



# APPLICAZIONE E CONFRONTO DI TECNICHE GEOFISICHE PER IL MONITORAGGIO DI SPONDE ARTIFICIALI DI CONTENIMENTO

Giorgio Cassiani<sup>(1)</sup>, Jacopo Boaga<sup>(1)</sup>, Maria Teresa Perri<sup>(1)</sup>,  
Andrea D'Alpaos<sup>(1)</sup>, Rita Deiana<sup>(2)</sup>

(1) Dipartimento di Geoscienze, Università di Padova

(2) Dipartimento dei Beni Culturali: archeologia, storia dell'arte, del cinema e della musica,  
Università di Padova



**Dipartimento di Geoscienze**  
Università degli Studi di Padova

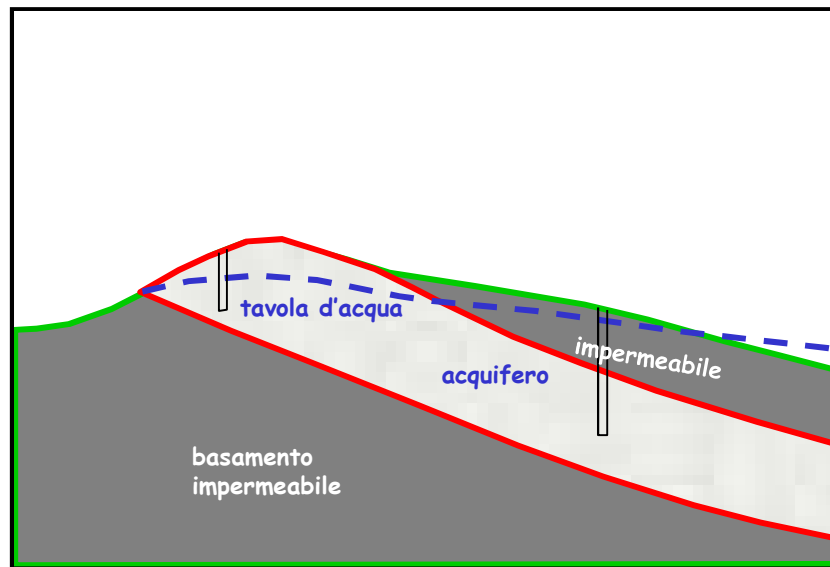


**Aspetti del sottosuolo che possono essere evidenziati da  
metodi geofisici**

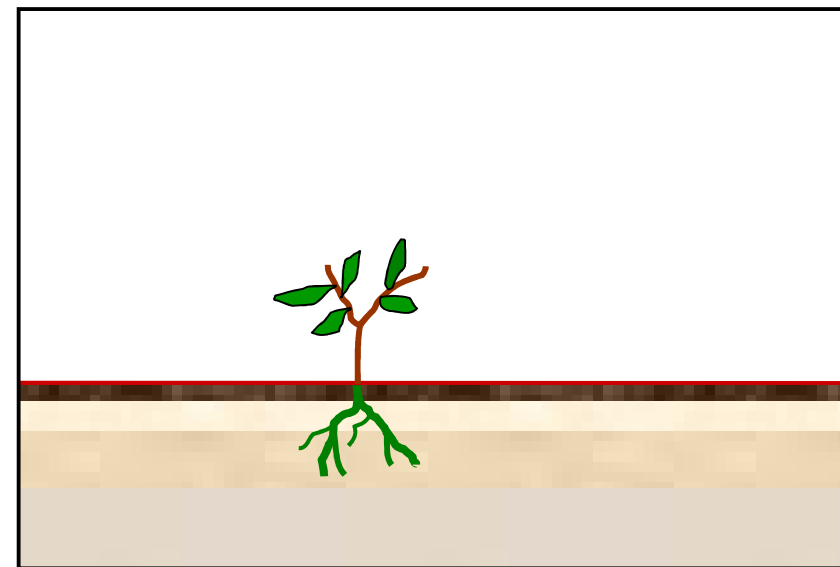


## Aspetti del sottosuolo che possono essere evidenziati da metodi geofisici

- struttura / tessitura



grande scala

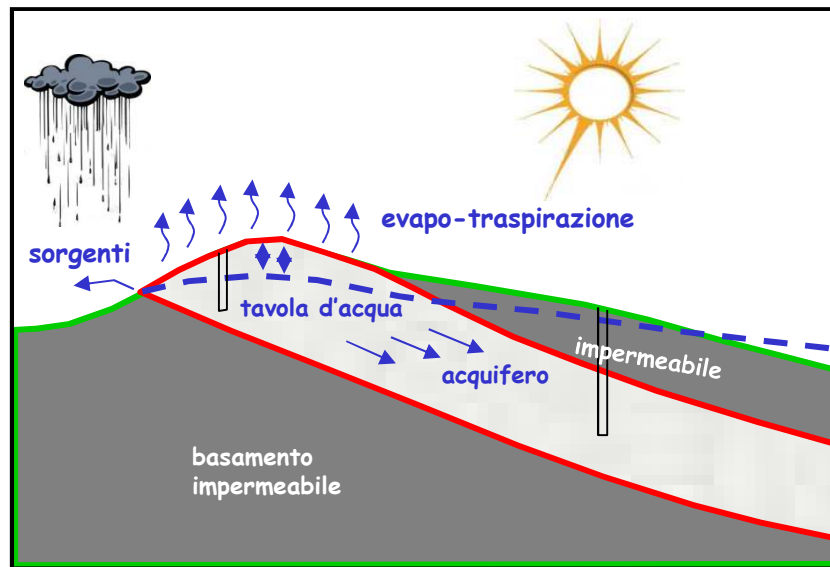


piccola scala

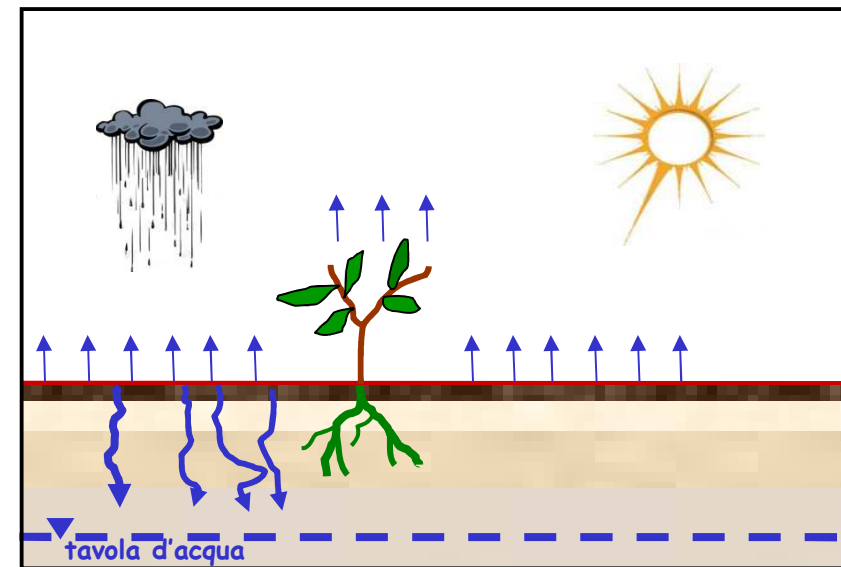


## Aspetti del sottosuolo che possono essere evidenziati da metodi geofisici

- struttura / tessitura
- fluido-dinamica



grande scala



piccola scala



## Applicabilità ed utilità dei metodi geofisici di esplorazione per studi ambientali

	Struttura	Dinamica dei fluidi
Gravimetria	+	
Metodi magnetici	+	
Sismica	+ +	+
Geoelettrica	+ +	+ +
Metodi Elettromagnetici	+	+
Polarizzazione Indotta	+	+
Potenziale Spontaneo	+	+
GPR	+ +	+ +
NMR	+	+ +
Spettrometria gamma	+ +	



## Problematiche relative alla stabilità dei rilievi arginali



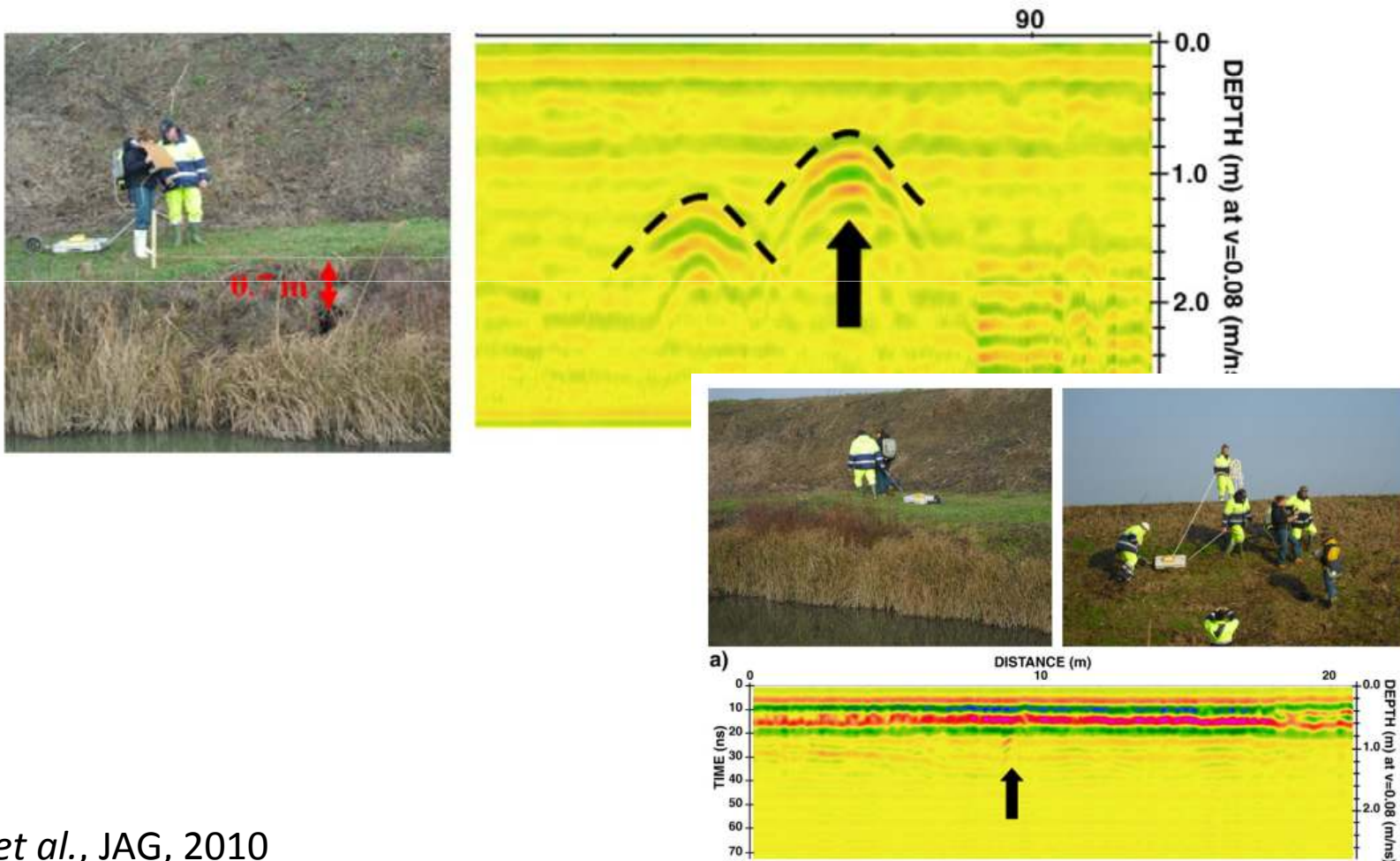
**Fig. 1.** Large voids found during a levee reconstruction that followed a breaching produced by piping due to the presence of animal burrows, Samoggia River, San Giovanni in Persiceto, Bologna, Italy (Mazzini and Simoni, 2008).





## Stabilità dei rilievi arginali: approcci geofisici

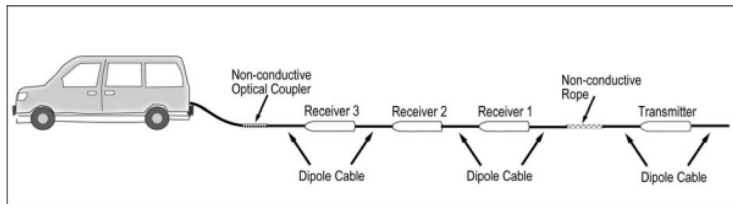
### GPR



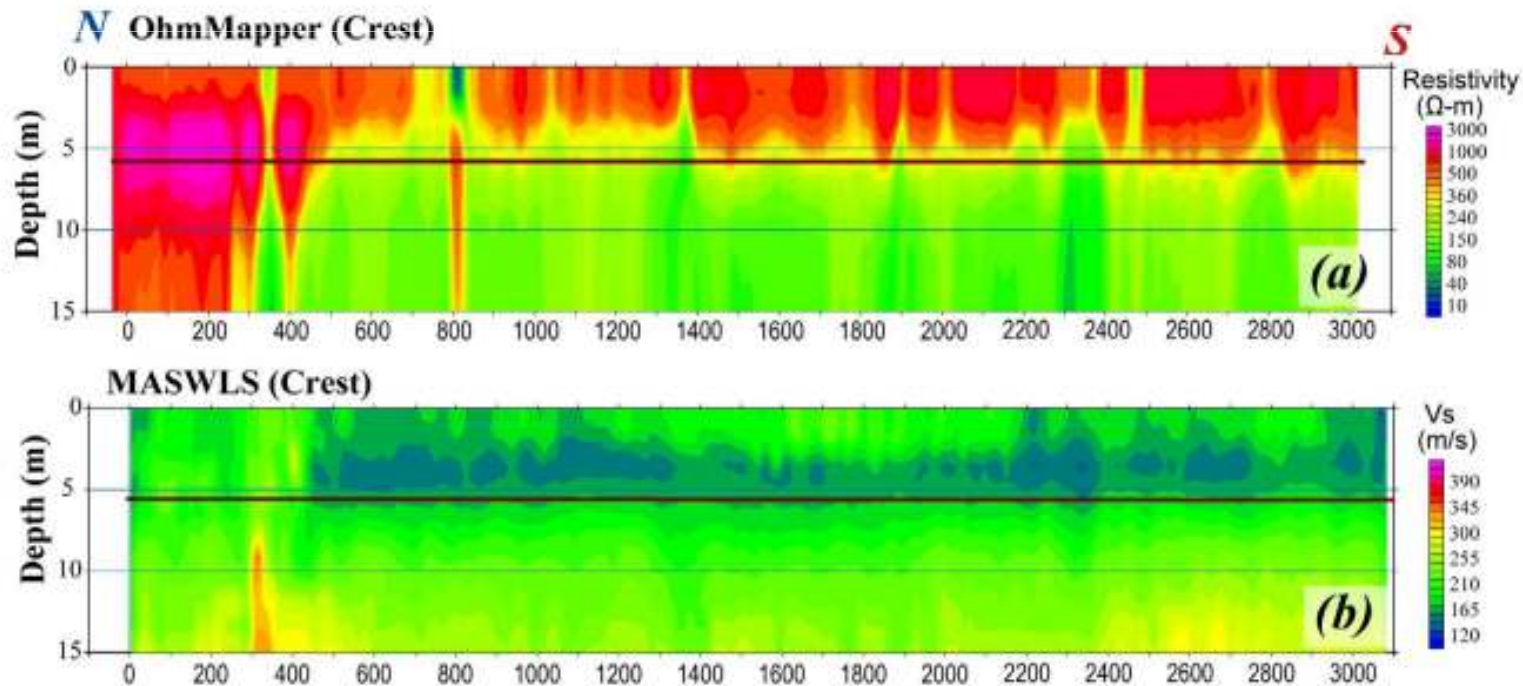


## Stabilità dei rilievi arginali: approcci geofisici

### Resistivity, MASW



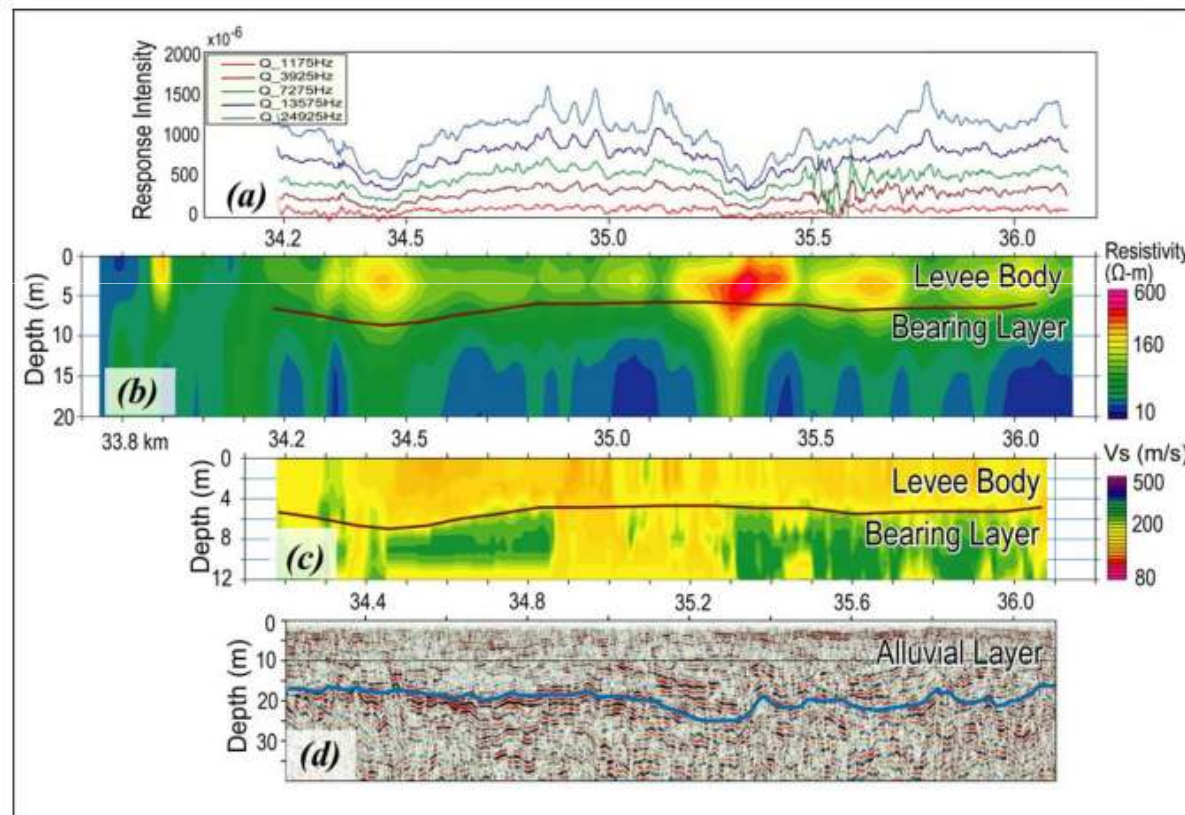
Inazaki et al., SAGEEP 2007







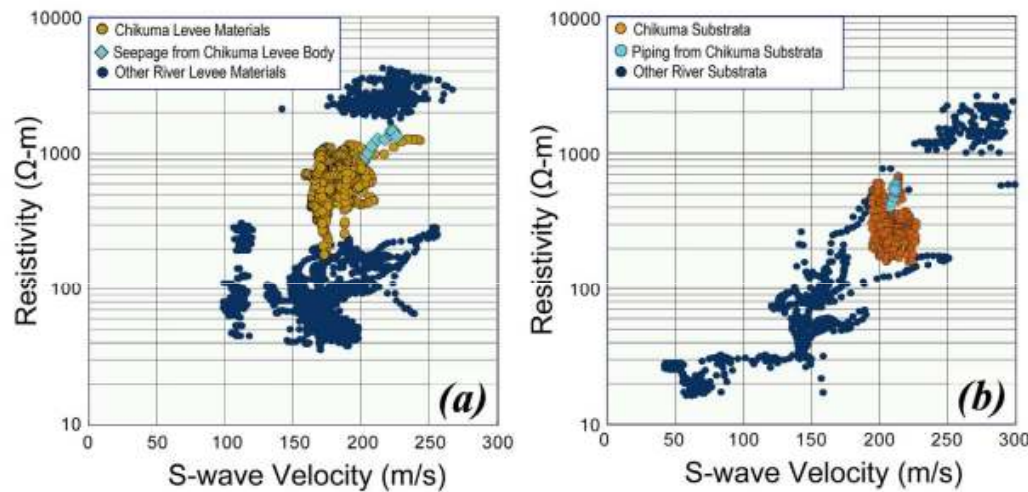
**Stabilità dei rilievi arginali: approcci geofisici**  
**Resistivity, MASW, GPR, EM**





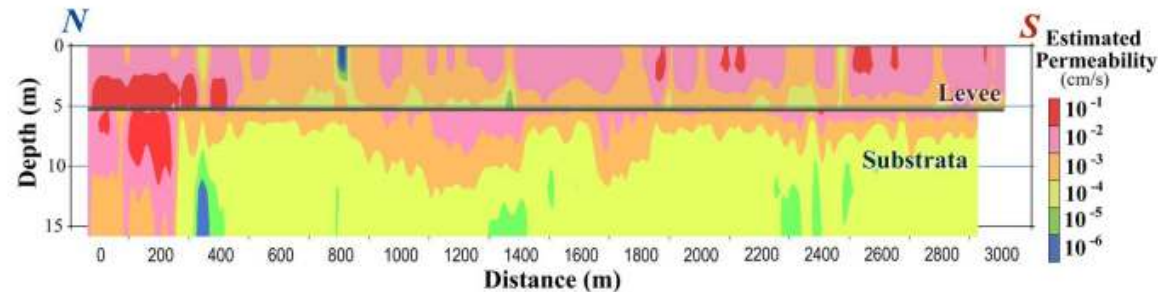
## Stabilità dei rilievi arginali: approcci geofisici

### Resistivity, MASW



Inazaki et al., SAGEEP 2007

**Figure 7.** Crossplots of resistivity and S-wave velocity data obtained at the Chikuma 56R site and other river sites for the levee body materials (a) and for underlying sediments (b).



**Figure 8.** A permeability profile model along the Chikuma 56R line estimated from resistivity data. High permeable zones were interpreted in the levee body as well as in the underlying sediments. Locations of the interpreted high permeability zones were basically concordant with those where seepage had occurred.



**Stabilità dei rilievi arginali: approcci geofisici**  
**Resistivity, Self-Potential**

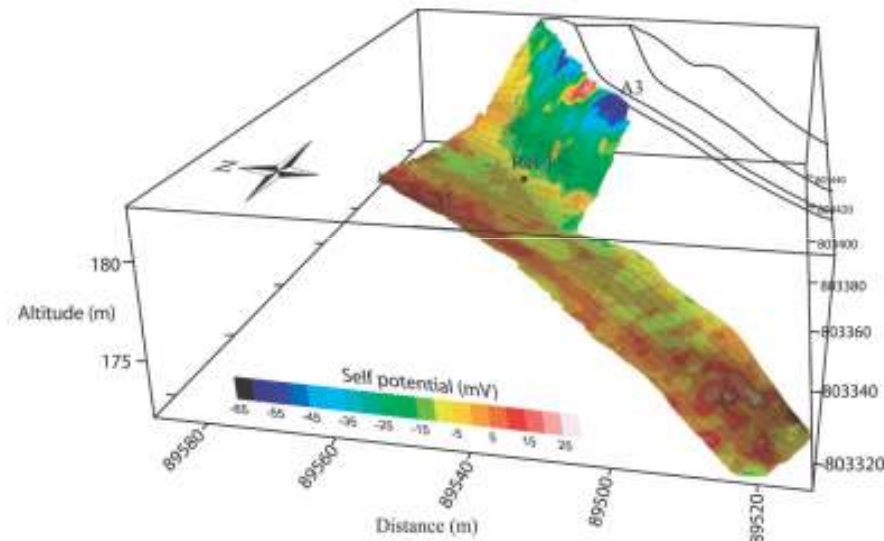
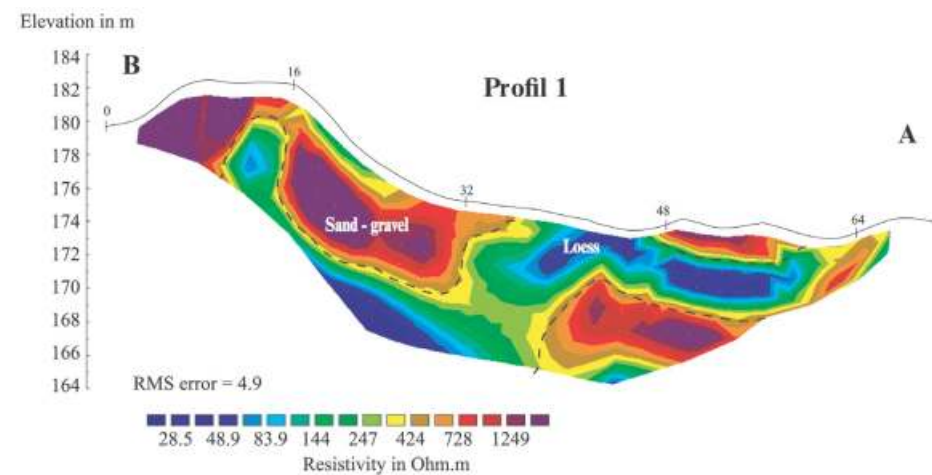


FIGURE 7  
Self-potential map coating the topography of the survey area.

Boleve et al., NSG, 2009

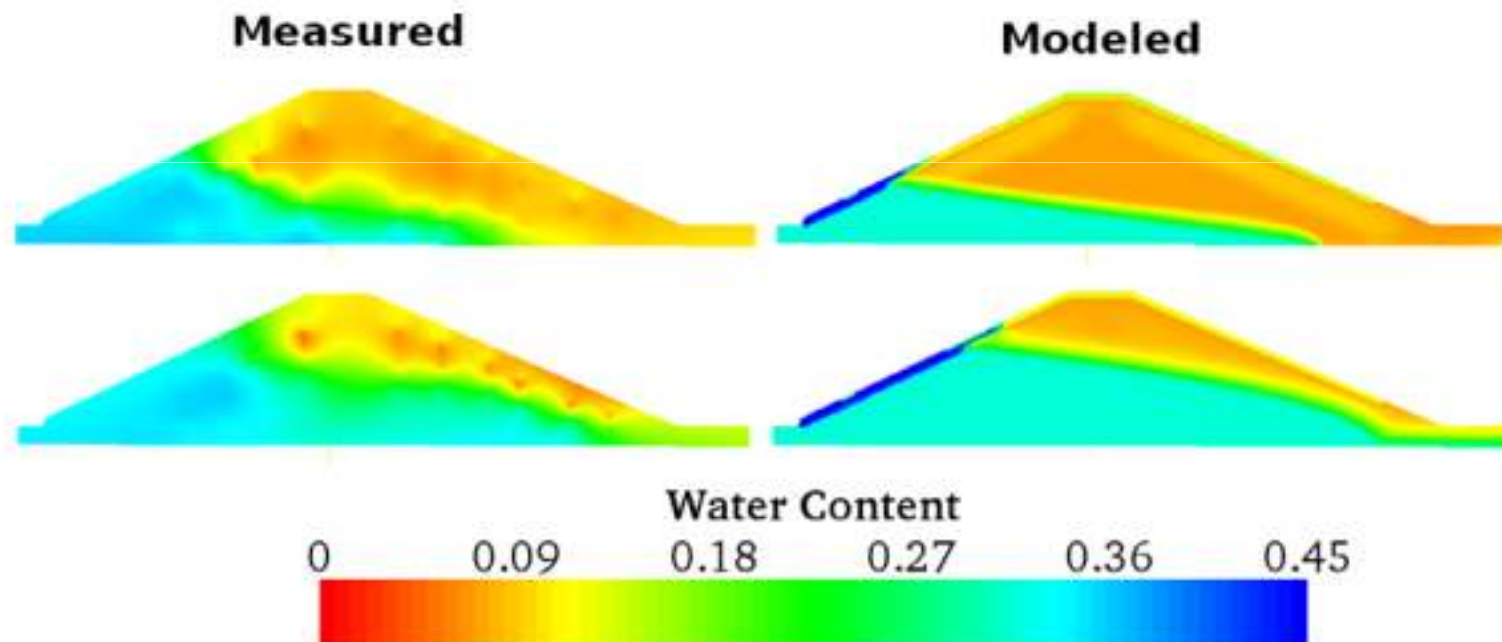








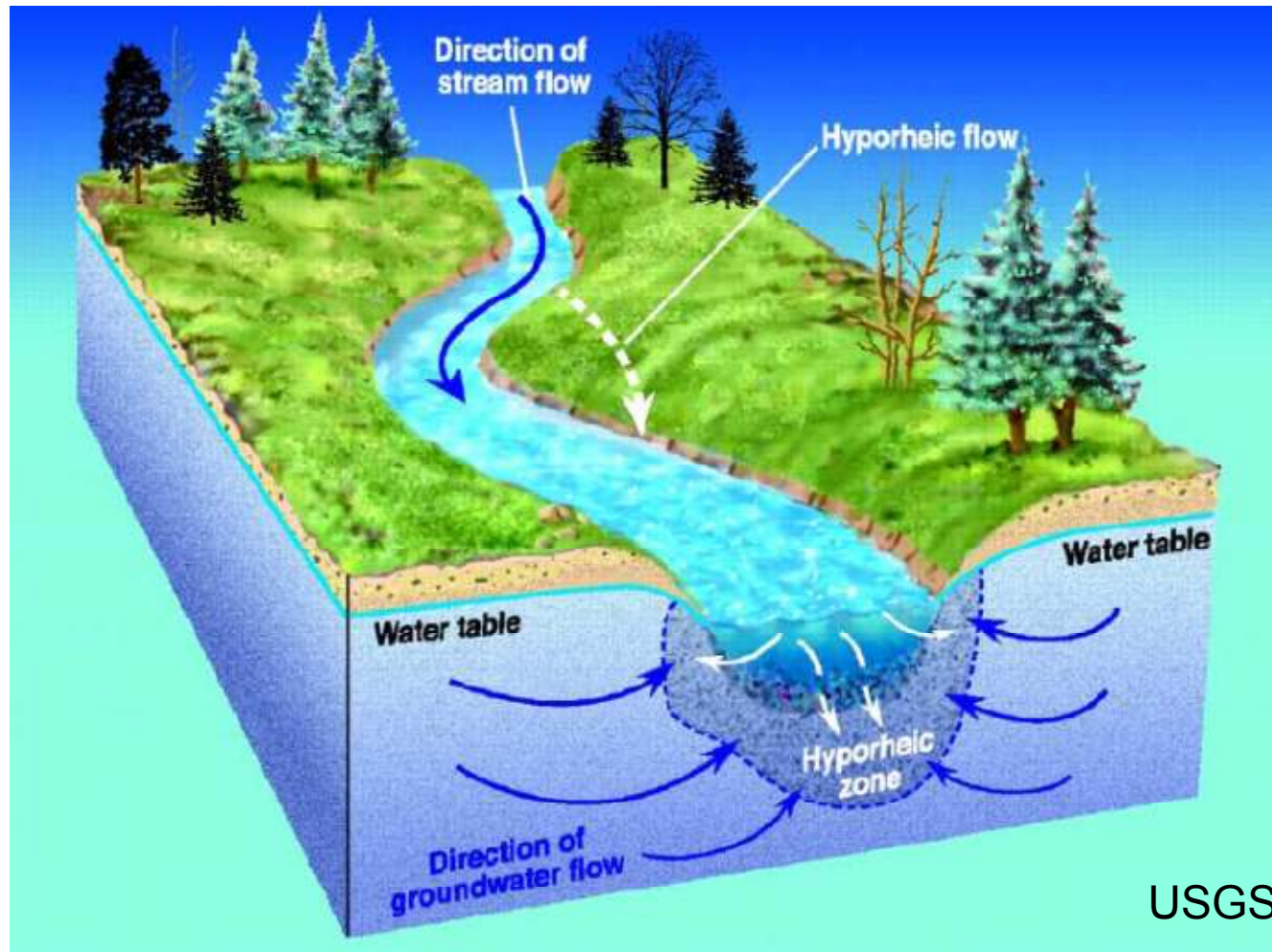
**Stabilità dei rilievi arginali: approcci geofisici**  
**TDR - contenuto idrico e modellazione**

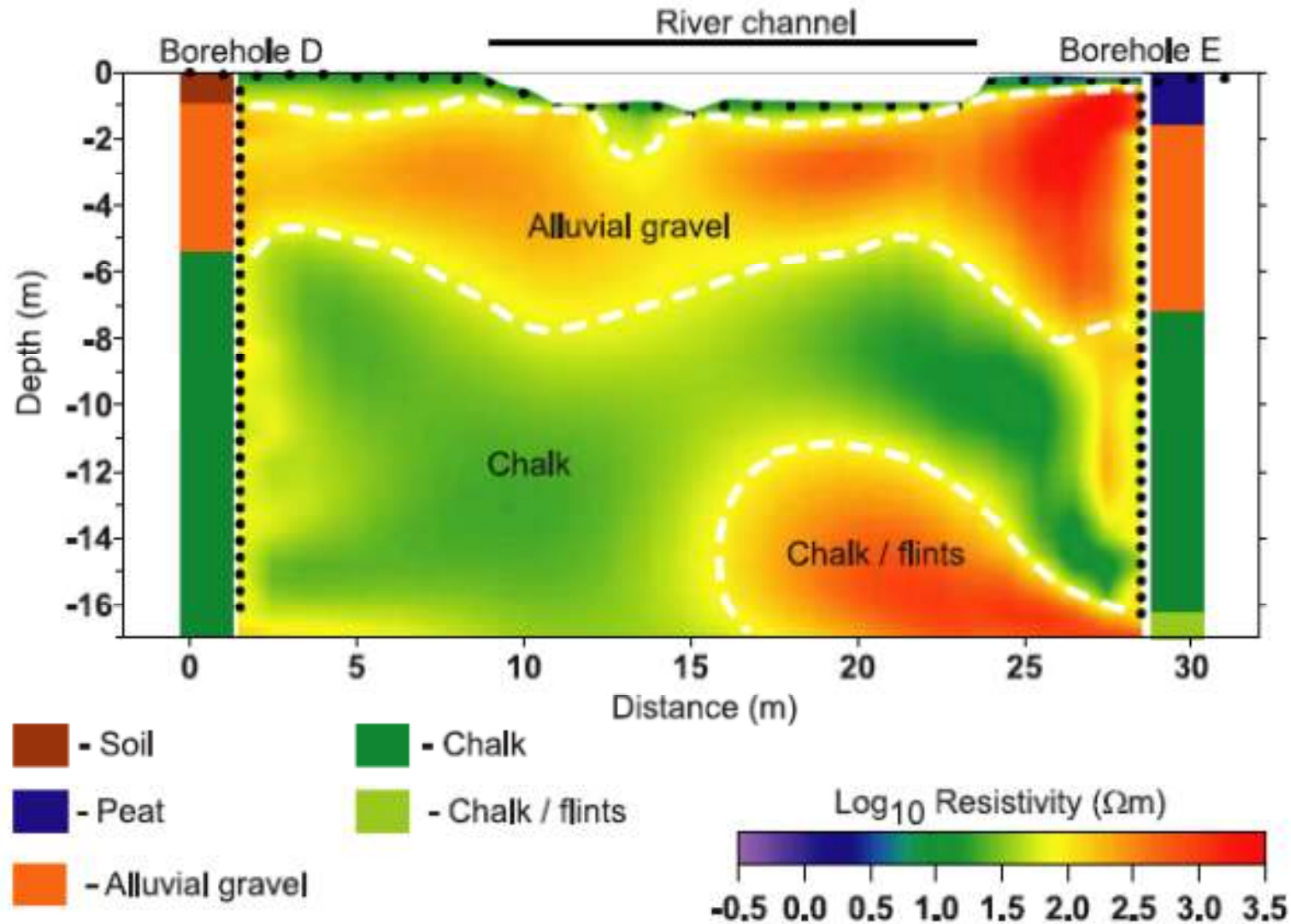






## Problematiche e metodologie di indagine simili a quelle per lo studio della zona iporeica

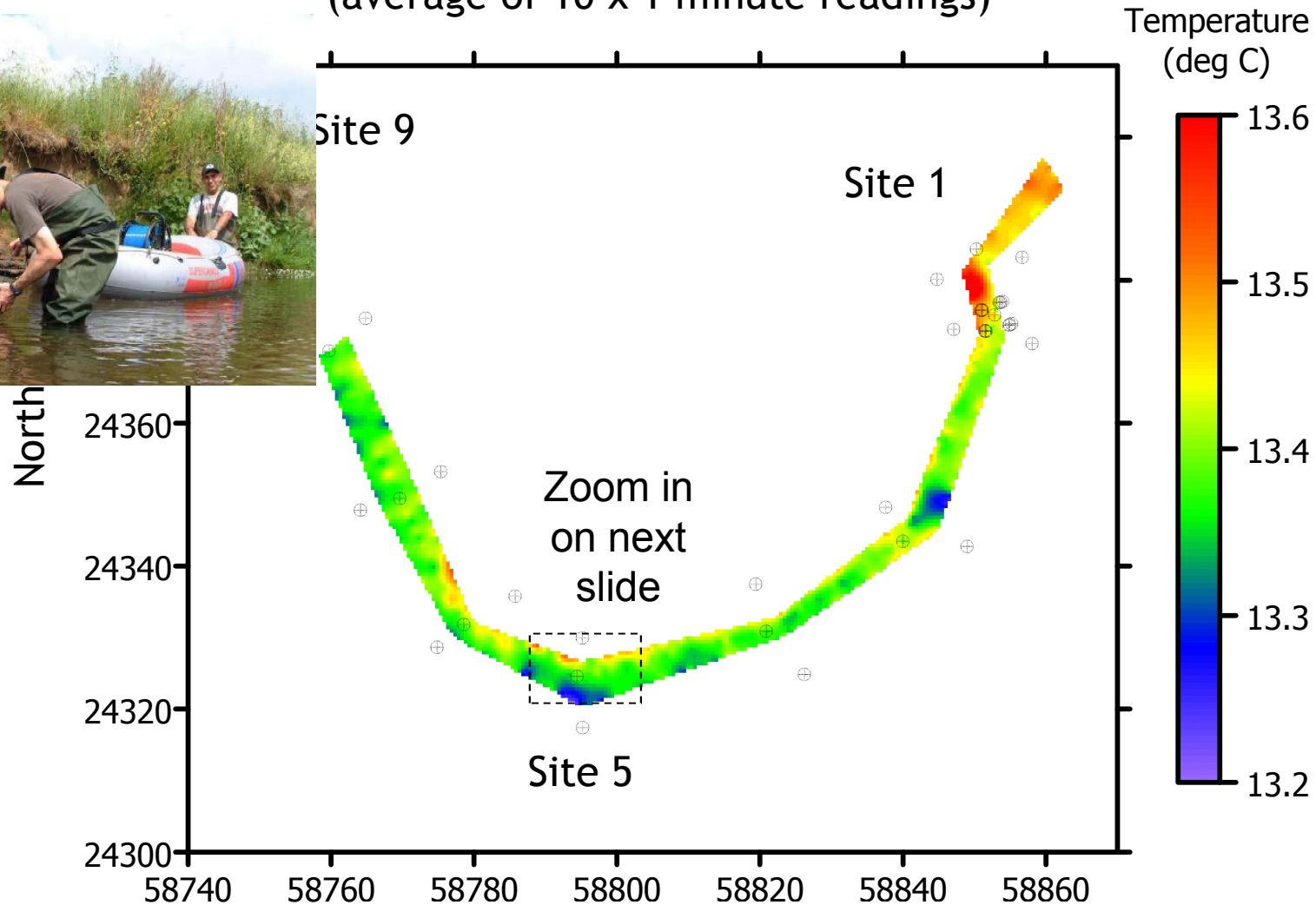




*Crook, Binley, Knight, Robinson, Zarnetske & Haggery (2008)*

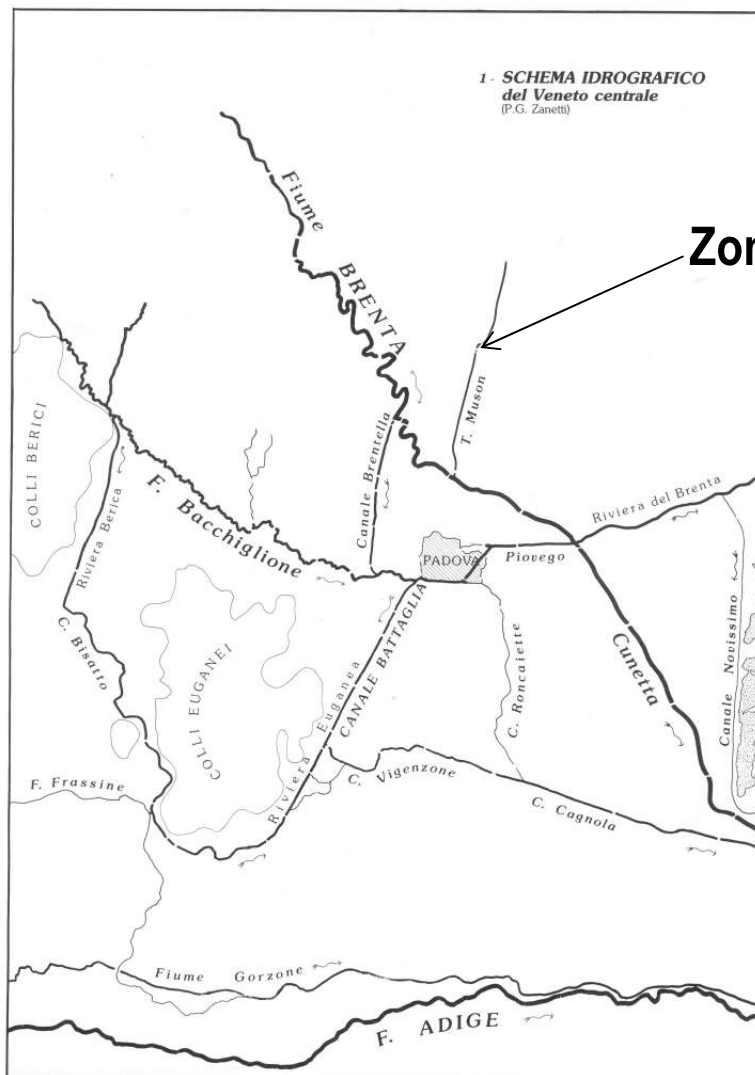


DTS interpolated temperature on 07 Aug 2009 @ 13:25  
(average of 10 x 1 minute readings)



*Crook, Binley, Knight, Robinson, Zarnetske & Haggery (2008)*





Zona del caso di studio di Loreggia (Padova)

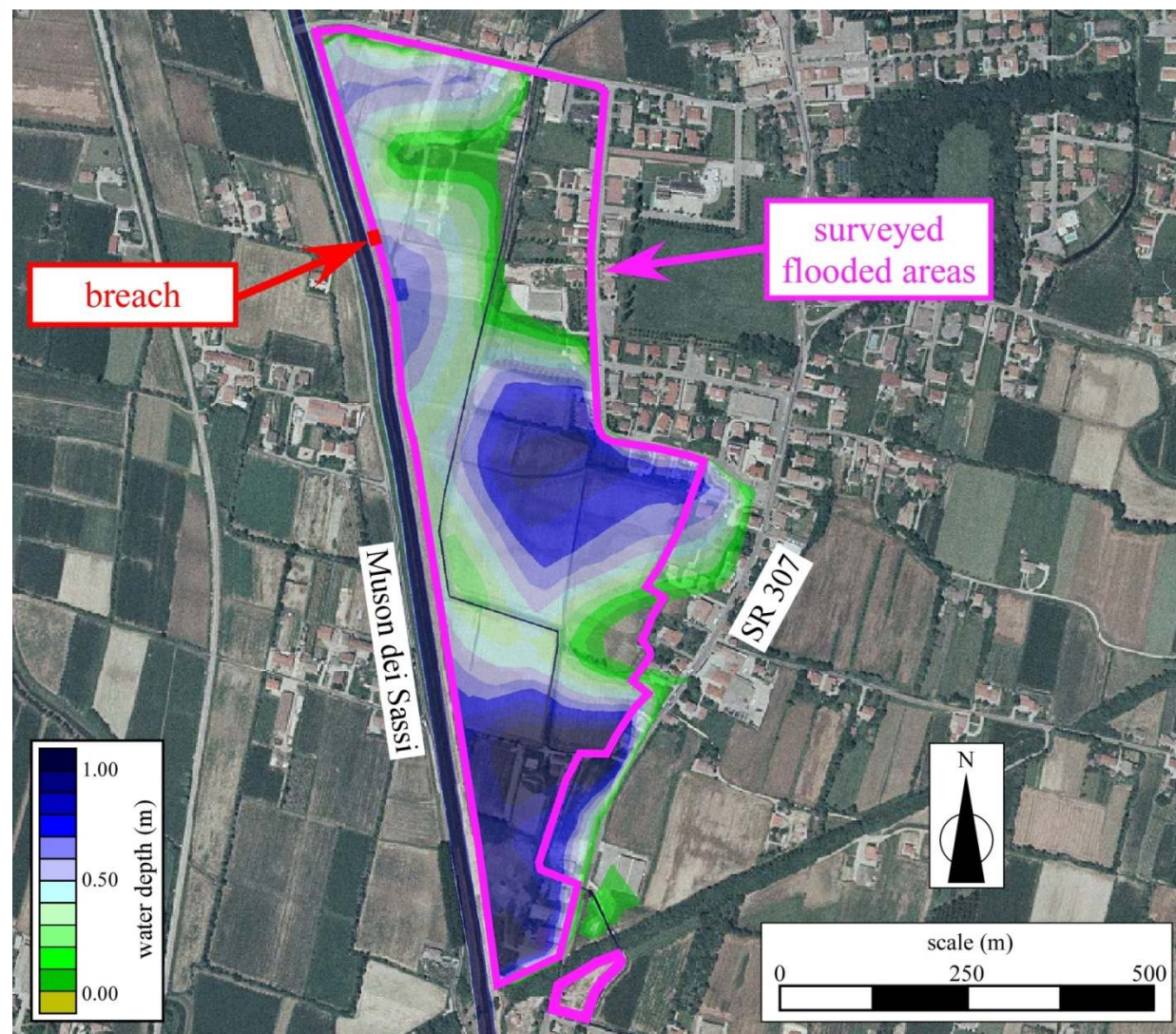
Loreggia (Padova, Veneto) - 21 Gennaio 2009

Muson dei Sassi rompe gli argini, gli allagamenti

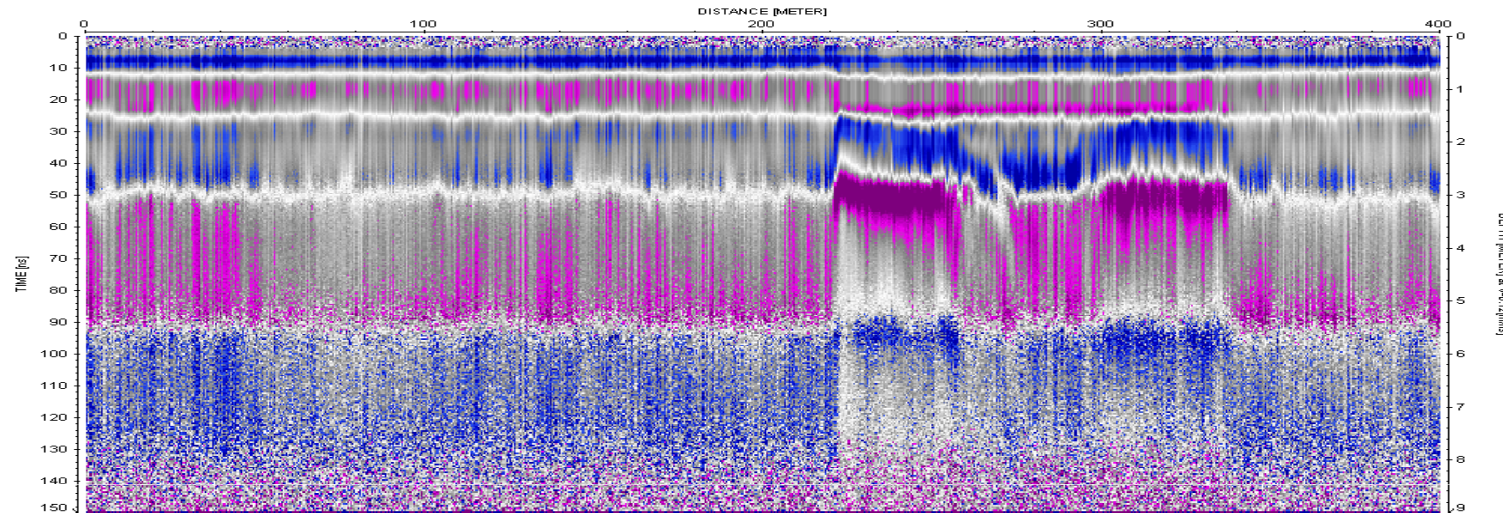




Confronto tra zone  
allagate  
misurate e  
calcolate da modello







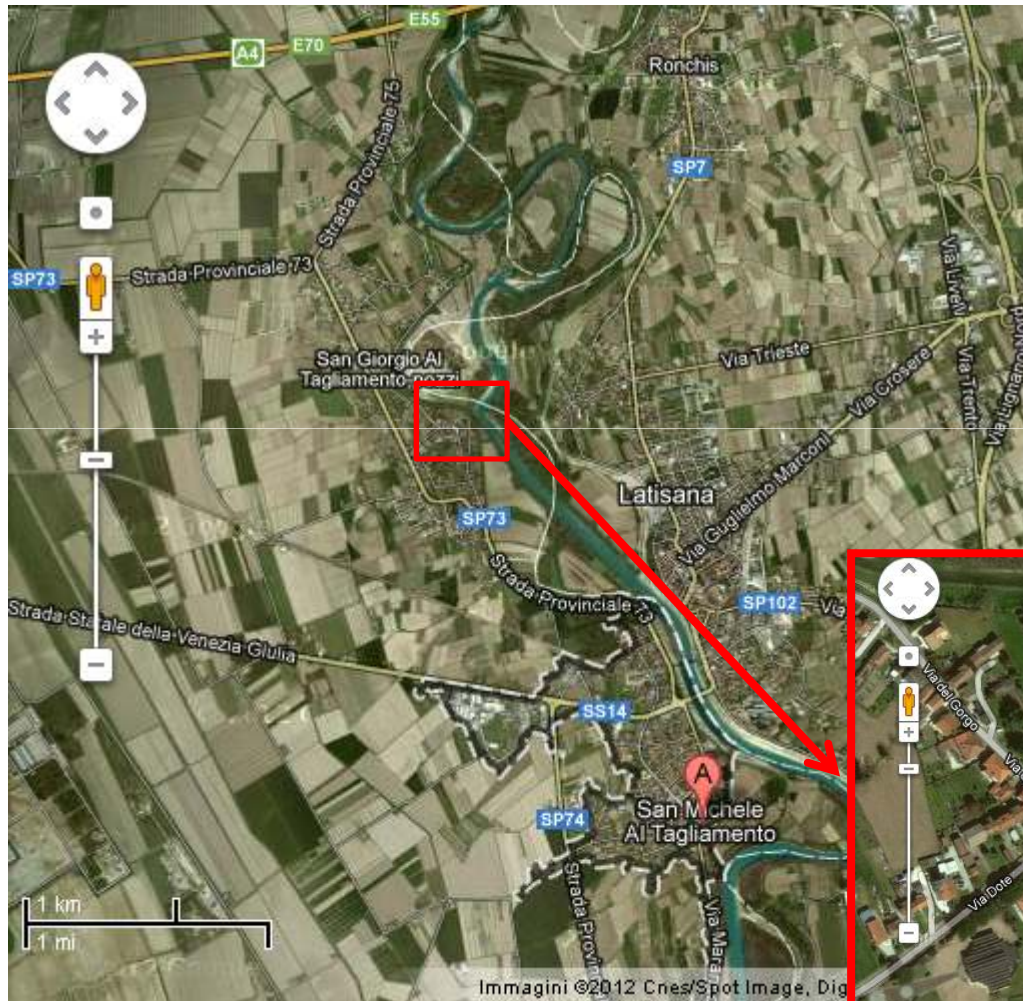
Loreggia (Padova, Veneto) - 21 Gennaio 2009  
**Muson dei Sassi rompe gli argini, gli allagamenti**



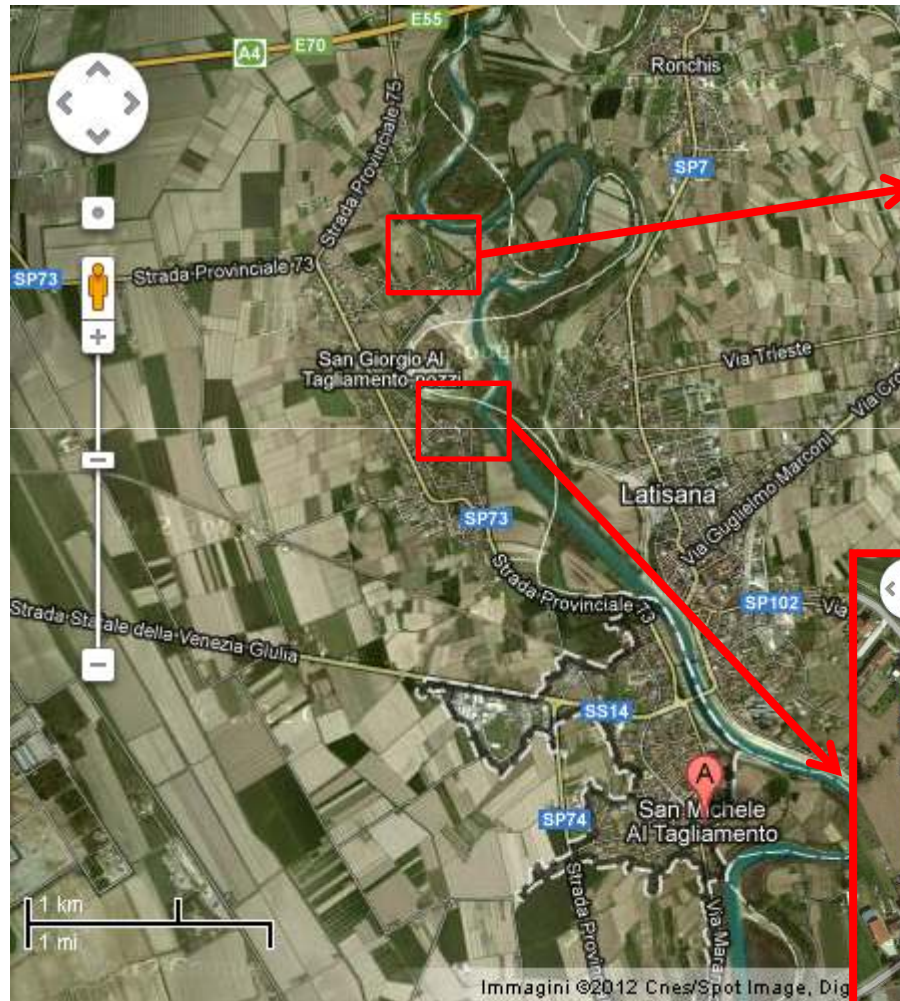
Posizione della rotta  
del gennaio 2009

**Loreggia, Muson dei Sassi.  
Misure GPR 50 MHz sull'argine**

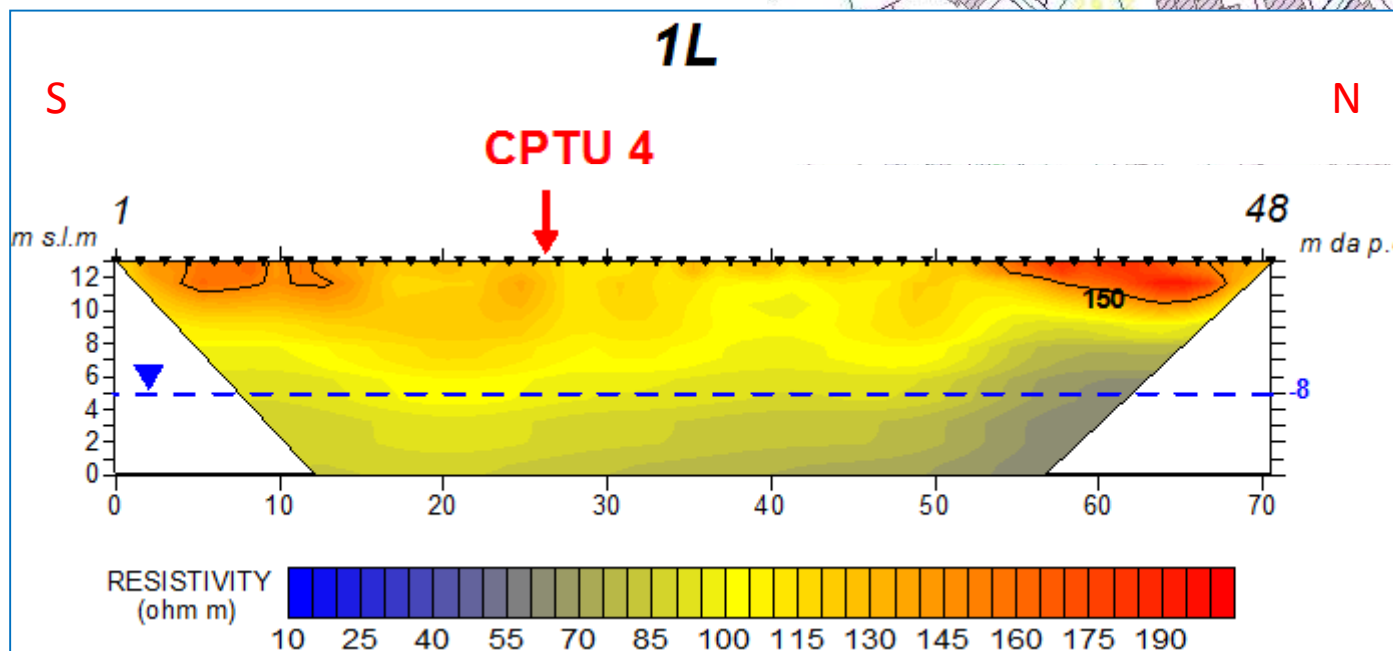
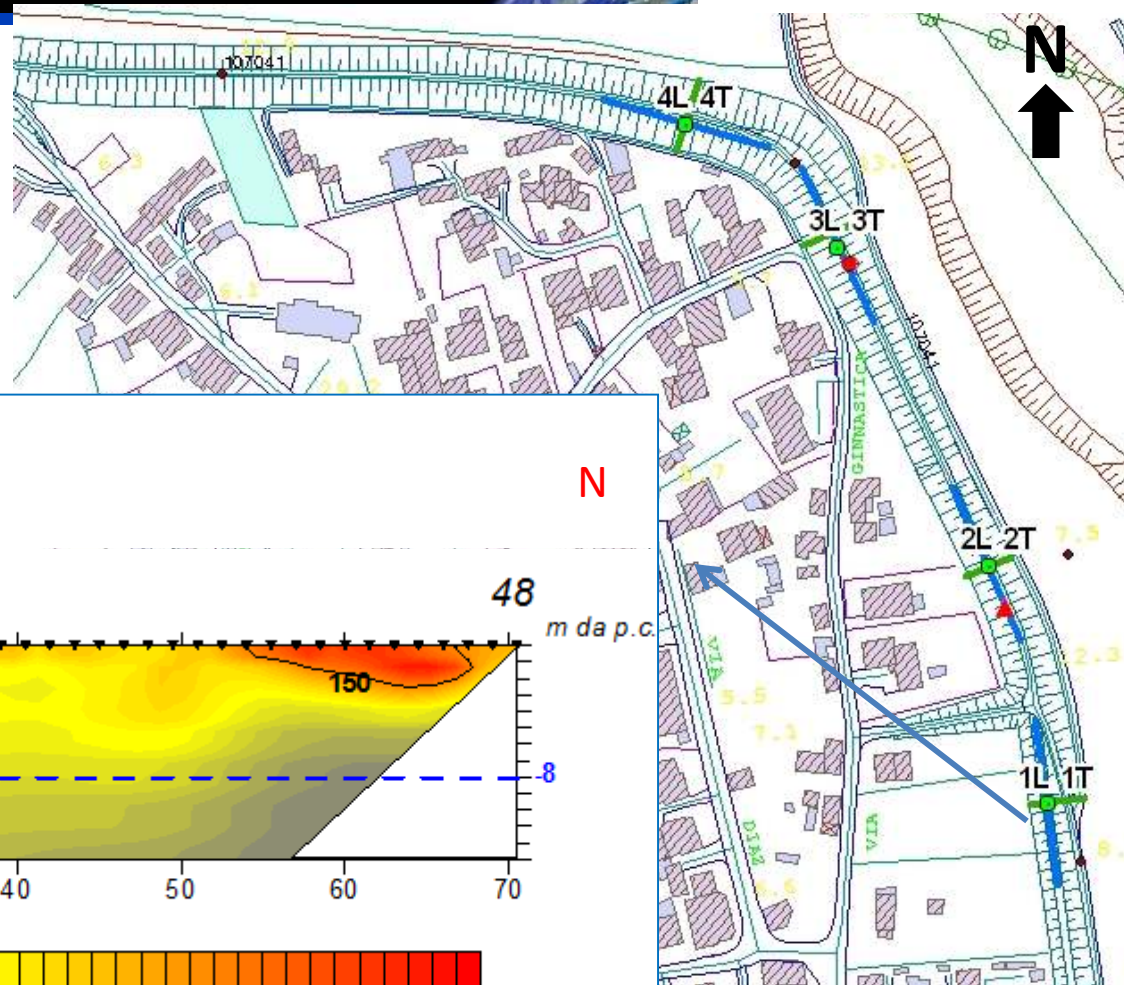












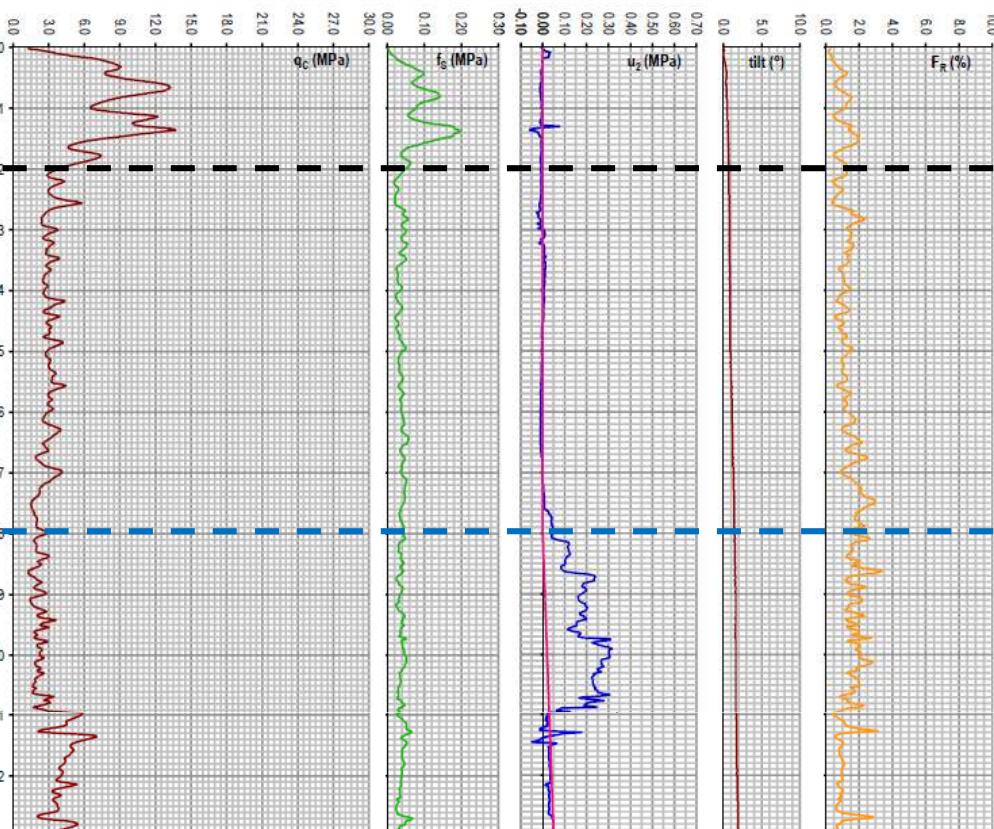
*QUOTA BASE RILIEVO ARGINALE = 8 m.s.l.m.*



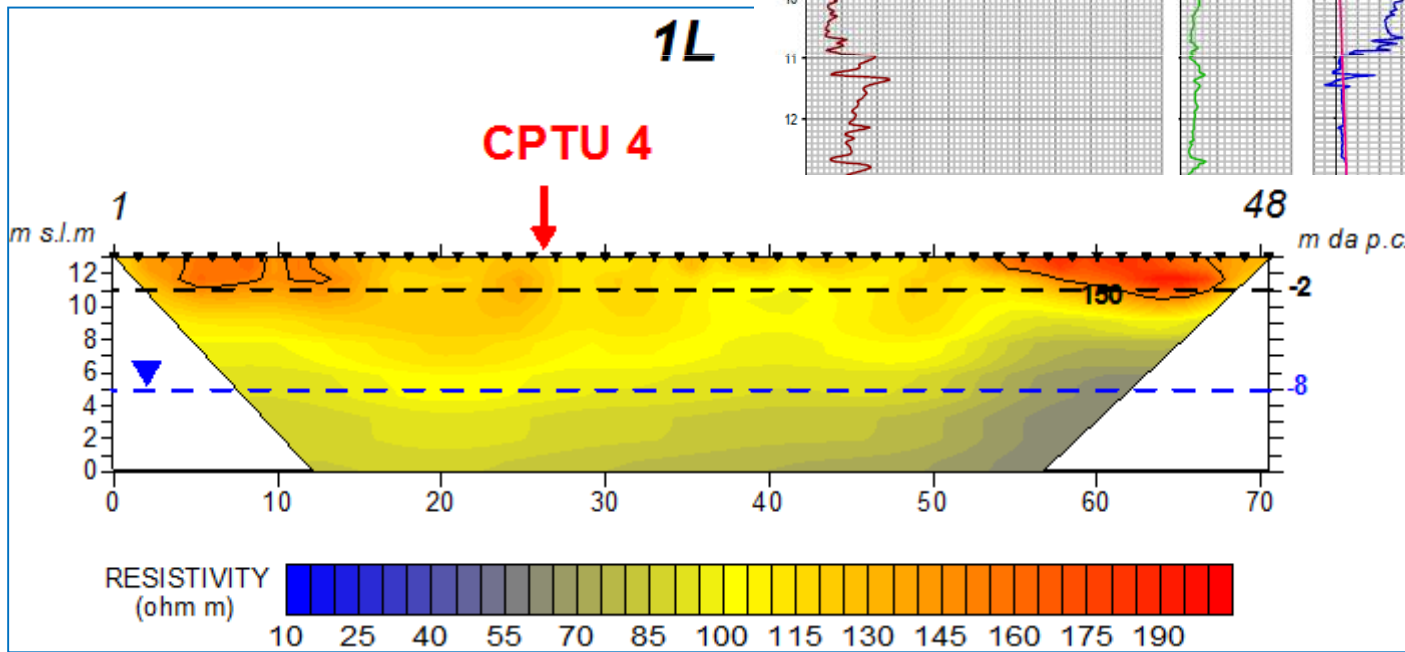
# Dipartimento di

passaggio  
limi sabbiosi/  
limi debolmente sabbiosi

quota falda



Committente	GENIO CIVILE DI VENEZIA
Cantieri/Località	SAN MICHELE AL TAGLIAMENTO (VE)
Prova - Data:	CPTU4 - 14.09.2012



150 Ω m  
passaggio limi sabbiosi/ limi deb sabbiosi

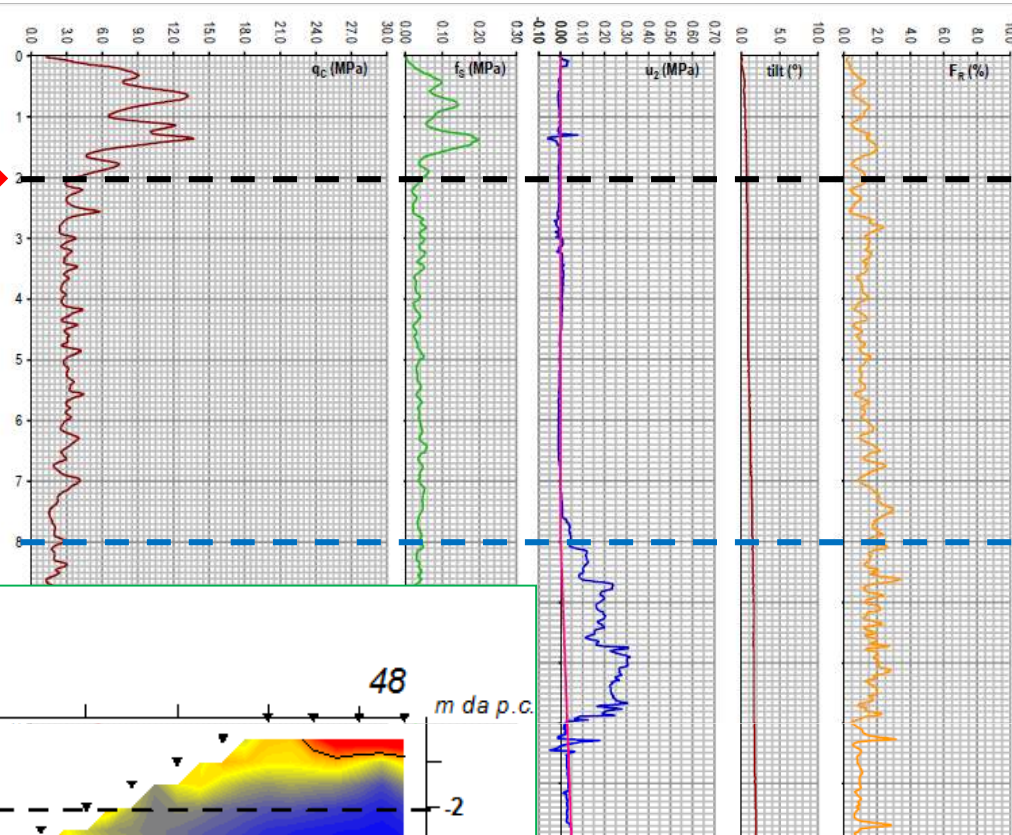




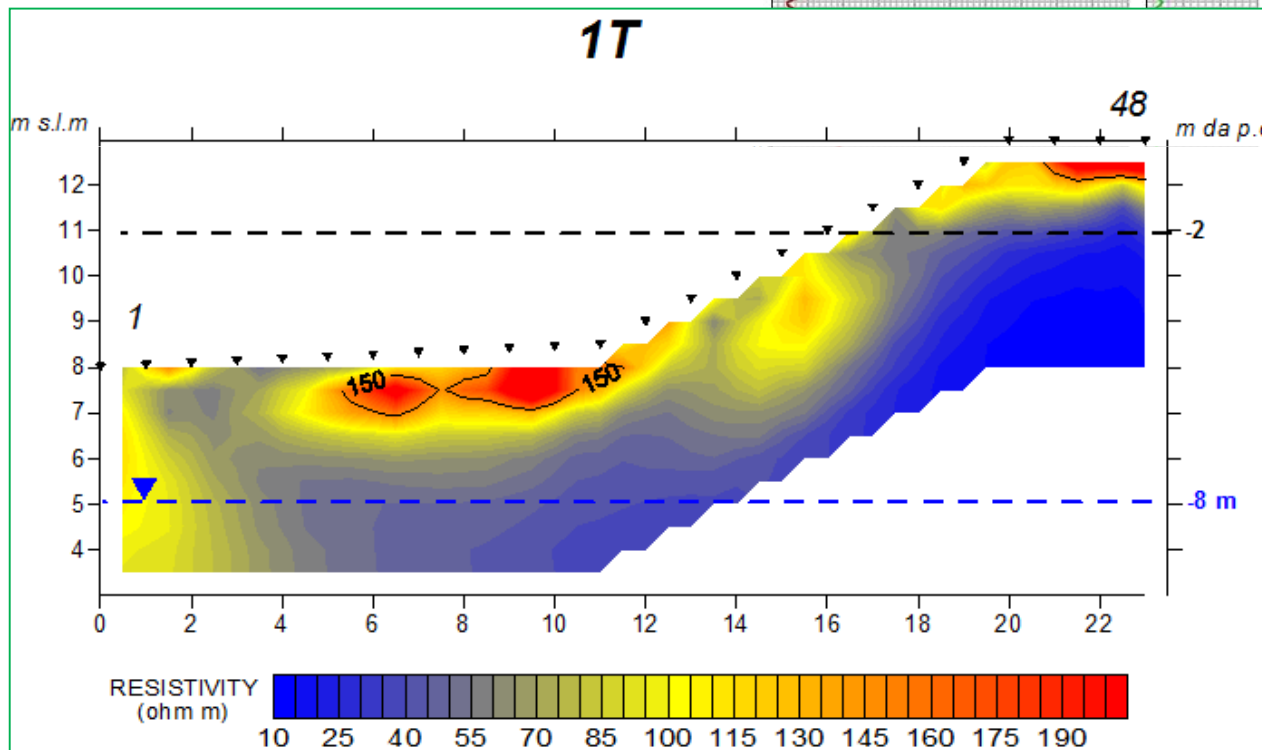
# Dipartimento di

passaggio  
limi sabbiosi/  
limi debolmente sabbiosi

quota falda



Comittente	Genio Civile di Venezia
Cantiera/Località	SAN MICHELE AL TAGLIAMENTO (VE)
Prova - Data:	CPTU4 - 14.09.2012



↑ **150 Ω m**  
passaggio limi sabbiosi/ limi deb sabbiosi

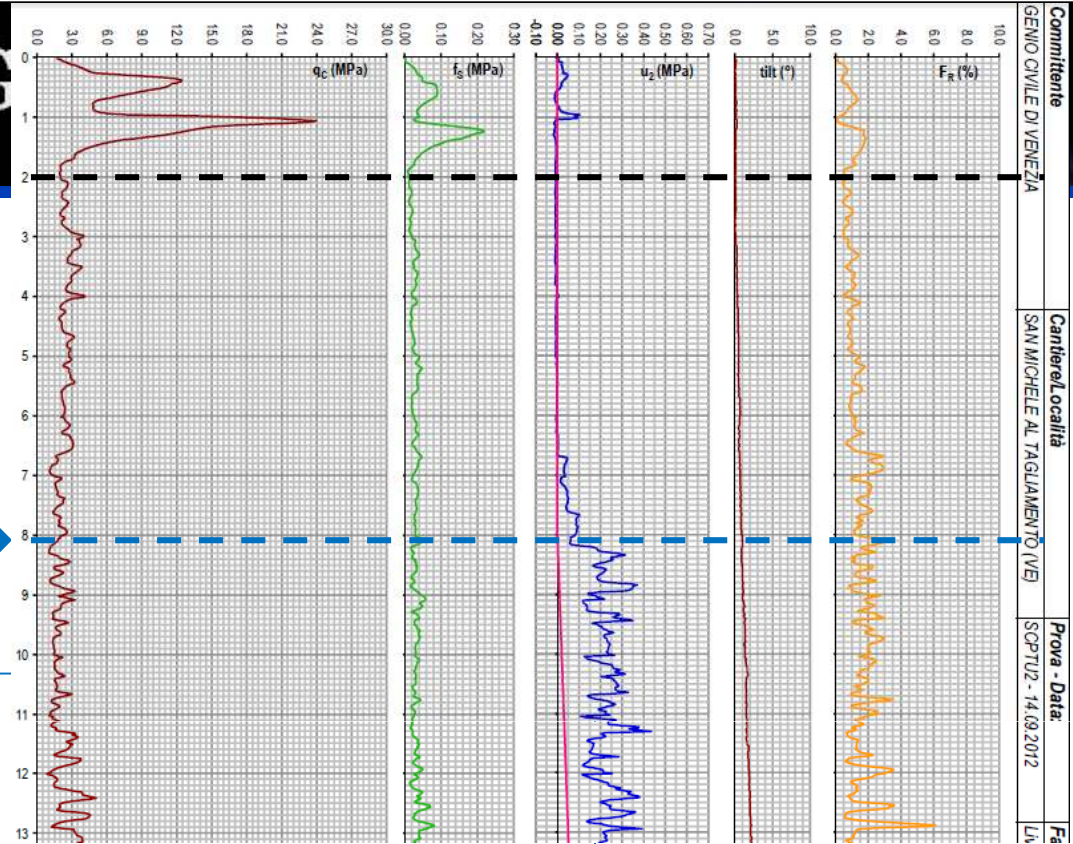


# Dipartimento di Geologia

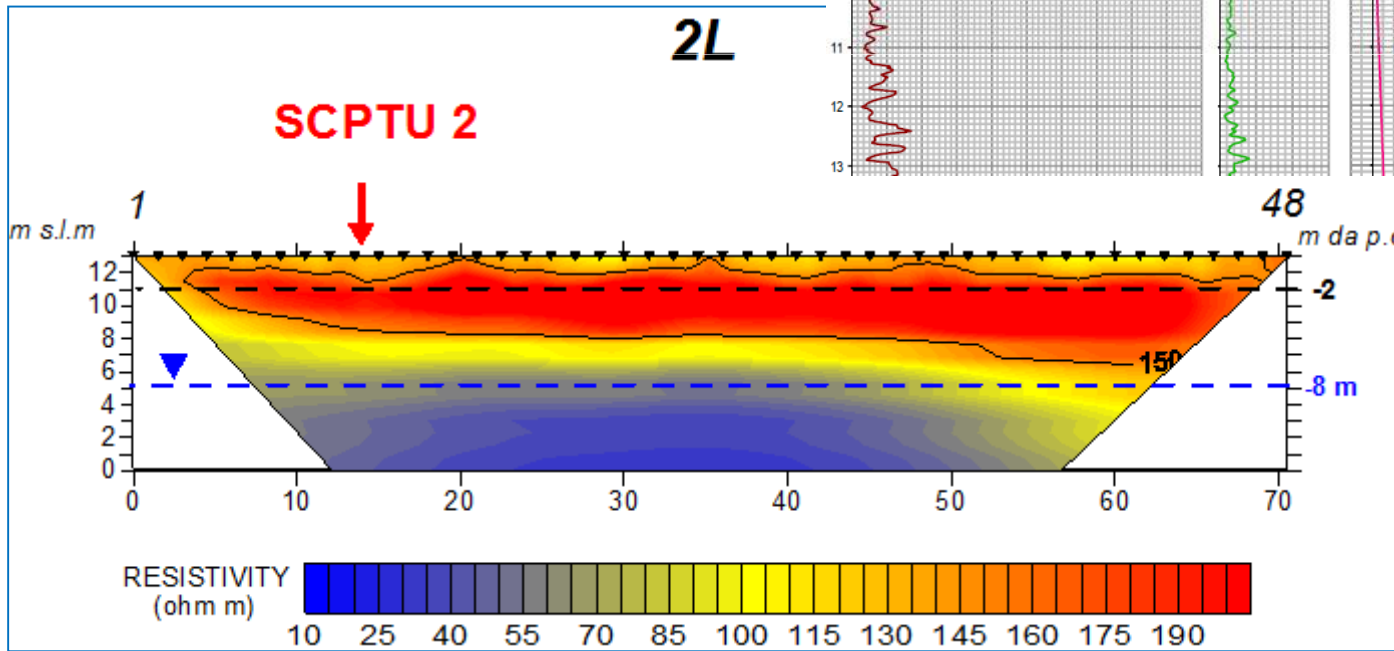
passaggio  
limi sabbiosi/  
limi debolmente sabbiosi



quota falda



Committente	Canterini Località	Prova - Data:
GENIO CIVILE DI VENEZIA	SAN MICHELE AL TAGLIAMENTO (VE)	SCPTU2 - 14.09.2012
		LA

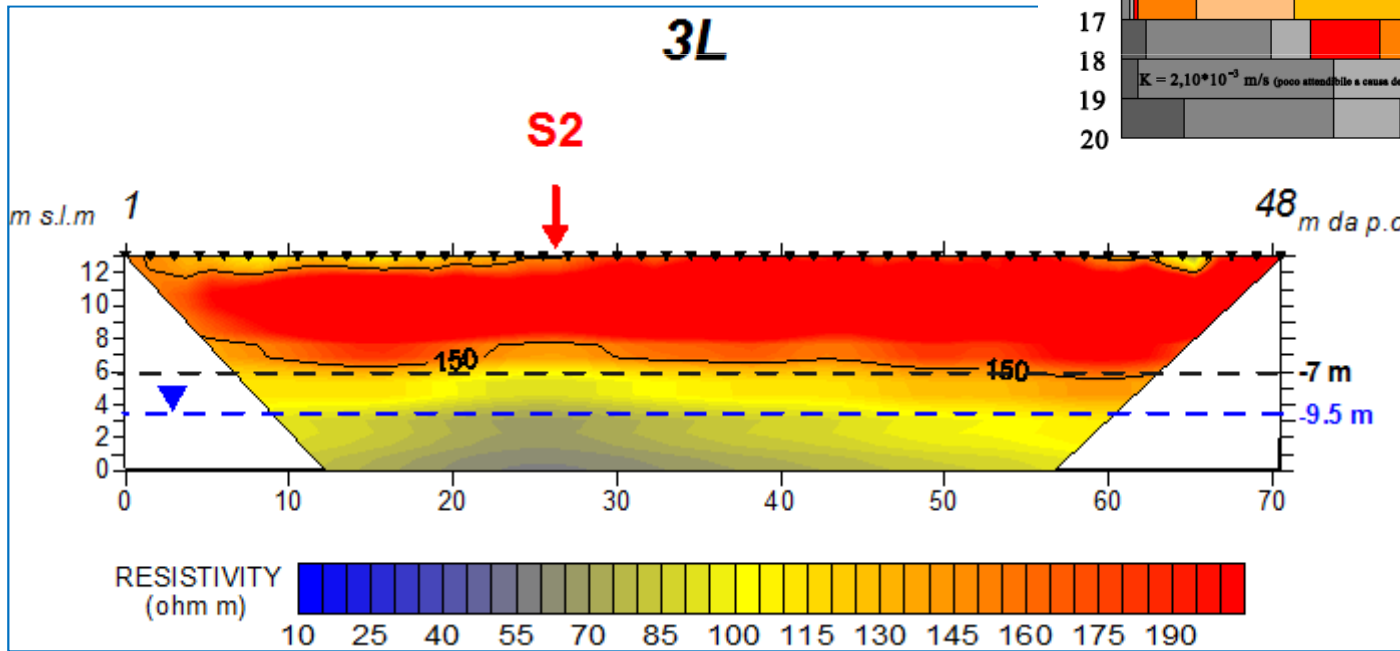
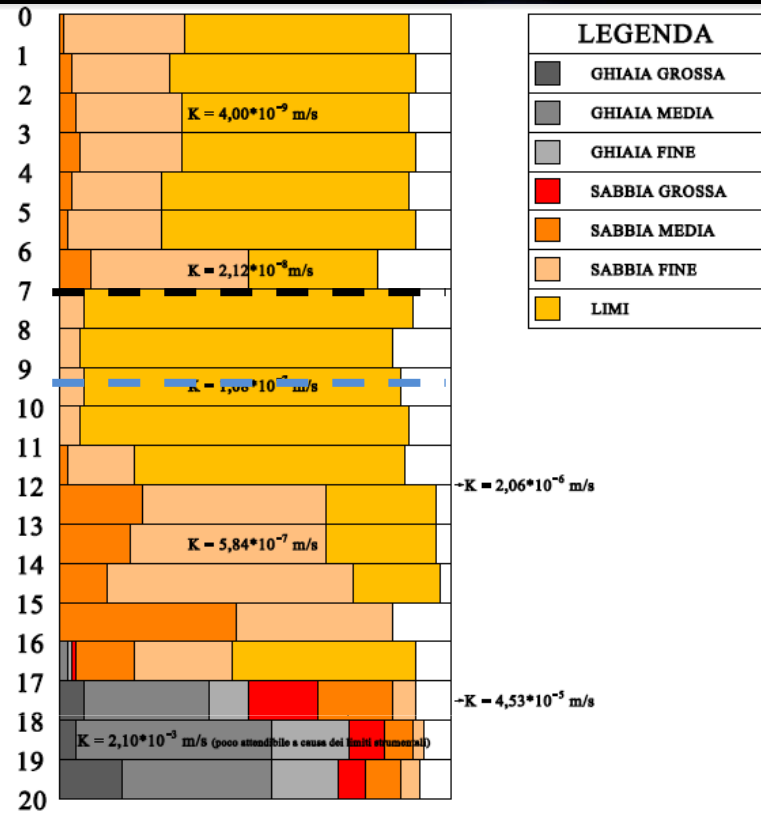


150  $\Omega$  m  
passaggio limi sabbiosi/ limi deb sabbiosi



passaggio  
limi sabbiosi/ limi debolmente sabbiosi

quota falda



150 Ω m

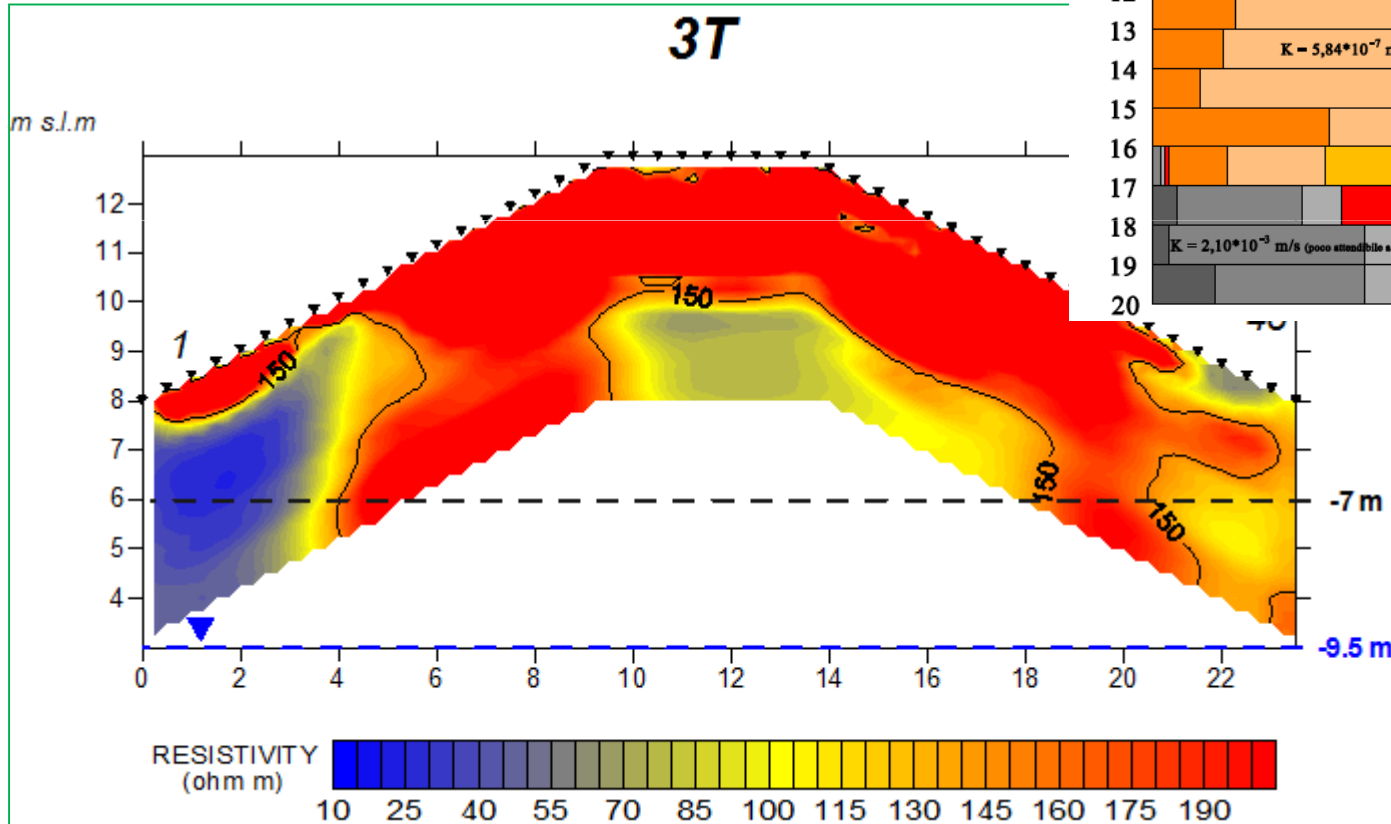
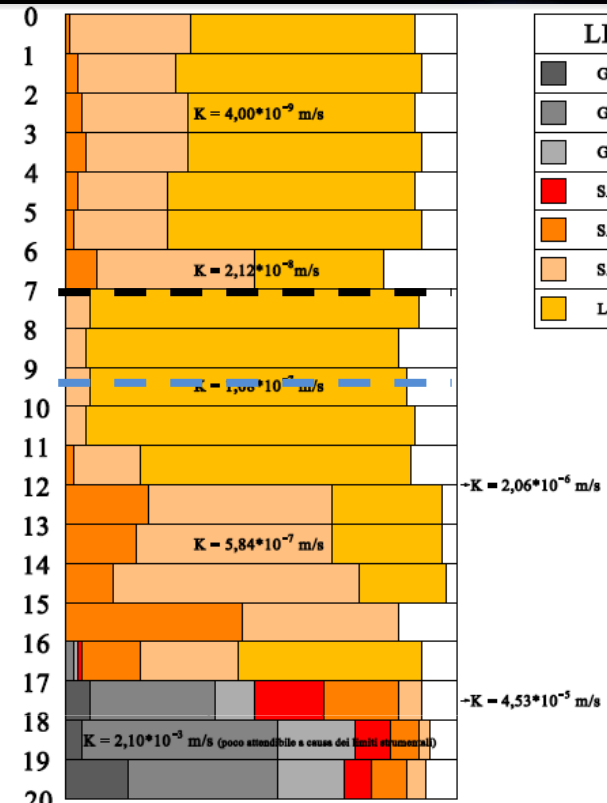
passaggio limi sabbiosi/ limi deb sabbiosi



passaggio  
limi sabbiosi/ limi debolmente sabbiosi

quota falda

LEGENDA	
	GHIAIA GROSSA
	GHIAIA MEDIA
	GHIAIA FINE
	SABBIA GROSSA
	SABBIA MEDIA
	SABBIA FINE
	LIMI



150 Ω m  
passaggio limi sabbiosi/ limi deb sabbiosi

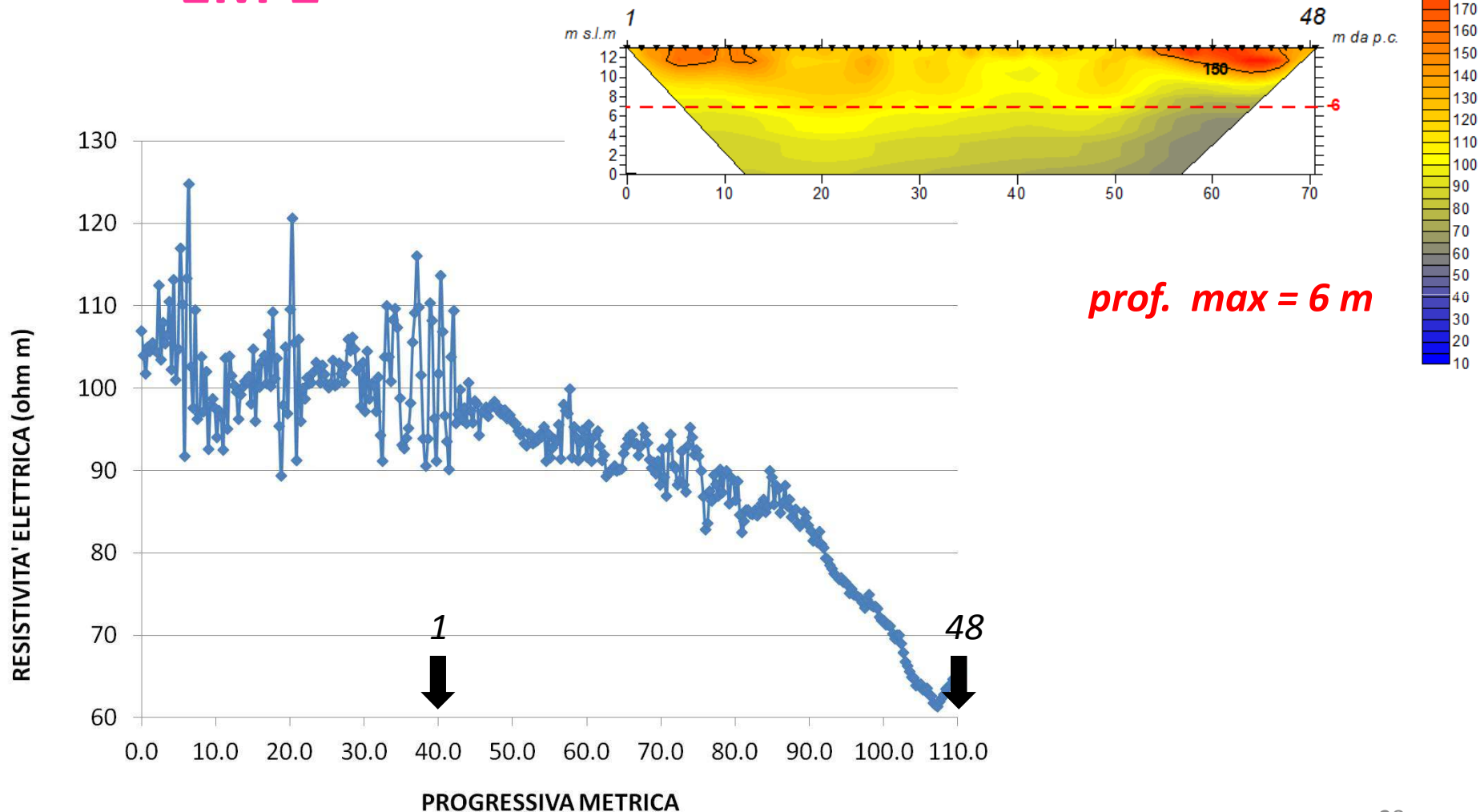




RESISTIVITY  
(ohm m)

1L

EM 1

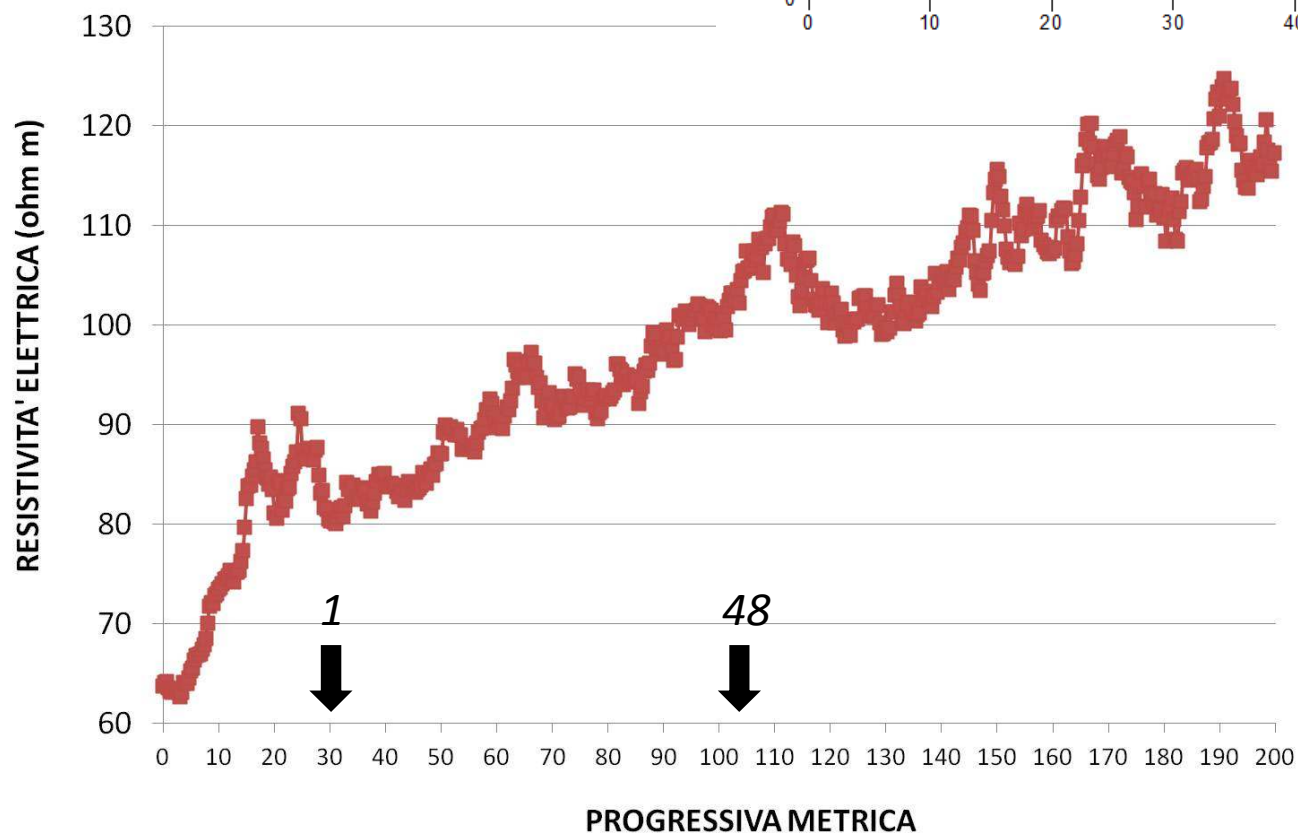
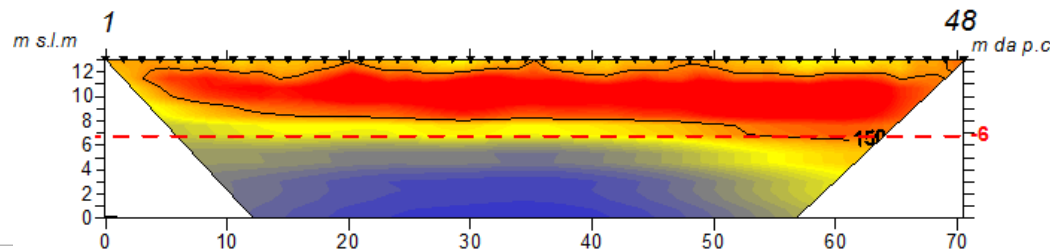




EM 2

RESISTIVITY  
(ohm m)

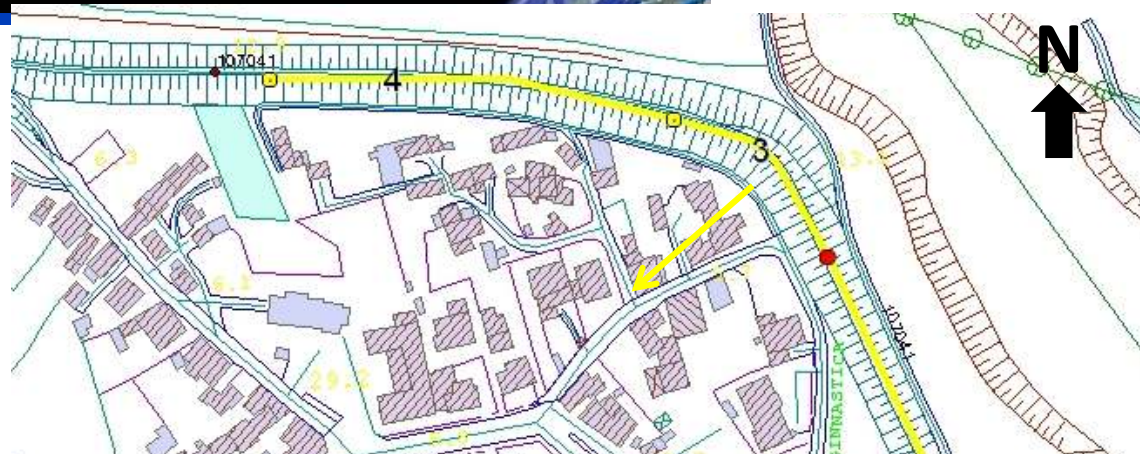
2L



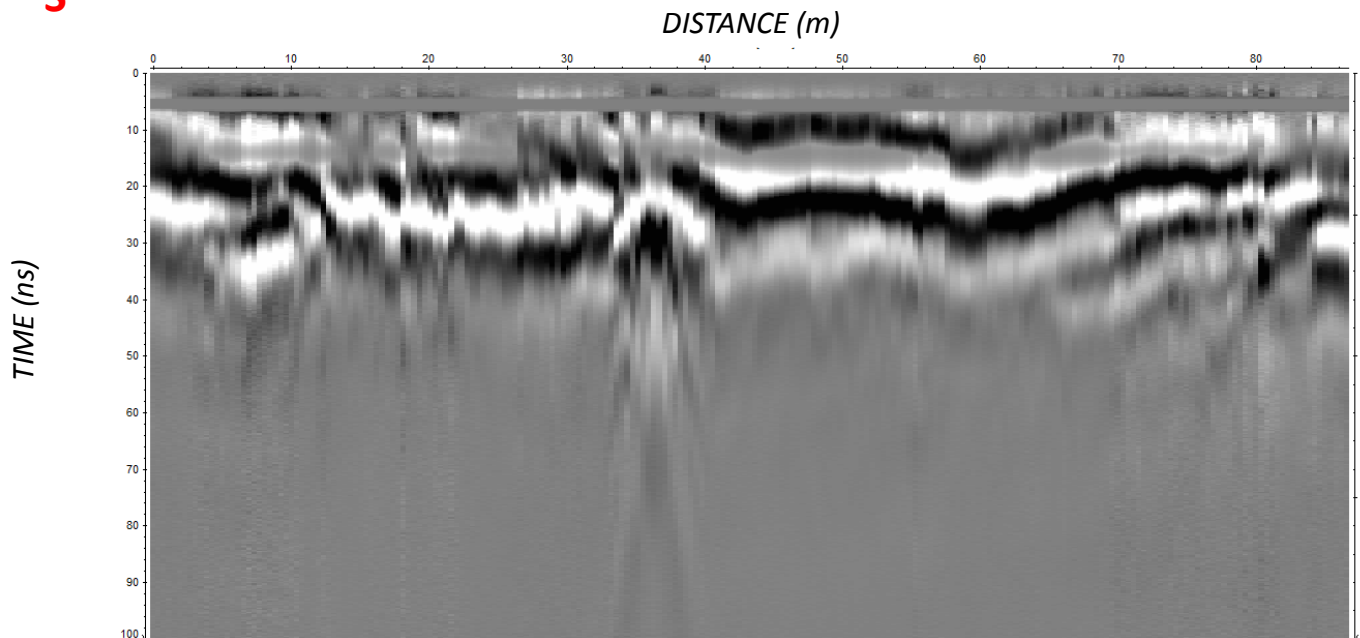
*prof. max = 6 m*



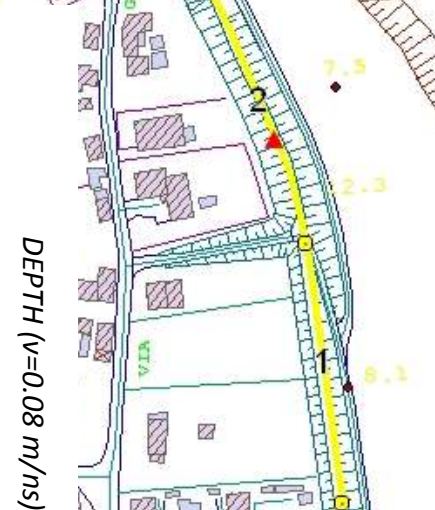
GPR3  
 $f = 50 \text{ MHz}$



S

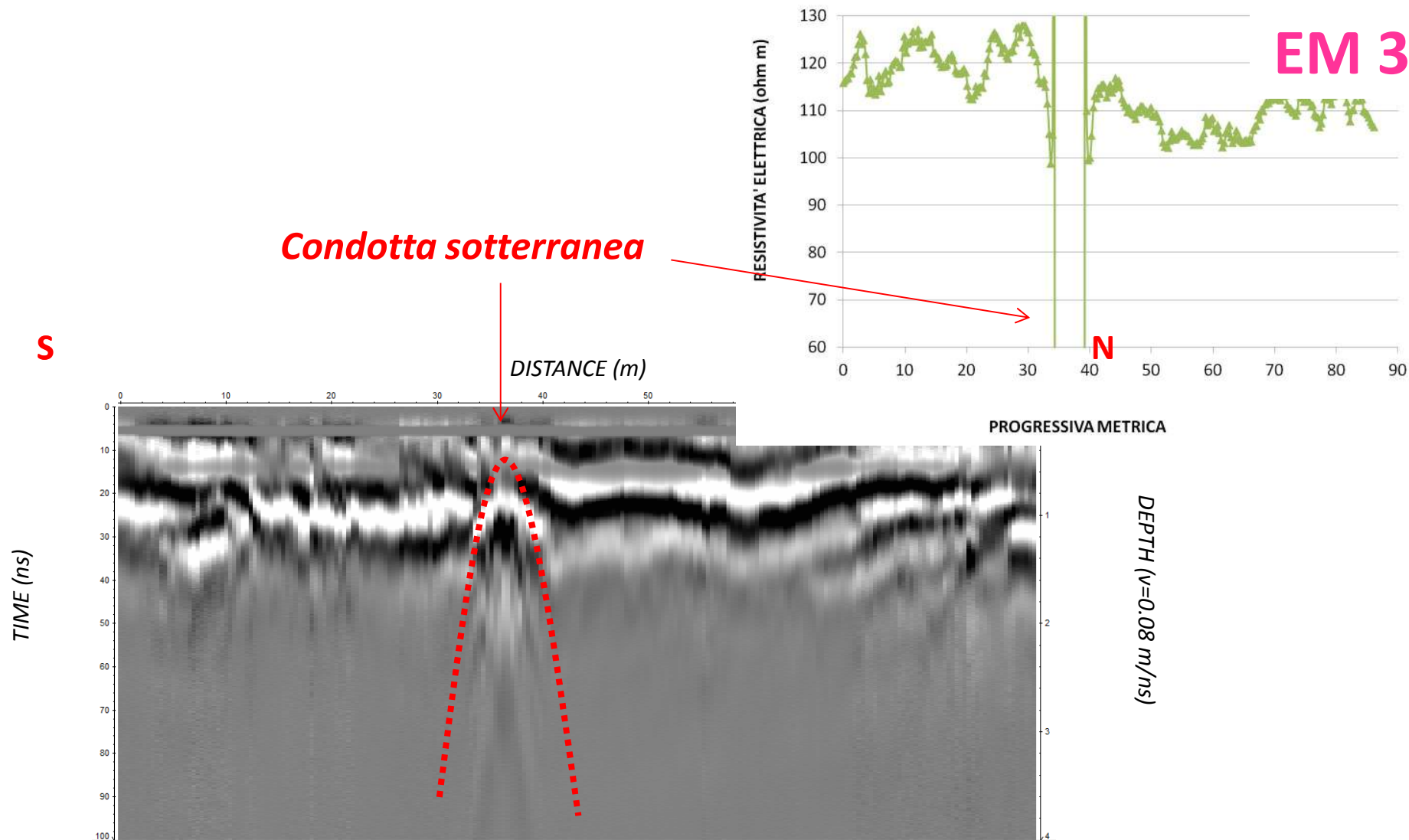


N



$L = 90 \text{ m}$

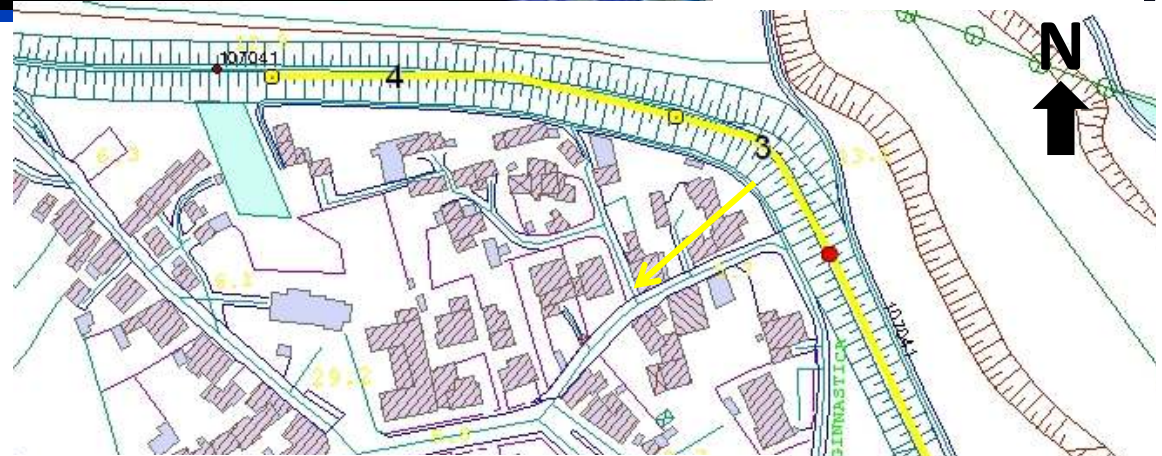






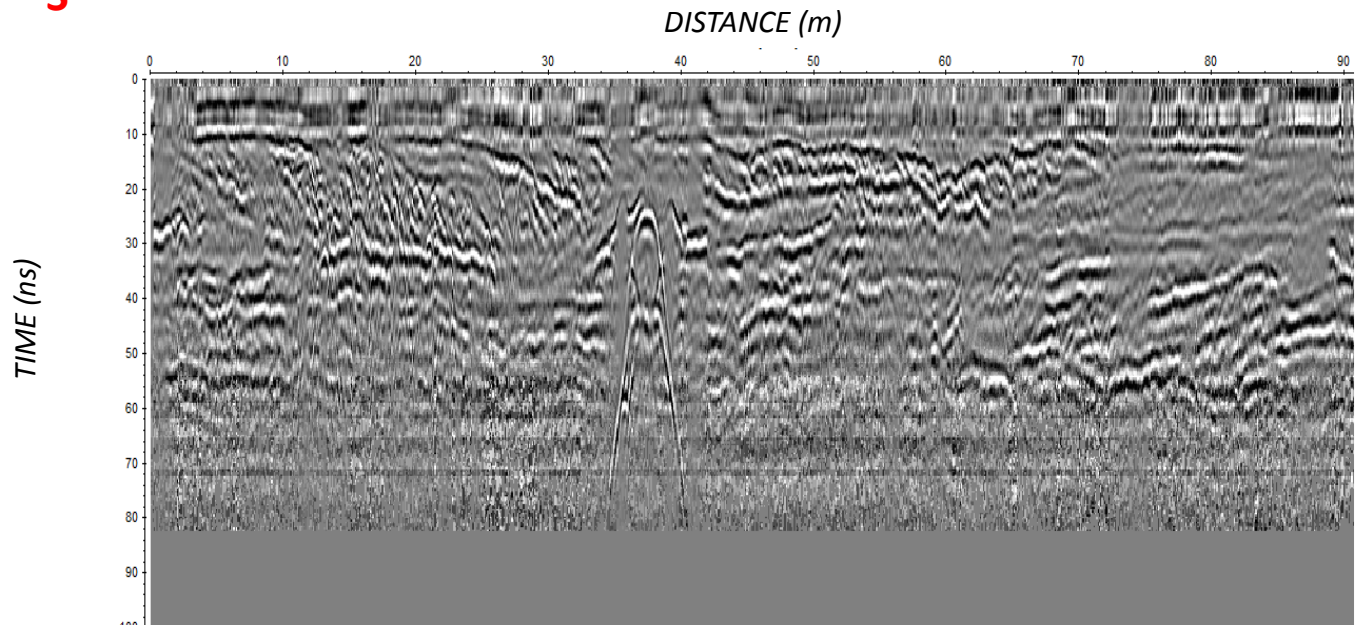
GPR3

$f = 200 \text{ MHz}$



S

N



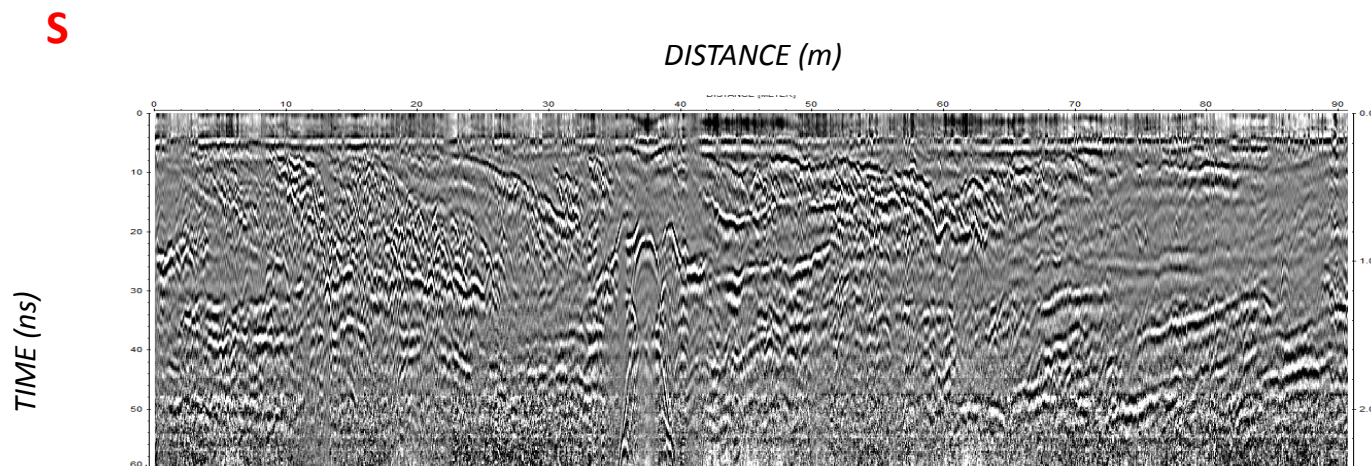
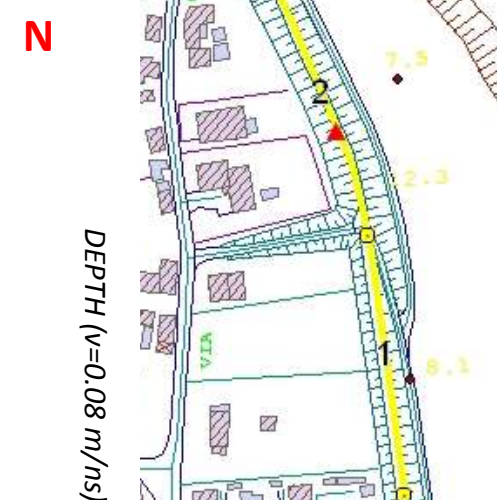
DEPTH ( $v=0.08 \text{ m/ns}$ )

$L = 90 \text{ m}$



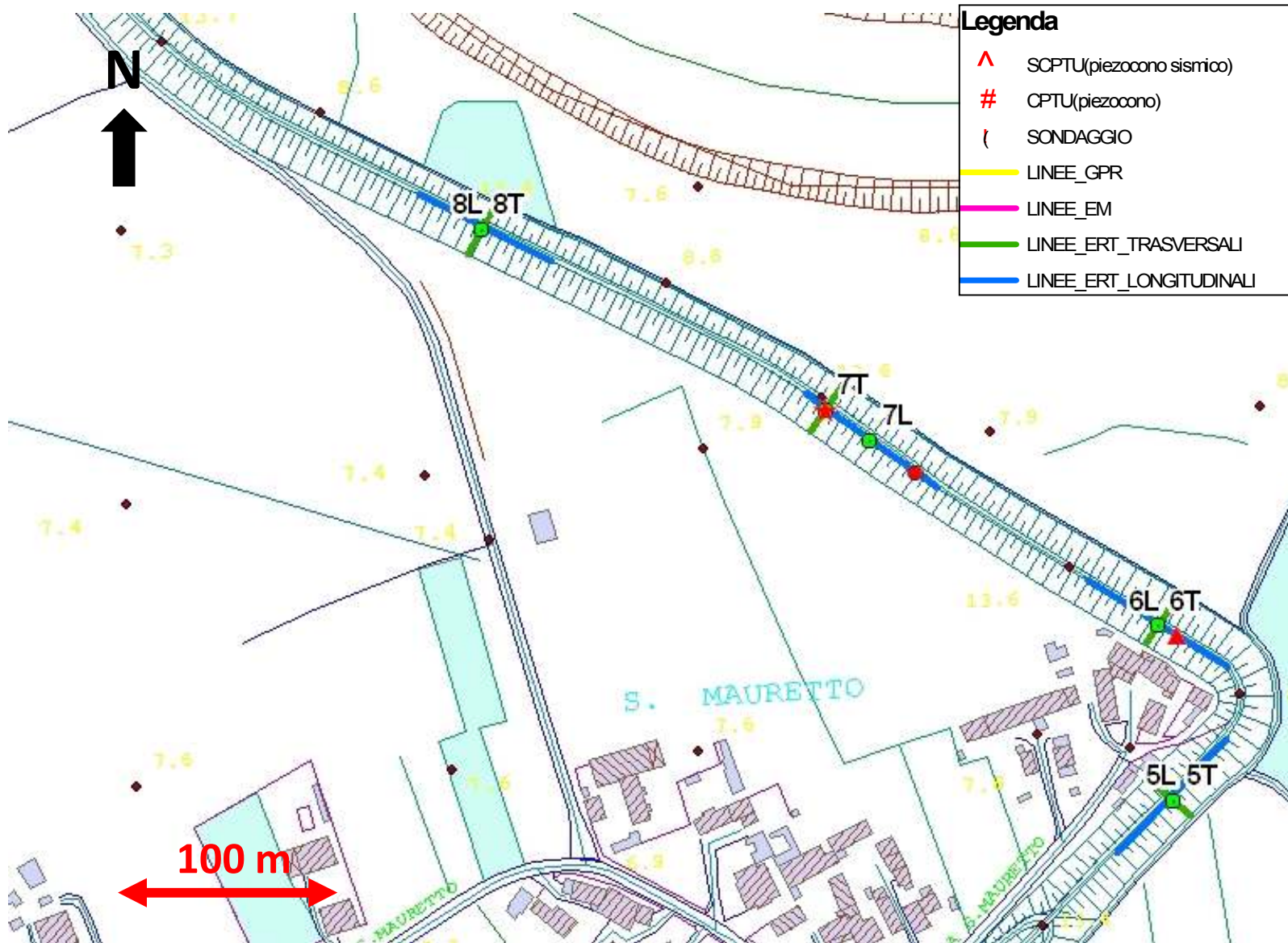


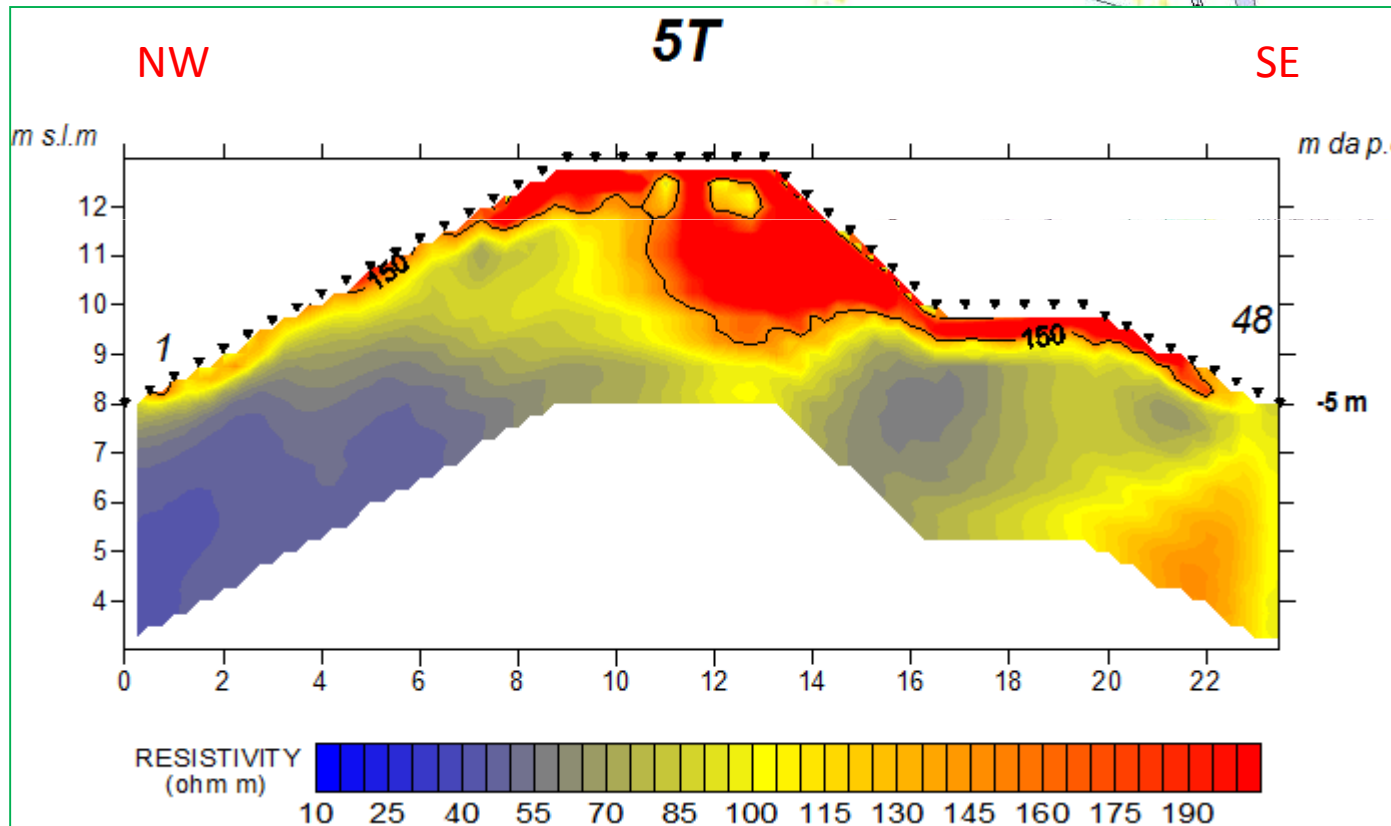
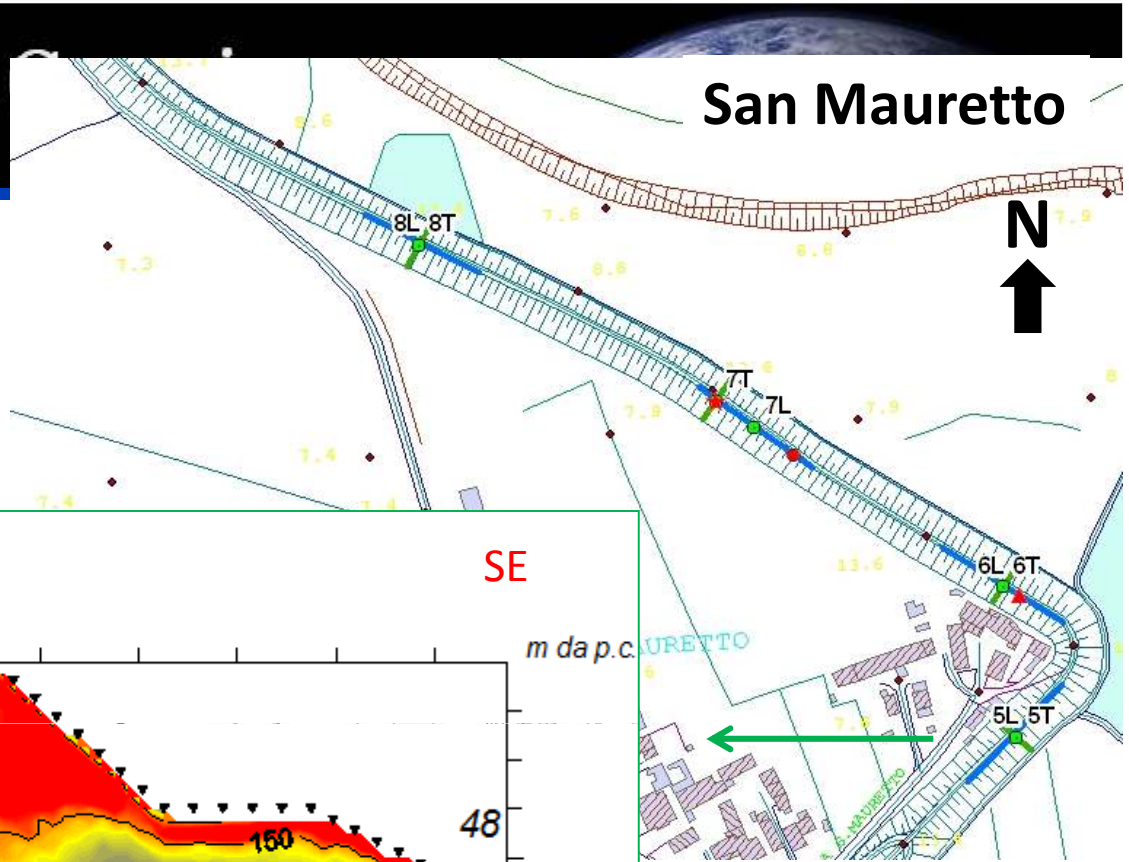
GPR3  
 $f = 600 \text{ MHz}$



$L = 90 \text{ m}$







*QUOTA BASE RILIEVO ARGINALE = 8 m.s.l.m.*



# Dipartimento di

passaggio  
limi sabbiosi/  
limi debolmente sabbiosi

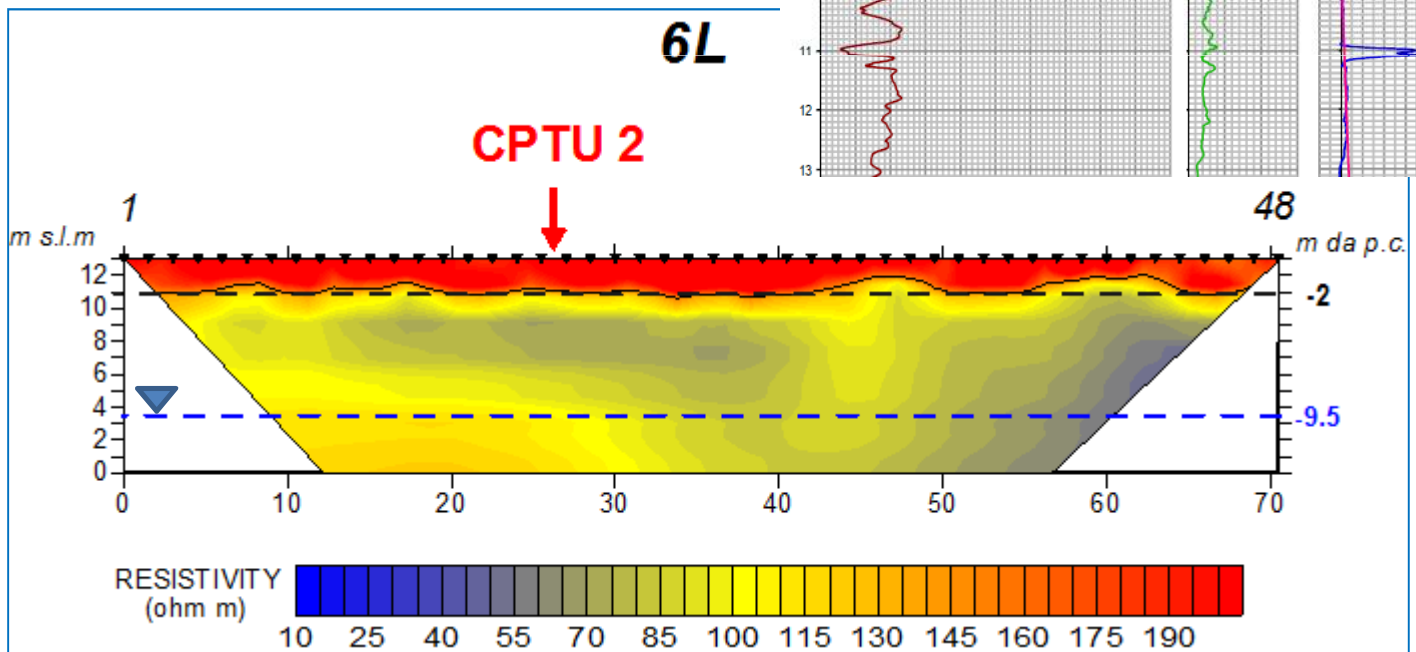


quota falda



6L

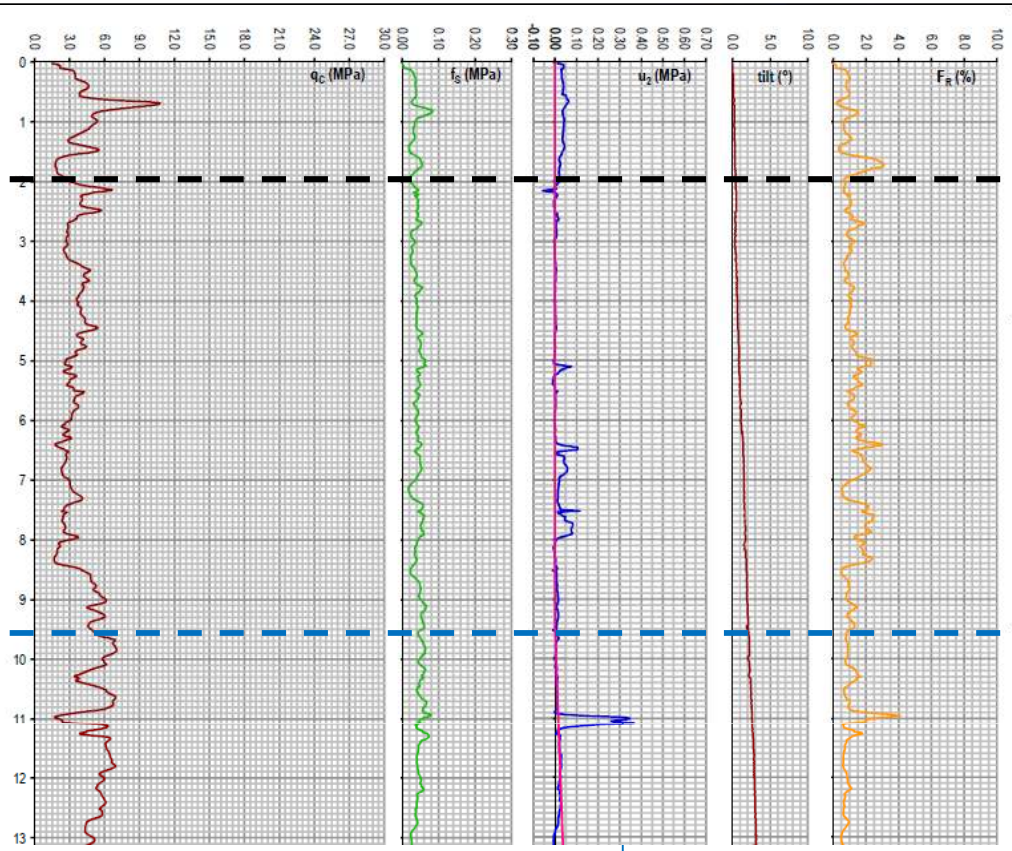
CPTU 2



QUOTA BASE RILIEVO ARGINALE = 8 m.s.l.m.

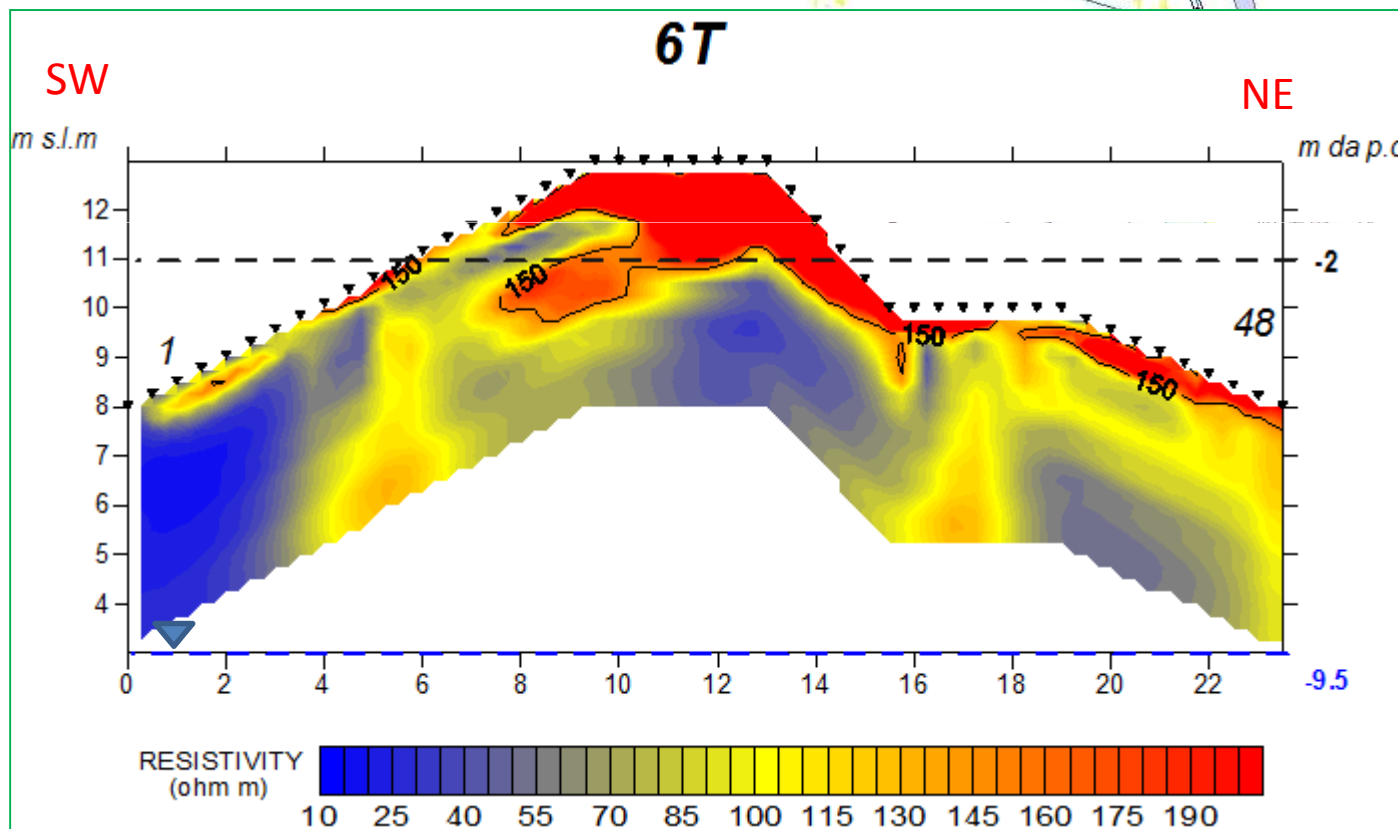
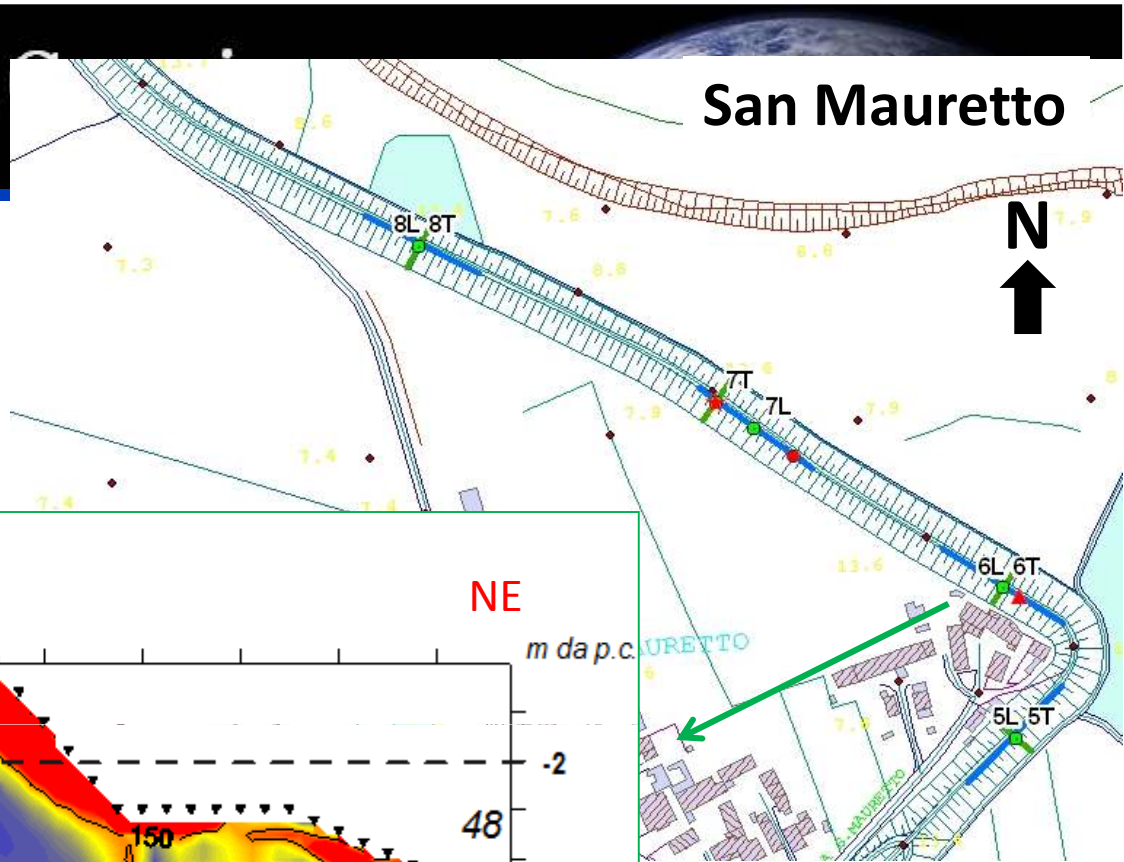


150 Ω m  
passaggio limi sabbiosi/ limi deb sabbiosi



Comitente	GENIO CIVILE DI VENEZIA
Cantier/ località	SAN MICHELE AL TAGLIAMENTO (VE)
Prova - Data:	CPTU2 - 13.08.2012
LI	FI





QUOTA BASE RILIEVO ARGINALE = 8 m.s.l.m.

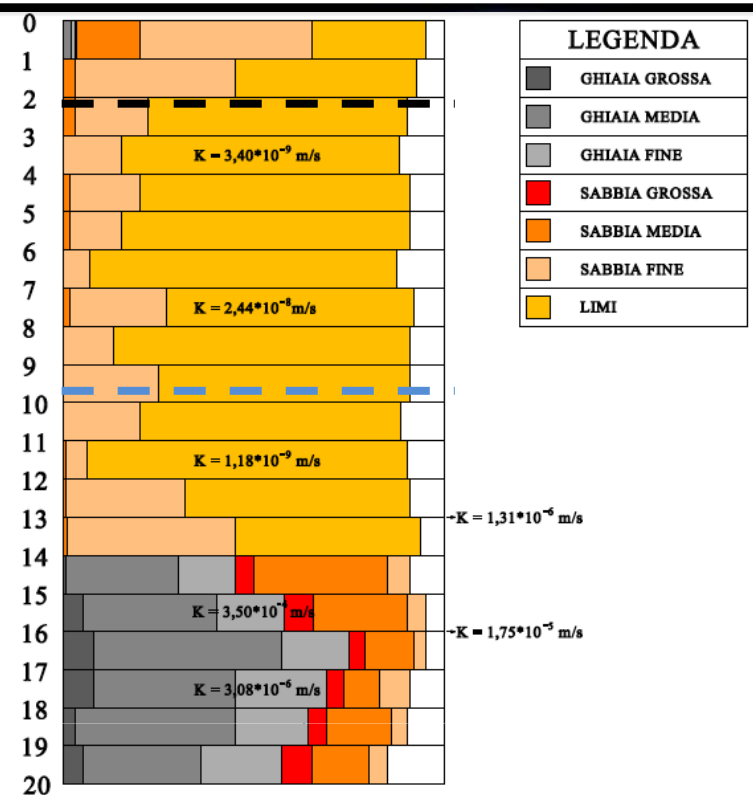


Dipartimento  
Università degli

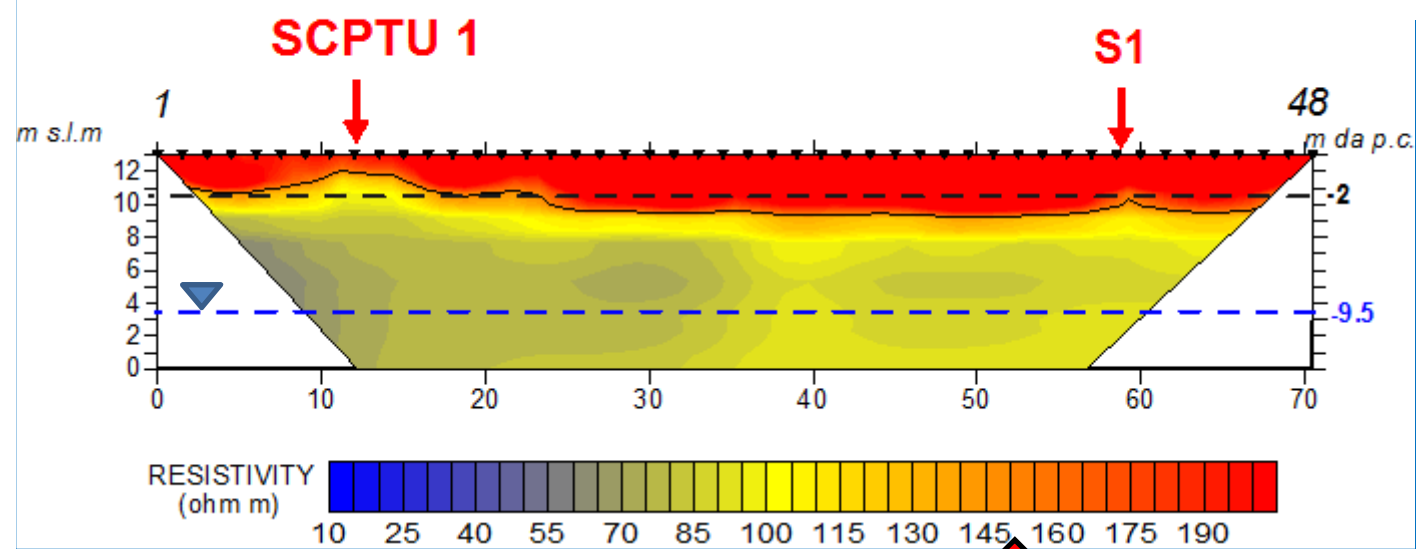
passaggio  
limi sabbiosi/  
limi debolmente sabbiosi



quota falda



7L



150 Ω m  
passaggio limi sabbiosi/ limi deb sabbiosi

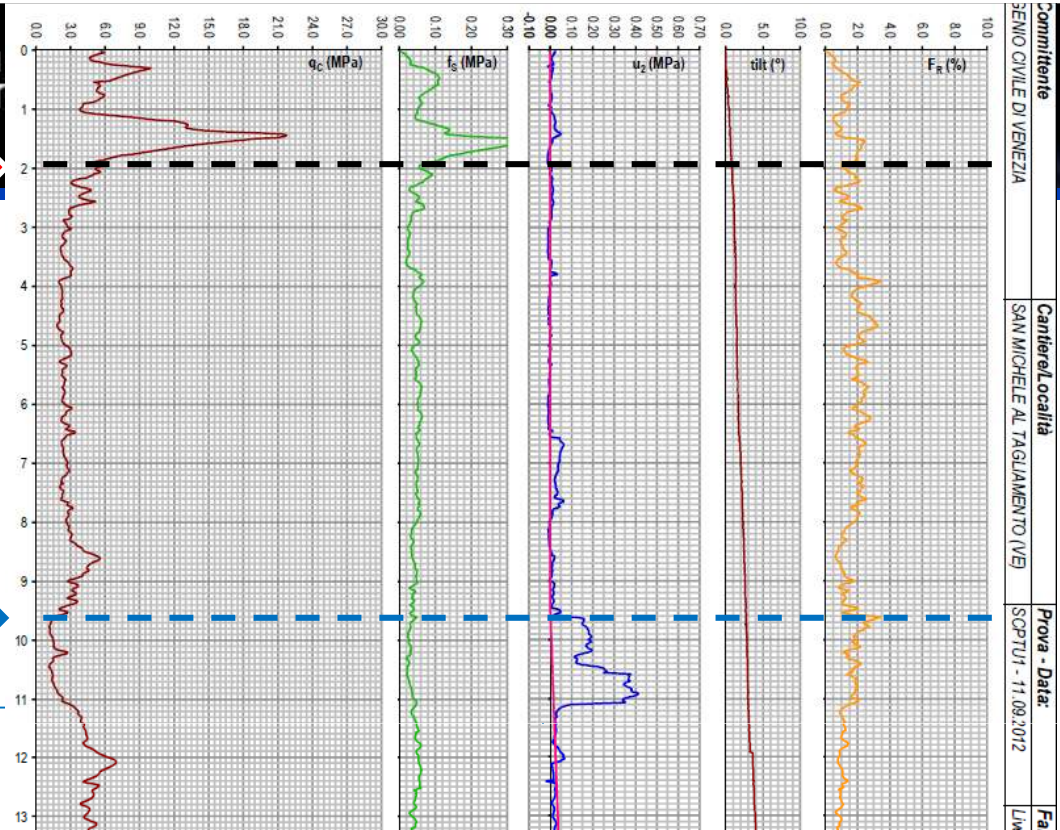


# Dipartimento di G

passaggio  
limi sabbiosi/  
limi debolmente sabbiosi

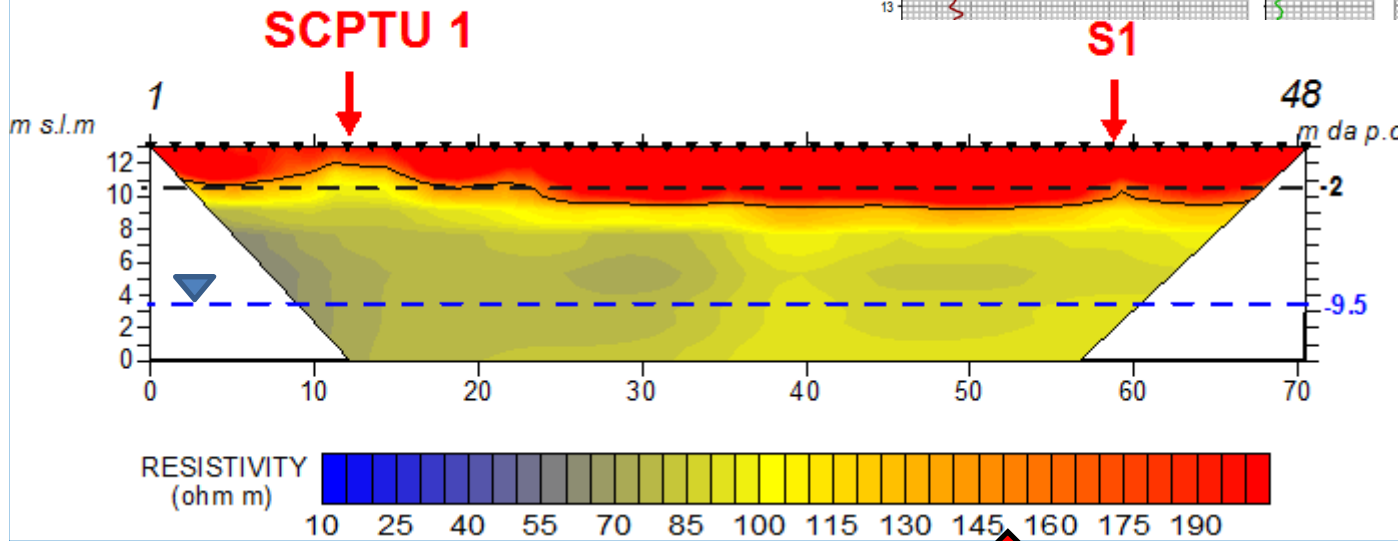


quota falda



Committente	Santer/Località	Prova - Data:
BENIO CIVILE DI VENEZIA	SAN MICHELE AL TAGLIAMENTO (VE)	SCPTU1 - 11.09.2012
		Fa

7L

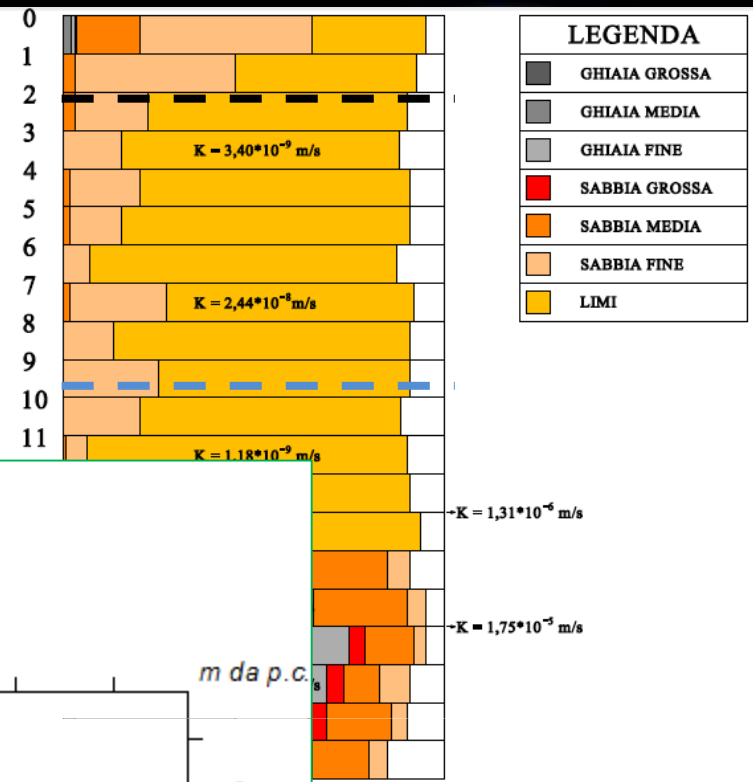


150 Ω m  
passaggio limi sabbiosi/ limi deb sabbiosi





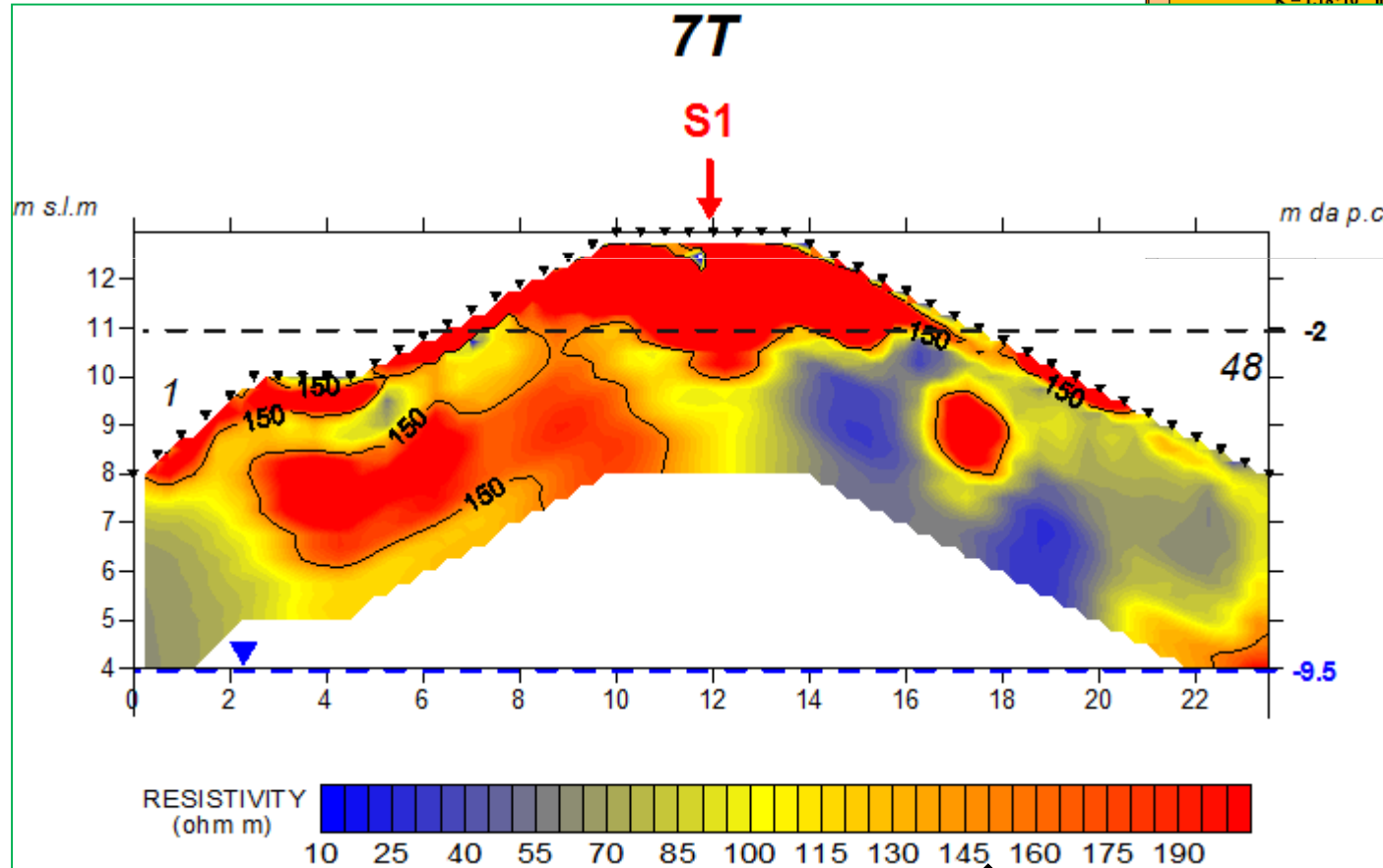
passaggio  
limi sabbiosi/  
limi debolmente sabbiosi



**LEGENDA**

- GHIAIA GROSSA
- GHIAIA MEDIA
- GHIAIA FINE
- SABBIA GROSSA
- SABBIA MEDIA
- SABBIA FINE
- LIMI

quota falda →



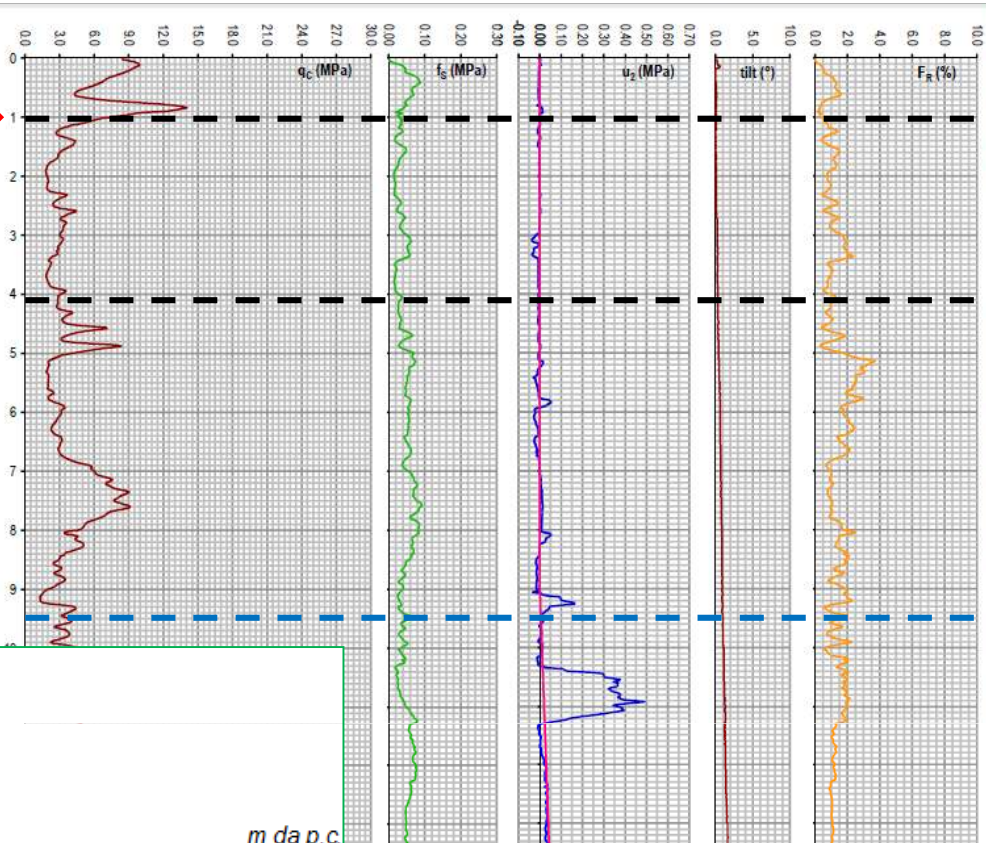
↑ 150 Ω m  
passaggio limi sabbiosi/ limi deb sabbiosi



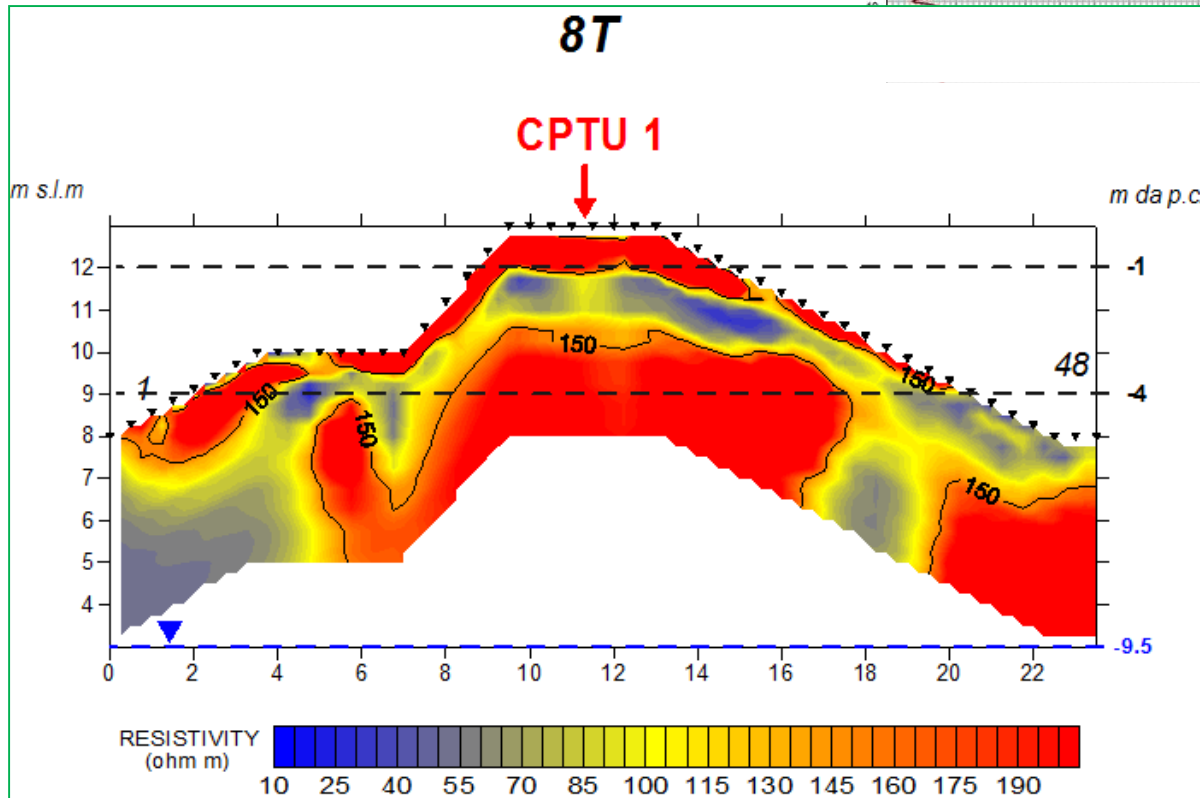
passaggio  
limi sabbiosi/  
limi debolmente sabbiosi



quota falda



Comitente	GENIO CIVILE DI VENEZIA
Cantiera/località	SAN MICHELE AL TAGLIAMENTO (VE)
Prova - Data:	CPTU1 - 11.09.2012
Fal	Live



150 Ω m  
passaggio limi sabbiosi/ limi deb sabbiosi



GPR7

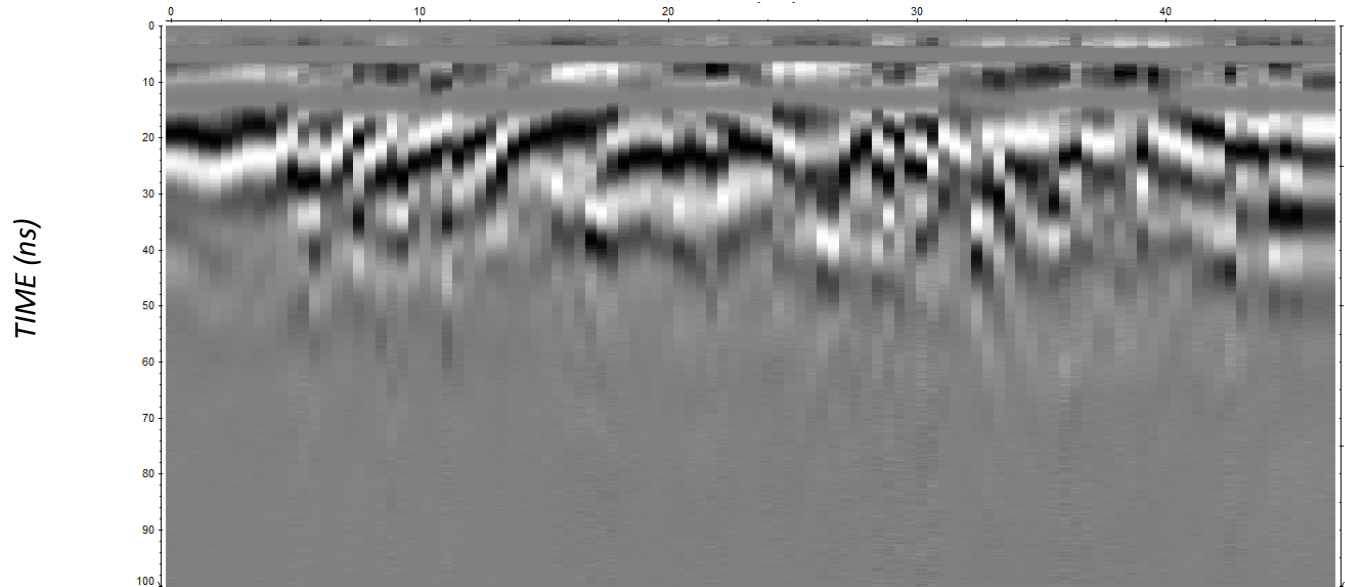
$f = 50 \text{ MHz}$

SE

NW



DISTANCE (m)



DEPTH ( $v=0.08 \text{ m/ns}$ )

$L = 47 \text{ m}$





GPR7

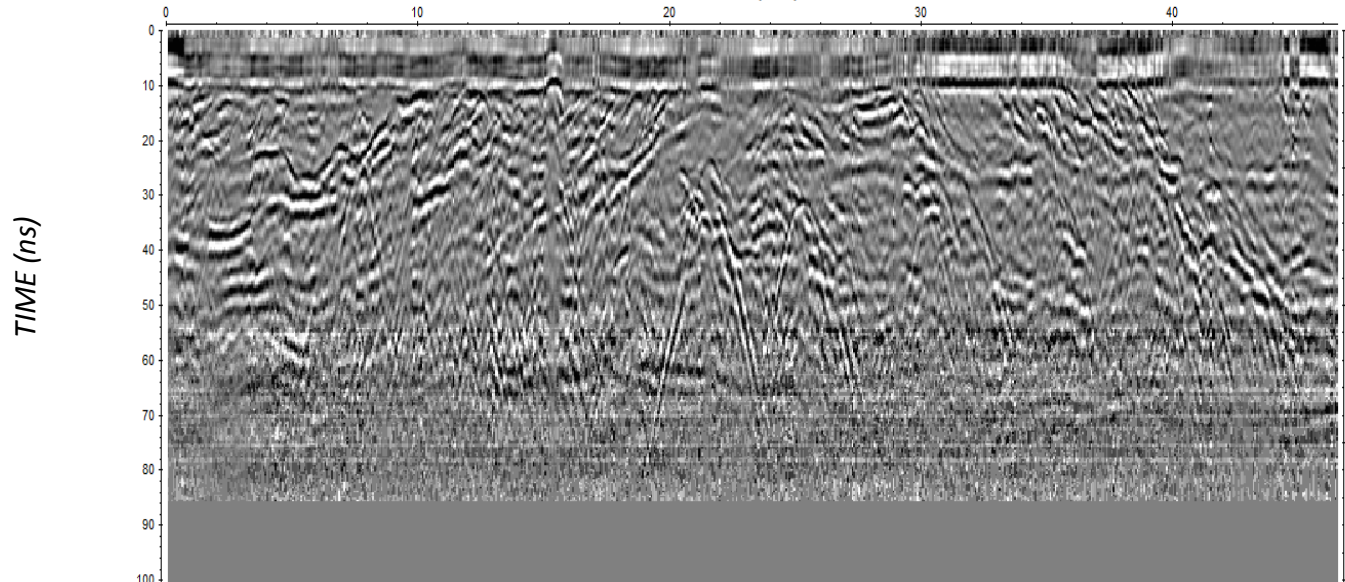
$f = 200 \text{ MHz}$

SE

NW



DISTANCE (m)



DEPTH ( $v=0.08 \text{ m/ns}$ )

$L = 47 \text{ m}$

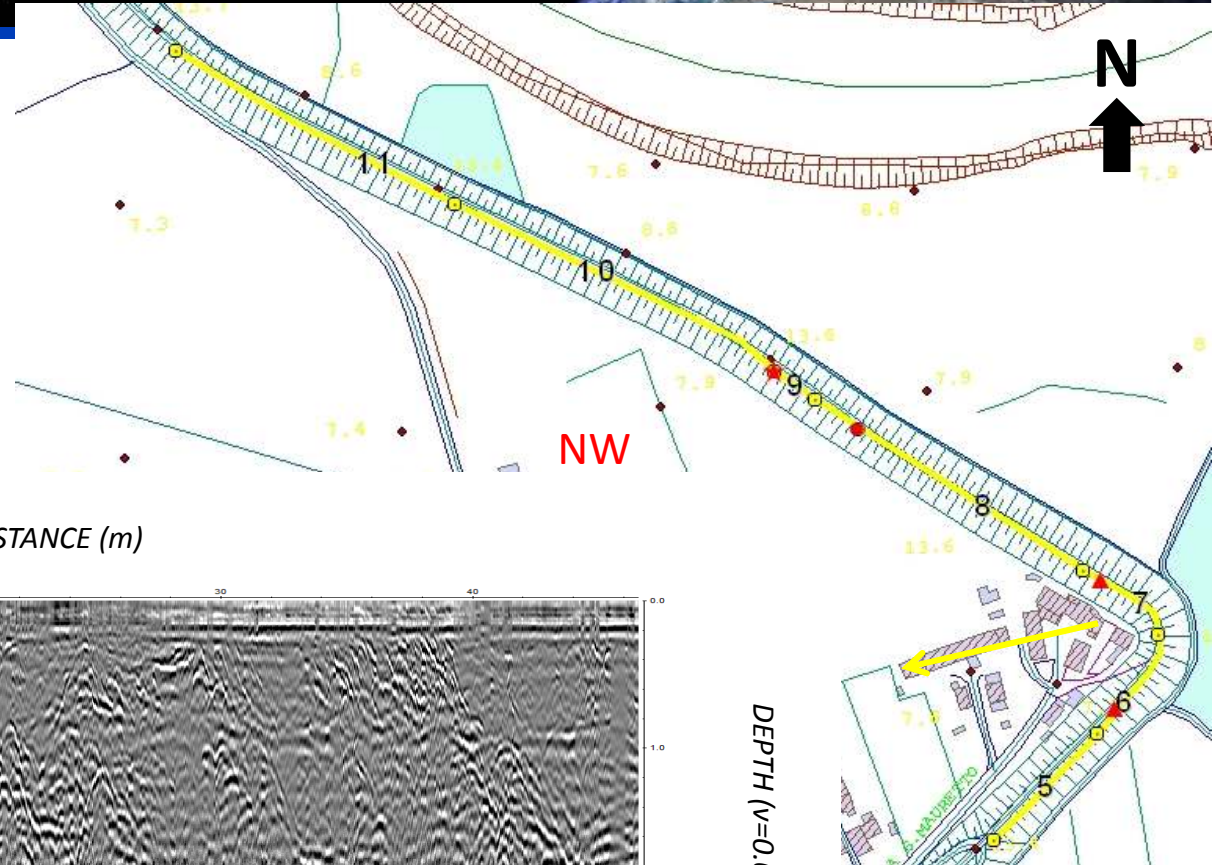
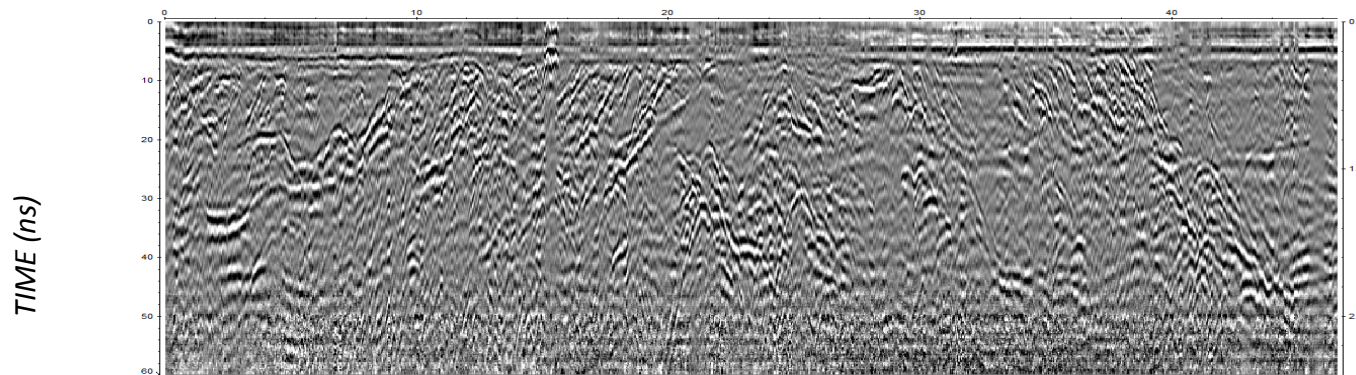


GPR7

$f = 600 \text{ MHz}$

SE

DISTANCE (m)



DEPTH ( $v=0.08 \text{ m/ns}$ )

$L = 47 \text{ m}$



## Conclusioni (1/2)

- ❑ i metodi geofisici possono offrire **immagini estremamente dettagliate** delle strutture arginali, ad integrazione delle misure dirette
- ❑ **non tutti i metodi** hanno le stesse capacità di penetrazione e risoluzione, nè le stesse caratteristiche logistiche
- ❑ va fatta molta **attenzione agli effetti di contenuto idrico**, e quelli dinamici in generale, che producono segnali tanto intensi quanto quelli della struttura





## Conclusioni (2/2)

- ❑ il **GPR**, molto propagandato da alcuni, **penetra molto poco** nelle normali condizioni di resistività di un argine ( $< 100 \Omega\text{m}$ ), quindi può essere pensato essenzialmente come un metodo speditivo per la stima della conduttività elettrica – ma allora **non è meglio usare metodi EM o DC** a rapida acquisizione?
- ❑ **attenzione ai tentativi di vendere “protocolli”** che leghino misure speditive alle caratteristiche arginali: misure dirette e valutazione delle condizioni dinamiche (contenuto idrico) sono essenziali per condurre analisi serie.



Ringraziamo **Paolo Simonini** (UNIPD) e **l'Università di Padova** per le opportunità di studio congiunto ed il finanziamento dei progetti.



Dipartimento  
Università degli

Ringraziamo  
Padova per



Università di  
Padoa ed il

