



Consiglio Nazionale delle Ricerche

Istituto di Geoscienze e Georisorse



Settimana  
del Pianeta Terra

# Il calcolo del potenziale geotermico

Gianluca Gola

[g.gola@igg.cnr.it](mailto:g.gola@igg.cnr.it)

Istituto di Geoscienze e Georisorse, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Via Moruzzi 1 – 56124 PISA  
[manzella@igg.cnr.it](mailto:manzella@igg.cnr.it)



# Alcuni Progetti di Ricerca CNR per la GEOTERMIA

1986

2005

2006

2009

2010

2011

2012

2013

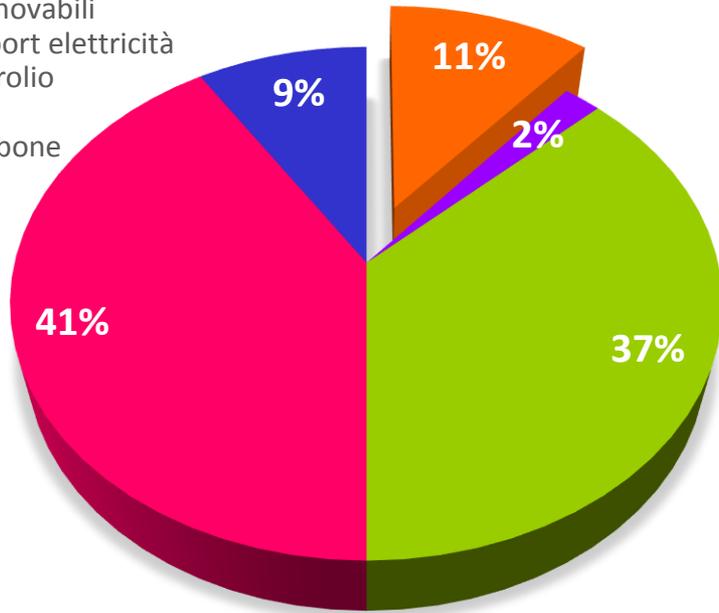


IGG – Istituto di Geoscienze e Georisorse  
Consiglio Nazionale delle Ricerche



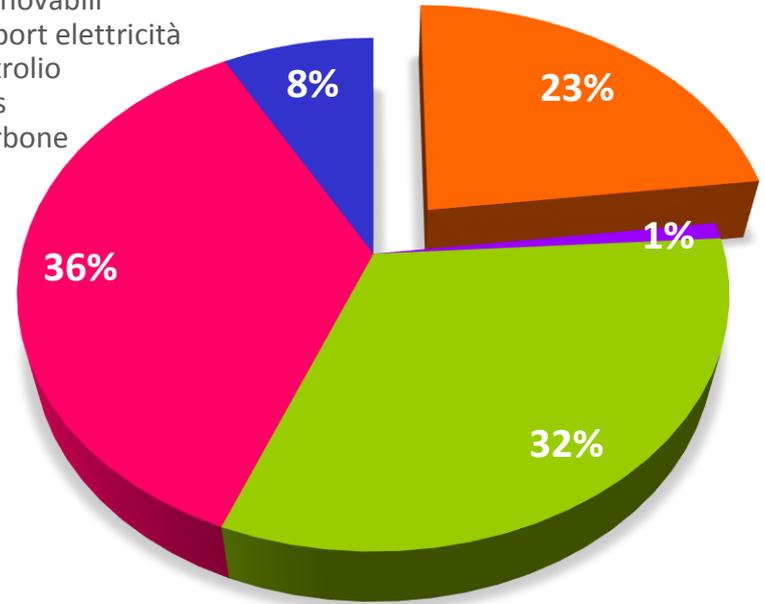
# Strategia Energetica Nazionale (MiSE 2013)

■ Rinnovabili  
■ Import elettricità  
■ Petrolio  
■ Gas  
■ Carbone



Domanda di energia primaria per fonte nel 2010.  
(MiSE, ENEA 2013)

■ Rinnovabili  
■ Import elettricità  
■ Petrolio  
■ Gas  
■ Carbone



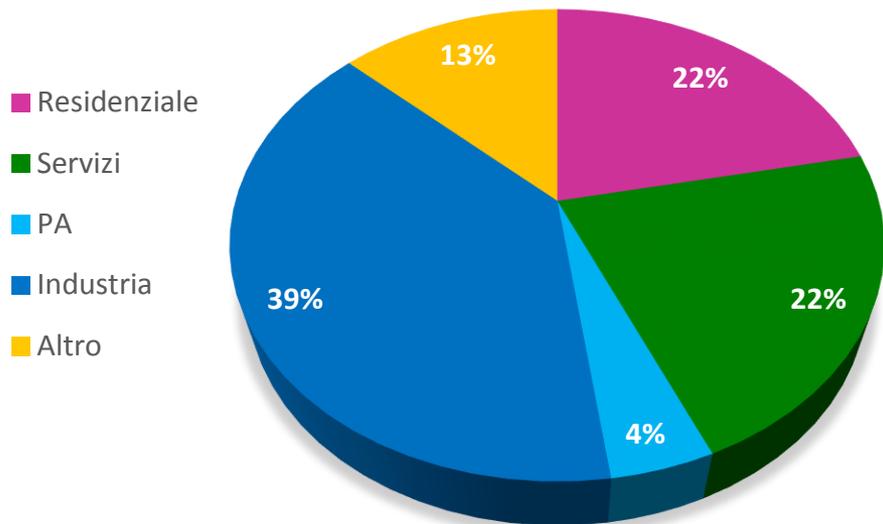
Evoluzione consumi energetici primari al 2020.  
(MiSE 2013)

**Si prevede la riduzione assoluta dei consumi primari (da 165 Mtep a 155-160 Mtep) e la diminuzione della dipendenza da combustibili fossili a beneficio delle Rinnovabili**



# Consumi energetici: Cosa si può fare con la GEOTERMIA?

Stime Consumo Elettrico per Settore nel 2010.  
(MiSE 2013)



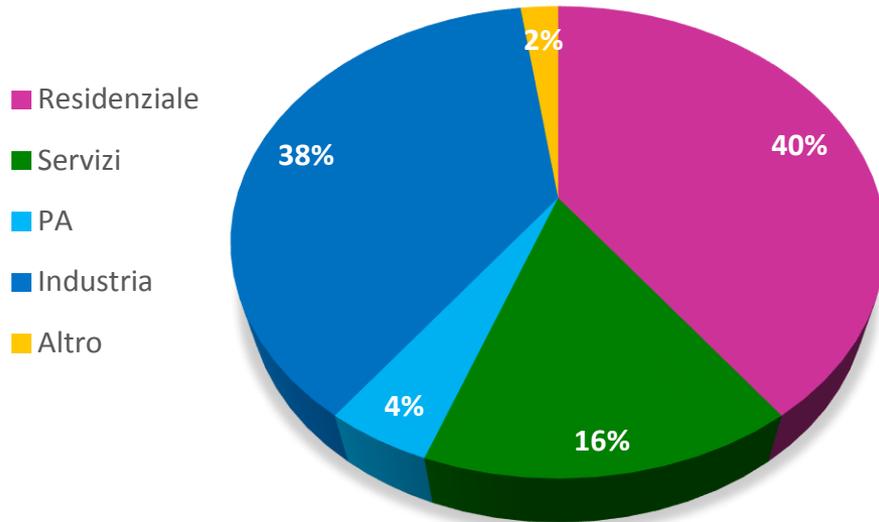
I consumi termici rappresentano la quota maggiore dei consumi energetici del Paese.

Escluso il settore dei trasporti, incidono per il 66% sull'utilizzo finale dell'energia.



# Consumi energetici: Cosa si può fare con la GEOTERMIA?

Stime Consumo Termico per Settore nel 2010.  
(MiSE 2013)



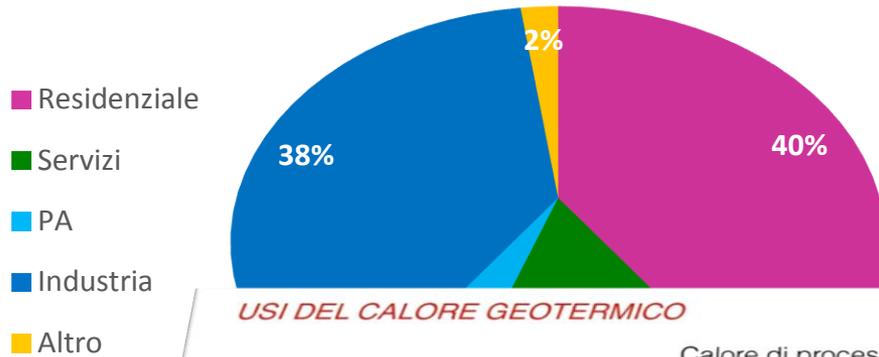
I consumi termici rappresentano la quota maggiore dei consumi energetici del Paese.

Escluso il settore dei trasporti, incidono per il 66% sull'utilizzo finale dell'energia.



# Consumi energetici: Cosa si può fare con la GEOTERMIA?

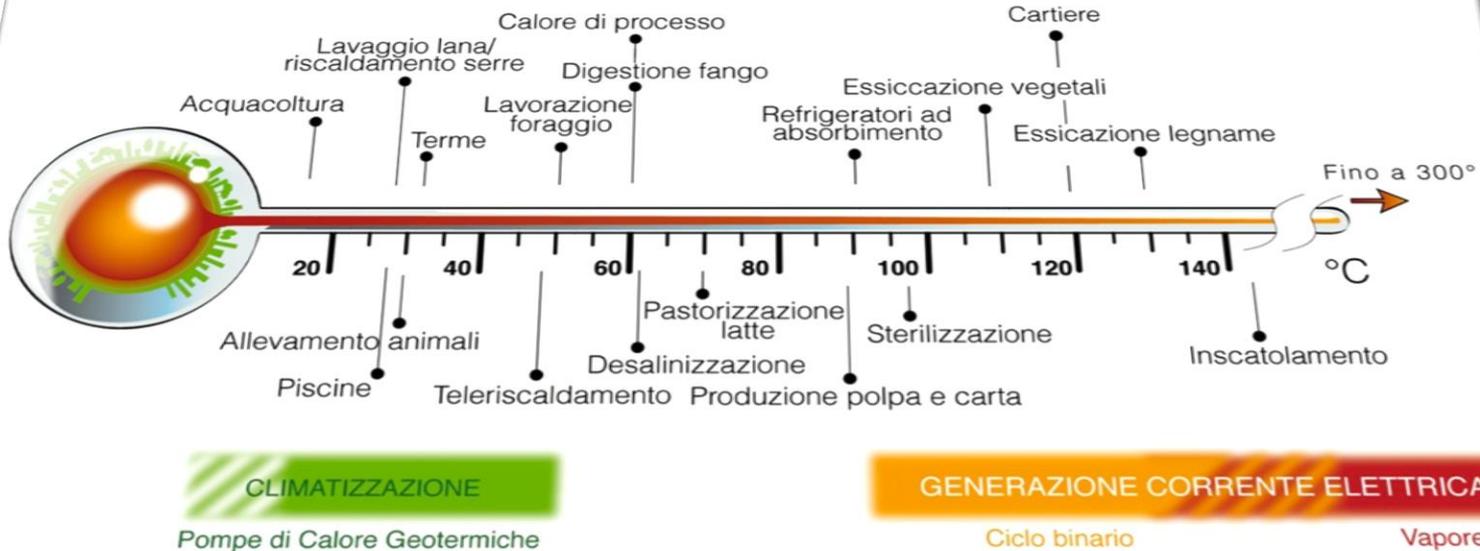
Stime Consumo Termico per Settore nel 2010.  
(MiSE 2013)



I consumi termici rappresentano la quota maggiore dei consumi energetici del Paese.

Escluso il settore dei trasporti, incidono per il 66% sull'utilizzo finale dell'energia.

## USI DEL CALORE GEOTERMICO



# Obiettivi della valutazione del Potenziale Regionale

- pianificazione di impianti
- l'individuazione delle opportunità e criticità in funzione delle peculiarità territoriali

- valutazione e quantificazione del potenziale energetico profondo utilizzabile per diverse tecnologie

Strumento per:  
Amministrazioni,  
Progettisti,  
Imprenditori,  
Compagnie  
assicurative

Potenziale  
geotermico  
regionale profondo

Potenziale di  
geoscambio per  
sistemi a circuito  
aperto

Potenziale di  
geoscambio per  
sistemi a circuito  
chiuso

- individuazione delle potenzialità del territorio all'impiego di sistemi geotermici di bassa entalpia con l'utilizzo di acque sotterranee

- individuazione delle potenzialità del territorio relative all'attitudine allo scambio termico con il sottosuolo per la climatizzazione degli edifici

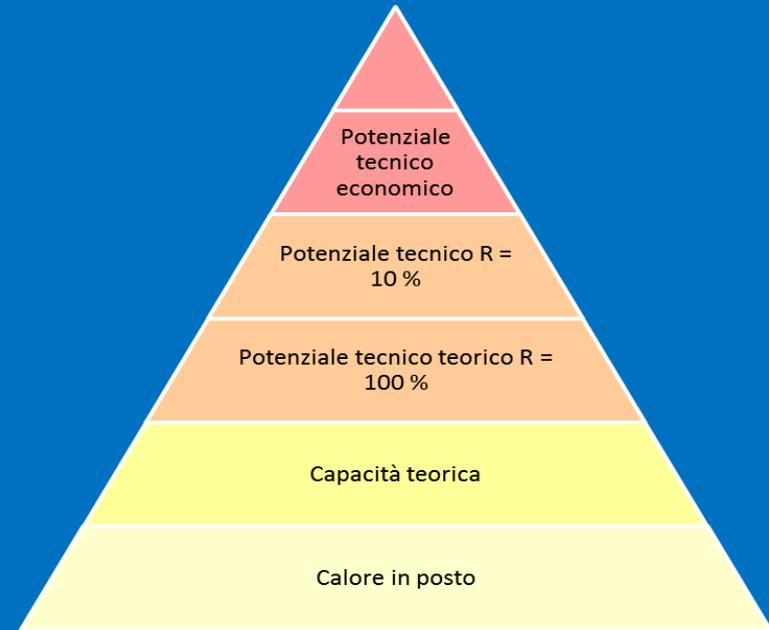
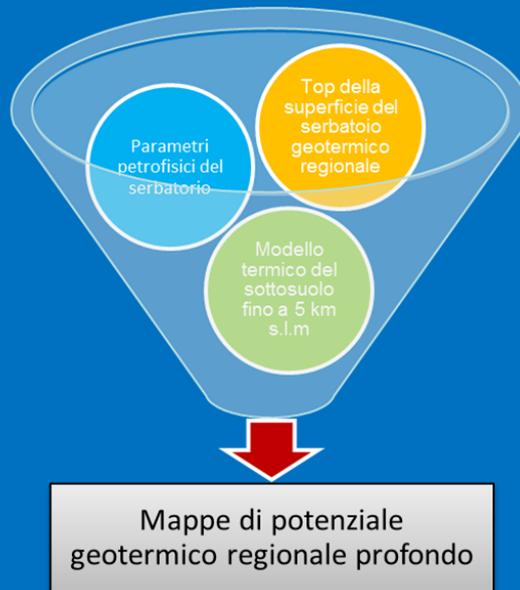


# Il Potenziale Geotermico Profondo: VIGOR thermoGIS

VIGOR  
ThermoGIS



Metodo del Volume



- Protocollo sviluppato ed ottimizzato in collaborazione con il TNO (Servizio Geologico Olandese)
- Valutazione della risorsa del principale acquifero regionale per la produzione di energia elettrica e/o utilizzo diretto del calore (teleriscaldamento e teleclimatizzazione)
- VIGOR ThermoGIS non può e non vuole sostituire l'approccio dell'esplorazione geologica
- VIGOR ThermoGIS può essere utilizzato per individuare l'area di dettaglio su cui effettuare l'esplorazione geologica

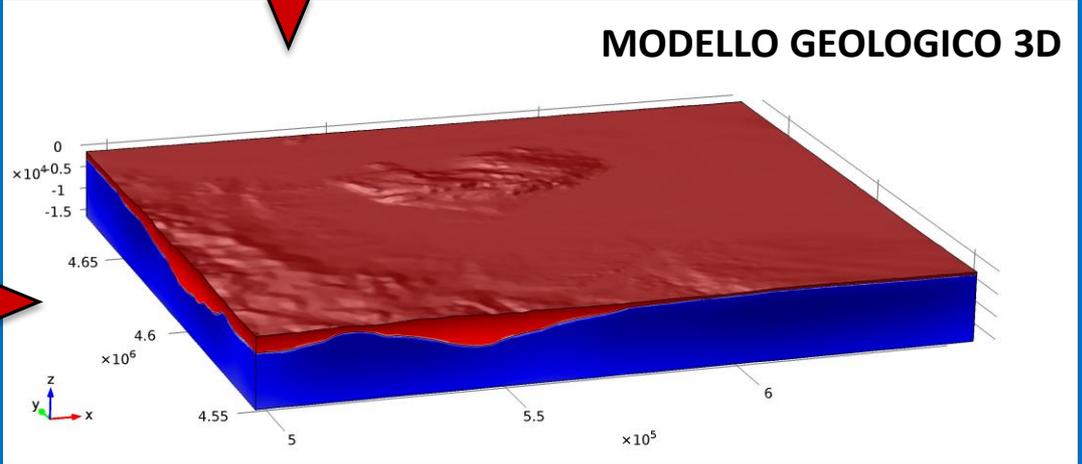
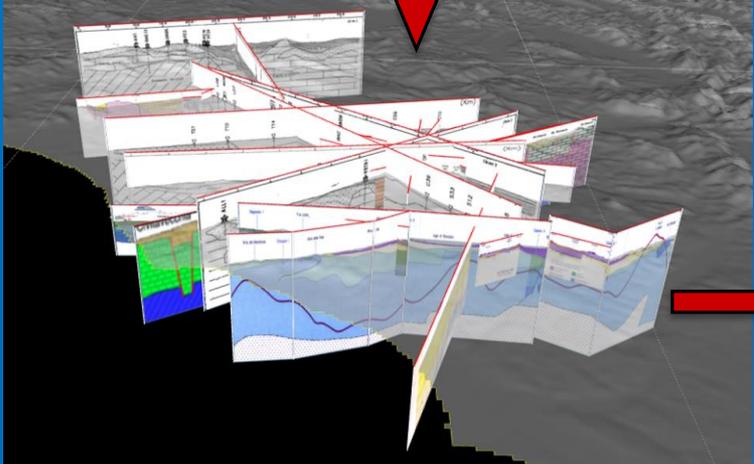
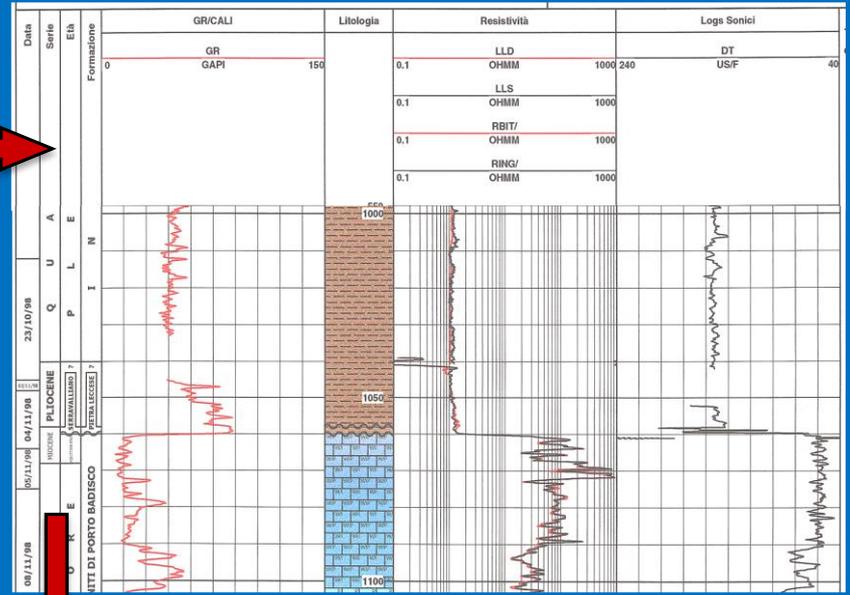
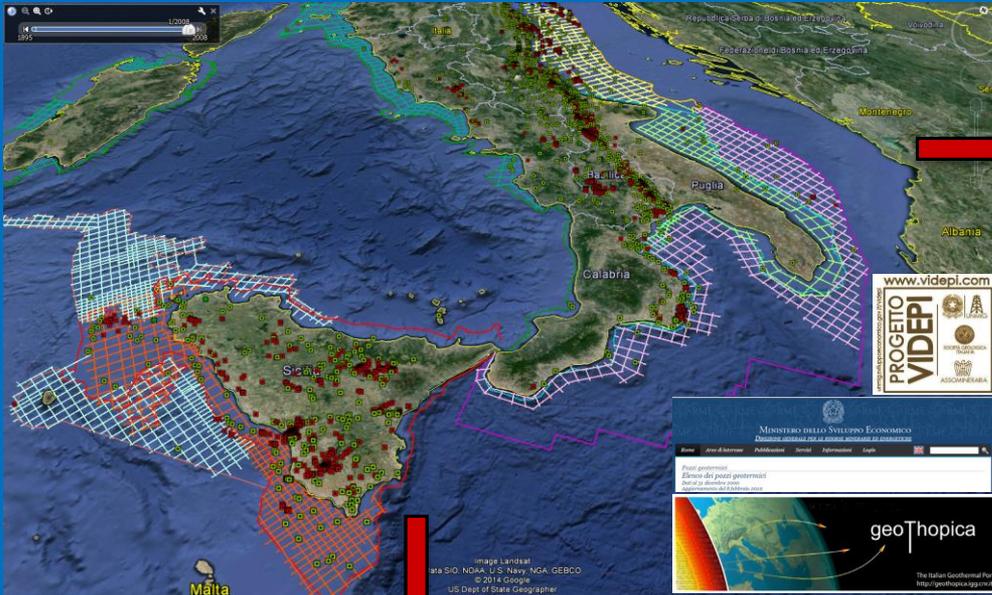


IGG – Istituto di Geoscienze e Georisorse  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

**TNO** innovation  
for life



# Geometrie del serbatoio



Frutto dell'integrazione di dati di pozzo, linee sismiche interpretate, prospezioni geofisiche.

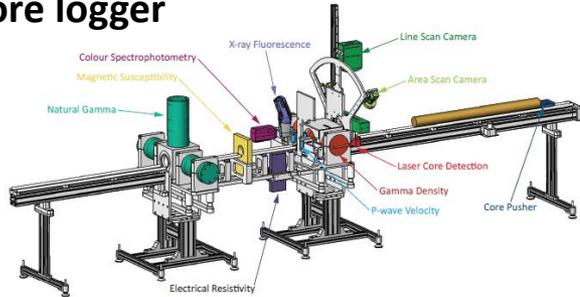


IGG – Istituto di Geoscienze e Georisorse  
Consiglio Nazionale delle Ricerche



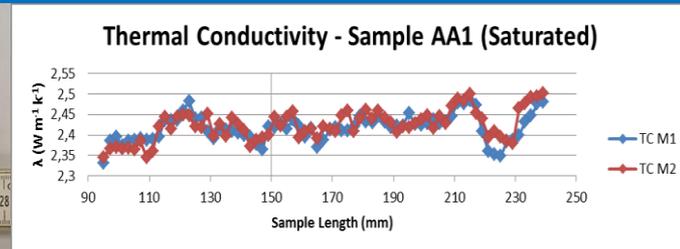
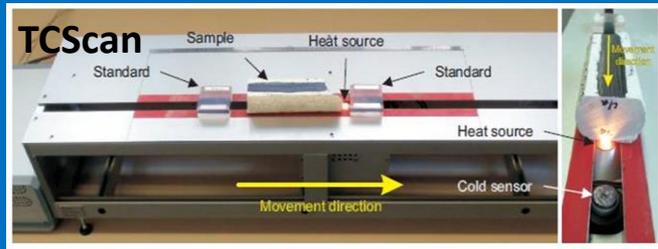
# Petrofisica di Serbatoio: PROPRIETA' TERMICHE

## Core logger



In collaborazione con RWTH di Aachen (Germania), le proprietà fisiche delle rocce serbatoio sono state indagate in laboratorio su campioni rappresentativi prelevati in superficie:

- DENSITA'
- POROSITA'
- CONDUCIBILITA' TERMICA
- CALORE SPECIFICO
- RESISTIVITA' ELETTRICA
- VELOCITA' ACUSTICA (Onde P)

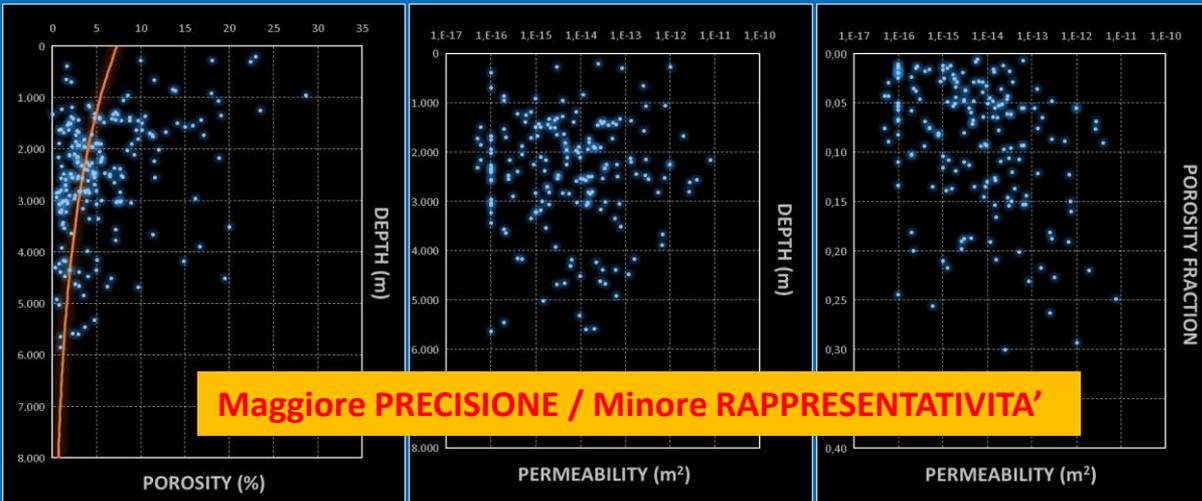


IGG – Istituto di Geoscienze e Georisorse  
Consiglio Nazionale delle Ricerche



# Petrofisica di Serbatoio: PERMEABILITA'

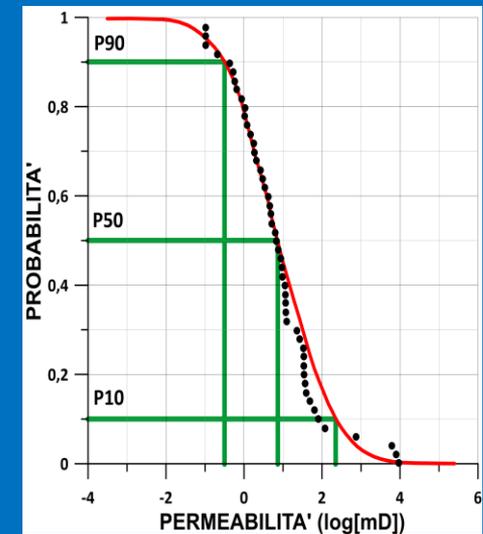
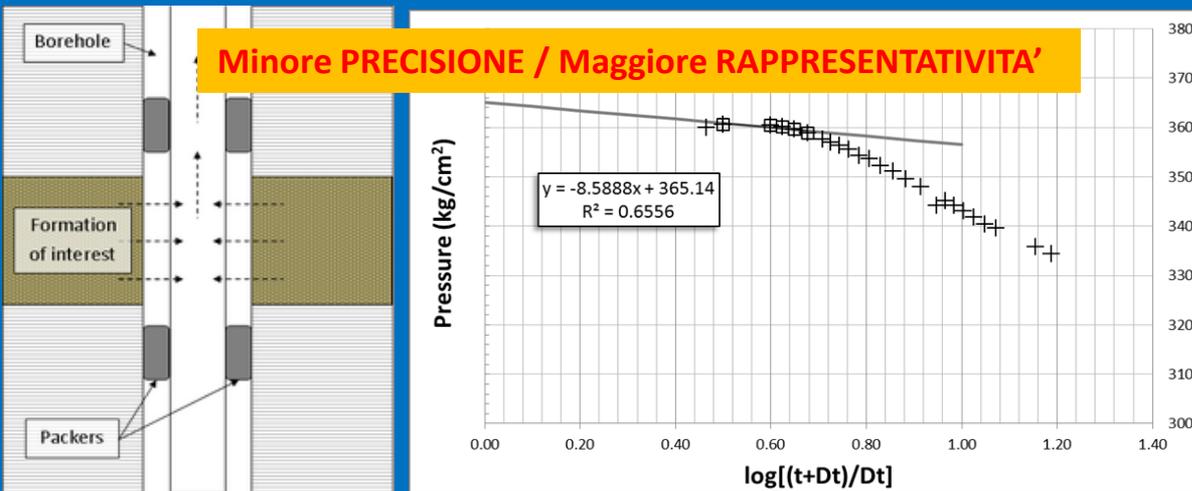
Dati di POROSITA' e PERMEABILITA' (fonte: Eni) misurati su oltre 250 carote di pozzo (calcarei e dolomie)



In serbatoi carbonatici FRATTURATI, non esiste un'apparente relazione PERMEABILITA'-PROFONDITA' o POROSITA' PRIMARIA-PERMEABILITA'

La permeabilità può essere esaminata come una variabile casuale, la cui distribuzione LOGNORMALE dipende da due parametri: VALORE MEDIO e DEVIAZIONE STANDARD

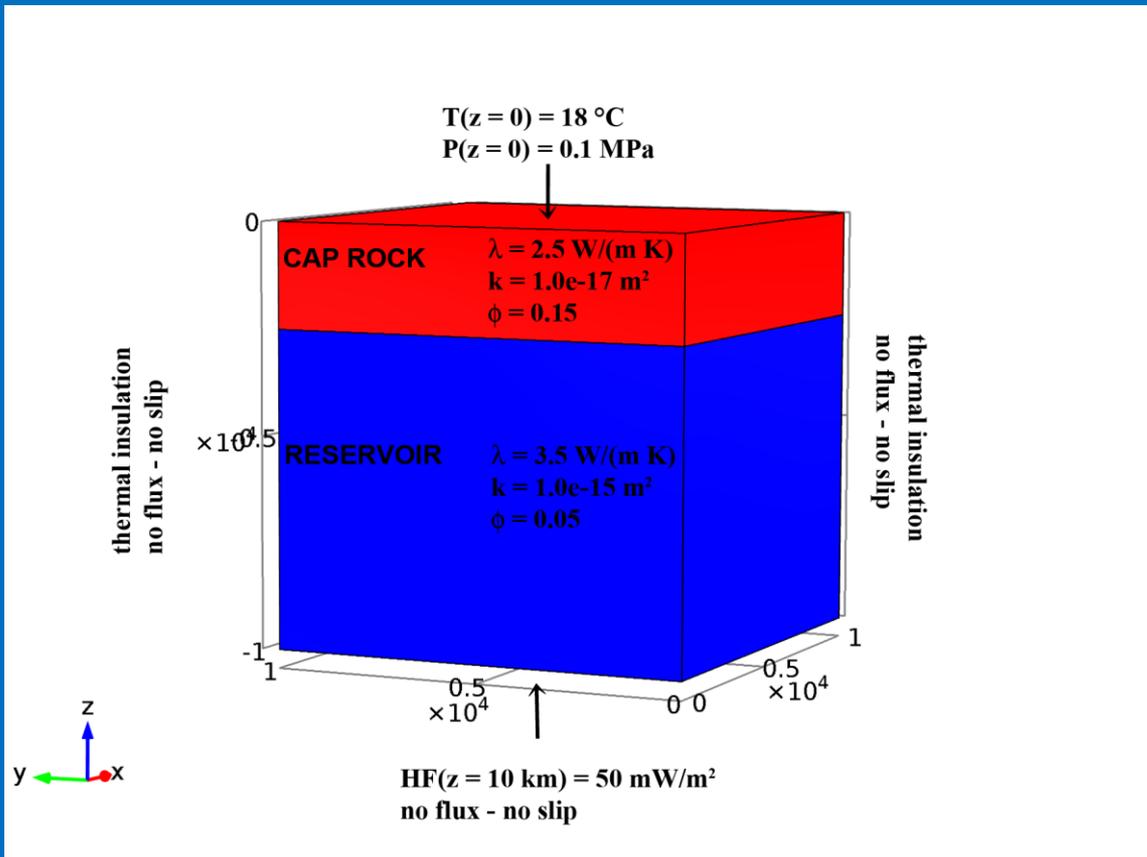
Dati di PERMEABILITA' ottenuti dall'interpretazione di PROVE DI STRATO (DST)



# Sistema Geotermico Convenzionale

La distribuzione della temperatura in profondità è controllata da fenomeni di CONDUZIONE e CONVEZIONE (libera e forzata).

I fluidi profondi in risalita verso la superficie trasportano calore e generano anomalie termiche.



Caratteristica termica dei sistemi geotermici convenzionali è l'instaurarsi di:

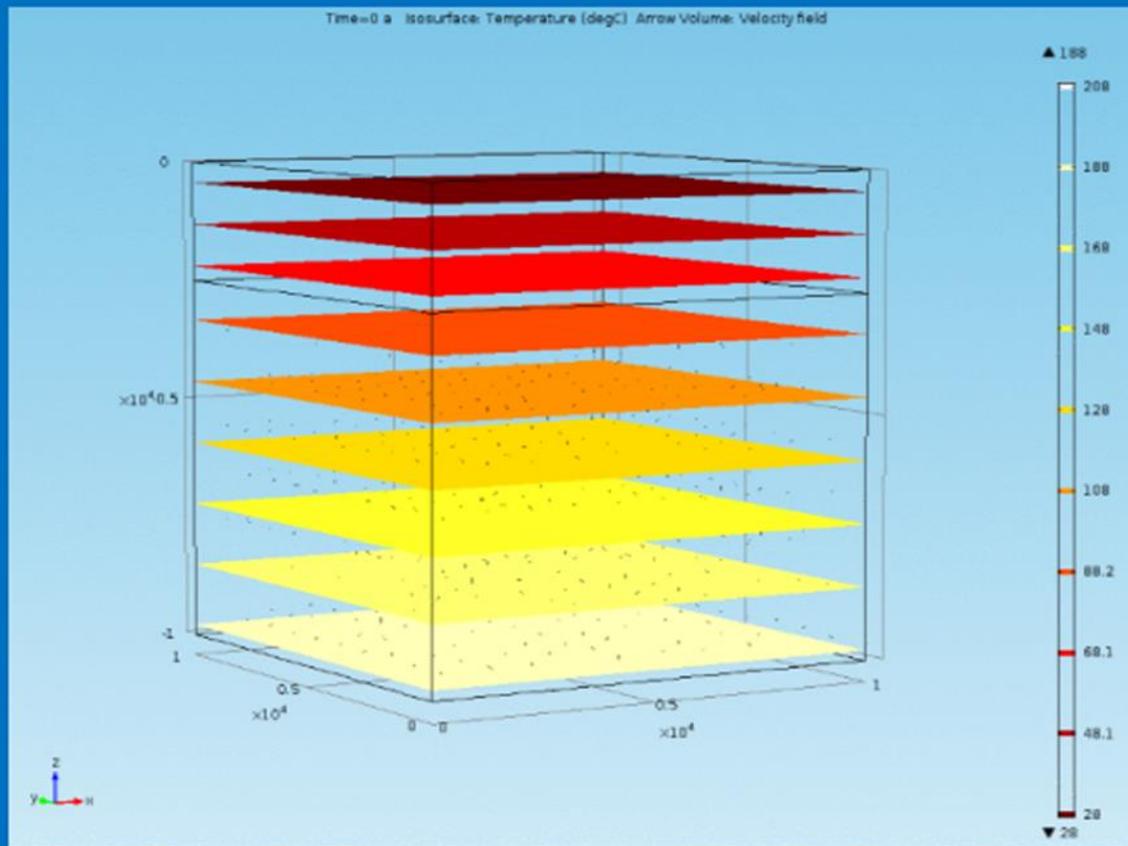
- gradienti di temperatura elevati nelle formazioni impermeabili di copertura (prevale la CONDUZIONE DI CALORE)
- gradienti di temperatura circa isotermici laddove la permeabilità del serbatoio favorisce la circolazione di fluidi (prevale il trasporto di calore per CONVEZIONE)



# Sistema Geotermico Convenzionale

La distribuzione della temperatura in profondità è controllata da fenomeni di CONDUZIONE e CONVEZIONE (libera e forzata).

I fluidi profondi in risalita verso la superficie trasportano calore e generano anomalie termiche.



Caratteristica termica dei sistemi geotermici convenzionali è l'instaurarsi di:

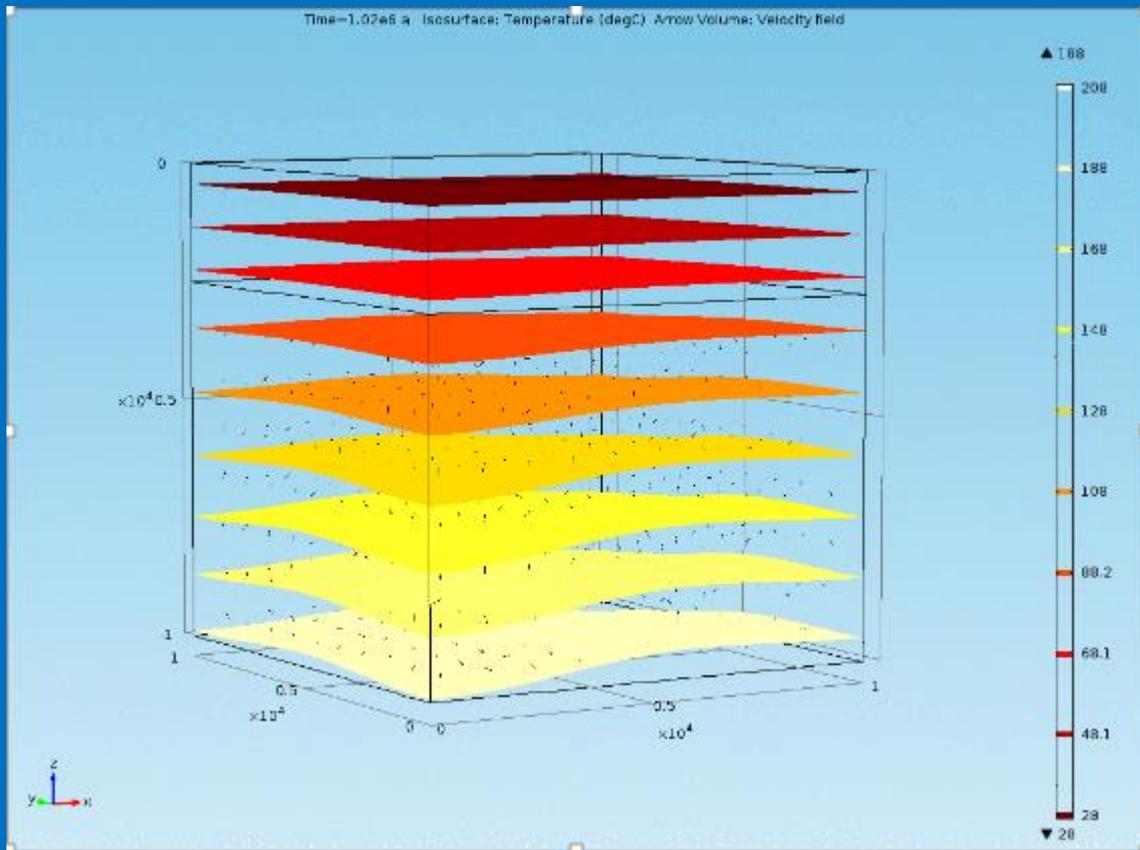
- gradienti di temperatura elevati nelle formazioni impermeabili di copertura (prevale la CONDUZIONE DI CALORE)
- gradienti di temperatura circa isotermici laddove la permeabilità del serbatoio favorisce la circolazione di fluidi (prevale il trasporto di calore per CONVEZIONE)



# Sistema Geotermico Convenzionale

La distribuzione della temperatura in profondità è controllata da fenomeni di CONDUZIONE e CONVEZIONE (libera e forzata).

I fluidi profondi in risalita verso la superficie trasportano calore e generano anomalie termiche.



Caratteristica termica dei sistemi geotermici convenzionali è l'instaurarsi di:

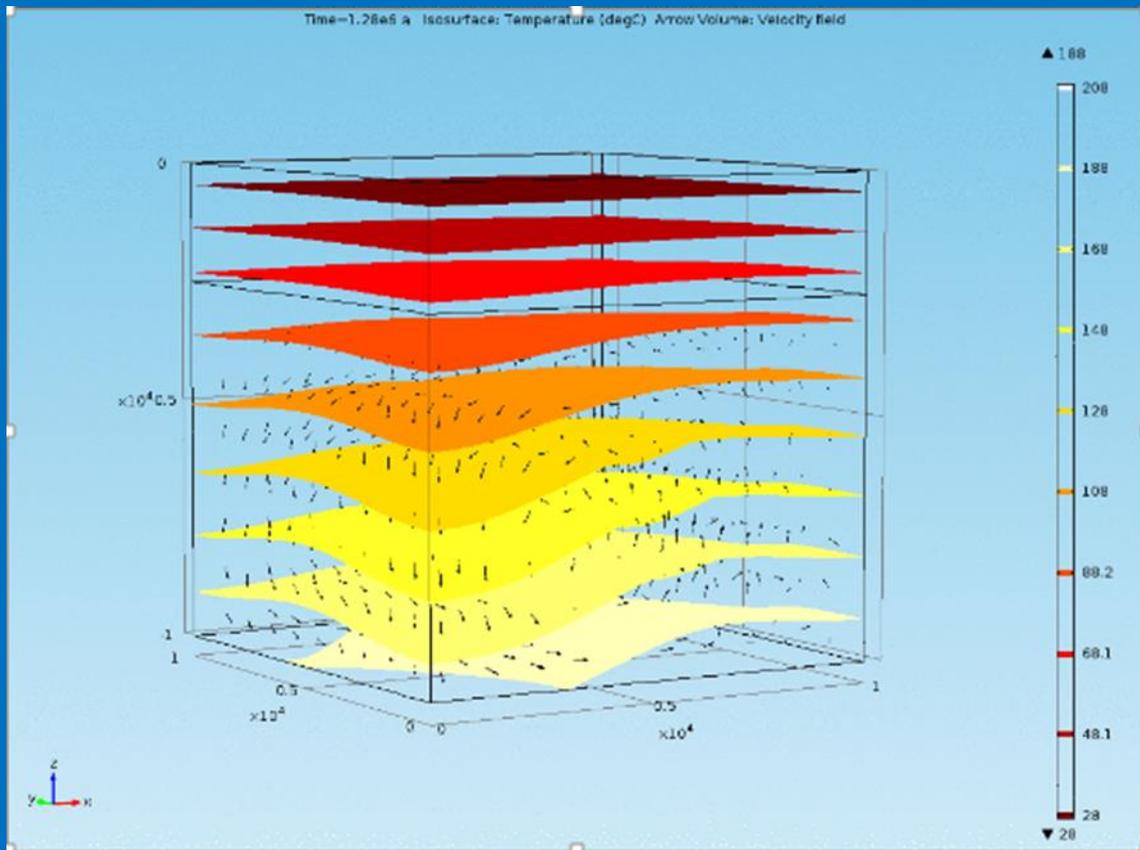
- gradienti di temperatura elevati nelle formazioni impermeabili di copertura (prevale la CONDUZIONE DI CALORE)
- gradienti di temperatura circa isotermici laddove la permeabilità del serbatoio favorisce la circolazione di fluidi (prevale il trasporto di calore per CONVEZIONE)



# Sistema Geotermico Convenzionale

La distribuzione della temperatura in profondità è controllata da fenomeni di **CONDUZIONE** e **CONVEZIONE** (libera e forzata).

I fluidi profondi in risalita verso la superficie trasportano calore e generano anomalie termiche.



Caratteristica termica dei sistemi geotermici convenzionali è l'instaurarsi di:

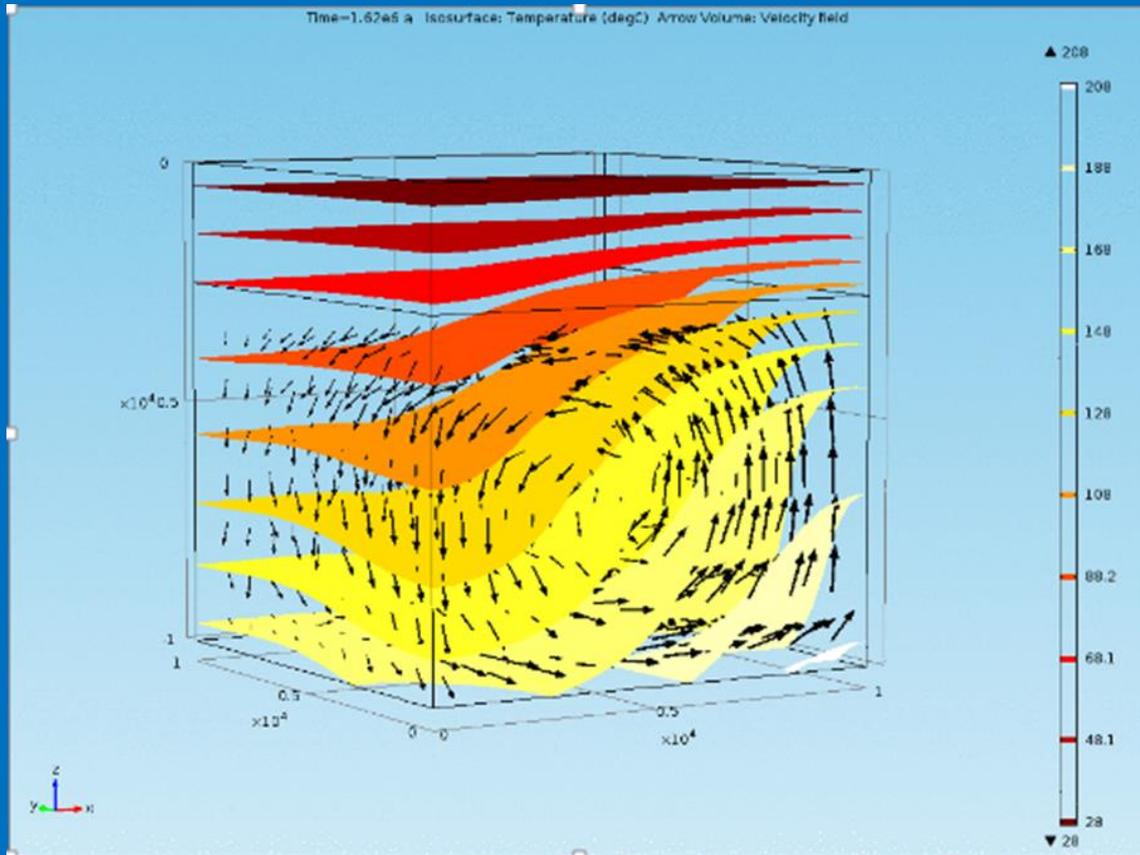
- gradienti di temperatura elevati nelle formazioni impermeabili di copertura (prevale la **CONDUZIONE DI CALORE**)
- gradienti di temperatura circa isotermici laddove la permeabilità del serbatoio favorisce la circolazione di fluidi (prevale il trasporto di calore per **CONVEZIONE**)



# Sistema Geotermico Convenzionale

La distribuzione della temperatura in profondità è controllata da fenomeni di **CONDUZIONE** e **CONVEZIONE** (libera e forzata).

I fluidi profondi in risalita verso la superficie trasportano calore e generano anomalie termiche.



Caratteristica termica dei sistemi geotermici convenzionali è l'instaurarsi di:

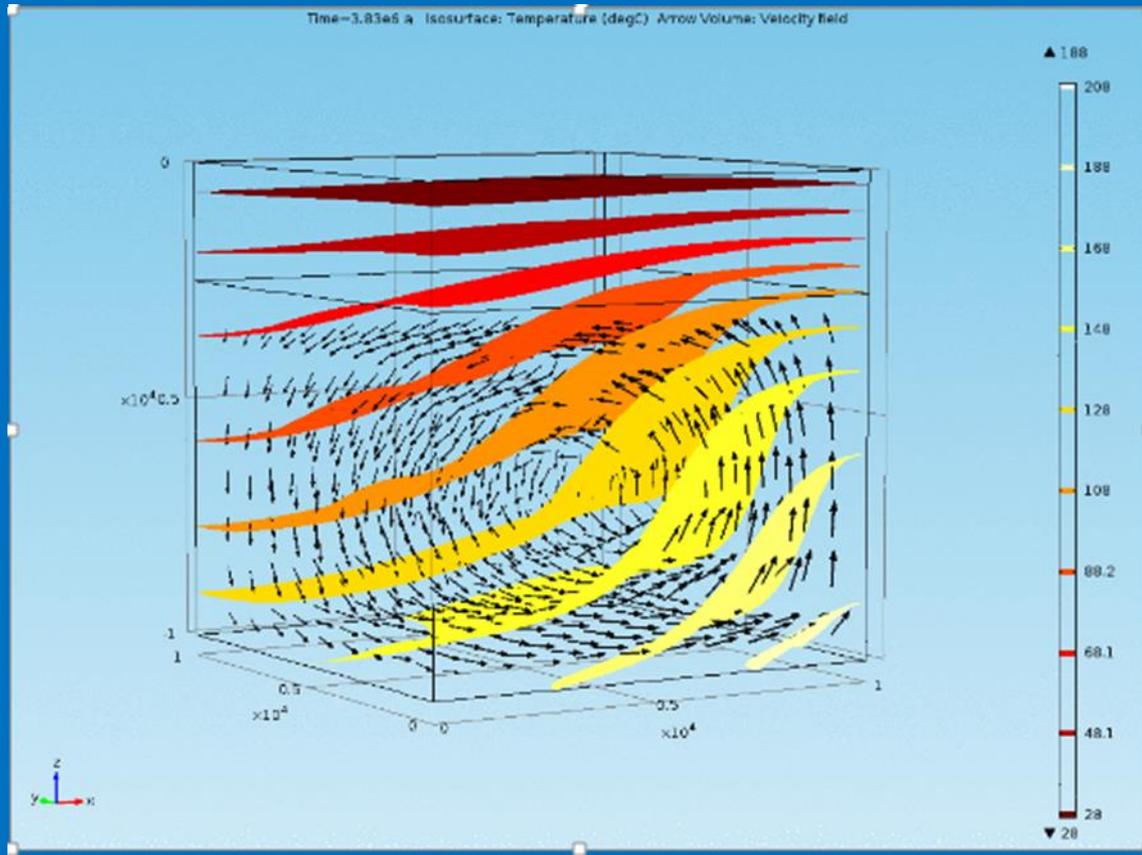
- gradienti di temperatura elevati nelle formazioni impermeabili di copertura (prevale la **CONDUZIONE DI CALORE**)
- gradienti di temperatura circa isotermici laddove la permeabilità del serbatoio favorisce la circolazione di fluidi (prevale il trasporto di calore per **CONVEZIONE**)



# Sistema Geotermico Convenzionale

La distribuzione della temperatura in profondità è controllata da fenomeni di CONDUZIONE e CONVEZIONE (libera e forzata).

I fluidi profondi in risalita verso la superficie trasportano calore e generano anomalie termiche.

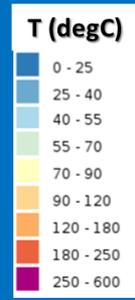
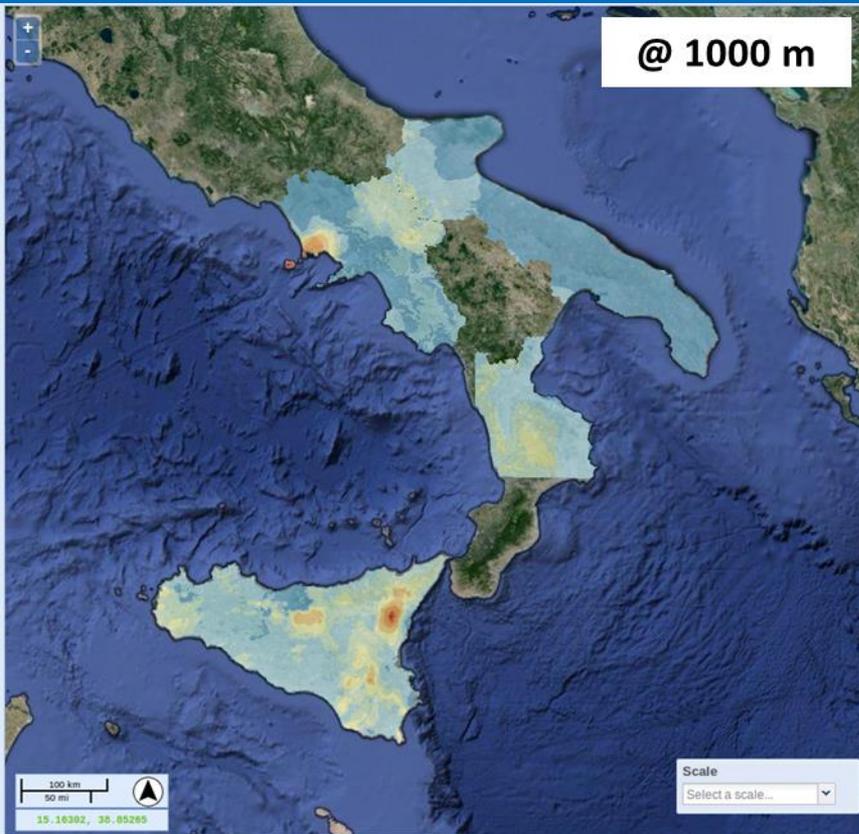
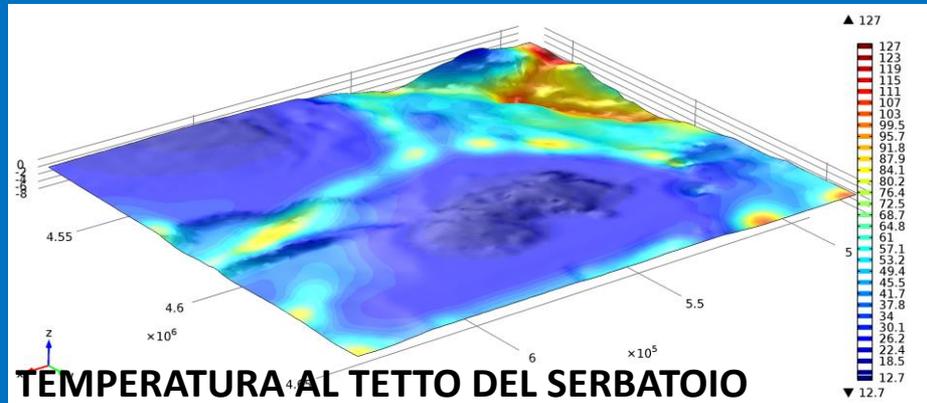
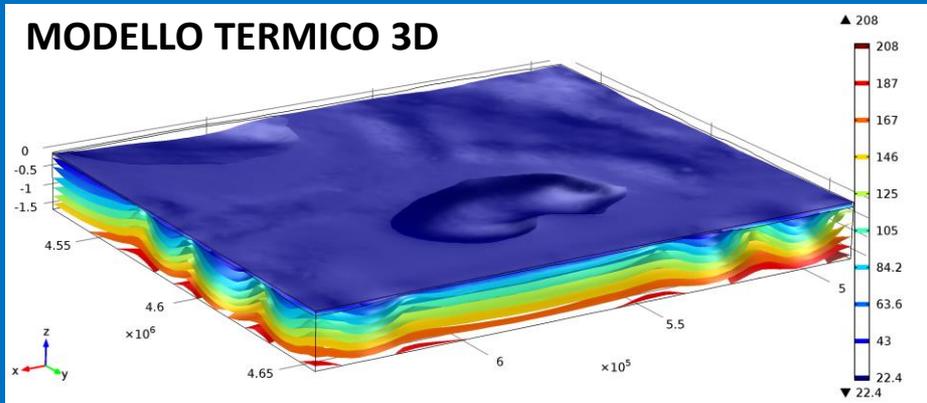


Caratteristica termica dei sistemi geotermici convenzionali è l'instaurarsi di:

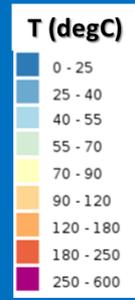
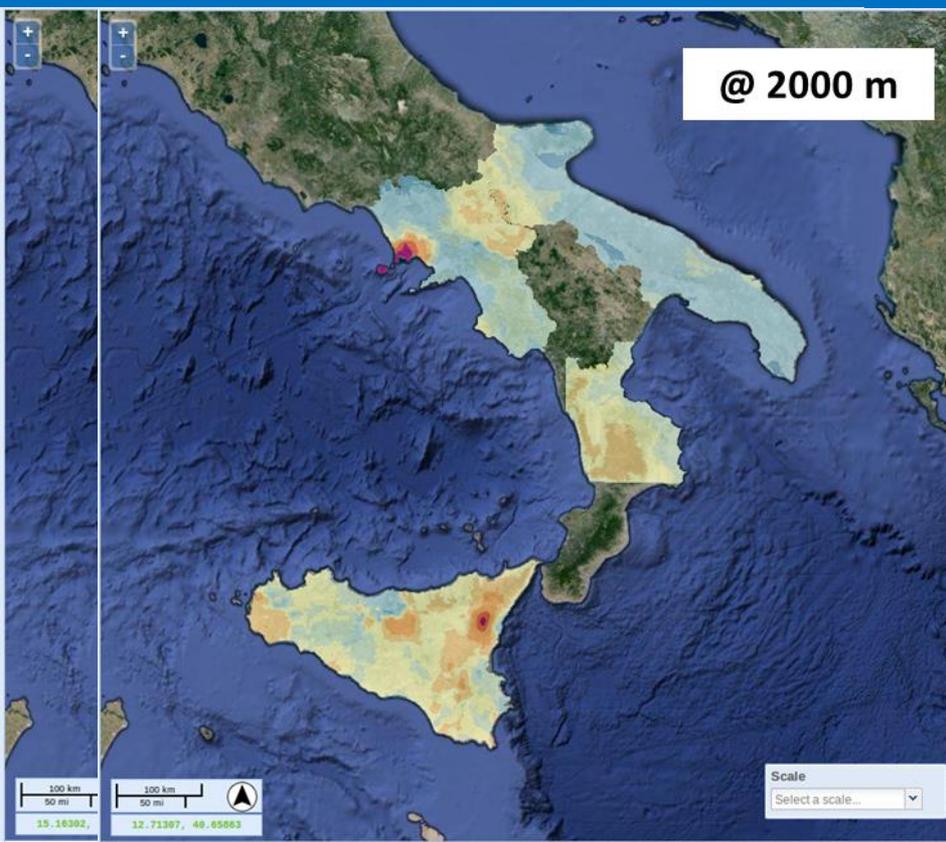
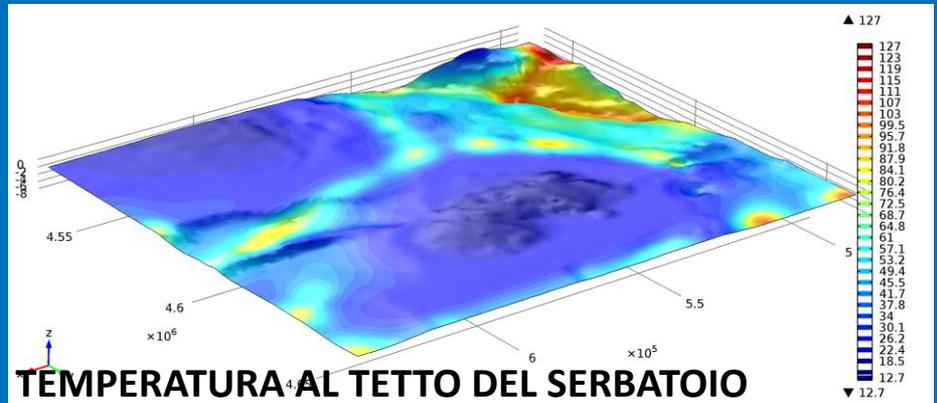
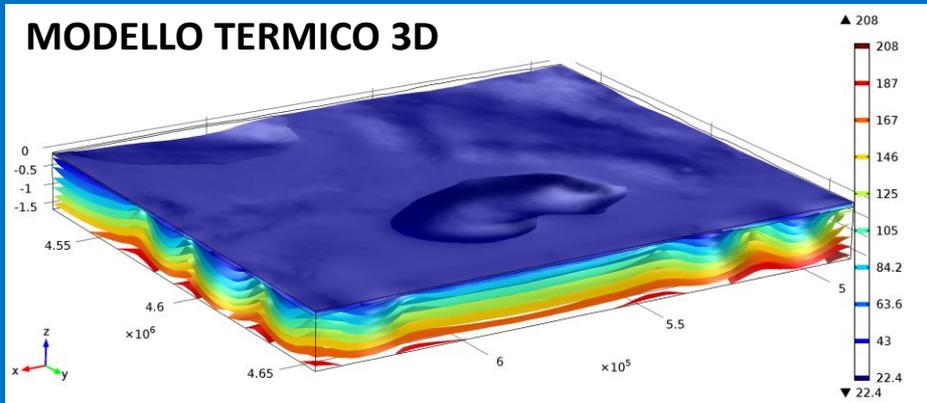
- gradienti di temperatura elevati nelle formazioni impermeabili di copertura (prevale la CONDUZIONE DI CALORE)
- gradienti di temperatura circa isotermici laddove la permeabilità del serbatoio favorisce la circolazione di fluidi (prevale il trasporto di calore per CONVEZIONE)



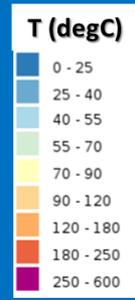
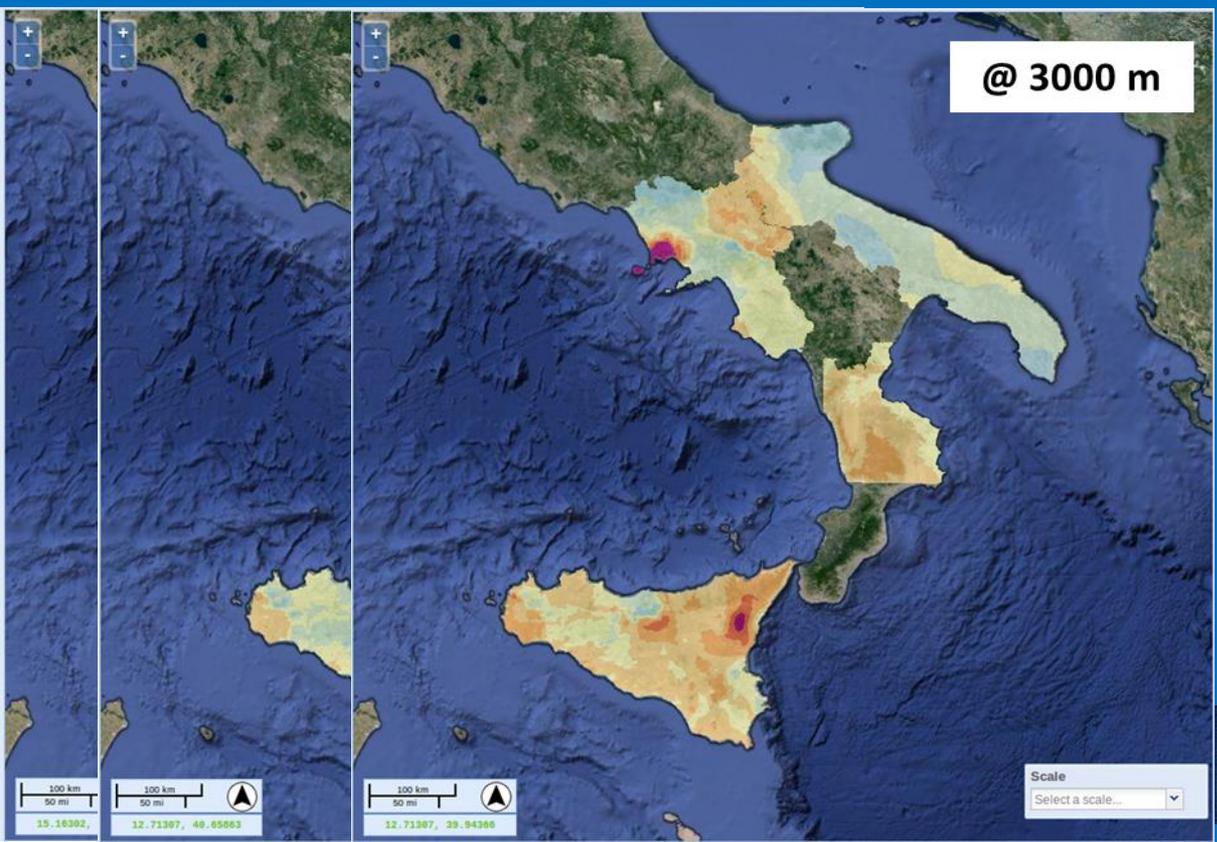
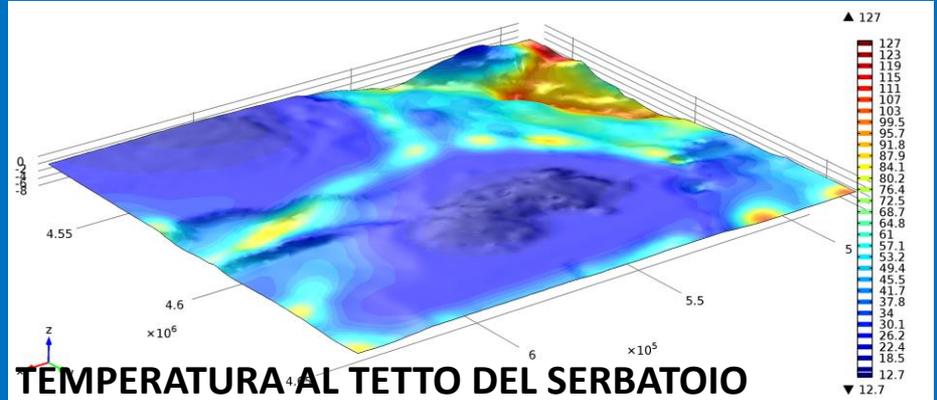
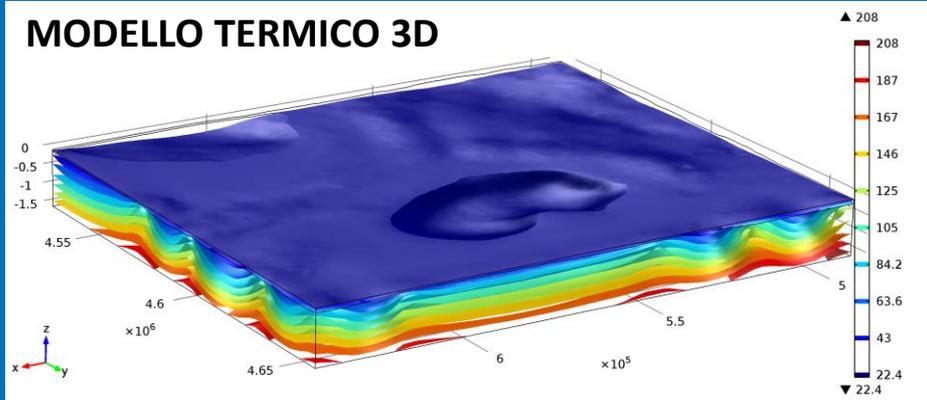
# Stima delle temperature nel sottosuolo fino a 5 km



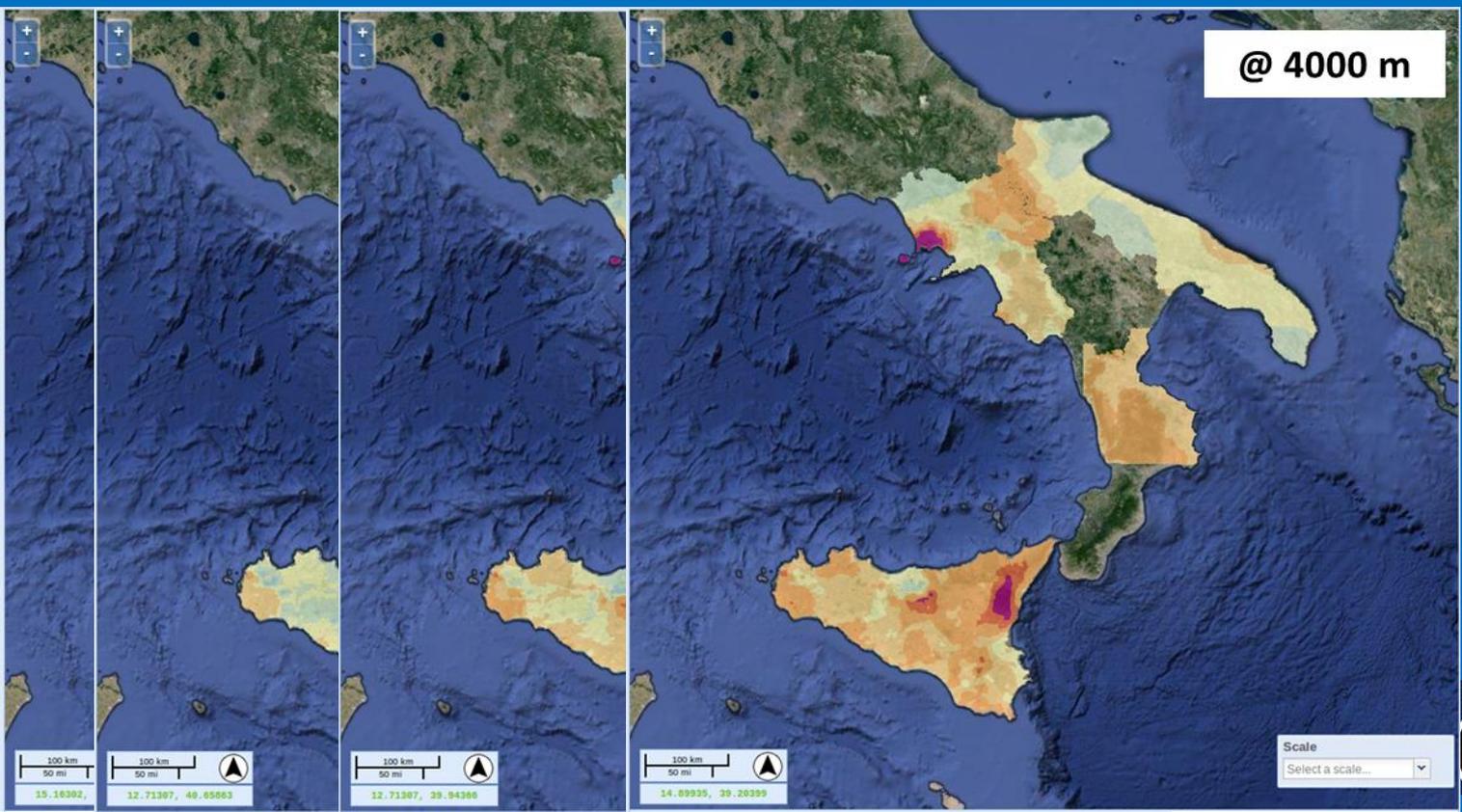
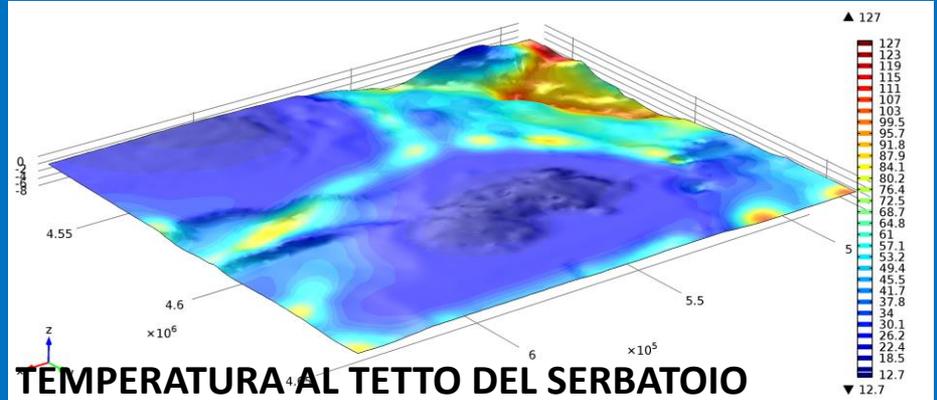
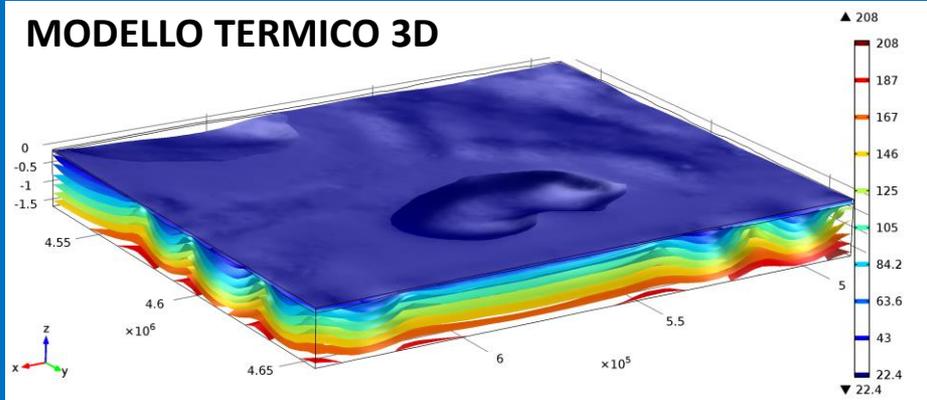
# Stima delle temperature nel sottosuolo fino a 5 km



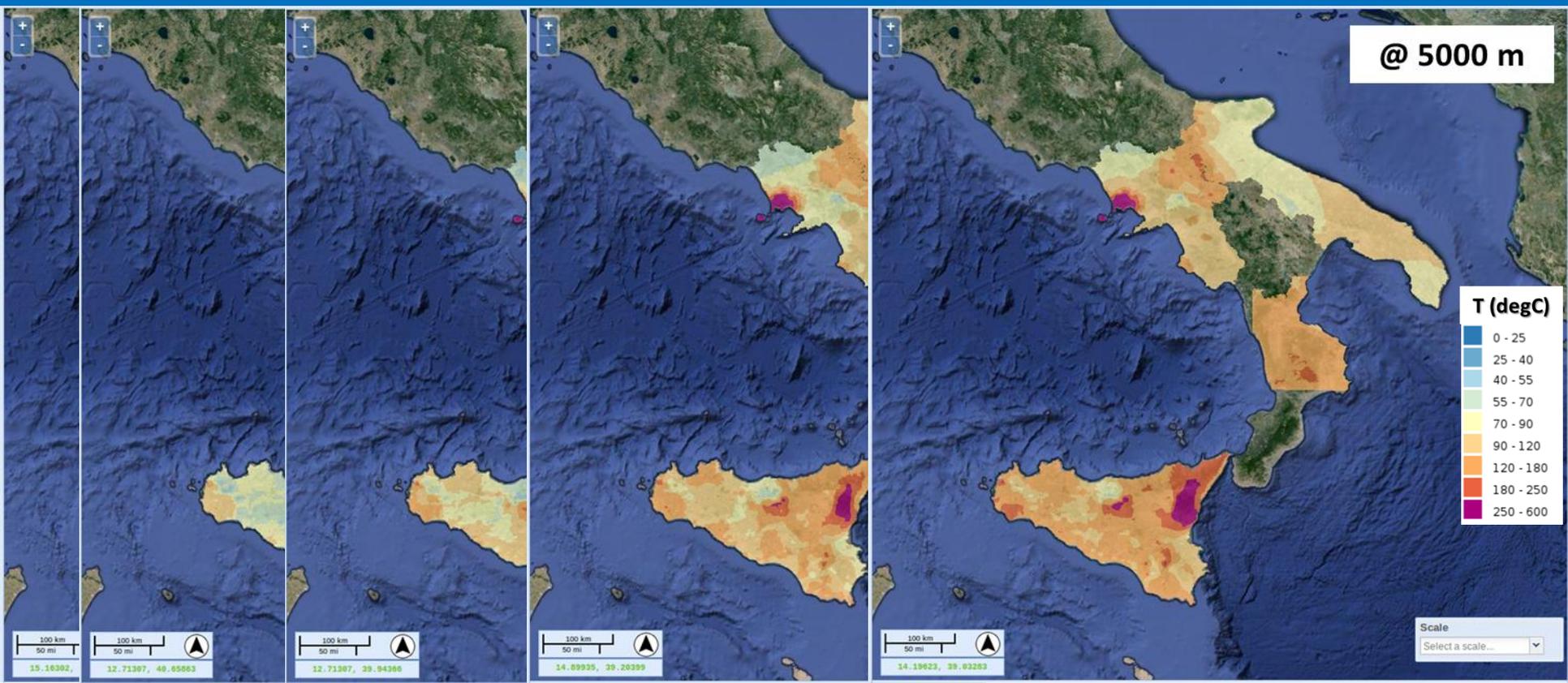
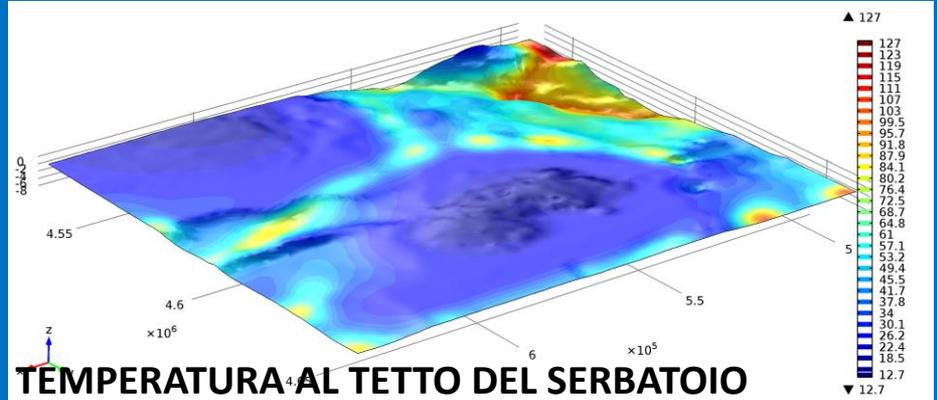
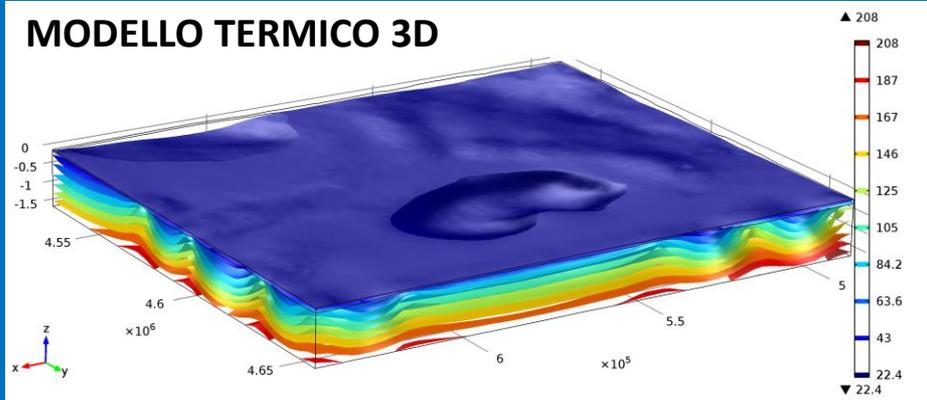
# Stima delle temperature nel sottosuolo fino a 5 km



# Stima delle temperature nel sottosuolo fino a 5 km

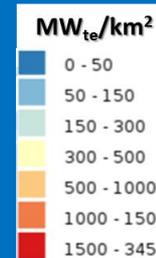
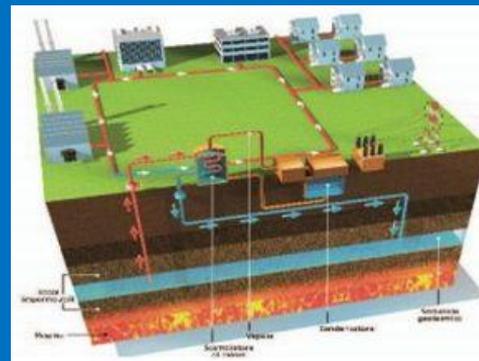
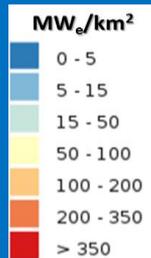
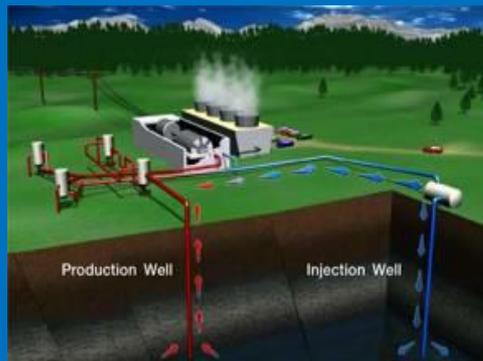


# Stima delle temperature nel sottosuolo fino a 5 km



# Le mappe del potenziale geotermico profondo

Energia elettrica – Teleriscaldamento – Teleclimatizzazione



	Energia elettrica (Impianto binario)
Temperatura minima	120° C
Temperatura di re-iniezione	107° C

	Teleriscaldamento
Temperatura minima	80° C
Temperatura di re-iniezione	44° C

	Teleclimatizzazione
Temperatura minima	60° C
Temperatura di re-iniezione	33° C

Il potenziale tecnico è l'energia termica/elettrica producibile in un determinato intervallo di tempo (30 anni).

Dipende da quanta energia è effettivamente recuperabile in serbatoio e dal tipo di applicazione da installare.

Il Potenziale Tecnico teorico considera un recupero di energia termica pari a 100%. Il Potenziale Tecnico Reale tiene conto di un fattore R di recupero.

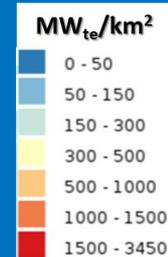
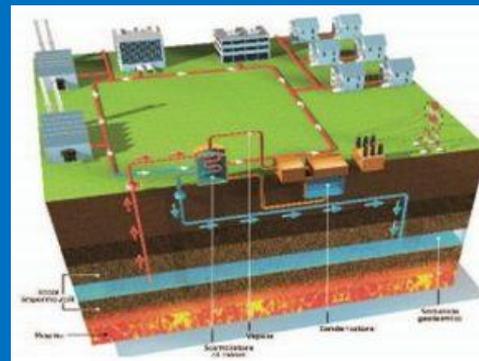
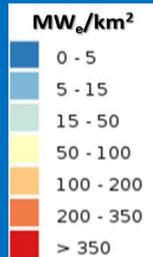
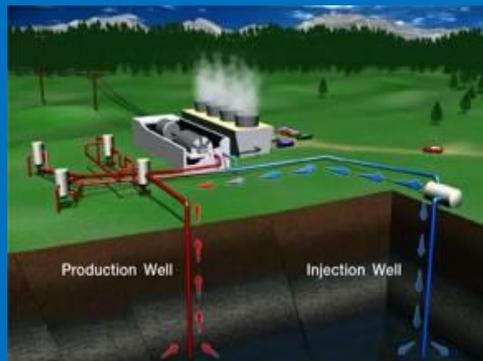


IGG – Istituto di Geoscienze e Georisorse  
Consiglio Nazionale delle Ricerche



# Le mappe del potenziale geotermico profondo

Energia elettrica – Teleriscaldamento – Teleclimatizzazione



Energia elettrica  
(Impianto binario)

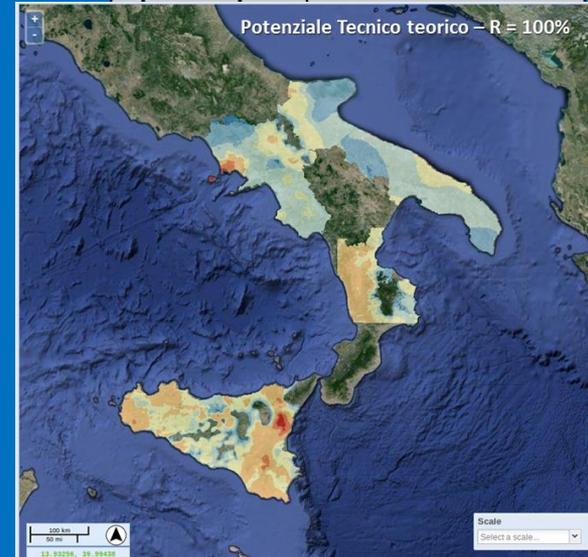
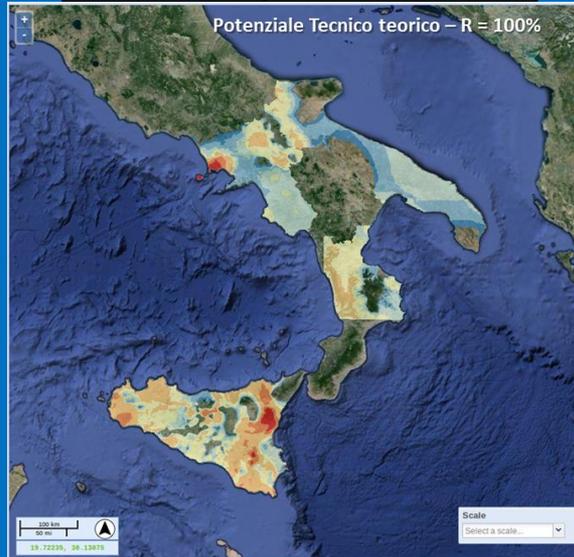
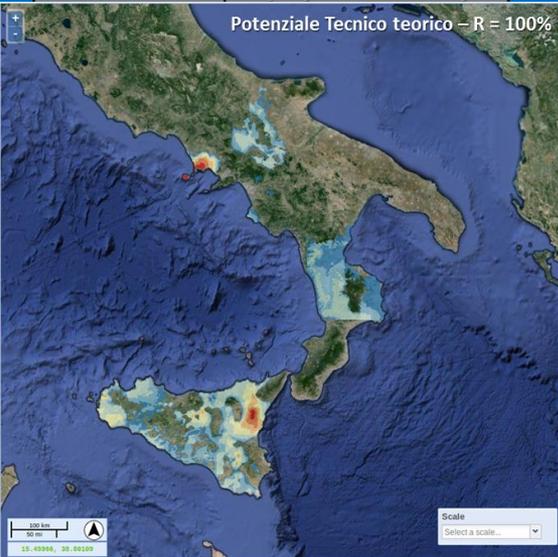
Teleriscaldamento

Teleclimatizzazione

Potenziale Tecnico teorico – R = 100%

Potenziale Tecnico teorico – R = 100%

Potenziale Tecnico teorico – R = 100%



**100%. Il Potenziale Tecnico Reale tiene conto di un fattore R di recupero.**

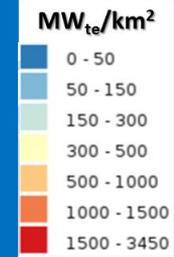
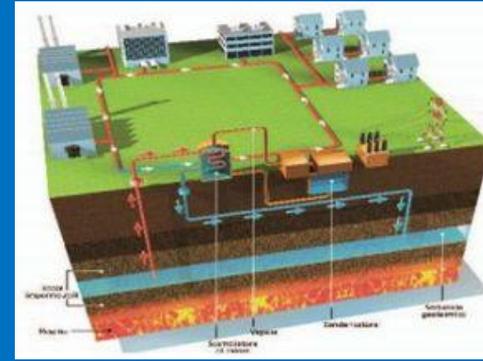
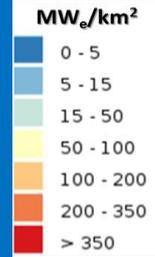
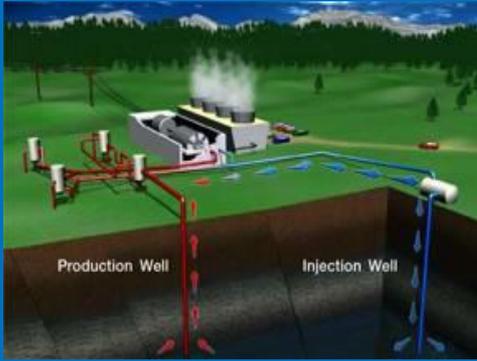


IGG – Istituto di Geoscienze e Georisorse  
Consiglio Nazionale delle Ricerche



# Le mappe del potenziale geotermico profondo

Energia elettrica – Teleriscaldamento – Teleclimatizzazione



Energia elettrica  
(Impianto binario)

Teleriscaldamento

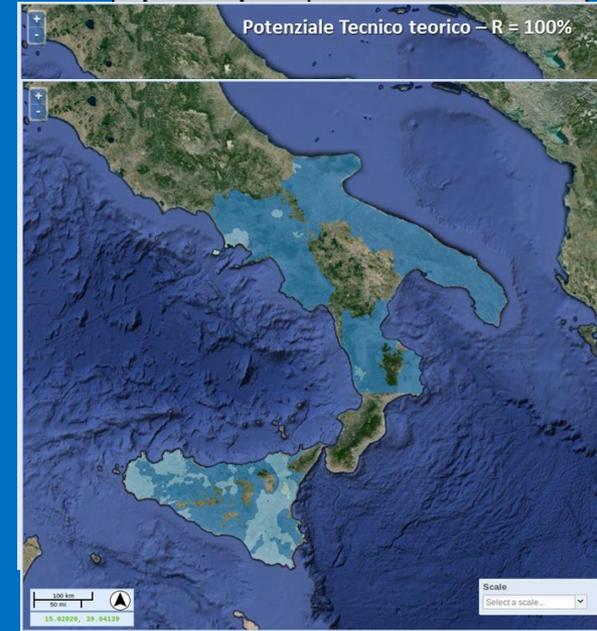
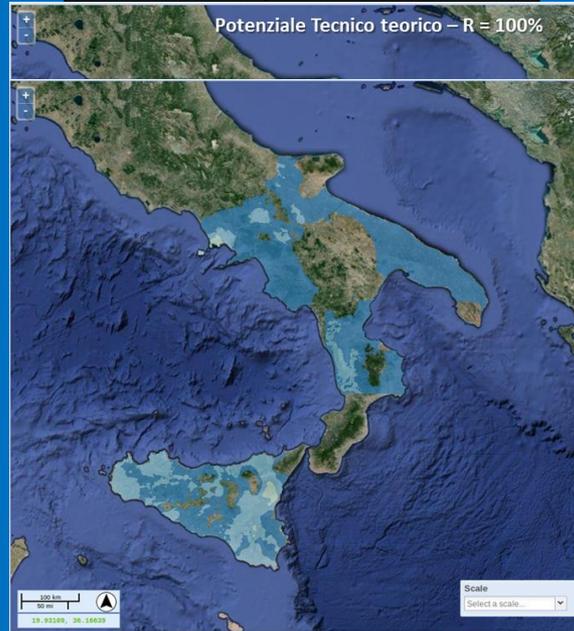
Teleclimatizzazione

Potenziale Tecnico teorico – R = 100%

Potenziale Tecnico – R = 10%

Potenziale Tecnico teorico – R = 100%

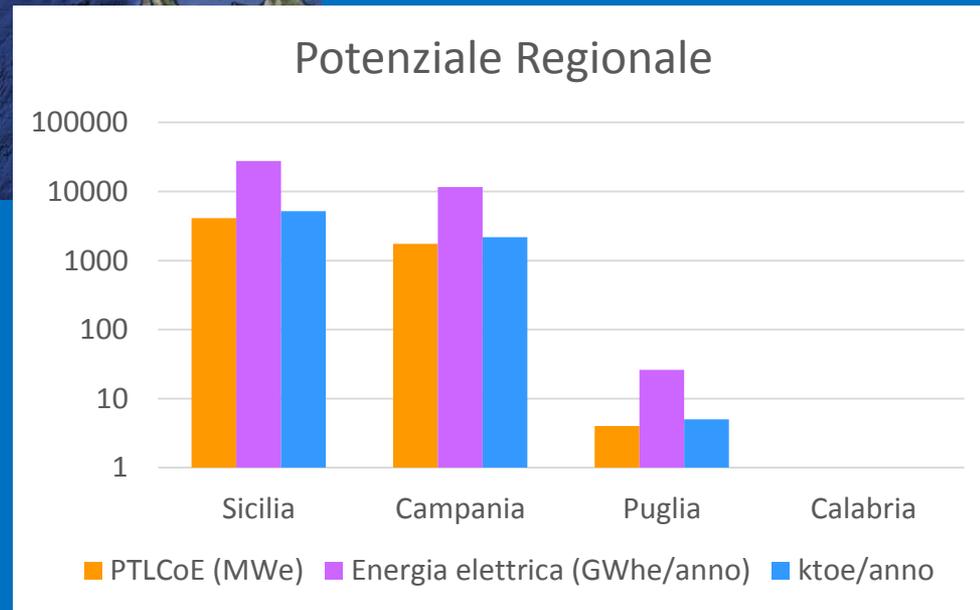
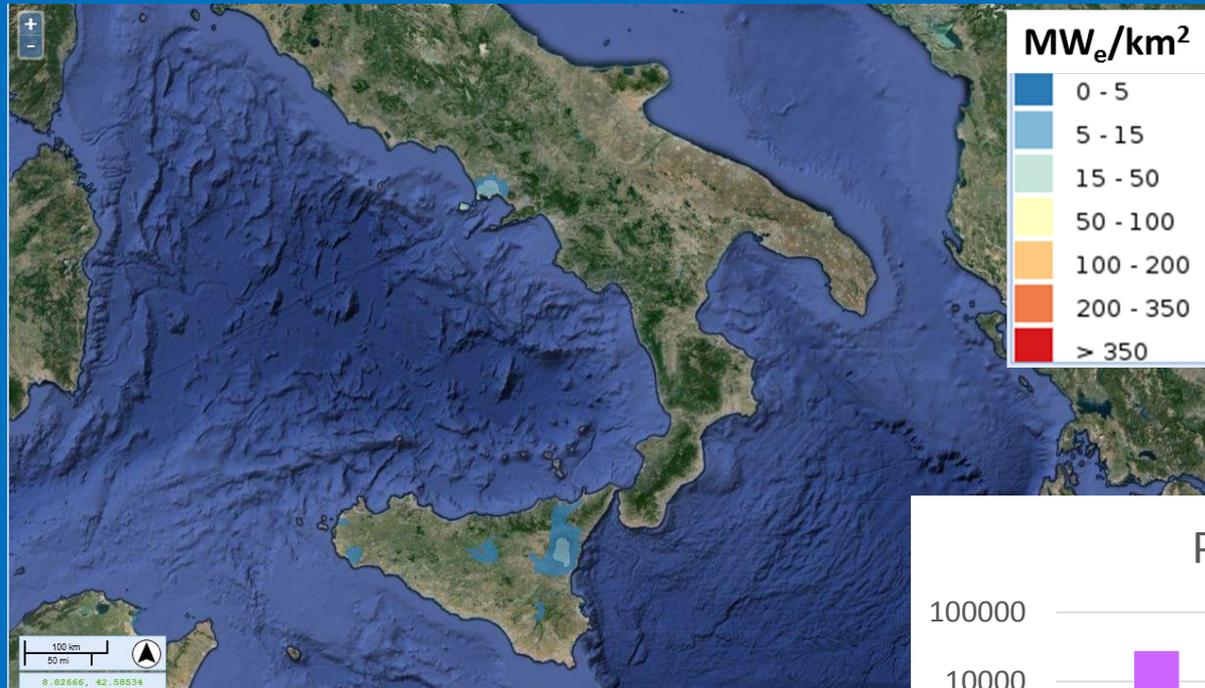
Potenziale Tecnico teorico – R = 100%



IGG – Istituto di Geoscienze e Georisorse  
Consiglio Nazionale delle Ricerche



# Potenziale Tecnico – Economico (LCoE < 200 €/MWh<sub>e</sub>)



# Il Potenziale Geotermico Superficiale

## Sistemi geotermici a circuito chiuso



## Idoneità per sistemi geotermici a circuito aperto

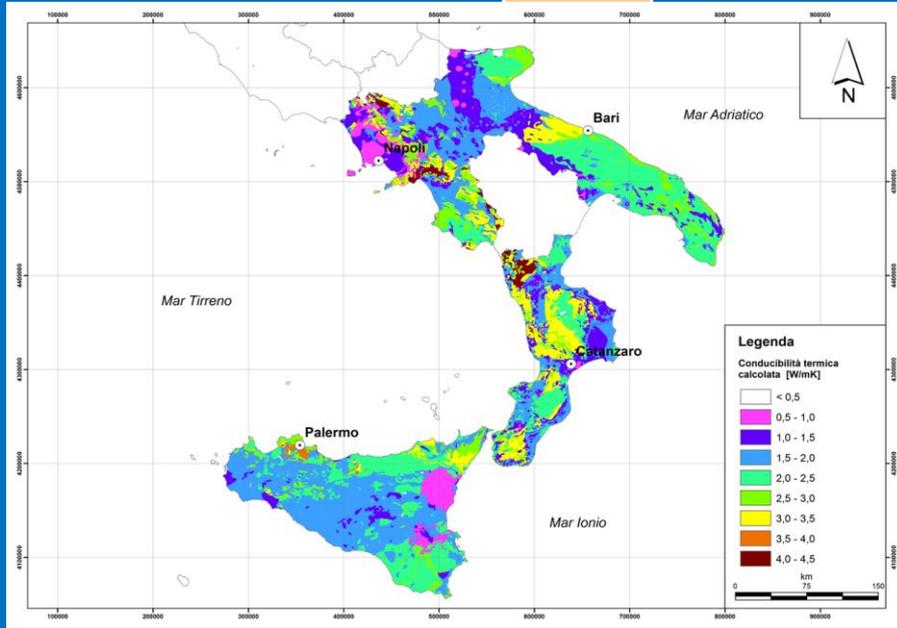


# Il Potenziale Geotermico Superficiale

## Sistemi geotermici a circuito chiuso



## Idoneità per sistemi geotermici a circuito aperto

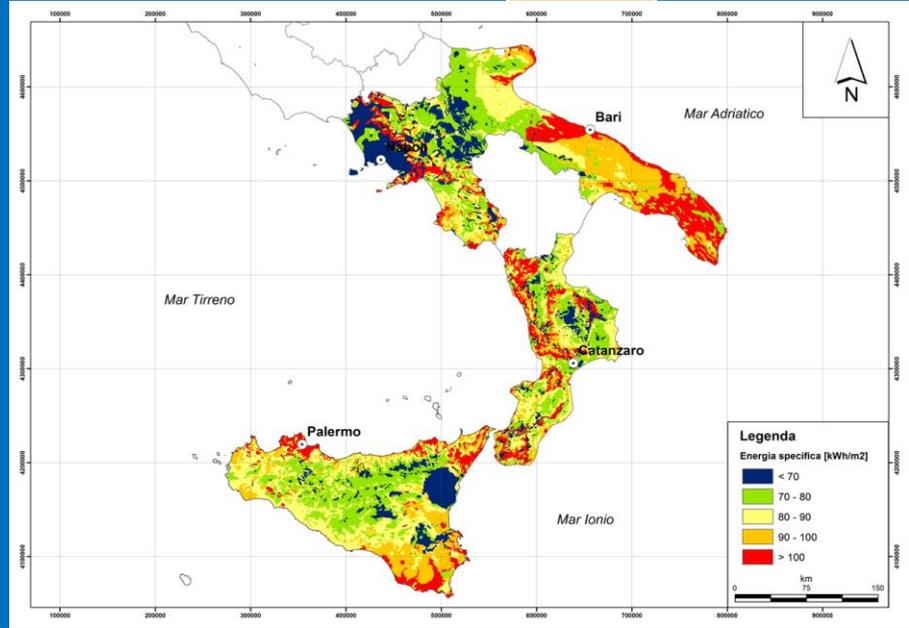


# Il Potenziale Geotermico Superficiale

## Sistemi geotermici a circuito chiuso



## Idoneità per sistemi geotermici a circuito aperto



IGG – Istituto di Geoscienze e Georisorse  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

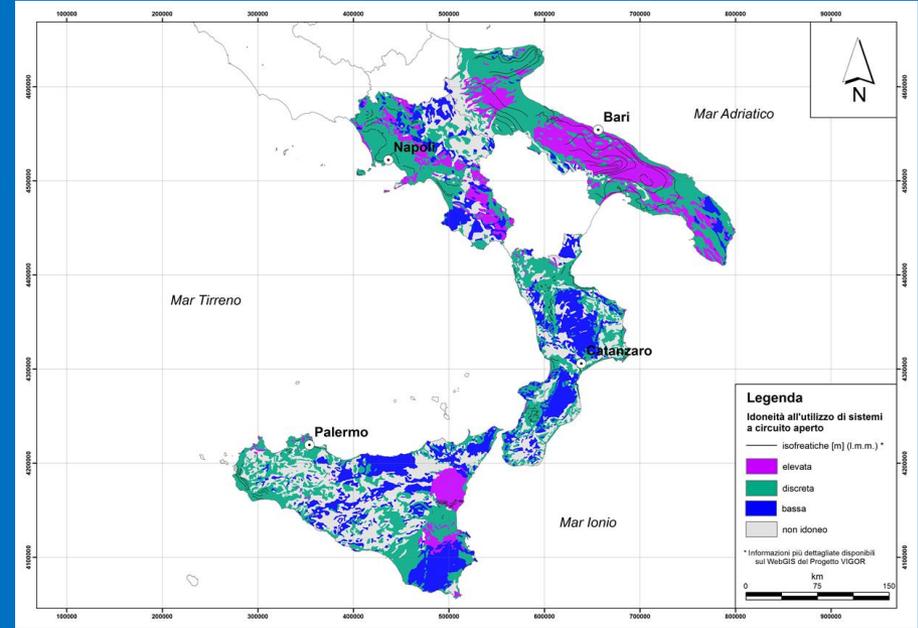
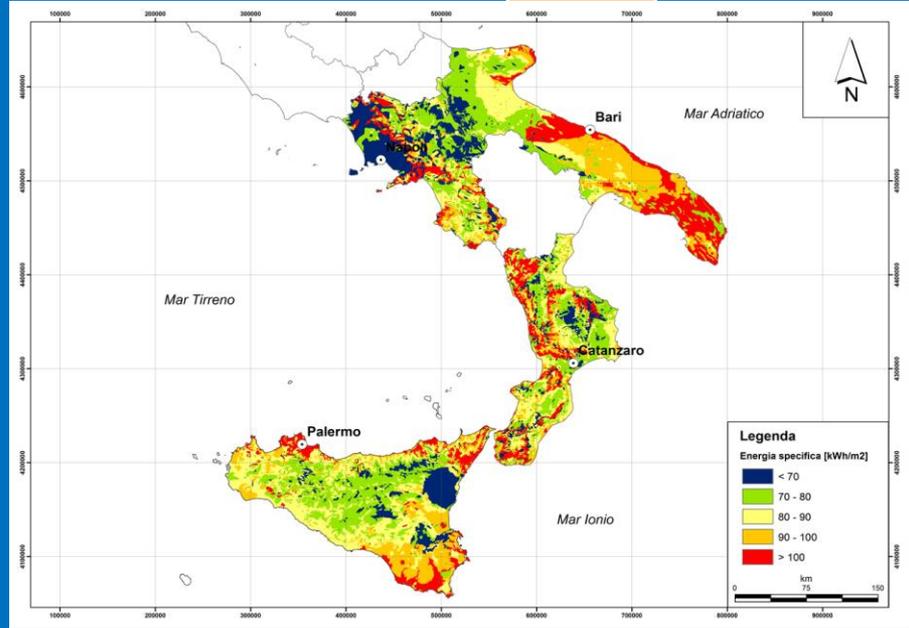


# Il Potenziale Geotermico Superficiale

## Sistemi geotermici a circuito chiuso



## Idoneità per sistemi geotermici a circuito aperto



IGG – Istituto di Geoscienze e Georisorse  
Consiglio Nazionale delle Ricerche



# Conclusioni



- I risultati ottenuti sono utili per **pianificare** e **sviluppare** applicazioni geotermiche a scala regionale e nazionale



- Il lavoro ha consentito di **organizzare** e **produrre** nuove informazioni utili alla conoscenza del sottosuolo



- Sono disponibili nuove mappe di **potenziale geotermico superficiale, profondo** a scala regionale



- Sono disponibili delle **metodologie** di calcolo agevoli per il calcolo di potenziale geotermico



- Le aree identificate si prestano per nuove progettualità geotermiche, in linea con le politiche energetiche nazionali ed internazionali, dando un impulso importante al settore industriale





[www.vigor-geotermia.it](http://www.vigor-geotermia.it)



IGG – Istituto di Geoscienze e Georisorse  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

