



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA



DIPARTIMENTO  
DI GEOSCIENZE

# **Analisi delle proprietà termiche del sottosuolo mediante indagini in situ**

Laureanda: Vincenzi Vittoria

Relatore: Antonio Galgaro

Sessione di laurea 20.Luglio.2023

# AREA STUDIO

- Complesso universitario **Fusinato** sitato in Via Marzolo
- Chiuso per problemi legati alla sicurezza, poi riconosciuto come bene culturale e oggi in ristrutturazione.



0.5 0.25 0 0.5 Km

1935



2023

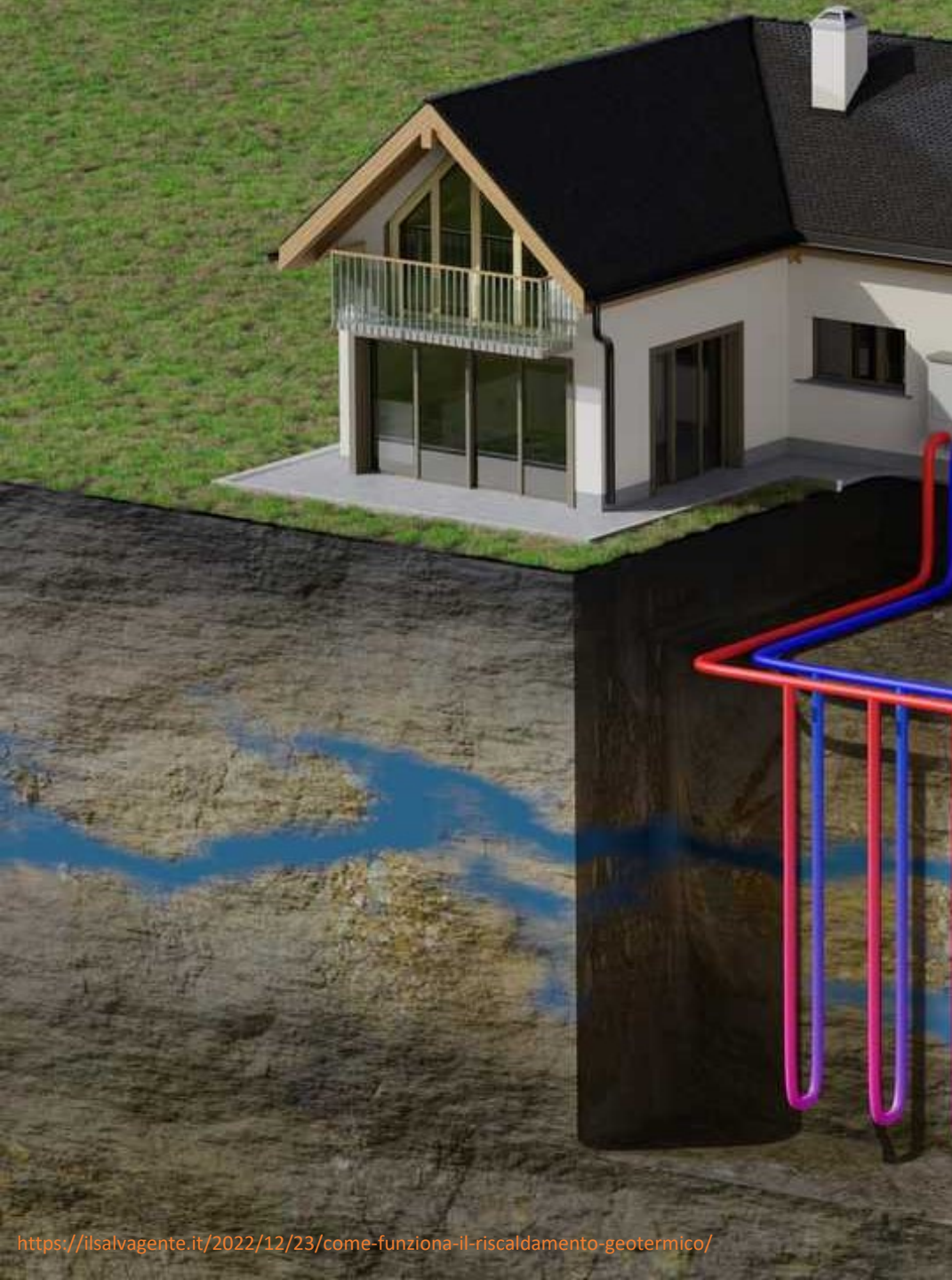


<https://www.fm-ingegneria.com/rinasclex-casa-dello-studente-a-fusinato-di-padova/?lang=it>

# INQUADRAMENTO GEOLOGICO

- Territorio di **bassa pianura**
- Litologia prevalente costituita da depositi periglaciali e fluvioglaciali caratterizzati da granulometria medio-fine di **sabbie** e **limi** intercalati da strati più fini di **argille**

Profondità (m)	Litologia prevalente	
0 – 4	Limo argilloso	
4 – 9	Sabbia grossolana	
9 – 19	Argilla e limo	
19 – 24	Sabbia fine	
24 – 30	Argilla e limo	
30 – 39	Sabbia fine	
39 – 45	Argilla	
45 – 50	Sabbia fine	
50 – 59	Sabbia media	
59 – 60	Argilla	
60 – 68	Sabbia fine	
68 – 99	Argilla	
99 – 108	Sabbia fine	
108 – 118	Argilla	
118 – 123	Ghiaino	
123 – 126	Ghiaino sabbioso	
126 – 139	Sabbia fine	
139 – 150	argilla	



# SCOPO DELLA TESI

- Indagare **caratteristiche termofisiche** del sottosuolo
- Confronto di due tecniche sperimentali: **TRT** e **DTS** con **utilizzo della FIBRA OTTICA**
- Determinazione di parametro per ottimizzare il dimensionamento di un impianto a **riscaldamento geotermico**
- Ottimizzare i **rendimenti energetici** e ridurre gli **impatti termici**

# STRUMENTAZIONE

- TRT (Thermal Respose Test) o GRT (Ground Response Test)
- DTS (Distributed Temperature Sensing) con fibra ottica



# TRT : componenti principali



- **TEST DI RISPOSTA TERMICA** è uno strumento versatile che ha lo scopo di misurare le proprietà termiche dello scambiatore geotermico installato in un determinato sottosuolo
- Fornisce **valori medi di conduttività** su tutta la lunghezza dello scambiatore
- La macchina è costituita da un circuito in cui scorre un **flusso d'acqua**
- Il flusso è riscaldato da **resistenze elettriche** contenute nel **serbatoio di accumulo**
- Il fluido è poi mosso dalla **pompa**
- Vengono poi misurate attraverso delle **sonde**: la temperatura di mandata (Tin) e ritorno (Tout) e la portata in volume dell'acqua

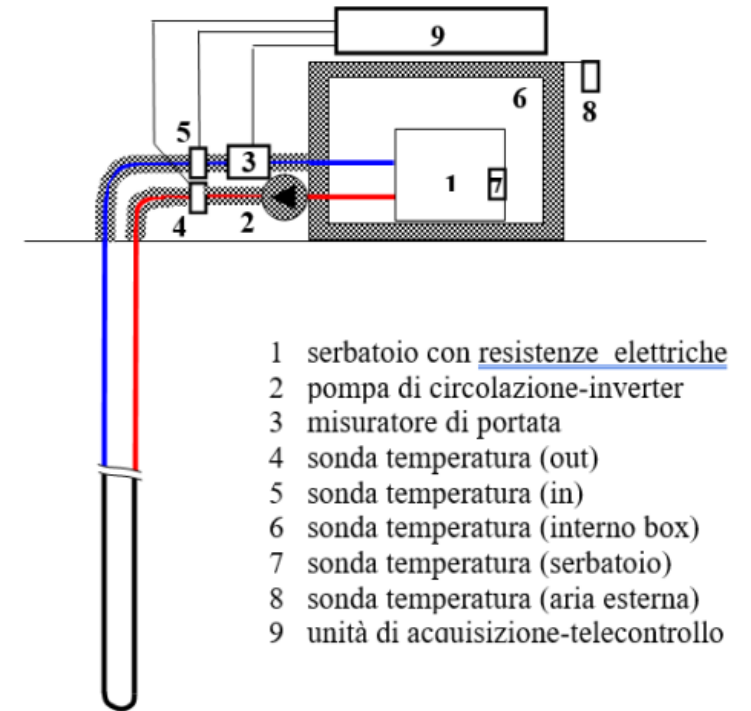


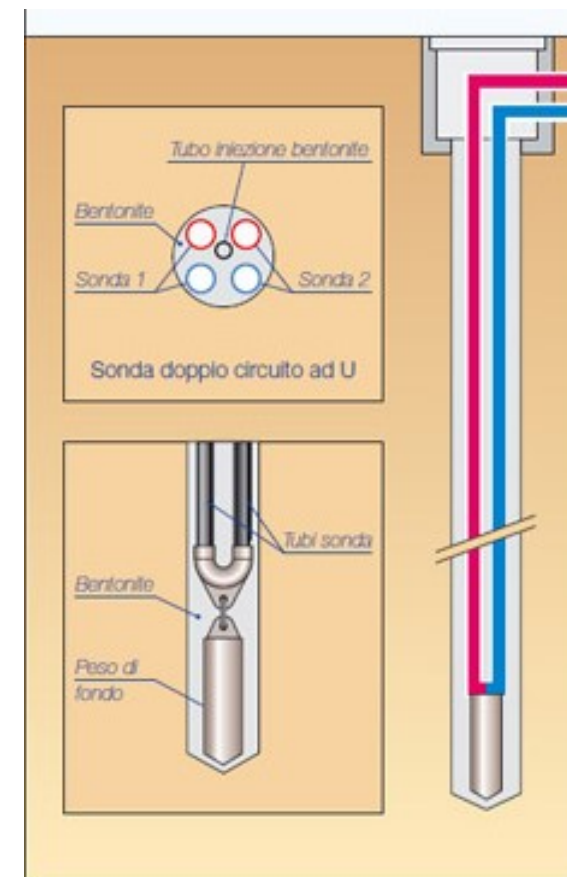
Figura 1: schema dell'apparato di misura

# TRT : esecuzione



Prova condotta con Sonda Geotermica verticale a **doppia RC 4x32mm con profondità di 100m**

1. Misura della **temperatura terreno indisturbato**
2. Misura della **temperatura media del fluido termovettore in funzione del tempo**, con un valore prefissato di potenza costante
3. Determinazione della **conducibilità termica dell'insieme**



# DTS (Distributed Temperature Sensing)

---

- Tecnica che permette di avere **misure** della conducibilità termica lungo **tutta la lunghezza del foro**
- Si basa su misure di temperatura utilizzando il **cavo a fibra ottica**
- Il tipo di prova è molto simile al metodo precedente
- Elevata risoluzione spaziale, temporale

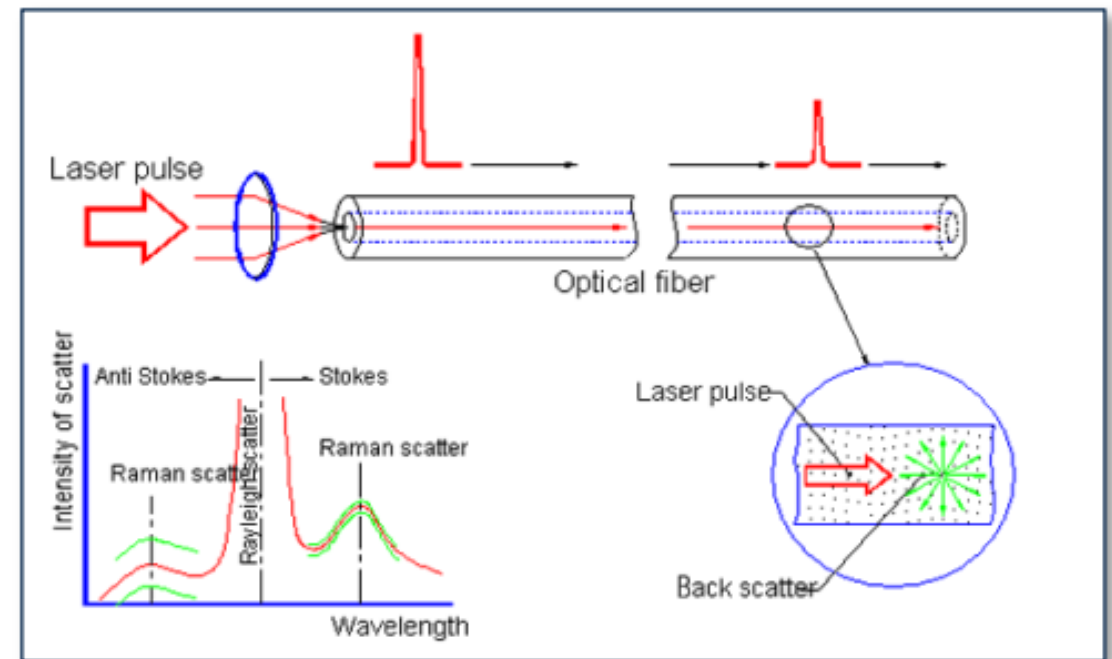




# Principio di funzionamento:

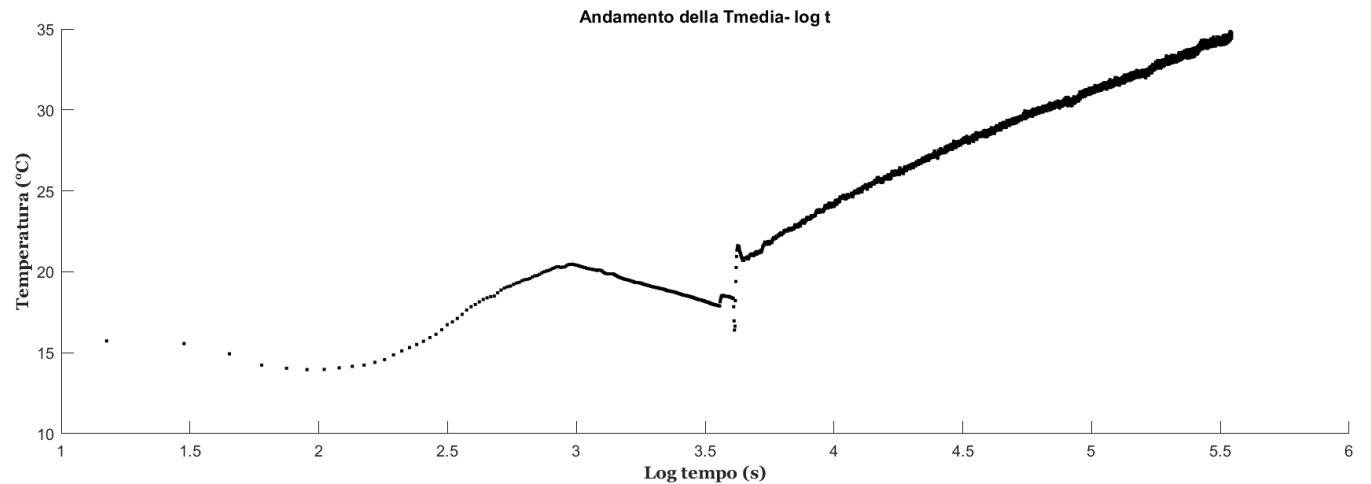
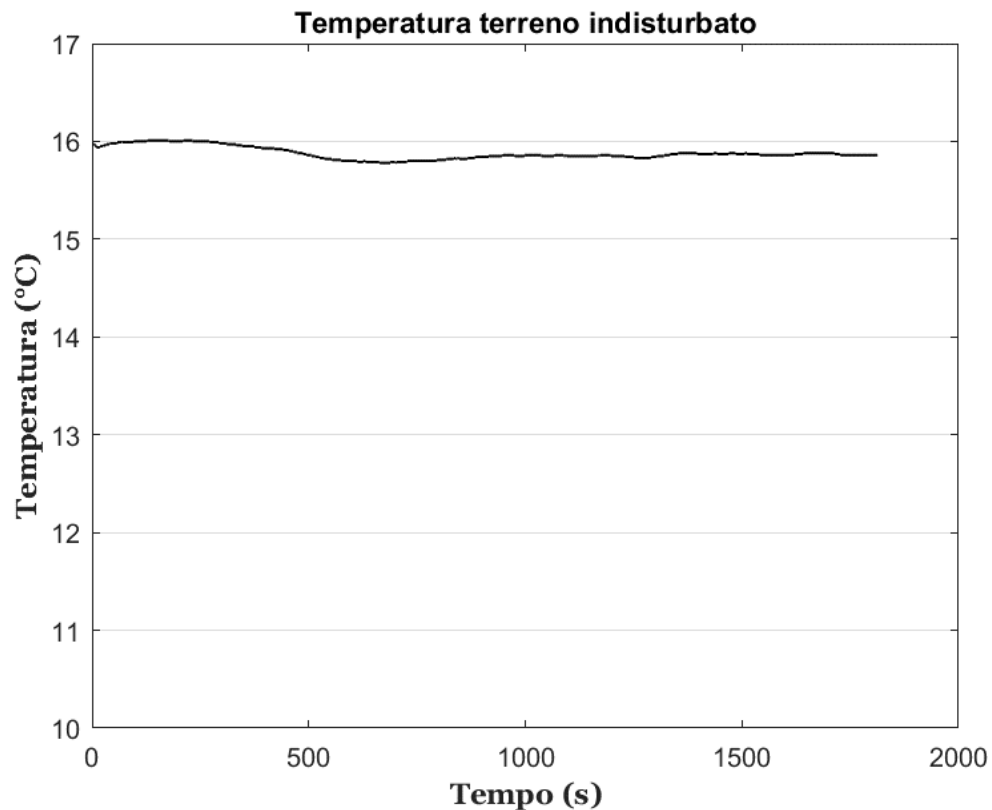


- Il principio di misura è basato sulla rilevazione della **retrodiffusione RAMAN** indotta da processi spontanei di scattering anelastico
- La luce di ritorno "retrodifusa" viene analizzata dal box della strumentazione per determinare la temperatura nel punto da cui ha avuto origine la retrodiffusione
- Il tempo di viaggio bidirezionale dal "lancio" dell'impulso luminoso al ritorno della luce retroilluminata determina la posizione della temperatura registrata lungo la fibra.
- Il continuo monitoraggio consente la determinazione di un profilo di temperatura
- Il profilo di temperatura è chiamato "**Distributed Temperature Survey**" o **DTS**



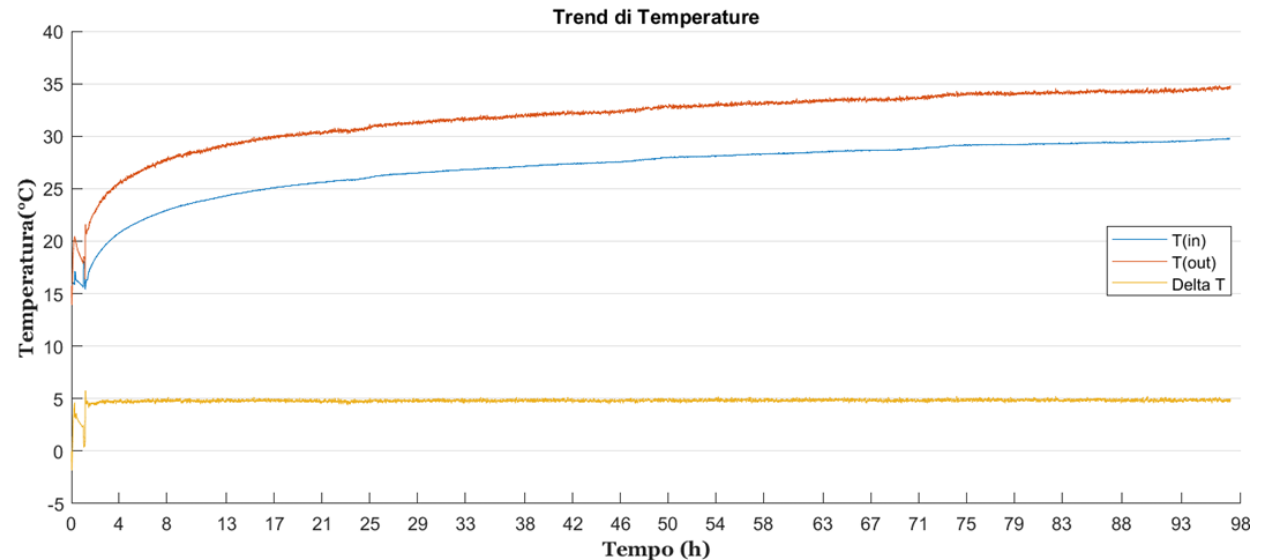
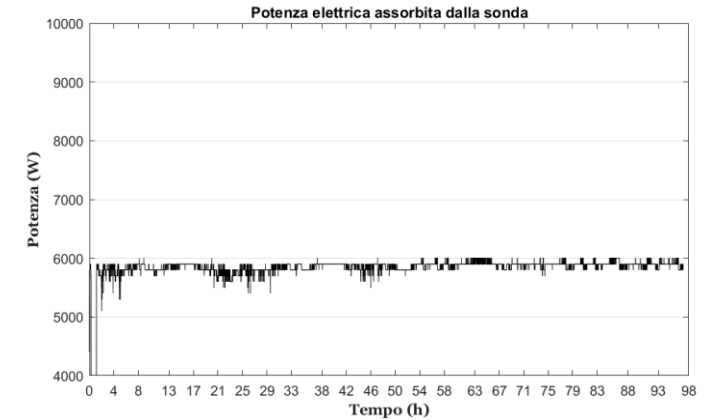
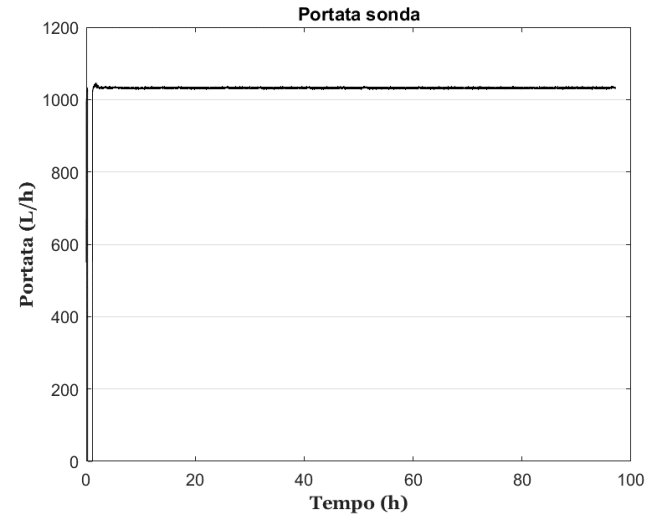
# Risultati TRT

- Misura del terreno indisturbato : **15,75 °C**
- Misura della **conducibilità termica** del terreno attraverso il modello di sorgente lineare
- $\lambda = \frac{\text{potenza}}{\text{lunghezza cavo} \times 4\pi \times \text{coefficiente angolare}}$
- Il coefficiente angolare è stato calcolato attraverso l'equazione :  **$y=2,74\ln(x)+22,01$**



# Risultati TRT

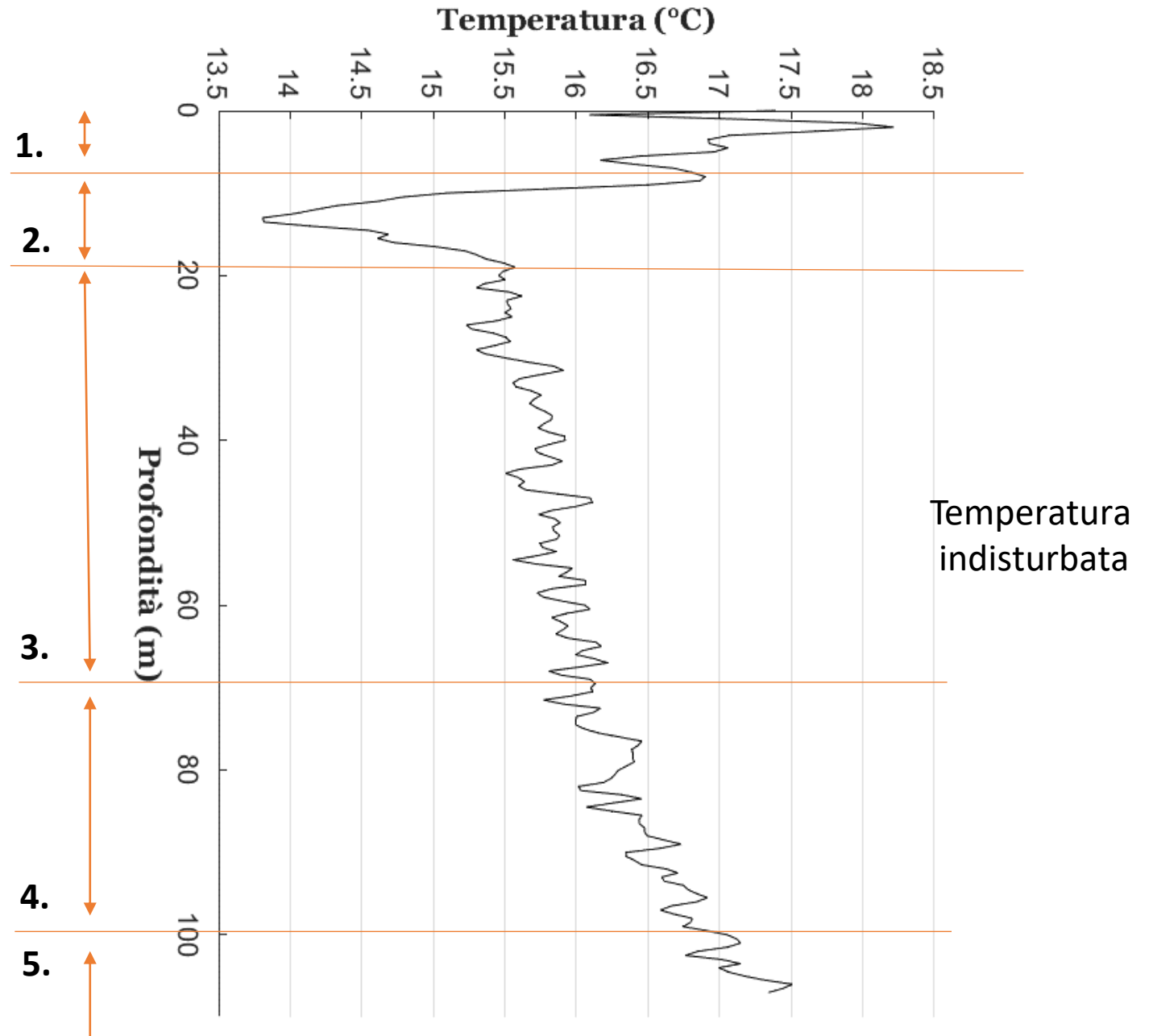
- Modalità di esecuzione previste dall'**ASHRAE** (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)
- Stabilità dei **parametri fondamentali**



# Risultati DTS

Suddiviso il grafico in 4 aree:

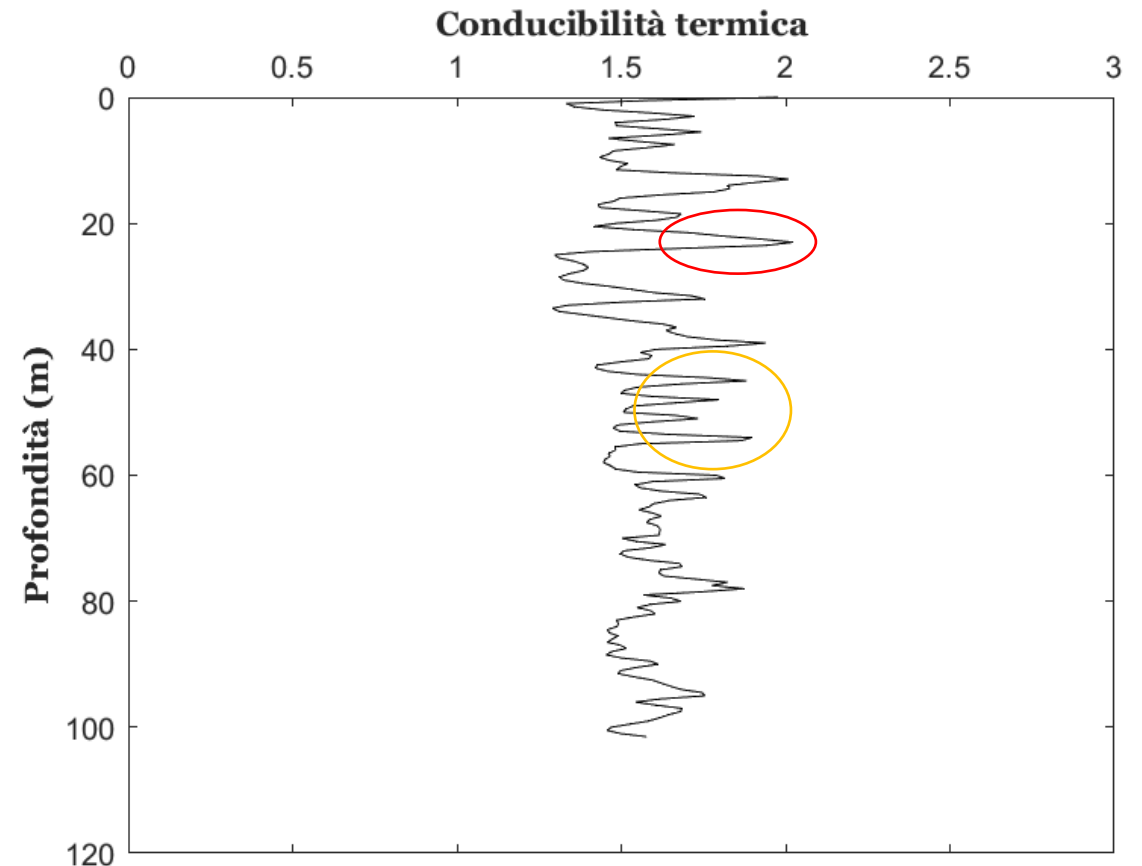
- T soggetta agli **effetti termici** della **superficie**, misura effettuata nel mese di **Maggio**
- T soggetta a variazione **stagionale**
- T aumenta con il **gradiente geotermico**
- Leggero incremento della T, per effetti di **cicli climatici secolari**
- T aumenta per presenza di **falda idrotermale**



# Risultati DTS

In relazione con la colonna stratigrafica si può vedere come la **conducibilità termica aumenti** all'interno di un sedimento in cui è presente l'**acqua** e in orizzonti con **litotipi più competenti**.

Profondità (m)	Litologia prevalente	
0 – 4	Limo argilloso	
4 – 9	Sabbia grossolana	
9 – 19	Argilla e limo	
→ 19 – 24	Sabbia fine	
24 – 30	Argilla e limo	
30 – 39	Sabbia fine	
39 – 45	Argilla	
→ 45 – 50	Sabbia fine	
50 – 59	Sabbia media	
59 – 60	Argilla	
60 – 68	Sabbia fine	
68 – 99	Argilla	
99 – 108	Sabbia fine	
108 – 118	Argilla	
118 – 123	Ghiaino	
123 – 126	Ghiaino sabbioso	
126 – 139	Sabbia fine	
139 – 150	argilla	



# CONCLUSIONI

---

Confrontando le due tecniche si può dire che i test di risposta termica distribuita hanno notevoli vantaggi rispetto ai test tradizionali in quanto:

- Permettono di avere valori di conducibilità e temperatura del terreno lungo tutta la lunghezza della sonda
- Elevata **precisione**
- **Sensibilità** di orizzonti con presenza d'**acqua**
- È possibile effettuare la misura in qualsiasi momento



# BIBLIOGRAFIA

---

- Soldo, Vladimir, et al. "Comparison of Different Methods for Ground Thermal Properties Determination in a Clastic Sedimentary Environment." *Geothermics*, vol. 61, 2016, pp. 1–11, <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2015.12.010>
- Dalla Santa G., et al. Repeated ETRTs in a Complex Stratified Geological Setting: High-Resolution Thermal Conductivity Identification by Multiple Linear Regression. 2022.
- Galgaro, Antonio, et al. Soil thermal conductivity from early TRT logs using an active hybrid optic fibre system. 2018, <https://doi.org/10.22488/okstate.18.000023>
- Dott. Geol. Luca Basso, Indagine idrogeologica e test di pompaggio su pozzo pilota finalizzata alla ricerca d'acqua a servizio nuovo centro congressi di padovafiore, 2015
- Di Sipio E, Chiesa S, Destro E, Galgaro A, Giaretta A, Gola G, Manzella A (2013) Rock thermal conductivity as key parameter for geothermal numerical models. *Energy Procedia* 40:87–94. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2013.08.011>
- Galgaro A. , Test di risposta termica in sito con fibra ottica attiva (dts-dtrt) e analisi di conduttività termica su campioni incoerenti e litici di sottosuolo, 2021.
- <https://www.fm-ingegneria.com/rinasce-lex-casa-dello-studente-a-fusinato-di-padova/?lang=it>
- <https://ilbolive.unipd.it/it/news/nuova-vita-casa-studente-fusinato-finanziato>
- <https://www.geologitoscana.it/uplrivista/87-il-geologo-toscana-n-111-aprile-2020-web-ok.pdf>
- <https://it.depositphotos.com/stock-photos/geotermia.html?filter=all>
- [http://www.elenews.com/EN\\_DC\\_pdf/EN\\_DTS-IT.pdf](http://www.elenews.com/EN_DC_pdf/EN_DTS-IT.pdf)



GRAZIE PER L'ATTENZIONE