

Utilizzo di tecniche di prospezione geoelettrica per lo studio dell'interazione suolo-radici



Tesi di: **Matteo Censini**
Relatore : Prof. Giorgio Cassiani
Correlatore: Dr. Jacopo Boaga
Anno Accademico: 2016-17

PREMESSA

Il lavoro consiste nell'applicazione della metodologia di esplorazione **geoelettrica**, con elaborazione di un modello tridimensionale ad elementi finiti, finalizzato alla ricostruzione delle modalità di **circolazione dell'acqua** nel sottosuolo, in un contesto interessato dalla presenza di depositi sabbiosi del Pliocene a varia compattezza e **l'apparato radicale** di un ulivo.

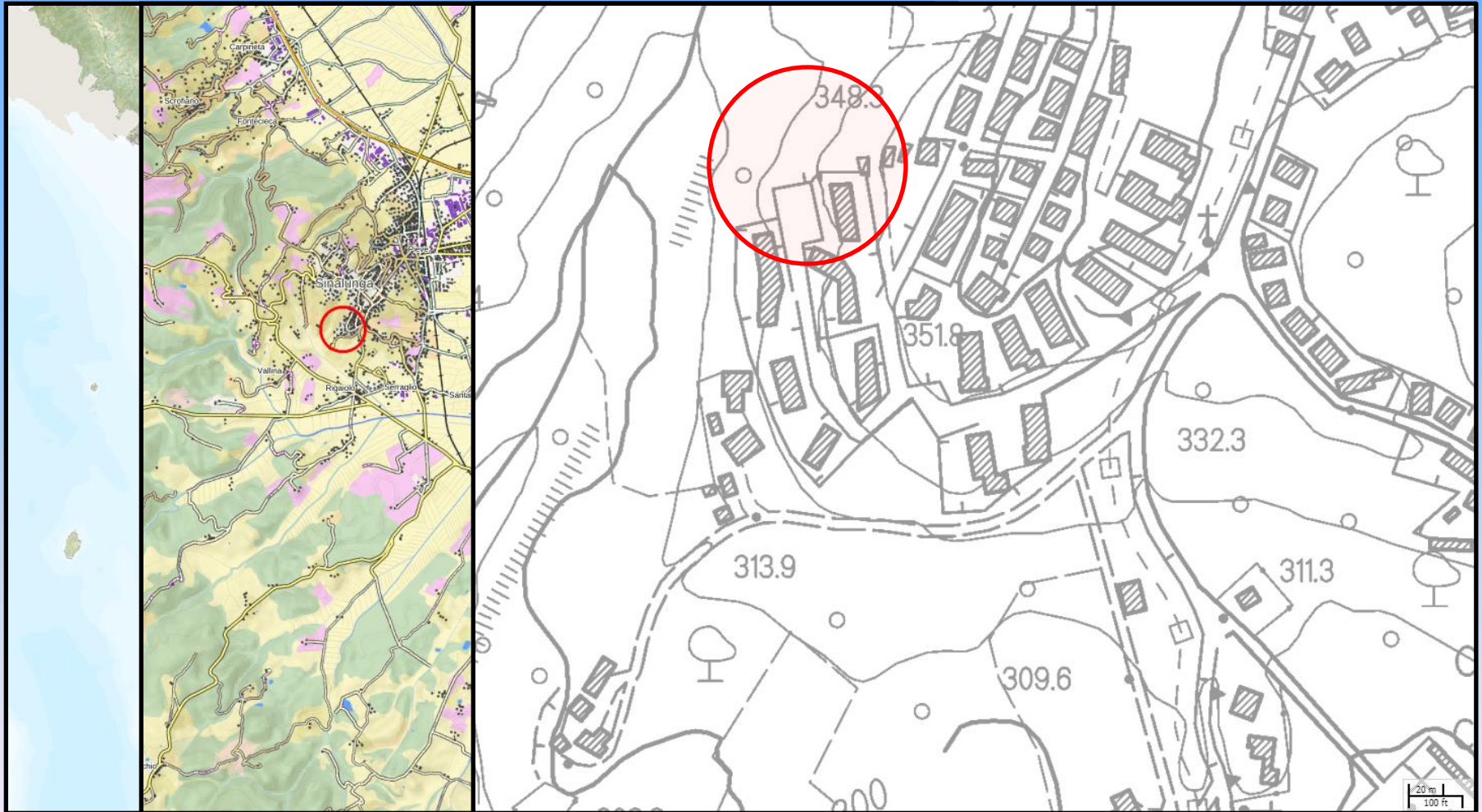
OBIETTIVI DELL'INDAGINE

In particolare gli obiettivi specifici dell'indagine geologica e geoelettrica 3D erano in seguenti:

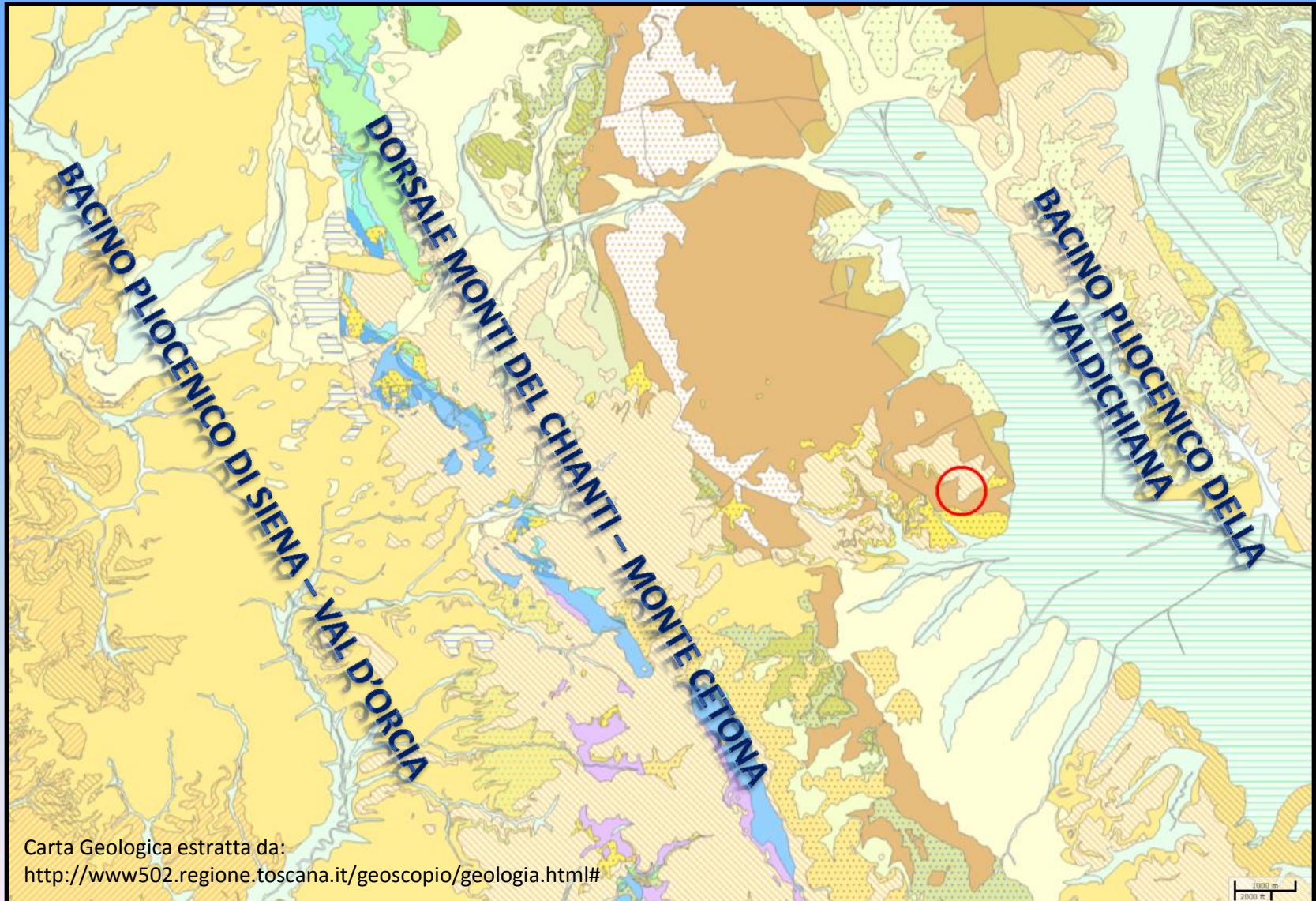
- **Identificare** la successione stratigrafica dei terreni presenti
- **Distinguere** nel contesto locale l'apparato radicale della pianta dal terreno circostante
- **Evidenziare** L'evoluzione della zona umida generata mediante irrigazione superficiale in fase di acquisizione dati.
- **Verificare** l'applicazione della metodologia usata, nell'ottica di indagare lo sviluppo nel sottosuolo dell'apparato radicale delle piante, anche ai fini di stimare il loro contributo nella stabilità dei versanti.

AREA D'INDAGINE

Il sito d'indagine è ubicato in **Toscana**, in provincia di Siena, nel Comune di **Sinalunga**.



CONTESTO GEOLOGICO



CONTESTO GEOLOGICO

LEGENDA

QUATERNARIO

ea = Depositi lacustri, lagunari, palustri, torbosi e di colmata indifferenziati

bna = Depositi alluvionali recenti, terrazzati e non terrazzati Ghiaie, sabbie e limi dei terrazzi fluviali.

PLEISTOCENE

VILe = Sabbie e conglomerati

PLIOCENE

PLIb = Conglomerati marini poligenici

PLIs = Sabbie e arenarie gialle

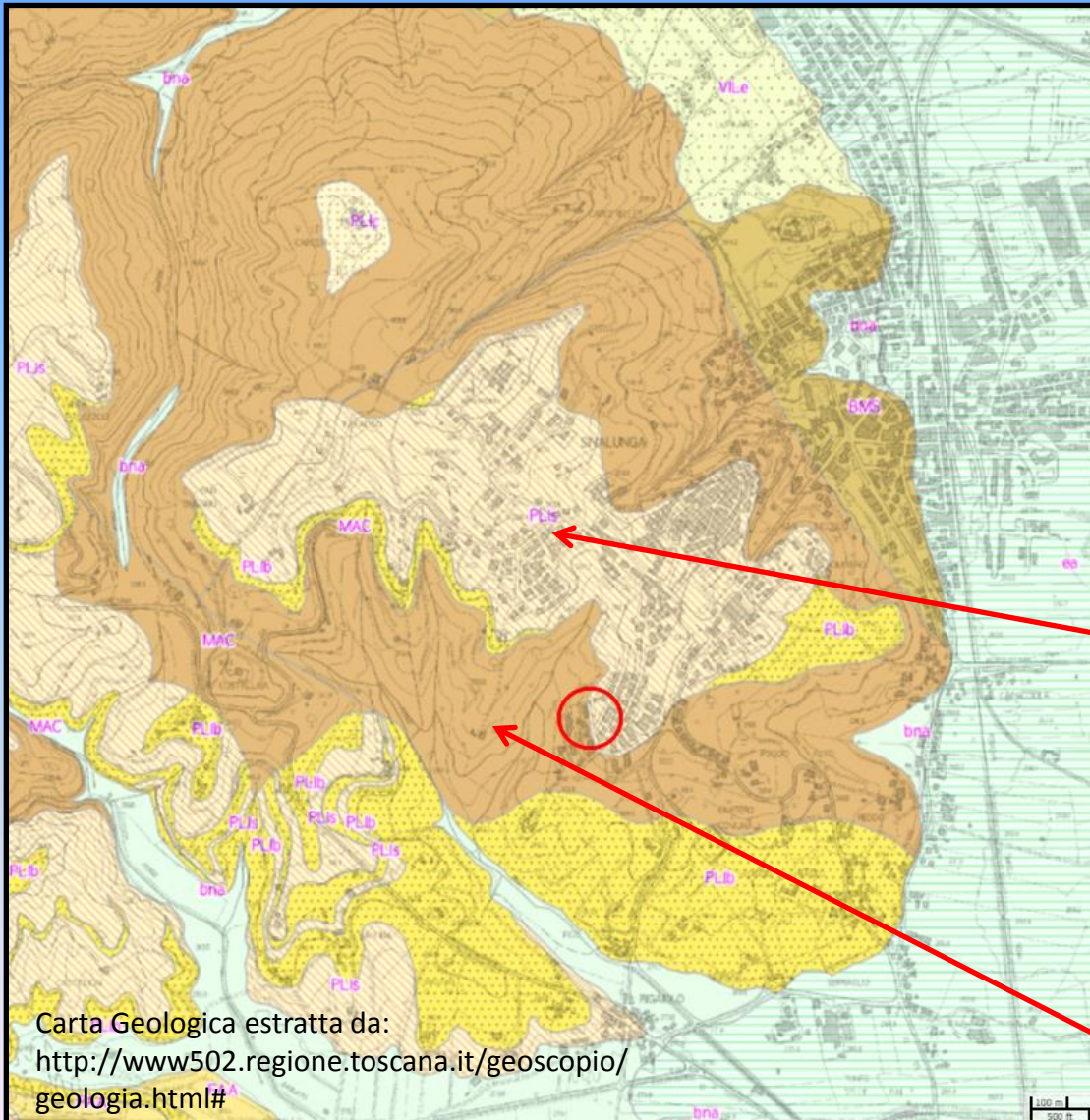
PLIc = Calcareniti e calciruditi bioclastiche

EOCENE – OLIGOCENE

BMS = Breccie di Monte Senario (Calcareniti, brecciole e argilliti)

OLIGOCENE – MIOCENE

MAC = Arenarie quarzoso-feldspatico-micacee gradate, in strati di potenza variabile, con livelli più sottili di siltiti.



Carta Geologica estratta da:
<http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/geologia.html#>

SONDAGGIO GEOGNOSTICO NEL SITO DI PROVA

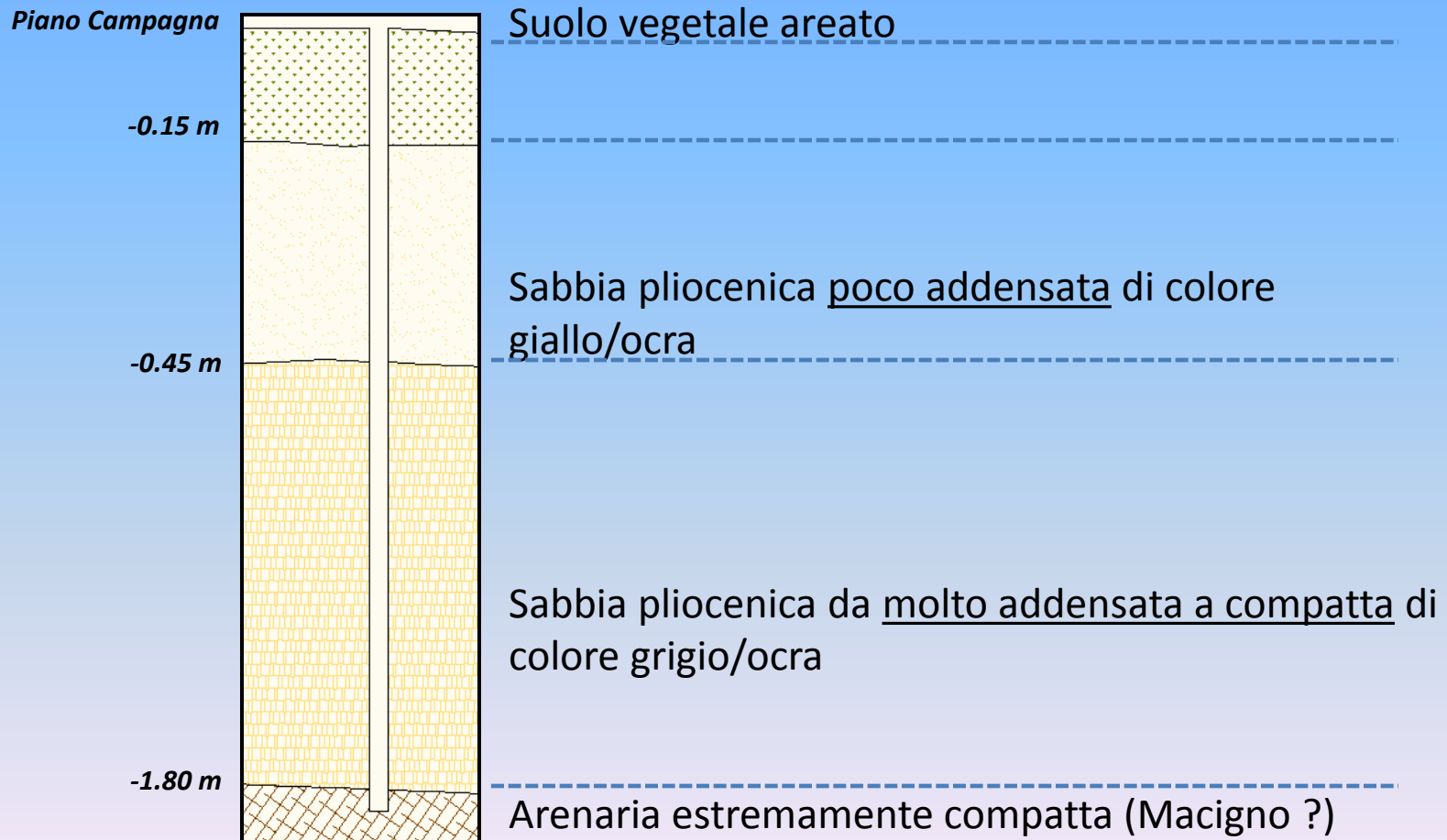


È stata utilizzata una **sonda manuale componibile ad aggiunta di barre di 1m di lunghezza.**

Nel caso in esame si è perforato fino a circa 1.80m di profondità, tramite la quale è stato possibile realizzare un **foro di prova**



SONDAGGIO GEOGNOSTICO NEL SITO DI PROVA



RISULTATI DEL SONDAGGIO

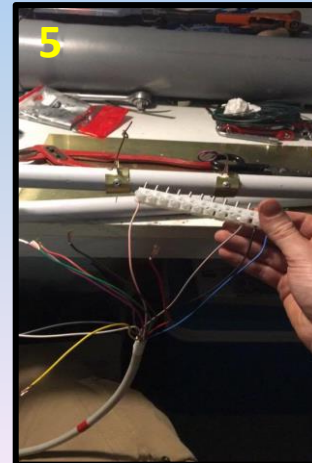
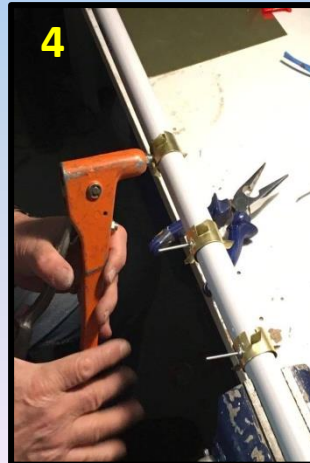
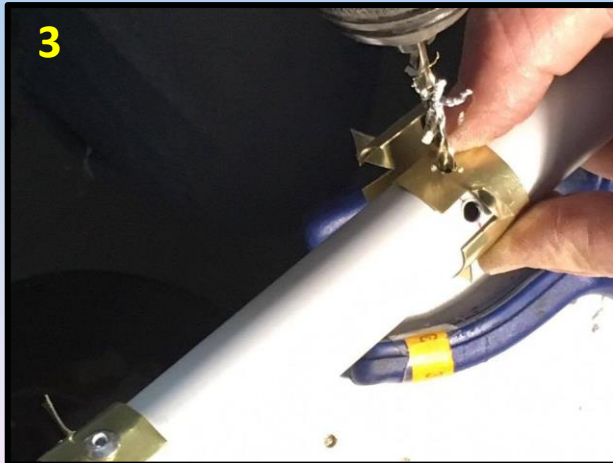
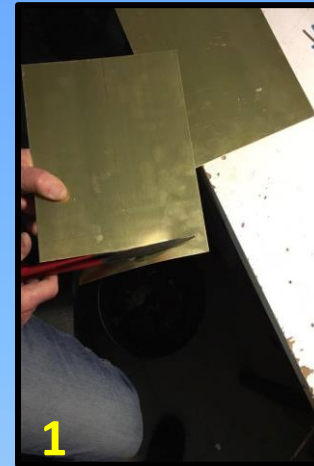
Dal sondaggio abbiamo potuto constatare la presenza di **sabbie** poco compatte nei primi **45 cm** di profondità e la presenza di **sabbie compatte** difficili da superare da 45 cm in poi.



COSTRUZIONE STRUMENTAZIONE

Per effettuare l'indagine sono stati realizzati **4 sistemi di acquisizione dati in foro** da **130 cm** ciascuno.

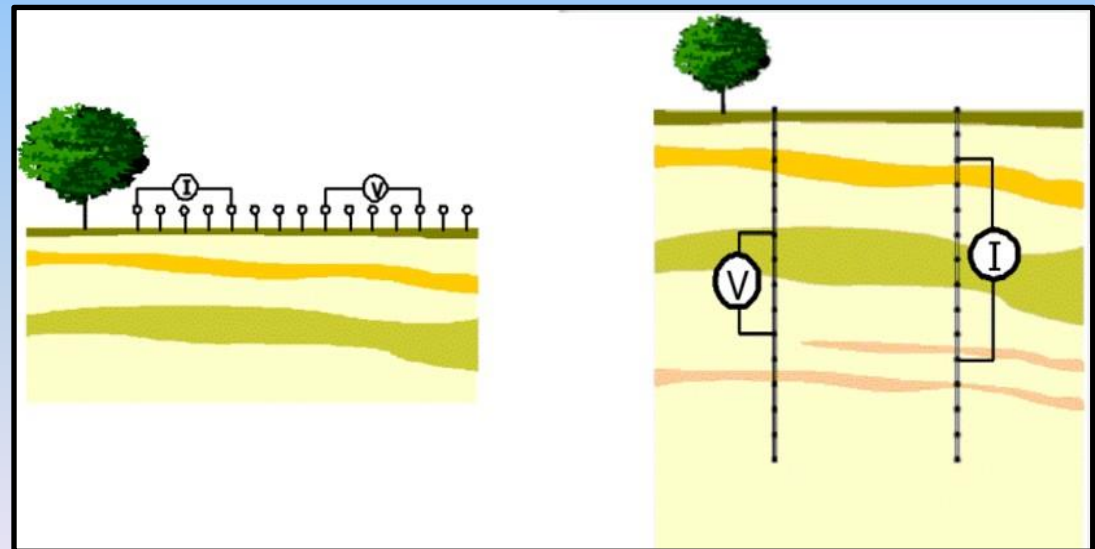
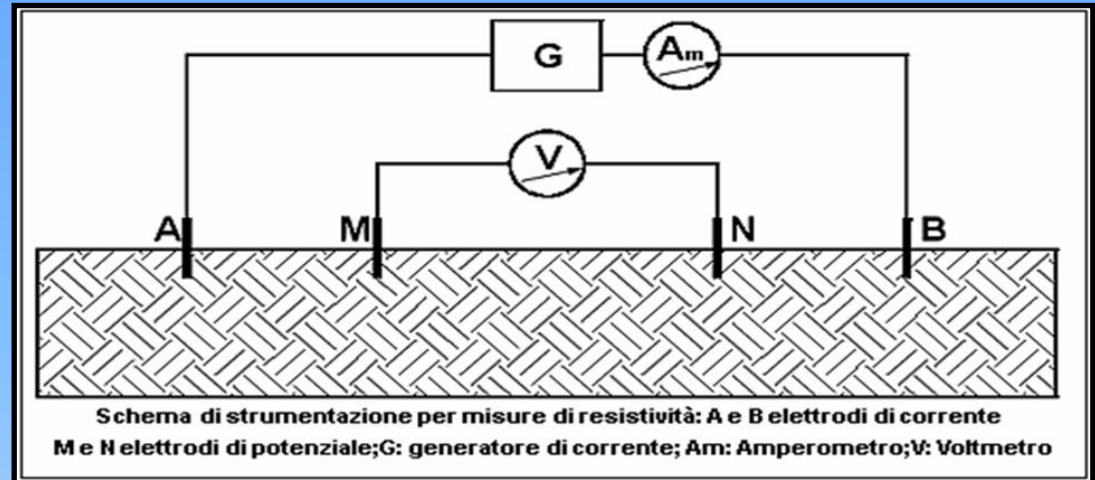
Costituiti da **12 elettrodi in ottone** a cadenza di **10 cm**.



METODO ELETTRICO ERT

Per l'esecuzione delle misure di resistività è possibile utilizzare una varietà di dispositivi, tutti richiedono almeno 4 elettrodi infissi nel terreno.

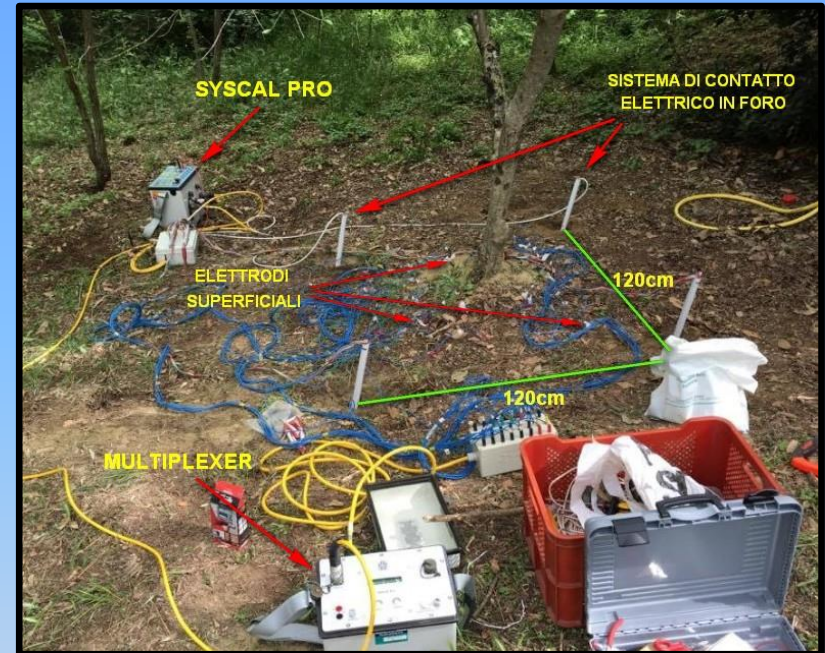
Attraverso 2 elettrodi (A-B) situati in posizioni note, viene inviata una corrente elettrica nel sottosuolo, con gli altri 2 (M-N) si determina il gradiente di potenziale elettrico che si instaura tra 2 punti durante la circolazione della corrente (elettrodi potenziometrici).



ACQUISIZIONE DATI

Il sistema di acquisizione dati utilizzato è costituito da:

- Syscal Pro da 48CH
- Multiplexer 24CH
- 48 elettrodi in foro
- 24 elettrodi superficiali



| Misur.Numb | DATASETS | Acq. Type | Acq. Name | Date | Time | | Irrigation time |
|------------|-----------|-----------|-------------|------------|------------|-------|--|
| 1 | DATASET 1 | Micro ERT | Pro-72Skip | 12/05/2017 | 10h40 | | |
| 2 | | MALM | MALM2_dire | Soil | 12/05/2017 | 11h35 | Wrong electrodes order 71/70/72 instead of 70/72/71 |
| 3 | | MALM | MALMTREE | Tree | 12/05/2017 | 11h44 | Wrong electrodes order 71/70/72 instead of 70/72/71 |
| 4 | | MALM | MALM30 | | | | |
| 5 | | MALM | MALM0 | | | | |
| 6 | DATASET 2 | Micro ERT | TOMO2 | | | | |
| 7 | DATASET 3 | Micro ERT | 72SkipPM | | 12/05/2017 | 15h20 | |
| 8 | | MALM | MALM2_SPM | Soil | 12/05/2017 | 16h02 | 1s of acq instead of 250ms ? Vab = 400V |
| 9 | | MALM | MALMTREE P | Tree | 12/05/2017 | 16h30 | 1s of acq instead of 250ms ? Vab = 400V |
| 10 | DATASET 4 | Micro ERT | SK72M | | 13/05/2017 | 8h30 | |
| 11 | | MALM | MALM800 AM | Soil | 12/05/2017 | 9h30 | 250ms ; Vab = 800V |
| 12 | | MALM | MALMTP | | | | 250ms ; Vab = 800V |
| 13 | DATASET 5 | Micro ERT | PSK72AM | | | | |
| 14 | | MALM | MALMSM02 | Soil | 14/05/2017 | 11h00 | 250ms ; Vab = 800V |
| 15 | | MALM | MALMTREE 82 | Tree | 14/05/2017 | 11h13 | 250ms ; Vab = 800V |

12:10 AM

Start irrigation after 5 measurements (15L)

10:30 AM

Wetting the soil before measurements (5L)

ELABORAZIONE E VISUALIZZAZIONE DEI DATI

L'elaborazione dei dati è stata effettuata attraverso l'utilizzo di vari software:

• Prosyst II

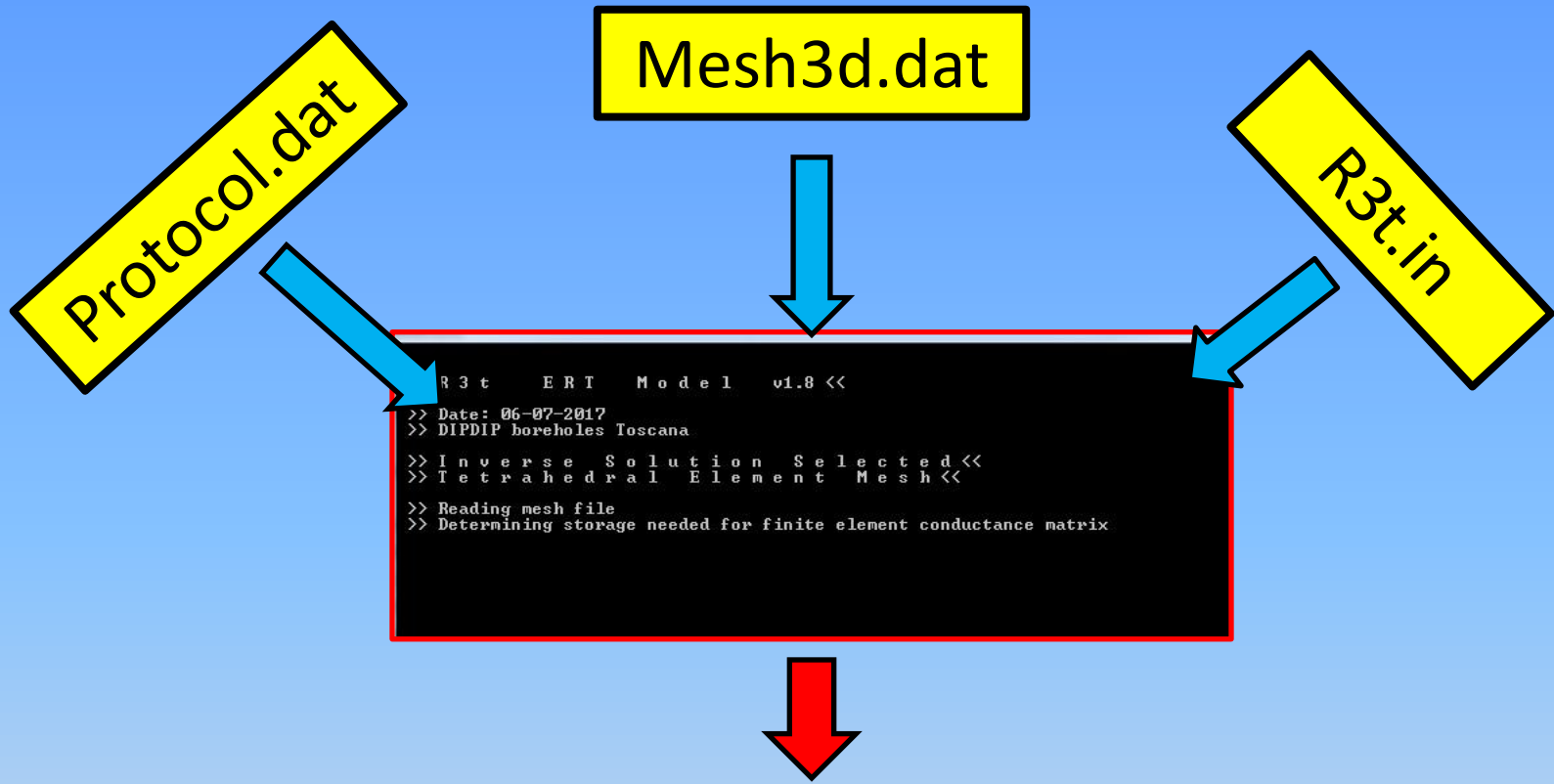
• Process6

• R3t

| # | Spa.1 | Spa.2 | Spa.3 | Spa.4 | Rho | Dev. | M | Sp | Vp | In | Name | Date |
|---|-------|-------|-------|-------|---------|------|------|---------|----------|---------|------------|---------------------|
| 1 | 1.00 | 6.00 | 2.00 | 7.00 | 224.98 | 0.65 | 0.00 | 110.63 | 528.930 | 9.330 | Pro-72skip | 12/05/2017 10:47:12 |
| 2 | 1.00 | 6.00 | 7.00 | 12.00 | 226.41 | 1.46 | 0.00 | -54.68 | -254.690 | 9.330 | Pro-72skip | 12/05/2017 10:47:12 |
| 3 | 1.00 | 6.00 | 12.00 | 17.00 | 820.54 | 0.44 | 0.00 | 152.07 | -57.689 | 9.330 | Pro-72skip | 12/05/2017 10:47:12 |
| 4 | 1.00 | 6.00 | 17.00 | 22.00 | -57.38 | 0.04 | 0.00 | -401.31 | 51.997 | 420.878 | Pro-72skip | 12/05/2017 10:47:14 |
| 5 | 1.00 | 6.00 | 22.00 | 27.00 | 1732.80 | 0.04 | 0.00 | 478.76 | -664.327 | 420.878 | Pro-72skip | 12/05/2017 10:47:14 |
| 6 | 1.00 | 6.00 | 27.00 | 32.00 | -526.87 | 0.11 | 0.00 | -51.02 | 104.254 | 420.878 | Pro-72skip | 12/05/2017 10:47:14 |

| Spa.1 | Spa.2 | Spa.3 | Spa.4 | Rho | Dev. | M | Sp | vp | In |
|-------|-------|-------|-------|---------|------|------|---------|----------|---------|
| 1.00 | 6.00 | 2.00 | 7.00 | 224.98 | 0.65 | 0.00 | 110.63 | 528.930 | 9.330 |
| 1.00 | 6.00 | 7.00 | 12.00 | 226.41 | 1.46 | 0.00 | -54.68 | -254.690 | 9.330 |
| 1.00 | 6.00 | 12.00 | 17.00 | 820.54 | 0.44 | 0.00 | 152.07 | -57.689 | 9.330 |
| 1.00 | 6.00 | 17.00 | 22.00 | -57.38 | 0.04 | 0.00 | -401.31 | 51.997 | 420.878 |
| 1.00 | 6.00 | 22.00 | 27.00 | 1732.80 | 0.04 | 0.00 | 478.76 | -664.327 | 420.878 |
| 1.00 | 6.00 | 27.00 | 32.00 | -526.87 | 0.11 | 0.00 | -51.02 | 104.254 | 420.878 |
| 1.00 | 6.00 | 32.00 | 37.00 | 2098.48 | 0.07 | 0.00 | 85.54 | -242.223 | 420.878 |
| 1.00 | 6.00 | 37.00 | 42.00 | -949.99 | 0.15 | 0.00 | -98.10 | 69.537 | 420.878 |

| n | A | B | M | N | R | err(R) |
|---|---|---|----|----|--------------|--------------|
| 1 | 1 | 6 | 7 | 12 | -0.27480E+02 | 0.36445E+00 |
| 2 | 1 | 6 | 12 | 17 | -0.61699E+01 | -0.26465E-01 |
| 3 | 1 | 6 | 22 | 27 | -0.15689E+01 | -0.19092E-01 |
| 4 | 1 | 6 | 27 | 32 | 0.24459E+00 | 0.62397E-02 |
| 5 | 1 | 6 | 32 | 37 | -0.57265E+00 | -0.57342E-02 |
| 6 | 1 | 6 | 42 | 47 | 0.59660E+00 | 0.22929E-02 |
| 7 | 1 | 6 | 47 | 52 | 0.51031E+01 | 0.19667E+00 |
| 8 | 1 | 6 | 13 | 18 | 0.45885E+00 | -0.23270E-03 |
| 9 | 1 | 6 | 22 | 28 | 0.15014E+01 | 0.25007E-01 |



f001.dat - Blocco note

File Modifica Formato Visualizza ?

| x co-ordinate | y co-ordinate | z co-ordinate | resistivity | log10 resistivity |
|----------------|----------------|-----------------|-------------|-------------------|
| 0.13650000E+00 | 0.41900000E+00 | -0.86775000E+00 | 0.50418E+02 | 0.17026E+01 |
| 0.90125000E+00 | 0.31300000E+00 | -0.96675000E+00 | 0.47060E+02 | 0.16727E+01 |
| 0.50000000E-01 | 0.47775000E+00 | -0.48950000E+00 | 0.99571E+02 | 0.19981E+01 |
| 0.93125000E+00 | 0.71075000E+00 | -0.14125000E+00 | 0.13570E+03 | 0.21326E+01 |
| 0.18650000E+00 | 0.40850000E+00 | -0.56750000E+00 | 0.49463E+02 | 0.16943E+01 |
| 0.43550000E+00 | 0.21825000E+00 | -0.83350000E+00 | 0.34763E+02 | 0.15411E+01 |
| 0.74100000E+00 | 0.46450000E+00 | -0.57450000E+00 | 0.82854E+02 | 0.19183E+01 |
| 0.33550000E+00 | 0.47550000E+00 | -0.94275000E+00 | 0.47282E+02 | 0.16747E+01 |
| 0.96750000E-01 | 0.54300000E+00 | -0.94750000E-01 | 0.12153E+03 | 0.20847E+01 |
| 0.97375000E+00 | 0.31000000E+00 | -0.25250000E+00 | 0.72912E+02 | 0.18628E+01 |
| 0.29725000E+00 | 0.89050000E+00 | -0.15450000E+00 | 0.10880E+03 | 0.20366E+01 |
| 0.79250000E+00 | 0.27650000E+00 | -0.51750000E-01 | 0.12704E+03 | 0.21039E+01 |
| 0.77050000E+00 | 0.24750000E+00 | -0.70750000E+00 | 0.78600E+02 | 0.14565E+01 |

La visualizzazione dei dati è stata effettuata attraverso l'utilizzo di **2 software** che hanno permesso l'analisi dei dati in un ambiente 3D.

ParaView →

ParaView è una piattaforma open-source d'analisi per dati scientifici, uno strumento che permette la visualizzazione di **datasets estremamente grandi**.

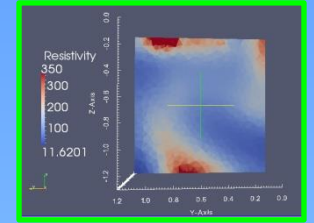
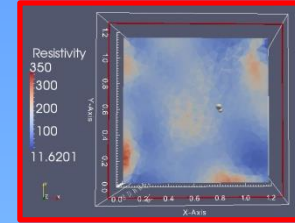
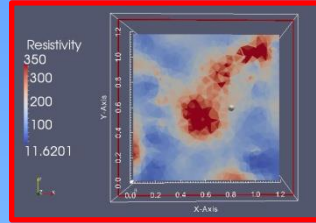
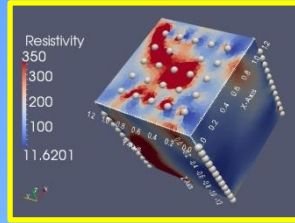
DATASETS

XY; Z=-0.1m

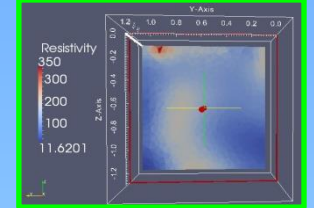
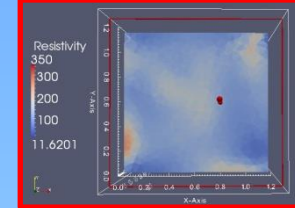
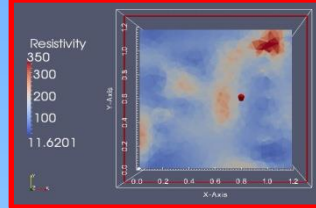
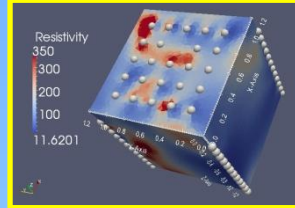
XY; Z=-0.2m

YZ; X=0.8m
(progressiva alla quale si trova la pianta)

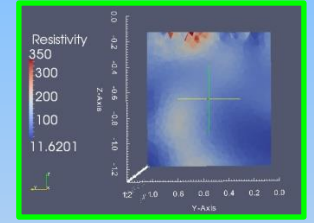
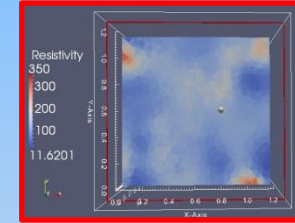
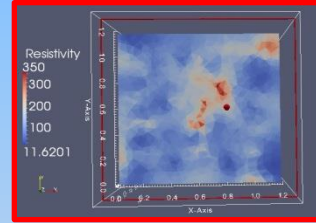
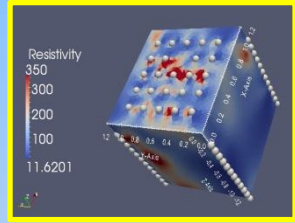
t₀



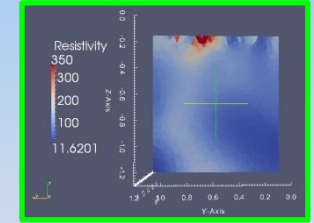
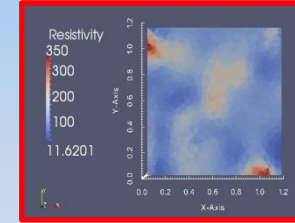
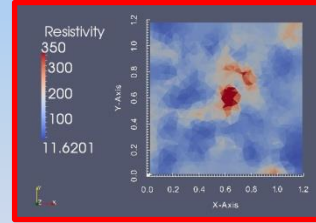
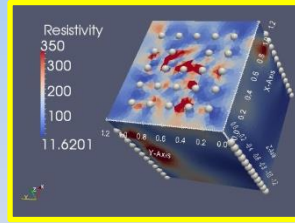
t₁



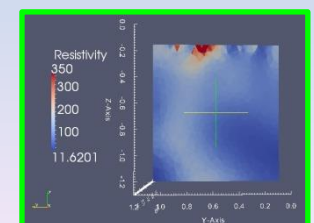
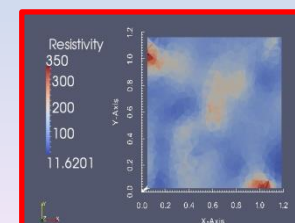
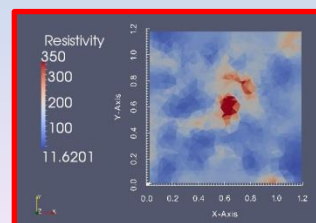
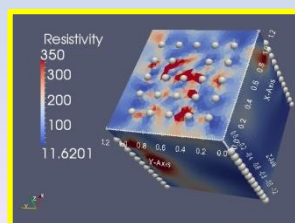
t₂



t₃



t₄



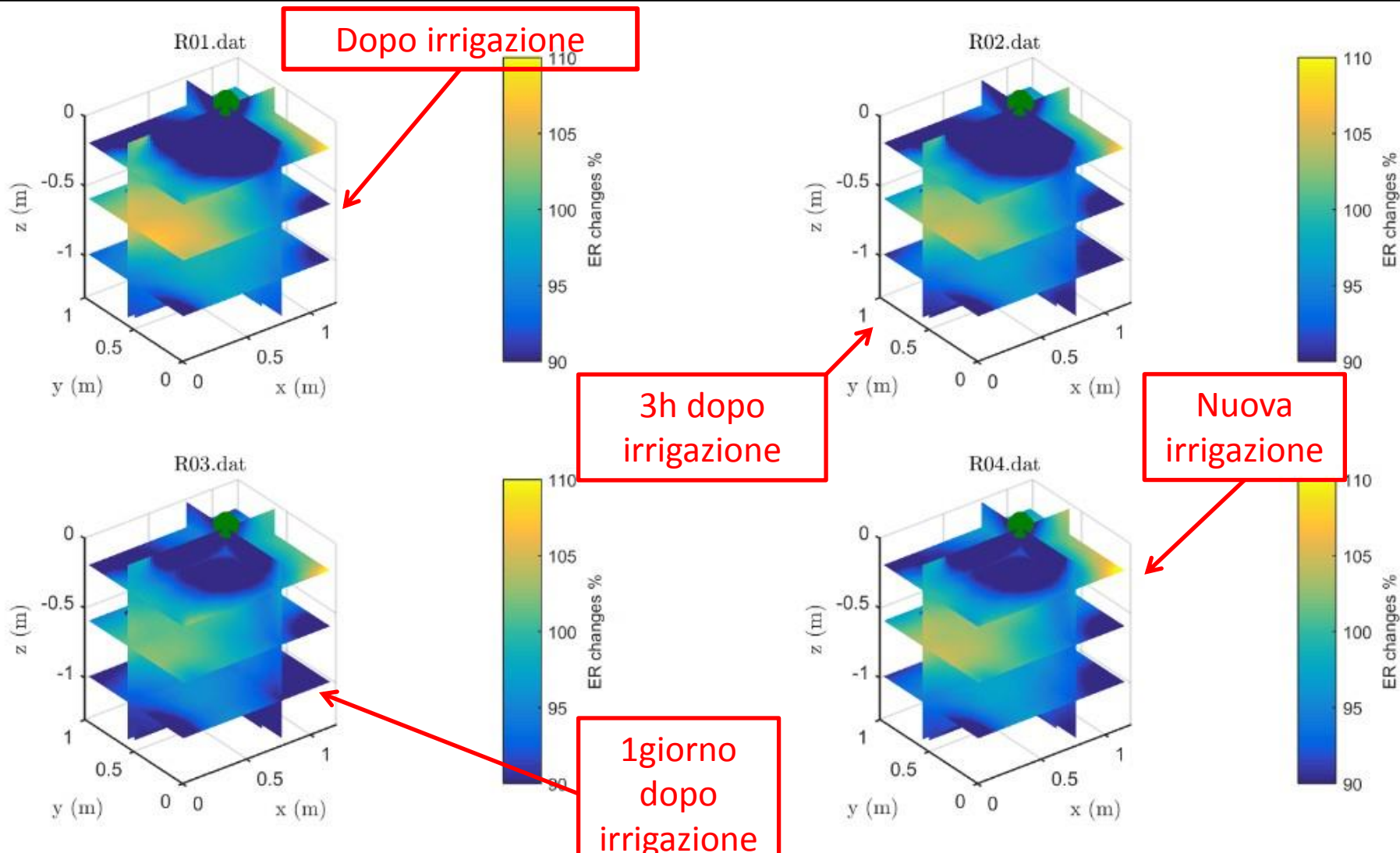
MATLAB

Una piattaforma ottimizzata per risolvere problemi scientifici e di progettazione.

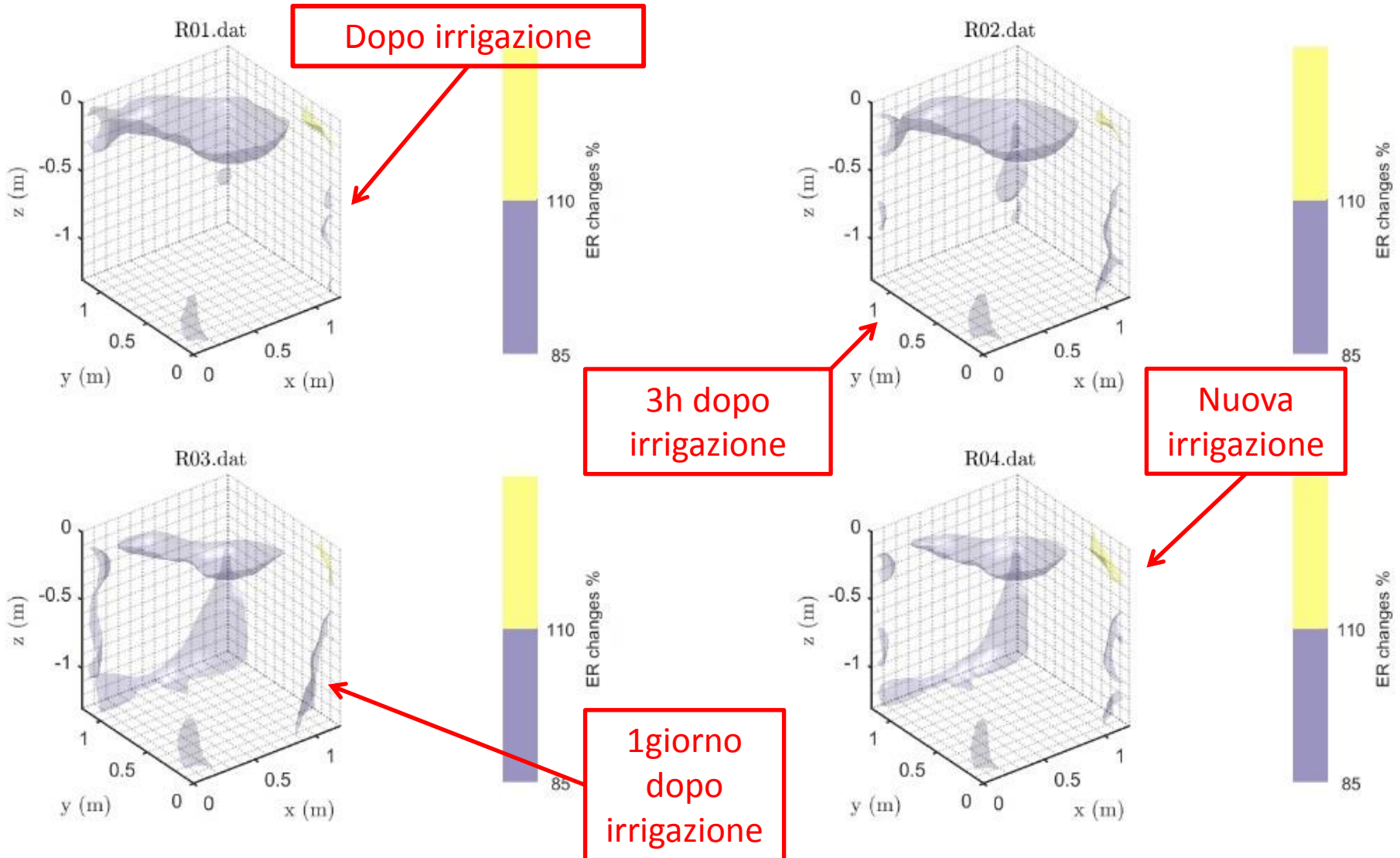
Grazie alla grafica integrata e la visualizzazione semplificata è stata effettuata una comprensione approfondita dei nostri dati.

Tramite **MATLAB** è stato possibile osservare i dati in **3D**, in particolare è stata svolta l'analisi dei rapporti tra i vari datasets attraverso *immagini*.

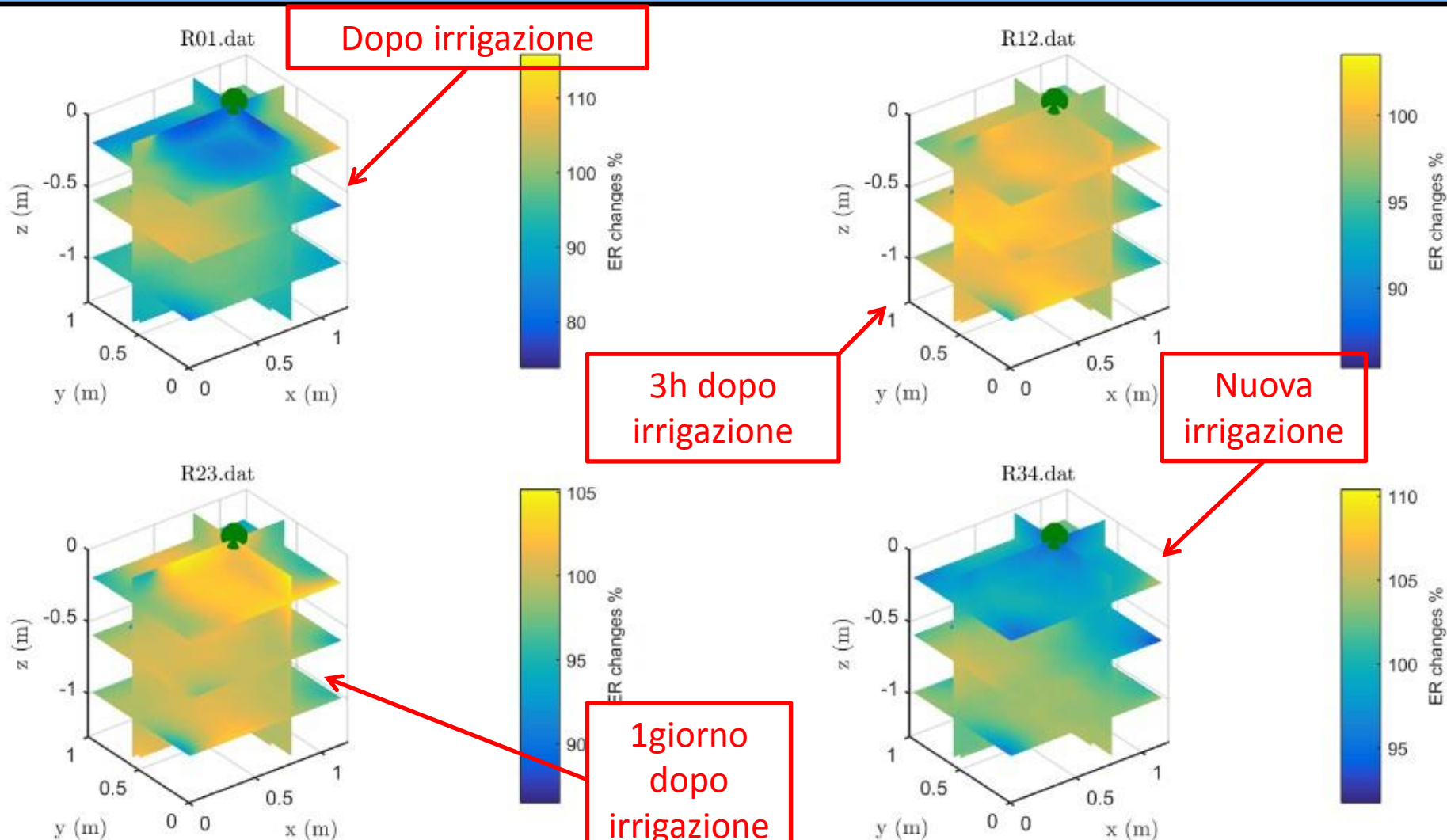
VISUALIZZAZIONE 3D DEI RAPPORTI TRA DATASETS RISPETTO AL T_0



VISUALIZZAZIONE 3D DEI RAPPORTI TRA DATASETS RISPETTO AL T_0



VISUALIZZAZIONE 3D DEI RAPPORTI TRA DATASETS RISPETTO ALLA PRECEDENTE ACQUISIZIONE



CONCLUSIONI & CONSIDERAZIONI

- L'utilizzo della tomografia elettrica ha permesso di ottenere informazioni sulla distribuzione della circolazione dell'acqua nel sottosuolo, inoltre è possibile a fronte di un campionamento ulteriore di dati, monitorare in maniera non invasiva e dannosa l'azione che la pianta svolge su tale distribuzione.
- L'analisi dei dati MALM è il passo successivo da svolgere per comprendere meglio il comportamento e la funzione della pianta nei confronti del suolo circostante.
- Integrare un campionamento ulteriore di dati nel corso della stagioni, permetterà di osservare le variazioni associate all'azione dell'apparato radicale. L'analisi di queste variazioni in time-lapse porterà ad una migliore comprensione della geometria e delle dimensioni dell'apparato, definendo come questo si sviluppi nel sottosuolo.

GRAZIE DELL'ATTENZIONE