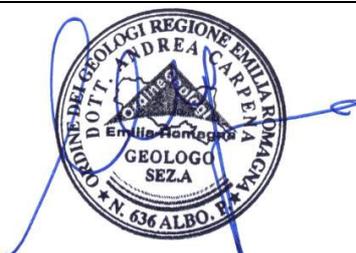


Impianto di produzione di energia elettrica da fonte solare denominato “Armellino” avente potenza di picco 41,164 MWp e potenza in immissione 40 MW situato nei Comuni di Sale (AL) e Tortona (AL) con relative opere connesse nel Comune di Castelnuovo Scrivia (AL), in Provincia di Alessandria.

MISURE DI CONDUCIBILITA' – RESISTIVITA' TERMICA – TOMOGRAFIA ELETTRICA



22/02/2024	00	Emissione finale	A. Carpena	A. Vaschetti	F. Boni Castagnetti
Data	Rev.	Descrizione Emissione	Preparato	Verificato	Approvato
Logo Committente e Denominazione Commerciale  Iren Green Generation Tech s.r.l.			ID Documento Committente CoD037_FV_BGR_00025 MISURE DI CONDUCIBILITA' – RESISTIVITA' TERMICA – TOMOGRAFIA ELETTRICA		
Logo Appaltatore e Denominazione Commerciale Futuro Solare 1 S.r.L.			ID Documento Appaltatore 1905_Conducibilità-Resistività-Tomografia		

	ID Documento Committente	Pagina 2 / 38
	CoD037_FV_BGR_00025	Numero Revisione
	MISURE DI CONDUCIBILITA' – RESISTIVITA' TERMICA – TOMOGRAFIA ELETTRICA	00

Sommario

1	INTRODUZIONE.....	3
2	MISURE DI CONDUCIBILITA' – RESISTIVITA' TERMICA	7
2.1	Introduzione alle misure di conducibilità termica.....	7
2.2	Strumentazione e criteri di acquisizione	9
2.3	Elaborazione dati con TCReader.....	12
3	TOMOGRAFIA ELETTRICA	27
3.1	Breve introduzione alla tomografia elettrica.....	27
3.2	Strumentazione impiegata ed elaborazione dati.....	29
3.2.1	Profilo geoelettrico TOMO1	29
3.2.2	Profilo geoelettrico TOMO2.....	32
3.2.3	Profilo geoelettrico TOMO3.....	35

1 INTRODUZIONE

Nell'ambito di un generale quadro geofisico conoscitivo a supporto del Progetto di realizzazione di un Impianto Fotovoltaico, ricadente in parte nel settore Settentrionale del comune di Tortona ed in parte nel settore Meridionale del comune di Sale, entrambi nella provincia di Alessandria, è stata pianificata una Campagna di Indagini geofisiche integrative, che viene appena qui di seguito elencata e nei successivi capitoli descritta.



Figura 1a: Prospettica da drone del 14-02-2024 (da Sud verso Nord)

- n. 13 analisi di conducibilità/resistività termica in sito (**RT**);
- n. 3 analisi di tomografia elettrica (**TOMO**);

Nota: nella

Figura 4 in testo è riportata l'ubicazione delle prospezioni eseguite.



ID Documento Committente

CoD037_FV_BGR_00025

**MISURE DI CONDUCIBILITA' –
RESISTIVITA' TERMICA – TOMOGRAFIA
ELETTRICA**

Pagina
4 / 38

Numero
Revisione

00



Figura 2b: Prospettica da drone del 14-02-2024 (da Est verso Ovest)



Figura 3c: Prospettica da drone del 14-02-2024 (da Ovest verso Est)

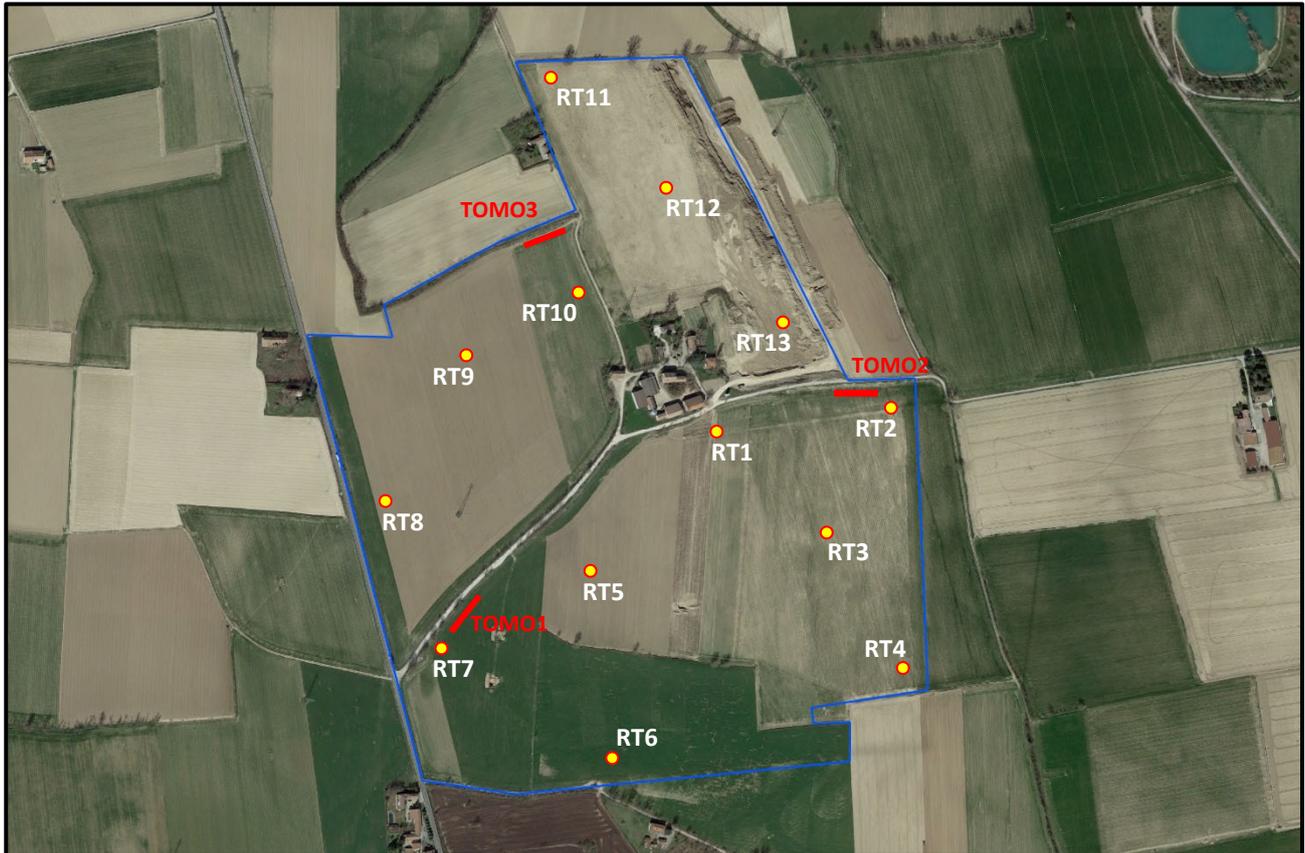


Figura 4: Ubicazione indagini geoelettriche e di resistività Termica (da estratto satellitare, 16-03-2021)

Legenda:

TOMO1 profili di tomografia elettrica (24 elettrodi equispaziati di 2.5 metri: L=60m)



RT01



Postazioni di misura di Resistività Termica (**Rt**)

	ID Documento Committente	Pagina 7 / 38
	CoD037_FV_BGR_00025	Numero Revisione
	MISURE DI CONDUCIBILITA' – RESISTIVITA' TERMICA – TOMOGRAFIA ELETTRICA	00

2 MISURE DI CONDUCIBILITA' – RESISTIVITA' TERMICA

In totale sono state eseguite, nell'area in oggetto, nr. 13 misure di resistività termica con la tecnica del cosiddetto sensore non stazionario.

Nota (1): tutte le misure sono state eseguite a profondità oscillanti dai 95 ai 100 cm da p.c., in relazione alla stabilità di ogni singolo pre-foro, destinato all'alloggiamento della sonda termica.

Nota (2): prima di avviare la misura della conducibilità, lo strumento TCR24 esegue una verifica sistematica della “stabilità termica” così come stabilito dalla normativa attualmente vigente. Questo passaggio risulta fondamentale per valutare le caratteristiche intrinseche del terreno, la funzionalità degli apparati elettronici interni; sia della sonda che dell'acquisitore.

Di seguito si riportano le principali caratteristiche tecniche di acquisizione ed elaborazione del dato grezzo.

2.1 Introduzione alle misure di conducibilità termica

La Conducibilità Termica si manifesta come scambio di energia termica all'interno di corpi o tra corpi solidi, liquidi o gassosi, in contatto tra di loro, senza movimento macroscopico di materia.

Lo scambio termico è dovuto alla cessione di energia cinetica molecolare (rotazionale e vibrazionale) da zone ad alta temperatura verso zone adiacenti a più bassa temperatura. Nel caso particolare dei solidi metallici, oltre a tale meccanismo si deve considerare anche la componente di energia trasportata grazie al moto degli elettroni.

L'entità dell'energia termica, che si scambia o che si propaga nel corpo considerato, dipende dalla geometria e dalle caratteristiche di esso oltre che dalla differenza di temperatura tra le regioni del corpo interessate allo scambio termico. Per esempio, se si riveste un serbatoio di acqua bollente con lana di vetro (materiale isolante termico), si riduce progressivamente l'entità della dispersione termica con l'aumentare dello spessore dell'isolante. Tale dispersione dipenderà inoltre dalla differenza di temperatura tra acqua ed ambiente circostante e dall'estensione dell'area disperdente.

Il valore del coefficiente di **conduzione termica o conducibilità termica λ** delle diverse sostanze varia entro limiti larghissimi, esso dipende dallo stato del materiale e può variare con la temperatura, la pressione e gli eventuali trattamenti termici che il materiale ha subito.

La conducibilità termica, come detto, si misura, nel sistema internazionale (SI), in **$W / (m K)$** .

La

Tabella 1 riporta indicativamente le proprietà termofisiche principali di terre e rocce, inclusa la **Conducibilità termica (λ) [W/(m K)]** per le diverse classi di sostanze.

<i>Terre e rocce</i>	<i>Densità (kg/m³)</i>	<i>Calore specifico (J/kg K)</i>	<i>Conducibilità termica (W/m K)</i>
<i>Argille e limi asciutti</i>	<i>1440</i>	<i>840</i>	<i>0,2 - 1,0</i>
<i>Argille e limi umidi</i>	<i>2100</i>	<i>1050</i>	<i>1,2 - 2,3</i>
<i>Marne umide senza quarzo</i>	<i>2080 - 2640</i>	<i>879</i>	<i>1,0 - 1,6</i>
<i>Marne umide con quarzo</i>	<i>2080 - 2640</i>	<i>879</i>	<i>1,7 - 3,1</i>
<i>Ghiaie e sabbie secche</i>	<i>1890</i>	<i>800</i>	<i>0,3 - 0,9</i>
<i>Ghiaie e sabbie umide</i>	<i>2010</i>	<i>840</i>	<i>1,3 - 1,8</i>
<i>Ghiaie e sabbie sature</i>	<i>2100</i>	<i>960</i>	<i>1,8 - 2,4</i>
<i>Calcari</i>	<i>1600 - 2700</i>	<i>920</i>	<i>2,4 - 3,4</i>
<i>Arenarie</i>	<i>1900 - 2500</i>	<i>1005</i>	<i>1,5 - 4,2</i>
<i>Dolomiti</i>	<i>2700 - 2850</i>	<i>879</i>	<i>3,2 - 5,0</i>
<i>Gneiss</i>	<i>2600 - 2850</i>	<i>920</i>	<i>2,1 - 4,2</i>
<i>Marmi</i>	<i>2670 - 2750</i>	<i>920</i>	<i>2,5 - 3,0</i>
<i>Graniti</i>	<i>2650</i>	<i>879</i>	<i>2,4 - 3,8</i>
<i>Granodioriti</i>	<i>2700</i>	<i>879</i>	<i>2,9 - 3,5</i>
<i>Dioriti</i>	<i>2800</i>	<i>920</i>	<i>2,8 - 3,6</i>
<i>Basalti</i>	<i>2950</i>	<i>796</i>	<i>1,3 - 2,9</i>
<i>Gabbri</i>	<i>2950</i>	<i>753</i>	<i>1,9 - 4,0</i>
<i>Aria a 25 °C</i>	<i>1,2</i>	<i>717 - 1003</i>	<i>0,025</i>
<i>Ghiaccio a 0 °C</i>	<i>900</i>	<i>2100</i>	<i>2,1</i>
<i>Acqua a 25 °C</i>	<i>1000</i>	<i>4177</i>	<i>0,6</i>

Tabella 1: rif. Baietto et alii, 2010

	ID Documento Committente	Pagina 9 / 38
	CoD037_FV_BGR_00025	Numero Revisione
	MISURE DI CONDUCIBILITA' – RESISTIVITA' TERMICA – TOMOGRAFIA ELETTRICA	00

2.2 Strumentazione e criteri di acquisizione

Per l'esecuzione delle prove di conducibilità termica, è stata impiegata una centralina **MAE (Advanced Geophysics Instruments)** – modello **TCR 24**.

È stata utilizzata una sonda CTS 120 specifica per misure di conducibilità termica in foro di 120 cm di lunghezza.

Per la realizzazione dei fori necessari per l'alloggiamento della sonda di misura, è stato impiegato un martello tassellatore con punta di perforazione DN 20 mm con dedicata asta di prolunga per l'esecuzione del pre-foro.

Lo Strumento **MAE - TCR 24** è espressamente dedicato alla misura della conducibilità termica del terreno (attitudine del terreno a trasmettere il calore).



Figura 5: Strumento MAE - TCR 24

I valori restituiti i nei report successivi saranno i seguenti:

- **Conducibilità termica (λ)** espressi in: **W/m K**
- **Resistività termica (R_t)** espressi in: **m K/W**

Dove: la Resistività Termica è l'inverso della Conducibilità Termica [$R_t = 1/\lambda$]

Questa tipologia di indagine viene effettuata, solitamente, prima della posa di cavidotti interrati, oppure prima della realizzazione di pozzi geotermici per il prelievo di calore dal terreno ad uso riscaldamento o condizionamento di edifici.

GENERALI	
<i>CPU</i>	<i>CORE4418</i>
<i>Peso</i>	<i>3 kg</i>
<i>Dimensioni (cm)</i>	<i>27,1 X 24,8 X 12,3</i>
<i>Alimentazione</i>	<i>Li-ion 10,8V/12,4Ah</i>
<i>Autonomia</i>	<i>>8 ore</i>
<i>Condizione ambientali</i>	<i>-20°C / 70°C</i>
<i>Interfacce</i>	<i>USB</i>
<i>Display</i>	<i>TFT-LCD capacitivo da 7" con touch-screen</i>
<i>Contenitore</i>	<i>IP67</i>
<i>Codice HS</i>	<i>90158011</i>
ACQUISIZIONE	
<i>Tipologia di misura</i>	<i>Resistività e conducibilità termica</i>
<i>Numero canali</i>	<i>2</i>
<i>ADC</i>	<i>24 bit</i>
<i>Conducibilità termica</i>	<i>da 0,1 a 6 W/m*K</i>
<i>Resistività termica</i>	<i>da 0,17 a 10 m*K/W</i>
<i>Memoria interna</i>	<i>5GB fino a 300000 acquisizioni</i>
<i>Accuratezza</i>	<i>+/-6%</i>
<i>Intervallo di misura</i>	<i>da 300s a 960s</i>
<i>lunghezza lancia</i>	<i>1,2m</i>
<i>lunghezza sonda</i>	<i>0,17 m</i>
<i>Diametro sonda</i>	<i>6,3 mm</i>

Tabella 2: Specifiche Tecniche strumento TCR 24:

La misura può essere effettuata in sito con la **sonda CTS120** fino a profondità di 120 cm (v. **Figura 6**), oppure, qualora siano necessarie indagini a profondità maggiori, è possibile prelevare campioni di terreno (carote) ed effettuare la misura in laboratorio con l'apposita sonda da laboratorio (**sonda CTS45**).



Figura 6: sonda CTS120

Il dato acquisito può essere esaminato direttamente in campagna al termine della fase di acquisizione regolata in modo automatico dalla strumentazione e viene espresso graficamente e numericamente in **watt / (metri x kelvin)** abbreviato: **(W/m K)**, dove:

watt = unità di potenza;

metro = unità di distanza;

kelvin = unità di temperatura.

Operativamente è sufficiente praticare un foro nel terreno mediante un comune trapano di media potenza ed una punta di perforazione DN 20 mm con asta di prolunga. Si infila quindi la sonda nel foro praticato e con una leggera pressione si infigge il puntale della sonda (“ago termico”), in cui sono incorporati un filo di riscaldamento ed un sensore di temperatura, per circa 20 cm., allo scopo di ottenere il migliore accoppiamento con il terreno.



	ID Documento Committente	Pagina 12 / 38
	CoD037_FV_BGR_00025	Numero Revisione
	MISURE DI CONDUCIBILITA' – RESISTIVITA' TERMICA – TOMOGRAFIA ELETTRICA	00

Figura 7: Esecuzione della prova

Appendice teorica:

Il principio, come sopraccennato, si basa sulla proprietà di sorgente lineare: dopo un breve periodo transitorio l'aumento di temperatura ΔT , dipende solo dalla potenza del riscaldatore Q e dalla Conducibilità Termica λ .

Misurando la potenza del riscaldatore e tracciando la temperatura nel tempo può essere calcolata la conducibilità termica del terreno. Questo parametro influisce sulla capacità di un materiale di condurre il calore o fungere da isolante, vale a dire che maggiore è il valore di λ o k , meno isolante è il materiale.

Procedura operativa di misurazione:

Tramite la semplice pressione di un tasto si avvia quindi la procedura di acquisizione dati ("ciclo di riscaldamento"), gestita in modo automatico dallo strumento, della durata di circa 900 secondi. Il dato numerico e grafico viene archiviato su memoria SD (con possibilità di esportazione tramite USB), per essere successivamente elaborato con software dedicato **TCR-READER** della MAE.

RIFERIMENTI NORMATIVI:

le prove sono state condotte conformemente alle normative di riferimento **ASTM D 5334-14** (*Standard Test Method for Determination of Thermal Conductivity of Soil and Soft Rock by Thermal Needle Probe Procedure*) e **IEEE 442-1981** – (*Guide for Soil Thermal Resistivity Measurements*).

2.3 Elaborazione dati con TCReader

I dati, acquisiti in formato (.txt), sono stati trasferiti su PC per essere visualizzati e/o rielaborati. L'applicazione consente infatti di analizzare nuovamente la curva di temperatura risultante e tradurre i tempi specifici per il calcolo posizionando i cursori (barre verticali) nei punti che l'operatore intende analizzare.

POSTAZIONE DI MISURA RT01

Si riportano qui di seguito i risultati ottenuti, sia in formato tabellare che sotto forma di grafico.

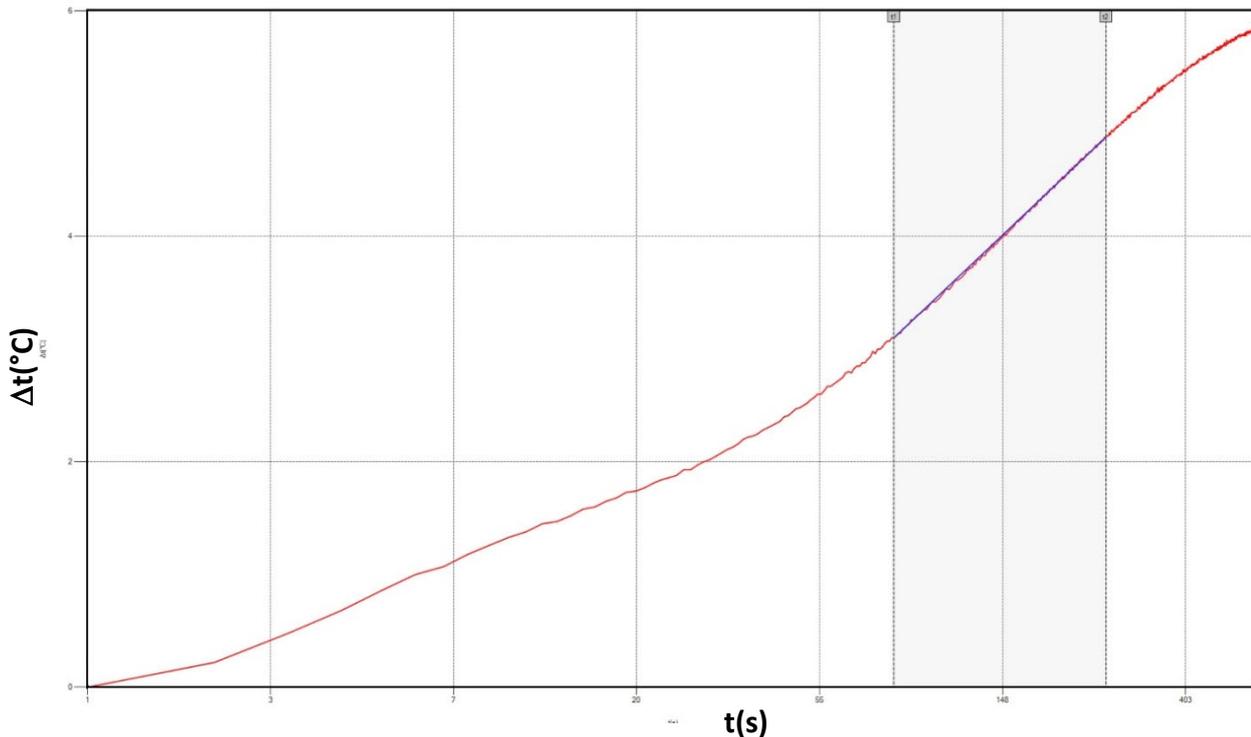
Impostazioni misura

Resistenza sonda : **83,07** Ohm/m
Tensione riscaldatore : **4,5** V
Potenza riscaldatore : **5,58103** W/m
Durata : **600** s

Parametri di calcolo

t1 : **82** s
t2 : **261** s
T1 : **17,30** °C
T2 : **19,08** °C

POSTAZIONE RT01 - GRAFICO “CURVA DI TEMPERATURA”



Risultati – RT01

Conducibilità termica : **0,289** W/mK
Resistività termica : **3,462** mK/W
Temperatura iniziale : **14,20** °C
Temperatura finale : **20,05** °C

POSTAZIONE DI MISURA RT02

Si riportano qui di seguito i risultati ottenuti, sia in formato tabellare che sotto forma di grafico.

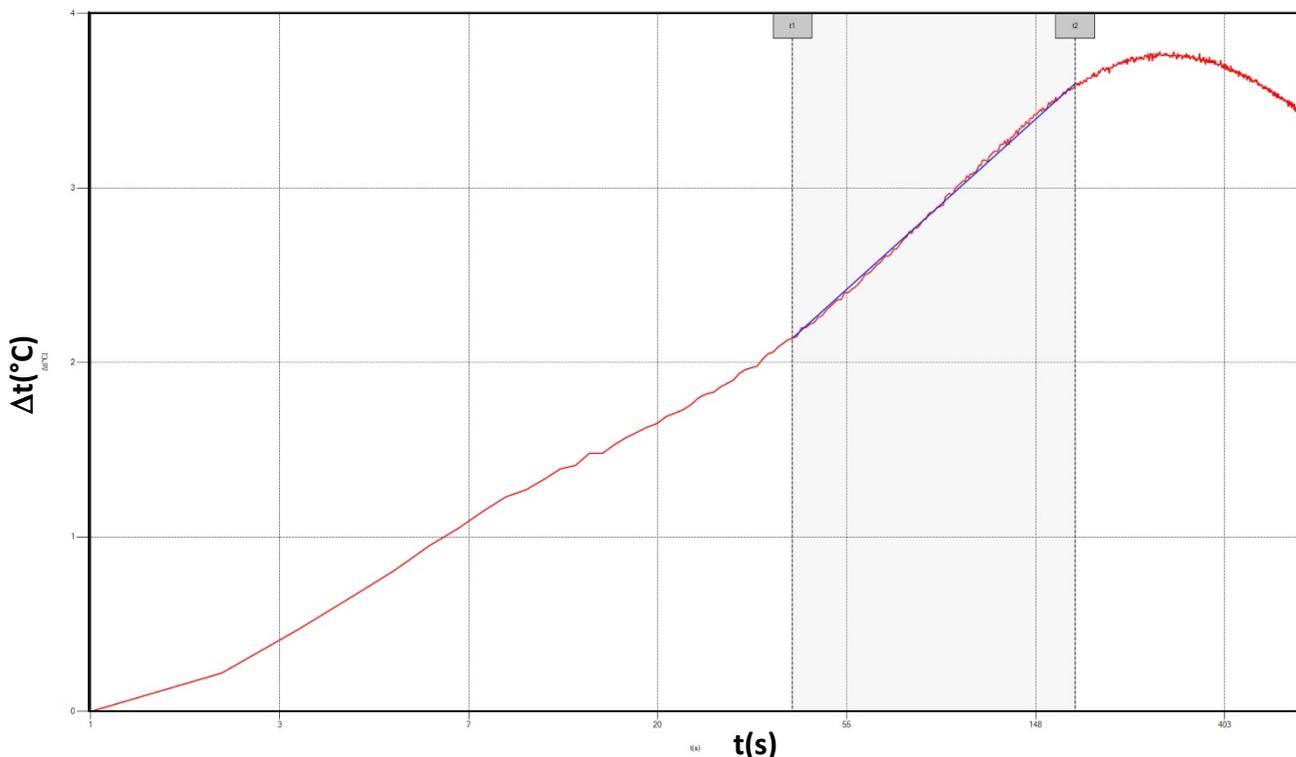
Impostazioni misura

Resistenza sonda : **83,07** Ohm/m
Tensione riscaldatore : **4,5** V
Potenza riscaldatore : **5,58103** W/m
Durata : **600** s

Parametri di calcolo

t1 : **41** s
t2 : **183** s
T1 : **16,94** °C
T2 : **18,40** °C

POSTAZIONE RT02 - GRAFICO "CURVA DI TEMPERATURA"



Risultati – RT02

Conducibilità termica : **0,455** W/mK
Resistività termica : **2,198** mK/W
Temperatura iniziale : **14,80** °C
Temperatura finale : **18,25** °C

POSTAZIONE DI MISURA RT03

Si riportano qui di seguito i risultati ottenuti, sia in formato tabellare che sotto forma di grafico.

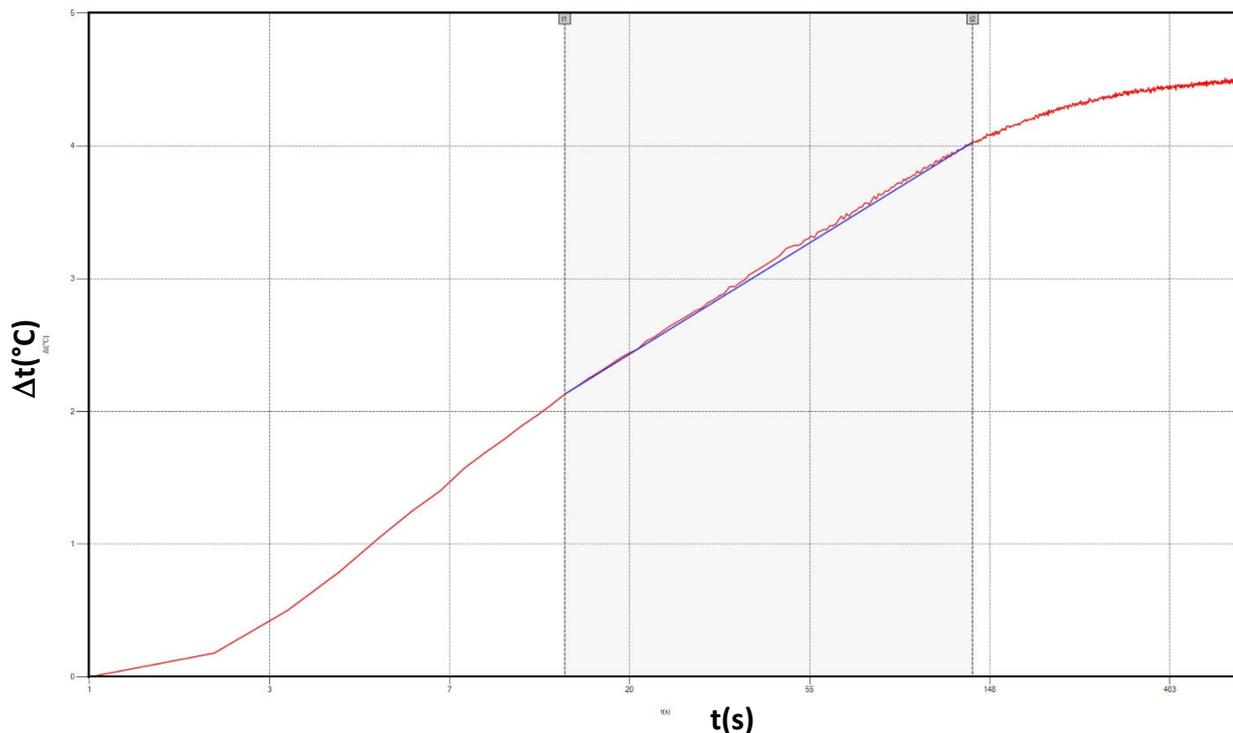
Impostazioni misura

Resistenza sonda : **83,07** Ohm/m
Tensione riscaldatore : **4,5** V
Potenza riscaldatore : **5,58103** W/m
Durata : **600** s

Parametri di calcolo

t1 : **14** s
t2 : **135** s
T1 : **12,61** °C
T2 : **14,51** °C

POSTAZIONE RT03 - GRAFICO "CURVA DI TEMPERATURA"



Risultati – RT03

Conducibilità termica : **0,530** W/mK
Resistività termica : **1,888** mK/W
Temperatura iniziale : **10,48** °C
Temperatura finale : **14,96** °C

POSTAZIONE DI MISURA RT04

Si riportano qui di seguito i risultati ottenuti, sia in formato tabellare che sotto forma di grafico.

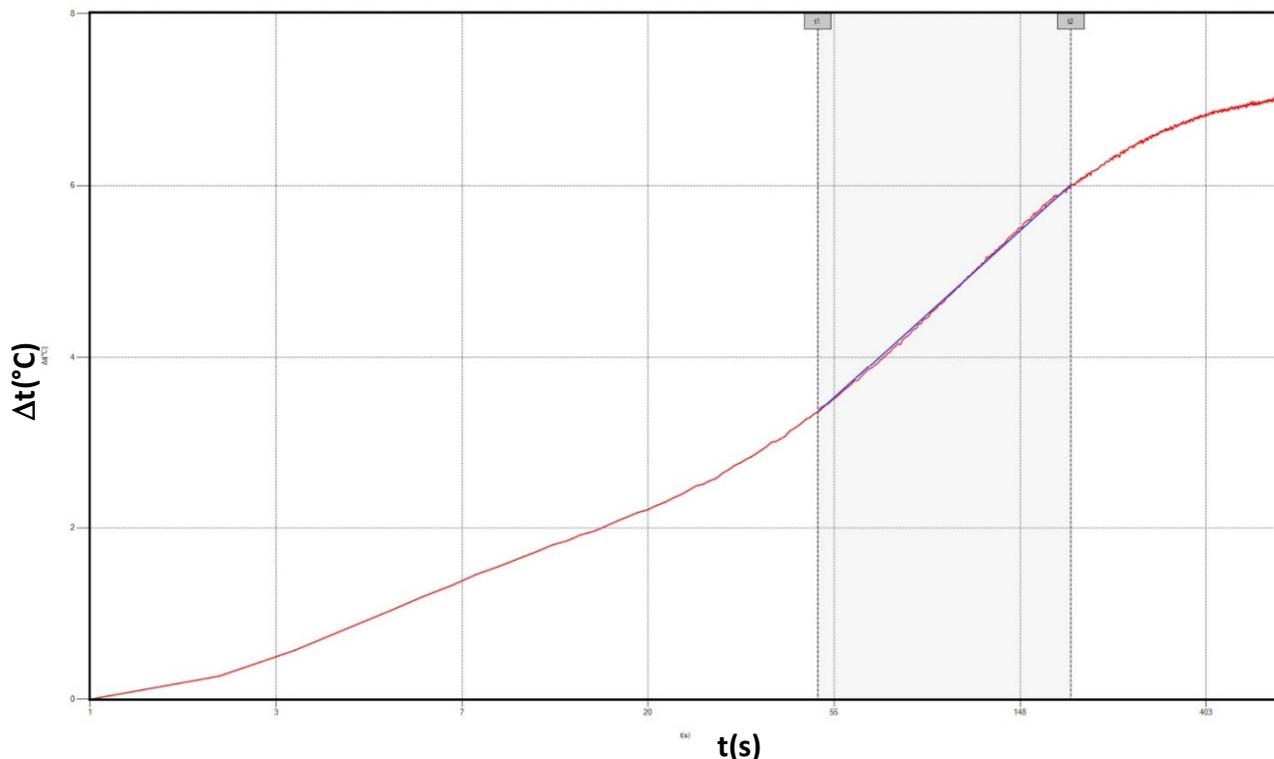
Impostazioni misura

Resistenza sonda : **83,07** Ohm/m
Tensione riscaldatore : **4,5** V
Potenza riscaldatore : **5,58103** W/m
Durata : **600** s

Parametri di calcolo

t1 : **50** s
t2 : **195** s
T1 : **13,18** °C
T2 : **15,84** °C

POSTAZIONE RT04 - GRAFICO "CURVA DI TEMPERATURA"



Risultati – RT04

Conducibilità termica : **0,227** W/mK
Resistività termica : **4,401** mK/W
Temperatura iniziale : **9,83** °C
Temperatura finale : **16,84** °C

POSTAZIONE DI MISURA RT05

Si riportano qui di seguito i risultati ottenuti, sia in formato tabellare che sotto forma di grafico.

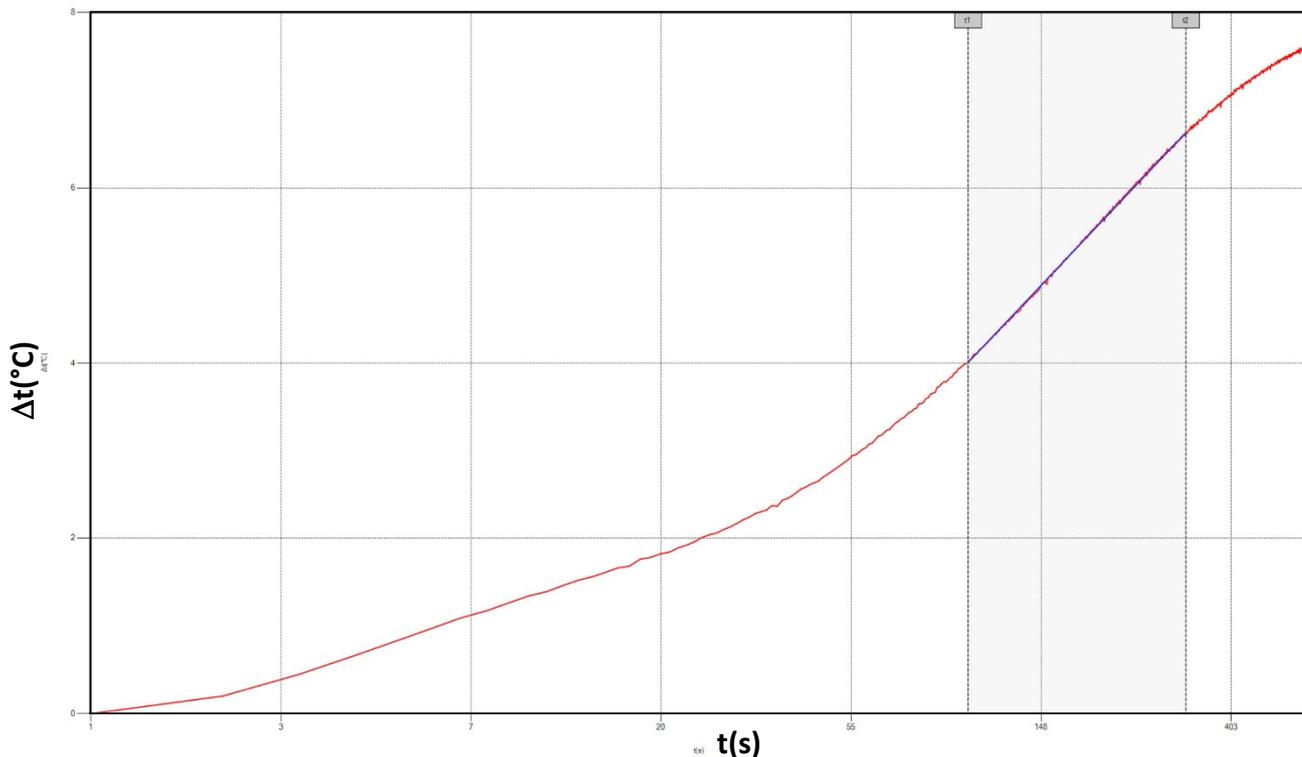
Impostazioni misura

Resistenza sonda : **83,07** Ohm/m
Tensione riscaldatore : **4,5** V
Potenza riscaldatore : **5,58103** W/m
Durata : **600** s

Parametri di calcolo

t1 : **101** s
t2 : **318** s
T1 : **14,14** °C
T2 : **16,76** °C

POSTAZIONE RT05 - GRAFICO "CURVA DI TEMPERATURA"



Risultati – RT05

Conducibilità termica : **0,194** W/mK
Resistività termica : **5,144** mK/W
Temperatura iniziale : **10,13** °C
Temperatura finale : **17,75** °C

POSTAZIONE DI MISURA RT06

Si riportano qui di seguito i risultati ottenuti, sia in formato tabellare che sotto forma di grafico.

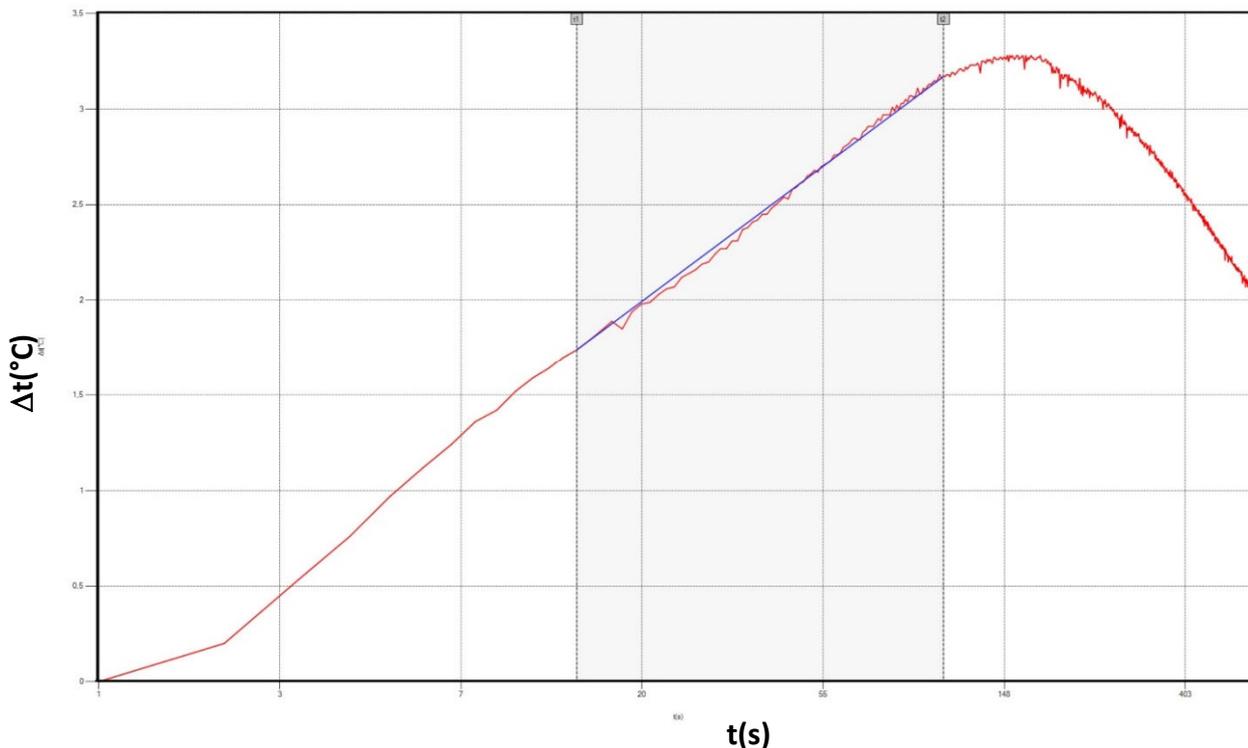
Impostazioni misura

Resistenza sonda : **83,07** Ohm/m
Tensione riscaldatore : **4,5** V
Potenza riscaldatore : **5,58103** W/m
Durata : **600** s

Parametri di calcolo

t1 : **14** s
t2 : **106** s
T1 : **17,45** °C
T2 : **18,88** °C

POSTAZIONE RT06 - GRAFICO "CURVA DI TEMPERATURA"



Risultati – RT06

Conducibilità termica : **0,629** W/mK
Resistività termica : **1,591** mK/W
Temperatura iniziale : **15,71** °C
Temperatura finale : **17,72** °C

POSTAZIONE DI MISURA RT07

Si riportano qui di seguito i risultati ottenuti, sia in formato tabellare che sotto forma di grafico.

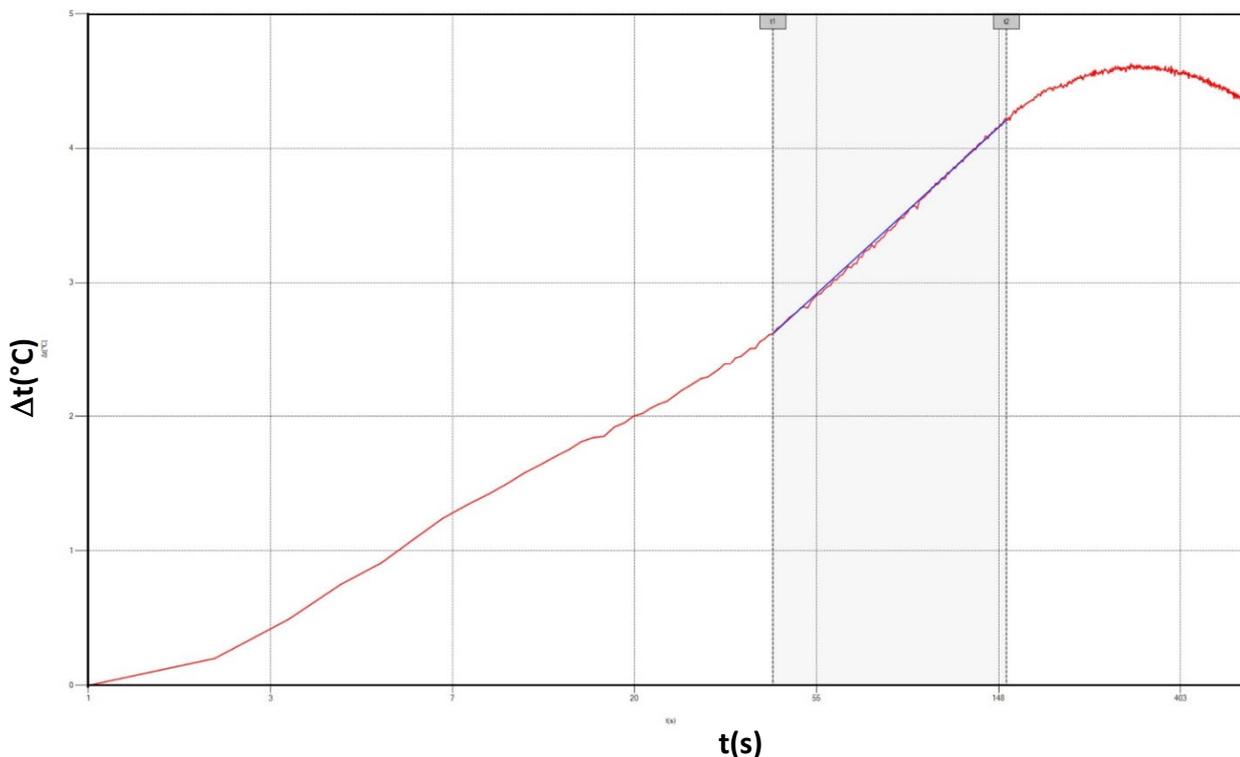
Impostazioni misura

Resistenza sonda : **83,07** Ohm/m
Tensione riscaldatore : **4,5** V
Potenza riscaldatore : **5,58103** W/m
Durata : **600** s

Parametri di calcolo

t1 : **43** s
t2 : **155** s
T1 : **17,95** °C
T2 : **19,54** °C

POSTAZIONE RT07 - GRAFICO "CURVA DI TEMPERATURA"



Risultati – RT07

Conducibilità termica : **0,358** W/mK
Resistività termica : **2,792** mK/W
Temperatura iniziale : **15,33** °C
Temperatura finale : **19,65** °C

POSTAZIONE DI MISURA RT08

Si riportano qui di seguito i risultati ottenuti, sia in formato tabellare che sotto forma di grafico.

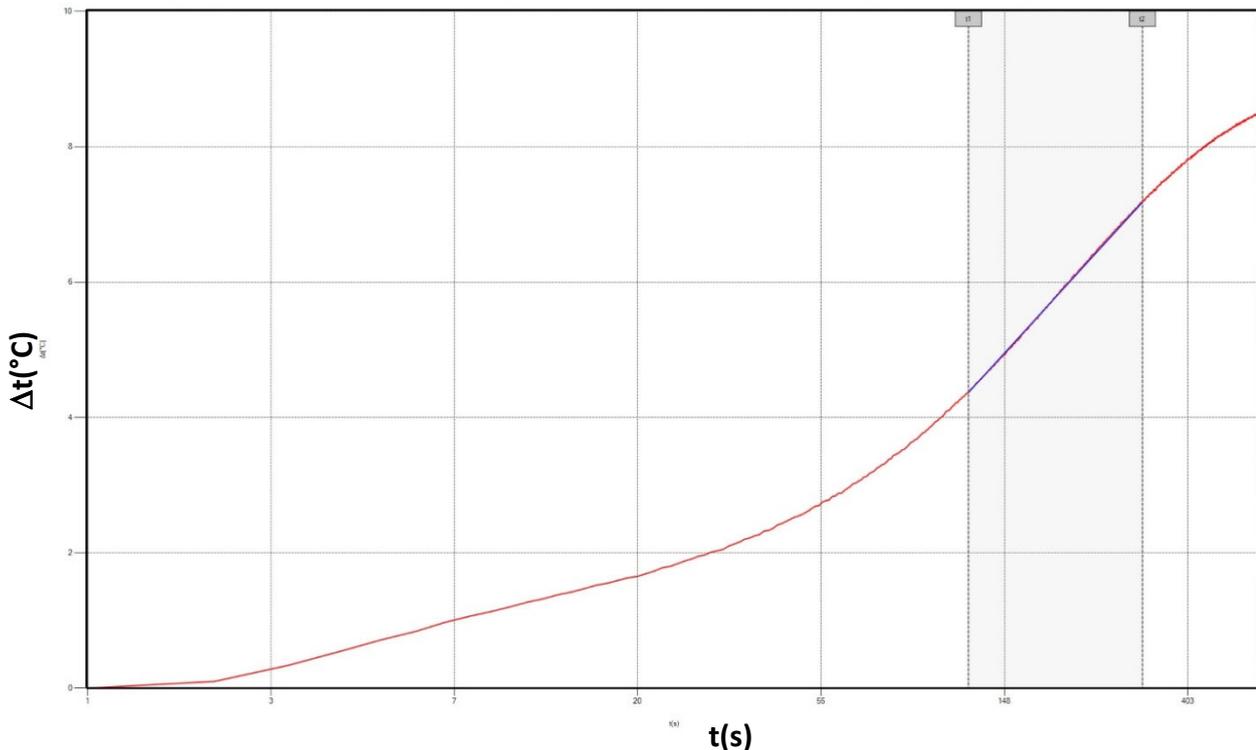
Impostazioni misura

Resistenza sonda : **83,07** Ohm/m
Tensione riscaldatore : **4,5** V
Potenza riscaldatore : **5,58103** W/m
Durata : **600** s

Parametri di calcolo

t1 : **122** s
t2 : **315** s
T1 : **16,31** °C
T2 : **19,12** °C

POSTAZIONE RT08 - GRAFICO "CURVA DI TEMPERATURA"



Risultati – RT08

Conducibilità termica : **0,150** W/mK
Resistività termica : **6,670** mK/W
Temperatura iniziale : **11,94** °C
Temperatura finale : **20,43** °C

POSTAZIONE DI MISURA RT09

Si riportano qui di seguito i risultati ottenuti, sia in formato tabellare che sotto forma di grafico.

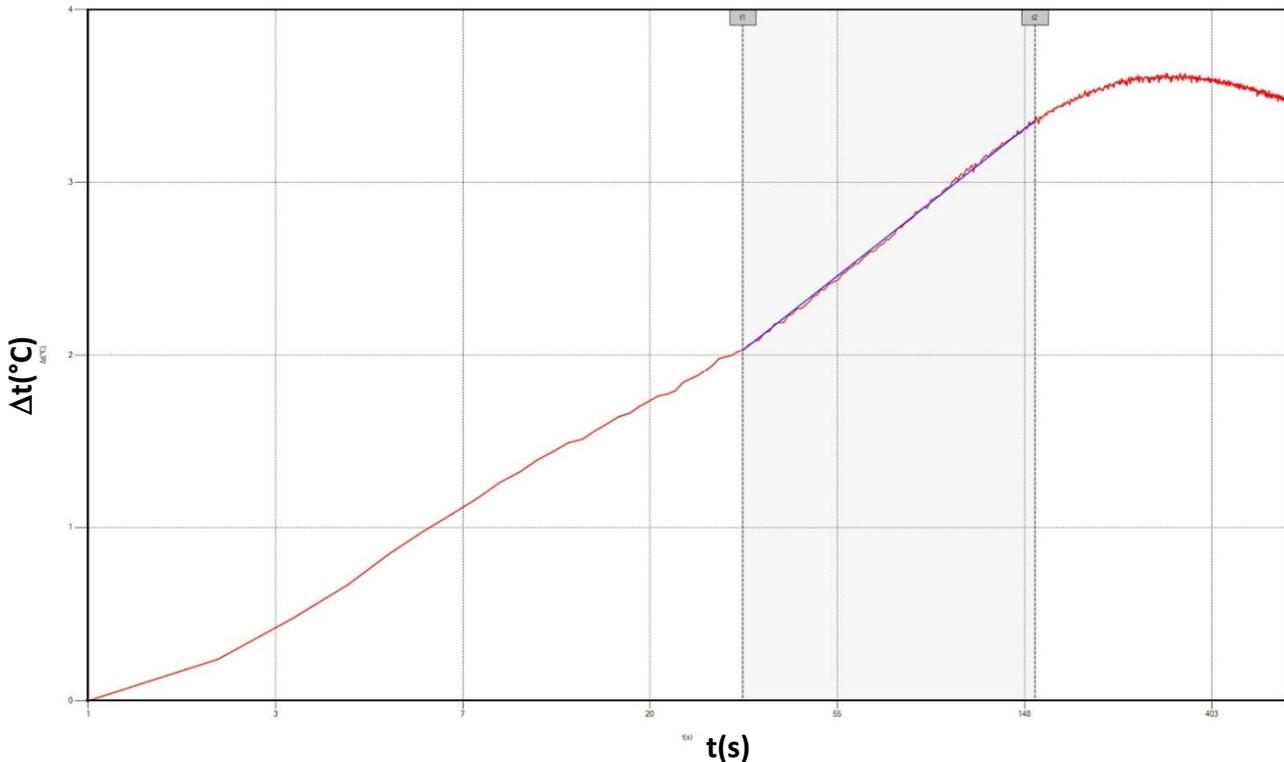
Impostazioni misura

Resistenza sonda : **83,07** Ohm/m
Tensione riscaldatore : **4,5** V
Potenza riscaldatore : **5,58103** W/m
Durata : **600** s

Parametri di calcolo

t1 : **33** s
t2 : **157** s
T1 : **13,15** °C
T2 : **14,48** °C

POSTAZIONE RT09 - GRAFICO "CURVA DI TEMPERATURA"



Risultati – RT09

Conducibilità termica : **0,521** W/mK
Resistività termica : **1,920** mK/W
Temperatura iniziale : **11,12** °C
Temperatura finale : **14,58** °C

POSTAZIONE DI MISURA RT10

Si riportano qui di seguito i risultati ottenuti, sia in formato tabellare che sotto forma di grafico.

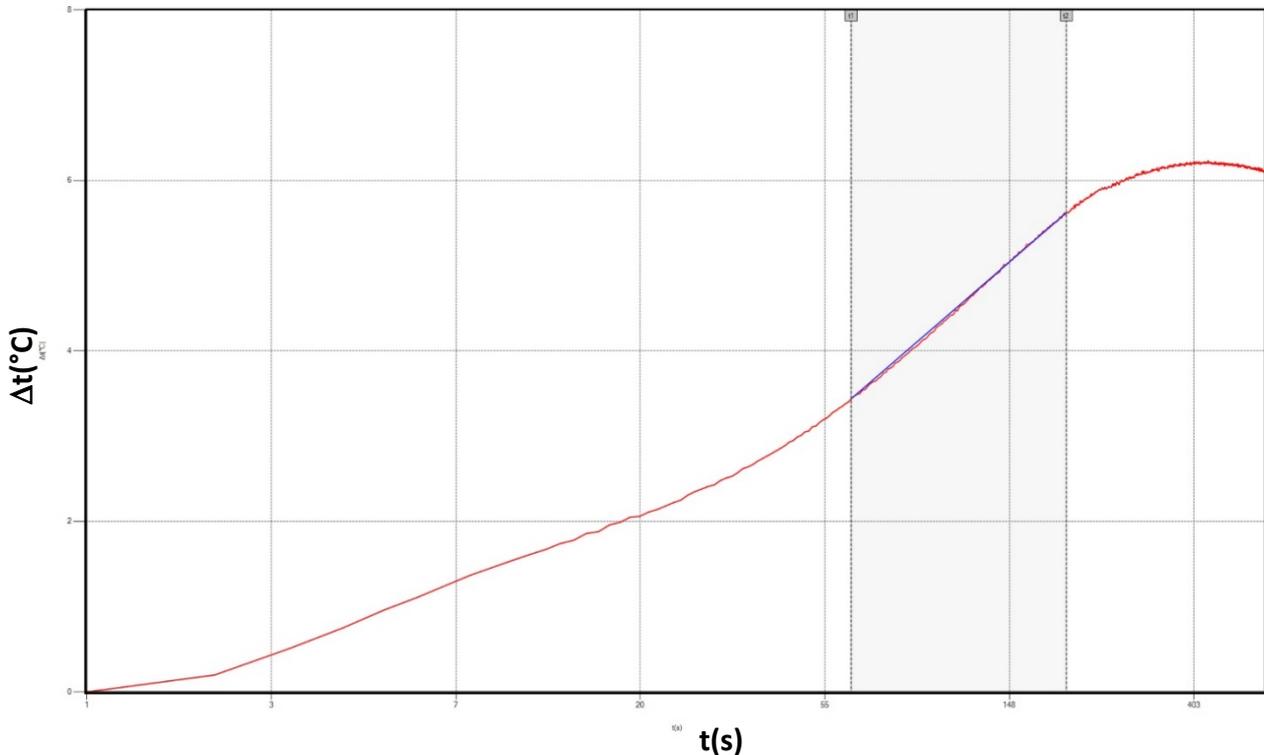
Impostazioni misura

Resistenza sonda : **83,07** Ohm/m
Tensione riscaldatore : **4,5** V
Potenza riscaldatore : **5,58103** W/m
Durata : **600** s

Parametri di calcolo

t1 : **63** s
t2 : **202** s
T1 : **18,58** °C
T2 : **20,76** °C

POSTAZIONE RT10 - GRAFICO "CURVA DI TEMPERATURA"



Risultati – RT10

Conducibilità termica : **0,237** W/mK
Resistività termica : **4,213** mK/W
Temperatura iniziale : **15,14** °C
Temperatura finale : **21,24** °C

POSTAZIONE DI MISURA RT11

Si riportano qui di seguito i risultati ottenuti, sia in formato tabellare che sotto forma di grafico.

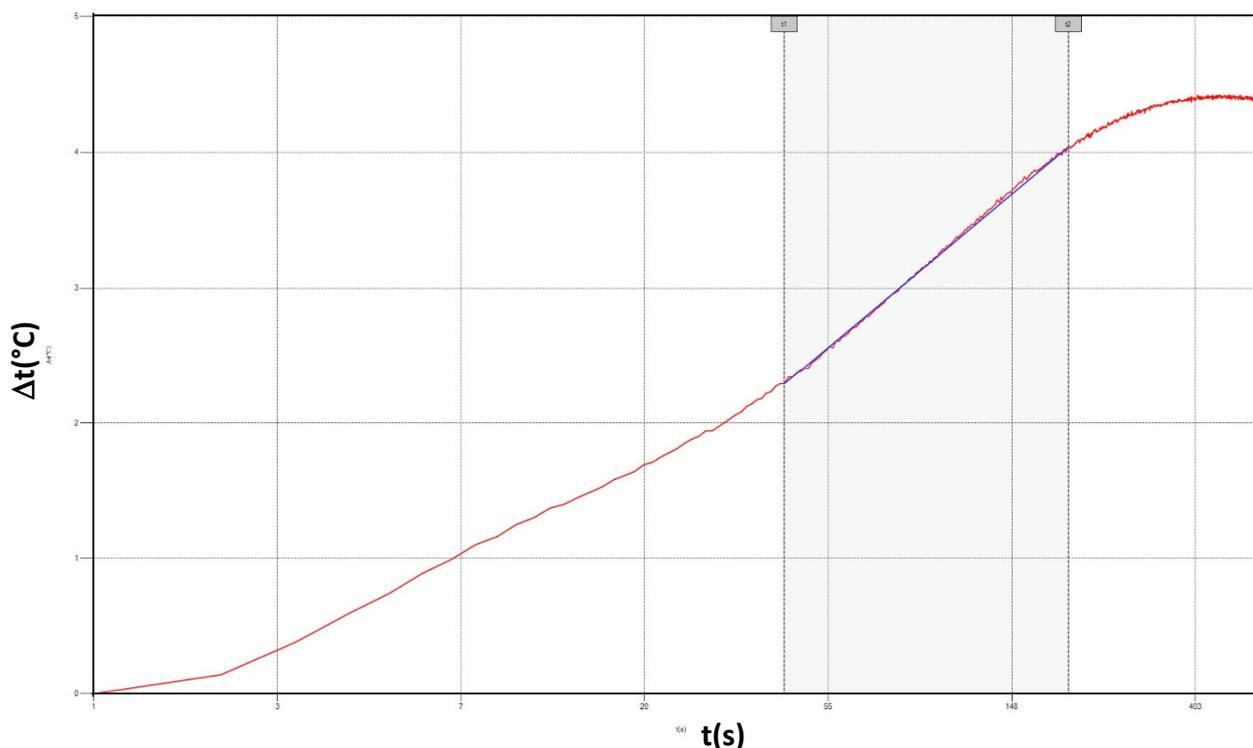
Impostazioni misura

Resistenza sonda : **83,07** Ohm/m
Tensione riscaldatore : **4,5** V
Potenza riscaldatore : **5,58103** W/m
Durata : **600** s

Parametri di calcolo

t1 : **43** s
t2 : **202** s
T1 : **14,09** °C
T2 : **15,84** °C

POSTAZIONE RT11 - GRAFICO "CURVA DI TEMPERATURA"



Risultati – RT11

Conducibilità termica : **0,393** W/mK
Resistività termica : **2,547** mK/W
Temperatura iniziale : **11,80** °C
Temperatura finale : **16,19** °C

POSTAZIONE DI MISURA RT12

Si riportano qui di seguito i risultati ottenuti, sia in formato tabellare che sotto forma di grafico.

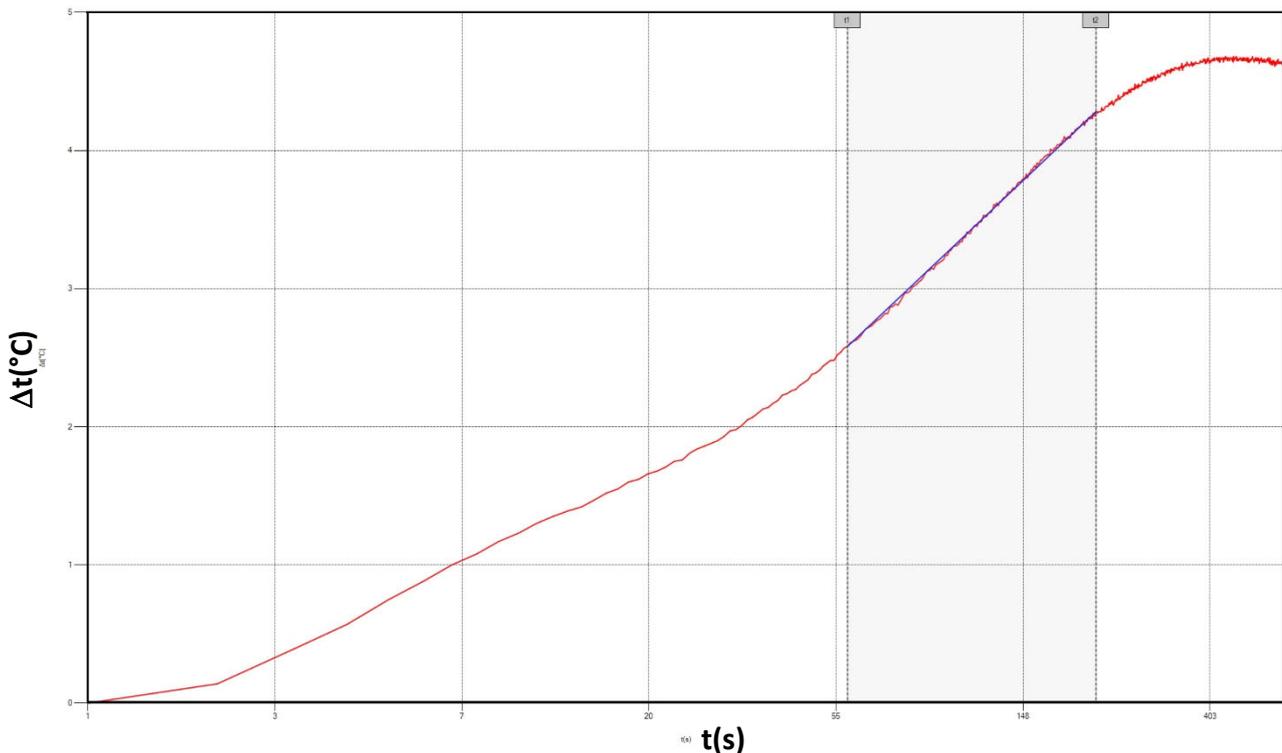
Impostazioni misura

Resistenza sonda : **83,07** Ohm/m
Tensione riscaldatore : **4,5** V
Potenza riscaldatore : **5,58103** W/m
Durata : **600** s

Parametri di calcolo

t1 : **58** s
t2 : **219** s
T1 : **15,45** °C
T2 : **17,15** °C

POSTAZIONE RT12 - GRAFICO "CURVA DI TEMPERATURA"



Risultati – RT12

Conducibilità termica : **0,347** W/mK
Resistività termica : **2,881** mK/W
Temperatura iniziale : **12,87** °C
Temperatura finale : **17,49** °C

POSTAZIONE DI MISURA RT13

Si riportano qui di seguito i risultati ottenuti, sia in formato tabellare che sotto forma di grafico.

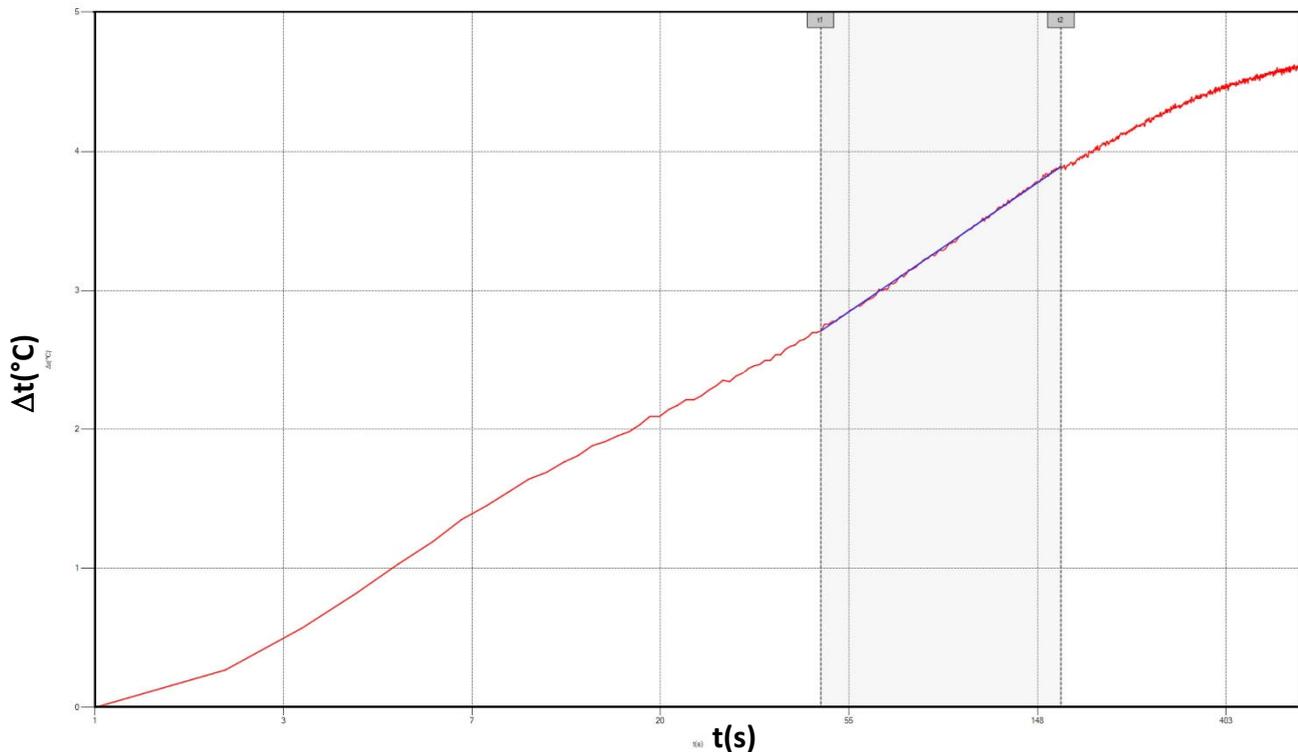
Impostazioni misura

Resistenza sonda : **83,07** Ohm/m
Tensione riscaldatore : **4,5** V
Potenza riscaldatore : **5,58103** W/m
Durata : **600** s

Parametri di calcolo

t1 : **47** s
t2 : **168** s
T1 : **12,05** °C
T2 : **13,23** °C

POSTAZIONE RT13 - GRAFICO "CURVA DI TEMPERATURA"



Risultati – RT13

Conducibilità termica : **0,479** W/mK
Resistività termica : **2,086** mK/W
Temperatura iniziale : **9,34** °C
Temperatura finale : **13,95** °C

	ID Documento Committente	Pagina 26 / 38
	CoD037_FV_BGR_00025	Numero Revisione
	MISURE DI CONDUCIBILITA' – RESISTIVITA' TERMICA – TOMOGRAFIA ELETTRICA	00

<i>Nr. postazione</i>	<i>Resistività Termica [mK/W]</i>
<i>RT01</i>	3,462
<i>RT02</i>	2,198
<i>RT03</i>	1,888
<i>RT04</i>	4,401
<i>RT05</i>	5,144
<i>RT06</i>	1,591
<i>RT07</i>	2,792
<i>RT08</i>	6,67
<i>RT09</i>	1,92
<i>RT10</i>	4,213
<i>RT11</i>	2,547
<i>RT12</i>	2,881
<i>RT13</i>	2,086

Tabella 3: Riepilogo risultati ottenuti di Resistività Termica (Rt)

Si ricava un valore medio di **Resistività Termica (Rt)** di: **3,215 mK/W**

	ID Documento Committente	Pagina 27 / 38
	CoD037_FV_BGR_00025	Numero Revisione
	MISURE DI CONDUCIBILITA' – RESISTIVITA' TERMICA – TOMOGRAFIA ELETTRICA	00

3 TOMOGRAFIA ELETTRICA

A completamento della Campagna Geofisica, contrariamente a quanto riportato in Specifica Tecnica, sono stati acquisiti di nr. 3 profili geoelettrici tomografici. Tale tipologia di indagine permette di avere informazioni sino ad almeno 8 metri da piano campagna per l'intero sviluppo di ogni singolo stendimento.

Di seguito si riportano le principali caratteristiche tecniche di acquisizione ed elaborazione del dato grezzo.

3.1 Breve introduzione alla tomografia elettrica

La metodologia “geoelettrica” rappresenta uno dei metodi geofisici storicamente più utilizzati per la ricostruzione delle strutture presenti nel sottosuolo con particolare riferimento alle tematiche legate alla caratterizzazione delle diverse formazioni geolitologiche.

Gli sviluppi dell'elettronica e delle procedure di acquisizione dati gestite via software, hanno consentito di applicare questa metodologia, un tempo lenta e laboriosa, ai più disparati settori dello studio del sottosuolo con tempistiche e dettaglio un tempo impensabili.

Il parametro di base è la “**resistività elettrica**”, proprietà fisica che esprime la “resistenza” che i materiali offrono al passaggio della corrente elettrica.

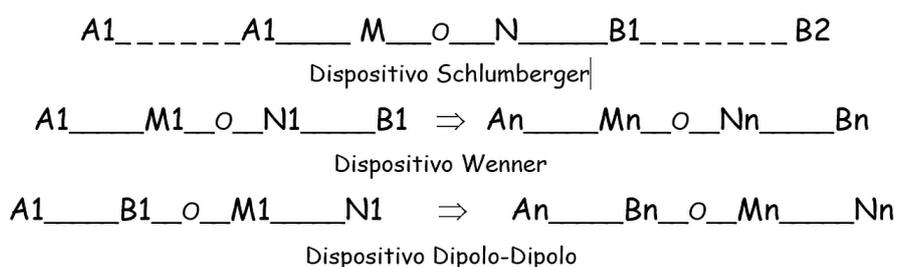
Le misure geoelettriche consentono, valutando le deformazioni del flusso di corrente indotte dalle proprietà fisiche dei materiali, di caratterizzare i materiali stessi e ricostruirne la distribuzione spaziale.

La resistività che caratterizza i materiali costituenti il sottosuolo, è determinata essenzialmente dai seguenti fattori:

- natura litologica (conducibilità intrinseca dei componenti di base);
- porosità e/o fratturazione e quindi forma, dimensione e continuità dei pori;
- percentuale di presenza di fluidi interstiziali (essenzialmente presenza di acqua);
- grado di salinità dell'acqua di saturazione;
- presenza di matrice fine.

La misura del valore di resistività elettrica dei materiali si realizza creando un campo elettrico artificiale nel mezzo oggetto dell'indagine e studiandone la distribuzione nel sottosuolo.

Il dispositivo di misura è costituito quindi da due coppie di elettrodi metallici (quadripolo) infissi sul terreno con geometrie che si differenziano in funzione del tipo di rilievo da realizzare.



	ID Documento Committente	Pagina 28 / 38
	CoD037_FV_BGR_00025	Numero Revisione
	MISURE DI CONDUCIBILITA' – RESISTIVITA' TERMICA – TOMOGRAFIA ELETTRICA	00

Generalmente i dispositivi utilizzati sono simmetrici rispetto ad un punto centrale O al quale si riferisce il valore misurato.

La coppia (A-B) costituisce il circuito con il quale s'immette corrente nel terreno, la coppia (M-N) è il circuito di misura della differenza di potenziale generata nel terreno stesso dal passaggio della corrente.

Si misurano così le variazioni del campo elettrico, indotte dalle eterogeneità litologiche presenti nel sottosuolo; queste variazioni sono più o meno marcate in funzione del contrasto di resistività elettrica esistente fra mezzi con caratteristiche differenti.

La scelta del dispositivo più opportuno è legata alle condizioni dell'area da indagare, sia in termini strutturali sia di rapporto segnale-rumore (S/N).

L'innovazione fondamentale introdotta nell'acquisizione tomografica è rappresentata dall'utilizzo di strumentazioni digitali "multicanale" in grado di gestire automaticamente un gran numero di elettrodi che riducono largamente i tempi di acquisizione e forniscono la misura della resistività in corrispondenza di un elevato numero di punti costituenti la sezione indagata.

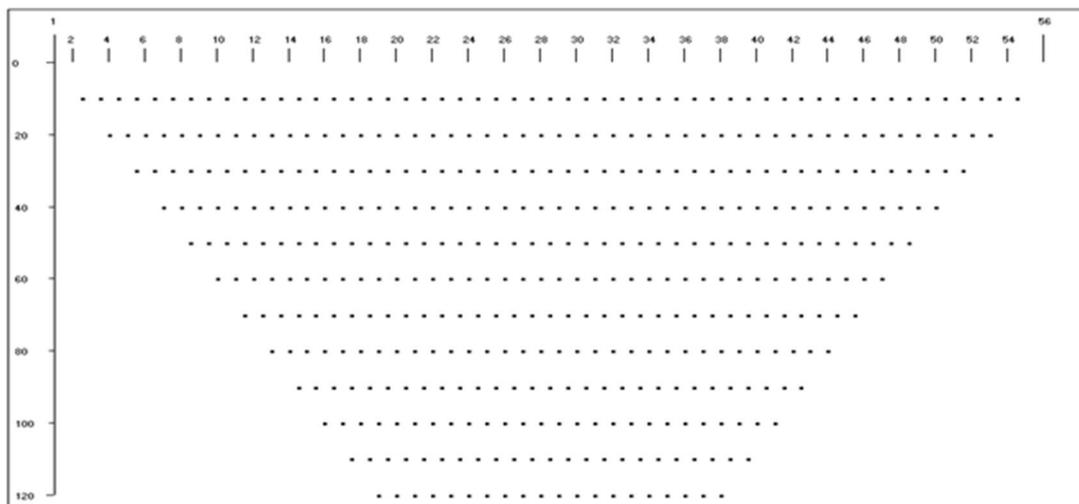


Figura 8: Esempio di distribuzione delle misure.

Grazie all'elevata densità dei punti si rende possibile, nella fase di elaborazione, l'applicazione di potenti algoritmi di "inversione" bidimensionale (2D) ricostruendo con estremo dettaglio, la sezione di resistività "calcolata", definendo in particolare gli effetti delle "variazioni laterali" e quindi restituendo una rappresentazione finale largamente corrispondente alla situazione reale.

La configurazione geometrica utilizzata è stata di tipo **Schlumberger**.

	ID Documento Committente	Pagina 29 / 38
	CoD037_FV_BGR_00025	Numero Revisione
	MISURE DI CONDUCIBILITA' – RESISTIVITA' TERMICA – TOMOGRAFIA ELETTRICA	00

3.2 Strumentazione impiegata ed elaborazione dati

Come sopra detto, sono stati realizzati n. 3 profili geoelettrici, denominati:

TOMO 1 (L = 60.00 m)
TOMO 2 (L = 60.00 m).
TOMO 3 (L = 60.00 m).

3.2.1 Profilo geoelettrico TOMO1

TOMO1 - SCHEDA RIEPILOGATIVA DELL'INDAGINE ELETTRICA ESEGUITA

<i>Tipo Prospezione:</i>	SEV		SEO		TOMOGRAFIA ELETTRICA	X
<i>Nome stendimento</i>	TOMO1					
<i>Ubicazione</i>	VEDI FIGURA 2 ALLEGATA AL TESTO					
<i>Strumento utilizzato</i>	AMBROGEO – Mangusta System MC 24/144E					
<i>N° elettrodi utilizzati / N° totali</i>	24					
<i>Interdistanza cavi</i>	Cavo singolo					
<i>Interdistanza elettroica</i>	2.5 m					
<i>Lunghezza stendimento</i>	60.0 m					
<i>Sistema di energizzazione</i>	interno, con potenza massima output $\pm 600 V$					
<i>Filtro applicato</i>	Su software in fase di editing					
<i>Scarto max misura diretta/inversa</i>	$\pm 0.2\%$					
<i>Programma utilizzato per elaborazione dati</i>	RES 2d inv					
<i>Allegati al presente documento</i>	Sezioni interpretative 2D					

MANGUSTA SYSTEM MC 24/144E

Multichannel Electrical Imaging Systems



	ID Documento Committente	Pagina 30 / 38
	CoD037_FV_BGR_00025	Numero Revisione
	MISURE DI CONDUCIBILITA' – RESISTIVITA' TERMICA – TOMOGRAFIA ELETTRICA	00

Indagine elettrica TOMO1

Il profilo geoelettrico denominato TOMO1 ha consentito di investigare i terreni sino ad una profondità massima dal p.c. di circa 8.00 m (vedi sezioni allegate appena sotto).

La configurazione geometrica ha previsto l'infissione di n. 24 elettrodi con interdistanza pari a 2.5 m.

La sezione in esame ha mostrato dei valori di resistività variabili da 60 a circa 670 $\Omega*m$.

La sezione investigata evidenzia, per quasi tutta la lunghezza dello stendimento, una coltre superficiale con spessore variabile da 0,60 m a 1,60 metri e valori di resistività generalmente compresi tra 60 e 120 $\Omega*m$, indice di terreni in prevalenza coesivi saturi.

Al di sotto è stato individuato, senza sensibili variazioni laterali, un secondo elettro-strato, che si estende fino alla massima profondità di indagine (circa 8.00 m), caratterizzato da valori di resistività compresi tra 120 e 670 $\Omega*m$ compatibile con terreni in prevalenza granulari insaturi, con un sensibile incremento di densità con la profondità.



Figura 9: Postazione TOMO 1

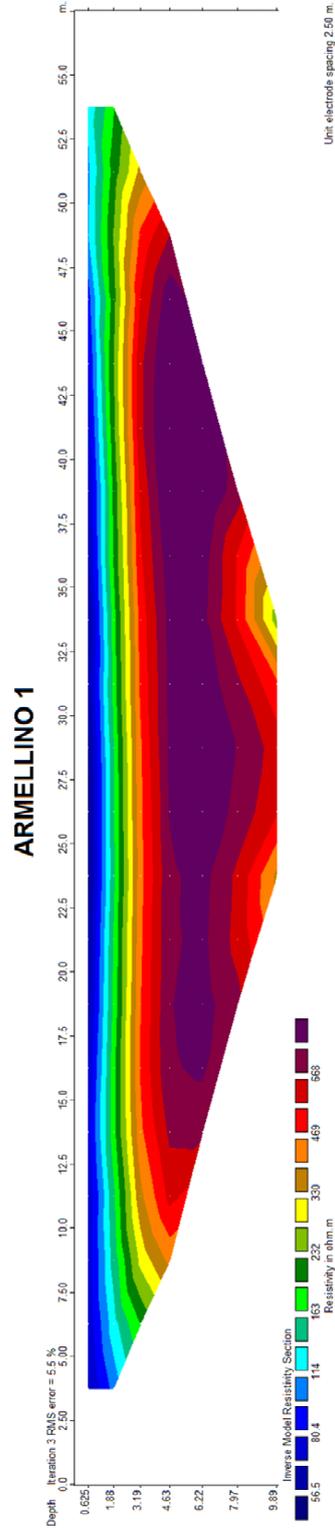


Figura 10: Sezione Tomografica (TOMO-01).

	ID Documento Committente	Pagina 32 / 38
	CoD037_FV_BGR_00025	Numero Revisione
	MISURE DI CONDUCIBILITA' – RESISTIVITA' TERMICA – TOMOGRAFIA ELETTRICA	00

3.2.2 Profilo geoelettrico TOMO2

TOMO2 - SCHEDA RIEPILOGATIVA DELL'INDAGINE ELETTRICA ESEGUITA

Tipo Prospezione:	SEV		SEO		TOMOGRAFIA ELETTRICA	X
Nome stendimento	TOMO2					
Ubicazione	VEDI FIGURA 2 ALLEGATA AL TESTO					
Strumento utilizzato	AMBROGEO – Mangusta MC 24/144E					
N° elettrodi utilizzati / N° totali	24					
Interdistanza cavi	Cavo singolo					
Interdistanza elettroica	2.5 m					
Lunghezza stendimento	60.0 m					
Sistema di energizzazione	interno, con potenza massima output $\pm 600 V$					
Filtro applicato	Su software in fase di editing					
Scarto max misura diretta/inversa	$\pm 0.2\%$					
Programma utilizzato per elaborazione dati	RES 2d inv					
Allegati al presente documento	Sezioni interpretative 2D					

MANGUSTA SYSTEM MC 24/144E

Multichannel Electrical Imaging Systems



	ID Documento Committente	Pagina 33 / 38
	CoD037_FV_BGR_00025	Numero Revisione
	MISURE DI CONDUCIBILITA' – RESISTIVITA' TERMICA – TOMOGRAFIA ELETTRICA	00

Indagine elettrica TOMO2

Il profilo geoelettrico denominato TOMO2 (L = 60.00 m), ha consentito, similmente al profilo TOMO1, di investigare i terreni sino ad una profondità massima dal p.c. di circa 8.0 m (vedi sezione allegata sotto).

La configurazione geometrica ha previsto l'infissione di n. 24 elettrodi con interdistanza pari a 2.5 m.



Figura 11: Postazione TOMO 2

Il profilo geoelettrico denominato TOMO2 ha consentito di investigare i terreni sino ad una profondità massima dal p.c. di circa 8.00 m (vedi sezioni allegate appena sotto).

La configurazione geometrica ha previsto l'infissione di n. 24 elettrodi con interdistanza pari a 2.5 m.

La sezione in esame ha mostrato dei valori di resistività variabili da 40 a circa 300 $\Omega*m$.

La sezione investigata evidenzia, per quasi tutta la lunghezza dello stendimento, una coltre superficiale con spessore variabile da 0,80 m a 1,90 metri e valori di resistività generalmente compresi tra 50 e 70 $\Omega*m$, indice di terreni in prevalenza coesivi saturi.

Al di sotto è stato individuato, senza sensibili variazioni laterali, un secondo elettro-strato, che si estende fino alla massima profondità di indagine (circa 8.00 m), caratterizzato da valori di resistività compresi tra 80 e 300 $\Omega*m$ compatibile con terreni in prevalenza granulari insaturi, con un sensibile incremento di densità con la profondità.

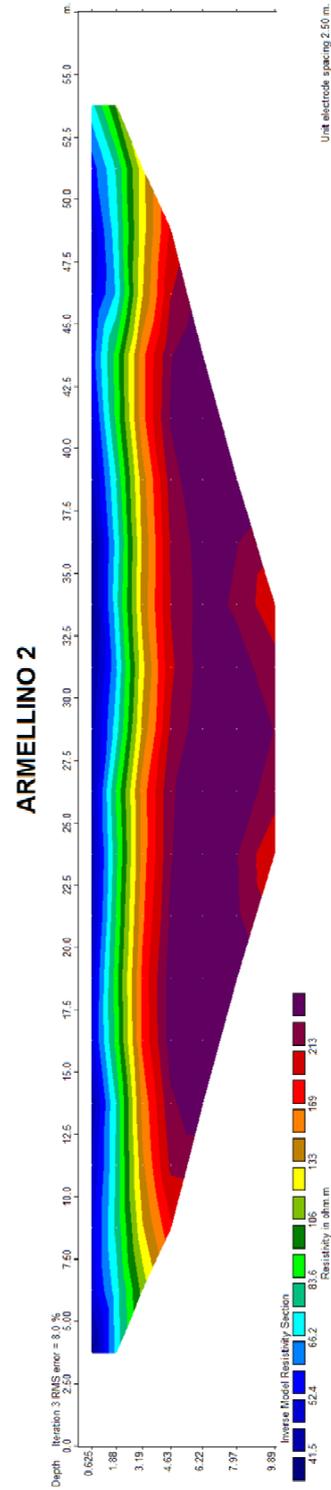


Figura 12: Sezione Tomografica (TOMO-02).

	ID Documento Committente	Pagina 35 / 38
	CoD037_FV_BGR_00025	Numero Revisione
	MISURE DI CONDUCIBILITA' – RESISTIVITA' TERMICA – TOMOGRAFIA ELETTRICA	00

3.2.3 Profilo geoelettrico TOMO3

TOMO2 - SCHEDA RIEPILOGATIVA DELL'INDAGINE ELETTRICA ESEGUITA

<i>Tipo Prospezione:</i>	<i>SEV</i>		<i>SEO</i>		TOMOGRAFIA ELETTRICA	<i>X</i>
<i>Nome stendimento</i>	<i>TOMO3</i>					
<i>Ubicazione</i>	<i>VEDI FIGURA 2 ALLEGATA AL TESTO</i>					
<i>Strumento utilizzato</i>	<i>AMBROGEO – Mangusta MC 24/144E</i>					
<i>N° elettrodi utilizzati / N° totali</i>	<i>24</i>					
<i>Interdistanza cavi</i>	<i>Cavo singolo</i>					
<i>Interdistanza elettroica</i>	<i>2.5 m</i>					
<i>Lunghezza stendimento</i>	<i>60.0 m</i>					
<i>Sistema di energizzazione</i>	<i>interno, con potenza massima output ± 600 V</i>					
<i>Filtro applicato</i>	<i>Su software in fase di editing</i>					
<i>Scarto max misura diretta/inversa</i>	<i>± 0.2%</i>					
<i>Programma utilizzato per elaborazione dati</i>	<i>RES 2d inv</i>					
<i>Allegati al presente documento</i>	<i>Sezioni interpretative 2D</i>					

MANGUSTA SYSTEM MC 24/144E

Multichannel Electrical Imaging Systems



	ID Documento Committente	Pagina 36 / 38
	CoD037_FV_BGR_00025	Numero Revisione
	MISURE DI CONDUCIBILITA' – RESISTIVITA' TERMICA – TOMOGRAFIA ELETTRICA	00

Indagine elettrica TOMO3

Il profilo geoelettrico denominato TOMO3 (L = 60.00 m), ha consentito, similmente ai profili TOMO1 e TOMO2, di investigare i terreni sino ad una profondità massima dal p.c. di circa 8.0 m (vedi sezione allegata sotto).

La configurazione geometrica ha previsto l'infissione di n. 24 elettrodi con interdistanza pari a 2.5 m.



Figura 11: Postazione TOMO 3

La sezione in esame ha mostrato dei valori di resistività variabili da 70 a circa 350 $\Omega*m$.

La sezione investigata evidenzia, per quasi tutta la lunghezza dello stendimento, una coltre superficiale con spessore variabile da 0,80 m a 2,00 metri e valori di resistività generalmente compresi tra 70 e 130 $\Omega*m$, indice di terreni in prevalenza coesivi saturi.

Al di sotto è stato individuato, nei tratti: da 0 a 22 m e da 38 sino al termine dello stendimento, un secondo elettro-strato, che si estende fino ad una profondità di indagine di circa 5-6 m, caratterizzato da valori di resistività compresi tra 200 e 280 $\Omega*m$ compatibile con terreni in prevalenza a granulometria granulare insatura. Nel settore centrale (22m-38m), il secondo elettro-strato presenta valori di resistività termica medi più elevati, oscillanti da 200 a 400 $\Omega*m$.

Al di sotto, per quasi tutta l'estensione dello stendimento, sino alla massima profondità d'indagine (8 metri da p.c.), la resistività elettrica inizia a diminuire arrivando a valori compresi tra 180 e 90 $\Omega*m$. Si tratta sempre di depositi in saturi.

Nota: per tutte le sezioni tomografiche (ma in particolare per la sezione TOMO3), le variazioni laterali del grado di conducibilità elettrica sono ascrivibili al diverso grado di saturazione e granulometria dei depositi.

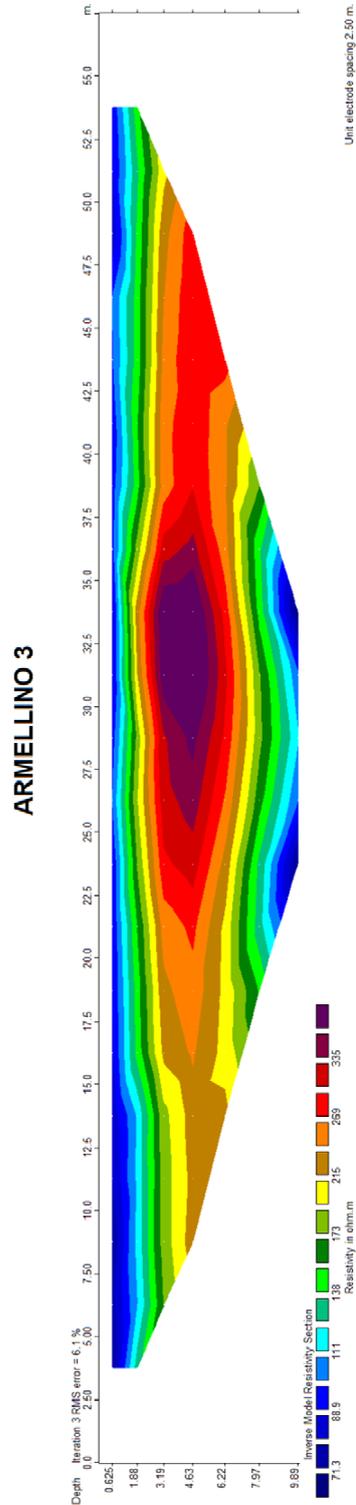


Figura 12: Sezione Tomografica (TOMO-03).

	ID Documento Committente	Pagina 38 / 38
	CoD037_FV_BGR_00025	Numero Revisione
	MISURE DI CONDUCIBILITA' – RESISTIVITA' TERMICA – TOMOGRAFIA ELETTRICA	00

Il Rappresentante Legale per Georeflex srl

Dott. Geol. Andrea Carpena

(iscrizione all'Albo dei Geologi della Regione Emilia Romagna: 636 dal 1992)



GEOREFLEX S.r.l.

Sede legale: Via Fioruzzi n. 15 - 29100 Piacenza (PC)
 Capitale sociale Euro 30.000,00 i.v.
 Reg. Imprese PC n° 0116440333 – REA 131568
 c.f. 01164400333
 p.IVA 01164400333