli di resistività dell'area destinata al futuro sfruttamento**
 - *Ubicazione dei futuri pozzi e caratterizzazione degli acquiferi*
- ✓ **Conclusioni**

Localizzazione del sito

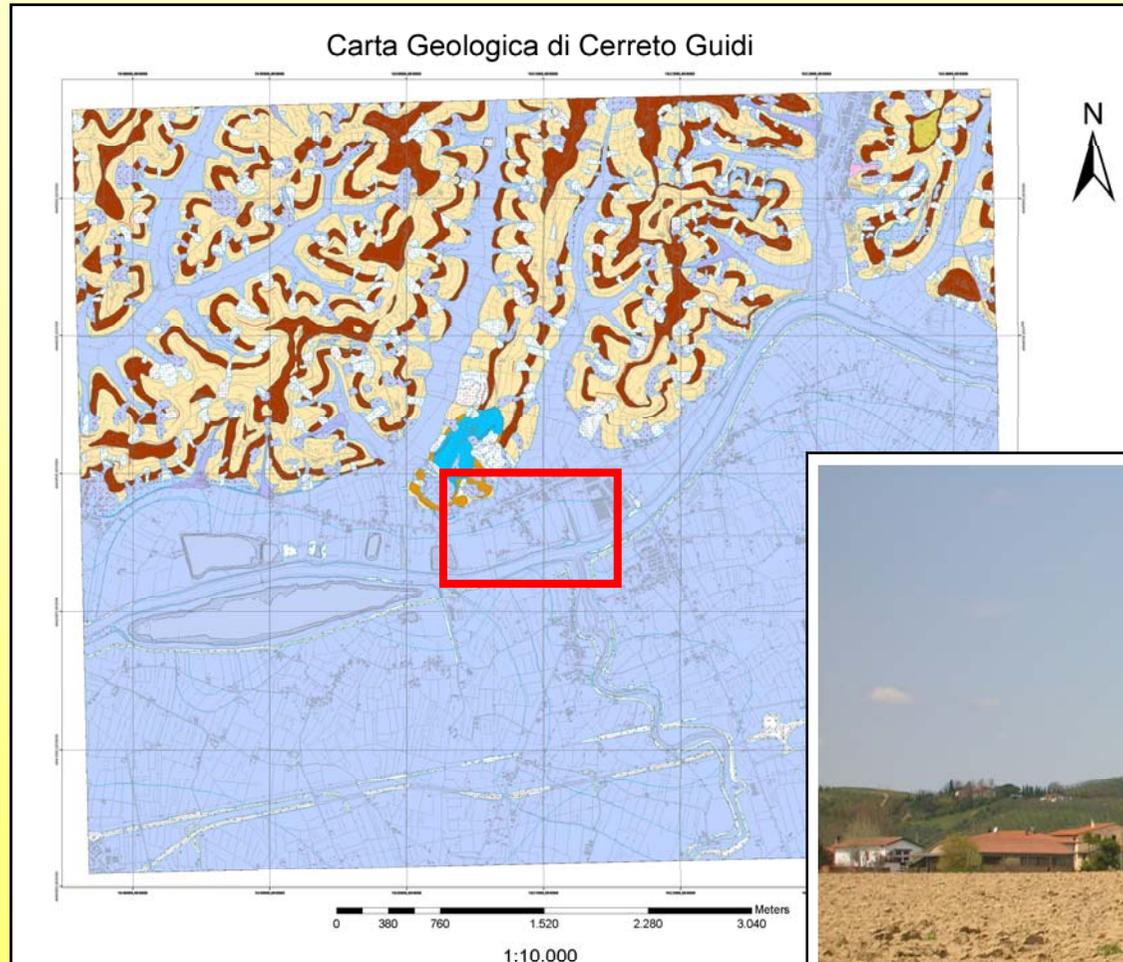


✓ **Zona 1:**
attualmente
sfruttata
per la
captazione

✓ **Zona 2:**
dell'area
destinata al
futuro
sfruttamento



Inquadramento geologico



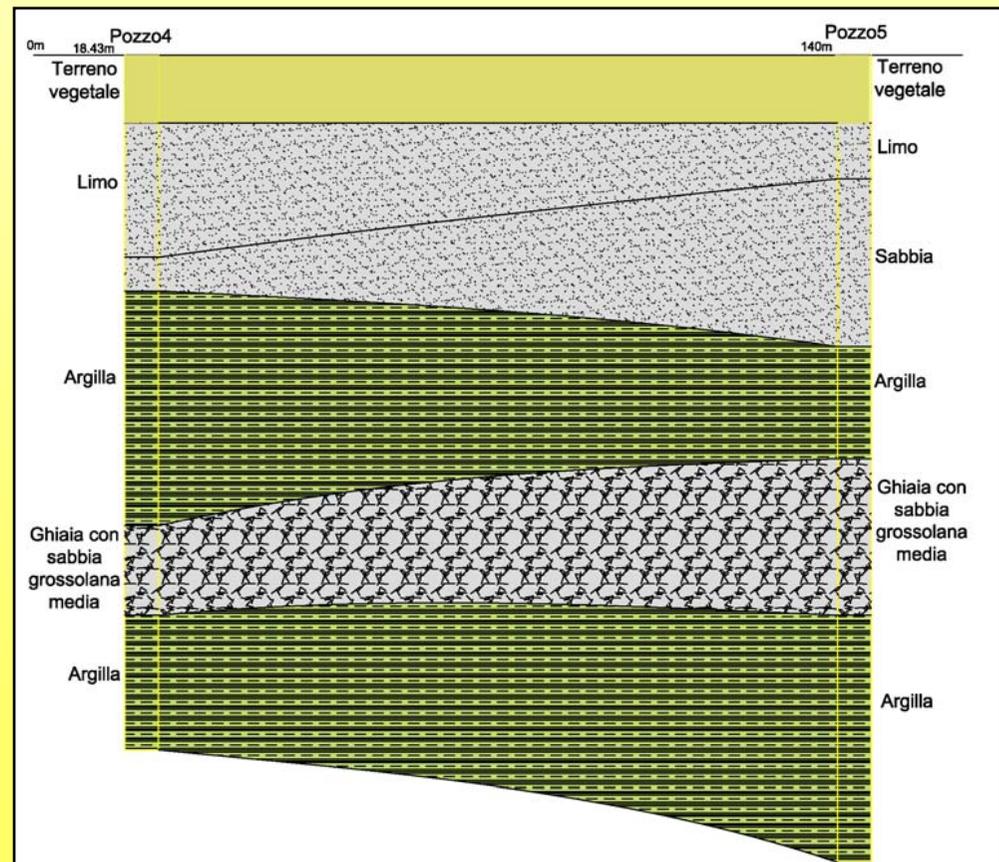
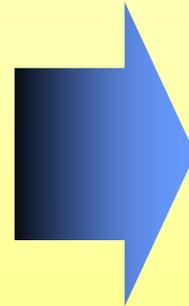
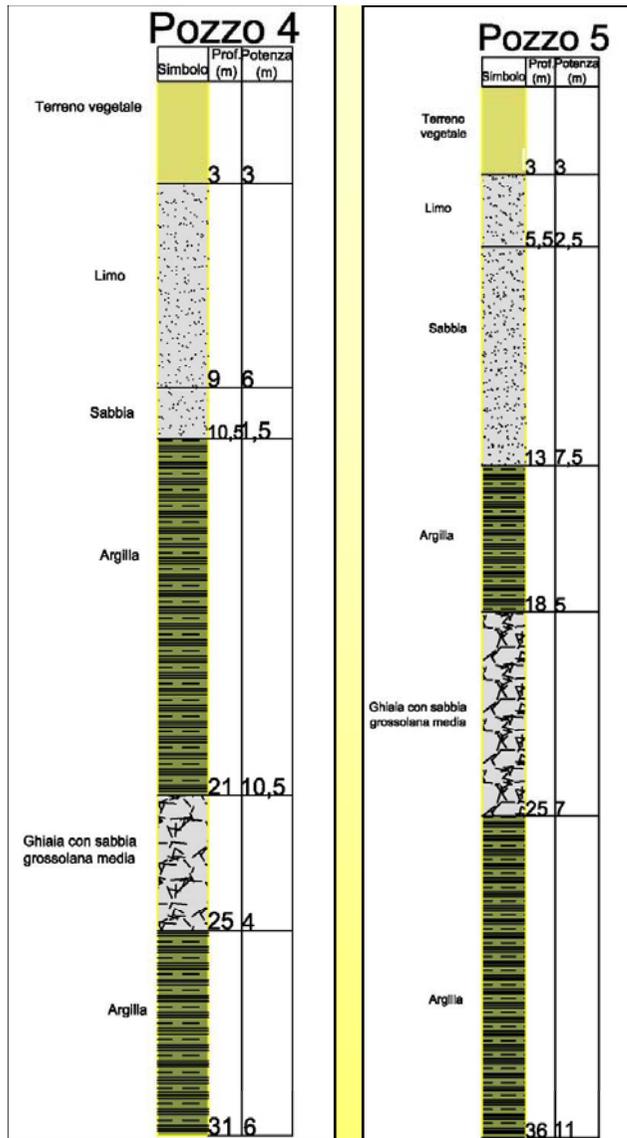
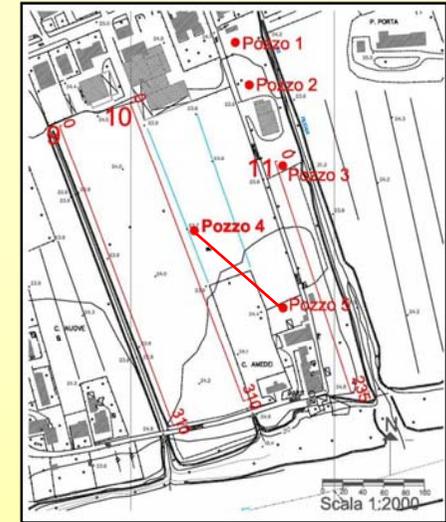
-  Depositi alluvionali attuali
-  Sabbie di colle Alberti
-  Conglomerati di colle Alberti
-  Argille e sabbie di Cerreto Guidi

✓ **Morfologia:**
**Valle pianeggiante
circondata da terrazzi
fluviali**



Inquadramento geologico del sito

DATI DI INPUT: colonne stratigrafiche relative ai pozzi

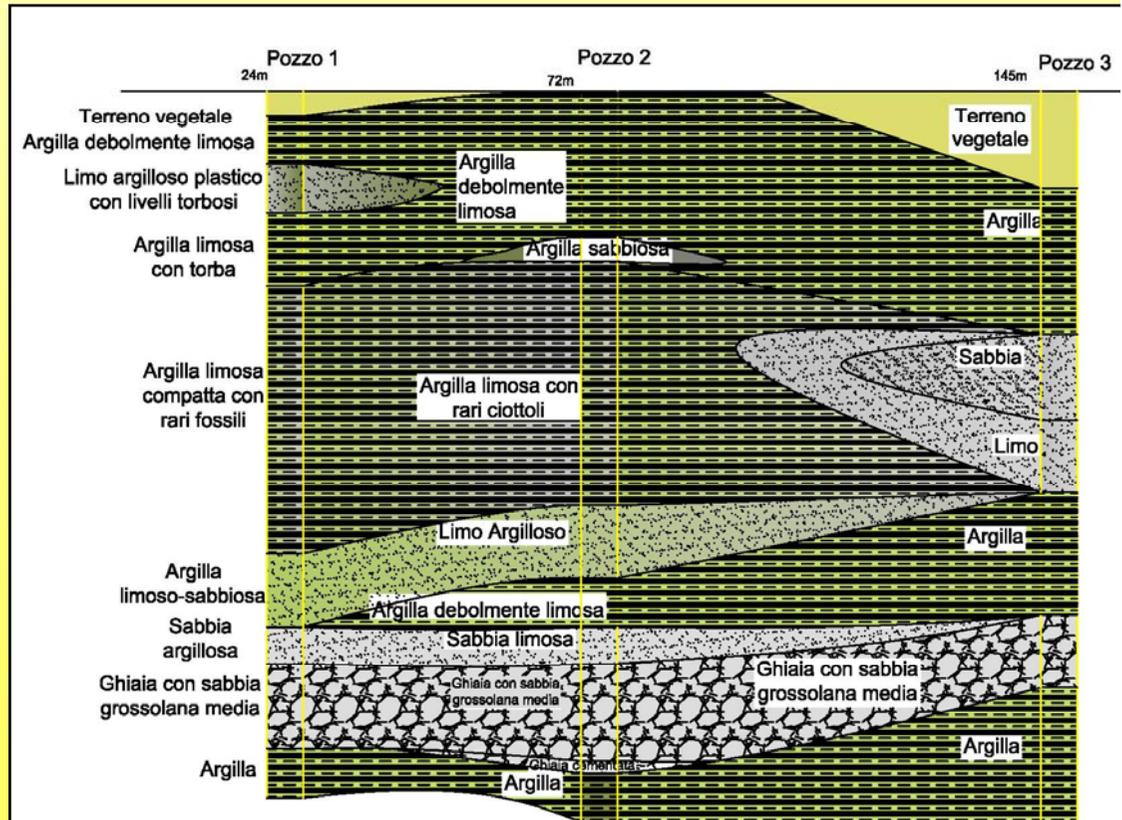
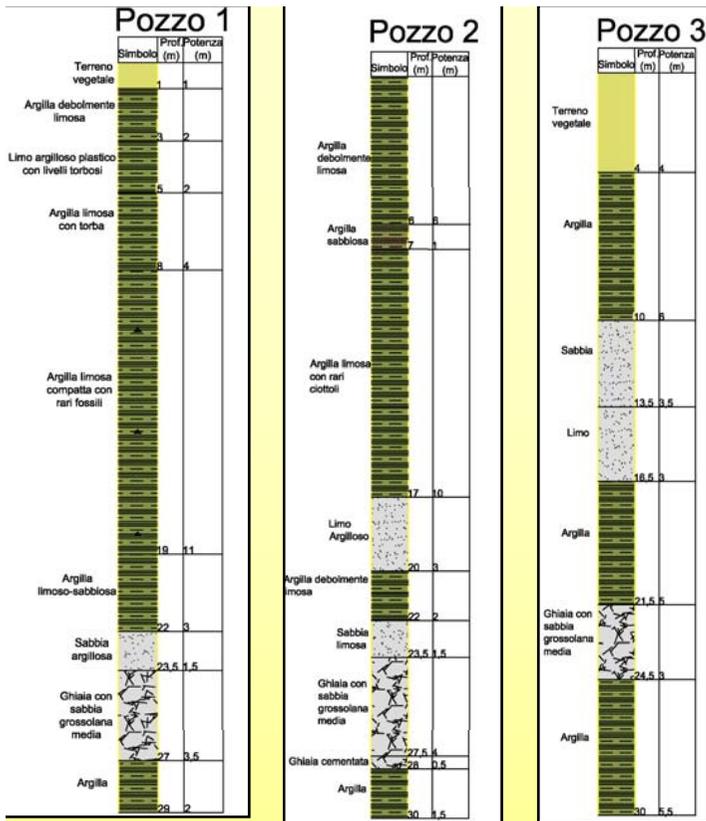
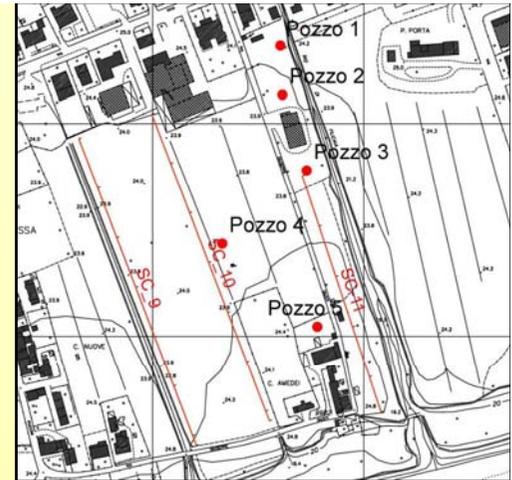


- ✓ corrispondenza di sedimentazione
- ✓ unica differenza nella profondità dei vari depositi

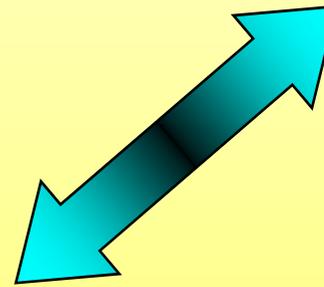
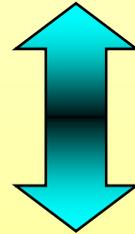
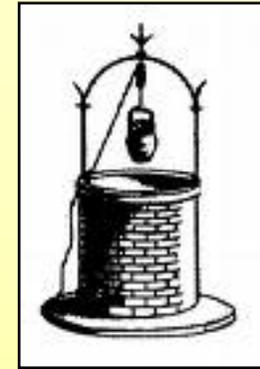
Inquadramento geologico del sito

DATI DI INPUT:

colonne stratigrafiche relative ai pozzi 1, 2, 3.



- ✓ litologie diverse
- ✓ le argille presentano intercalazione limosa o sabbiosa
- ✓ correlazione possibile (variazione laterale della sedimentazione del fiume)
- ✓ passaggio graduale tra fasi sedimentarie



ρ

Studio dei modelli di resistività della zona 1



Ubicazione di nuovi pozzi nella zona 2

Pianificazione delle indagini e strumentazione

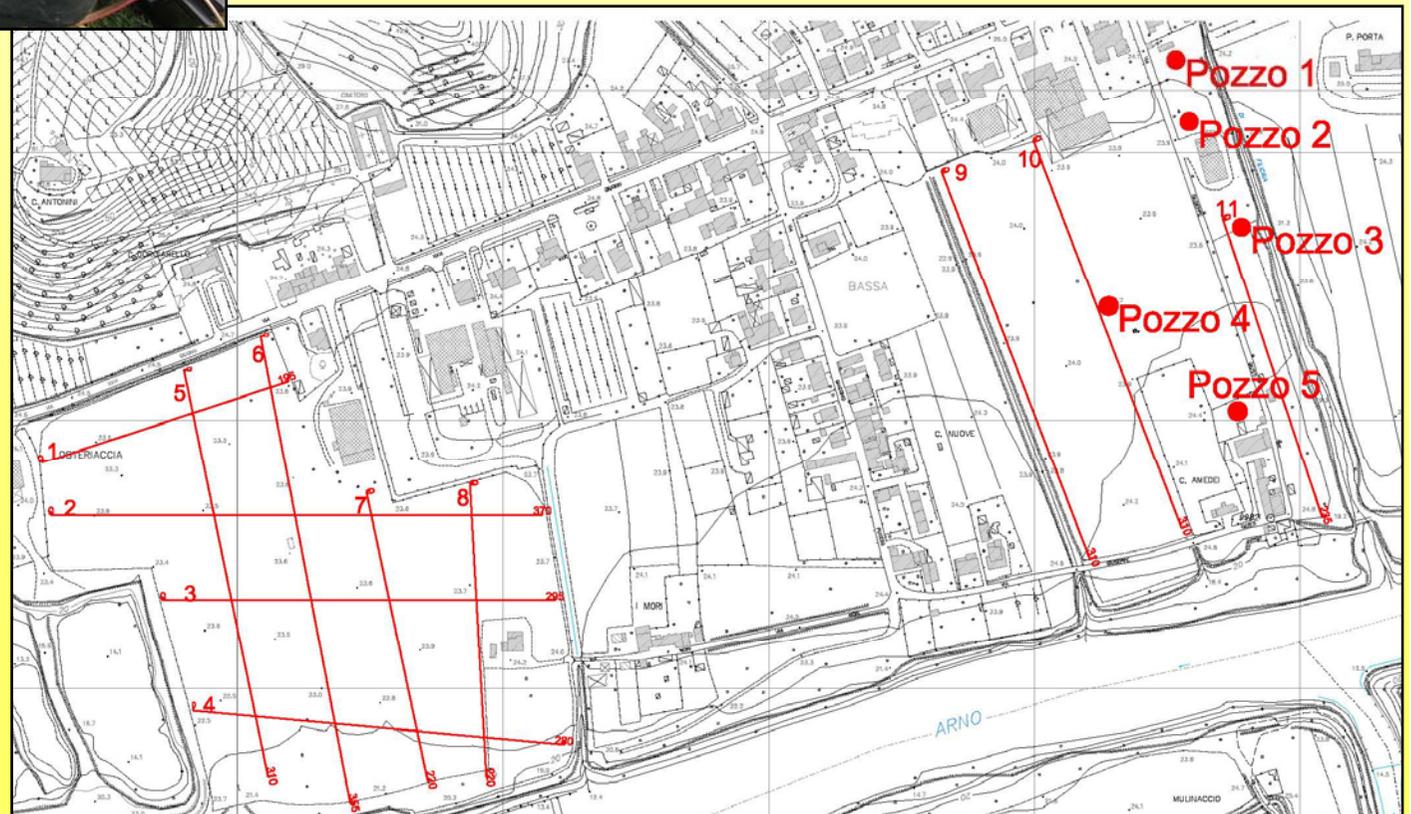


✓ **Zona 1:** calibrazione del modello di resistività attraverso 3 tomografie

✓ **Zona 2:** studio dell'area attraverso 9 tomografie

Lo strumento:

- ✓ Terrameter SAS 1000 (ABEM)
- ✓ georesistivimetro ad elettrodi
- ✓ gestione automatica di 64 elettrodi

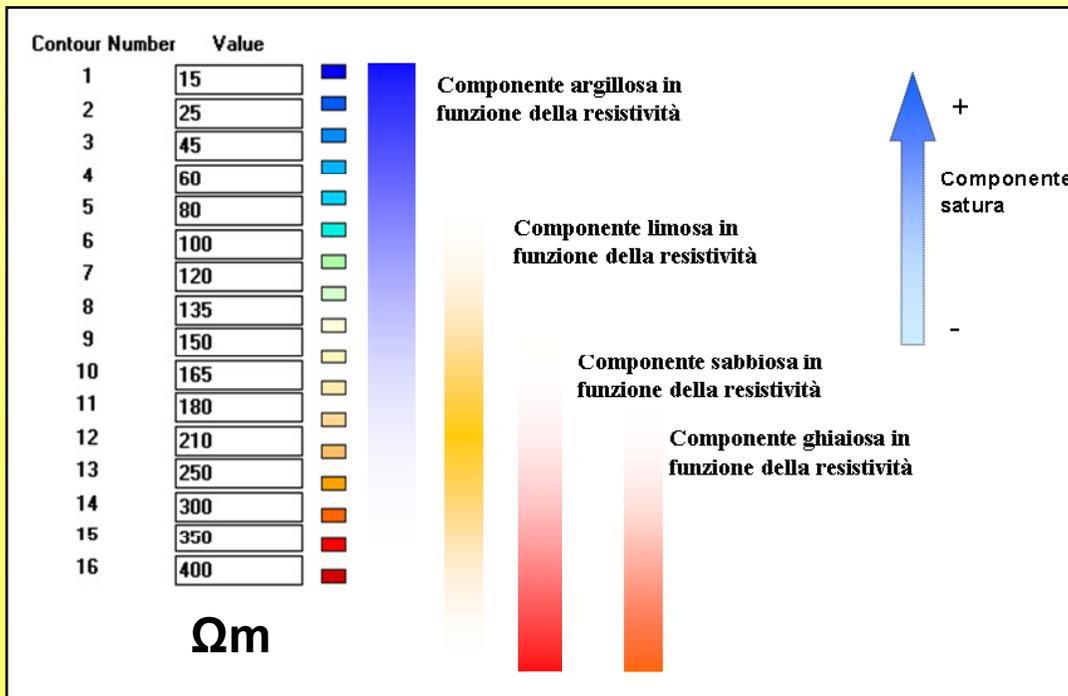


Resistività e litologia: studio bibliografico

- ✓ Non è possibile fare un'associazione univoca tra litologia e valori di resistività
- ✓ Necessario inquadrare le litologie attraverso range e sovrapposizioni di valori

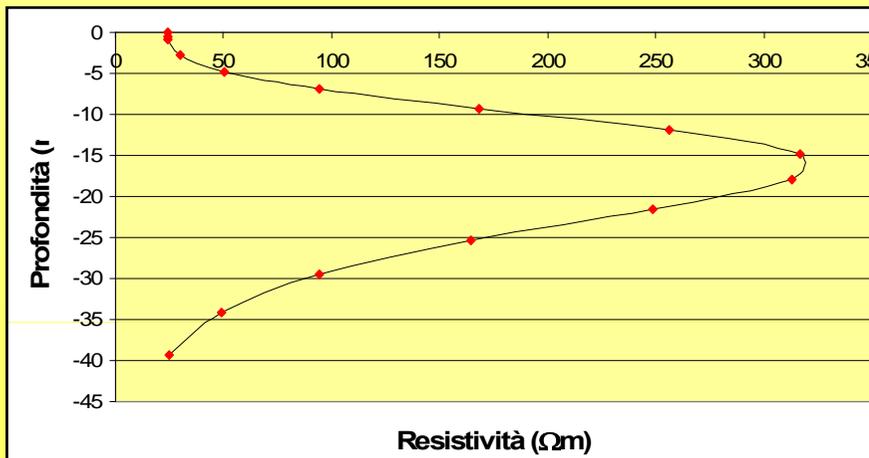
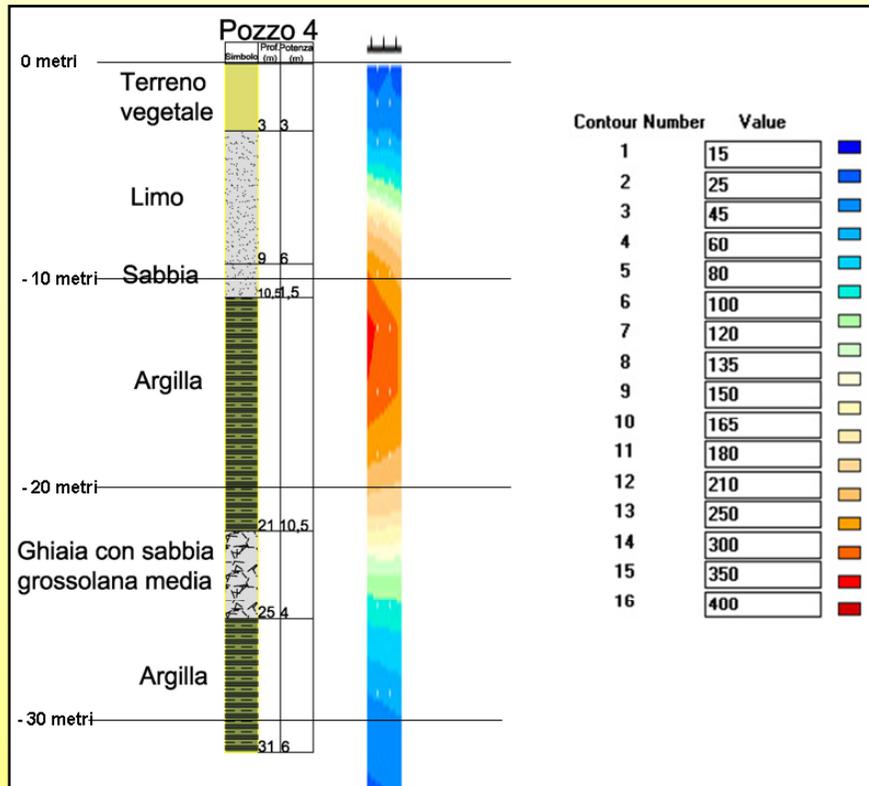
	Intervallo di resistività (Ωm)							
	Norinelli 1996	Musset 2003	Telford 1990	Loke 2004	Peltoniemi 1998	Ward 1990	Baldi & Rossi 1991 (Depositi alluvionali secchi)	Baldi & Rossi 1991 (Depositi alluvionali saturi in acqua dolce)
Argille	1-120	1-100	1-100	1-100	30-70	3-40	/	/
Limi	/	/	10 - 800	10 - 800	80-200	/	/	/
Sabbie	100-1000	500-5000	10-800	/	500-1000	/	20-80	25-50
Ghiaie	/	100-5000	/	/	1000-2000	/	/	/
Argille e sabbia	/	/	30-215	/	/	50-300	/	/
Ghiaie e sabbia	/	/	/	/	/	200-5000	80-200	50-80

Acquisizione dalla letteratura dei range di resistività per i depositi alluvionali



Definizione della scala a 16 colori per le litologie presenti nell'area

Resistività e litologia: studio stratigrafico



Pozzo 4 - Tomografia 10:

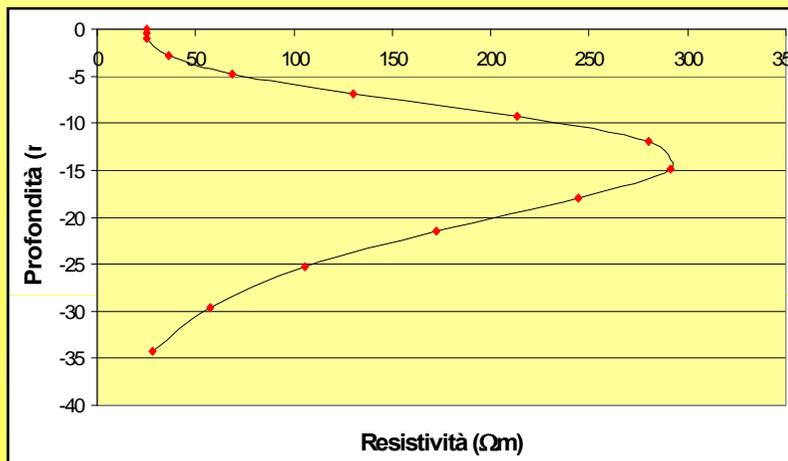
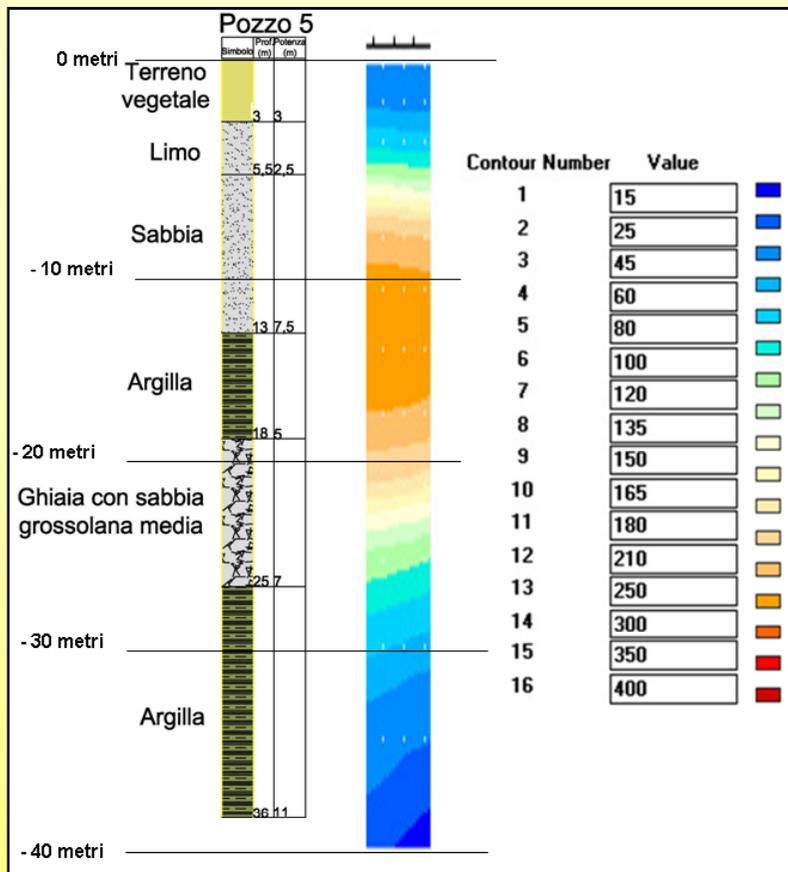
✓ **0-10 metri** compatibilità tra valori di resistività e spessori presenti

✓ **10-21 metri** i valori di resistività ($180 \Omega\text{m} < \rho < 250 \Omega\text{m}$) **non associabili** ad argilla

✓ **21-25 metri** i valori di resistività associabili a depositi saturi.

✓ **25-31 metri** i valori di resistività associabili ad argilla

Resistività e litologia: studio stratigrafico

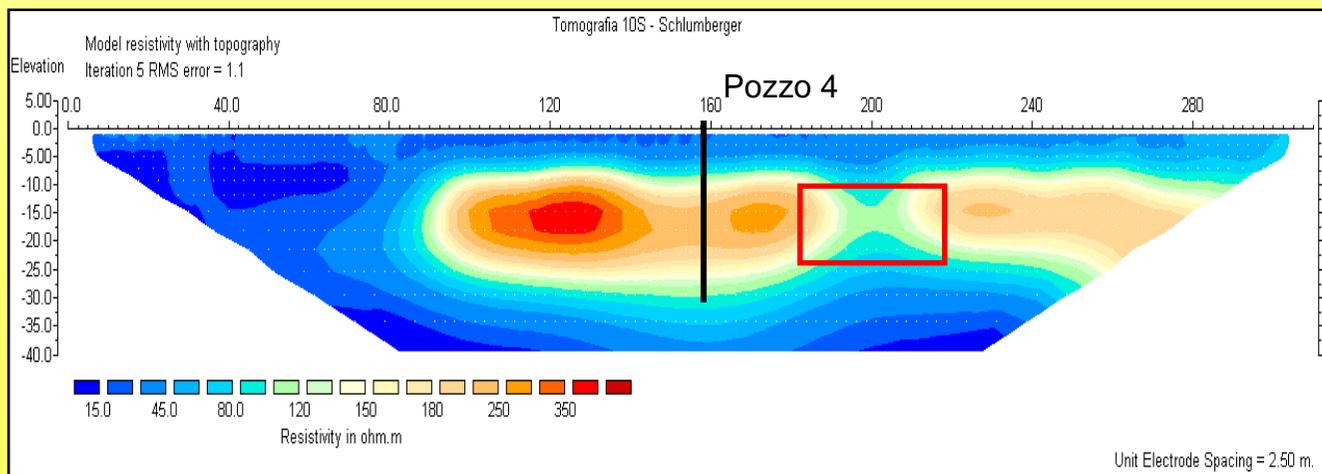
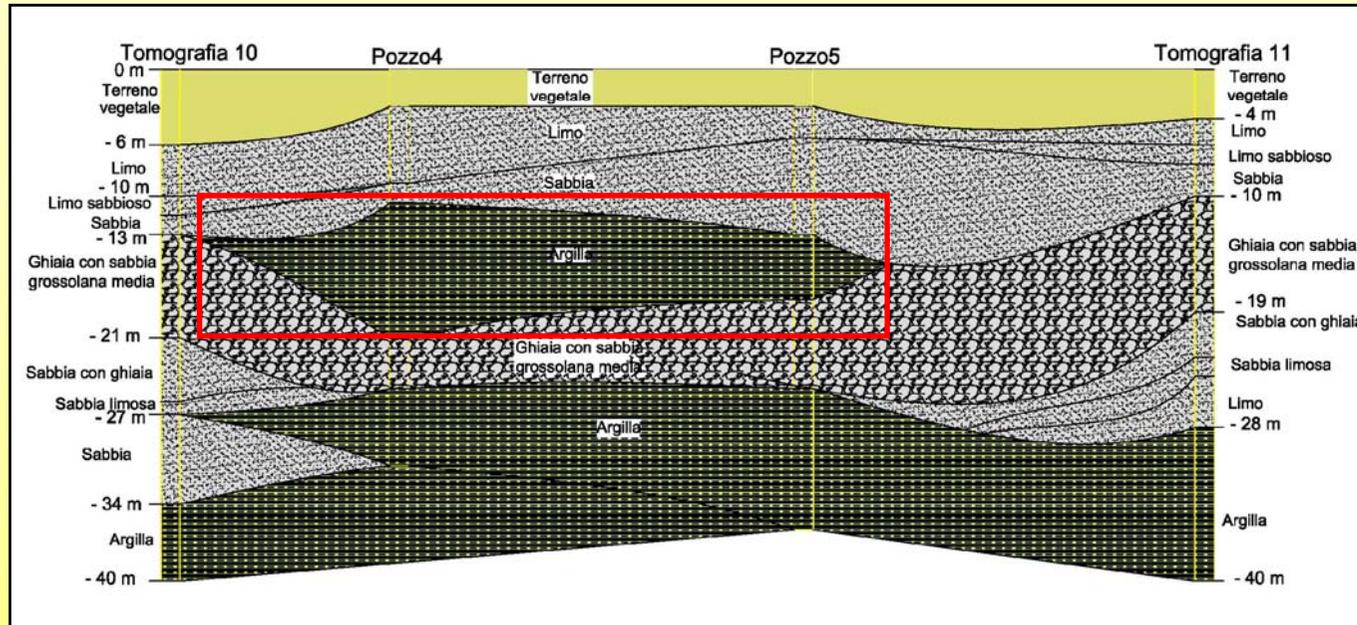


Pozzo 5 - Tomografia 11:

- ✓ **0-10 metri** compatibilità tra valori di resistività e spessori presenti;
- ✓ **13-18 metri** i valori di resistività ($180 \Omega\text{m} < \rho < 250 \Omega\text{m}$) **non associabili** ad argilla;
- ✓ **18-25 metri** i valori di resistività associabili a depositi saturi.
- ✓ **25-36 metri** i valori di resistività associabili ad argilla.

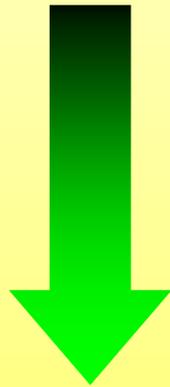
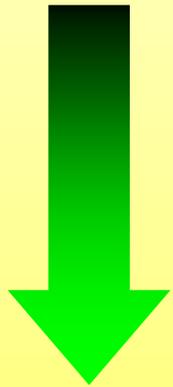
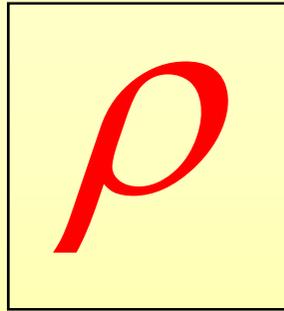
Confronto tra tomografie e sezioni stratigrafiche

Confronto tra le tomografie 10 e 11 e la sezione stratigrafica ottenuta dai pozzi 4 e 5



Dalle sezioni stratigrafiche ricaviamo lenti di argille che nelle tomografie compaiono come zone a minor resistività

Confronto dati geoelettrici-idrogeologici



n_e

n

- ✓ Calcolo della porosità efficace: Legge di Jacob
- ✓ Calcolo della porosità totale: Legge di Archie modificata

Confronto della **porosità totale** in relazione alla **resistività**

La porosità efficace dai dati idrogeologici

Pozzi	Portata (m ³ /s)	Livello statico (m)	Spessore acquifero b (m)
Pozzo 1	8,1·10 ⁻³	20,0	3,5
Pozzo 2	4,8·10 ⁻³	20,0	4
Pozzo 3	5,8·10 ⁻³	19,3	3,0
Pozzo 4	6,6·10 ⁻³	15,0	4,0
Pozzo 5	3,8·10 ⁻³	11,5	7,0

Permeabilità → $K = 5,7 \pm 1,8 \cdot 10^{-4}$ m/s

Trammissività → $T = 2,5 \pm 0,7 \cdot 10^{-3}$ m²/s

Coefficiente di immagazzinamento → $S = 5,7 \pm 2,4 \cdot 10^{-4}$

immagazzinamento

α : coeff. di compressibilità verticale del terreno ($7.6 \cdot 10^{-9}$ m²/N)

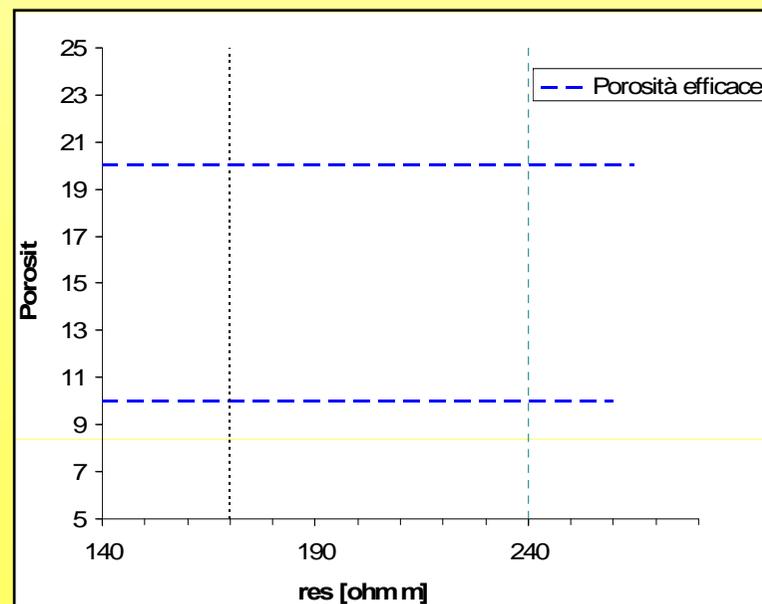
β : coeff. di compressibilità dell'acqua ($4.6 \cdot 10^{-10}$ m²/N)

γ : peso specifico dell'acqua

Calcolo della porosità efficace dalla formula di Jacob:

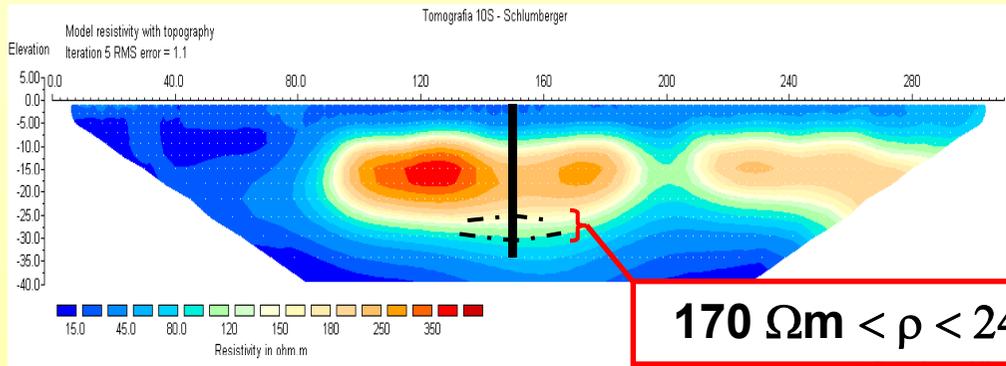
$$n_e = \frac{S}{\gamma b \beta} - \frac{\alpha}{\beta}$$

Pozzi	Range di porosità efficace n_e (%)
Pozzo1	24.8 – 14.4
Pozzo2	20.3 – 9.9
Pozzo3	30.8 – 20.4
Pozzo 4	20.3 – 9.9
Pozzo 5	< 6.8



La porosità totale dai modelli di resistività

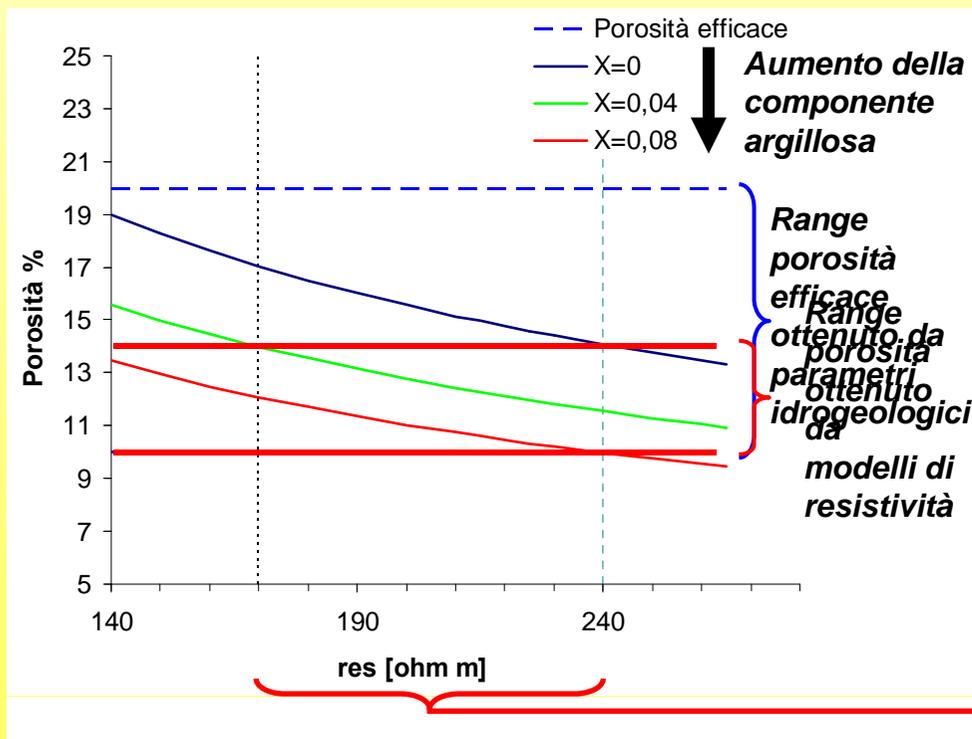
Tomografia 10 vicina al pozzo 4



Nel caso di saturazione $S=100\%$

Studio della porosità totale con la legge di Archie **modificata**

$$n^m = \frac{a}{(\sigma_w + x) \rho}$$



$\sigma_w = 939 \mu\text{S/cm}$ **conducibilità dell'acqua d'imbibizione**

$a = 0.88$ **dipende dalla tortuosità delle vie d'interconnessione tra i pori**

$m = 1.7$ **grado di cementazione**

x = **Termine che tiene conto dell'eccesso di conducibilità dovuto ai minerali argillosi**

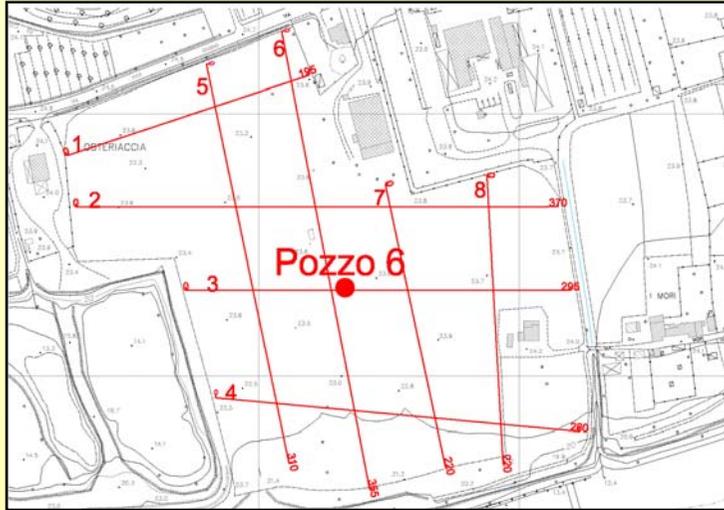
I modelli di resistività migliorano il range di porosità $10\% < n < 14\%$

Informazioni ricavate dai modelli resistività sulla zona 1

- ✓ Per il pozzo 4 siamo in grado di migliorare il range di porosità
- ✓ Laddove la porosità è minore, la produzione dei pozzi cala e la contaminazione da materiali fini/argillosi aumenta

Pozzi	Spessore acquifero b (m)	Portata (m ³ /s)	Porosità totale n (%)	Contaminazione da minerali argillosi
Pozzo 4	4,0	$6,6 \cdot 10^{-3}$	10 – 14 %	+
Pozzo 5	7,0	$3,8 \cdot 10^{-3}$	< 6.8 %	+++

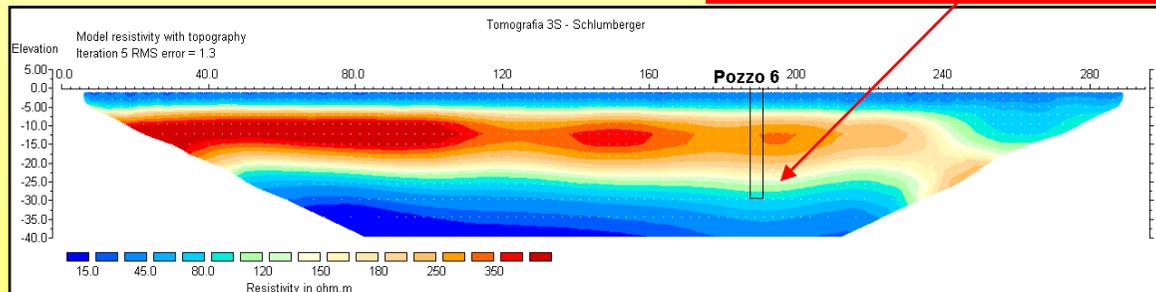
Pozzo virtuale 6



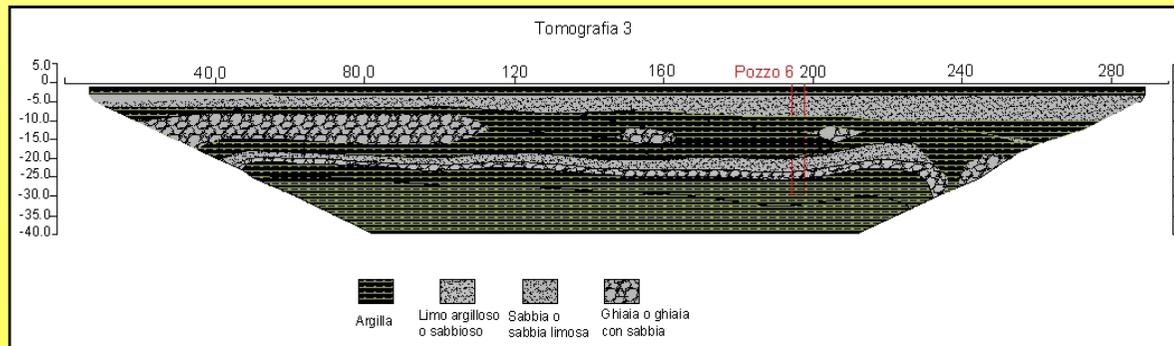
✓ Tomografie realizzate nelle due diverse aree presentano spesso geometrie simili

✓ Pozzo 6 collocato al metro 190 per la depressione al tetto delle argille

$100 \Omega\text{m} < \rho < 250 \Omega\text{m}$



✓ Lo spessore dell'acquifero **6 metri**



✓ Visto lo spessore e le caratteristiche simili alla zona 1 posso stimare una portata di $3 \text{ l/s} < Q < 9 \text{ l/s}$

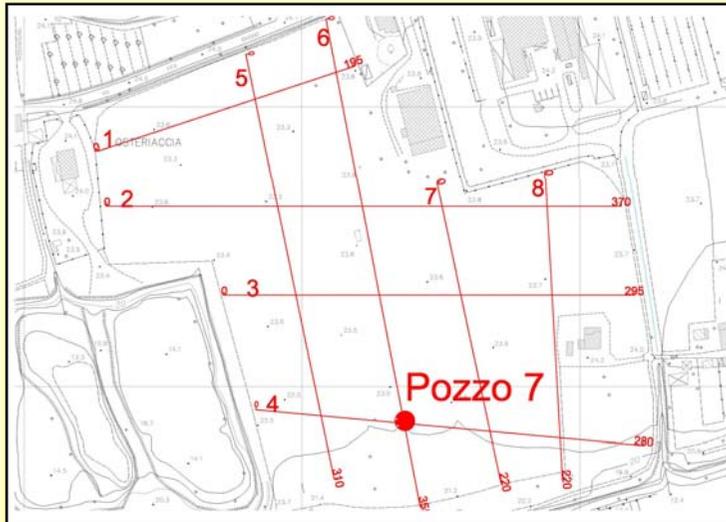
Pozzo virtuale 7

✓ Tomografie realizzate nelle due diverse aree presentano spesso geometrie simili

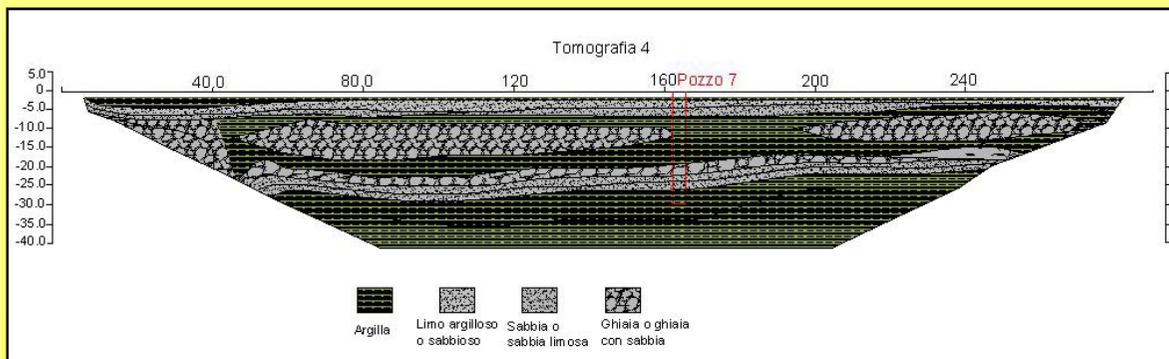
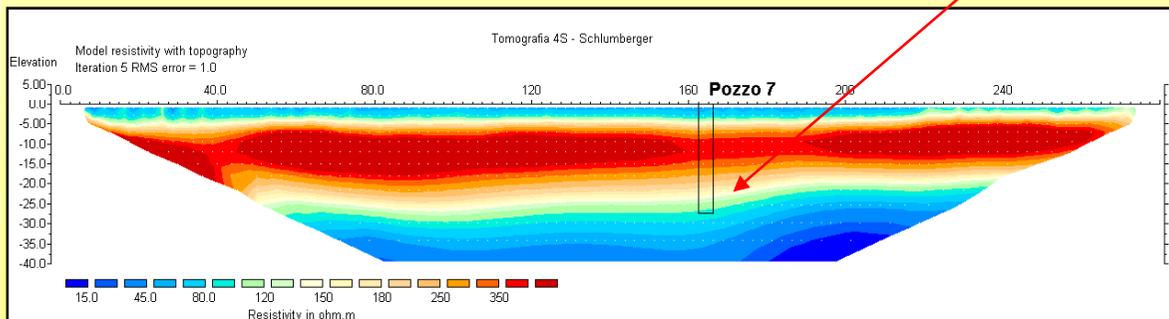
✓ Pozzo 7 collocato al metro 165 per la depressione al tetto delle argille

✓ Lo spessore dell'acquifero **5 metri**

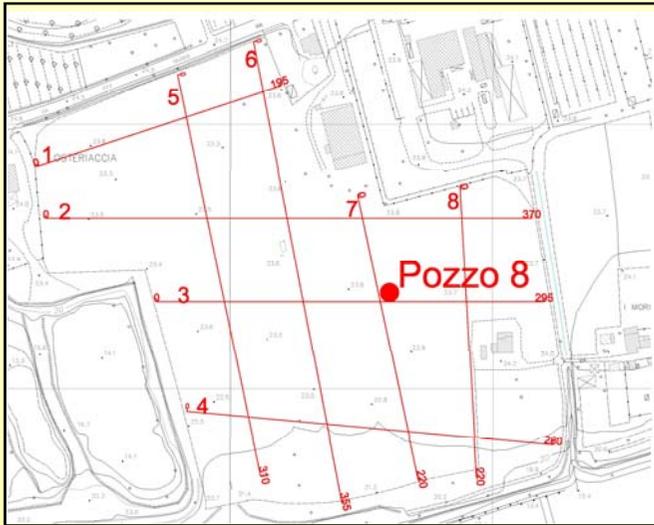
✓ Visto lo spessore e le caratteristiche simili alla zona 1 posso stimare una portata di $3 \text{ l/s} < Q < 9 \text{ l/s}$



$100 \Omega\text{m} < \rho < 250 \Omega\text{m}$



Pozzo virtuale 8

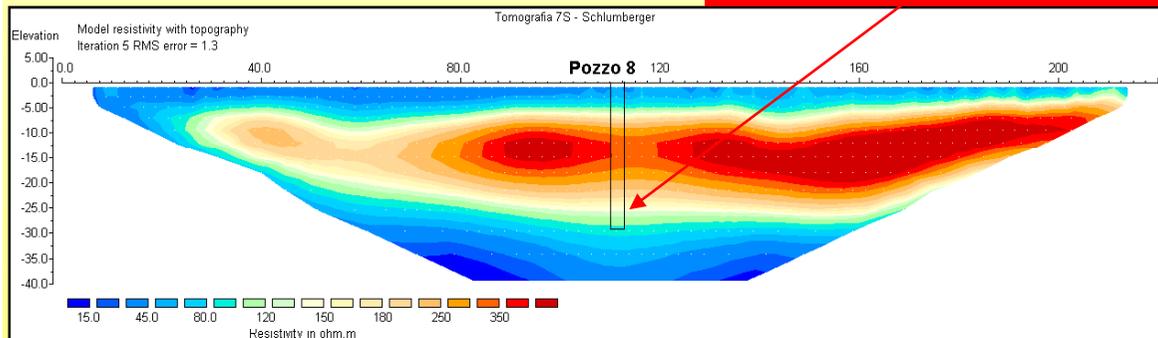


✓ Tomografie realizzate nelle due diverse aree presentano spesso geometrie simili

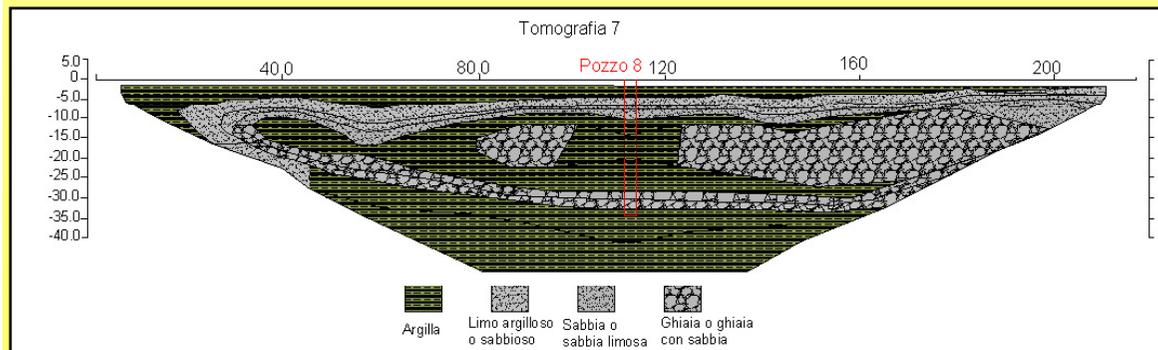
100 Ωm < ρ < 250 Ωm

✓ Pozzo 8 collocato al metro 110 per la depressione al tetto delle argille

✓ Lo spessore dell'acquifero **5 metri**



✓ Visto lo spessore e le caratteristiche simili alla zona 1 posso stimare una portata di $3 \text{ l/s} < Q < 9 \text{ l/s}$



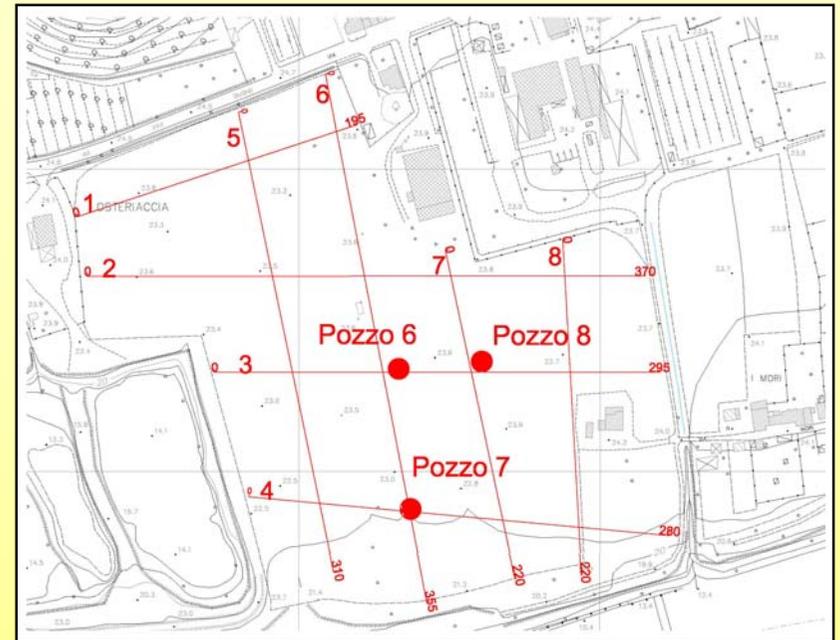
Conclusioni

✓ Le stratigrafie hanno permesso di ottimizzare lo studio geologico locale

✓ Il confronto dei modelli di resistività e delle stratigrafie ha permesso di individuare con maggior precisione le eterogeneità laterali dei depositi alluvionali

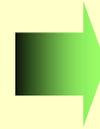
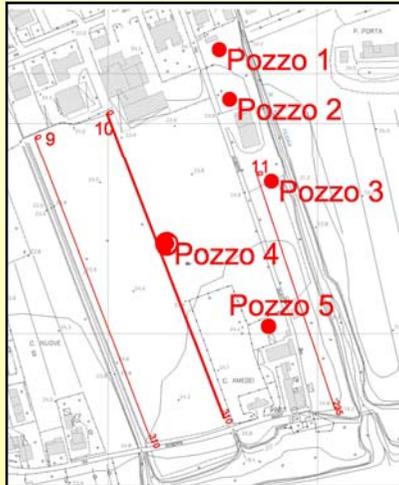
✓ Lo studio dei modelli di resistività ha posto dei limiti di variabilità di porosità n (soggetta alla contaminazione di minerali argillosi)

✓ I risultati dello studio sono stati utilizzati per posizionare 3 nuovi pozzi virtuali nella zona destinata a perforazione.



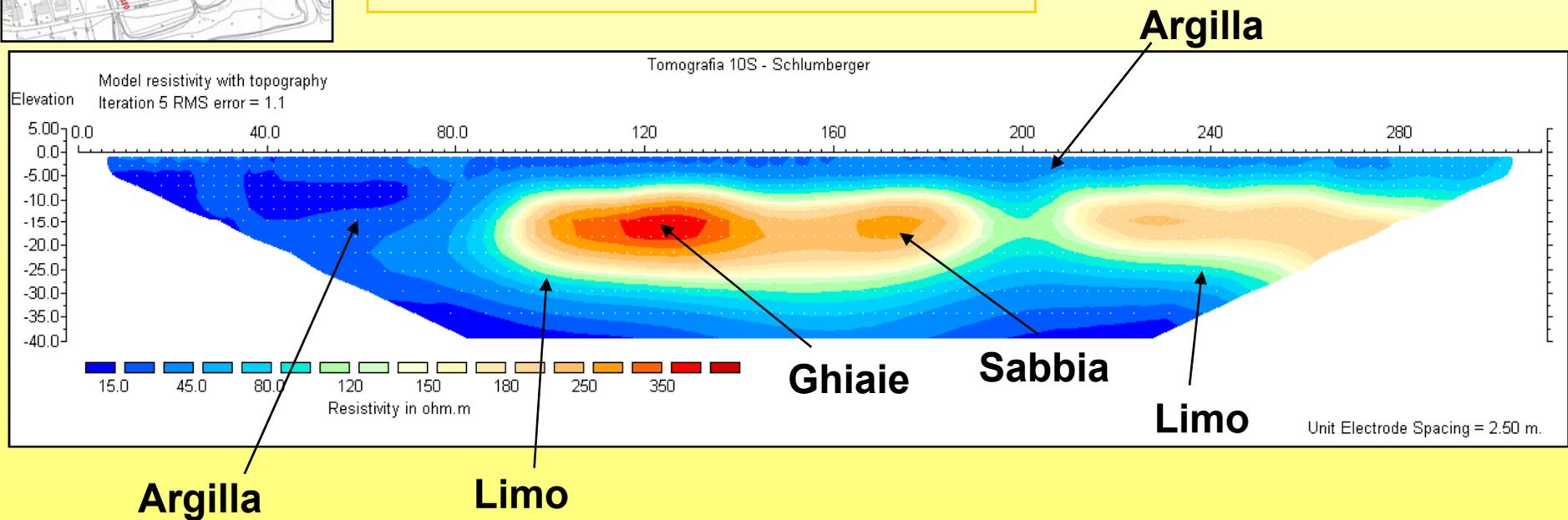
Grazie per l'attenzione

Studio della Zona 1



La tomografia 10 dista lateralmente 18 metri dal pozzo 4

Lunghezza = 310 m
Spaziatura interelettrodica = 5 m
Profondità massima = 40 m

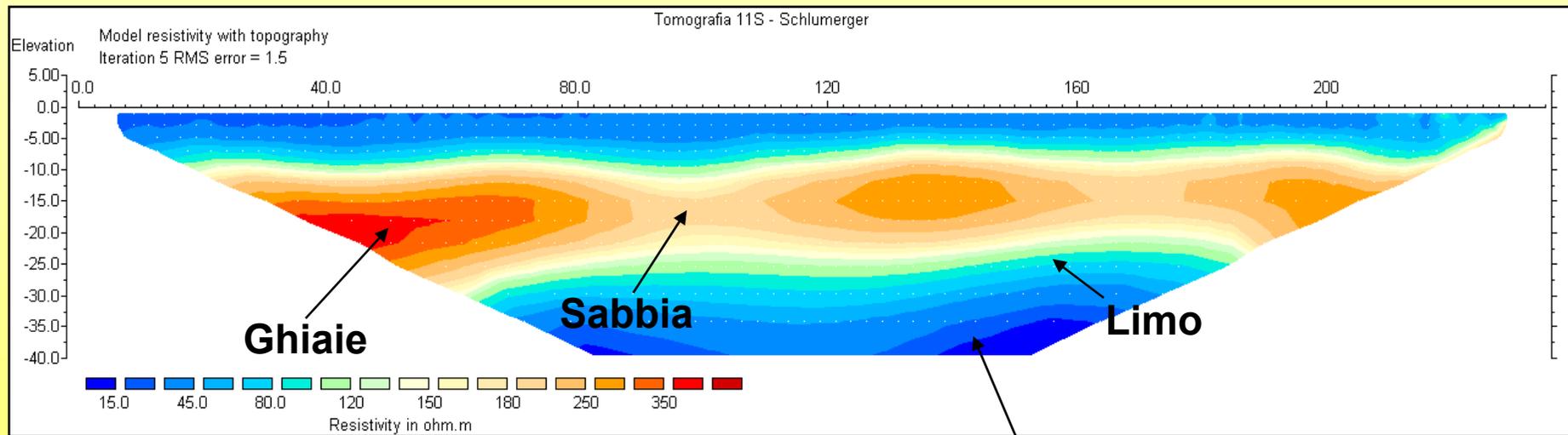
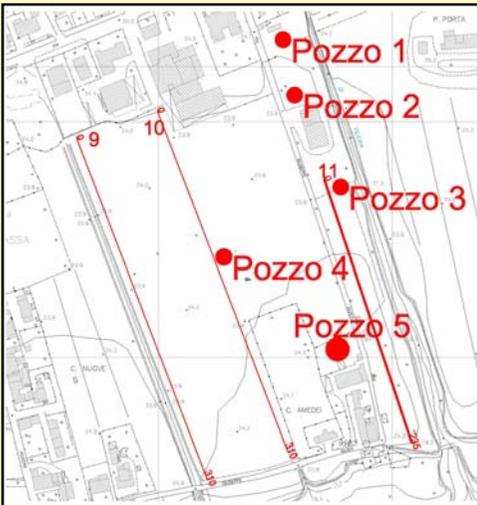


**Lente di ghiaia e sabbia al centro della tomografia
compresa in uno strato argillo-limoso**

Studio della Zona 1

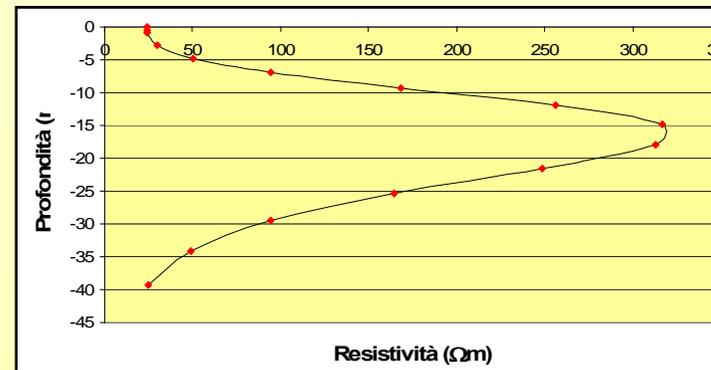
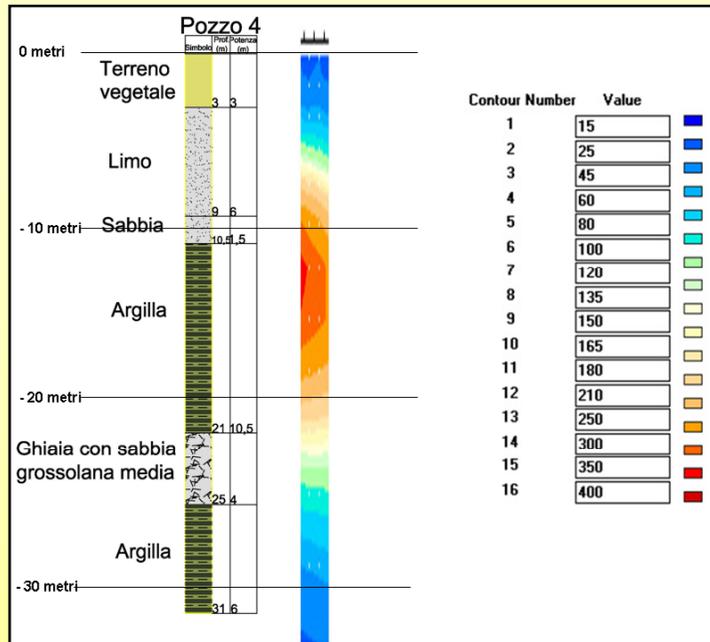
La tomografia 11 dista lateralmente 30 metri dal pozzo 5

Lunghezza = 235 m
Spaziatura interelettrodo = 5 m
Profondità massima = 40 m



Lenti di ghiaia e sabbia all'interno di uno strato argillo-limoso

Resistività e litologia: studio stratigrafico



Pozzo 4 Tomografia 10:

✓ 0-10 metri
compatibilità tra valori
di resistività e
spessori presenti;

- ✓ 10-21 metri i valori di resistività ($180 \Omega m < \rho < 250 \Omega m$) non associabili ad argilla;
- ✓ 21-25 metri i valori di resistività associabili a depositi saturi.
- ✓ 25-31 metri i valori di resistività associabili ad argilla.

Pozzo 5 - Tomografia 11:

- ✓ 0-10 metri compatibilità tra valori di resistività e spessori presenti;
- ✓ 13-18 metri i valori di resistività ($180 \Omega m < \rho < 250 \Omega m$) non associabili ad argilla;
- ✓ 18-25 metri i valori di resistività associabili a depositi saturi.
- ✓ 25-36 metri i valori di resistività associabili ad argilla.

