



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



MINISTERO DELL'AMBIENTE
E DELLA SICUREZZA ENERGETICA



CONSIGLIO NAZIONALE
DEI GEOLOGI

La ricerca ENEA sulle sonde geotermiche - Aggiornamenti sull'impianto pilota della Casaccia

Roma, 29 maggio 2025

A.C. Violante (ENEA), R. Trinchieri (ENEA), L. Colacino (Sapienza Università di Roma)



1101 0110 1100
0101 0010 1101
0001 0110 1110
1101 0010 1101
1111 1010 0000



Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, Via Cristoforo Colombo 44, Roma

«Geotermia a bassa entalpia»

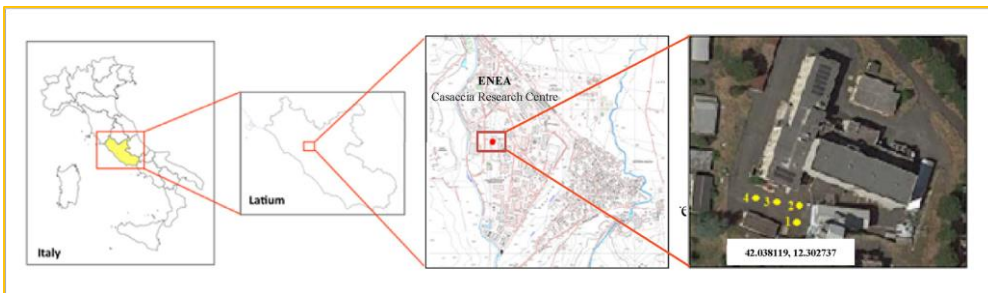
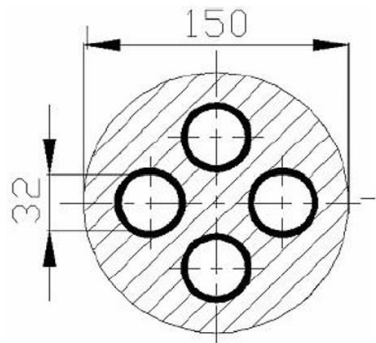
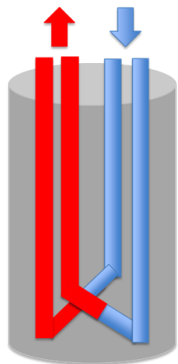
$$20^{\circ}\text{C} < \Delta T < 90^{\circ}\text{C}$$

Progetto 1.7.: «Tecnologie per la penetrazione efficiente del vettore elettrico negli usi finali», nell'ambito della Ricerca di Sistema Elettrico

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



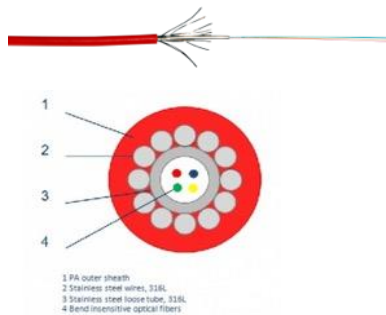
USI DIRETTI: produzione e stoccaggio di energia termica rinnovabile



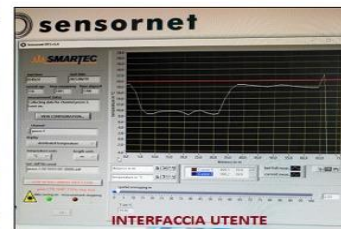
Profondità Pozzi:

Pozzo 1: 70 m;
Pozzo 2: 35 m;
Pozzo 3: 50 m;
Pozzo 4: 85 m

Sensori in fibra ottica DTS (Distributed Temperatures Sensor)



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





Sondaggio geognostico (Pozzo 1, Profondità 100 m dal p.c.)



ENEA - Centro Ricerche
Casaccia (RM)

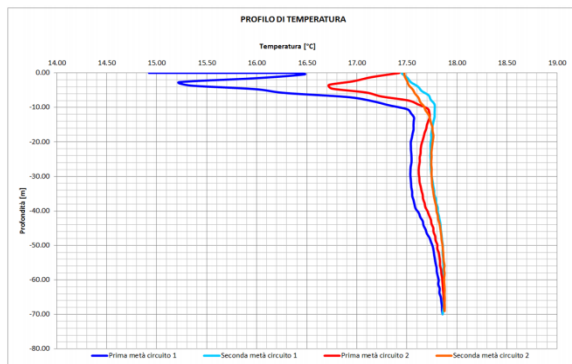
SONDAGGIO **POZZO 1**

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.			
Prof. s.l.m.	Litologia	DESCRIZIONE	Piezometro Falda
147			
146			
145			
144			
143			
142			
141			
140			
139			
138			
137			
136			
135			
134			
133			
132			
131			
130			
129			
128			
127			
126			
125			
124			
123			
122			
121			
120			
119			
118			
117			
116			
115			
114			
113			

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.			
Prof. s.l.m.	Litologia	DESCRIZIONE	Piezometro Falda
112			
111			
110			
109			
108			
107			
106			
105			
104			
103			
102			
101			
100			
99			
98			
97			
96			
95			
94			
93			
92			
91			
90			
89			
88			
87			
86			
85			
84			
83			
82			
81			
80			
79			

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.			
Prof. s.l.m.	Litologia	DESCRIZIONE	Piezometro Falda
78			
77			
76			
75			
74			
73			
72			
71			
70			
69			
68			
67			
66			
65			
64			
63			
62			
61			
60			
59			
58			
57			
56			
55			
54			
53			
52			
51			
50			
49			
48			
47			

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

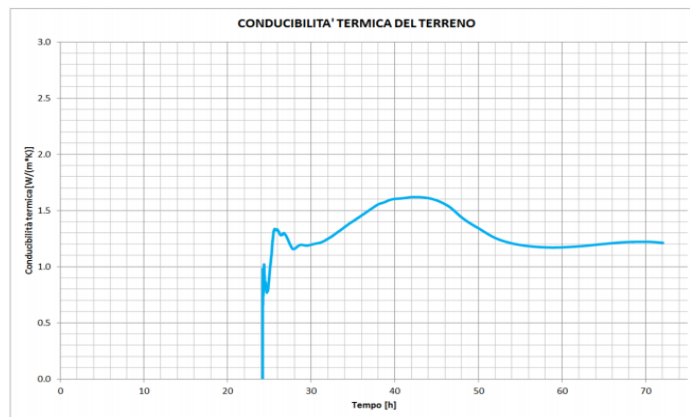
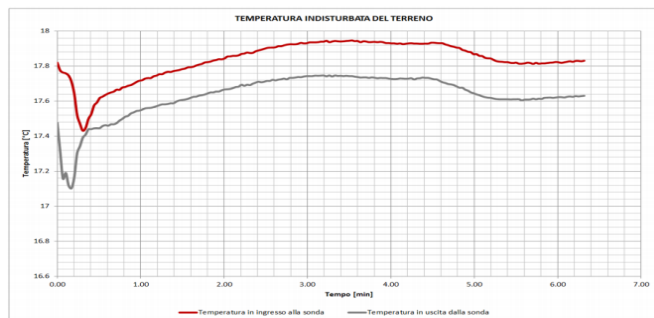
17.65 °C

Temperatura media totale

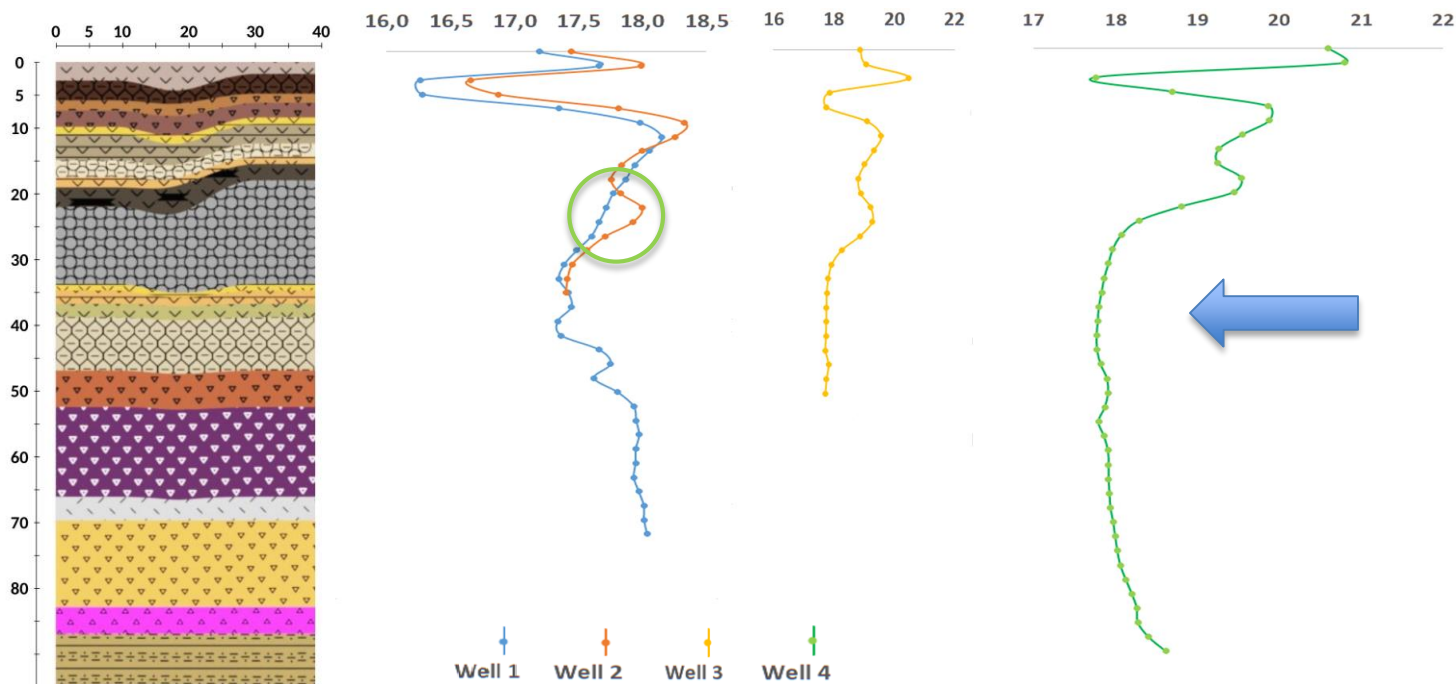
17.71 °C

$$T_m = 17,67 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

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

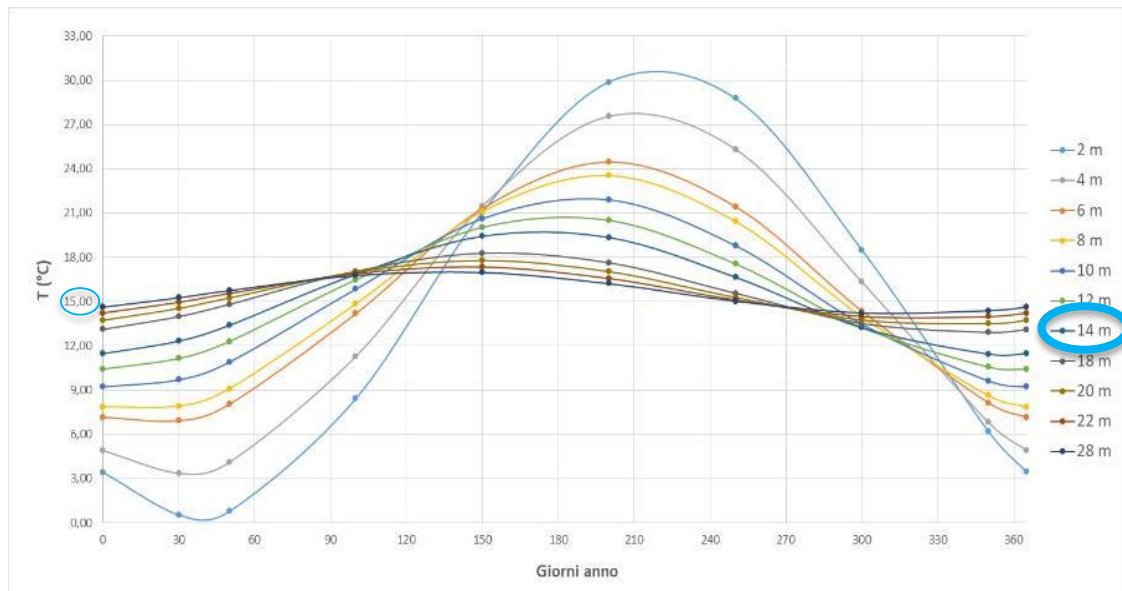


Correlazione termico – stratigrafica



Temperatura del terreno (T_g) calcolata

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



Temperatura media annuale	15,60
Ampiezza oscillazione A _{θs}	18,81
Giorno più freddo dell'anno 2021	14-feb
Giorno più caldo dell'anno 2021	12-ago

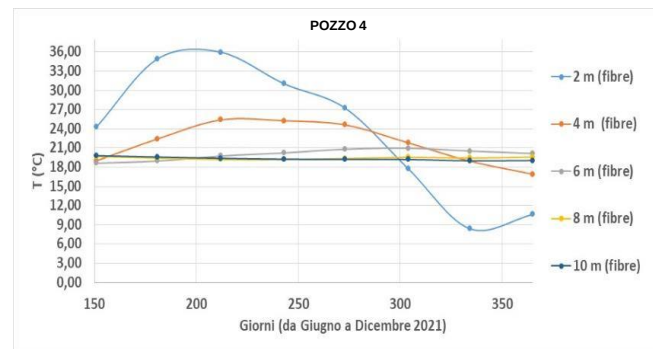
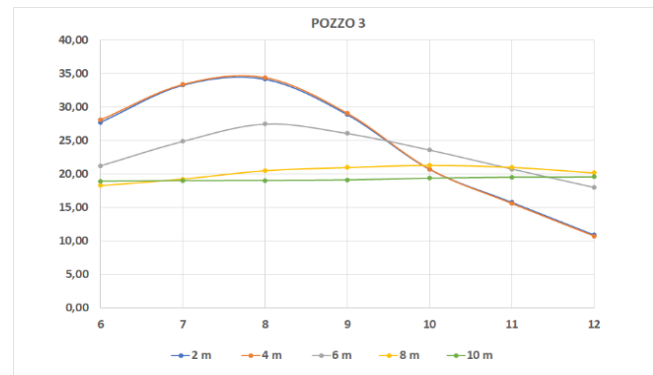
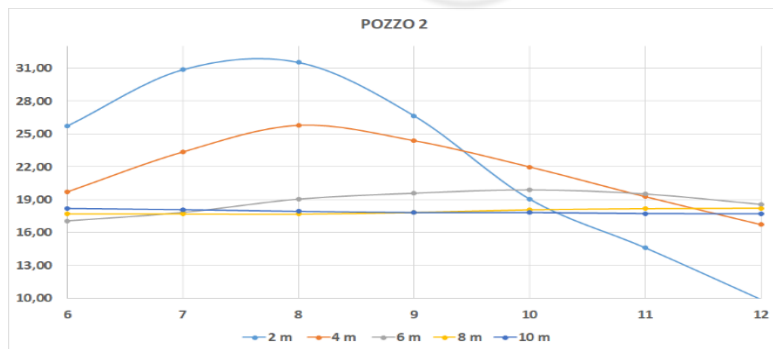
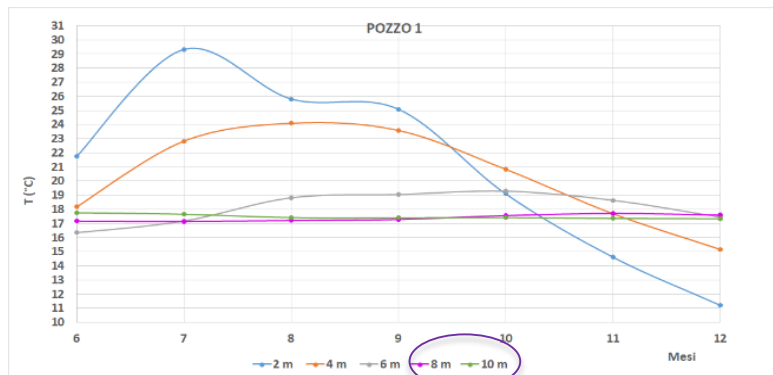
$$\alpha = \left[\frac{\lambda}{c_v} \right] = \text{diffusività (0,04 m}^2/\text{giorno)}$$

$$C_v = 2,6 * 10^6 \text{ MJ/m}^3\text{K}$$

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

Temperatura del terreno misurata nei quattro pozzi dalle fibre ottiche

(Giugno – Dicembre 2021)



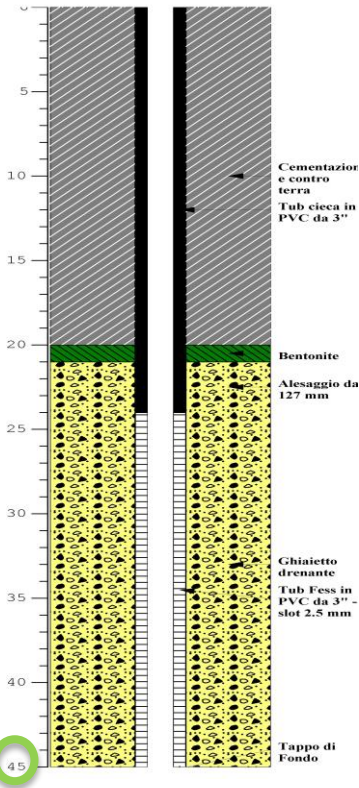
Realizzazione Piezometri – Sondaggi Geognostici (fino a 45 m dal p.c.)

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

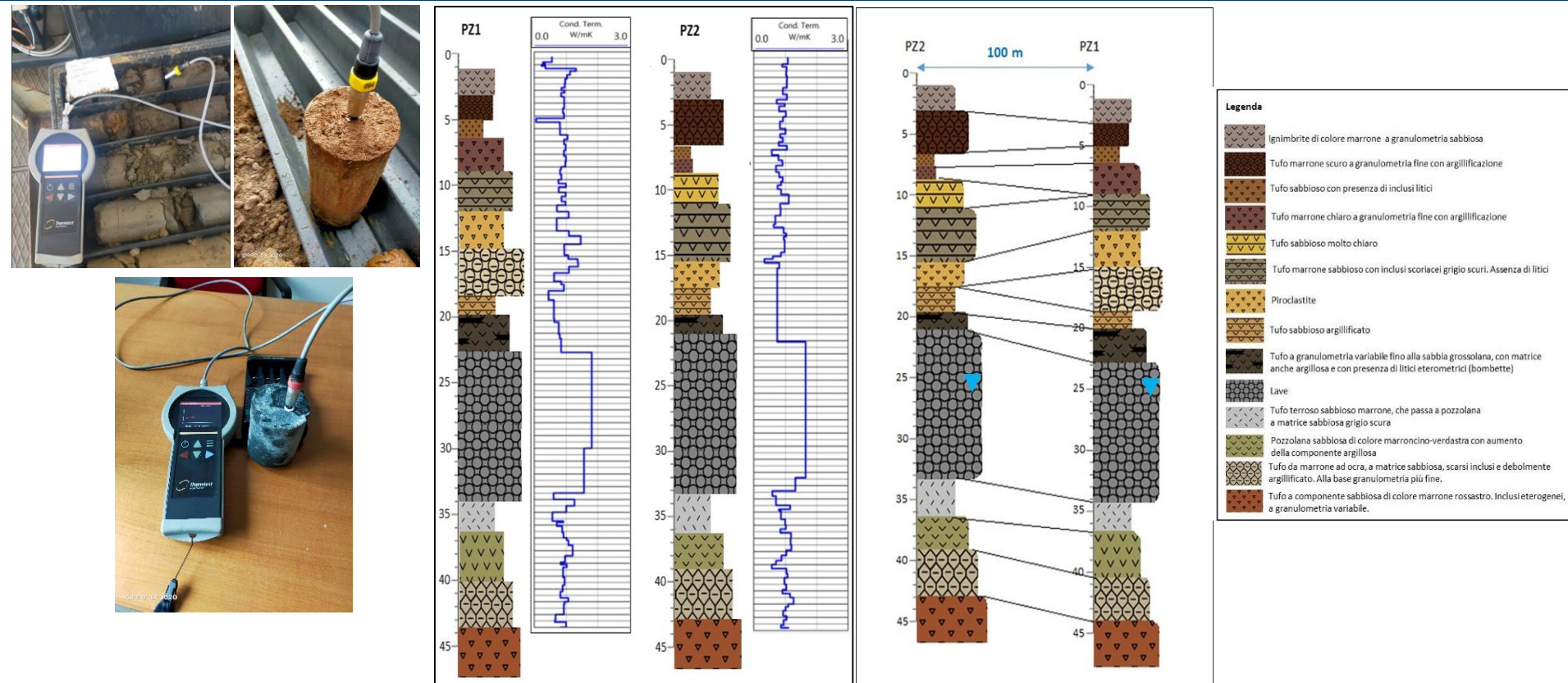
Gradiente idraulico: 9 mm ogni 100 m



- Misure in situ della **conducibilità termica** sui campioni dei sondaggi PZ1 e PZ2

Misuratore portatile ad ago *Transient Line Source TLS-100* (Thermtest)

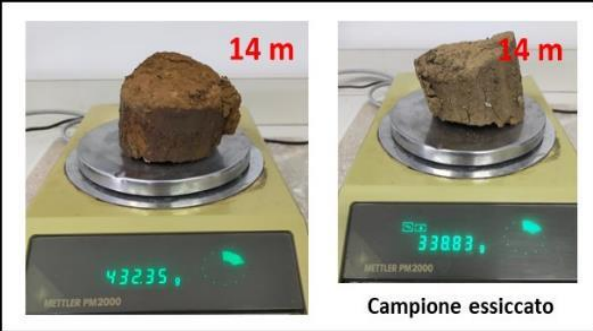
- Correlazione litostratigrafica PZ1-PZ2



Misure di laboratorio sui campioni del sondaggio geognostico S1

Misure in situ – PZ1 – PZ2

SOPRA - FALDA



SOTTO - FALDA



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

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

- Misura della massa del provino;
- Volume calcolato

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

CALORE SPECIFICO $\left[\frac{c_v}{\rho}\right]$

$$C_p = J/kg * K$$

Capacità termica volumica

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

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

Risultati (ρ , C_p)

	Media densità (kg/m ³)	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

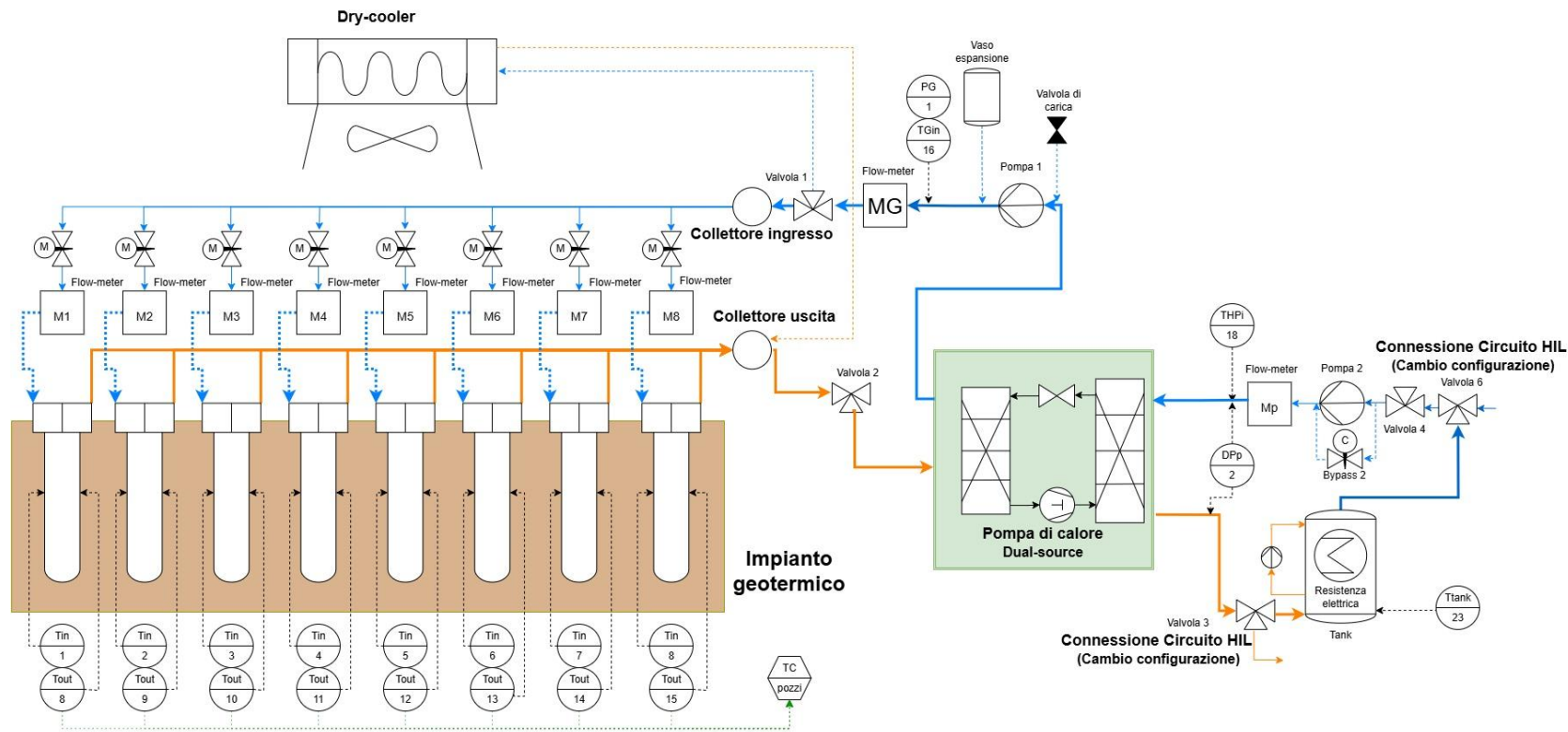
PZ1 – PZ2

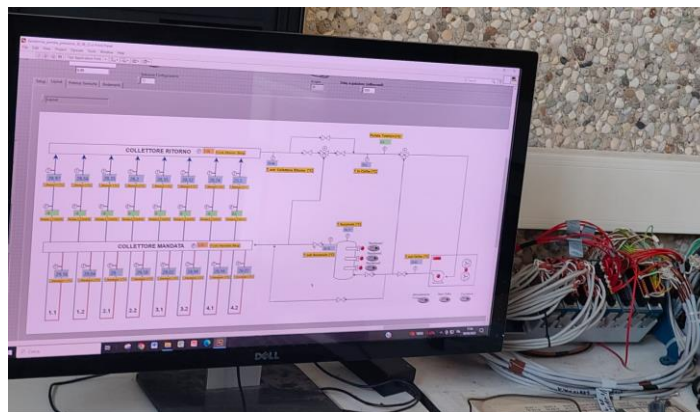
S1 – PZ1 – PZ2

S1

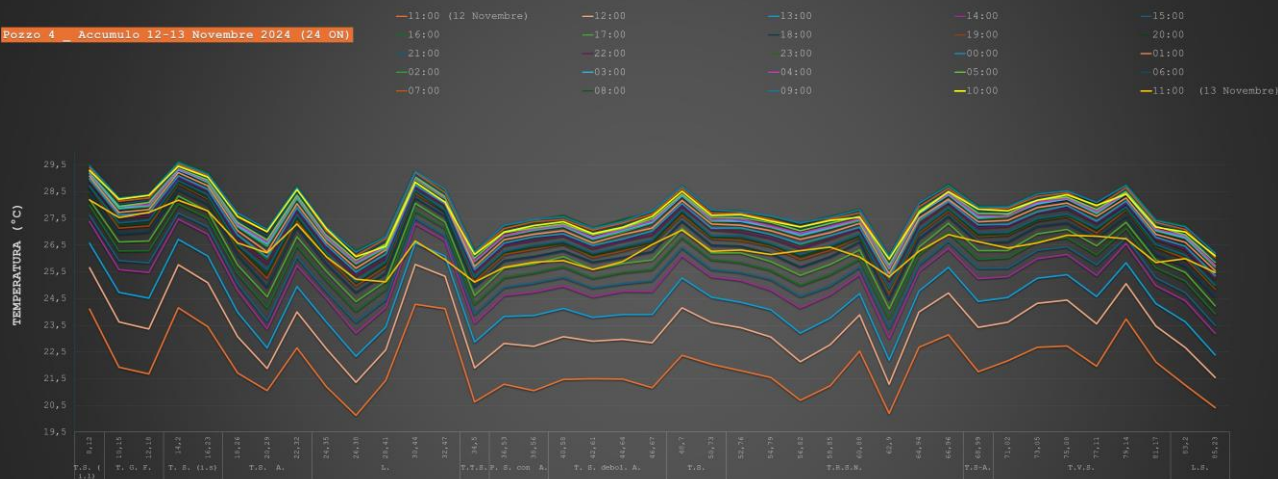
	Media densità (kg/m ³)	Media cp (J/Kg*K)
Tufo a granulometria variabile fino alla sabbia grossolana, con matrice anche argillosa e presenza di litici eterometrici (bombette)	2256	985
Lave	2689	931
Tufo terroso sabbioso marrone, che passa a pozzolana a matrice sabbiosa grigio scura	2206	1003
Pozzolana 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

Schema di impianto GEOTERMICO

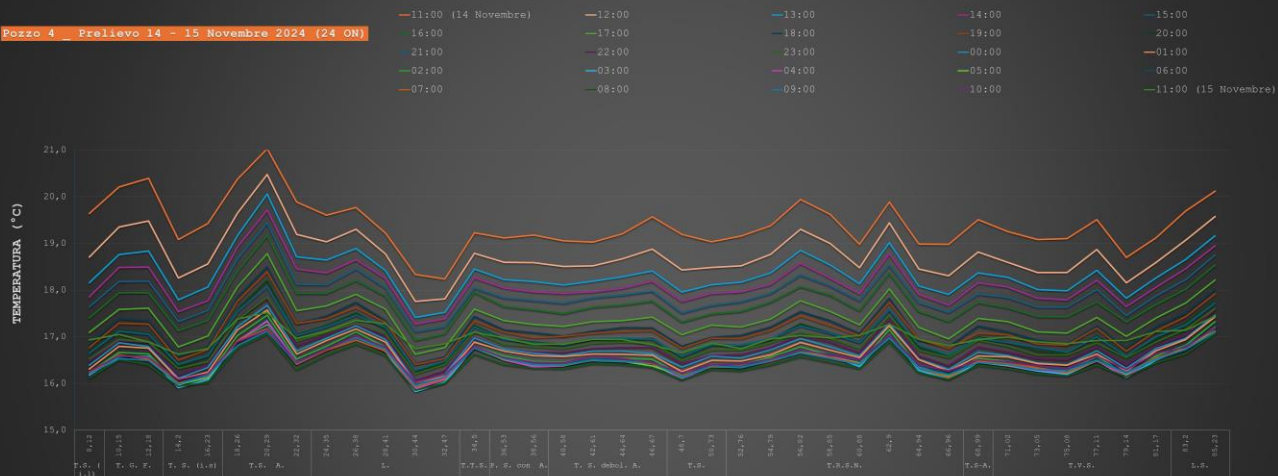




Pozzo 4 - Accumulo 12-13 Novembre 2024 (24 ON)



Pozzo 4 - Prelievo 14 - 15 Novembre 2024 (24 ON)



Test monitoraggio campo termico



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



Esclusi i primi 8 m dal p.c.

POZZO 4
Prova di accumulo
12/13 Novembre
2024
(24 ON)



Aumento di T nei terreni ad alta conducibilità termica:

- tufi sabbiosi con inclusioni di litici e scorie, lave, tufo sabbioso, alcuni intervalli dei tufi rossi a scorie nere e parte dei tufi varicolori di Sacrofano.



si riscaldano rapidamente se sottoposti a sollecitazioni termiche, ma rilasciano altrettanto rapidamente il calore accumulato

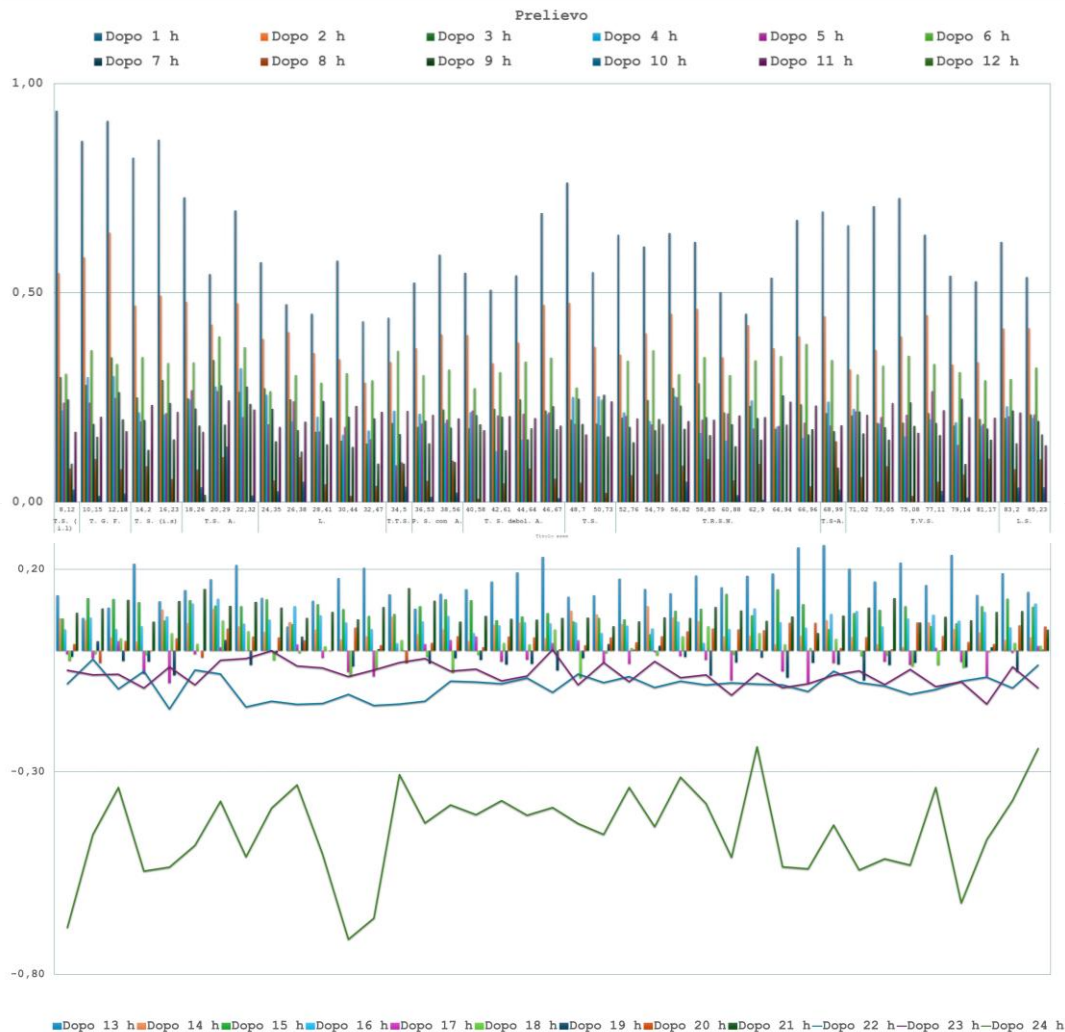
Terreni a maggiore inerzia termica:

- tufo sabbioso argillificato, tufi terrosi sabbiosi e limi sabbiosi

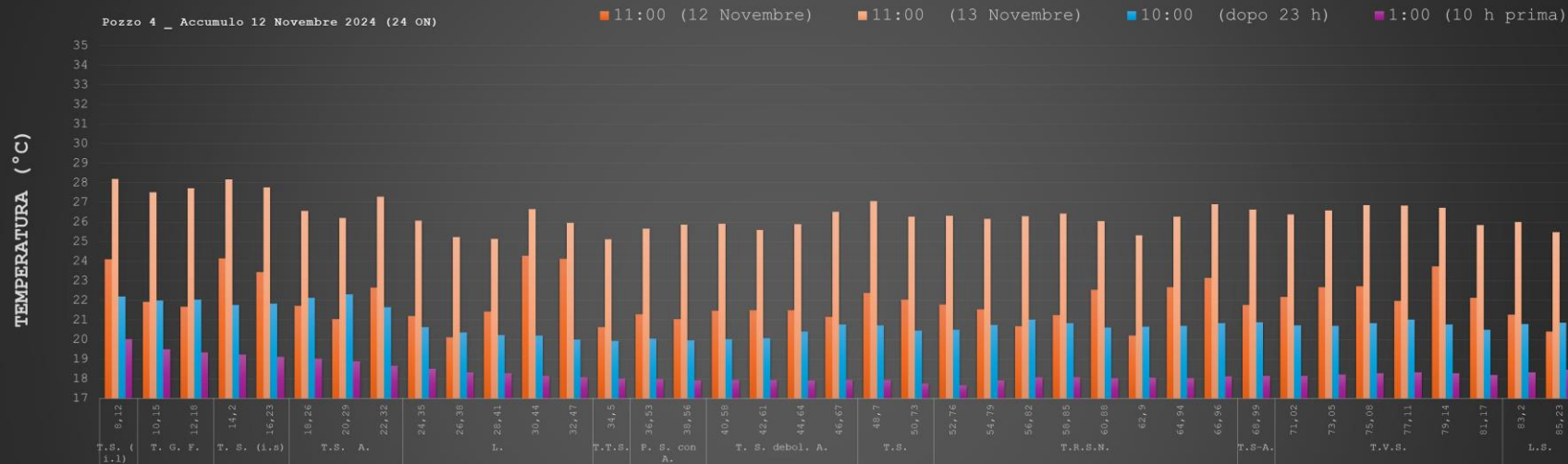


Dopo ~ 22 h inizia a **CEDERE** il calore

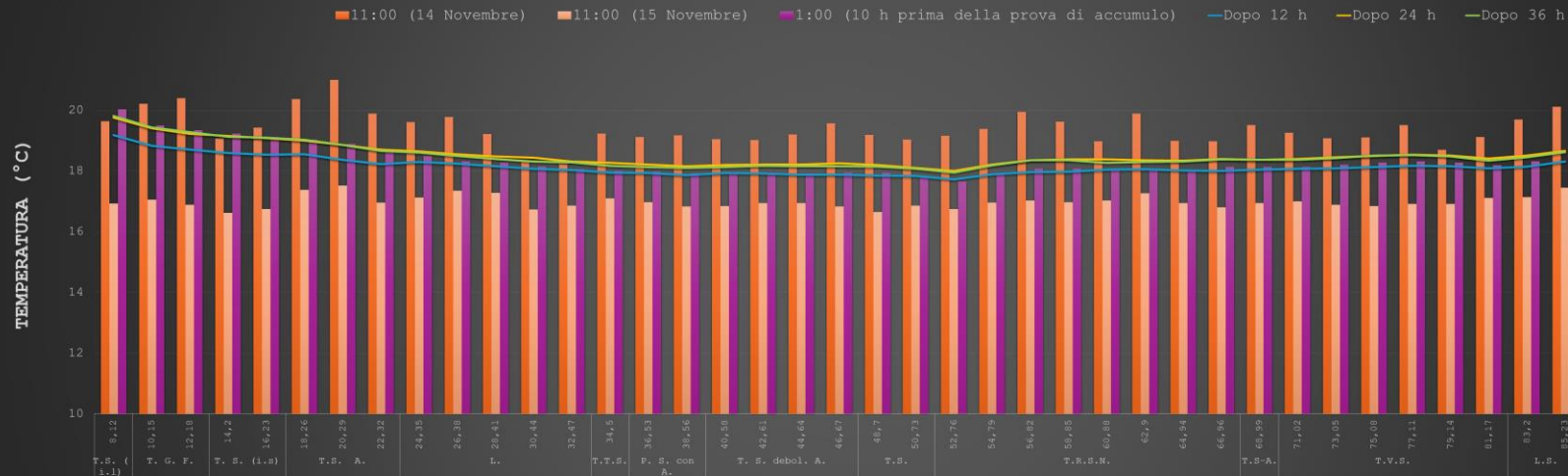
POZZO 4
Prova di prelievo
14/15 Novembre
2024
(24 ON)



**Dopo ~ 22 h inizia ad
 ACCUMULARSI il
 calore**



Pozzo 4_Prelievo 14 Novembre 2024 (24 ON)



Sperimentazione su PdC Geotermica

Outline

L'impianto sperimentale

Definizione Carichi termici utenze di riferimento

Esecuzione test dinamici

Analisi dei risultati dei test dinamici



Sperimentazione su PdC Geotermica

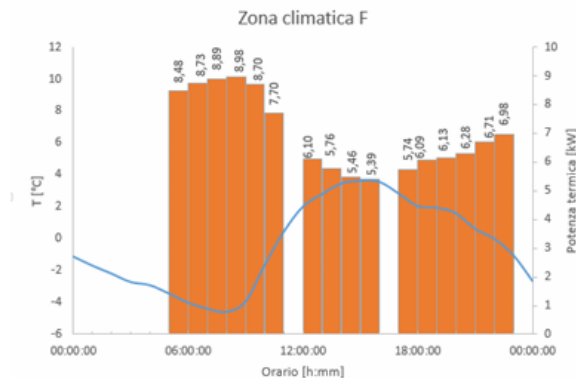
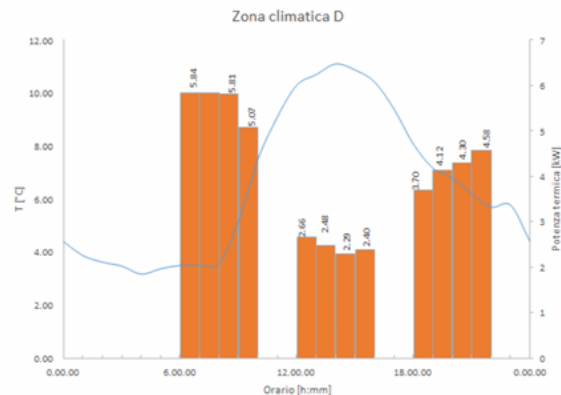
Outline

L'impianto sperimentale

Definizione Carichi termici utenze di riferimento

Esecuzione test dinamici

Analisi dei risultati dei test dinamici



Sperimentazione su PdC Geotermica

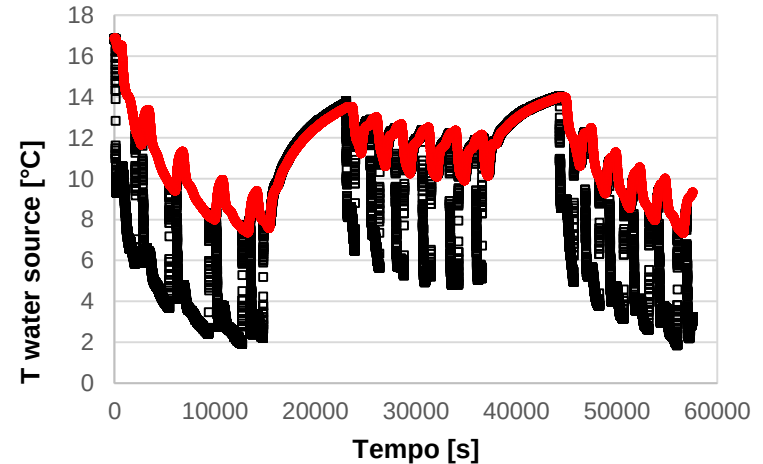
Outline

L'impianto sperimentale

Definizione Carichi termici utenze di riferimento

Esecuzione test dinamici

Analisi dei risultati dei test dinamici



Sperimentazione su PdC Geotermica

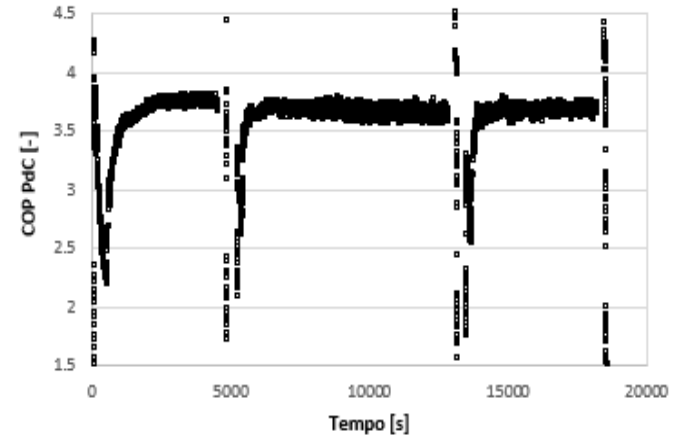
Outline

L'impianto sperimentale

Definizione Carichi termici utenze di riferimento

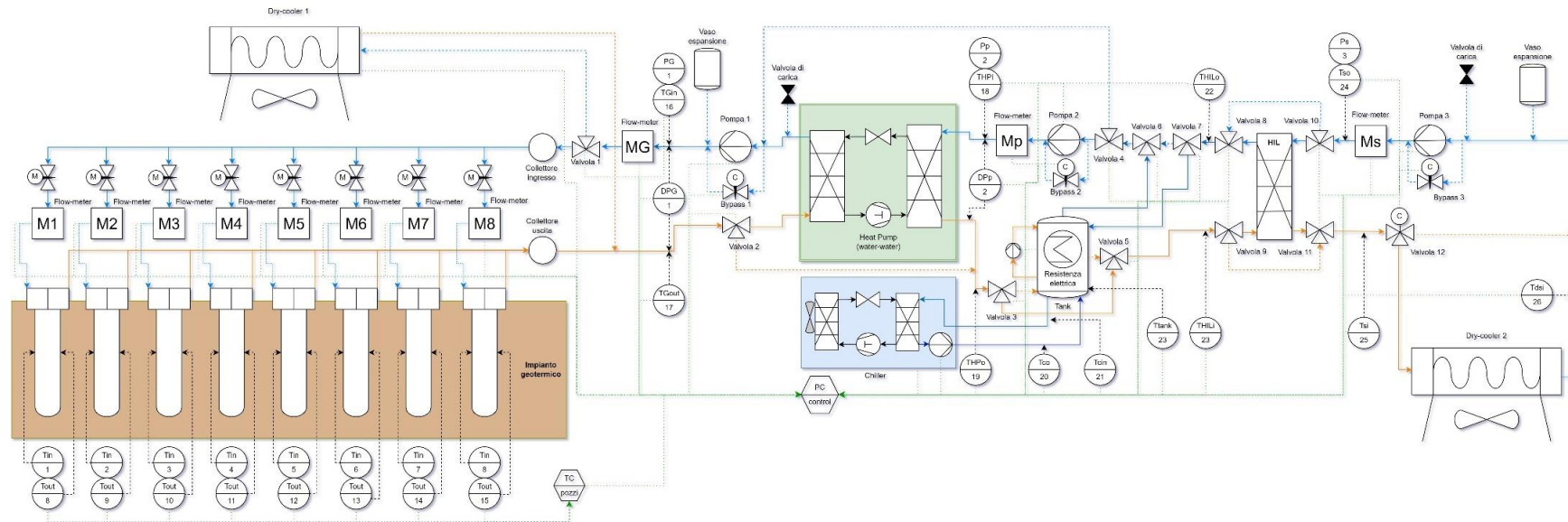
Esecuzione test dinamici

Analisi dei risultati dei test dinamici



Sperimentazione su PdC Geotermica

L'impianto sperimentale

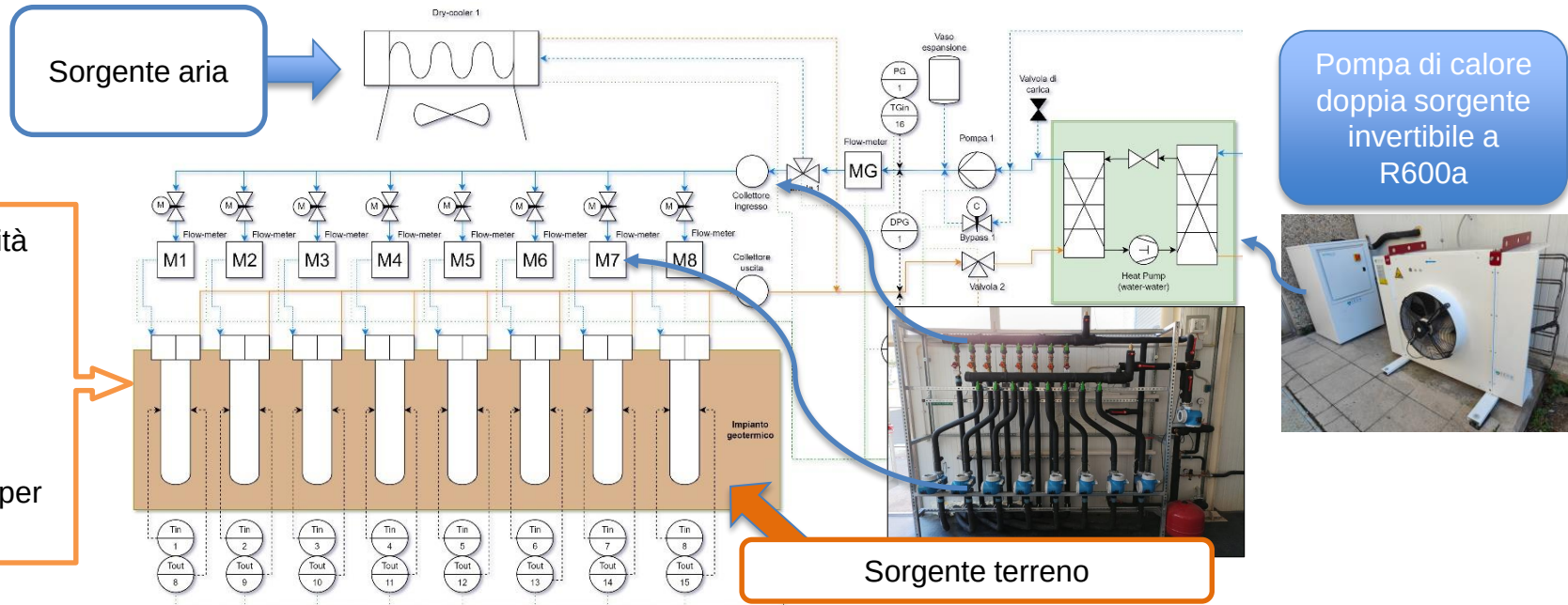


Sezione sorgenti termiche

Sezione simulazione utenza

Sperimentazione su PdC Geotermica

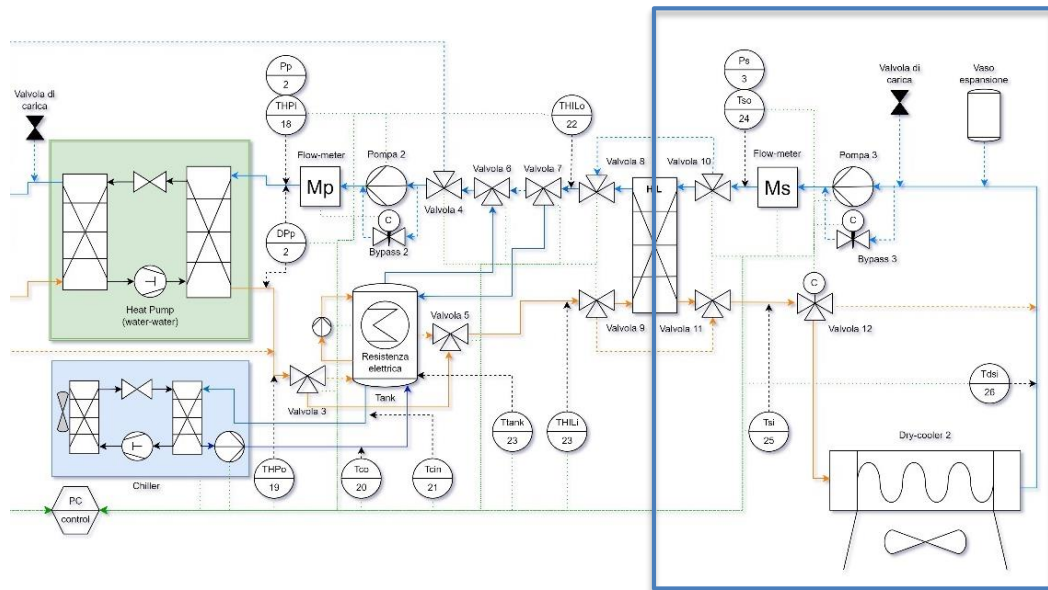
L'impianto sperimentale – le sorgenti termiche



Acquisizione di portate e temperature per il calcolo della potenza termica estratta dalla sorgente

Sperimentazione su PdC Geotermica

L'impianto sperimentale - Sezione simulazione utenza



Misure di portate, temperature e potenze elettriche per il calcolo della potenza termica prodotta e di COP/EER

Questa sezione consente l'esecuzione di test in riscaldamento e raffreddamento (11 possibili configurazioni):

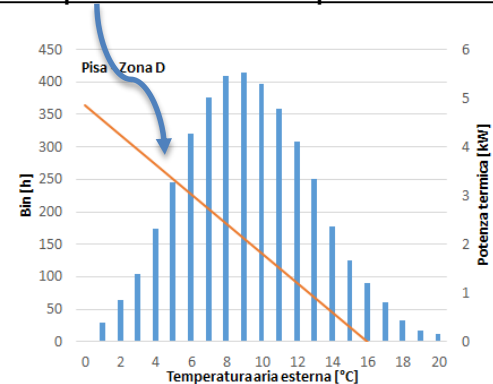
- stazionari: le condizioni di temperatura e portata in ingresso PdC sono mantenute stabili durante tutta la durata del test, tramite accumulo inerziale asservito a chiller e resistenze elettriche
- dinamici: viene impiegata la sezione di simulazione utenza per riprodurre fabbisogni energetici di utenze tipo, preventivamente stimati

Sperimentazione su PdC Geotermica

Definizione Carichi termici utenze di riferimento

- Approccio statistico: dalla distribuzione degli edifici residenziali per zona climatica, epoca e tipologia costruttiva è stato determinato il Fabbisogno termico stagionale di riferimento E_{st} per ogni zona climatica
- Individuazione di 5 località rappresentative di ciascuna zona climatica e relativi bin, sulla base dei loro gradi-giorno in rapporto a quello medio della zona (pesato con la popolazione ivi residente)
- Ipotesi di firma energetica lineare dell'edificio → individuazione richiesta potenza vs temperatura esterna

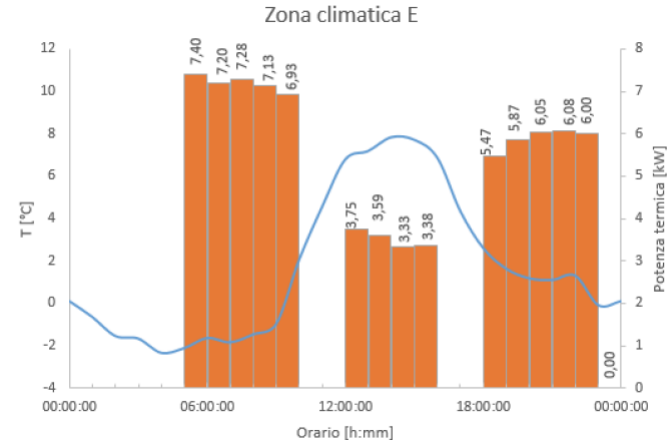
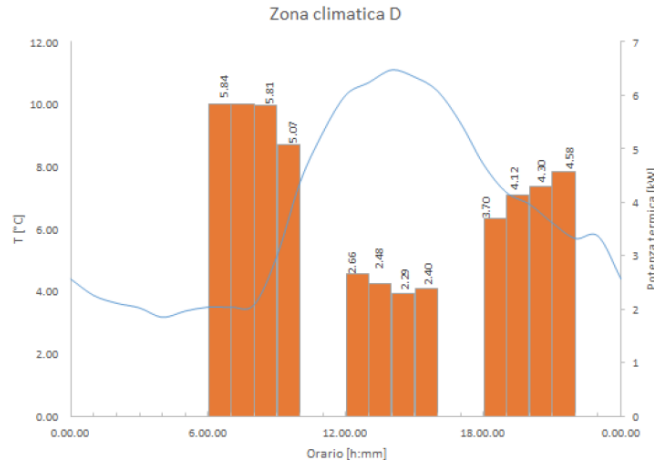
Zona climatica	Località	Gradi-giorno	T di progetto	E_{st} [kWh/m²]
B	Palermo	751	5 °C	17,8
C	Bari	1185	0 °C	41,8
D	Pisa	1694	0 °C	81,5
E	Milano	2404	-5 °C	145,4
F	Belluno	3001	-10 °C	224,2



Sperimentazione su PdC Geotermica

Definizione Carichi termici utenze di riferimento

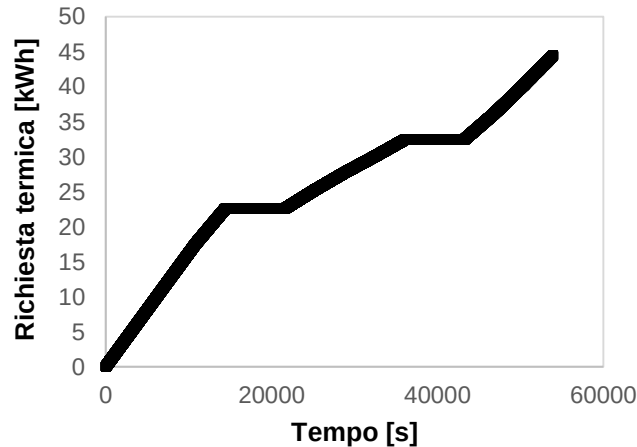
- Dal profilo di temperatura orario giornaliero → profilo di potenza
- In base alle ore massime di accensione degli impianti di riscaldamento per zona climatica e assumendo i periodi di accensione → Individuazione della richiesta di potenza oraria



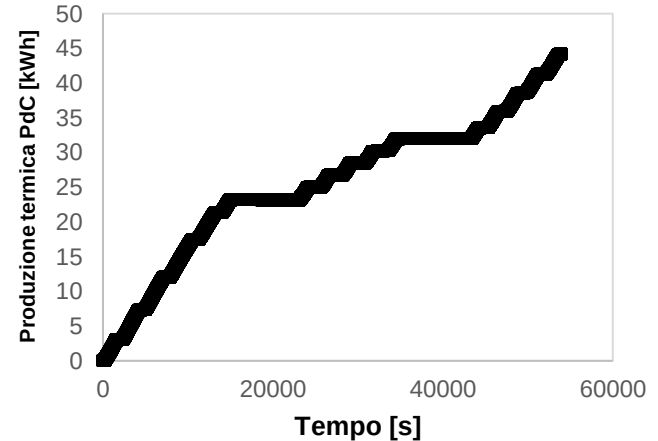
Sperimentazione su PdC Geotermica

Esecuzione test dinamici giornalieri

Parametri di prova: temperatura out PdC; T_{user} ingresso e uscita (terminali impianto), portata acqua lato sorgente
Configurazione: profilo utenza (zona climatica), scelta pozzo, ΔE_{set}



Dalla richiesta di potenza oraria → Fabbisogno energetico



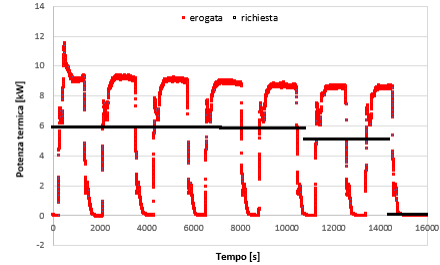
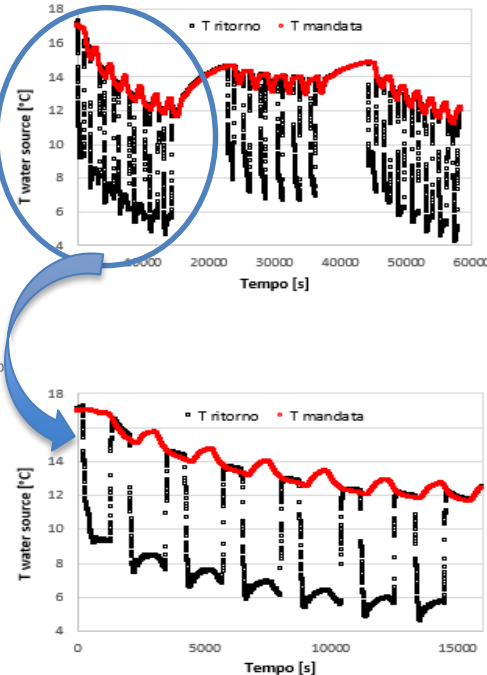
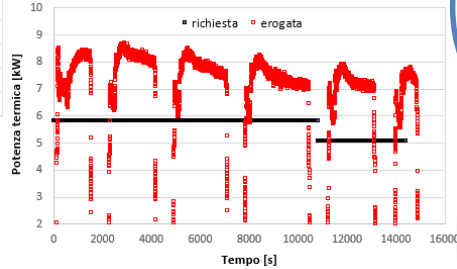
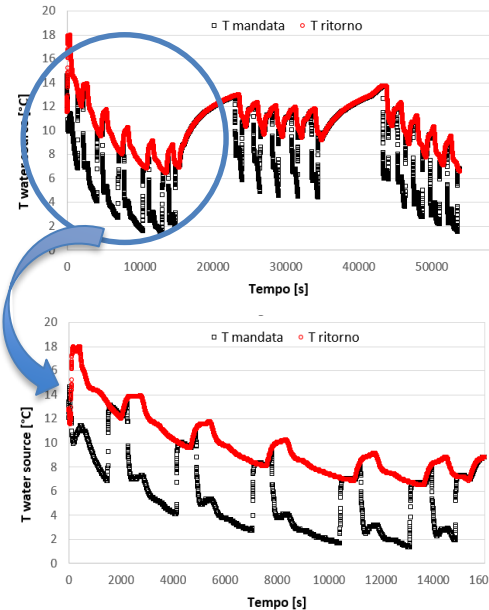
Erogazione energia PdC intermittente

Sperimentazione su PdC Geotermica

Risultati test dinamici – zona climatica D – T_{water} 30-35 °C

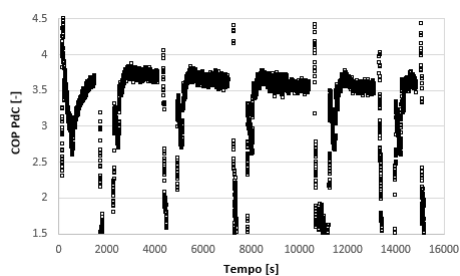
Pozzo 3

Pozzo 4

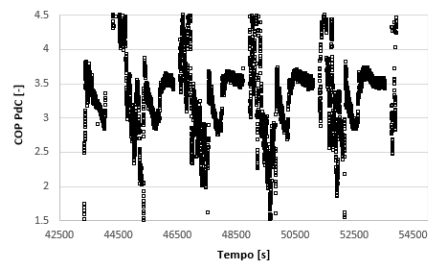


Sperimentazione su PdC Geotermica

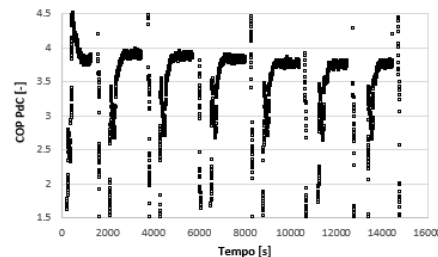
Risultati test dinamici – zona climatica D – $T_{\text{water}} 30\text{-}35\text{ }^{\circ}\text{C}$



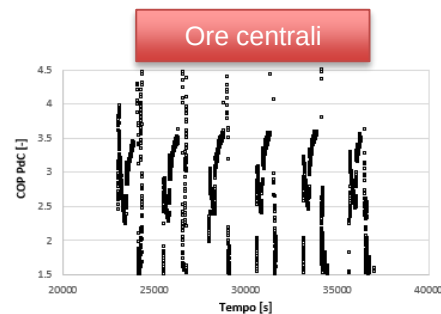
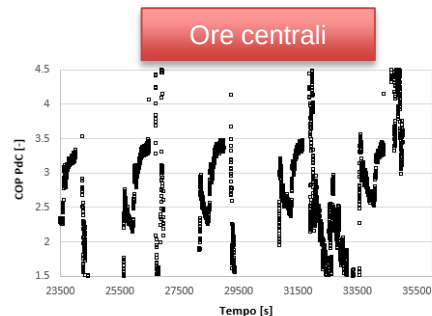
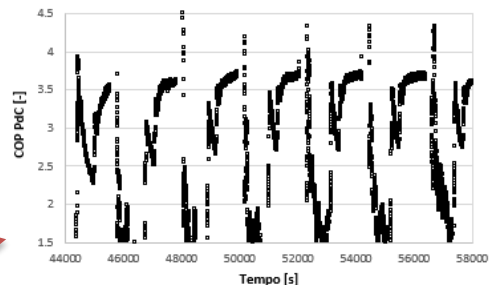
Pozzo 3



mattina



Pozzo 4

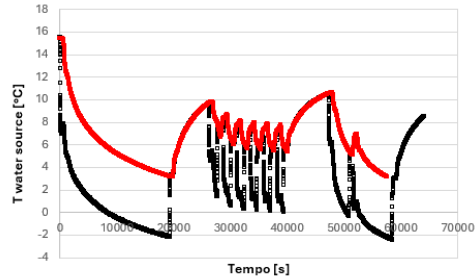


sera

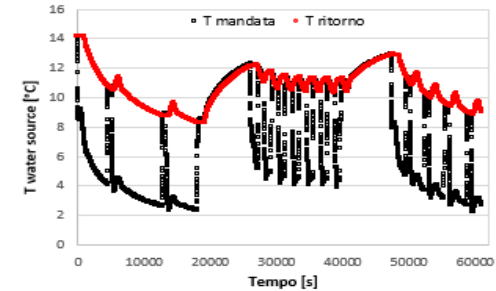
Periodo di accensione	mattino	Ore centrali	Sera	Totale*
ECOP pozzo 3 [kWhth/kWhel]	3,49	2,82	3,31	3,27
ECOP pozzo 4 [kWhth/kWhel]	3,64	2,80	3,29	3,33

Sperimentazione su PdC Geotermica

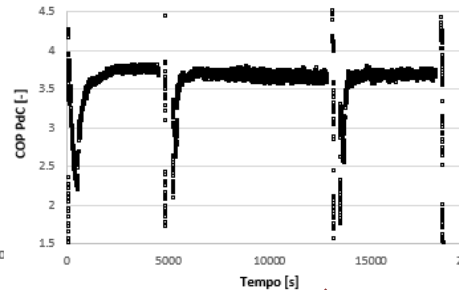
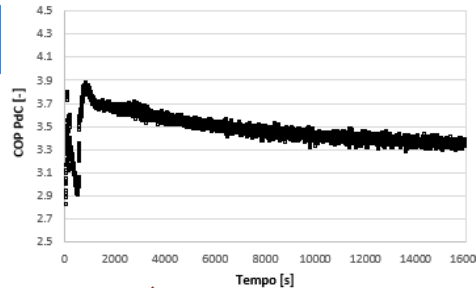
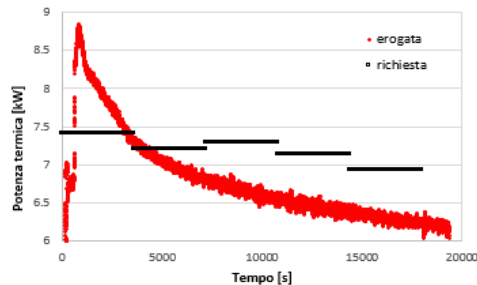
Risultati test dinamici – zona climatica E – $T_{\text{water}} 30-35\text{ }^{\circ}\text{C}$



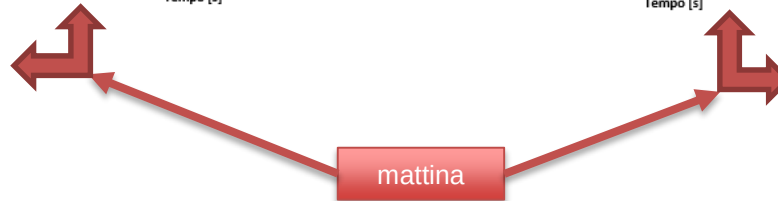
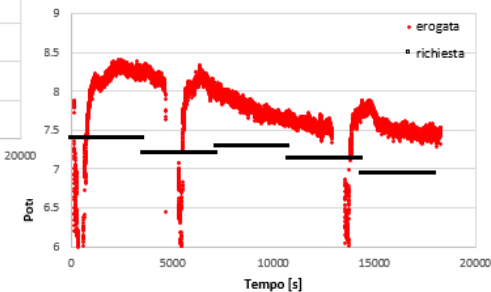
Periodo di accensione	mattino	Ore centrali	Sera	Totale*
ECOP pozzo 3 [kWhth/kWhel]	3,44	3,08	3,12	3,26
ECOP pozzo 4 [kWhth/kWhel]	3,60	3,19	3,40	3,45



Pozzo 3

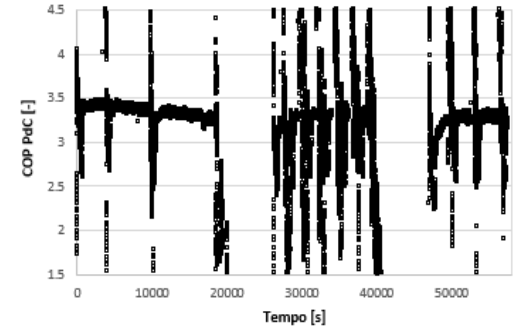
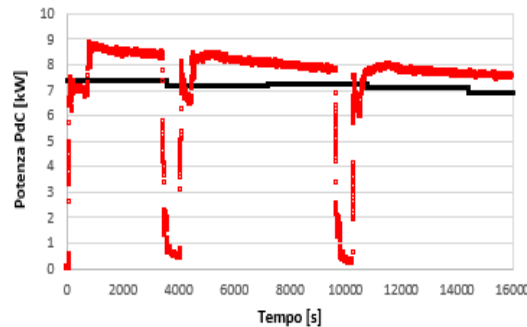
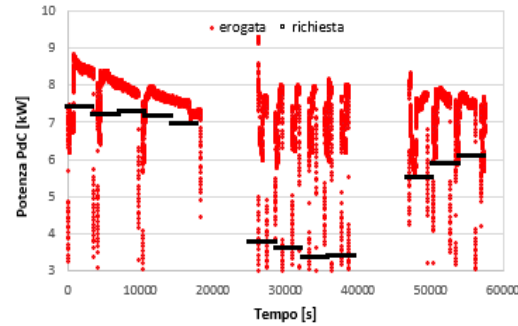
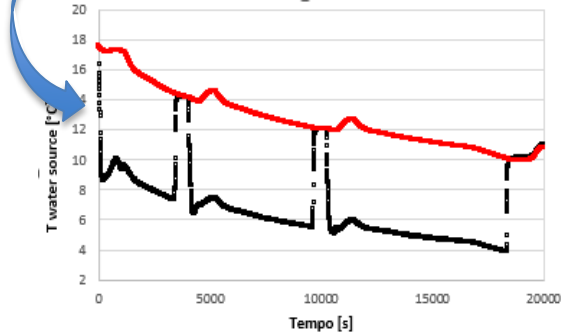
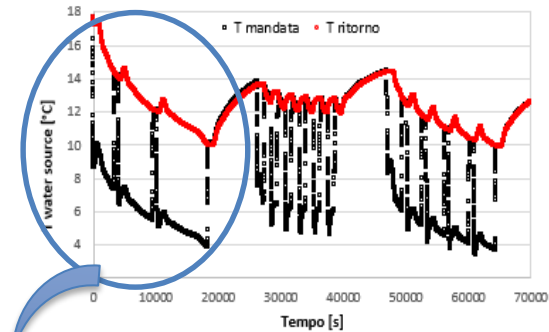


Pozzo 4



Sperimentazione su PdC Geotermica

Risultati test dinamici – zona climatica E – $T_{\text{water}} 40-45\text{ }^{\circ}\text{C}$



Periodo di accensione	mattino	Ore centrali	Sera	Totale*
ECOP [kWhth/kWhe]	3,31	3,04	3,13	3,19

Sperimentazione su PdC Geotermica

Osservazioni su risultati sperimentazione e sviluppi

- Esecuzione test con configurazioni di prova diverse (es. con portate diverse lato sorgente)
- Verificare la riproducibilità dei risultati
- Verifica delle prestazioni con test eseguiti in giorni consecutivi, a parità di condizioni di prova
- Impiego di pompa di calore differente (es. con inverter e diverso refrigerante)

L'interpretazione dei risultati deve tener conto della particolare configurazione dell'impianto sperimentale (caratteristiche campo geotermico, tipologia pompa di calore, ecc.)



Attenzione alla generalizzazione dei risultati

Necessità dell'attività di modellazione a supporto dell'indagine sperimentale

Modellazione di Borehole Heat Exchangers

- Utilizzo accoppiato con GSHP e/o come sistema di accumulo termico con logiche integrate di Demand-Side Management.



Quali sono i parametri fisici che influenzano maggiormente la produttività della risorsa?



Quali sono i vantaggi nell'applicazione di BHE come sistemi di accumulo termico di breve termine?



Che ruolo possono avere per aumentare la flessibilità dei sistemi?

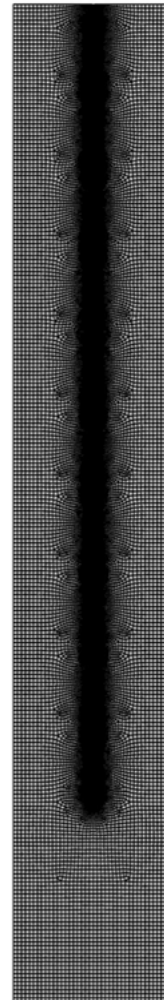
Modellazione numerica del BHE

- ❑ Analisi transitori di lunga durata.
- ❑ Criterio di progettazione attuale (formulazione compatta):

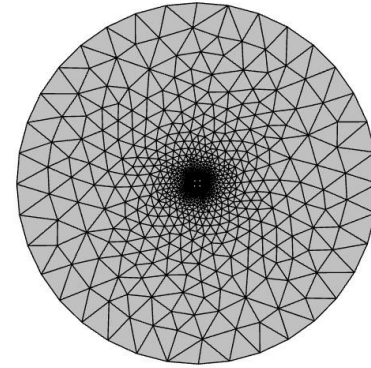
$$L = \frac{Q_y \cdot R_y + Q_m \cdot R_m + Q_h \cdot (R_h + R_b)}{T_g - T_f - T_p}$$

Lunghezza della sonda – metodo ASHRAE

- ❑ Parametri da correlare: Lunghezza della sonda (L), Carico termico (Q), Conducibilità del terreno (λ), Gestione delle operazioni (h), Portata della falda acquifera ($\dot{m}$).



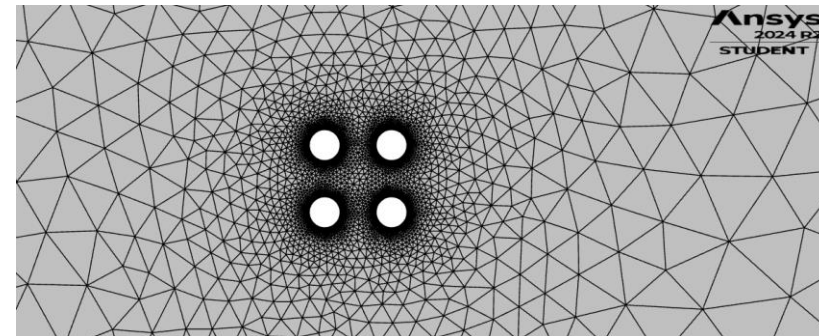
Sezione del pozzo



Ansys
2024 R2
STUDENT



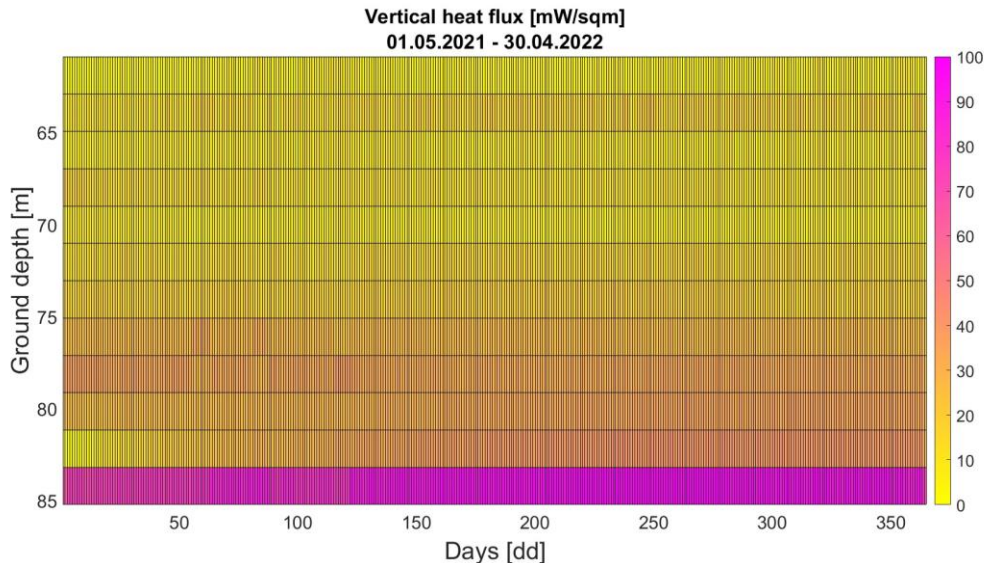
Dettaglio delle sonde



Ansys
2024 R2
STUDENT

Valutazione flusso geotermico profondo – sito Casaccia

- ❑ La temperatura basale del sito non è costante.
- ❑ Flusso di calore basale a quota 85 m intorno a 100 mW/ m².
- ❑ I gradienti orizzontali sono trascurabili rispetto al gradiente verticale.



$$\vec{q} = -\lambda \vec{\nabla} T \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

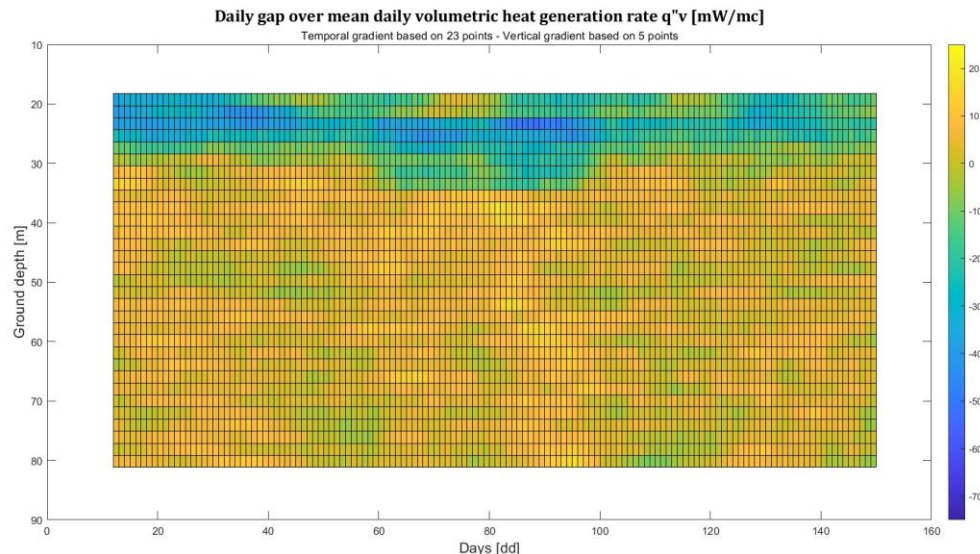
Legge di Fourier

$$q''_z = -\lambda (\Delta z) \frac{(T_z - T_{(z + \Delta z)})}{\Delta z} \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

Flusso termico in direzione verticale

Influenza della falda acquifera – sito Casaccia

- ❑ La generazione interna volumetrica di calore rappresenta l'asporto di calore da parte della falda acquifera.
- ❑ La falda acquifera introduce una perdita in fase di accumulo termico.
- ❑ L'influenza principale, a campo inattivo, avviene tra 20m e 30m.



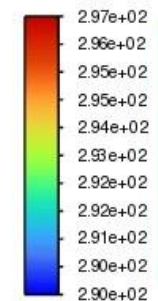
$$\frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{q''_{vol}}{\lambda} = \frac{1}{\alpha} \frac{\partial T}{\partial \tau} \left[\frac{^\circ K}{m^2} \right]$$

Equazione del campo conduttivo in regime transitorio

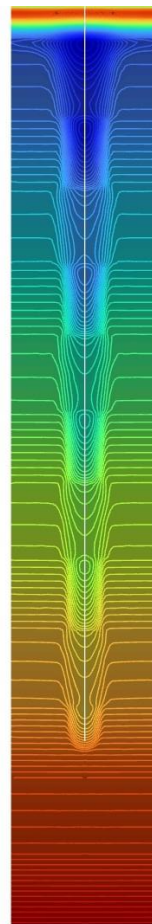
Influenza della stratigrafia sulla temperatura del BHE

- ❑ Simulazione numerica con varie stratigrafie.
- ❑ Distribuzione della stratigrafia influenza:
 - I. Profilo di temperatura sulla superficie del BHE.
 - II. Flusso termico scambiato con ogni strato litologico.
- ❑ Gli strati contribuiscono diversamente allo scambio termico.

Static Temperature
[K]



contour-1



Simulazione di 30 combinazioni di differenti di stratigrafie di terreno per 5 lunghezze differenti di pozzi: 20 m, 40 m, 60 m, 80 m, 100 m.

$$T = T(5\text{ m}) - 4 \cdot (1.0714 - 0.0357 \cdot T_e) e^{-z/L}$$

Profilo di temperatura sulla superficie del BHE
tramite profilo di carico Eurovent

$$q''_z = 100 \left[\frac{mW}{m^2} \right]$$

Flusso geotermico basale medio a 125 m

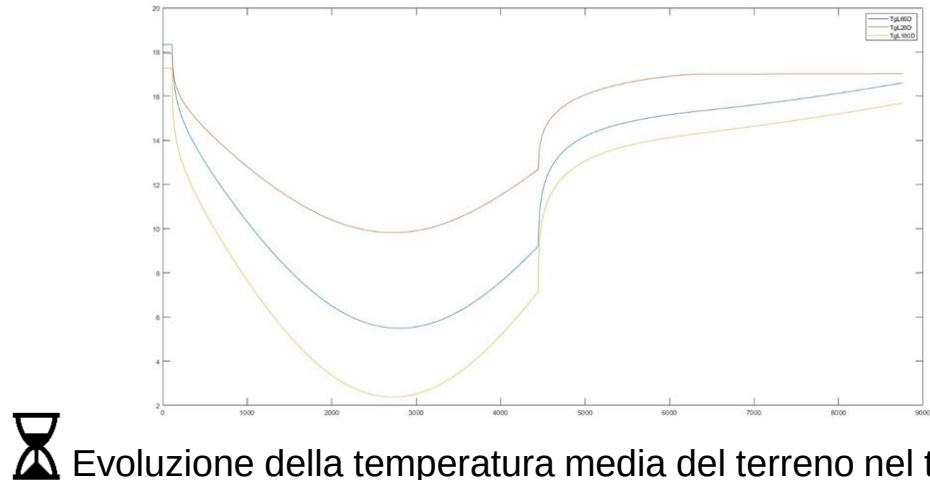
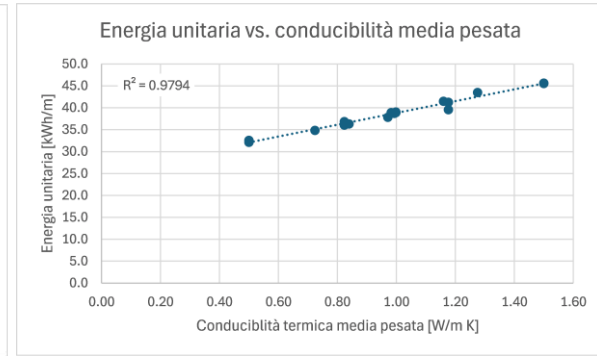
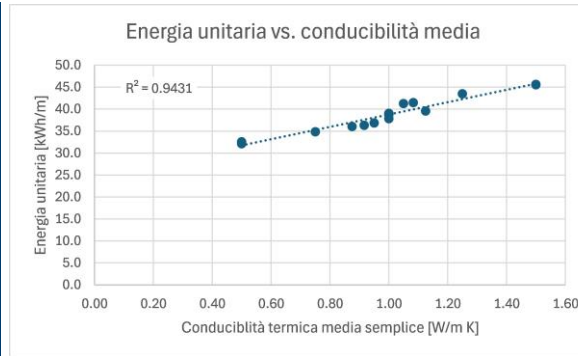
$$T_{amb} = 17 + 17 \sin\left(\pi \frac{t+t_f}{\tau}\right)$$

Profilo di temperatura ambiente secondo norma UNI 10349

Ansys
2024 R2
STUDENT

Influenza della conducibilità termica sull'energia scambiata

- ❑ La conducibilità media pesata fornisce un risultato più accurato.
- ❑ Il valore medio di conducibilità restituisce un risultato affidabile.
- Il profilo di temperatura dell'acqua nelle tubazioni come viene influenzato dalle differenti stratigrafie?



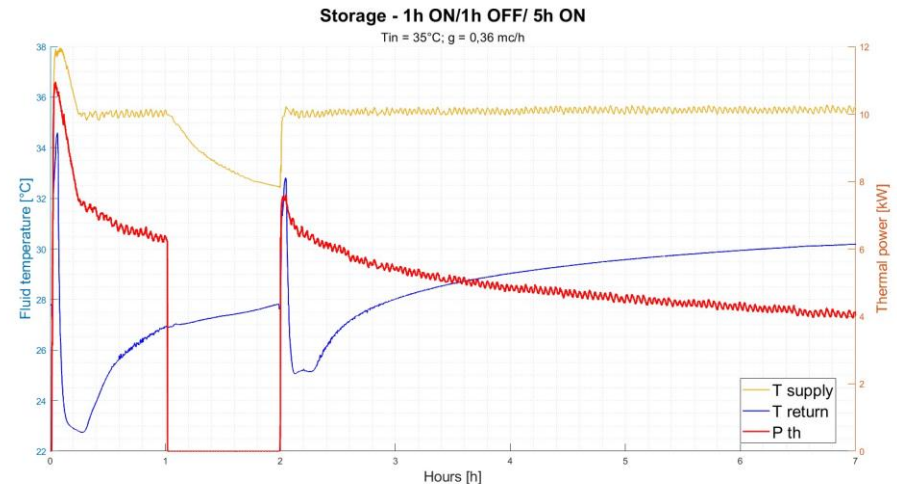
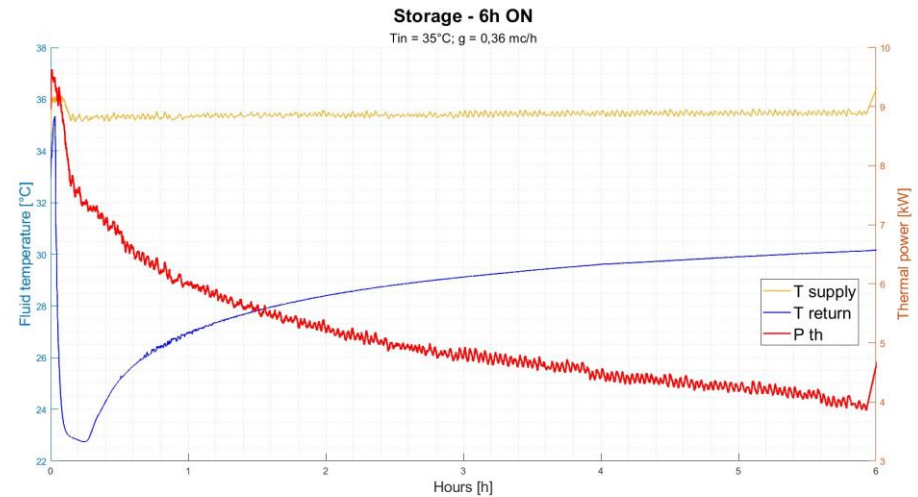
Evoluzione della temperatura media del terreno nel tempo per effetto di una sollecitazione stagionale

Prove sperimentali di accumulo termico – sito Casaccia

- ❑ Temperatura di immissione costante.
- ❑ L'energia scambiata non è costante nel tempo.
- ❑ Applicazione di logiche di Demand-Side Management.

$$P_{th} = g c_P (T_{IN}(t_1) - T_{OUT}(t_1 + \Delta t)) [W]$$

Potenza termica scambiata con la risorsa

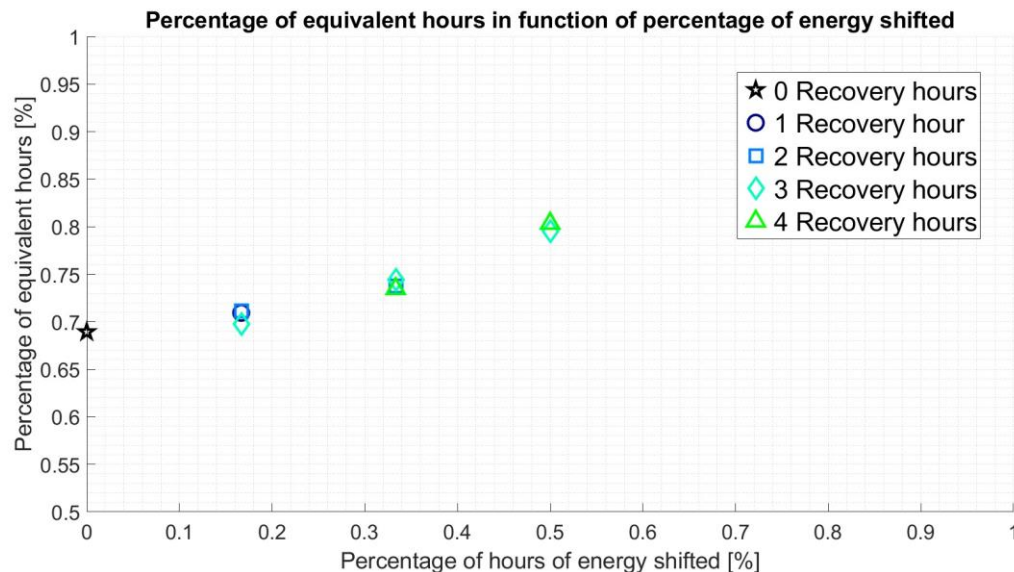


Effetto della quantità di ore anticipate sull'energia scambiata

- ❑ Parametri di Demand-Side Management: tempo di recupero e quantità di ore anticipate.
- ❑ La percentuale di ore equivalenti alla prima ora di funzionamento incrementa fino al 50% di ore anticipate.
- ❑ Tra il 50% e il 100% le ore equivalenti della risorsa diminuiscono e tendono al valore di 0%.



Test sperimentali realizzati ad oggi fino al 50% di ore anticipate.

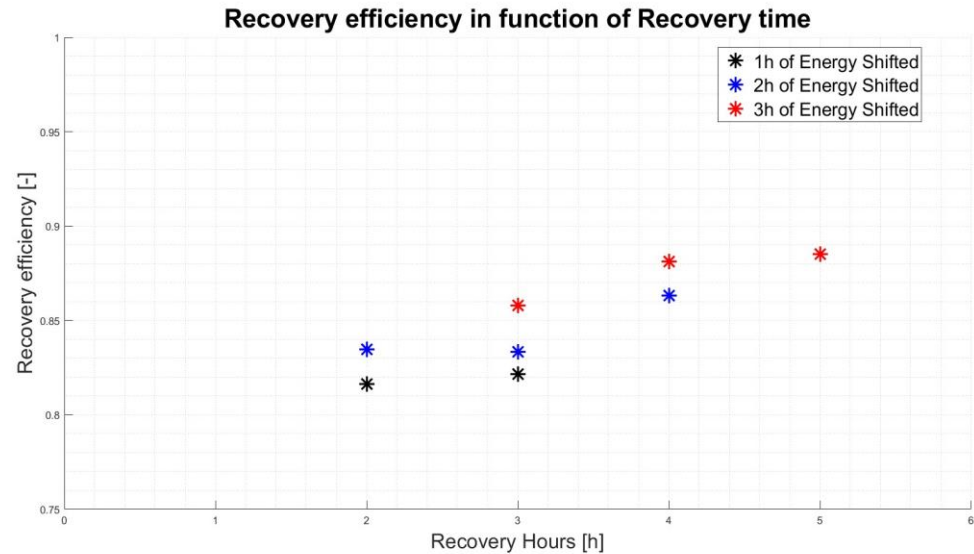


$$h_{eq} = \frac{\frac{1}{3.6 \times 10^6} \sum_1^n P_{th,i}}{E_{1st-hour}} [\%]$$

Percentuale di ore equivalenti

Efficienza di recupero termico del terreno dopo le interruzioni

- ❑ L'aumento della durata dell'interruzione delle operazioni incrementa la potenza termica scambiata con la risorsa.
 - ❑ L'efficienza di recupero cresce dal 80% al 90%.
- Q L'incremento maggiore avviene tra 3 e 4 ore di recupero.



$$\eta_{h1-recovery} = \frac{E_{1st-hour \text{ Post-recovery}}}{E_{1st-hour}} [-]$$

Efficienza di recupero termico dopo l'interruzione delle operazioni

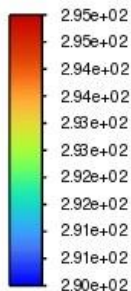
Effetto del Demand-Side Management sulla sollecitazione termica

- ❑ La differente gestione delle operazioni dell'impianto modifica la penetrazione della sollecitazione termica nel terreno.
- ❑ Analisi delle pulsazioni termiche per determinare la condizione di regime stazionario.



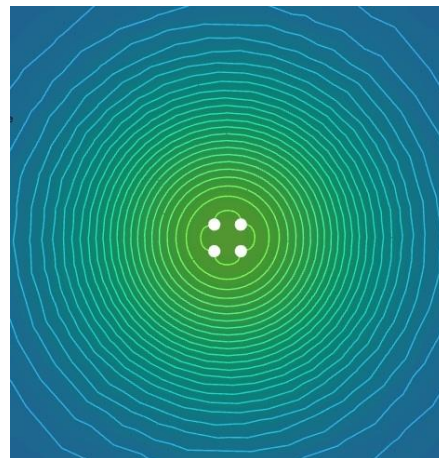
Modellazione numerica delle prove di accumulo termico eseguite con logiche di Demand-Side Management.

Static Temperature
[K]

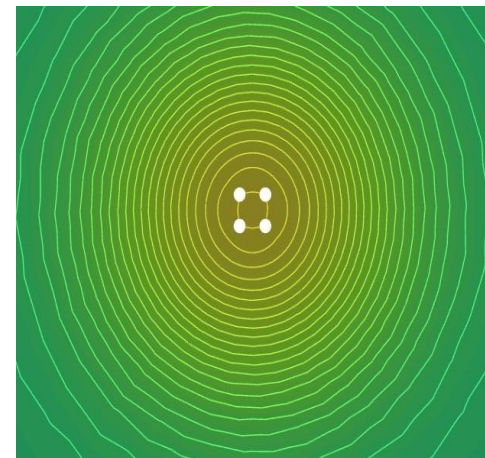


contour-1

Ansys
2024 R2
STUDENT



Sezione del BHE senza logiche di Demand-Side Management



Sezione del BHE con logiche di Demand-Side Management

$$t = \frac{5 r_b^2}{\alpha} [s]$$

Tempo caratteristico del Borehole
(Claesson e Eskilson)

Prospettive di ricerca



Applicazione dei BHEs e del Demand-Side Management a reti di teleriscaldamento per aumentarne l'inerzia termica e la flessibilità.



Integrazione della sorgente geotermica con quella solare per la valutazione dell'accumulo termico stagionale.



Proposta di integrazione di correlazioni matematiche per il metodo di dimensionamento attuale delle GSHPs.

annacarmela.violante@enea.it
raniero.trinchieri@enea.it
leonardo.colacino@uniroma1.it



1101 0110 1100
0101 0010 1101
0001 0110 1110
1101 0010 1101
1111 1010 0000

