



Il calcolo del potenziale geotermico e le mappe di VIGOR

Eugenio Trumpy CNR - IGG



Consiglio Nazionale delle Ricerche
IGG



Programma Operativo Interregionale
ENERGIE RINNOVABILI E
RISPARMIO ENERGETICO
2007 - 2013

Una scelta illuminata



UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



QUADRO STRATEGICO NAZIONALE
2007-2013

www.vigor-geotermia.it



Obiettivi della valutazione del potenziale regionale in VIGOR

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

Strumento per:
Amministrazioni,
Progettisti,
Imprenditori,
Compagnie
assicurative

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

Potenziale
geotermico
regionale profondo

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

Potenziale di
geoscambio per
sistemi a circuito
aperto

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

Potenziale di
geoscambio per
sistemi a circuito
chiuso

www.vigor-geotermia.it



Le mappe di potenziale geotermico



Valutazione della risorsa che può essere utilizzata alle attuali condizioni economiche



Valutazione della risorsa in funzione dell'utilizzo



Individuazione delle risorse che ad oggi non sono utilizzabili ma che potranno esserlo con il **miglioramento delle tecnologie** e delle **condizioni economiche**



L'ultimo inventario delle risorse geotermiche nazionali

Realizzato da CNR, ENEA, ENEL e ENI

Legge n° 896 del **1986**

Costituito da rapporti e mappe

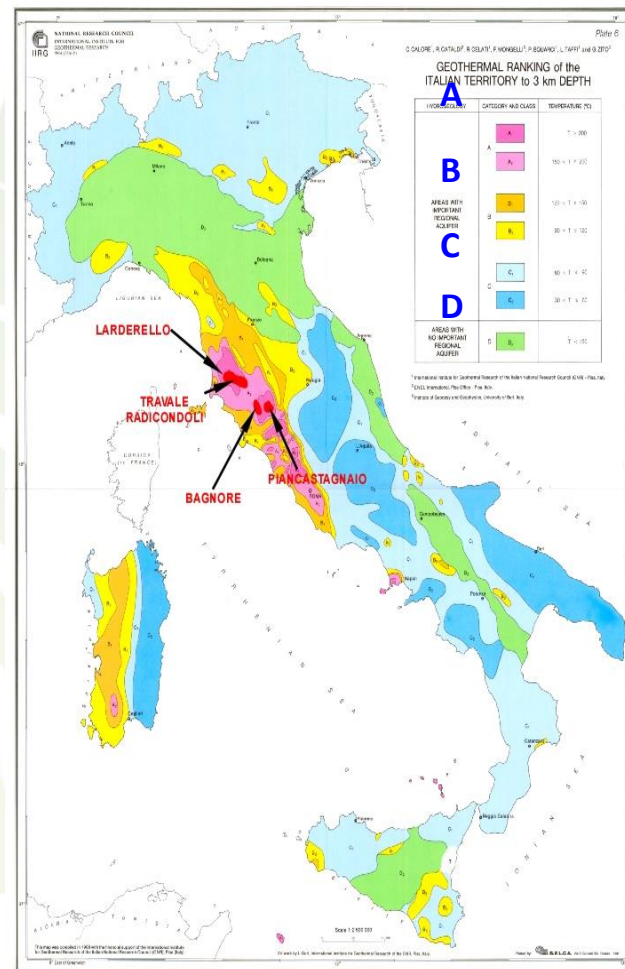
Il Ranking Geotermico del territorio italiano era basato sulla temperatura e sulla disponibilità del fluido

A: aree con almeno un acquifero a profondità < 3 km, e temperature > 150°C

B: aree con almeno un acquifero a profondità < 3 km, e temperature che variano tra 150 e 90 °C

C: aree con almeno un acquifero a profondità < 3 km, e temperature che variano tra 90 e 30 °C

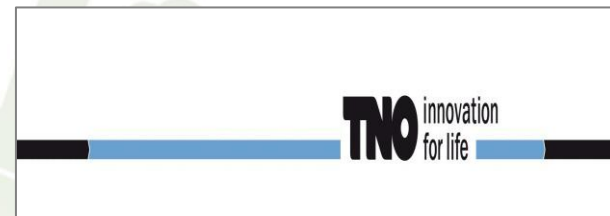
D: aree con almeno un acquifero a profondità < 3 km, e temperature < 150°C





Il potenziale regionale profondo VIGOR thermoGIS

Protocollo sviluppato ed ottimizzato in collaborazione con il
TNO, uno dei principali istituti di ricerca partner del CNR IGG
in numerosi progetti geotermici europei



Valutazione della risorsa del principale acquifero regionale per la produzione di energia elettrica, utilizzo 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 su cui effettuare l'esplorazione geologica

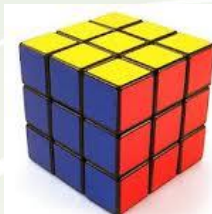


VIGOR thermoGIS



VIGOR ThermoGIS utilizza set di dati sia in **2D** sia in **3D**

$$\begin{array}{|c|c|} \hline 4 & 2 \\ \hline 1 & 3 \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|c|} \hline 3 & 4 \\ \hline 1 & 1 \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|c|} \hline 7 & 6 \\ \hline 2 & 4 \\ \hline \end{array}$$



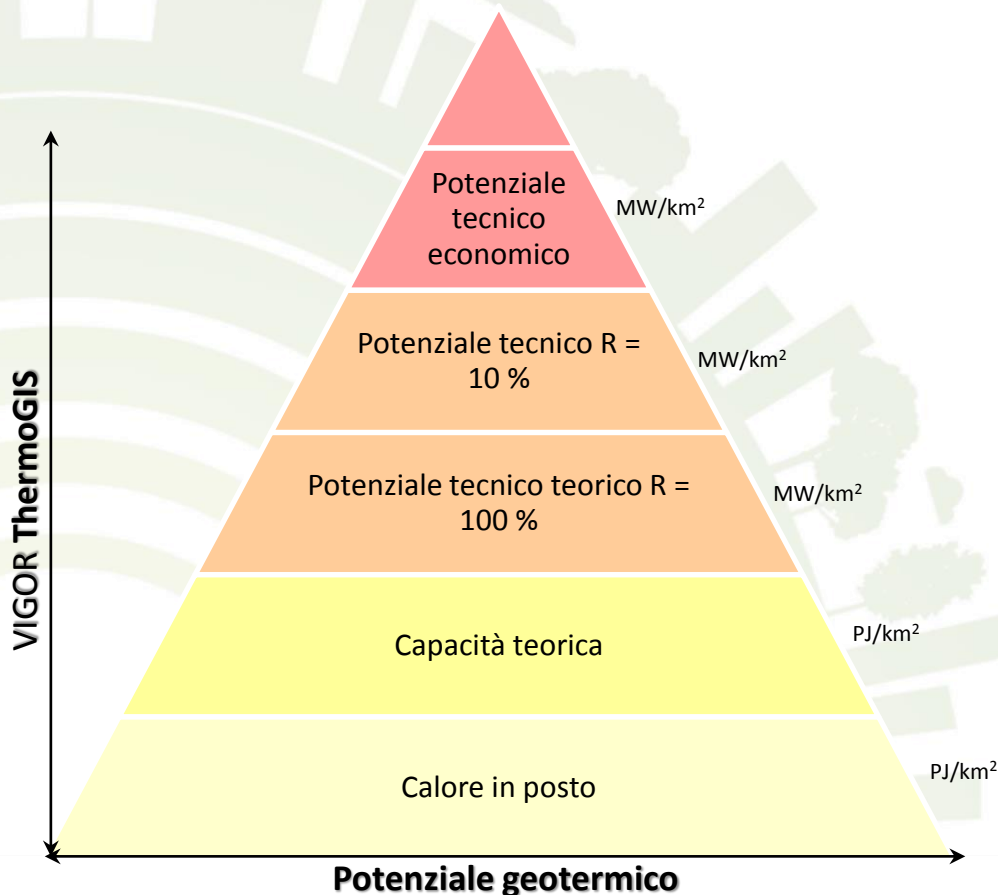
Risultato: mappe di **temperature** @ varie profondità, **potenziale tecnico** per la produzione di energia elettrica e per gli usi diretti del calore





Il potenziale geotermico

- ✓ Potenziale Tecnico Economico (**MW/km²**, potenziale con **LCOE** < soglia =200 €/MWh per elettricità e 9€/GJ per calore)
- ✓ Potenziale geotermico per diversi fattori di recupero (**MW/km²**)
- ✓ Energia termica producibile per tipo tecnologia (H x efficienza, **PJ/km²**)
- ✓ Massima energia termica teoricamente estraibile per unità di volume di sottosuolo (in serbatoio, **PJ/km²**)

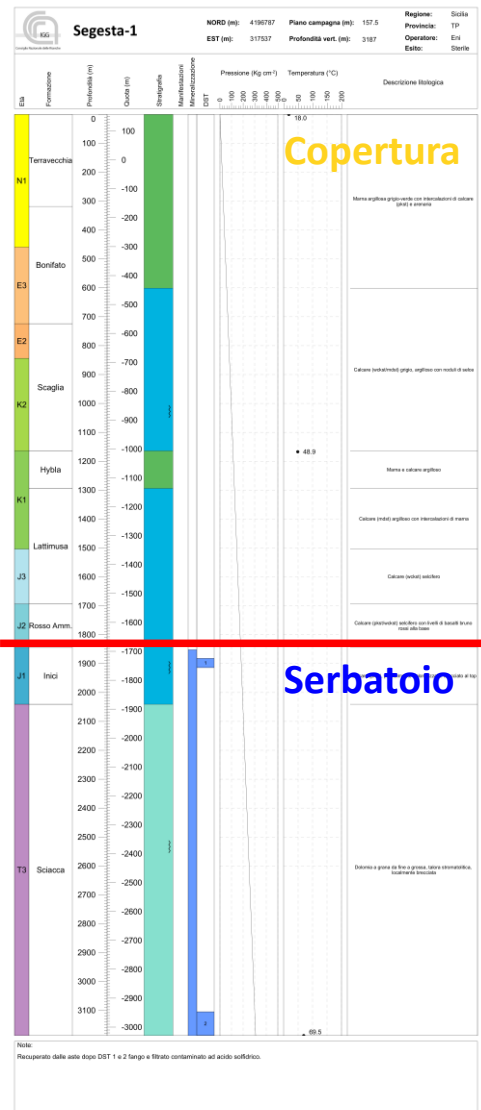
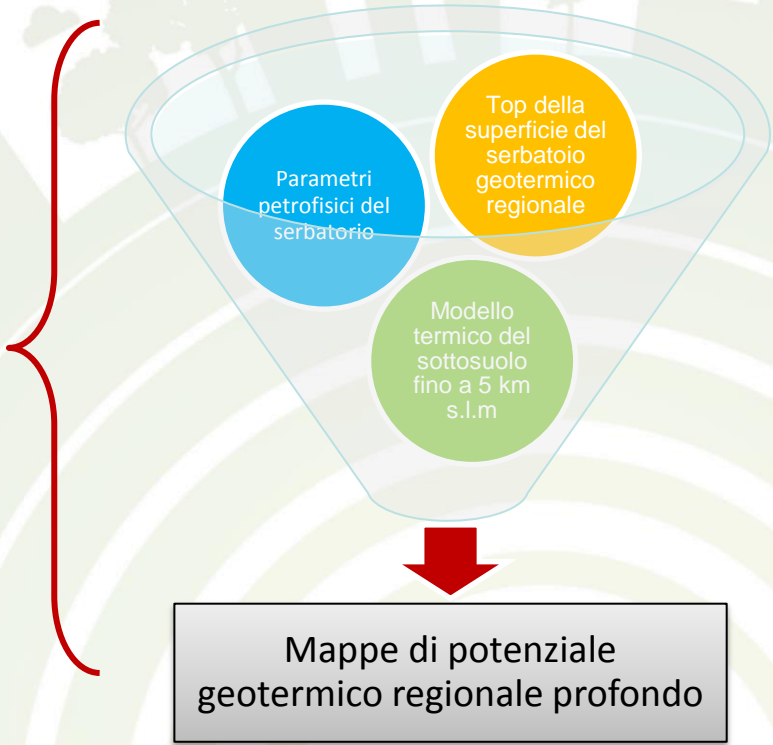




Le informazioni necessarie per il calcolo:

Esempio di profilo di pozzo rielaborato

**VIGOR
ThermoGIS**



Fonti dati principali:

www.videpi.com

PROGETTO VIDEPI

UNIMIG
SOCIETÀ GEOLOGICA ITALIANA
ASSOMINERARIA

work in progress

geoThopica

IGG erai

VIGOR
ENERGIA DALLA TERRA

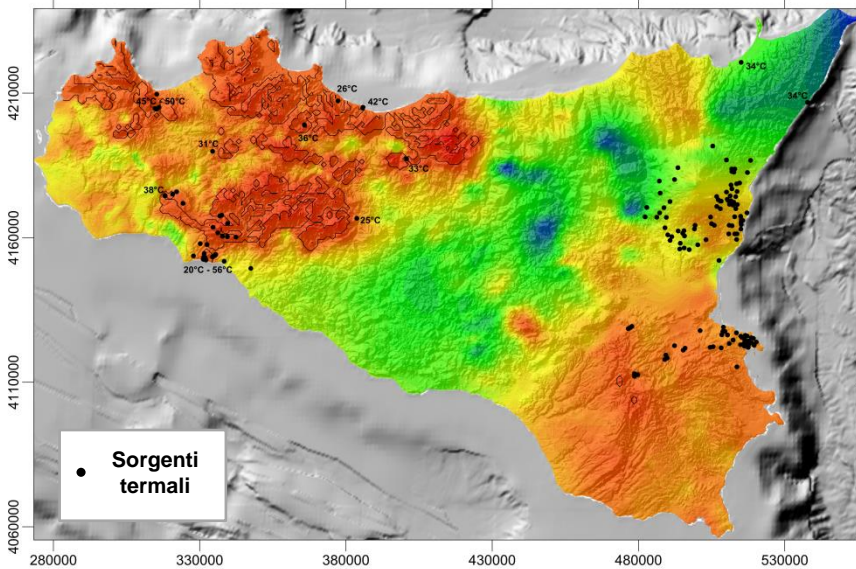


Consiglio Nazionale delle Ricerche
IGG

Programma
ENERGIE RISPARI
Una s...

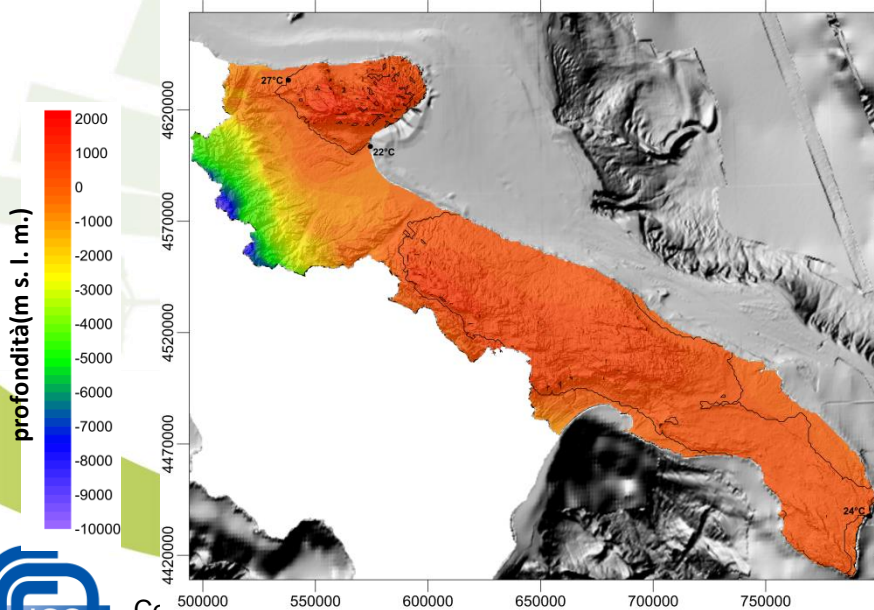


Ricostruzione del top del serbatoio



Presentiamo qui gli esempi delle regioni Sicilia e Puglia

- La valutazione è focalizzata sulle risorse geotermiche profonde (sistemi idrotermali) fino ad una **profondità di 5 km**
- L'acquifero regionale principale si trova nelle unità carbonatiche Mesozoiche
- I dati di pozzo e le sezioni sismiche interpretate permettono di definire a scala regionale il top del serbatoio carbonatico e i parametri petrofisici caratteristici del serbatoio



Cc
IGG

www.vigor-geotermia.it

Programma Operativo Interregionale
ENERGIE RINNOVABILI E
RISPARMIO ENERGETICO
2007 - 2013



Una scelta illuminata

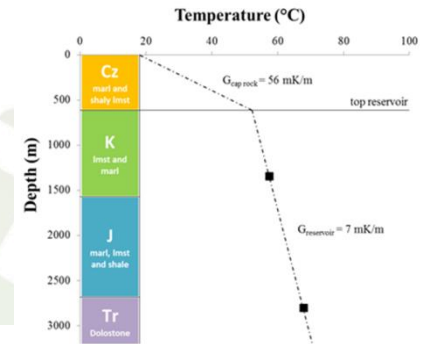
UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

QSN
2007-2013
QUADRO STRATEGICO NAZIONALE



Gradienti geotermici dedotti da dati di pozzo

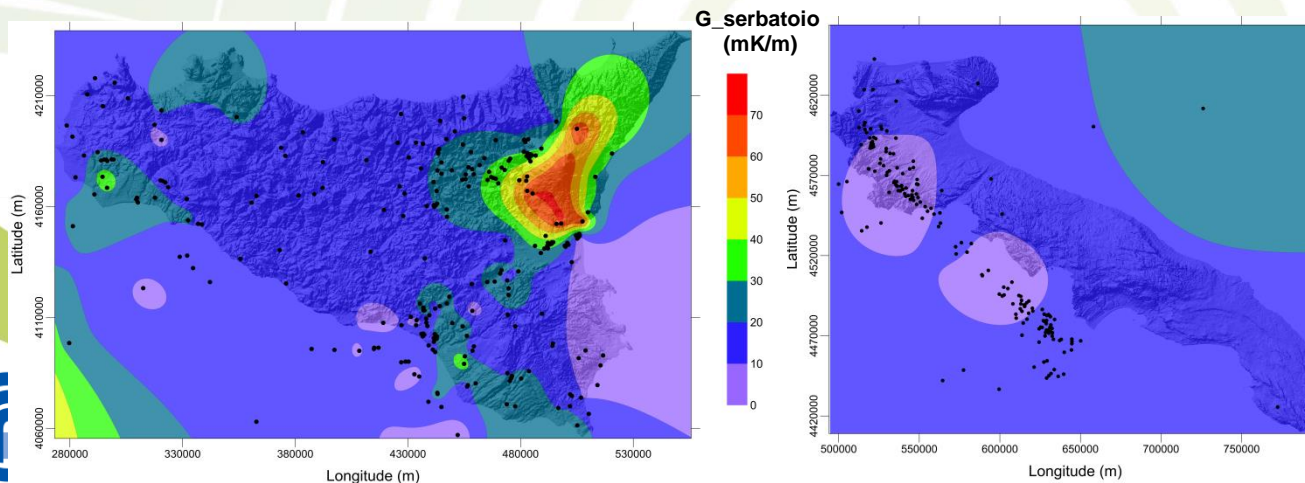
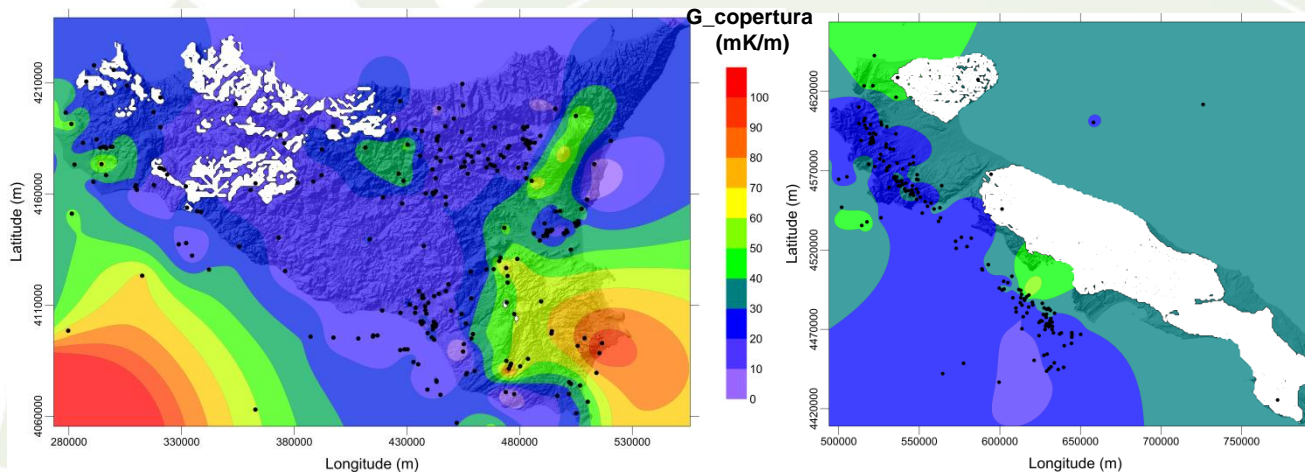
I dati di temperatura, analizzati pozzo per pozzo con le informazioni lito-stratigrafiche, hanno permesso di descrivere l'aumento di temperatura con la profondità sia nelle unità della copertura impermeabile che in quelle del serbatoio potenziale



Esempio: pozzo Segesta 1 (Sicilia)

Sistemi Idrotermali convenzionali:

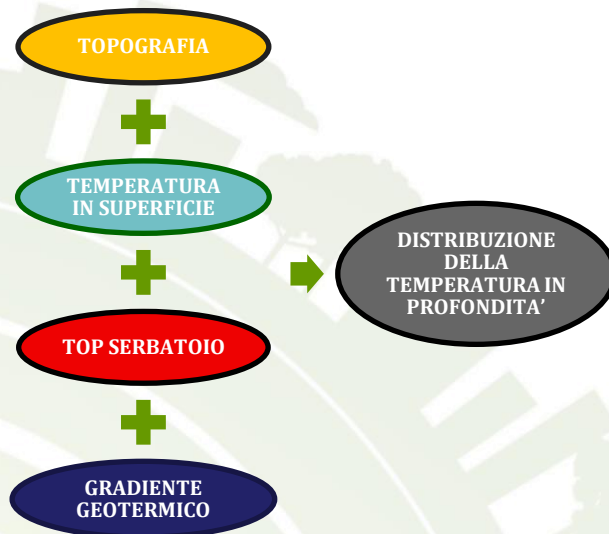
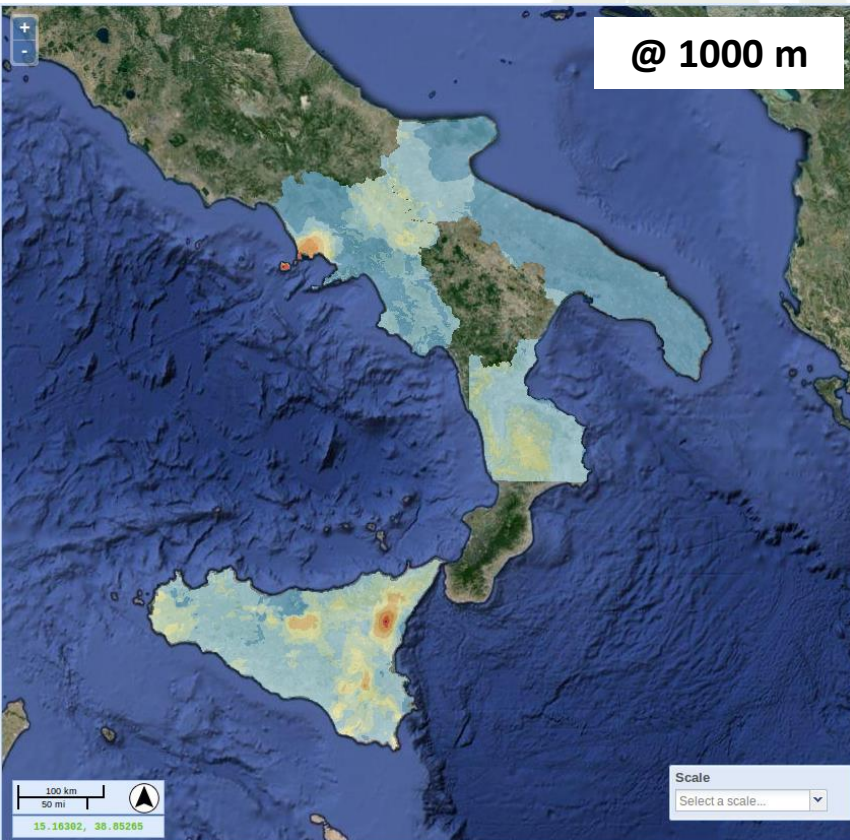
- Nelle **coperture** l'alto **gradiente** termico implica la predominante presenza di trasferimento di calore per conduzione
- La temperatura nel **serbatoio** carbonatico mostra un **basso gradiente** geotermico dove la componente convettiva del trasferimento di calore non è trascurabile



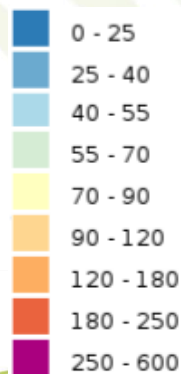
ia.it



Distribuzione delle temperature



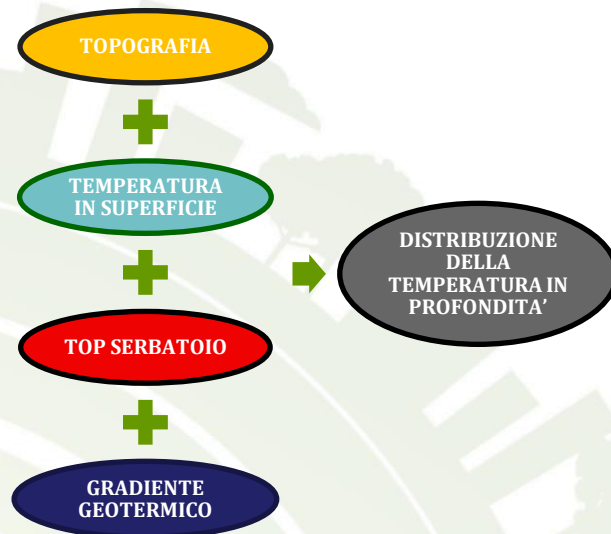
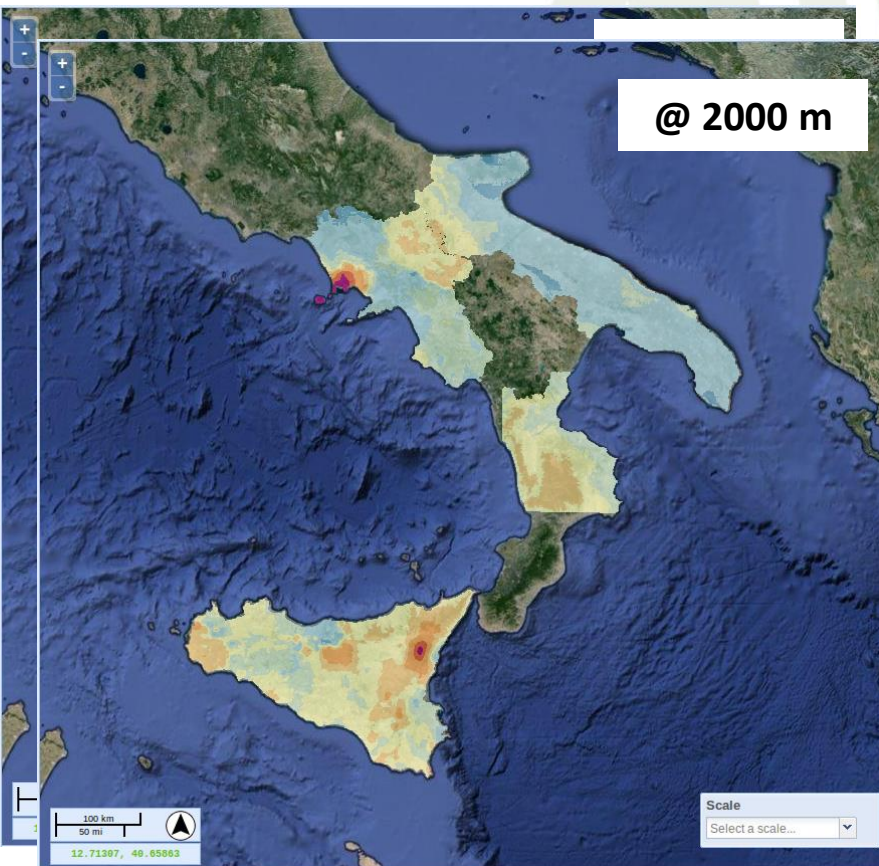
T ° C



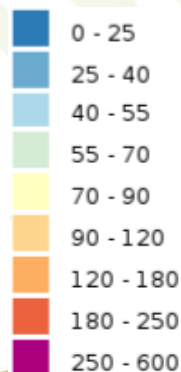
Il calcolo del potenziale utilizza in input il **modello termico** realizzato, dalla superficie topografica fino a **5km** di profondità (s.l.m.)



Distribuzione delle temperature



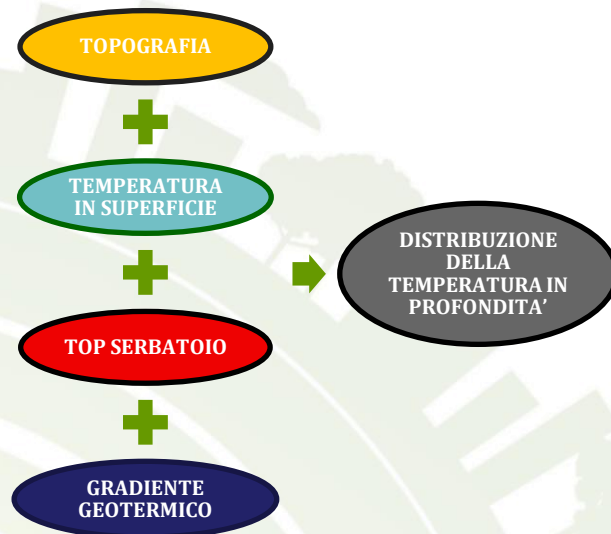
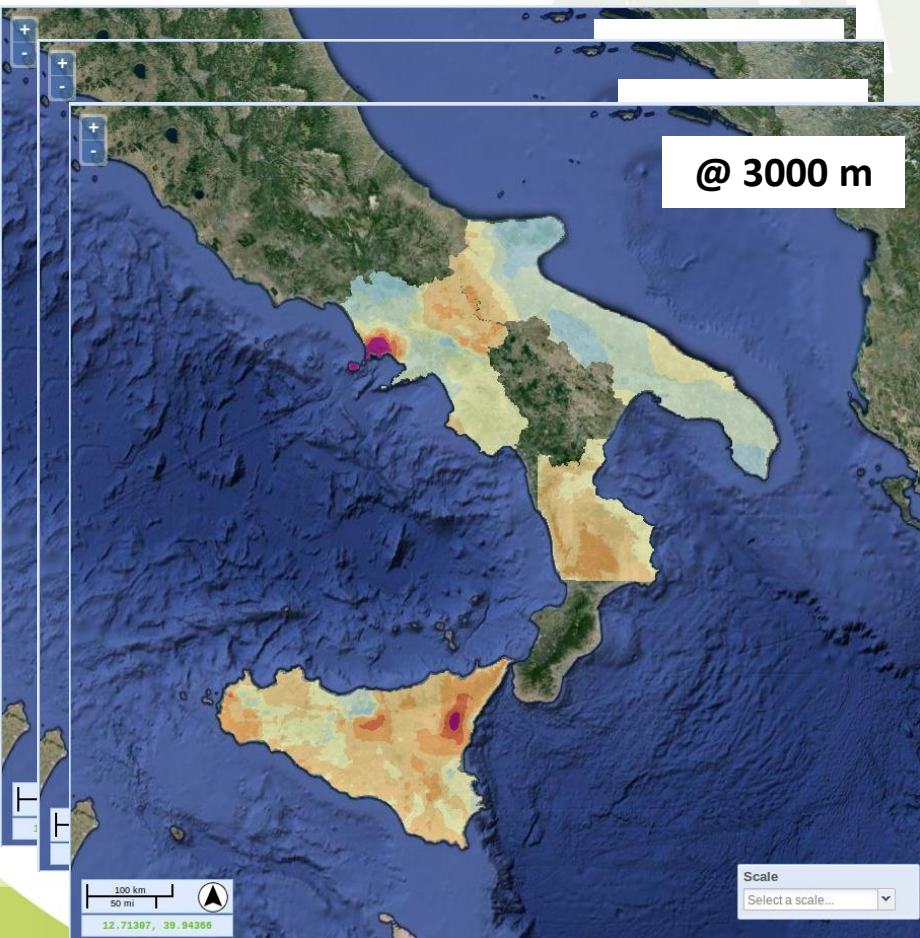
T ° C



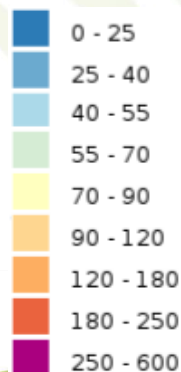
Il calcolo del potenziale utilizza in input il **modello termico** realizzato, dalla superficie topografica fino a **5km** di profondità (s.l.m.)



Distribuzione delle temperature



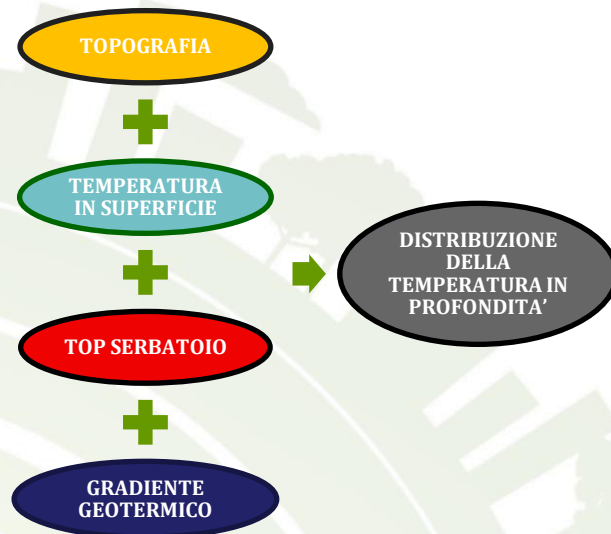
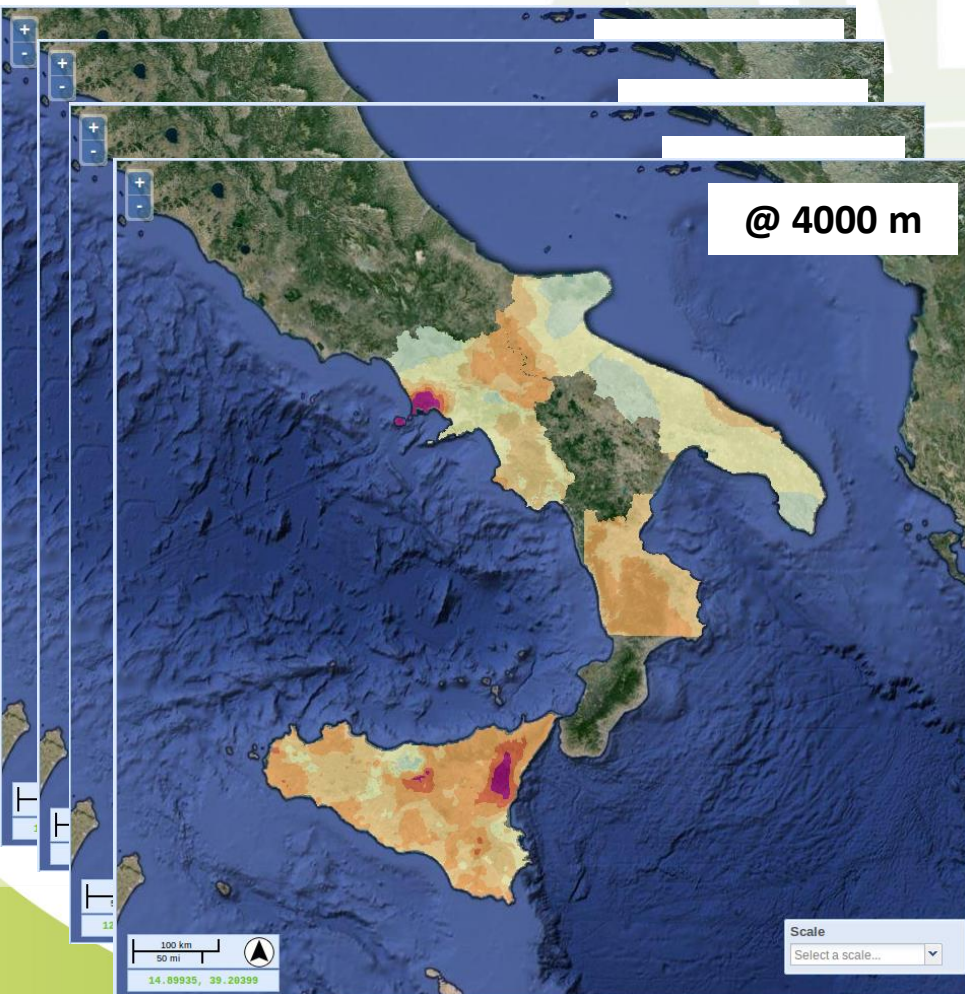
T ° C



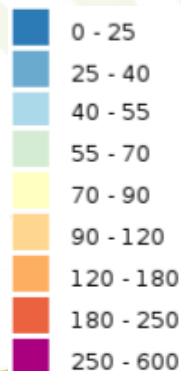
Il calcolo del potenziale utilizza in input il **modello termico** realizzato, dalla superficie topografica fino a **5km** di profondità (s.l.m.)



Distribuzione delle temperature



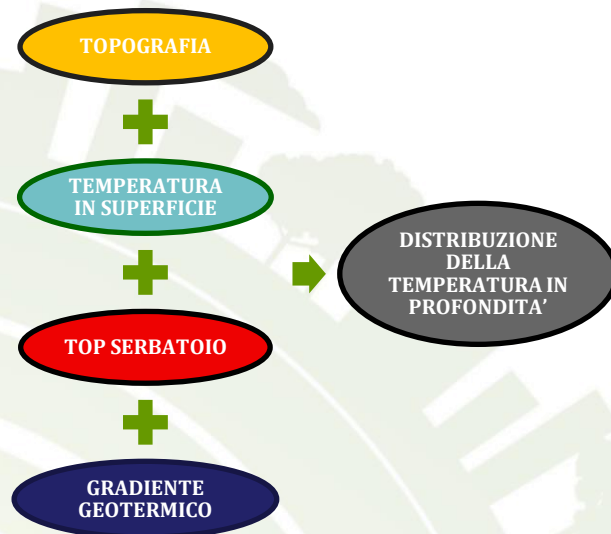
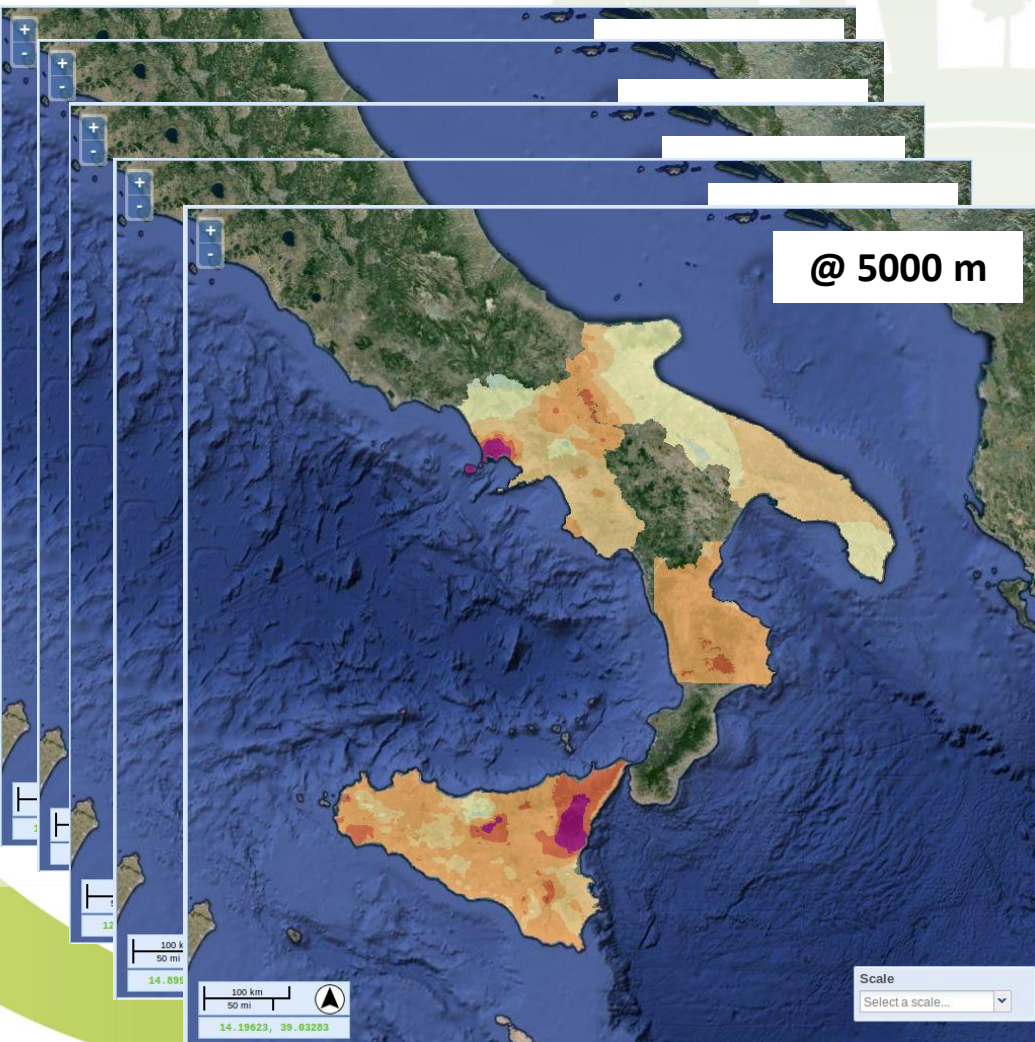
T ° C



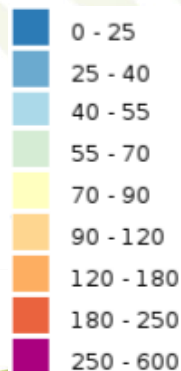
Il calcolo del potenziale utilizza in input il **modello termico** realizzato, dalla superficie topografica fino a **5km** di profondità (s.l.m.)



Distribuzione delle temperature



T ° C

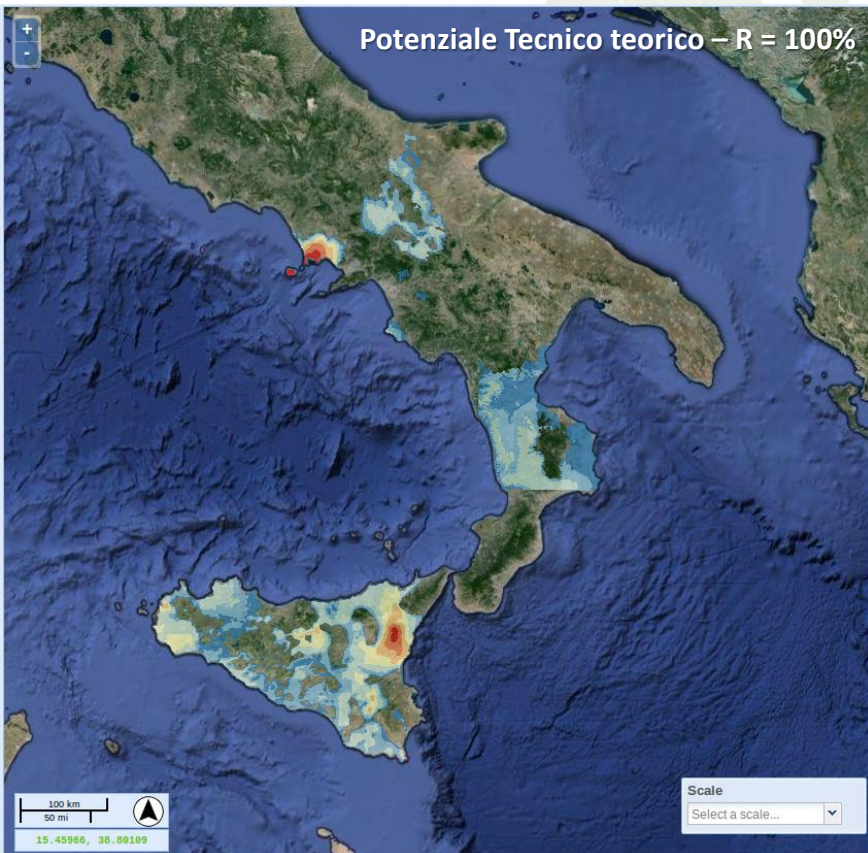


Il calcolo del potenziale utilizza in input il **modello termico** realizzato, dalla superficie topografica fino a **5km** di profondità (s.l.m.)

www.vigor-geotermia.it



Le mappe di potenziale geotermico: produzione di energia elettrica



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

Dipende da quanta energia è effettivamente recuperabile in un serbatoio in base al tipo di applicazione.

Il Potenziale Tecnico teorico considera un recupero di energia termica pari a 100%.

MW/km²



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

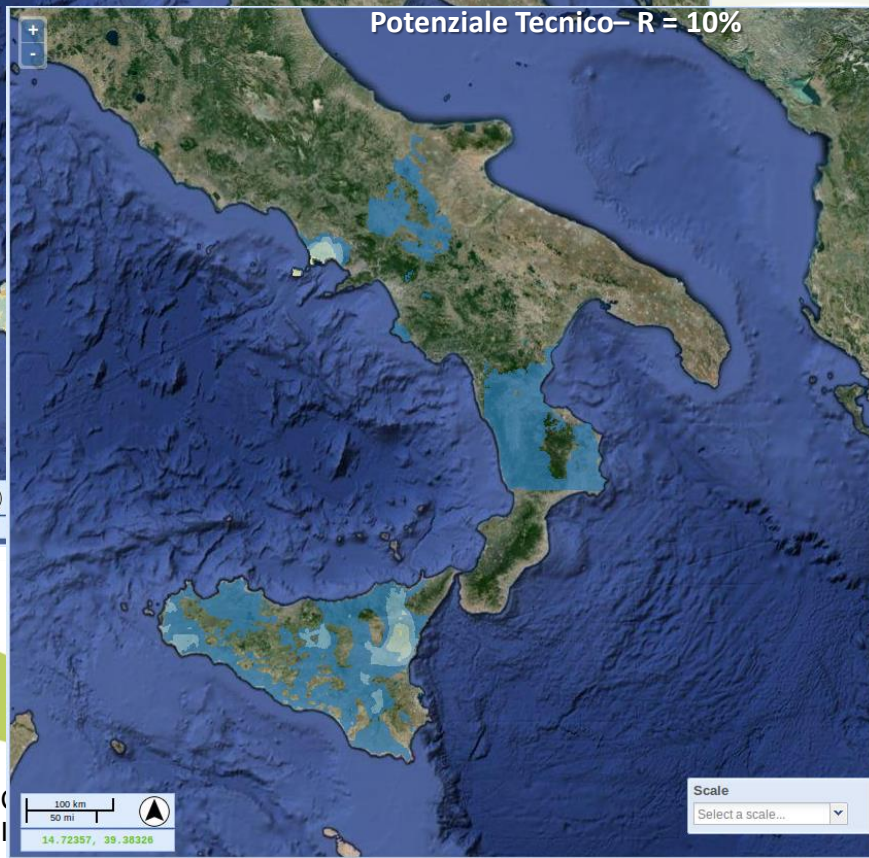
www.vigor-geotermia.it



Le mappe di potenziale geotermico: produzione di energia elettrica

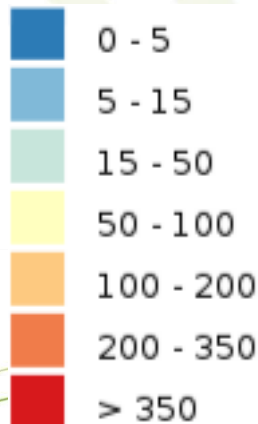


Il potenziale tecnico è l'energia termica producibile in un determinato intervallo di tempo (30 anni).
Dipende da quanta energia è effettivamente recuperabile in un serbatoio in base al tipo di applicazione.
Il Potenziale Tecnico teorico considera un recupero di energia termica pari a 100%.



Il potenziale tecnico reale tiene di conto di un fattore R di recupero.

MW/km²



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

www.vigor-geotermia.it



Programma Operativo Interregionale
ENERGIE RINNOVABILI E
RISPARMIO ENERGETICO
2007 - 2013

Una scelta illuminata





Le mappe di potenziale geotermico: teleriscaldamento

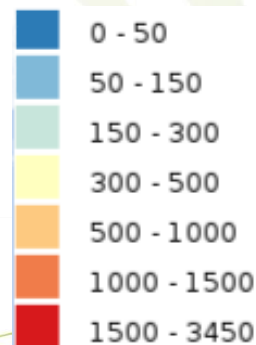


Il potenziale tecnico è l'energia termica producibile in un determinato intervallo di tempo (30 anni).

Dipende da quanta energia è effettivamente recuperabile in un serbatoio in base al tipo di applicazione.

Il Potenziale Tecnico teorico considera un recupero di energia termica pari a 100%.

MW/km²



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

www.vigor-geotermia.it



Le mappe di potenziale geotermico: teleriscaldamento

Potenziale Tecnico teorico – R = 100%

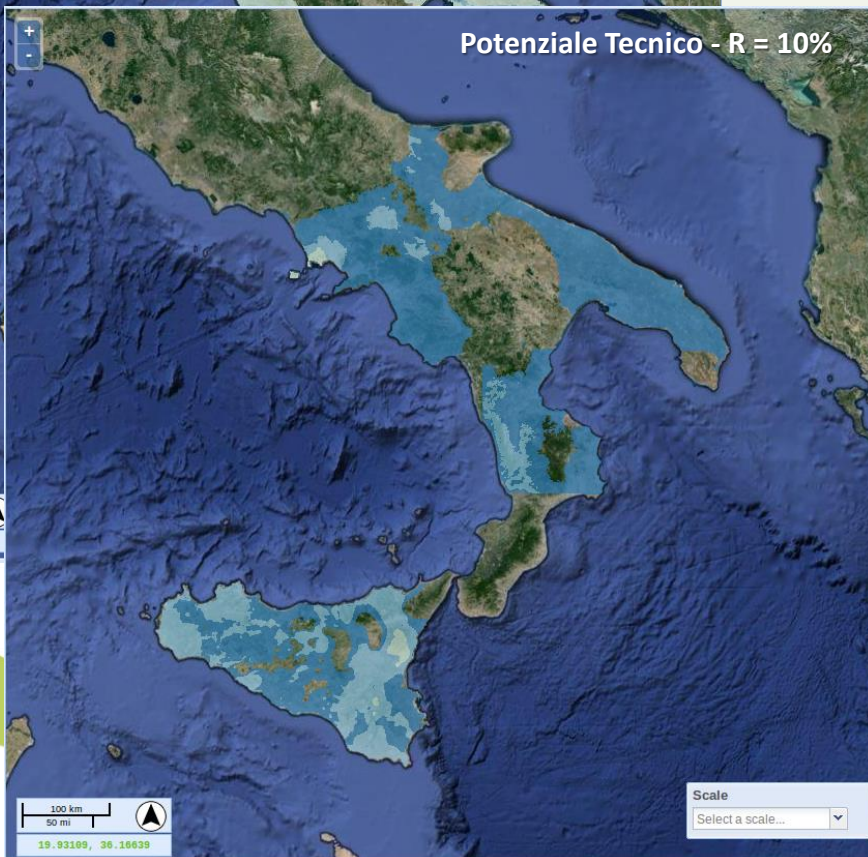


Il potenziale tecnico è l'energia termica producibile in un determinato intervallo di tempo (30 anni).

Dipende da quanta energia è effettivamente recuperabile in un serbatoio in base al tipo di applicazione.

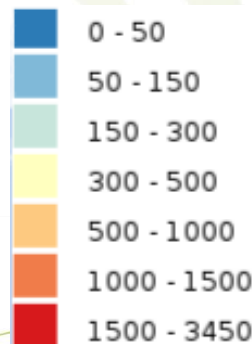
Il Potenziale Tecnico teorico considera un recupero di energia termica pari a 100%.

Potenziale Tecnico - R = 10%



Il potenziale tecnico reale tiene di conto di un fattore R di recupero.

MW/km²

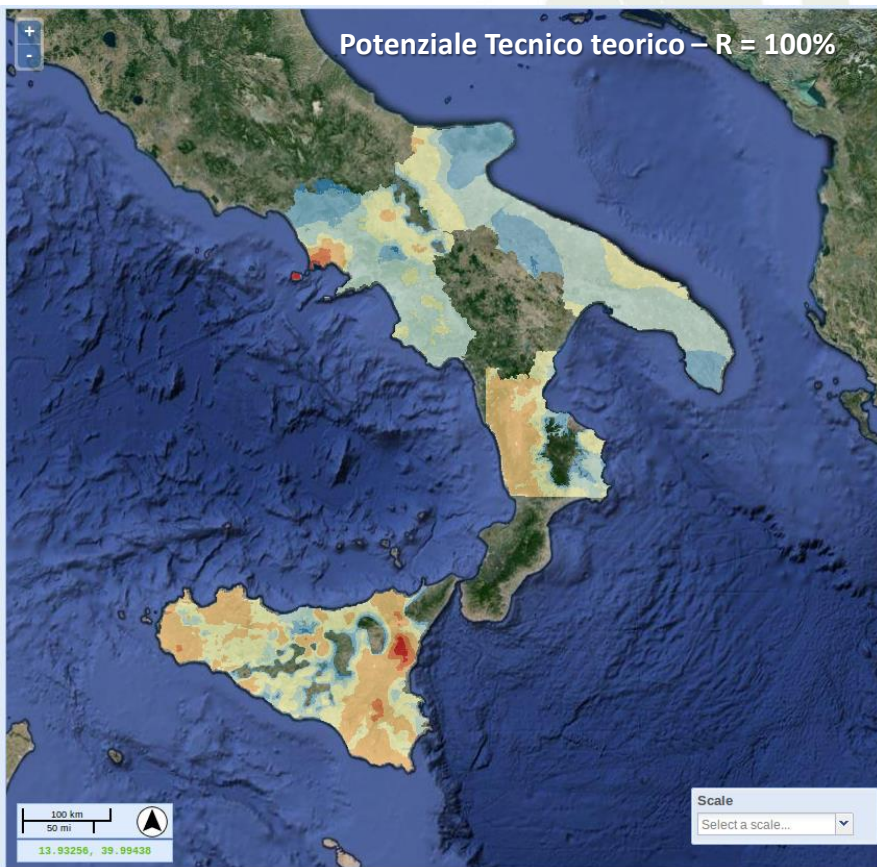


	Teleriscaldamento
Temperatura minima	80 ° C
Temperatura di re-iniezione	44° C

www.vigor-geotermia.it



Le mappe di potenziale geotermico: teleclimatizzazione

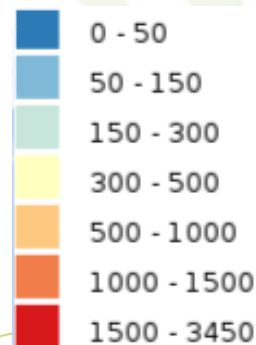


Il potenziale tecnico è l'energia termica producibile in un determinato intervallo di tempo (30 anni).

Dipende da quanta energia è effettivamente recuperabile in un serbatoio in base al tipo di applicazione.

Il Potenziale Tecnico teorico considera un recupero di energia termica pari a 100%.

MW/km²



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

www.vigor-geotermia.it



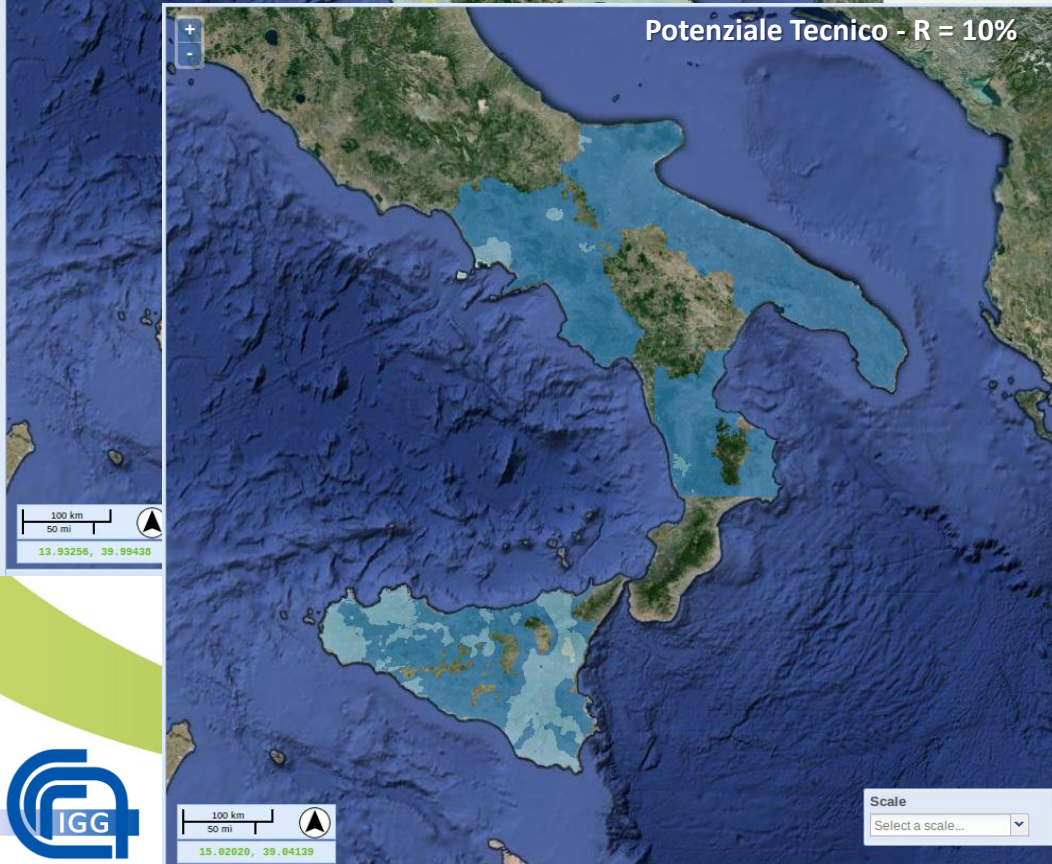
Le mappe di potenziale geotermico: teleclimatizzazione



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

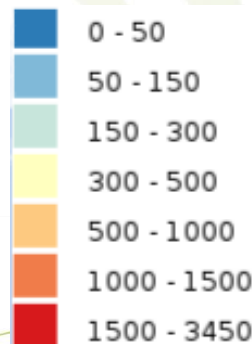
Dipende da quanta energia è effettivamente recuperabile in un serbatoio in base al tipo di applicazione.

Il Potenziale Tecnico teorico considera un recupero di energia termica pari a 100%.



Il potenziale tecnico reale tiene di conto di un fattore R di recupero.

MW/km²



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

www.vigor-geotermia.it



Programma Operativo Interregionale
ENERGIE RINNOVABILI E
RISPARMIO ENERGETICO
2007 - 2013

Una scelta illuminata





Il potenziale regionale superficiale

- **Potenziale di geoscambio** ovvero attitudine del terreno allo scambio termico per la climatizzazione degli edifici
- **Idoneità** del terreno all'impiego di sistemi geotermici a circuito aperto – movimentazione di acque di falda

Potenziale di geoscambio

Metodologia di calcolo per definire tasso di estrazione ed iniezione di calore dal e nel terreno

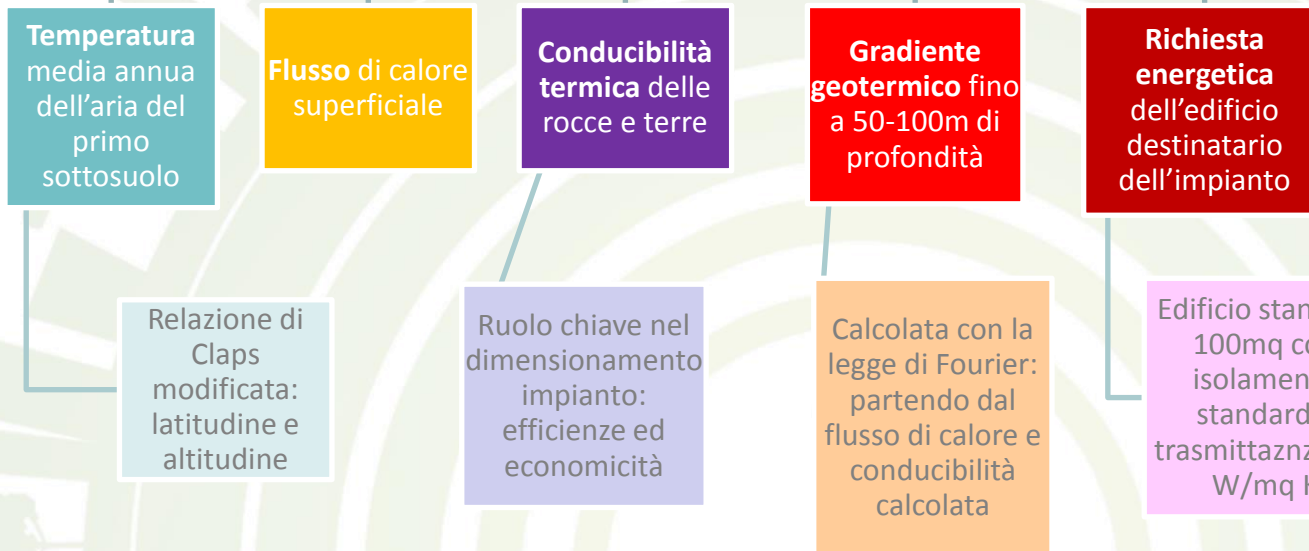
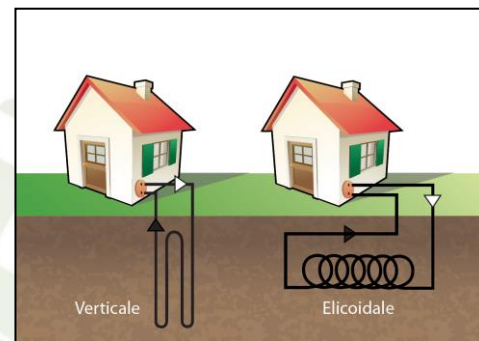
Produzione di una mappa di sintesi

Sistemi a circuito chiuso: lunghezza e numero di sonde necessarie a climatizzare



Il potenziale regionale superficiale

Sistemi geotermici a circuito chiuso



Energia per il raffrescamento

Energia per il riscaldamento

città	T [°C]	f [W/m ²]	lambda [W/mK]	L	n	Egc [kWh]	Egh [kWh]	Eg [kWh]	Tg con Li=100	Ns con Li=100	Sg [m ²]	Eg/Sg [kWh/m ²]
venezia	14	0.01	0.5	209	3	2498	5217	5217	14.5	2	102.41	51
roma	15	0.01	0.5	152	2	4024	4082	4082	15.5	2	74.48	55
napoli	16	0.01	0.5	195	5	3184	2388	5306	16.5	2	95.55	56
palermo	17	0.01	0.5	175	4	4287	2085	4287	17.5	2	85.75	50



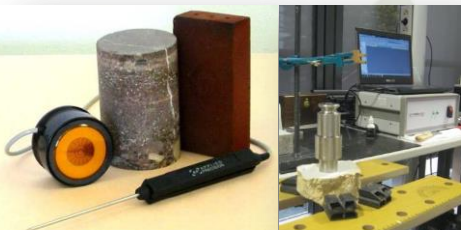
Conducibilità termica su base stratigrafica

Campionamento litologie



Misura delle proprietà termiche

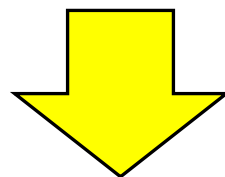
(conducibilità termica, diffusività termica...)



Campioni selezionati in accordo con:

- La maggior estensione superficiale (km²) – *Mappa Geologica d'Italia 1:250.000 (ISPRA)*
- la maggior densità di potenziali utilizzatori
- 294 campioni raccolti durante l'estate 2012

- ✓ Realizzazione database della conducibilità termica di rocce e sedimenti
- ✓ Selezioni formazioni più rappresentative
- ✓ Campionamento
- ✓ Misurazione strumentale conducibilità termica (λ):
- ✓ In roccia λ costante
- ✓ In sedimenti incoerenti (da dati di pozzo) λ è ottenuta sulla colonna calcolando una media pesata
- ✓ Integrazione dei risultati



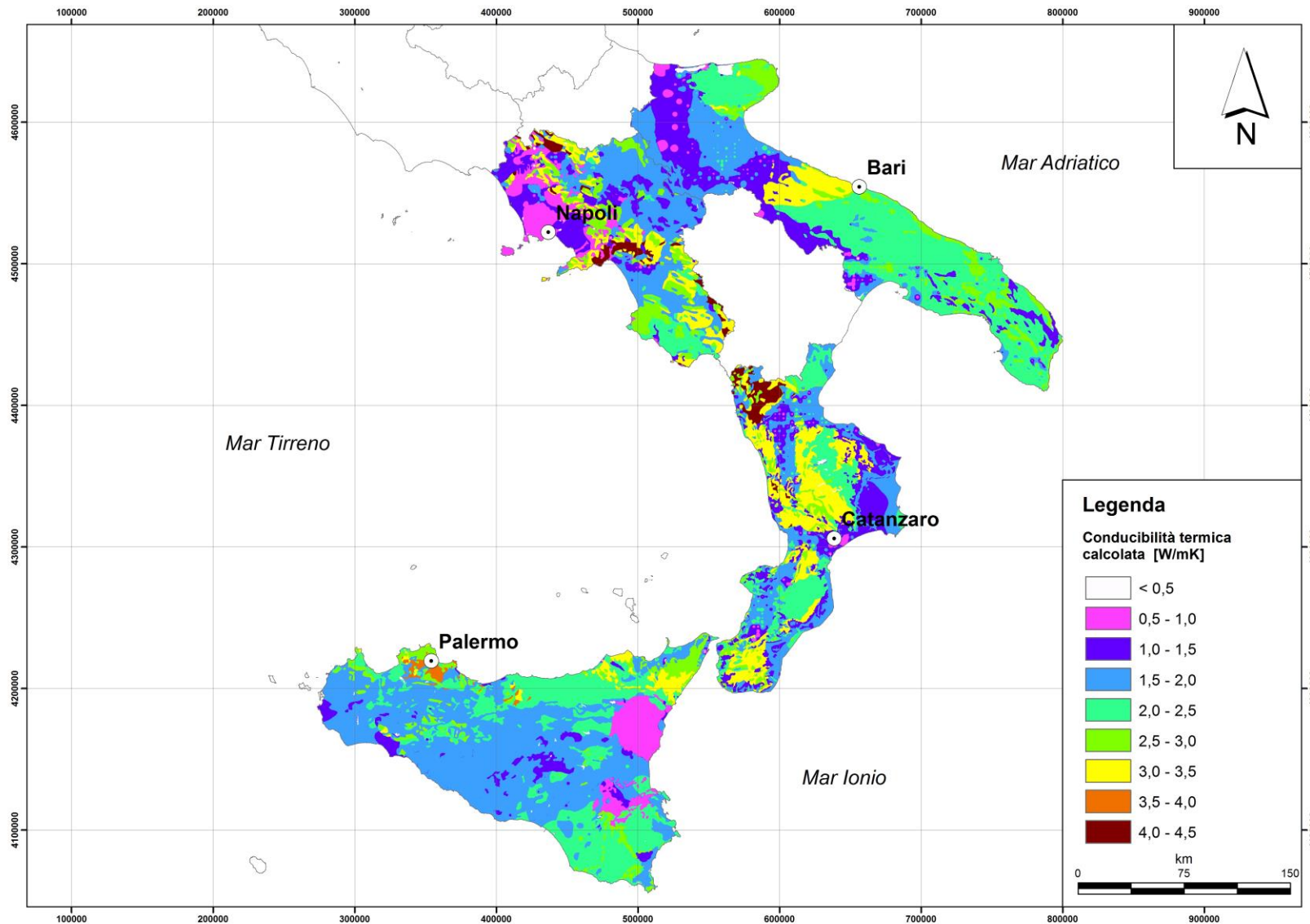
CARTA della CONDUCEBILITA' TERMICA

- 80 Sicilia
- 90 Campania
- 77 Calabria
- 47 Puglia

www.vigor-geotermia.it

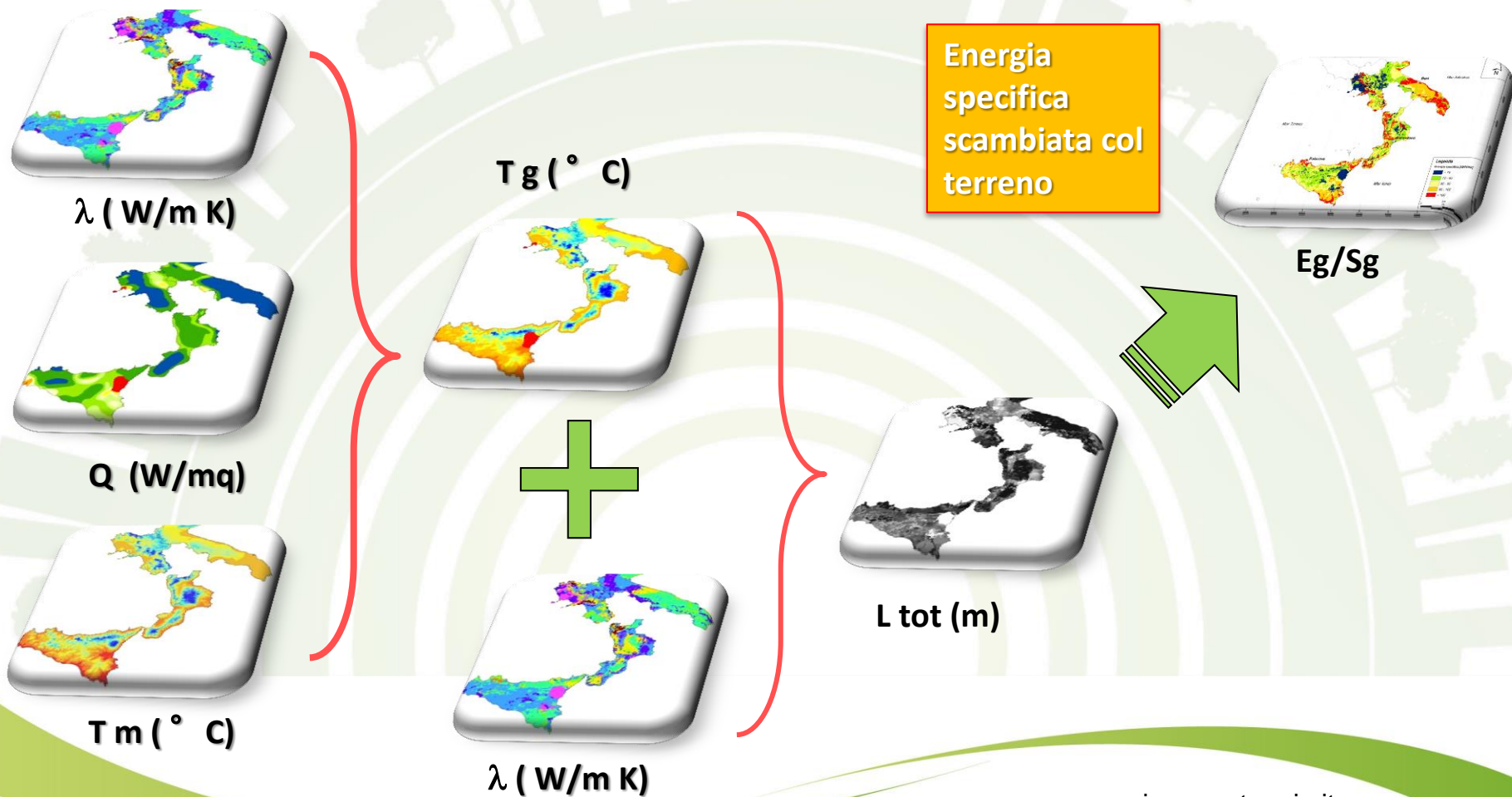


Carta della Conducibilità termica



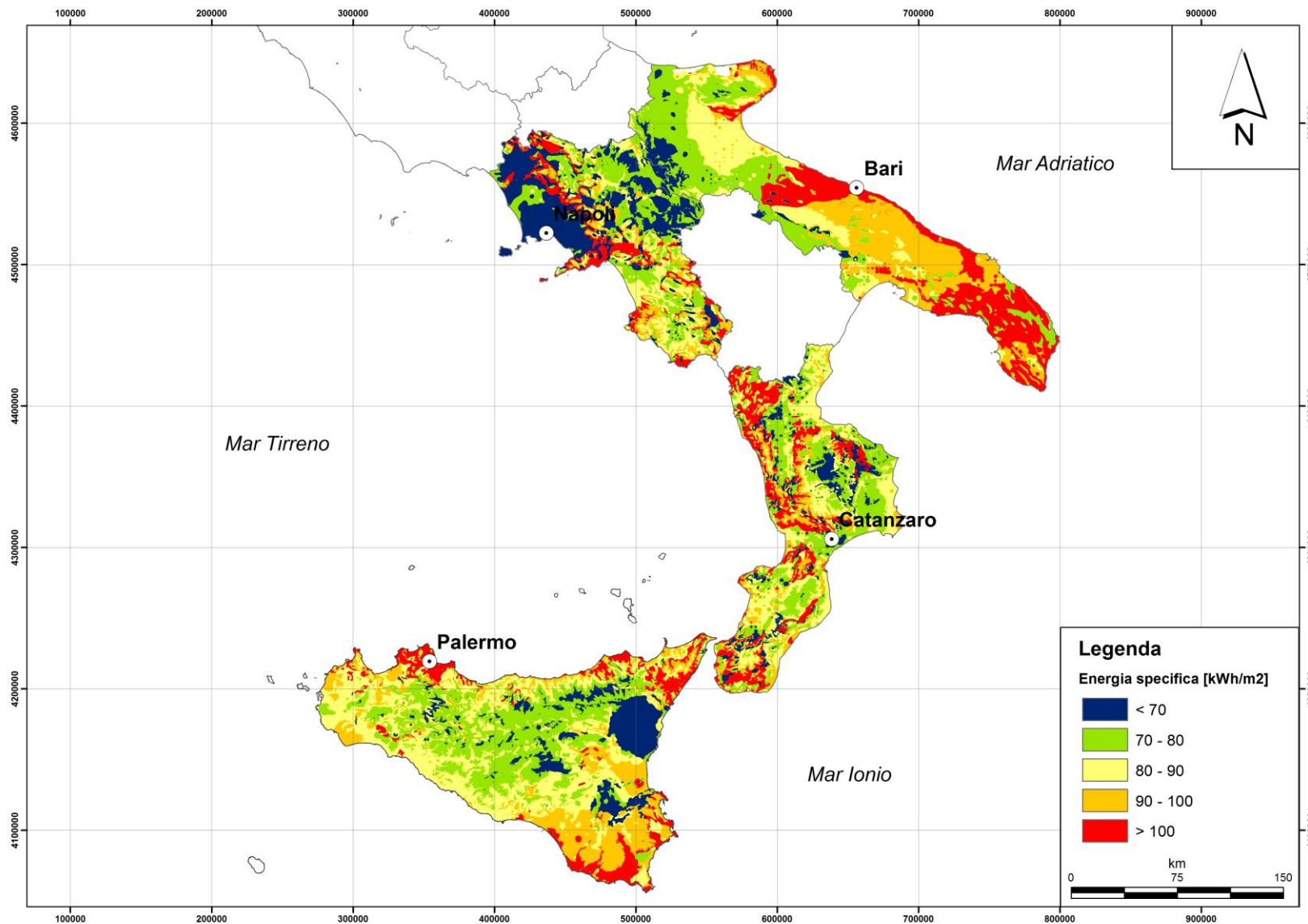


Metodologia di calcolo del potenziale di geoscambio





Energia specifica scambiata con il terreno

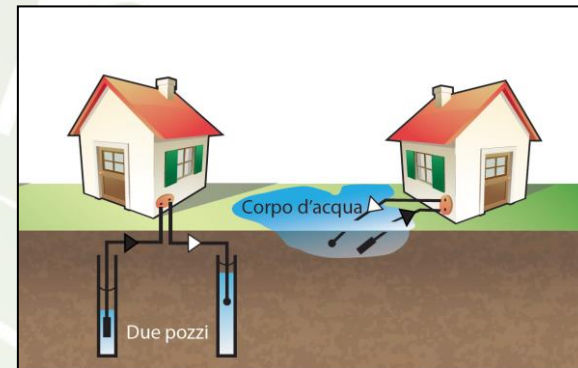




Il potenziale regionale superficiale

I sistemi geotermici a circuito aperto:

- Movimentazione acque di falda
- Applicabilità dipendente:
 - reperimento risorsa idrica
 - qualità/quantità risorsa idrica
 - Profondità utile/economica
- Sistemi spesso utilizzati per teleriscaldamento/teleraffrescamento



Idoneità per sistemi geotermici a circuito aperto

Presenza di una falda acquifera utilizzabile a profondità convenienti

Profondità compatibile

Condizioni chimico-fisiche non problematiche da un punto di vista impiantistico e ambientale

Classificazione della permeabilità su base litologica

Porosità primaria e secondaria

Orizzonti improduttivi

Idoneità all'utilizzo di sistemi a circuito aperto

—	isofreatiche [m] (l.m.m.) *
■	elevata
■	discreta
■	bassa
■	non idoneo

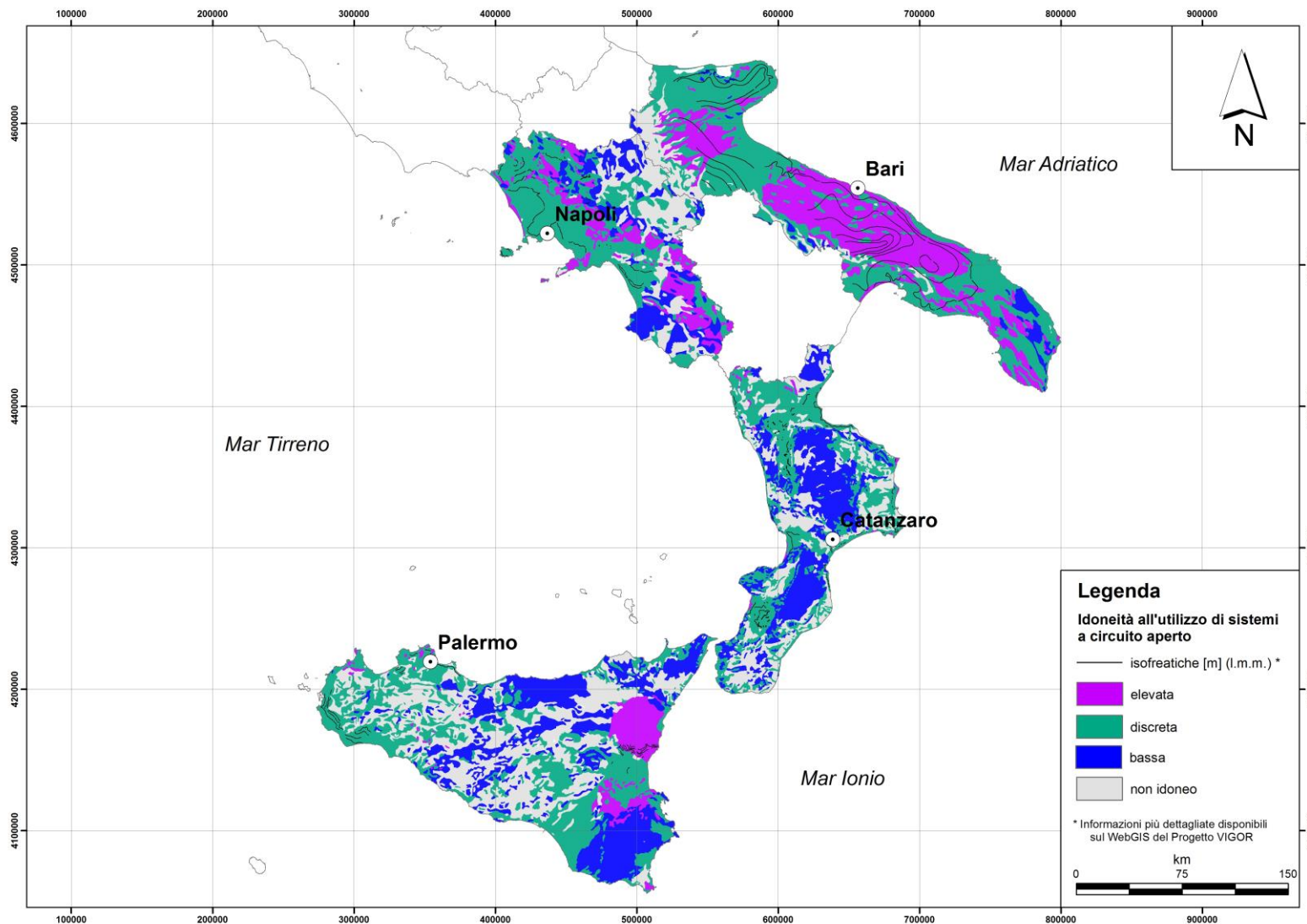
Fonti utilizzate per la ricostruzione della profondità di falda:

- Celico et al, 2005
- Piano tutela acque regione Puglia
- Carta idrogeologica Sicilia occidentale, Giannotti et al, 1970
- Schema idrogeologico – foglio Paternò, ISPRA





Carta di idoneità all'utilizzo di sistemi geotermici a circuito aperto





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



Consiglio Nazionale delle Ricerche
IGG



Programma Operativo Interregionale
ENERGIE RINNOVABILI E
RISPARMIO ENERGETICO
2007 - 2013

Una scelta illuminata



UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



QUADROSTRATEGICO NAZIONALE

www.vigor-geotermia.it