Il campo sperimentale geotermico ENEA: esperienza e risultati

Simona De Iuliis, Anna Carmela Violante, Girolamo Di Francia

ENEA – Dipartimento Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili

Comunità Energetiche Termiche e Geotermia a bassa profondità - L'esperienza Europea
Opportunità di sviluppo per il territorio e di risparmio per la Collettività

Napoli, 4 dicembre 2025

European Geothermal Energy Council - EGEC "Geothermal Market Report 2024"

- **3 nuovi impianti geotermici elettrici** (1 Austria, 2 Turchia) → +40 MWe
  - 147 impianti geotermici elettrici operativi e 50 in fase di sviluppo
- **Settore District Heating & Cooling (DHC) ha registrato una crescita costante**: 10 nuovi sistemi (3 PL, 2 UK, 1 FR, 1 GR, 1 RO, 1 ES, 1 NL)
  - 412 impianti DHC operativi e 500 in fase di viluppo
- **Vendite di pompe di calore geotermiche (GHP) in calo**
- **Underground thermal energy storage (UTES) ancora in fase iniziale ma in crescita**
- **2024 anno record per campagne di esplorazione** (17 indagini contro le 10 del 2023)
  - Negli ultimi due anni si è registrata una crescita costante del numero e dell'estensione delle attività di esplorazione
  - Nella prima metà del 2025 sono state avviate almeno 10 campagne sismiche 3D, con ulteriori indagini annunciate per il resto dell'anno, a conferma di un trend in espansione

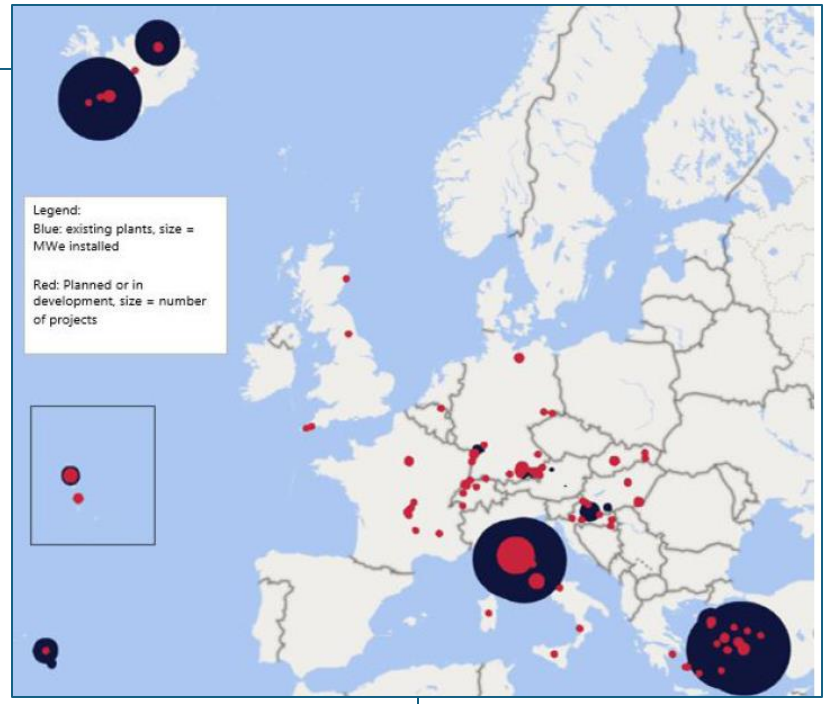
Attesa per il **Geothermal Action Plan** dell'UE (Q1 2026)

Napoli, 4 dicembre 2025

Geothermal Power

EGEC "Geothermal Market Report 2024"

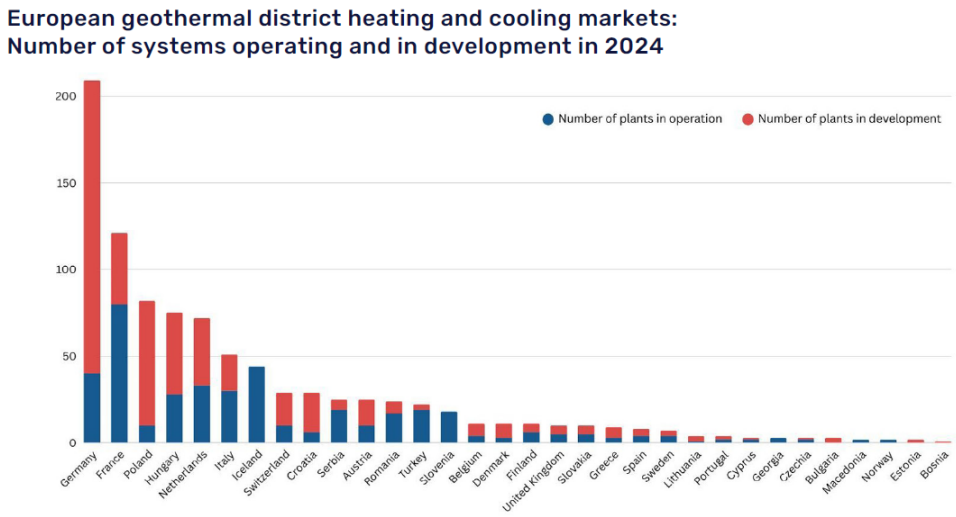
- Capacità installata Europa >3.5 GWe (1 GWe UE)
- Produzione 2024: 20 TWh (7 TWh UE)
- 2024: aggiunti 40 MWe (Austria e Turchia)
- 147 impianti operativi in Europa
- **Outlook al 2030**
  - 50 impianti in fase di sviluppo
  - 193 impianti in fase di studio (HR, FR, DE, HU, IT, TR)
  - Germania: 17 in fase di sviluppo, 18 in fase preliminare
  - Turchia: 7 in fase di sviluppo, 10 in investigazione



Joint Research Centre – JRC "Geothermal Energy in the European Union - 2025 Status Report"

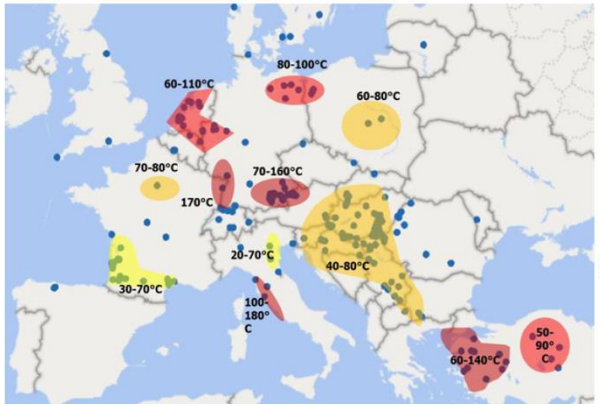
- Capacità elettrica UE: 0.9 GWe (871 MW)
- Produzione UE 2023: 6.2 TWh
- Progetti in sviluppo (solo UE): 40
- >100 progetti in investigazione (solo UE)
- Italia = ~90% della capacità UE

EGEC
Geothermal District Heating & Cooling (DHC)



A fine 2024

- Nel 2024: 10 nuovi impianti DHC (3 PL, 2 UK, 1 FR, 1 GR, 1 RO, 1 ES, 1 NL)
- Totale impianti operativi: 412, di cui 308 nell'UE
- Progetti in sviluppo: >500.
- Nuova capacità installata 2024: +110 MWth.
- Capacità totale 2024: > 6 GWth in 29 Paesi.



Outlook al 2030

- ~ 500 sistemi DHC in sviluppo in 27 Paesi → possibile raddoppio entro il 2030
- Germania ~170 progetti
- Polonia 72, Ungheria 47, Francia 41, Paesi Bassi 39

Napoli, 4 dicembre 2025

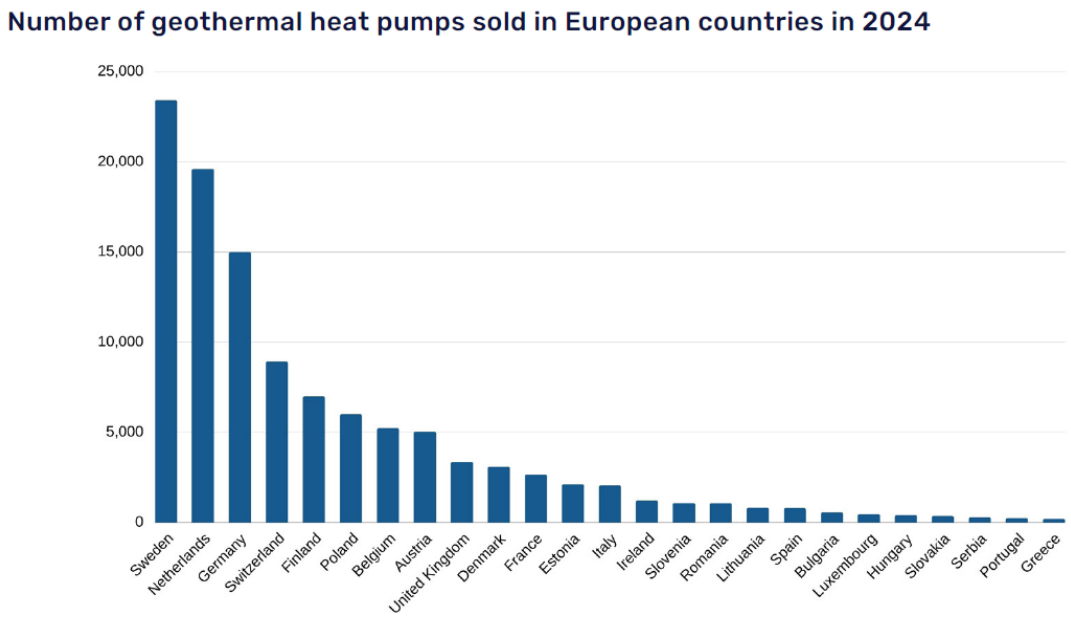
Ordine Dei Geologi Della Campania

Graded TEON Energia dalla Terra

Ordine Ingegneri Napoli

Comune di Napoli

EGEC - Geothermal Heat Pumps (GHPs)



- Vendite UE 2024: **111.000 unità → – 29% rispetto al 2023**
- Europa 2024: **2.43 milioni di GHP** operative
- **Capacità totale: 37.6 GWth**
- **Produzione termica 2024: 85 TWh**
- Vita utile: **sonde >100 anni**, PdC ogni 20–25 anni
- Mancanza di un quadro regolatorio e policy

Napoli, 4 dicembre 2025

EGEC - Underground thermal energy storage (UTES)

- **Borehole Thermal Energy Storage (BTES):** tecnologia dominante, **Aquifer Thermal Energy Storage (ATES):** tecnologia in espansione (Paesi Bassi)

Amsterdam's Schiphol airport in the Netherlands is installing a heating and cooling system using Aquifer Thermal Energy Storage (ATES) technology

Amsterdam Schiphol Airport
(source: Schiphol Airport)

- **UTES = chiave per flessibilità di rete e gestione domanda/offerta**

Progetto Tromsø (Norvegia): UTES ad alta temperatura:
- iniezione **140°C**, ritorno **65–100°C**
- **11 pozzi a 300 m**
- capacità: **20 GWh stoccata**
- **>10 GWh recuperata**

EGEC - Exploration and drilling markets

Esplorazione

- 2024 = **record con > 17 campagne sismiche 3D**
- Almeno 10 nuove campagne iniziate nel 2025
- Trasferimento tecnologie da Oil&Gas

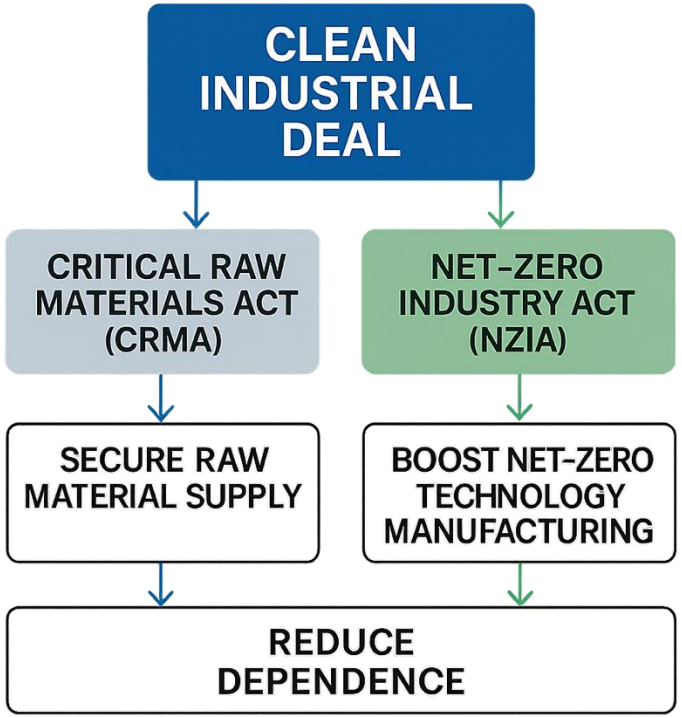
Perforazione

- 230 nuove perforazioni **entro fine 2026**
- Circa **120 pozzi esplorativi** entro fine 2027

Necessità: iter autorizzativi più rapidi!

Di cosa abbiamo bisogno?

- Quadro finanziario, regolatorio e politico favorevole
- Procedure autorizzative più semplici
- Geothermal Action Plan dell'UE (Q1 2026)
- Conoscenza e consapevolezza
- Pianificazione adeguata
- Progettazione efficace
- Competenza
- Monitoraggio
- Digitalizzazione
- Governance multilivello condivisa



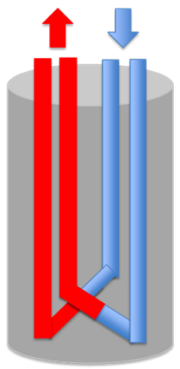
Ordine Dei Geologi Della Campania
Graded TEON Energia dalla Terra
Ordine Ingegneri Napoli
Comune di Napoli

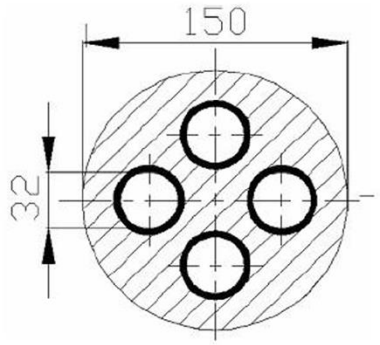
Napoli, 4 dicembre 2025

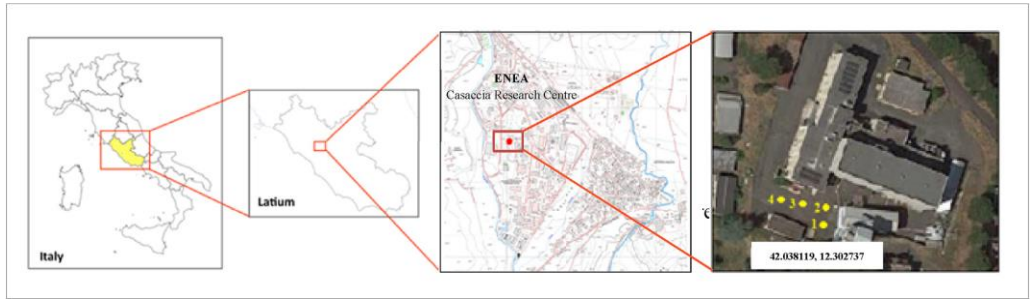
CAMPO GEOSONDE: primo **IMPIANTO PILOTA**, di proprietà **ENEA**, che sfrutta la «**Geotermia a bassa entalpia**»

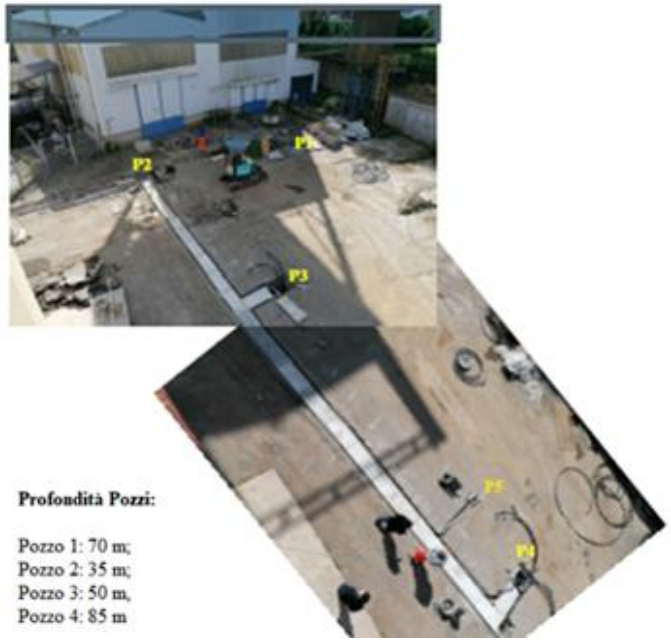
CIRCUITO CHIUSO di sonde geotermiche ad andamento **verticale**, configurazione "**double U".**

Stima del potenziale geotermico per la **produzione e lo stoccaggio** di energia termica rinnovabile destinata alla **climatizzazione sostenibile** degli ambienti.









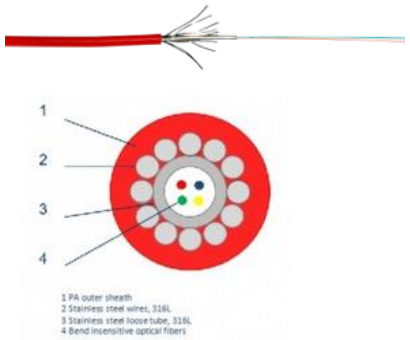
Highlights

- Caratterizzazione **geo-litologica** e analisi della **risposta termica** dei litotipi,
- Valutazione delle **prestazioni energetiche** e del potenziale di **storage termico geologico,**
- **Influenza della falda acquifera** sull'accumulo termico.
- Integrazione fonte **solare** - **geotermica**

Napoli, 4 dicembre 2025

Ordine Dei Geologi Della Campania · Graded · TEON Energia dalla Terra · Ordine Ingegneri Napoli · Comune di Napoli

Sensori in fibra ottica DTS (Distributed Temperatures Sensor)



MISURAZIONI TERMOMETRICHE:
lungo la verticale di ogni pozzo, ogni 2 metri

Napoli, 4 dicembre 2025

Ordine Dei Geologi Della Campania

Graded TEON Energia dalla Terra

Ordine Ingegneri Napoli

Comune di Napoli

SONDAGGIO GEOGNOSTICO (Pozzo 1, Profondità 100 m dal p.c.)

Servizi Tecnici per l'ingegneria & l'ambiente

ENEA - Centro Ricerche
Casaccia (RM)

SONDAGGIO **POZZO 1**

PROJECT INFORMATION		DRILLING INFORMATION	
PROGETTO	Campo Geotermico	MACCHINA	Beretta
LOCALITA'	ENEA - Centro Ricerche	METODO	Carotaggio continuo
LAVORO	125-24-2021	DIAMETRO	101 mm
GEOLOGO	Geol. A. FABRIZI	PROF. TOTALE	100 m
IMPRESA	PERFOR SRL	QUOTA	147 m s.l.m.
DATA	15-02-2021		

NOTE: Materiale in 20 cassette catalog.

▮ Campione indisturbato ▫ Campione rimaneggiato
▼ Livello freatico

Pag. 1 di 3

Prof. s.l.m.	Litologia	DESCRIZIONE	Piezometro	Falda
147 – 113		(147.00 - 146.50) Asfalto e riempimento costituito da massetto in cemento. (146.50 - 137.00) Tufo terroso da marrone a marrone chiaro a diversa granulometria al tetto mediamente grossolana passante a fine verso la base. Diffusi inclusi litici da 0.5 a 1.5 cm di diametro, presenza di leucite analcimizzata, quindi presenza di alterazione diffusa per argillificazione. Rari piccoli livelli cementati. (137.00 - 130.00) Tufo terroso di granulometria grossolana marrone intenso con interno pomici giallastre a granulometria grossolana con inclusi lapidei mediamente coerente. Frequenti scorie nere carboniose presenza di argillificazione. (130.00 - 125.00) Piroclastite granulare nerastra, con lapilli e rare bombe laviche (18.80-19.00) in matrice di cenere grossolana alla profondità di 20.00 m aumento della granulometria e lapilli e blocchi litiicon cristalli di leucite. (125.00 - 124.50) Livello litoide di pozzolane cementate verdastre con inclusi leucitici. Probabile livello oggetto di cementazione per idrotermalismo?? (124.50 - 113.50) Lave leucitiche grigie a frattura concoide, con cristalli trasluciti di leucite. La parte sommitale si presenta maggiormente fratturata con evidenti depositi al Ferro e Manganese e concrezioni di cristalli di sale per evidente circolazione di acque. Alla profondità di circa 29.00 m risulta molto più compatta e con minor fratturazione. Piccoli livelli intermedi piroclastici con granulometria media di colore marrone tra 23.50-23.70 e 25.50-25.70. (113.50 - 110.50)		

PROJECT INFORMATION		DRILLING INFORMATION	
PROGETTO	Campo Geotermico	MACCHINA	Beretta
LOCALITA'	ENEA - Centro Ricerche	METODO	Carotaggio continuo
LAVORO	125-24-2021	DIAMETRO	101 mm
GEOLOGO	Geol. A. FABRIZI	PROF. TOTALE	100 m
IMPRESA	PERFOR SRL	QUOTA	147 m s.l.m.
DATA	15-02-2021		

NOTE: Materiale in 20 cassette catalog.

▮ Campione indisturbato ▫ Campione rimaneggiato
▼ Livello freatico

Pag. 1 di 3

Prof. s.l.m.	Litologia	DESCRIZIONE	Piezometro	Falda
112 – 79		Pozzolane di colore marrone scuro molto grossolane a fini con lapilli e piccoli livelli di 0.5-1 cm litoidi nerastri. (110.50 - 104.00) Tufi granulari da grigio a verdastri argillificati. (104.00 - 95.20) Tufi rossastri ricchi di minerali femici e lapilli (95.20 - 92.00) Tufi di colore marrone scuro con lapilli e scorie presenza di bombe vulcaniche. (92.00 - 76.00) Tufo rosso a scorie Nere		

PROJECT INFORMATION		DRILLING INFORMATION	
PROGETTO	Campo Geotermico	MACCHINA	Beretta
LOCALITA'	ENEA - Centro Ricerche	METODO	Carotaggio continuo
LAVORO	125-24-2021	DIAMETRO	101 mm
GEOLOGO	Geol. A. FABRIZI	PROF. TOTALE	100 m
IMPRESA	PERFOR SRL	QUOTA	147 m s.l.m.
DATA	15-02-2021		

NOTE: Materiale in 20 cassette catalog.

▮ Campione indisturbato ▫ Campione rimaneggiato
▼ Livello freatico

Pag. 1 di 3

Prof. s.l.m.	Litologia	DESCRIZIONE	Piezometro	Falda
78 – 47		(76.00 - 64.50) Tufi Varicolori di Sacrofano grossolani, con colori variabili da rossastri a marrone chiaro. Presenza di piccole pomici giallastre. (64.50 - 53.50) Limi sabbiosi mediamente grossolani ma omogenei di colore avana-marroni con fiamme ocra. Origine continentale mediamente addensati. a 92.60 passaggio con granulometria decrescente verso le argille plio-pleistoceniche grigie di origine marina. I limi sfumano verso le argille con una sequenza quasi lineare. (53.50 - 47.00) Argille plio-pleistoceniche grigio verdastre omogenee e plastiche. livello organico vegetale nerastro tra 95.30 e 95.60		

Napoli, 4 dicembre 2025

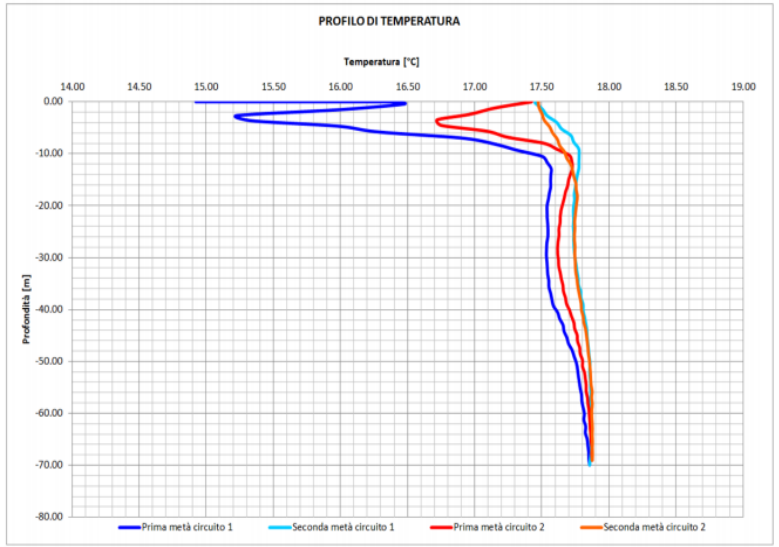
Ordine Dei Geologi Della Campania

Graded TEON Energia dalla Terra

Ordine Ingegneri Napoli

Comune di Napoli

Ground Response Test (GRT)

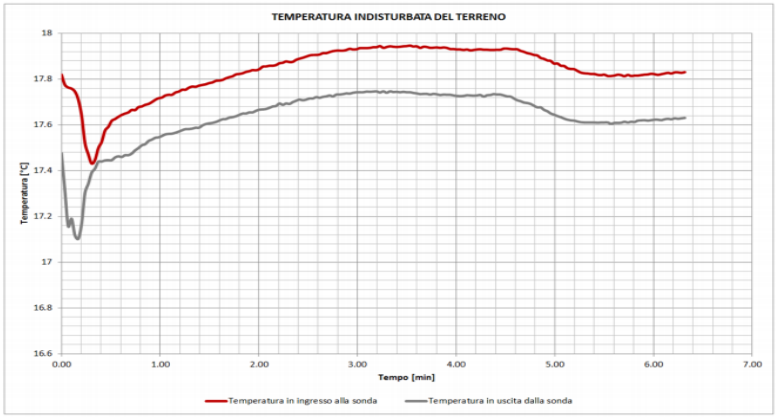


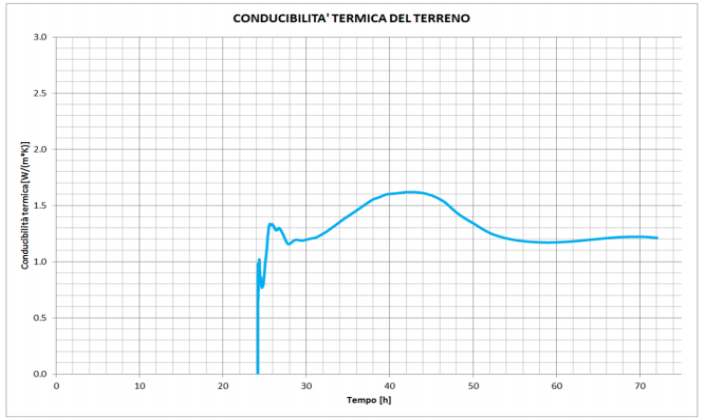
Profilo di temperatura

Durata totale della prova:	8.0 min
Tempo di campionamento:	2 s
Risultati circuito 1:	
Temperatura media discesa	17.39 °C
Temperatura media totale	17.58 °C
Risultati circuito 2:	
Temperatura media discesa	17.65 °C
Temperatura media totale	17.71 °C

$$T_m = 17{,}67\ °C$$

$$\lambda_m = 1{,}21\ \frac{W}{mK}$$





Napoli, 4 dicembre 2025

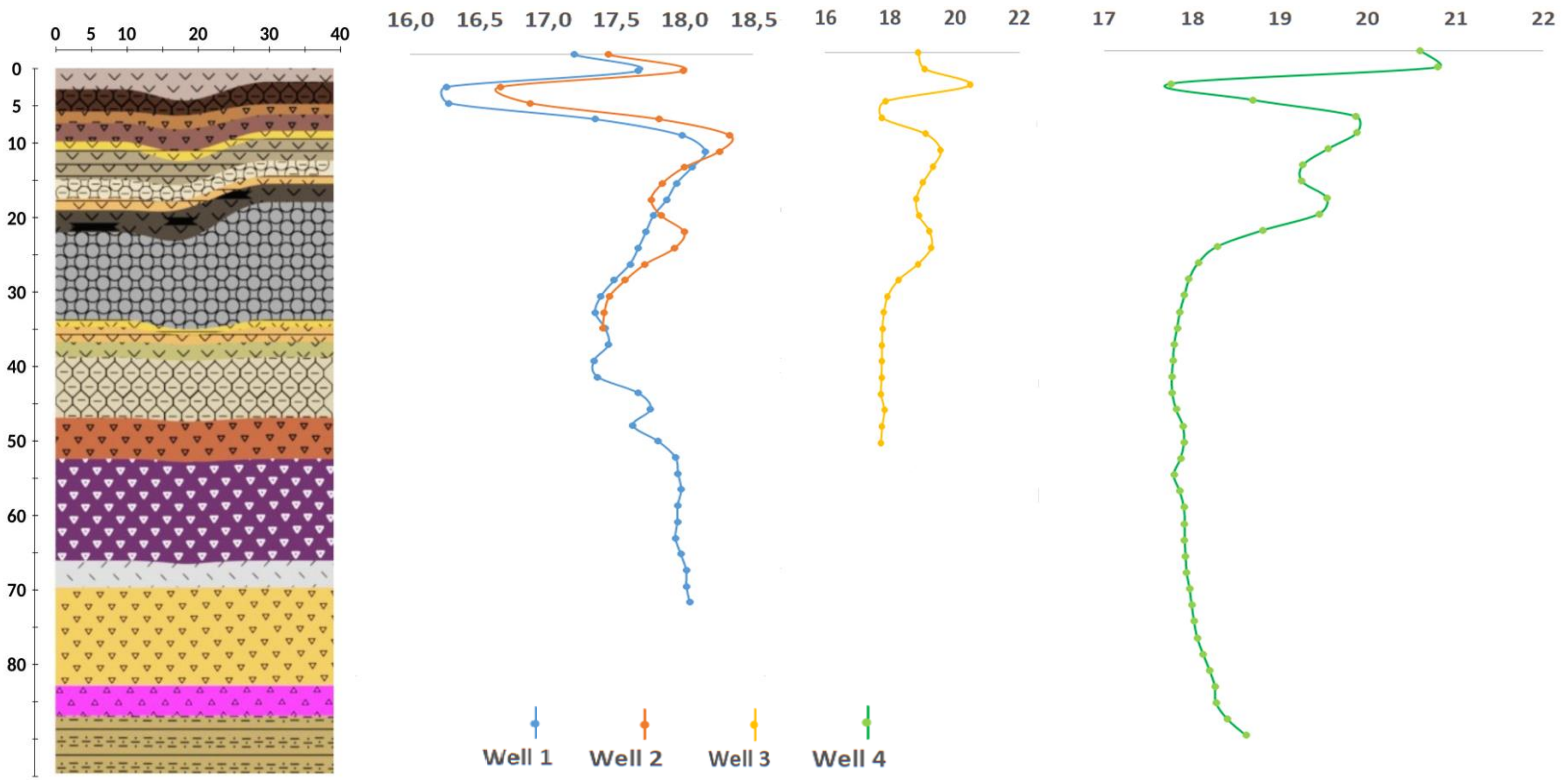
Ordine Dei Geologi Della Campania

Graded TEON ENERGIA DALLA TERRA

Ordine Ingegneri Napoli

Comune di Napoli

Correlazione termico – stratigrafica



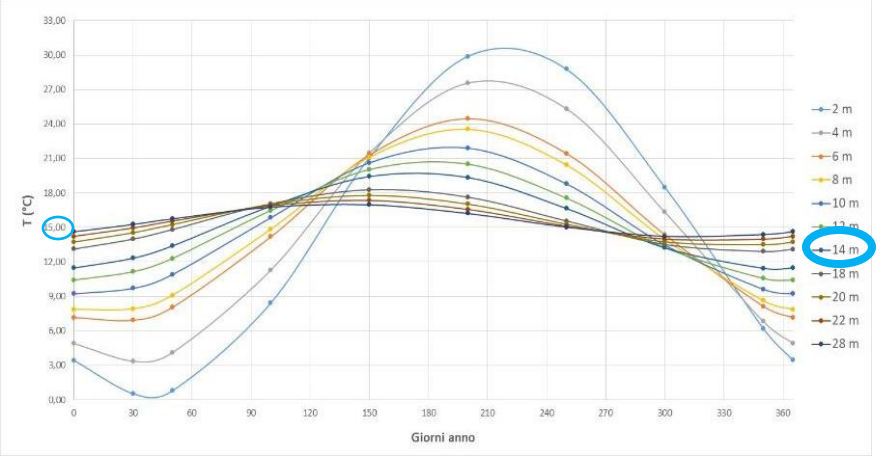
Napoli, 4 dicembre 2025

Temperatura del terreno (Tg) calcolata

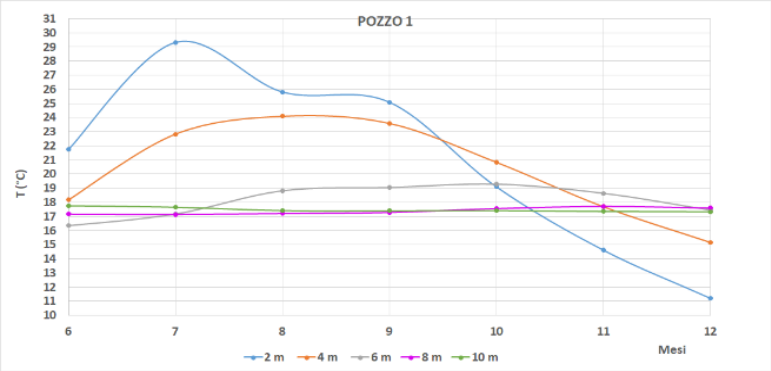
Temperatura media annuale	15,60
Ampiezza oscillazione $A_{\theta s}$	18,81
Giorno più freddo dell'anno 2021	14-feb
Giorno più caldo dell'anno 2021	12-ago

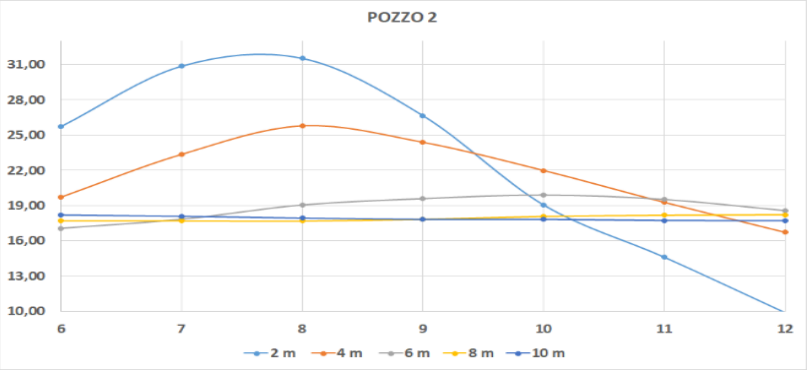
$$\theta_g(d,t) = \theta_M - A_{\theta s} * \mathrm{Exp}\left[-d * \left(\frac{\pi}{T*\alpha}\right)^{1/2}\right] \cos\left[\frac{2\pi}{T}\left(t - T_0 - \frac{d}{2}\left(\frac{T}{\pi*\alpha}\right)^{1/2}\right)\right]$$

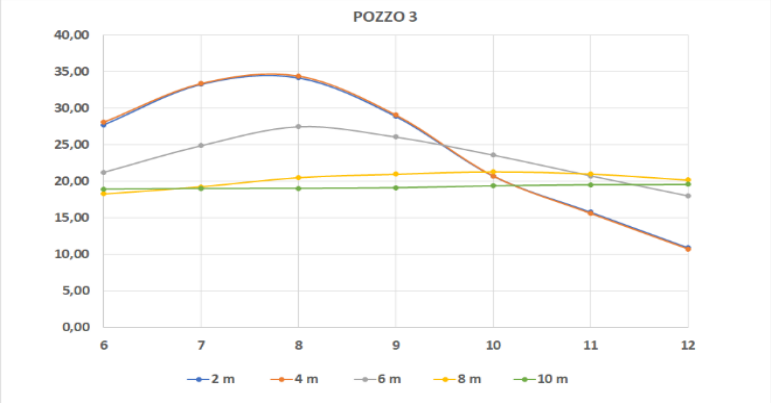
$\alpha = [\frac{\lambda}{Cv}]$= diffusività (0,04 m²/giorno) $C_v = 2{,}6 * 10^6\ MJ/m^3K$ $\lambda_m = 1{,}21\frac{W}{mK}$

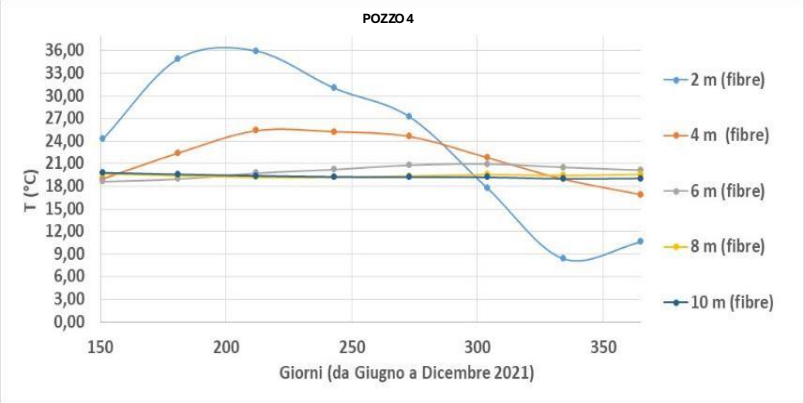


Temperatura del terreno misurata nei quattro pozzi dalle fibre ottiche (Giugno – Dicembre 2021)









Napoli, 4 dicembre 2025

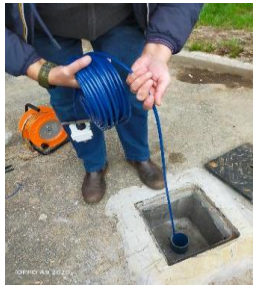
Ordine Dei Geologi Della Campania

Graded TEON Energia dalla Terra

Ordine Ingegneri Napoli

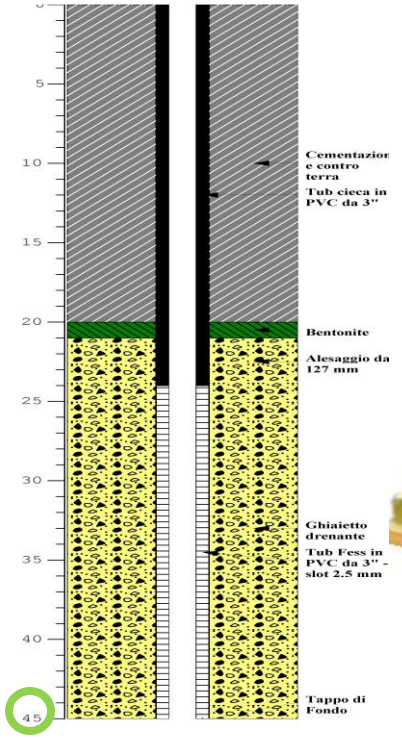
Comune di Napoli

Realizzazione Piezometri – Sondaggi Geognostici (fino a 45 m dal p.c.)
Sensore di livello e di temperatura (Datalogger SIM STRUMENTI - modello LV615-RL)



Piezometro	Coordinata E (m)	Coordinata N (m)	Quota topografica (m s.l.m.)	Quota piezometrica (m s.l.m.)	Soggiacenza (m)
PZ1	276733	4657621	≈ 147	≈ 121,70	25,30
PZ2	276744	4657526	≈ 148	≈ 121,79	26,21

Gradiente idraulico: 9 mm ogni 100 m



Napoli, 4 dicembre 2025

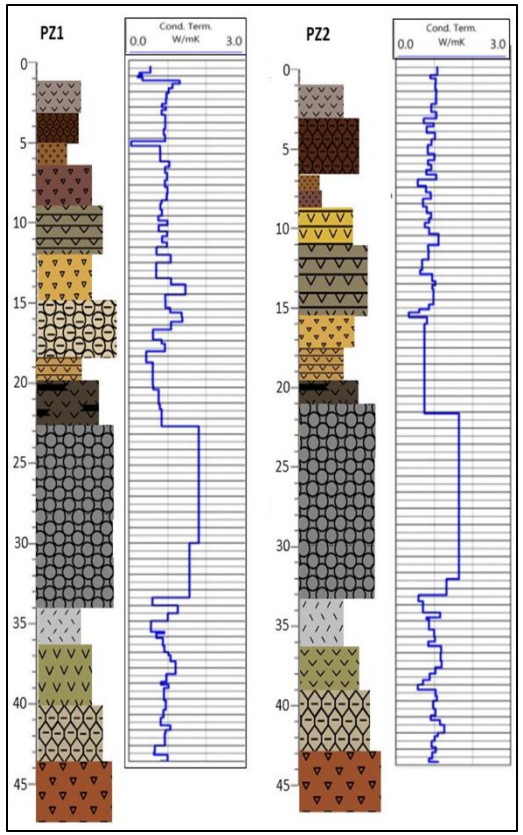
Ordine Dei Geologi Della Campania

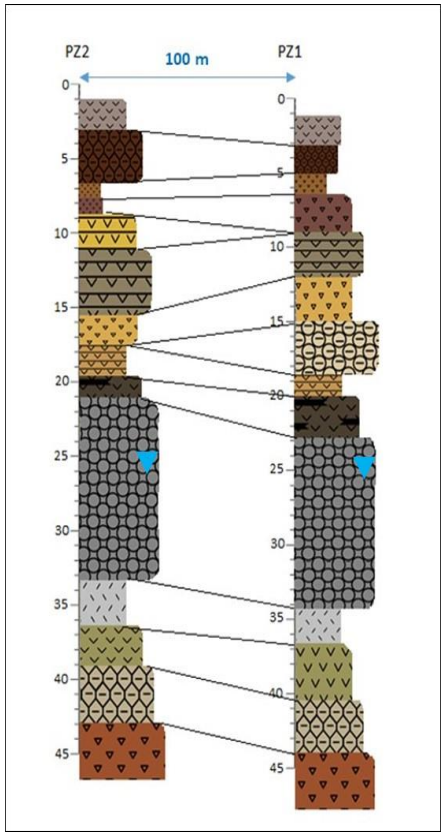
Graded TEON Energia dalla Terra

Ordine Ingegneri Napoli

Comune di Napoli

- Misure in situ della conducibilità termica sui campioni dei sondaggi PZ1 e PZ2
Misuratore portatile ad ago *Transient Line Source* TLS-100 (Thermtest)
- Correlazione litostratigrafica PZ1-PZ2





Napoli, 4 dicembre 2025

Ordine Dei Geologi Della Campania

Graded TEON ENERGIA DALLA TERRA

Ordine degli Ingegneri Napoli

COMUNE DI NAPOLI

Misure di laboratorio sui campioni del sondaggio geognostico S1

Misure in situ – PZ1 – PZ2

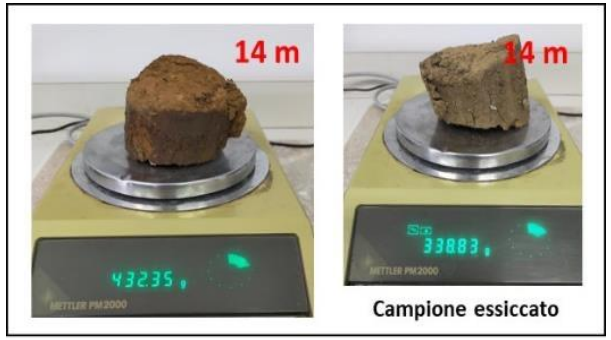
- Misura dell'altezza del provino;
- Diametro noto = 8 cm

$$V = \pi r^2 h$$

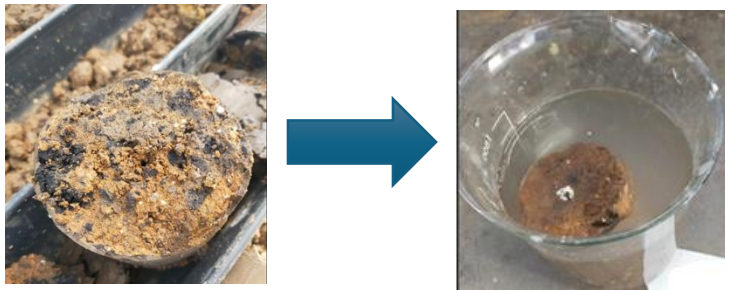
- Misura della massa del provino;
- Volume calcolato

$$\rho = \frac{m}{V}$$

SOPRA - FALDA



SOTTO - FALDA



	Media densità (kg/m³)	Media cp (J/Kg*K)
Ignimbrite	1979	1113
Tufo marrone scuro a granulometria fine con argillificazione	1934	1140
Tufo sabbioso con presenza di inclusi litici	1776	1242
Tufo marrone chiaro a granulometria fine con argillificazione	1845	1200
Tufo sabbioso molto chiaro	1742	1263
Tufo marrone sabbioso con inclusi scoriacei grigio scuri. Assenza di litici	1854	1188
Piroclastite	2145	1027
Tufo sabbioso argillificato	1864	1180
Tufo sabbioso argillificato marrone scuro	2501	880

	Media densità (kg/m³)	Media cp (J/Kg*K)
Tufo a granulometria variabile fino alla sabbia grossolana, con matrice anche argillosa e presenza di litici eterometrici (bombette)	2256	985
Lave	2689	931
Tufo terroso sabbioso marrone, che passa a pozzolana a matrice sabbiosa grigio scura	2206	1003
Pozzolana sabbiosa di colore marroncino-verdastra con aumento della componente argillosa	2155	1025
Tufo da marrone a ocra, a matrice sabbiosa, scarsi inclusi e debolmente argillificato. Alla base granulometria più fine	1807	1224
Tufi a componente sabbiosa di colore marrone rossastro. Inclusi eterogenei, a granulometria variabile	1808	1223
Tufo rosso a scorie nere	1597	1378
Tufo sabbioso argilloso	1600	1375
Tufo avana chiaro con pomici grigio scure	-	-
Tufi di Sacrofano	1664	1322
Limi sabbiosi	1767	1245

Capacità termica volumica

$C_v = 2{,}2 * 10^6\ J/m^3K$ Rocce magmatiche fratturate e non

$C_v = 2{,}5 * 10^6\ J/m^3K$ Lave

CALORE SPECIFICO

$$C_p = J/kg * K$$

Napoli, 4 dicembre 2025

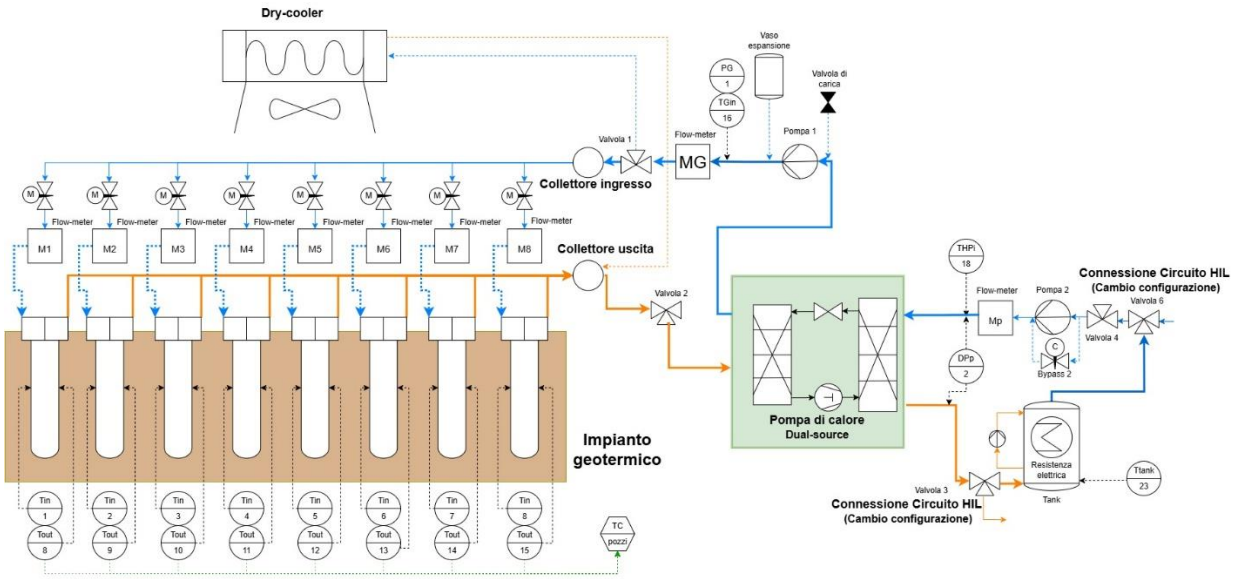
Ordine Dei Geologi Della Campania

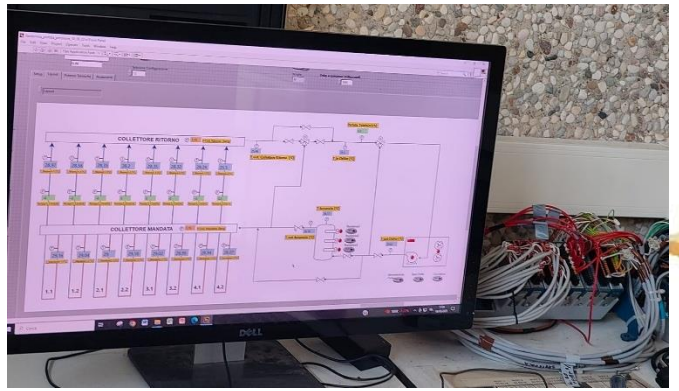
Graded TEON ENERGIA DALLA TERRA

Ordine Ingegneri Napoli

Comune di Napoli

Schema di impianto





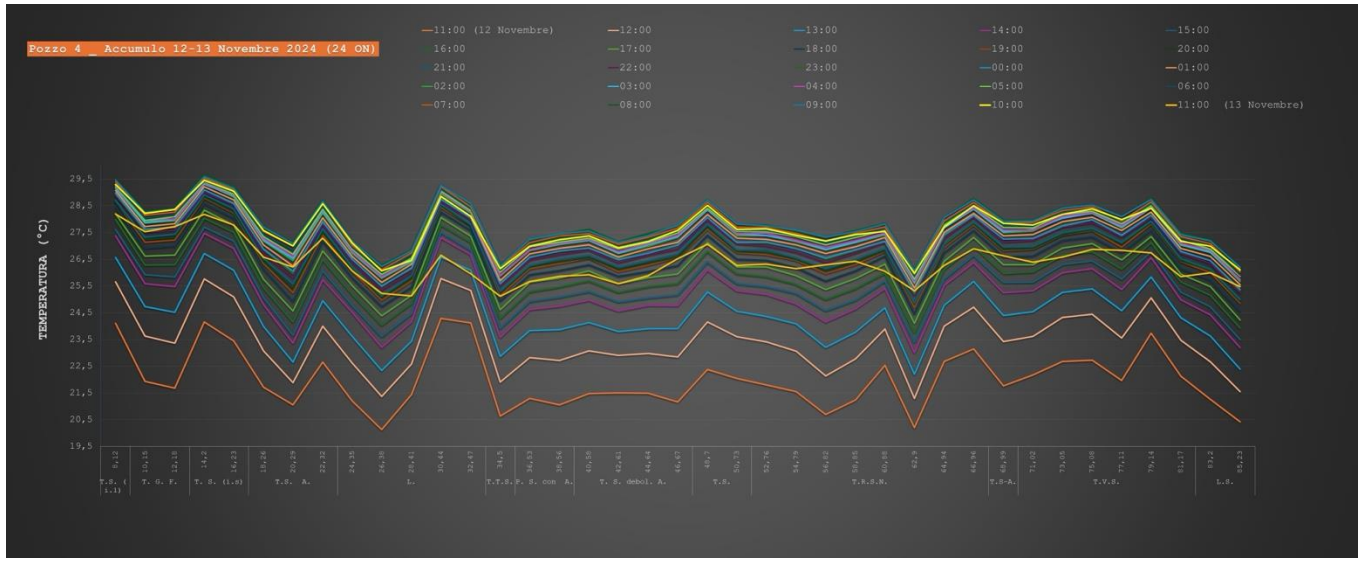
Napoli, 4 dicembre 2025

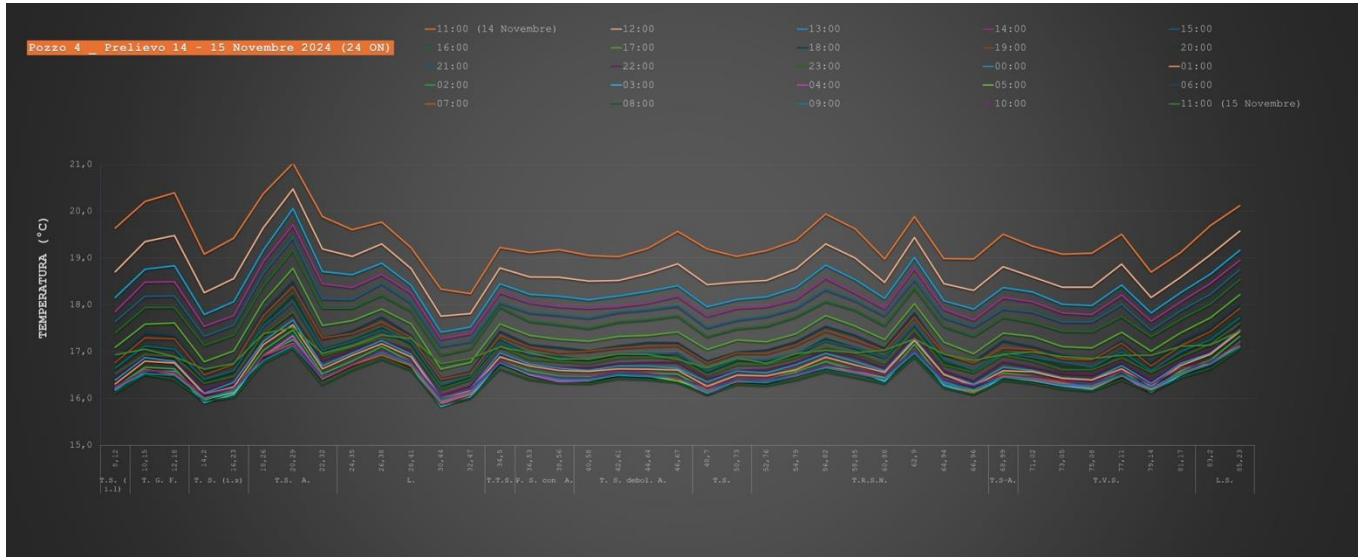
Ordine Dei Geologi Della Campania

Graded TEON Energia dalla Terra

Ordine Ingegneri Napoli

Comune di Napoli





Test monitoraggio campo termico

Esclusi i primi 8 m dal p.c.

Analizzare la **risposta termica** del sottosuolo in diverse configurazioni operative

Napoli, 4 dicembre 2025

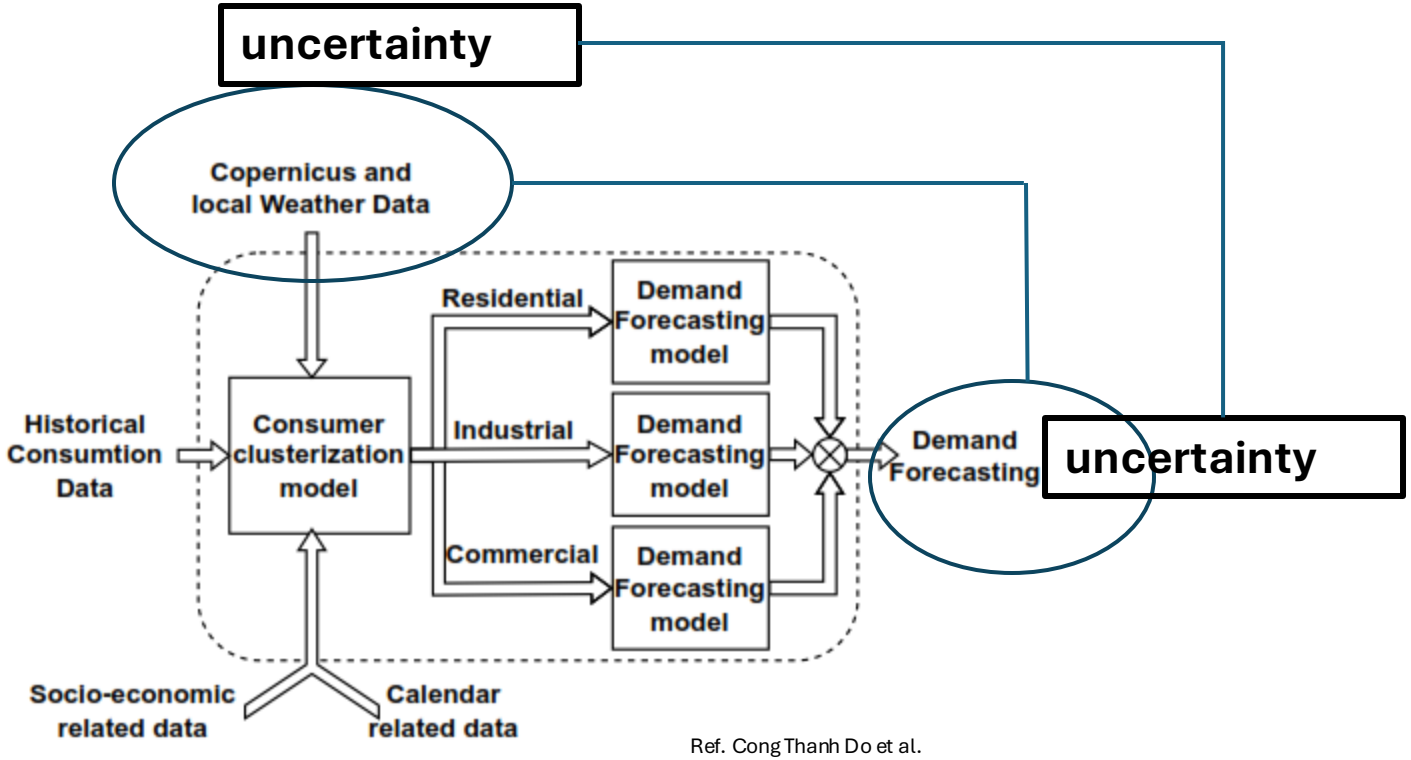
Ordine Dei Geologi Della Campania

Graded TEON Energia dalla Terra

Ordine Ingegneri Napoli

Comune di Napoli

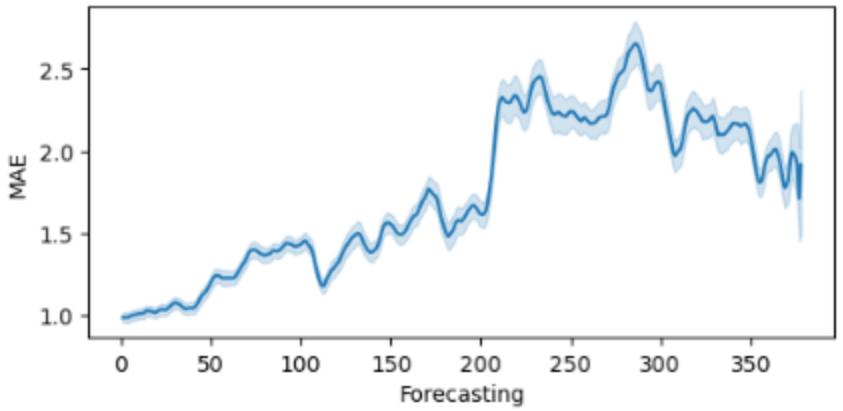
Il Peso dell'incertezza: **Previsioni accurate dei carichi di raffreddamento e riscaldamento, soprattutto connessi a geotermia a bassa entalpia, sono fondamentali per gestire i carichi lato domanda e bilanciare la rete elettrica.**

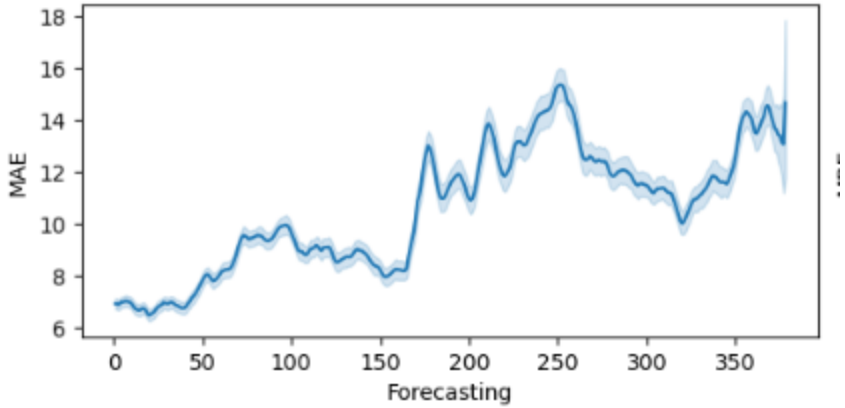


Ref. Cong Thanh Do et al.
Impact of weather forecasting uncertainty on building thermal load predictions,
Journal of Building Engineering,
Volume 111,2025,113366,

Napoli, 4 dicembre 2025

Il Peso dell'incertezza: nelle figure l'errore MAE sulle previsioni meteo (7 provider) su temperatura ed umidità. L'effetto di queste incertezze sui carichi HVAC si trasferisce in modo amplificato su fotovoltaico ed eolico.





Napoli, 4 dicembre 2025

Ordine Dei Geologi Della Campania

Graded TEON ENERGIA DALLA TERRA

Ordine Ingegneri Napoli

Comune di Napoli

Grazie per l’attenzione!

ENEA

AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE,
L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE

Ordine Dei Geologi Della Campania

Graded TEON ENERGIA DALLA TERRA

COMUNE DI NAPOLI

Napoli, 4 dicembre 2025