

# La geotermia italiana: stato attuale, obiettivi immediati e traguardi futuri

Adele Manzella



# Indice

- Concetti principali: cos'è la geotermia
- Usi diretti e condizionamento d'ambienti
- La produzione di energia: sistemi geotermici convenzionali
- Scenari geologici e risorse geotermiche non convenzionali
- L'esplorazione geotermica
- Verso un aumento di produzione: obiettivi e ricerche
- Il rinnovato interesse per la geotermia in Italia

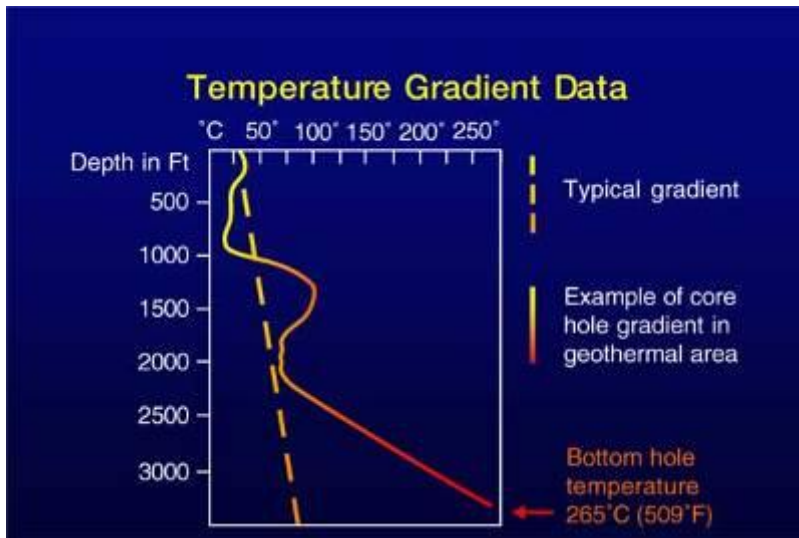
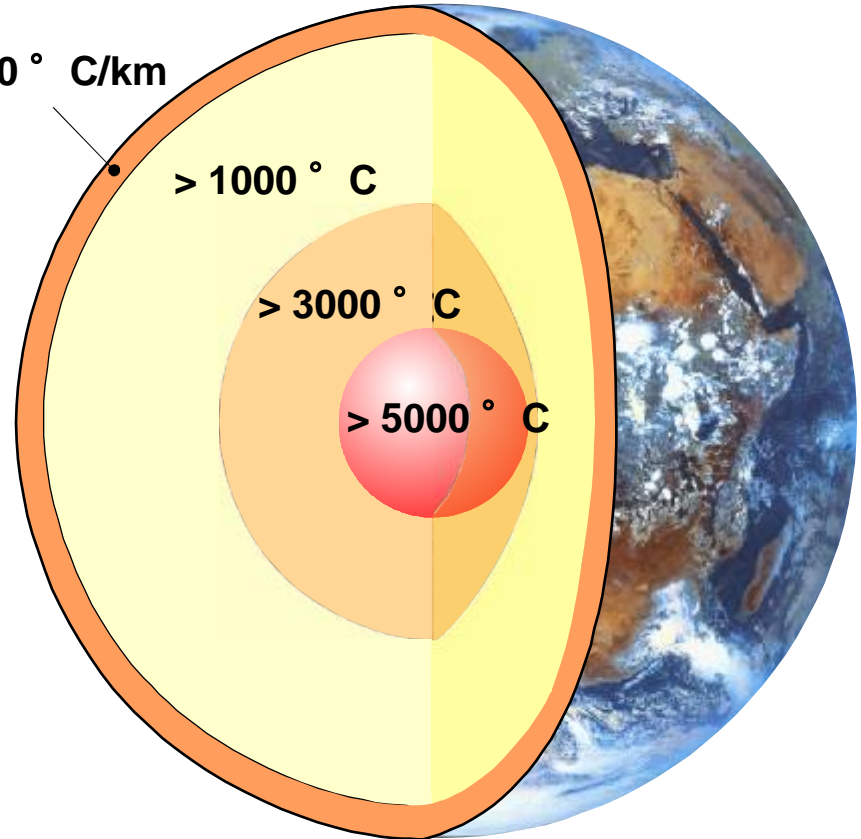


# Concetti principali

L'energia geotermica, nella sua accezione completa, è l'energia termica immagazzinata sotto la superficie terrestre.

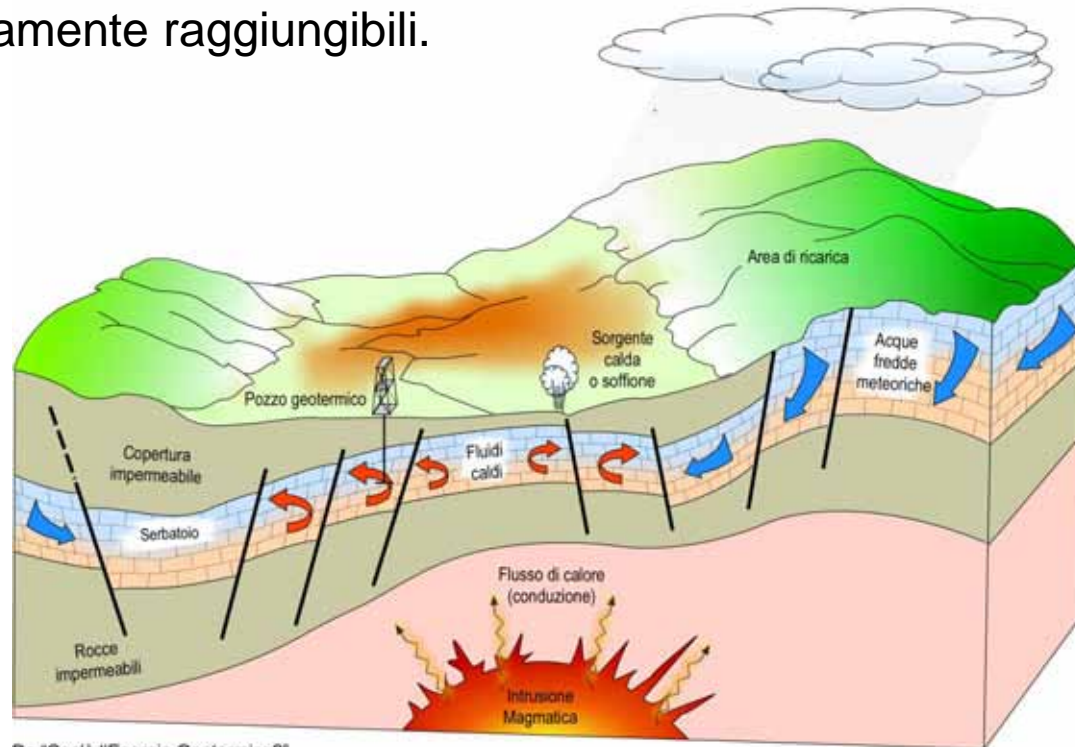
In principio lo 0.1% dell'energia immagazzinata nella crosta terrestre potrebbe soddisfare la richiesta energetica mondiale per 10.000 anni

$\sim 30^\circ \text{C/km}$



# Concetti principali

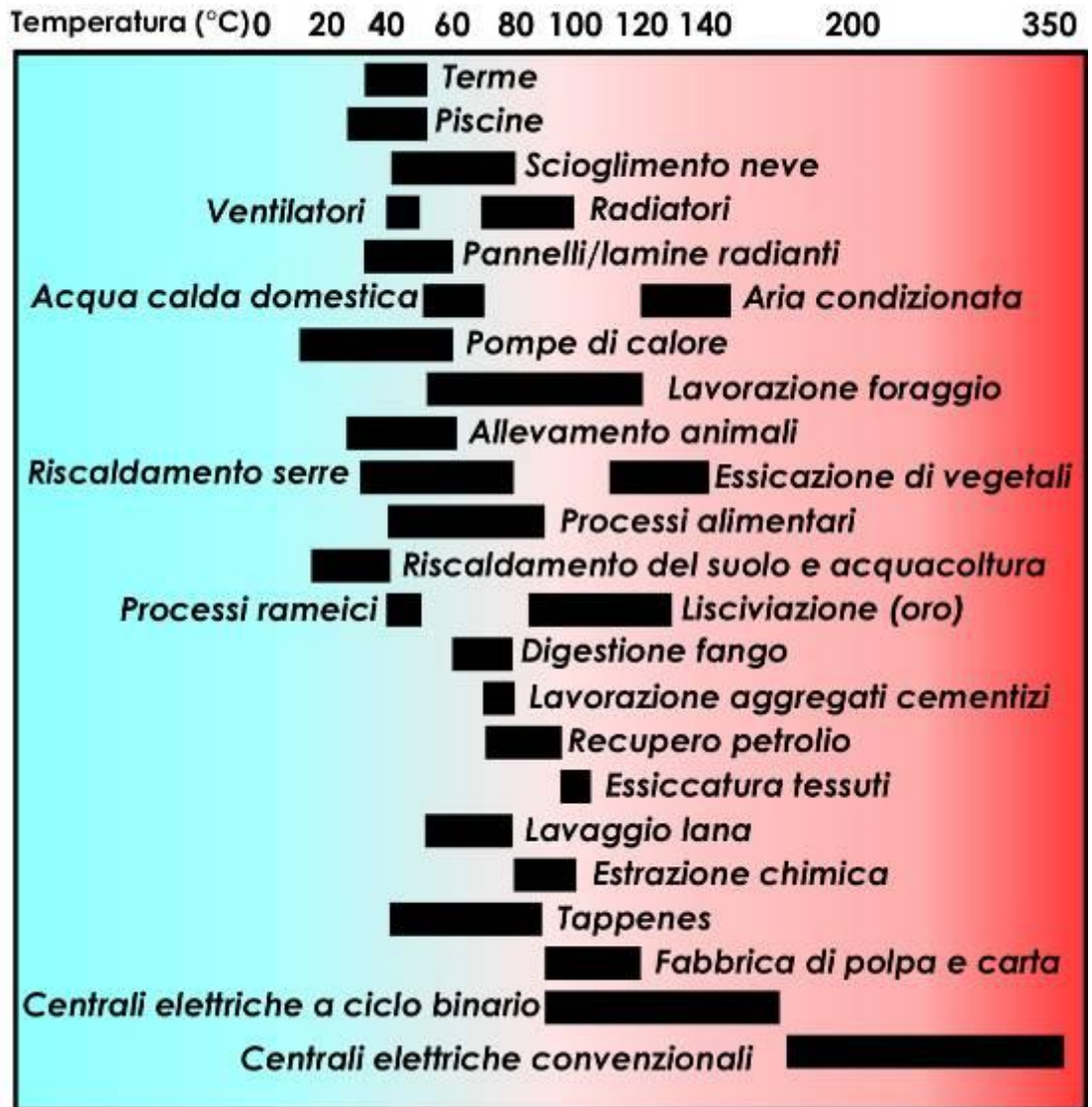
Nella gran parte dei casi la geotermia utilizzata, cosiddetta **convenzionale**, è quella dei sistemi idrotermali dominati dal moto convettivo dell'acqua, la quale muovendosi a partire dalla superficie della crosta terrestre all'interno di uno spazio confinato raggiunge zone calde profonde caratterizzate da un'anomalia termica e determina risalendo un trasferimento del calore profondo in superficie o a profondità economicamente raggiungibili.



Da "Cos'è l'Energia Geotermica?"  
IGA  
<http://iga.igg.cnr.it/geo/geoenergy.php?lang=it>



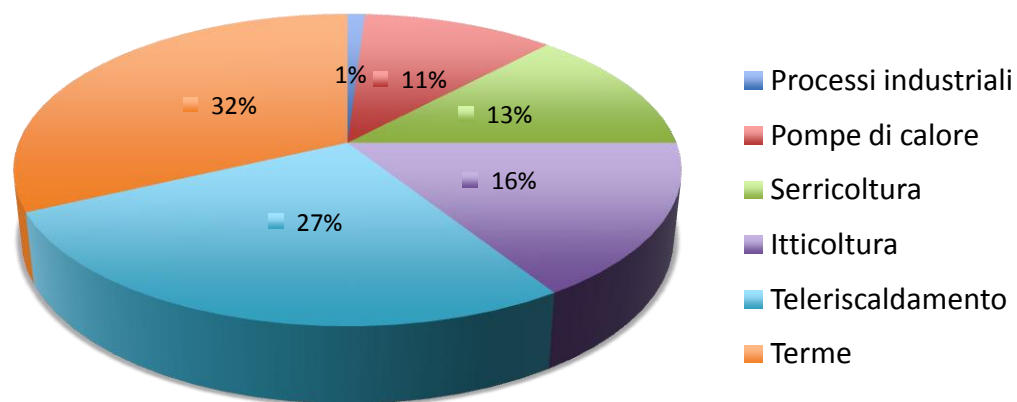
L'utilizzo convenzionale dell'energia geotermica è identificato dalla suddivisione in due categorie principali: risorse ad **alta entalpia impiegate per produzione di energia elettrica** e risorse **a bassa entalpia impiegate per usi diretti ed a scopo di riscaldamento**. Le possibilità di utilizzo dell'energia geotermica a temperature inferiori a quelle comunemente utilizzate per la produzione geotermoelettrica sono notevoli e spaziano dalle comuni terme ai sempre più frequenti utilizzi diretti per scopi agroalimentari, florovivaistici ed industriali.



# Usi diretti in Italia

*Energia complessiva utilizzata*  
**9941 TJ/anno**

**Percentuale Usi Diretti**



Il censimento è molto difficile, non ci sono enti preposti.  
Stime UGI, WGC2010





# Terme

La balneologia è probabilmente l'uso più antico di acque geotermiche, presente in tutte le culture



Since Roman times, we have piped the hot water into pools to better control the temperature. These are photos of outdoor and indoor pool and spa bathing in Japan, the US, and Europe.

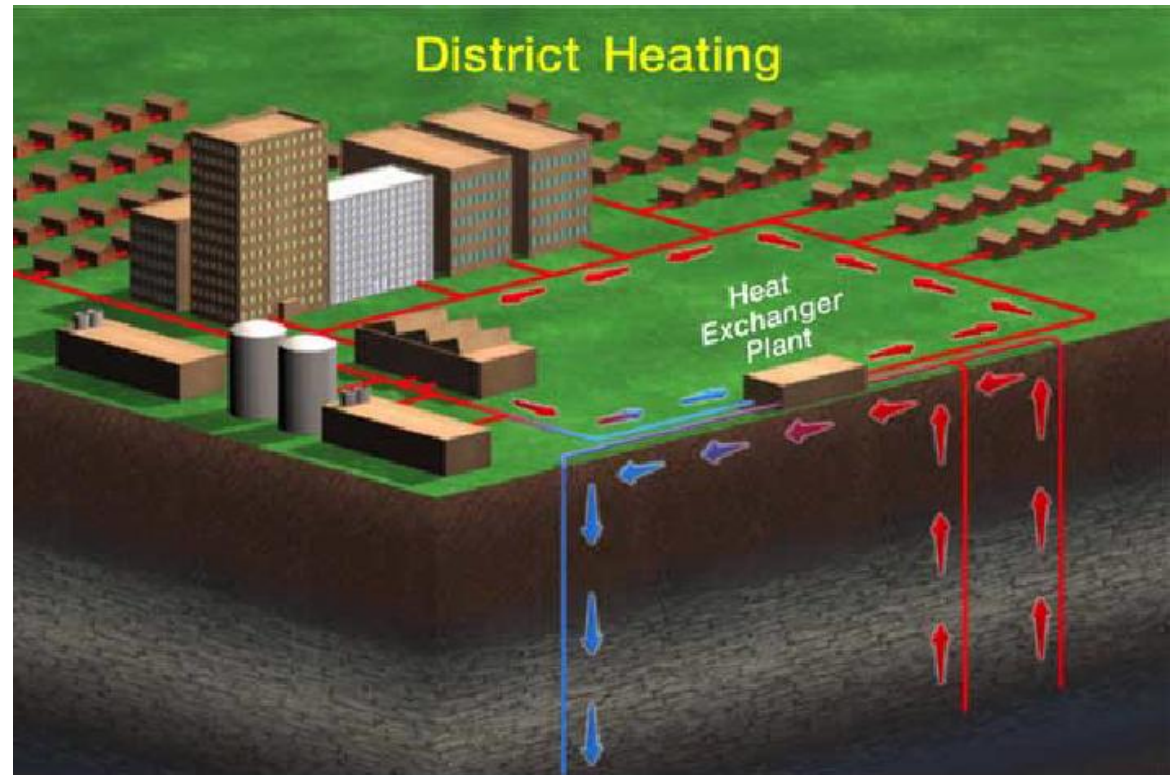
Slide 78 of 122, © 2000 Geothermal Education Office

*Consiglio Nazionale delle Ricerche - Dipartimento Terra Ambiente  
Istituto di Geoscienze e Georisorse*



# Teleriscaldamento

Il riscaldamento geotermico convenzionale utilizza direttamente gli acquiferi del sottosuolo con temperature comprese fra 30 e 150° C. Esso permette sia di fornire calore per il riscaldamento domestico sia di produrre acqua calda sanitaria mediante scambiatori di calore posti all'interno delle singole costruzioni o centralizzati.



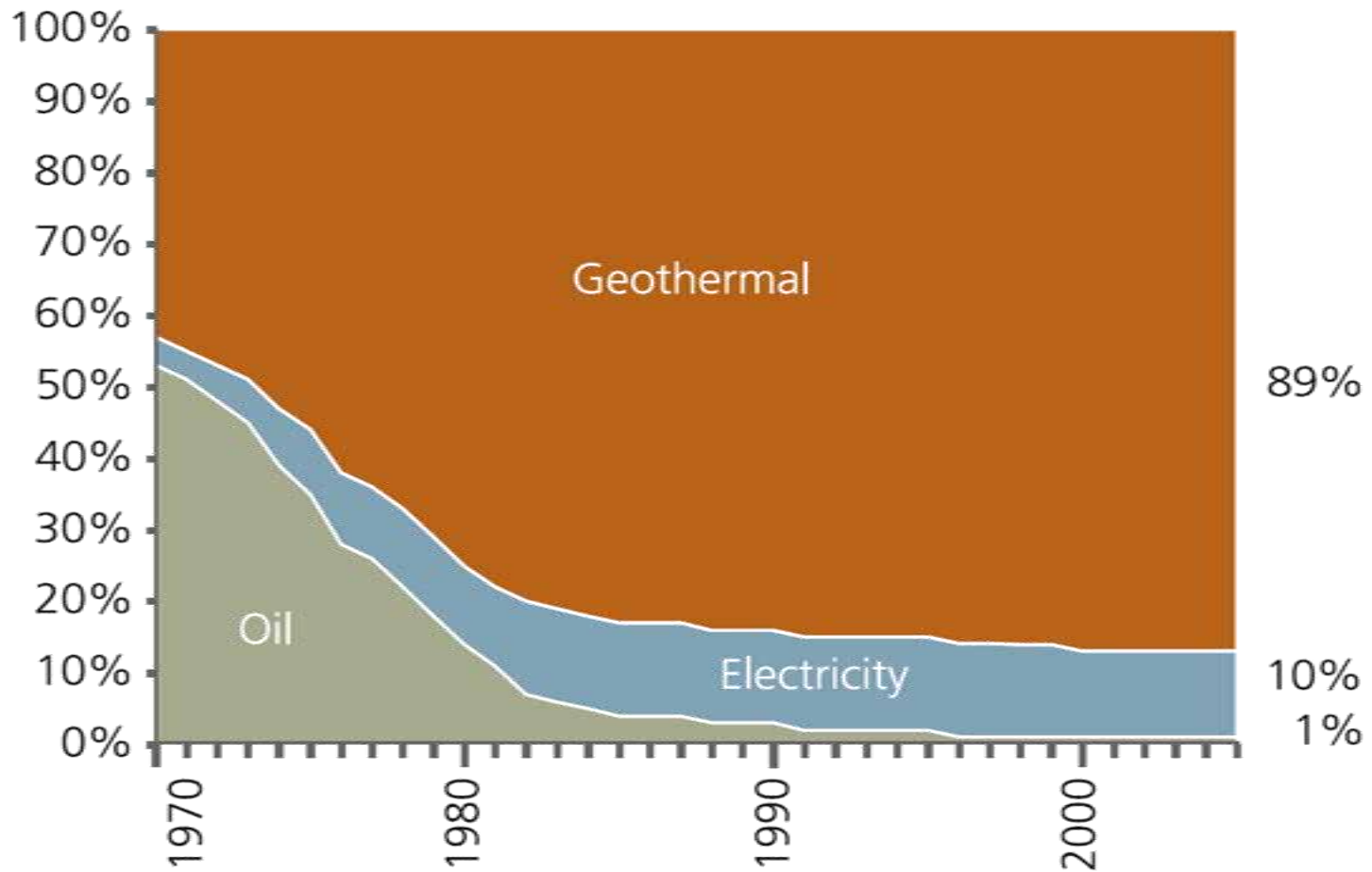
Hot water from one or more geothermal wells is piped through a heat exchanger plant to heat city water in separate pipes. Hot city water is piped to heat exchangers in buildings to warm the air.

Slide 90 of 122, © 2000 Geothermal Education Office





# Teleriscaldamento in Islanda



Sorgenti di energia utilizzate in Islanda per il riscaldamento





Reykjavik Using F



Reykjavik Using Geothermal





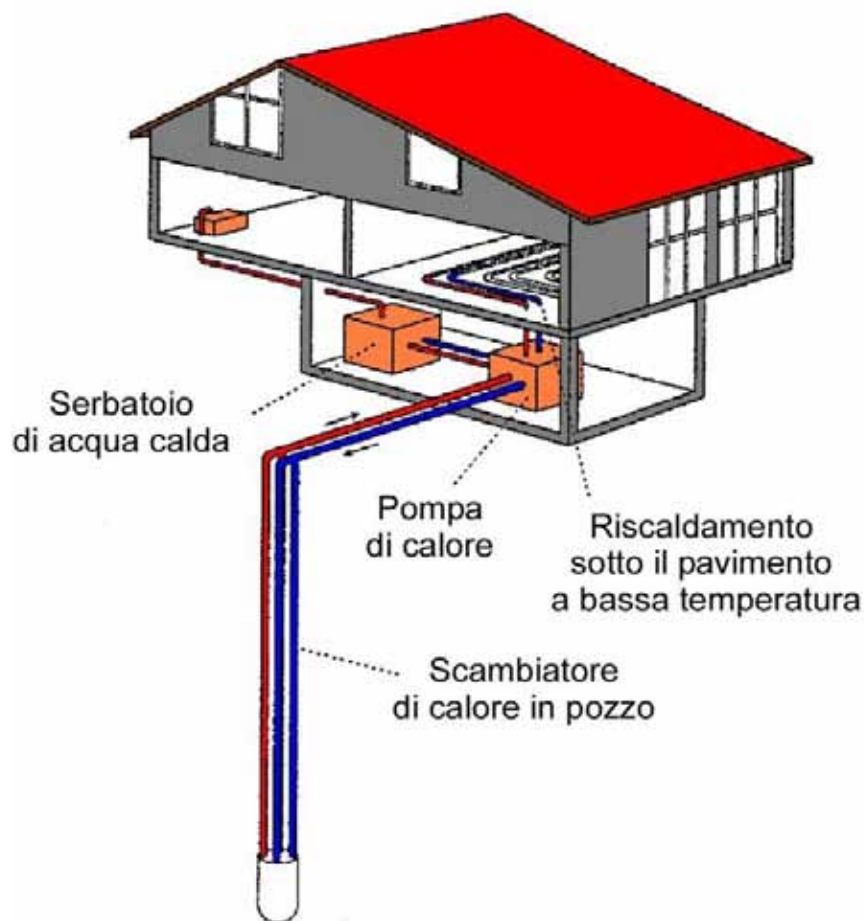
## Riscaldamento urbano a Ferrara

Una trivellazione petrolifera ha evidenziato nel 1965 una risorsa geotermica a  $102^{\circ}\text{C}$  ad una profondità di 1.1 km. Sono attualmente in funzione tre pozzi, due di produzione e uno di reiniezione. Dopo gli scambiatori di calore situati a prossimità dei pozzi, una condotta isolata di 2 km trasporta l'acqua di riscaldamento a  $95^{\circ}\text{C}$  verso la centrale: questa è composta da serbatoi di stoccaggio, da caldaie a gas per i picchi di domanda e da un inceneritore. La rete di distribuzione, di una lunghezza totale di 30 km, alimenta una parte importante della città di Ferrara. *Il contributo della geotermia sulla rete rappresenta circa il 60 % del fabbisogno di calore e permette di sostituire 5'000 tonnellate di petrolio all'anno.*





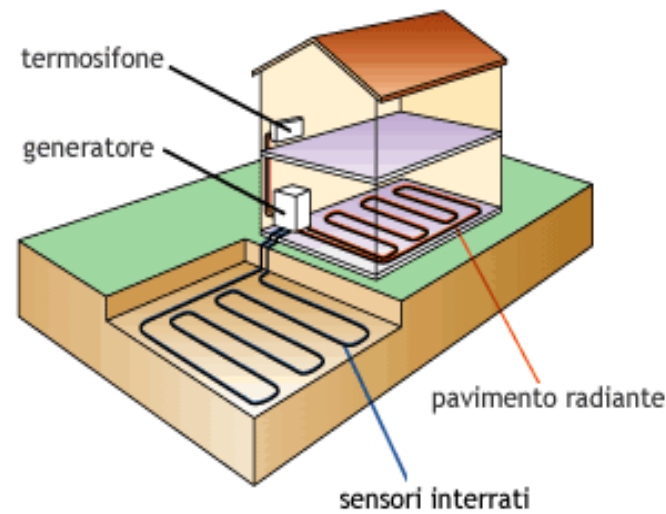
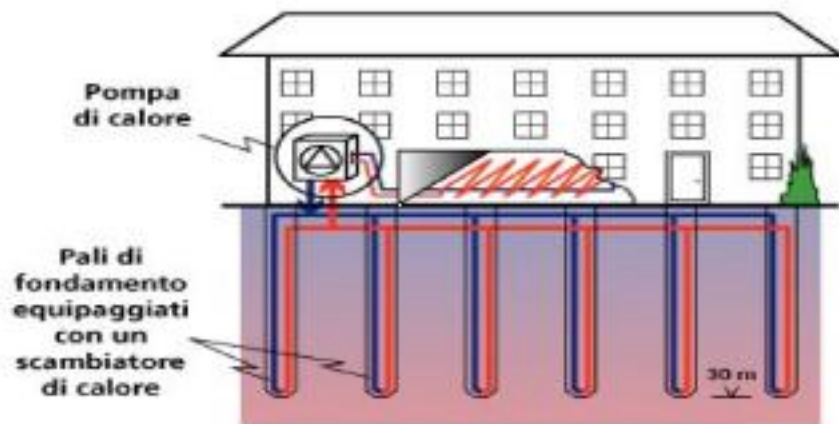
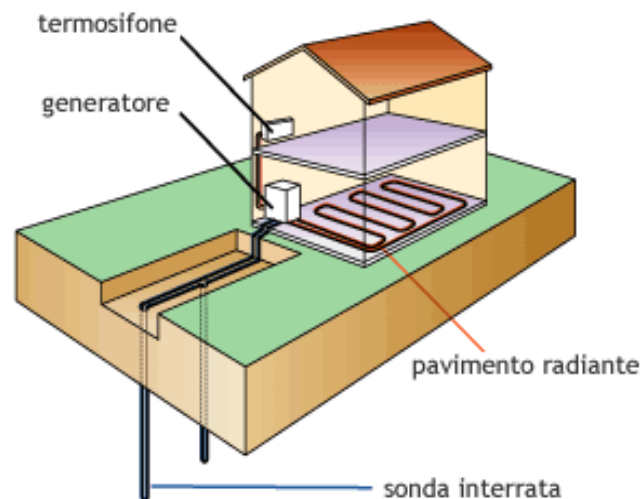
# Condizionamento geotermico degli ambienti (heat pumps)



Il condizionamento di ambienti (riscaldamento e raffreddamento) con l'energia geotermica si è diffuso notevolmente a partire dagli anni '80, a seguito dell'introduzione nel mercato e della diffusione delle *pompe di calore*. I diversi sistemi di pompe di calore disponibili permettono di estrarre ed utilizzare economicamente il calore contenuto in corpi a bassa temperatura, come terreno, acquiferi poco profondi, masse d'acqua superficiali, ecc.







Gli *usi agricoli* dei fluidi geotermici comprendono l'agricoltura a cielo aperto ed il riscaldamento di serre. L'acqua calda può essere usata nell'agricoltura a cielo aperto per irrigare e/o riscaldare il suolo.

Nell'agricoltura a cielo aperto, il controllo della temperatura può consentire di:

- prevenire i danni derivanti dalle basse temperature ambientali,
- estendere la stagione di coltivazione
- aumentare la crescita delle piante ed incrementare la produzione
- sterilizzare il terreno

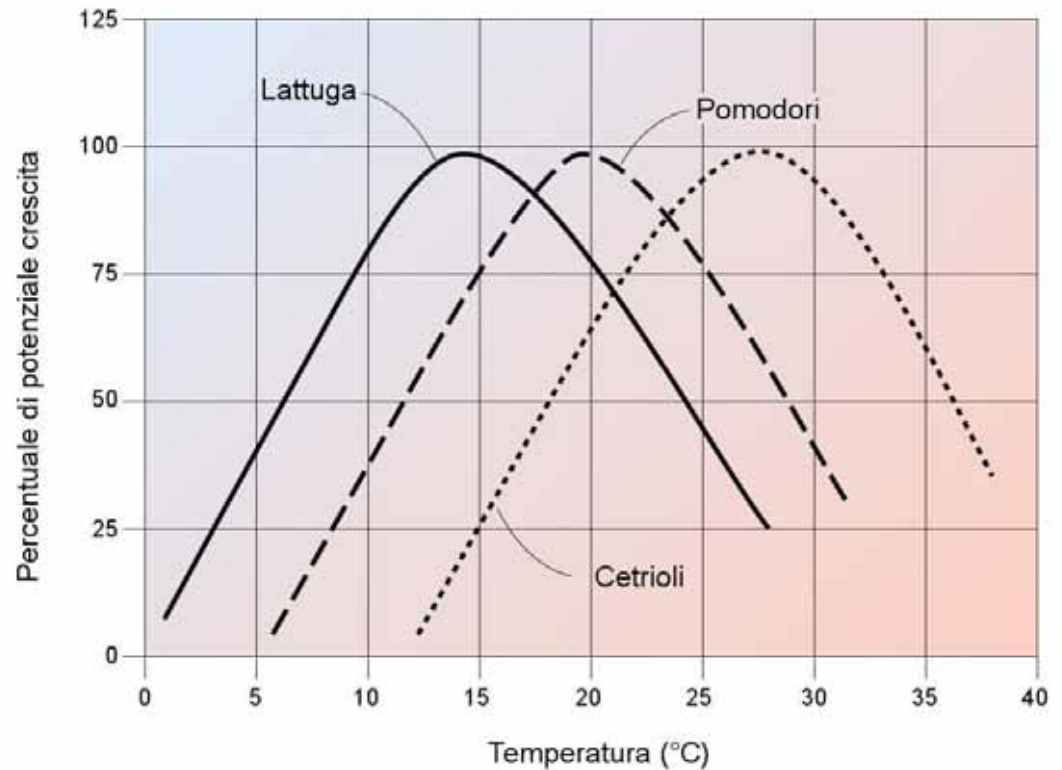


L'utilizzazione più comune dell'energia geotermica in agricoltura è, comunque, il *riscaldamento di serre*, che è stato sviluppato su larga scala in molti paesi. La coltivazione di verdure e fiori fuori stagione o in climi non propri può essere realizzata avendo a disposizione una vasta gamma di tecnologie.



Sono disponibili molte soluzioni per avere ottime condizioni di crescita, basate sulla miglior temperatura di sviluppo di ciascuna pianta e sulla quantità di luce, sulla concentrazione di CO<sub>2</sub> nell'ambiente della serra, sull'umidità del terreno e dell'aria, e sul movimento dell'aria.

*Curve di accrescimento di alcune verdure*







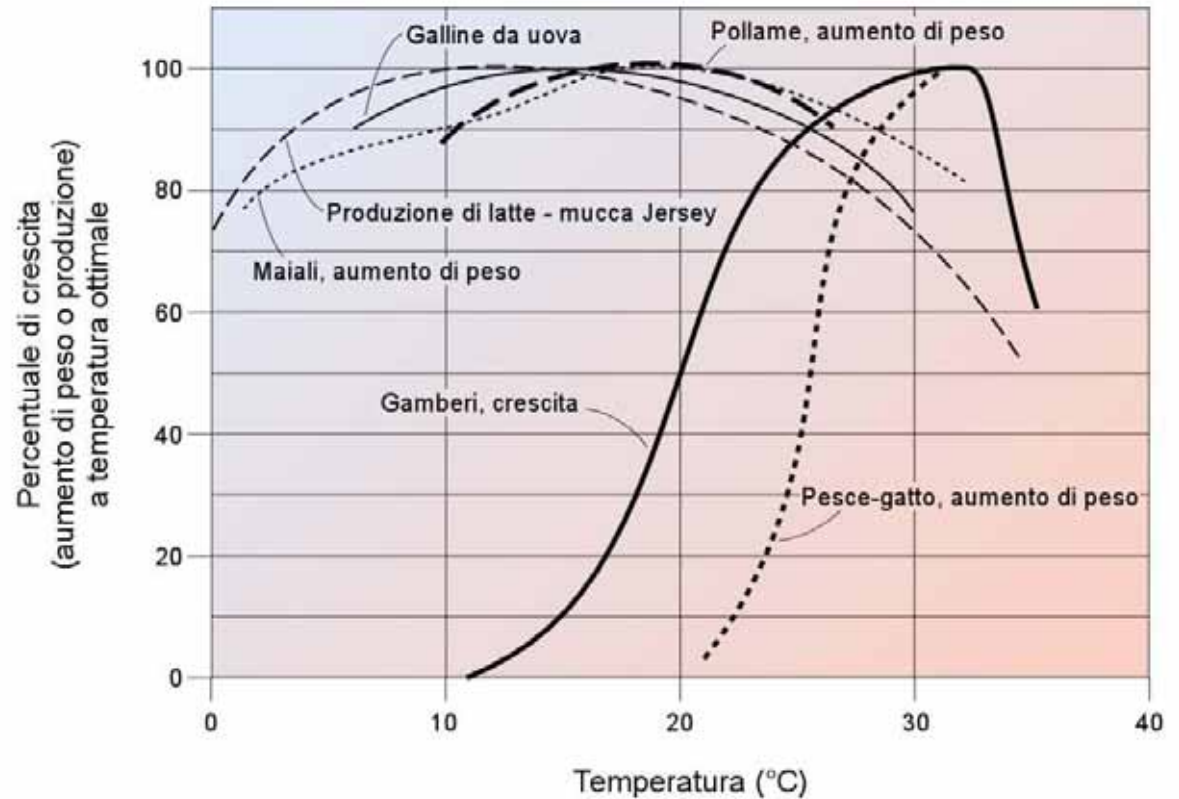
Peppers, tomatoes, and flowers are commonly grown in geothermally heated greenhouses.



Il riscaldamento delle serre può essere (a) a circolazione forzata d'aria in scambiatori di calore, (b) a circolazione d'acqua calda in tubi posti sopra o nel terreno, o anche in condotte alettate situate lungo le pareti o sotto i pancali, e (c) con una combinazione di questi sistemi. L'uso dell'energia geotermica per il riscaldamento delle serre può ridurre significativamente i costi operativi, che in alcuni casi rappresentano il 35% del costo dei prodotti (verdure, fiori, piante da appartamento, piantine da sviluppo).



Gli animali da fattoria e le specie acquatiche, come anche i vegetali, possono migliorare in qualità e quantità, se sono cresciuti in ambienti a temperatura controllata



*Effetti della variazione di temperatura sulla crescita e produzione animale*



In molti casi le acque geotermiche possono essere sfruttate convenientemente combinando l'*allevamento di animali* con il riscaldamento di serre.

L'energia richiesta per riscaldare un impianto di allevamento è circa il 50% di quella necessaria ad una serra della stessa superficie, rendendo possibile la costruzione di un sistema a cascata.

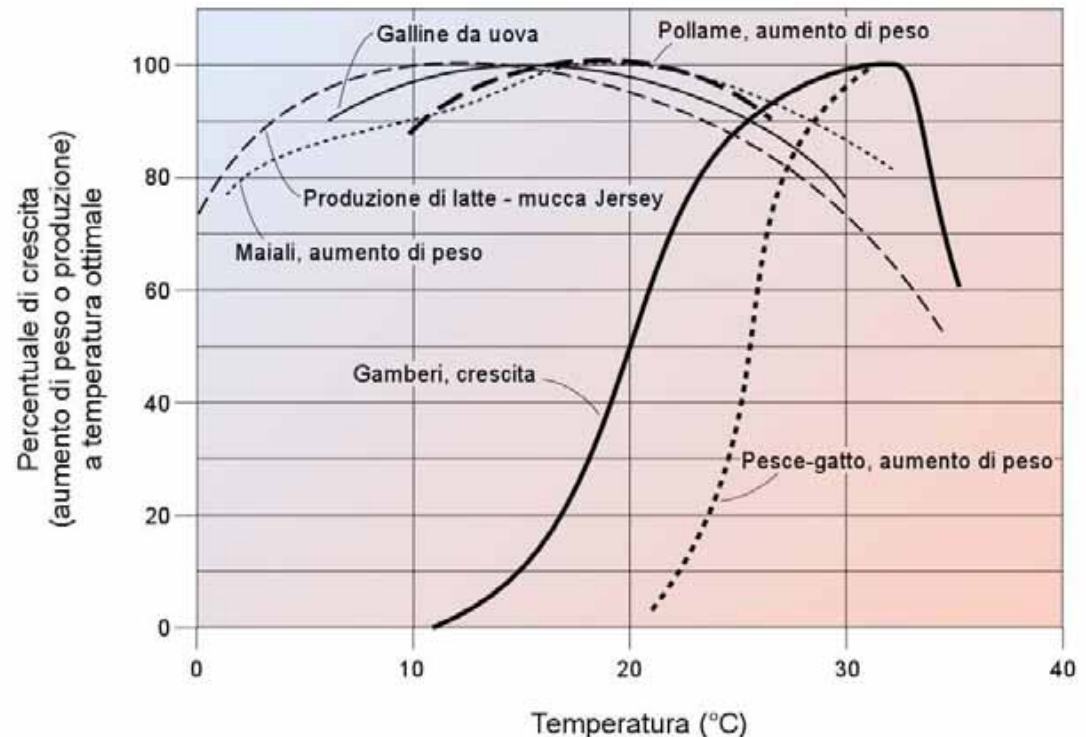
L'allevamento a temperatura controllata migliora le condizioni sanitarie degli animali; inoltre, i fluidi caldi possono essere utilizzati per pulire, sterilizzare e deumidificare gli ambienti e per trattare i rifiuti





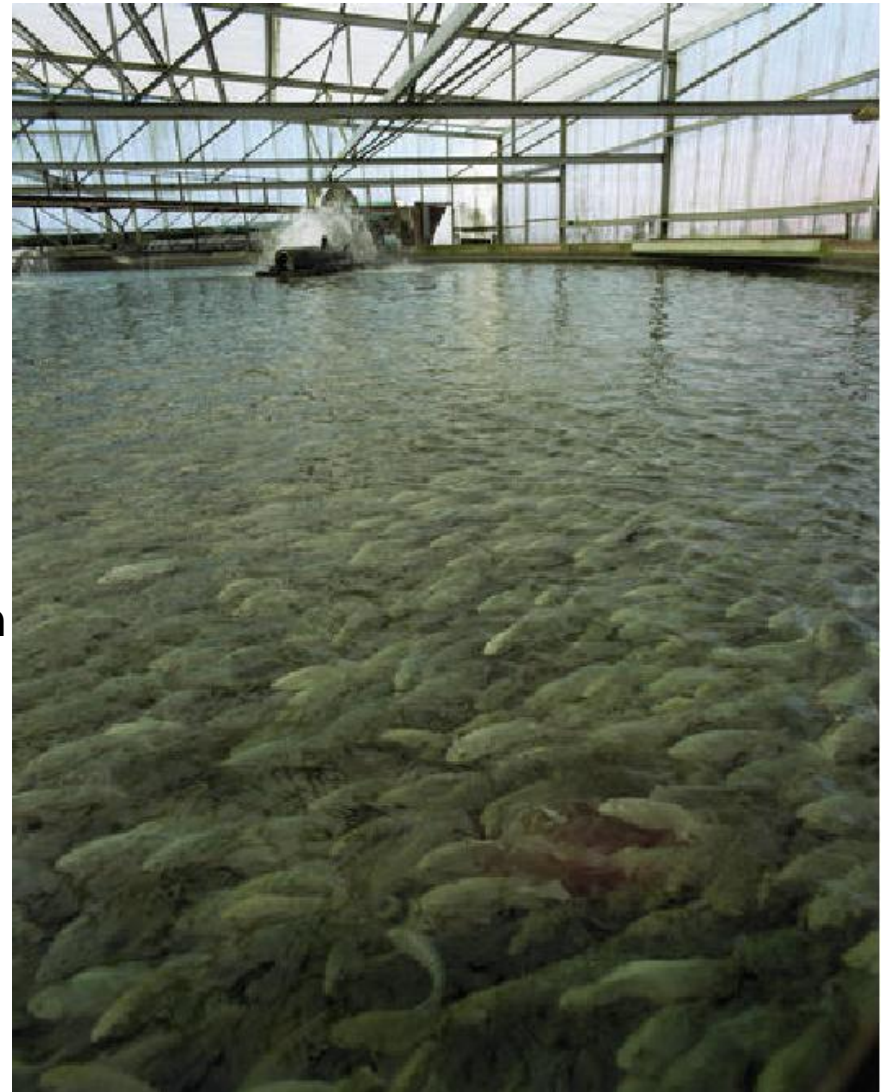
L'*acquacoltura*, vale a dire l'allevamento controllato di forme di vita acquatiche, in questi ultimi tempi si è diffuso notevolmente in campo mondiale, a seguito dell'ampliamento del mercato.

Il controllo della temperatura di crescita per le specie acquatiche è molto più importante che per le specie terrestri, come si può osservare nella Figura, che mostra che l'andamento della curva di crescita per forme acquatiche è molto diverso da quello delle forme terrestri.



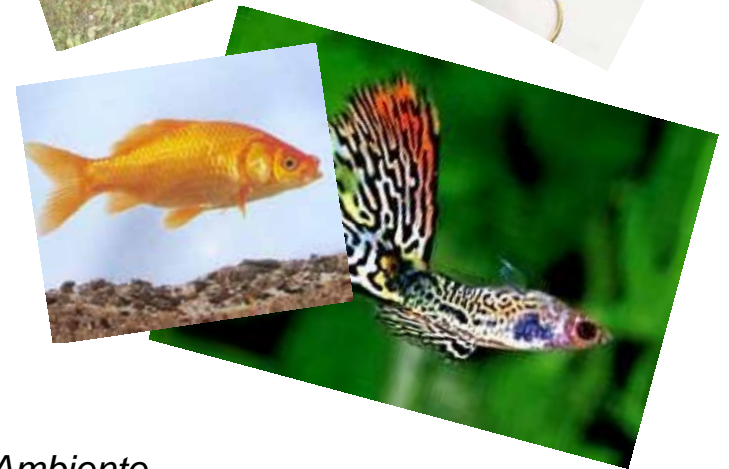
Mantenendo artificialmente la temperatura ottimale, si possono allevare specie esotiche, aumentare la produzione e anche, in qualche caso, raddoppiare il ciclo riproduttivo.

Le specie allevate più comunemente sono carpa, pesce gatto, branzino, tilapia, muggine, anquilla, salmone, storione, gambero, aragosta, gambero d'acqua dolce, granchio, ostrica, e mitilo.



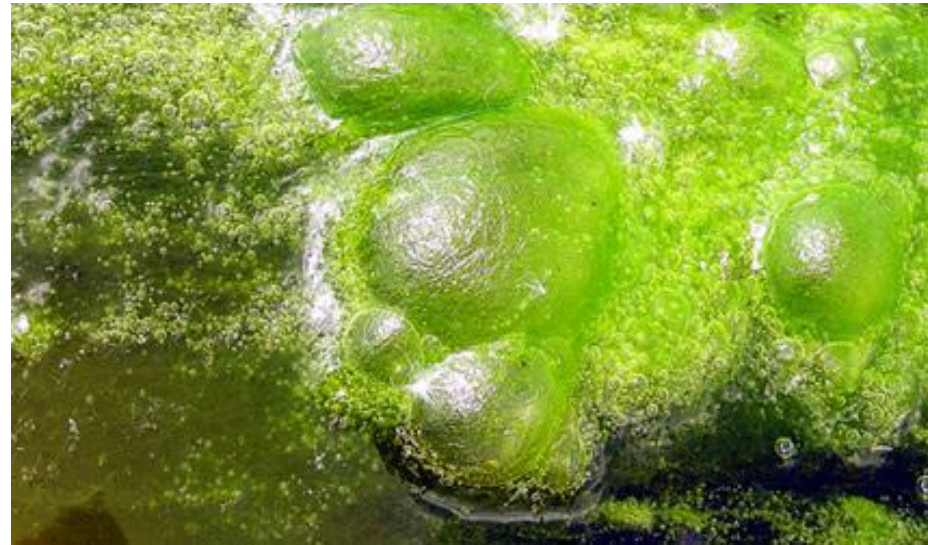
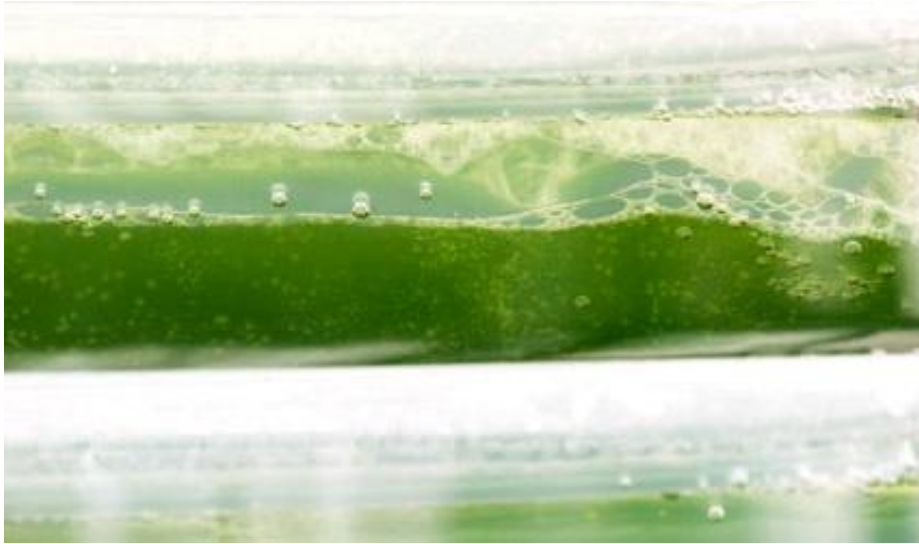
La temperatura richiesta da molte forme acquatiche è compresa tra 20° e 30° C. Le dimensioni delle installazioni dipendono dalla temperatura dei fluidi geotermici, dalla temperatura richiesta nelle vasche di allevamento e dalle perdite di calore da queste ultime.

Allevamento di pesci a destinazione alimentare o ornamentale.





## **Coltivazione e Produzione di Alghe per l'estrazione di oli essenziali e la produzione di biocombustibili**





Tutto l'intervallo di temperatura dei fluidi geotermici, vapore o acqua, può essere sfruttato in *usi industriali*, come si vede nel diagramma di Lindal. Le diverse possibili forme di utilizzazione comprendono processi a caldo, evaporazione, essiccamento, distillazione, sterilizzazione, lavaggio, decongelamento, ed anche estrazione di idrocarburi.



# Comunità del Cibo a Energia Rinnovabile

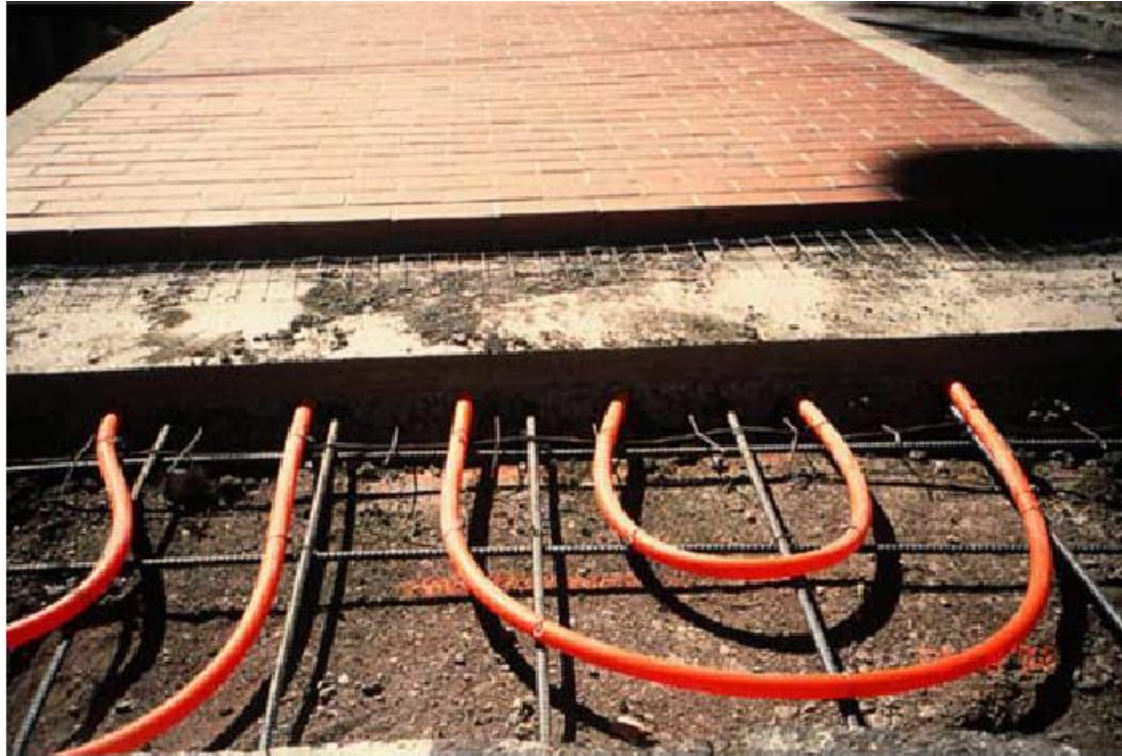
- **Caseificio San Martino**, prodotti caseari, Monterotondo M.mo
- **Tanda**, prodotti caseari, Monterotondo M.mo
- **Fattoria dell'Antica Filiera**, prodotti caseari, Castelnuovo di V.Cecina
- **Arcadia**, lavorazione carni e insaccati, Monterotondo M.mo
- **Parvus Flos**, prodotti orticoli e floricoltura, Radicondoli



- **Birra Amiata**  
birrificio, Arcidosso  
(M.Amiata)



Fluidi geotermici possono essere utilizzate anche per scongelare suoli ghiacciati.



Pipes of geothermal water can be installed under sidewalks and roads to keep them from icing over in winter, like this sidewalk.

Slide 88 of 122, © 2000 Geothermal Education Office

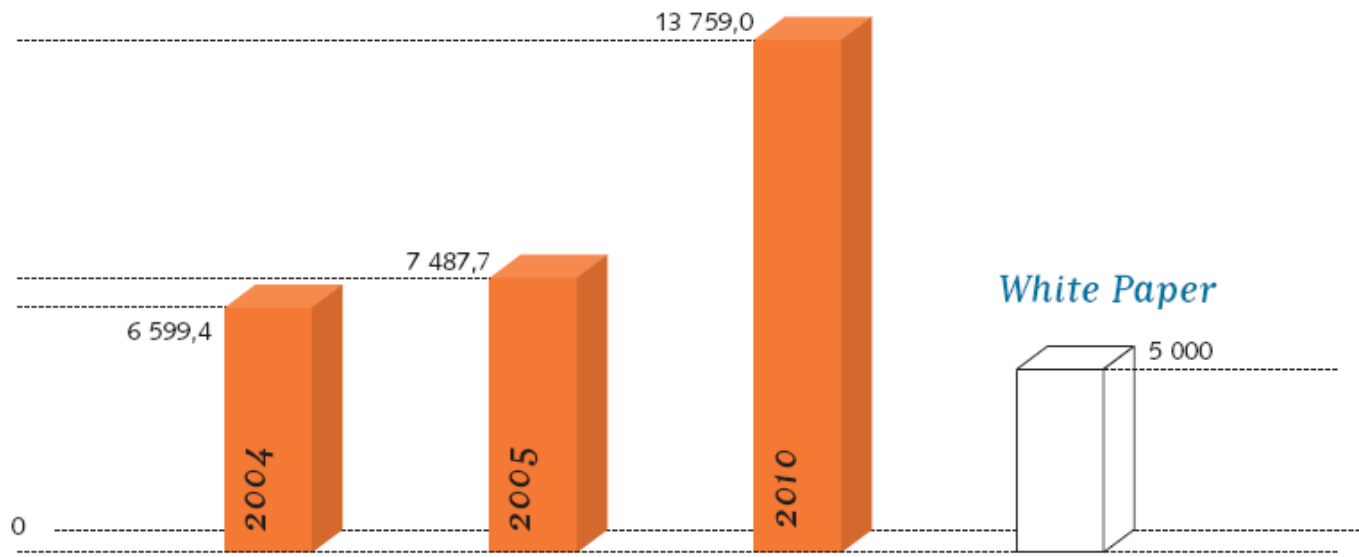


*Consiglio Nazionale delle Ricerche - Dipartimento Terra Ambiente  
Istituto di Geoscienze e Georisorse*

# PROSPETTIVE 2010 : calore

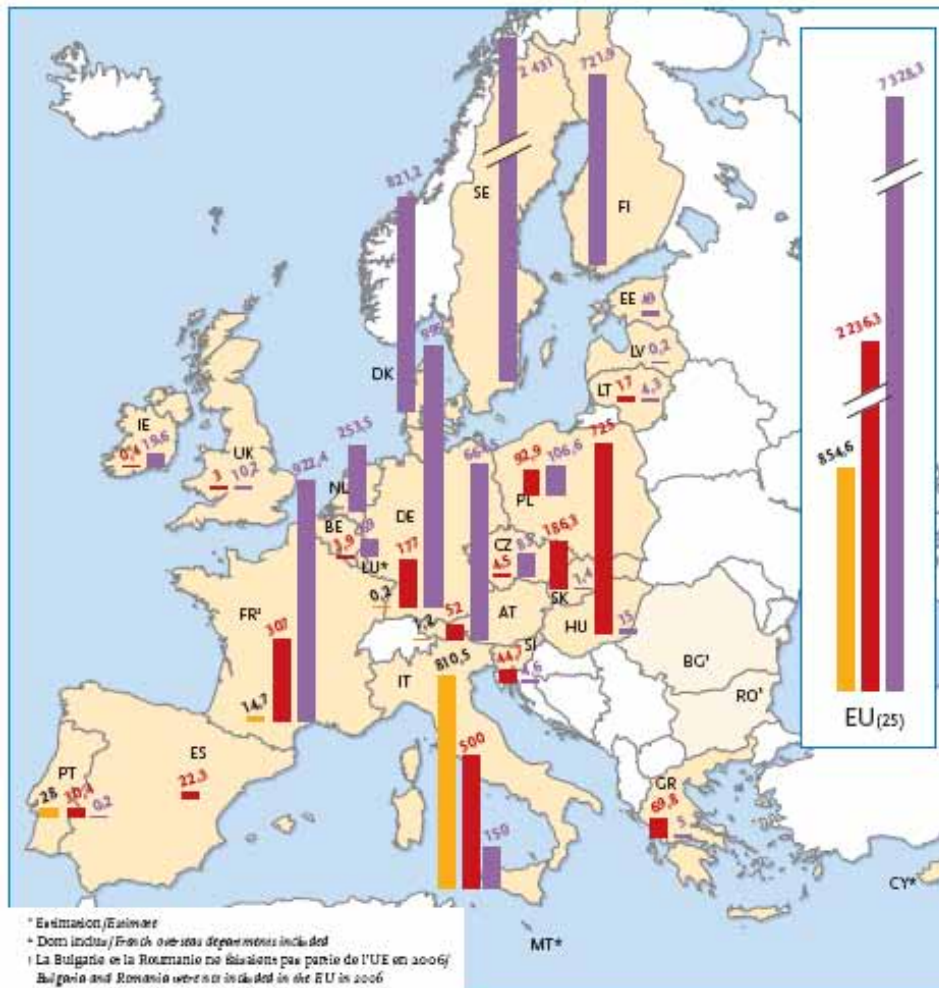
Gli obiettivi del Libro Bianco che erano stati previsti per la EU sono stati largamente superati. In parte questo è dovuto all'inserimento di nuovi Stati Membri, ma anche dalla rapidissima ascesa nell'uso di pompe di calore geotermiche in tutti i paesi.

Rimane comunque molto difficile determinare esattamente la capacità installata per usi diretti.





## CUMULATED CAPACITY OF GEOTHERMAL ENERGY IN THE EU COUNTRIES<sup>1</sup>



### LÉGENDE/KEY

- Puissance électrique installée dans les pays de l'UE à fin 2006 (en MWe) / Cumulated installed electric capacity in the E.U. countries at the end of 2006 (in MWe).
- Usage direct de la chaleur géothermique (hors PACC) dans les pays de l'UE à fin 2006 (en MWh) / Installed capacity for direct use (GHPs excepted) of geothermal heat in the E.U. countries at the end of 2006 (in MWh).
- Puissance installée des PACC dans les pays de l'UE à fin 2006 (en MWh) / Cumulated installed capacity of the geothermal heat pumps in the E.U. countries at the end of 2006 (in MWh).

From EurObserver 2007

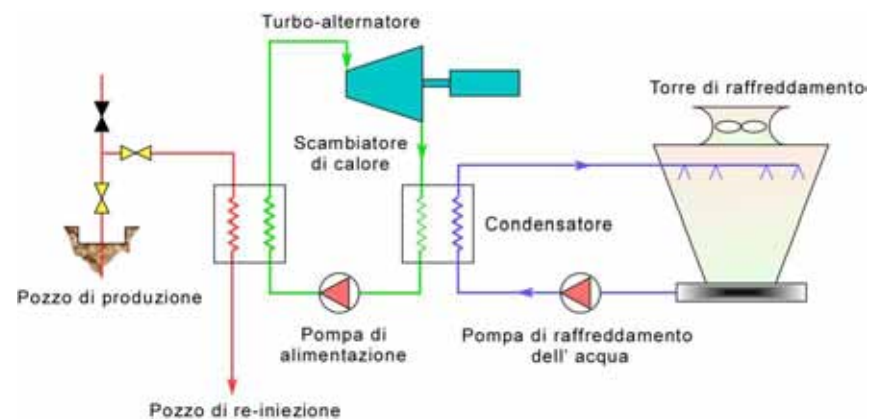
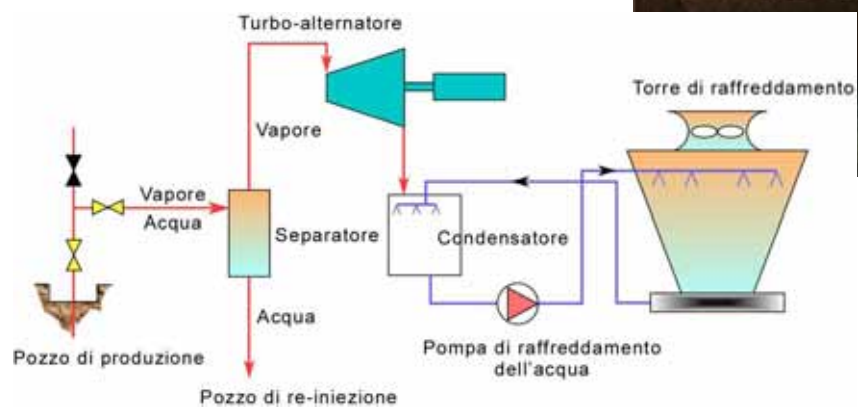
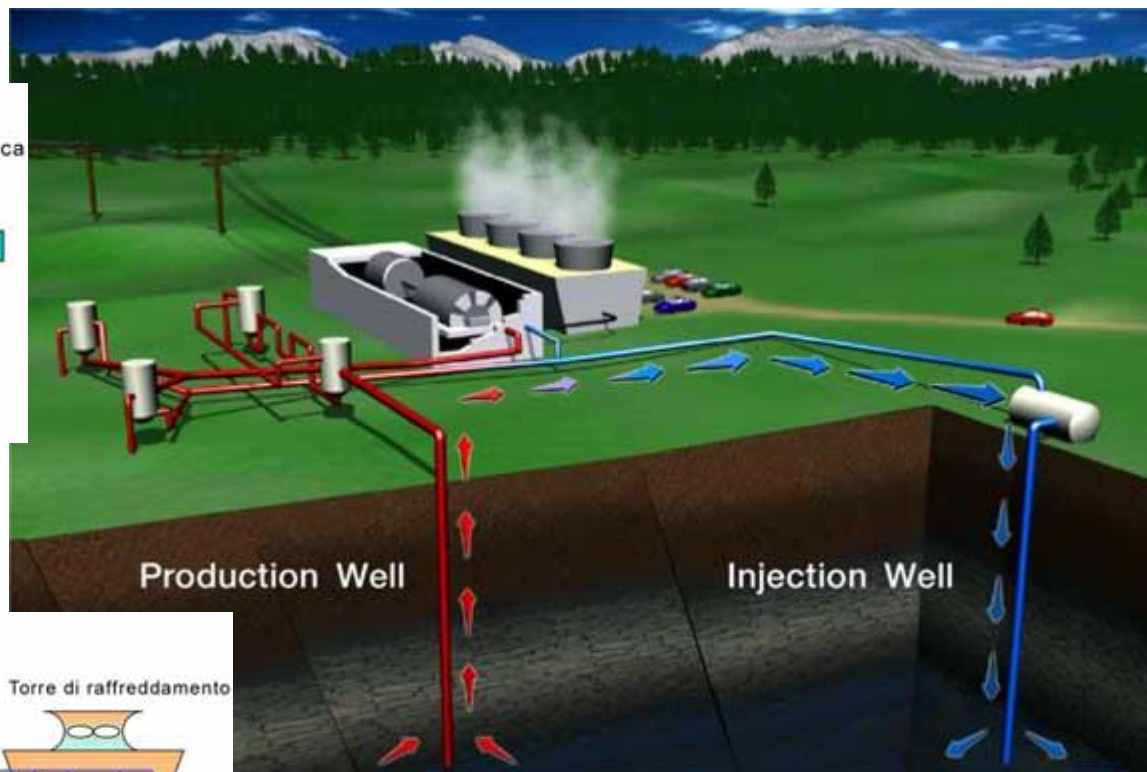
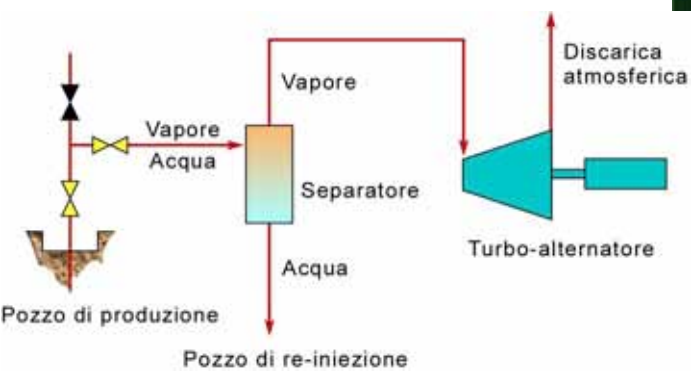


# Concetti principali: produzione di energia

Il calore sotterraneo non viene utilizzato direttamente per la produzione di energia, ma attraverso una massa d'acqua che scambia ed estrae il calore immagazzinato nelle rocce (sistemi idrotermali)

La potenza elettrica è prodotta dalla conversione di energia termica immagazzinata nella massa d'acqua in energia meccanica attraverso una turbina, direttamente (tecnologia convenzionale flash) o indirettamente (tecnologia binaria), ed infine in energia elettrica grazie al generatore





# Concetti principali: produzione di energia

La produzione di elettricità da impianti geotermici convenzionali consiste nella conversione del calore proveniente da acquiferi a media e alta temperatura (da 90° C a 350° C) attraverso l'utilizzo di **turbogeneratori**.

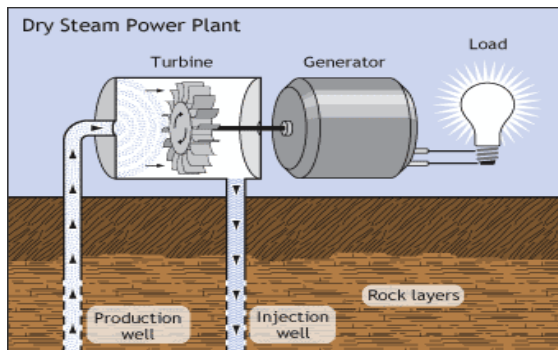
10 MW<sub>t</sub> (termico)  $\Rightarrow$  1MW<sub>e</sub> (elettrico)

1 MW<sub>e</sub> richiede:

- 7 - 10 t/h di vapore secco
- 30-40 t/h di fluido bifase a 200-250° C (tecnologia flash)
- 400 - 600 t/h di acqua se si utilizzano cicli binari ORC a bassa entalpia (120-160° C)



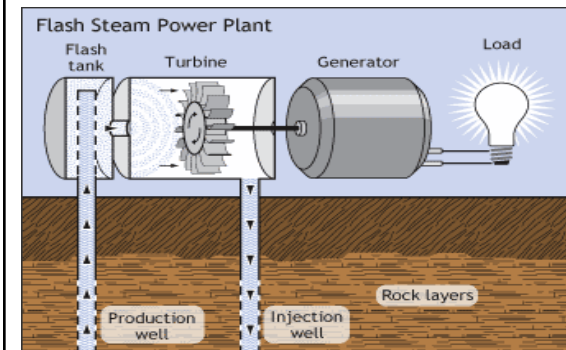




### Dry steam plants

use hydrothermal fluids that are primarily steam. The steam goes directly to a turbine, which drives a generator that produces electricity.

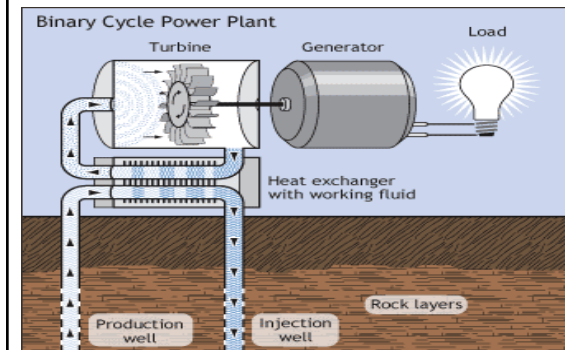
Highly cost competitive but geographically limited



### Flash steam power plants

tap into reservoirs of water with temperatures greater than **180°C**. As it flows, the fluid pressure decreases and some of the hot water boils or "flashes" into steam. The steam is then separated at the surface and is used to power a turbine/generator unit

Most dominant in terms of global capacity

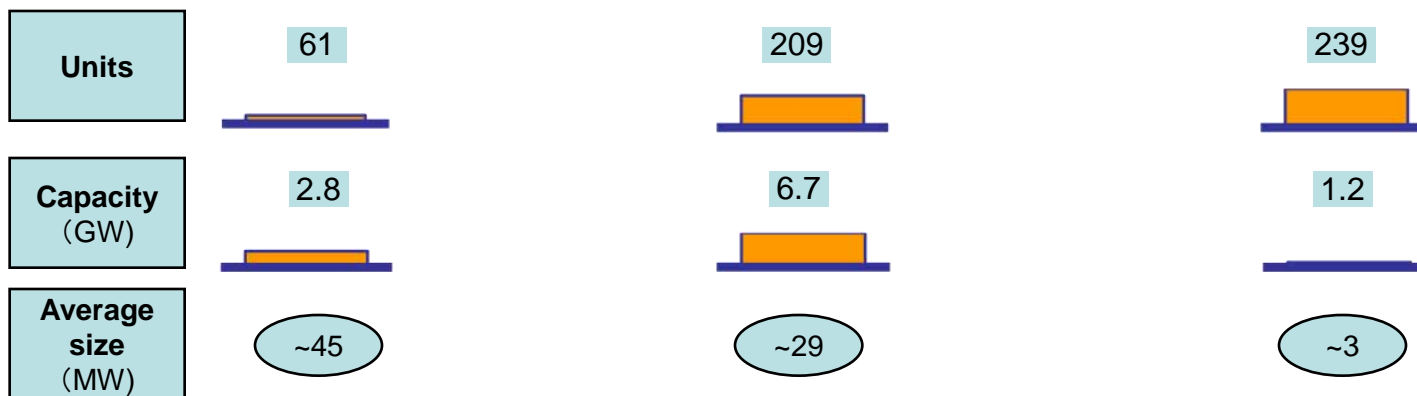


### Binary cycle power plants

operate on water at lower temperatures of about **105-180°C**. These plants use the heat from the geothermal water to boil a working fluid, usually an organic compound with a low boiling point.

Useful alongside geothermal heating, hot springs, etc

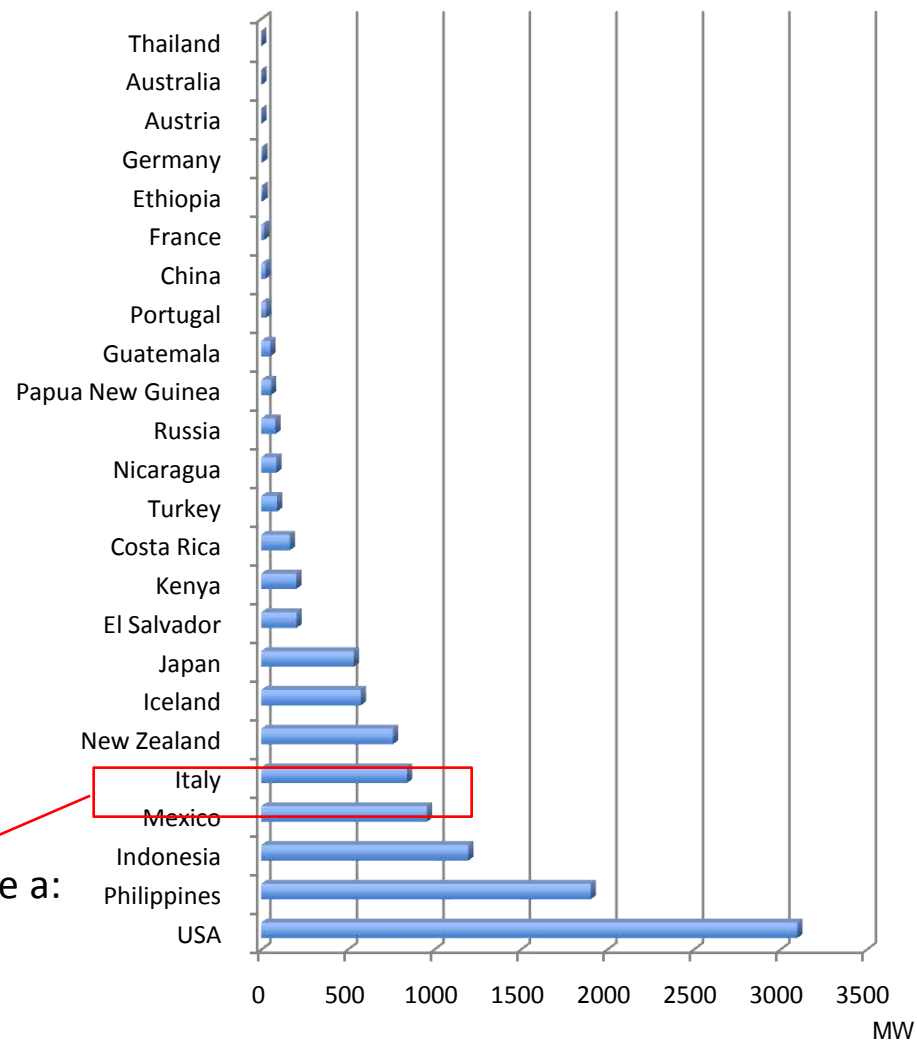
Global Installed capacity 2010





First Geothermal Power Plant, 1904, Larderello, Italy

L' Italia può vantare nella geotermia convenzionale non soltanto un primato storico, essendo stata la prima nazione a produrre energia elettrica da fluidi geotermici, ma anche un bagaglio di conoscenze e competenze riconosciuto in tutto il mondo.



La generazione geotermoelettrica italiana corrisponde a:

- 8,5 % di quella mondiale,
- 1,9 % della generazione nazionale
- 25 % dei consumi elettrici della Toscana.



## Le applicazioni elettriche della geotermia in Italia



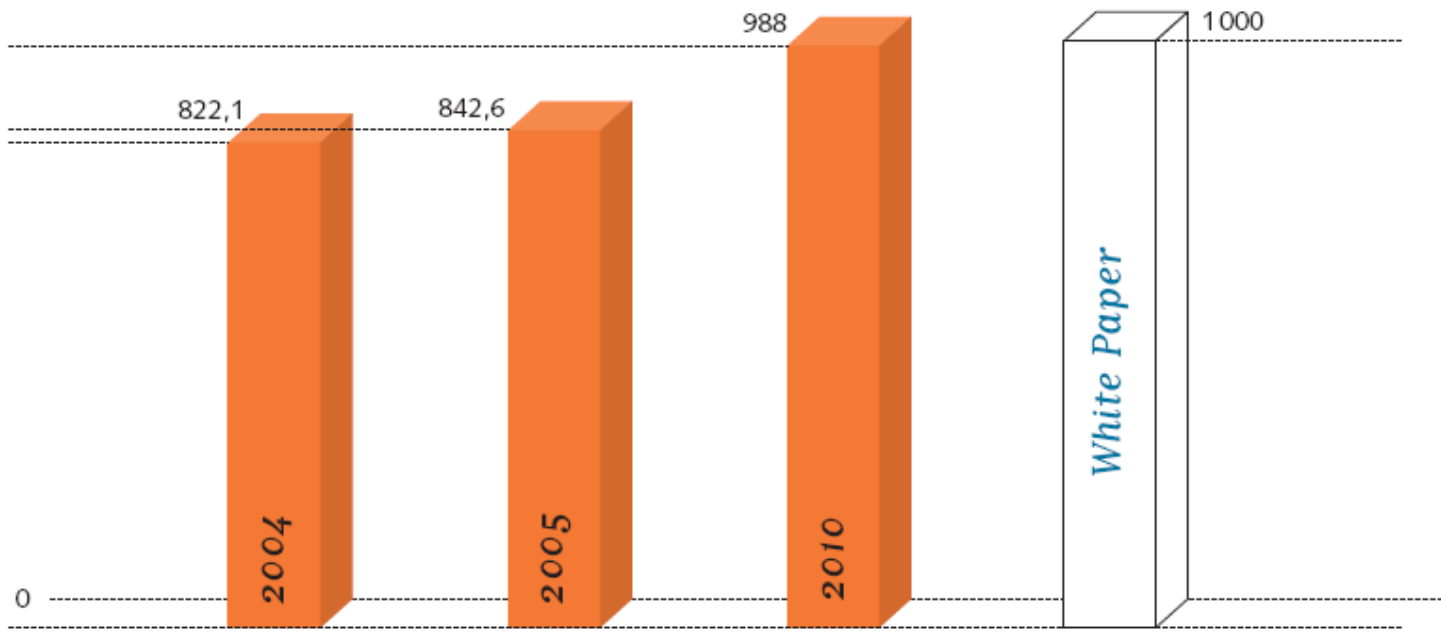
• Potenza installata (MW)	842
• Generazione elettrica GWh/a	5520
• Centrali	32
• Pozzi	510
• Linee trasporto fluido (km)	481
• Impianti teleriscaldamento	6
• Impianti trattam. fluidi	36





# PROSPETTIVE 2010 : elettricità

Ogni paese europeo produttore di energia geotermoelettrica sta cercando di aumentare la sua capacità installata: Italia 100 MWe, Portogallo 17 MWe e Francia 35 MWe (Soulz-sous-forêt and Bouillante 3). Nuovi cicli binari sono previsti in Germania, Austria, Spagna.



<b>Tecnologia</b>	<b>Costi investimento €/kW<sub>e</sub></b>	<b>Tecnologia</b>	<b>Costi investimento €/kW<sub>e</sub></b>
EGS	12000	Eolico off-shore	3000
Binario	6300	Solare CSP	2150
Flash steam	5000	Nucleare	1540
Dry steam	4000	Eolico on-shore	1400
Solare PV	4700	Biomasse	1150
Maree	3690	Mini-idro	1150

I costi di investimento sono molto elevati, fortemente condizionati da quelli della perforazione, e variano a seconda del numero di pozzi necessari e della profondità di investigazione, dal sito e dalla tecnologia utilizzata, e non sono ancora comparabili con quelli di altre energie rinnovabili



Il *fattore capacitativo* (*Capacity Factor CF*) dell'impianto è il rapporto tra l'energia prodotta e la massima energia che si potrebbe produrre con quell'impianto, riferite alla stessa unità di tempo

<b>Fonte</b>	<b>CF (%)</b>	<b>LCOE (€/MWh)</b>
Solare P V (fotovoltaico)	17	350
Solare CSP (a concentrazione)	24	250
Maree	60	122
Eolico off-shore	35	110
<b>Geotermia convenzionale</b>	<b>&gt;90</b>	<b>50-90</b>
<b>Geotermia bassa temperatura</b>	<b>&gt;90</b>	<b>85-150</b>
<b>Geotermia EGS</b>	<b>&gt;90</b>	<b>200-300</b>
Biomasse	83	70-80
Eolico on-shore	27	70-80
Mini-idro	35	45-55

Gli impianti geotermici richiedono un costo iniziale molto elevato, ma grazie al diverso CF producono molta più energia degli impianti di altre energie rinnovabili a pari *potenza installata*. Di conseguenza, quando si parla di potenza di varie fonti di energia, non è mai corretto confrontare la potenza installata, ma bisogna usare la potenza netta. Grazie all'elevato CF il costo unitario geotermico per la produzione di energia elettrica è molto competitivo rispetto ad altre fonti.



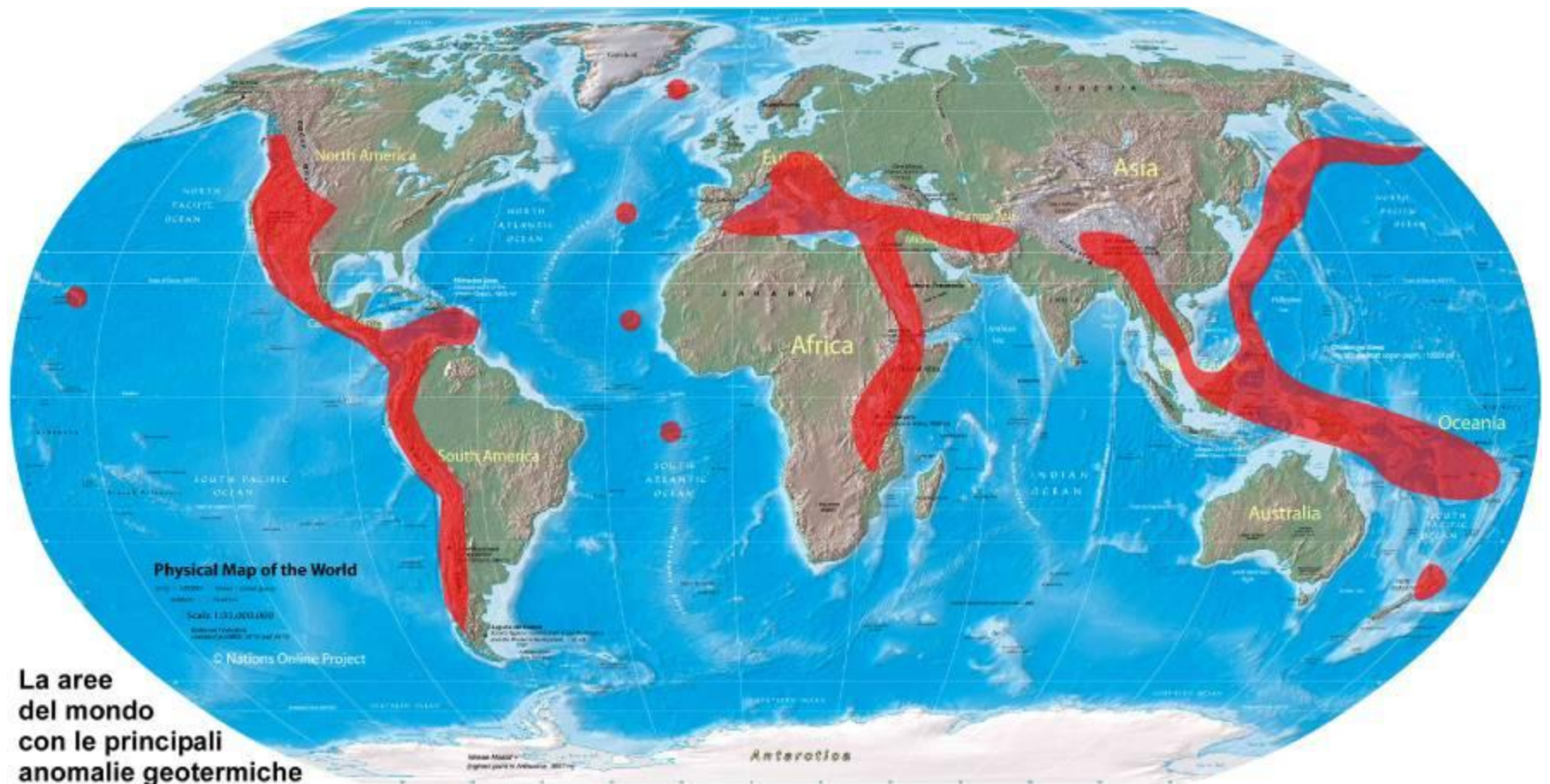
### Estimated Levelized Cost of New Generation Resources, 2016.

Plant Type	Capacity Factor (%)	U.S. Average Levelized Costs (2008 \$/megawatthour) for Plants Entering Service in 2016				
		Levelized Capital Cost	Fixed O&M	Variable O&M (including fuel)	Transmission Investment	Total System Levelized Cost
Conventional Coal	85	69.2	3.8	23.9	3.6	100.4
Advanced Coal	85	81.2	5.3	20.4	3.6	110.5
Advanced Coal with CCS	85	92.6	6.3	26.4	3.9	129.3
Natural Gas-fired						
Conventional Combined Cycle	87	22.9	1.7	54.9	3.6	83.1
Advanced Combined Cycle	87	22.4	1.6	51.7	3.6	79.3
Advanced CC with CCS	87	43.8	2.7	63.0	3.8	113.3
Conventional Combustion Turbine	30	41.1	4.7	82.9	10.8	139.5
Advanced Combustion Turbine	30	38.5	4.1	70.0	10.8	123.5
Advanced Nuclear	90	94.9	11.7	9.4	3.0	119.0
Wind	34.4	130.5	10.4	0.0	8.4	149.3
Wind – Offshore	39.3	159.9	23.8	0.0	7.4	191.1
Solar PV	21.7	376.8	6.4	0.0	13.0	396.1
Solar Thermal	31.2	224.4	21.8	0.0	10.4	256.6
Geothermal	90	88.0	22.9	0.0	4.8	115.7
Biomass	83	73.3	9.1	24.9	3.8	111.0
Hydro	51.4	103.7	3.5	7.1	5.7	119.9

Source: Energy Information Administration, Annual Energy Outlook 2010, December 2009, DOE/EIA-0383(2009)







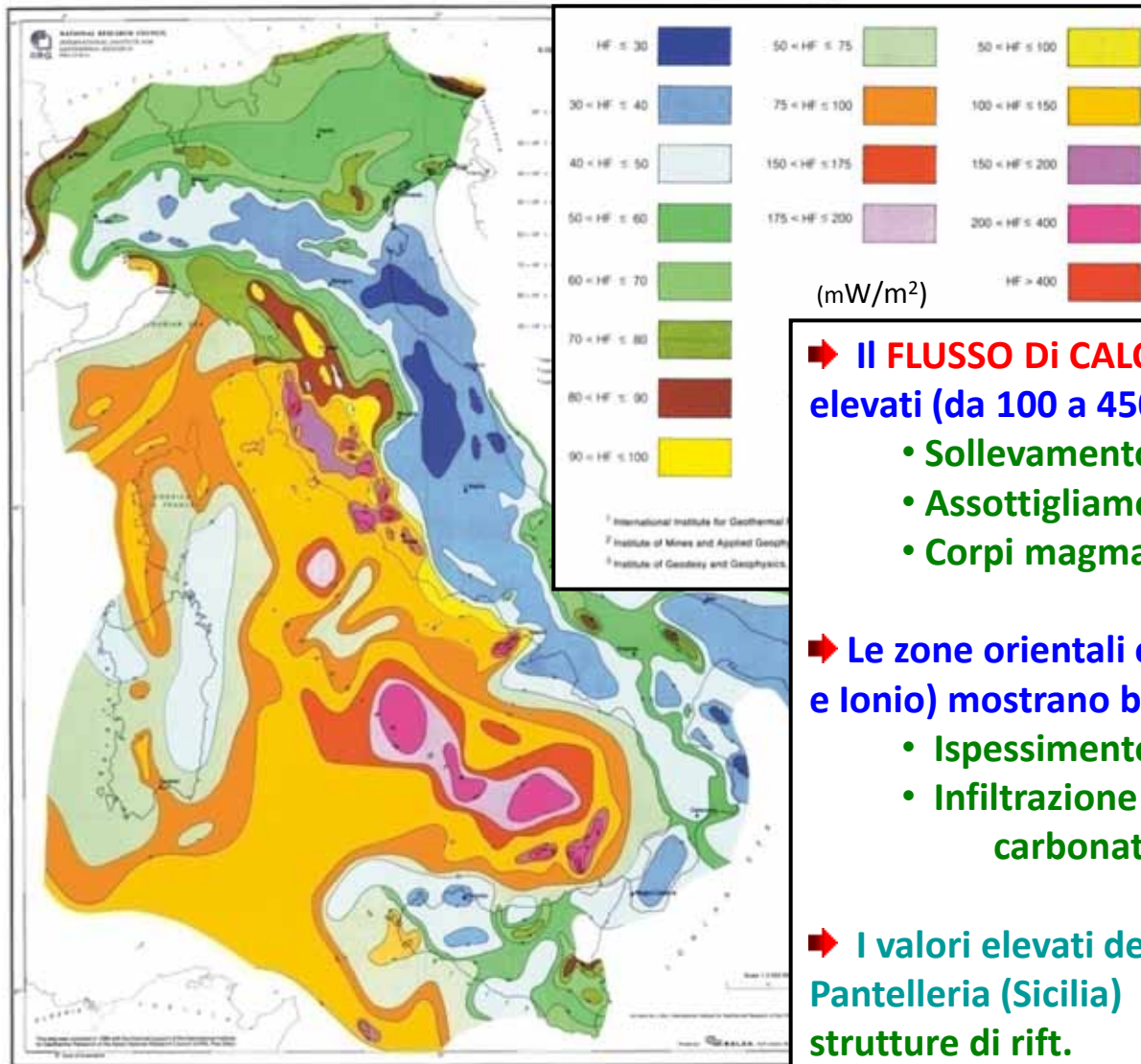
La aree  
del mondo  
con le principali  
anomalie geotermiche

Le più importanti aree geotermiche si trovano nei pressi dei margini delle zolle crostali



Consiglio Nazionale delle Ricerche - Dipartimento Terra Ambiente  
Istituto di Geoscienze e Georisorse

# L'Italia ha una geologia favorevole alla geotermia



➔ Il **FLUSSO Di CALORE** nel settore tirrenico ha valori elevati (da 100 a 450 mWatt/m<sup>2</sup>), causati da:

- Sollevamento del mantello terrestre
- Assottigliamento della crosta
- Corpi magmatici a bassa profondità.

➔ Le zone orientali e meridionali (Apennini, Adriatico e Ionio) mostrano bassi valori (20 - 80 mWatt/m<sup>2</sup>):

- Ispessimento crostale
- Infiltrazione di acque meteoriche in rocce carbonatiche permeabili affioranti.

➔ I valori elevati del Campidano (Sardegna) e Pantelleria (Sicilia) sono dovuti alla apertura di strutture di rift.

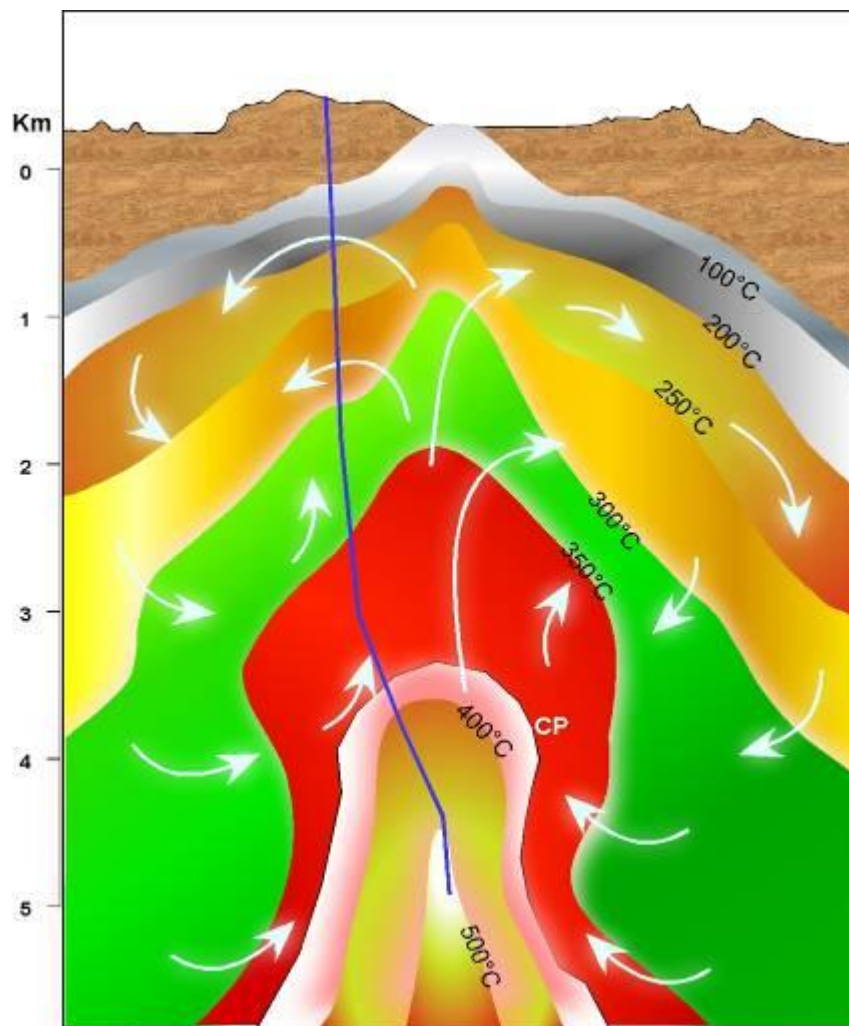
Le risorse geotermiche non si ritrovano in un unico tipo di roccia.

Indubbiamente i più comuni sono siti in zone **vulcaniche**, dove è più probabile ritrovare alti valori di flusso di calore/gradiente geotermico. In questo tipo di rocce si ritrovano anche le risorse *magmatiche*, nelle quali si cerca di sfruttare il calore direttamente dal magma.





Un altro tipo di sistema geotermico, spesso sito in rocce vulcaniche ed oggetto di ricerca, è quello **supercritico**, nei quali i fluidi ad altissima temperatura e pressione vicini a camere magmatiche o comunque corpi magmatici parzialmente fusi possono in teoria produrre enormi quantità di energia.





Un altro ambiente geologico nel quale attualmente si produce energia geotermoelettrica è quello genericamente definito **cristallino** (rocce metamorfiche, graniti). I campi geotermici toscani ne sono l' esempio principale.

Rocce cristalline sede di anomalia geotermica per effetto di un particolarmente sviluppato decadimento radioattivo sono stati studiati per molti anni nei progetti *Hot Dry Rocks (HDR)*.

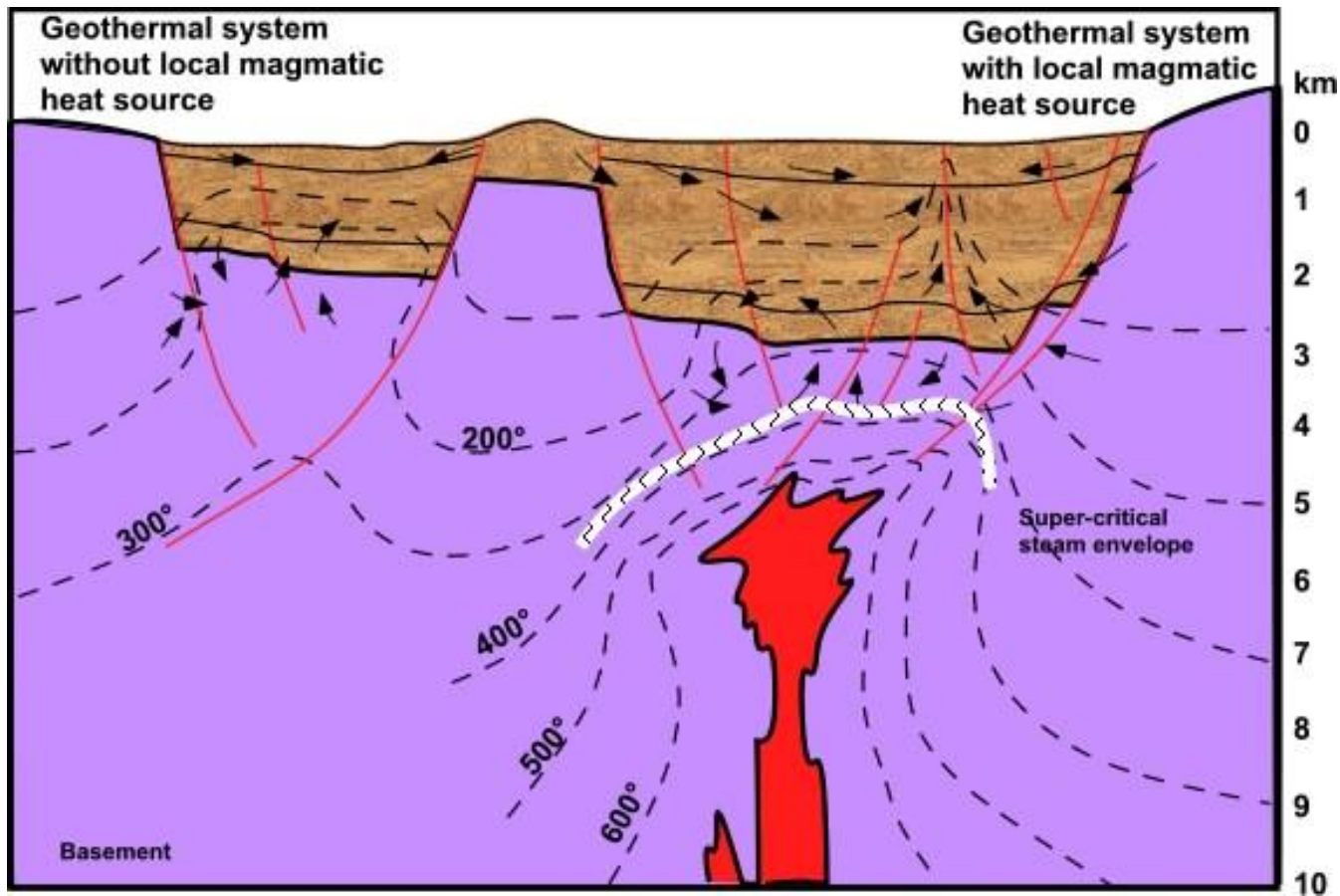
Anche in ambienti cristallini sono possibili condizioni *supercritiche*.



In ambiente **sedimentario** attualmente sono in sfruttamento pochi casi di sistemi idrotermali di alta entalpia (ad es. il serbatoio superficiale dei sistemi toscani e le arenarie dei Geysers).

Altri casi particolari potenzialmente sfruttabili sono le zone di anomalia geotemica per effetto di spesse coltri (*thermal blanket*) di rocce impermeabili a bassa conducibilità termica per arrivare ai sistemi *geopressurizzati*, nei quali l'acqua rimane imprigionata nei pori delle rocce a pressioni molto superiore a quella idrostatica. Questi ultimi possono produrre in principio energia in tre forme: termica, idraulica e con il metano.





Sistemi a bassa temperatura si possono instaurare per rapida *risalita di fluidi attraverso faglie*.



# Requisiti geologici

- Un sistema geotermico economicamente sfruttabile deve contenere grandi volumi di fluidi ad alta temperatura o un serbatoio che può essere ricaricato con fluidi che vengono riscaldati dal contatto con la roccia.
- Un serbatoio geotermico dovrebbe essere ad una profondità raggiungibile da perforazione, possibilmente meno di 4 km.
- Per la produzione elettrica un pozzo deve penetrare zone permeabili, in genere fratture, in grado di sostenere un flusso ad elevata portata.

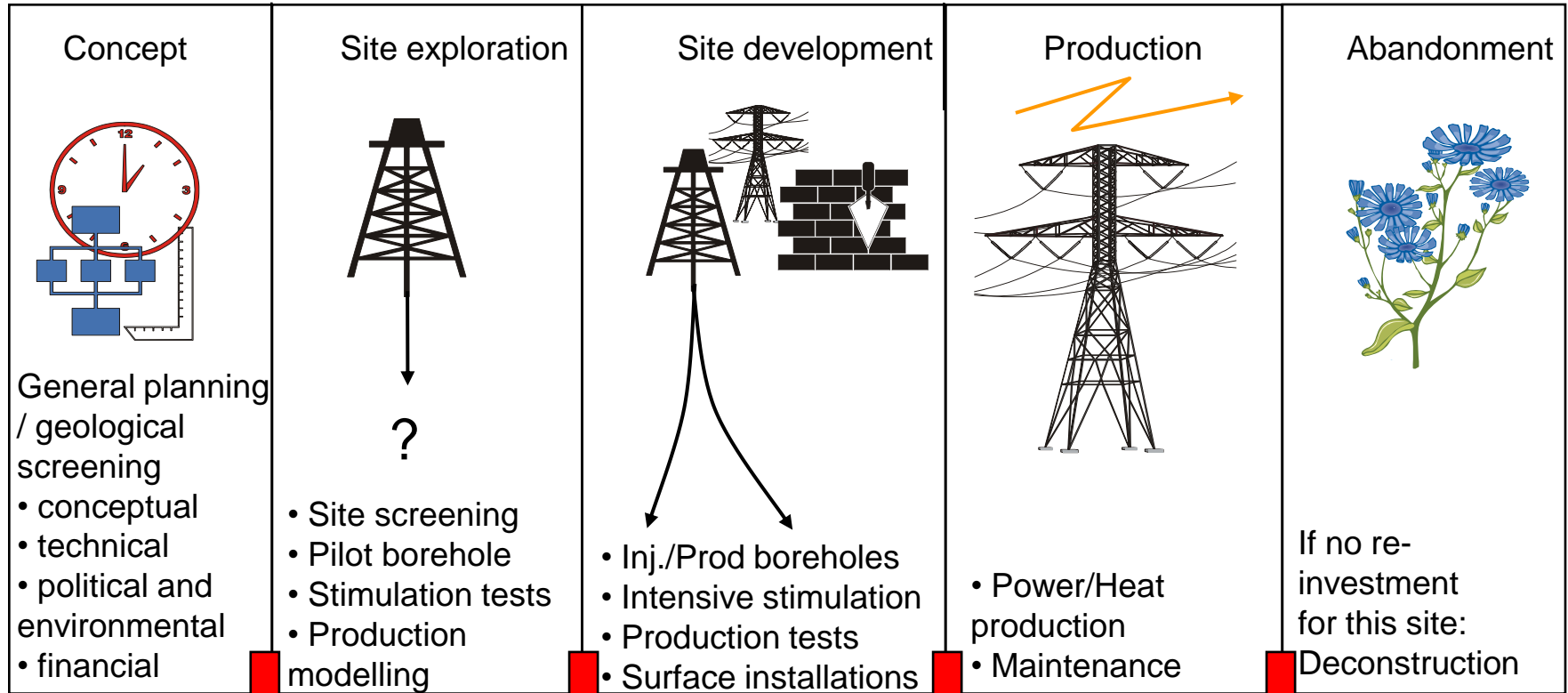




Investigation of UGR and EGS

Drilling stimulation and reservoir assessment

Exploitation, economic, environmental and social impacts



Milestones

Site selected

Feasibility of EGS at site demonstrated

Installations and reservoir ready for production

Production lifetime reached

From ENGINE



## Campo di Temperatura:

- Generalmente aumenta tra  $20 - 30 \text{ K}^\circ \text{ km}^{-1}$
- In situazioni specifiche il gradiente  $> 100 \text{ K}^\circ \text{ km}^{-1}$
- Fattore più importante per un sistema geotermico utilizzabile
- Occorre tener presente le temperature di produzione per le tecnologie di conversioni efficienti (minimo  $\sim 85^\circ \text{ C} - 100^\circ \text{ C}$ ).
- Determina le necessarie profondità di perforazione, che a loro volta determinano sensibilmente i costi (relazione profondità di perforazione e costi non lineare)

## Portata:

- La produttività di un sistema geotermico aumenta con la portata.
- La permeabilità è un parametro molto variabile da  $< 10^{-18} \text{ m}^2$  fino a  $> 10^{-12} \text{ m}^2$ .
- Alte permeabilità spesso comportano convezione
- Portate tipiche tra  $10 \text{ kg/s}$  fino a  $> 100 \text{ kg/s}$
- Se troppo alta aumenta incredibilmente il consumo energetico delle pompe

**Focus** preferenziale in aree con

- Alta permeabilità naturale
- Alta temperatura

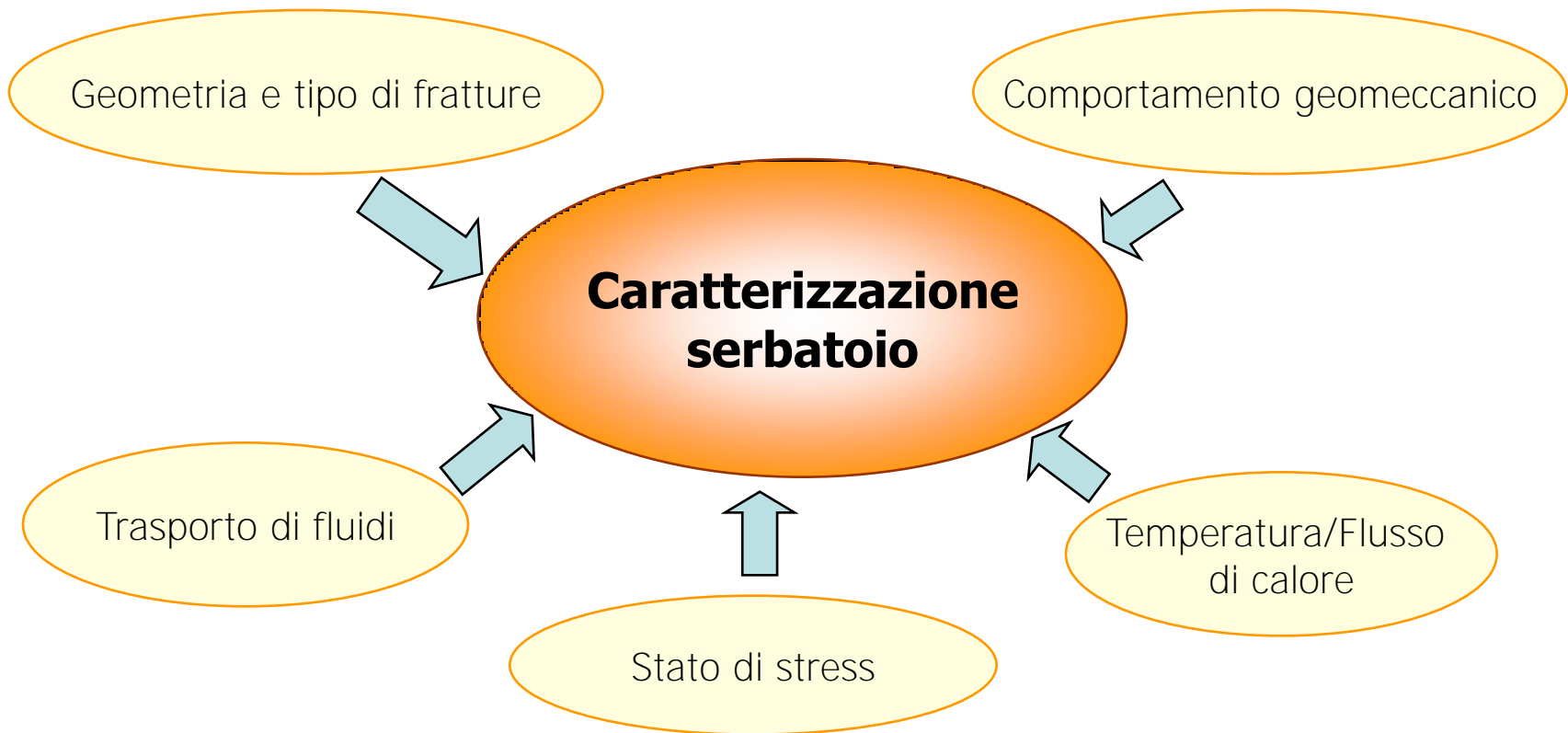
## Regime di Stress:

Importante per perforazione, reiniezione e stimolazione



# Obiettivi da raggiungere con I&E

Per capire il potenziale geotermico di un serbatoio occorre definire alcune importanti proprietà



# Obiettivi da raggiungere in I&E

## 1: prima e durante la produzione

- Identificare possibili serbatoi senza perforare
- Definire i limiti (lateral and verticali) ([accessibilità](#))
- Identificare gli obiettivi di perforazione ([produttività](#))

La permeabilità è determinata fundamentalmente da fratture e faglie.

>30% dei pozzi non sono economici





# Obiettivi da raggiungere in I&E

## 2: durante e dopo la produzione

- Caratterizzare continuamente il serbatoio durante l'estrazione di energia
- Monitorare gli effetti della produzione e della redistribuzione dei fluidi, compresa la formazione di cappe di vapore o gas
- Caratterizzare la matrice roccia per definire le modalità di circolazione dei fluidi nel serbatoio
- Predire la circolazione dei fluidi durante la stimolazione
- Tracciare i fluidi inniettati
- Caratterizzare le formazioni geologiche durante la perforazione profonda e la stimolazione per predire la performance e la durata di un serbatoio (efficienza e sostenibilità)



# Investigazione e Esplorazione

Considerate le alte temperature coinvolte, sia nel serbatoio geotermico che nella sorgente di calore, ci può aspettare che avvengano grandi variazioni nei valori dei parametri fisico-chimici e nelle caratteristiche geologiche delle rocce. Queste variazioni rappresentano il principale obiettivo di un progetto di esplorazione.

Siccome il calore si diffonde, anche l'alterazione ad esso correlata si diffonde, e il volume di roccia interessato da anomalie delle proprietà fisico-chimiche sarà, conseguentemente, piuttosto elevato.



# Site screening

**Le metodologie di esplorazione dipendono dalla scala di investigazione**

**I. A scala continentale**

**OBIETTIVO:** Panoramica qualitativa del potenziale geotermico in un continente

- Definizione di zone d'interesse
- Modelli termo-meccanici della crosta
- Neo-tettonica

**II. A scala regionale**

**OBIETTIVO:** Quantificazione e rappresentazione del potenziale geotermico in una data zona geologica

- Studi geofisici su larga scale
- Remote sensing

**III. A scala locale (ordine di grandezza di 50x50km<sup>2</sup>)**

**OBIETTIVO:** Individuazione di un sito per un pozzo di esplorazione

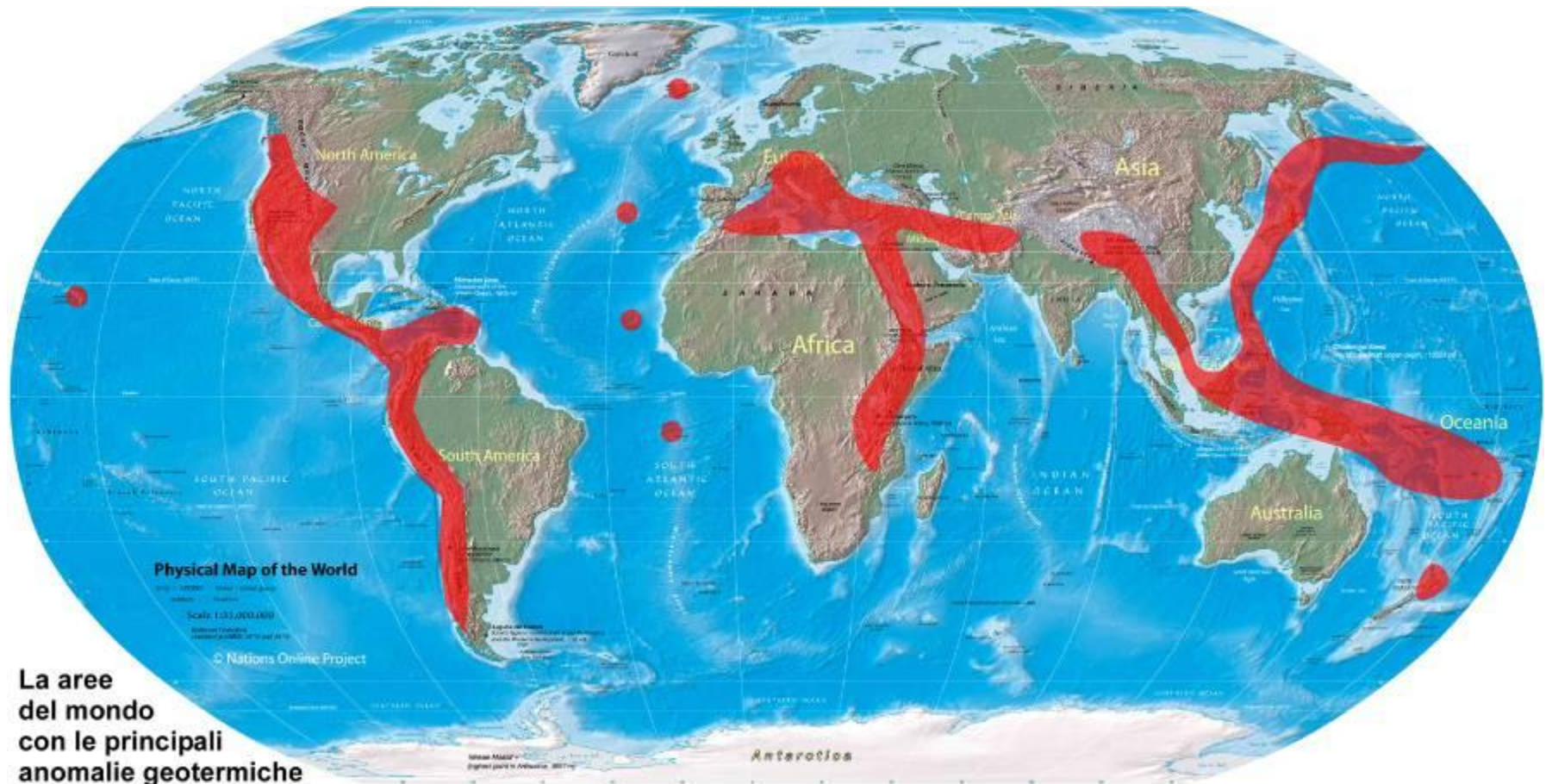
- Geochimica
- Studi geofisici su scale intermedie
- Potenziale della risorsa
- Controllo incrociato rispetto ad altri fattori economici

**IV. A scala del serbatoio (ad esempio area di 2x2km<sup>2</sup>)**

**OBIETTIVO:** Individuazione di siti per ulteriori pozzi

- Geologia tridimensionale
- Investigazione del pozzo e geofisica di precisione
- Geochimica e geotermometria
- Stress locale
- Modello concettuale e modellazione del serbatoio





La aree del mondo con le principali anomalie geotermiche

Le principali anomalie geotermiche sono geograficamente confinate in aree essenzialmente già individuate e che rappresentano meno di 1/10 delle terre emerse



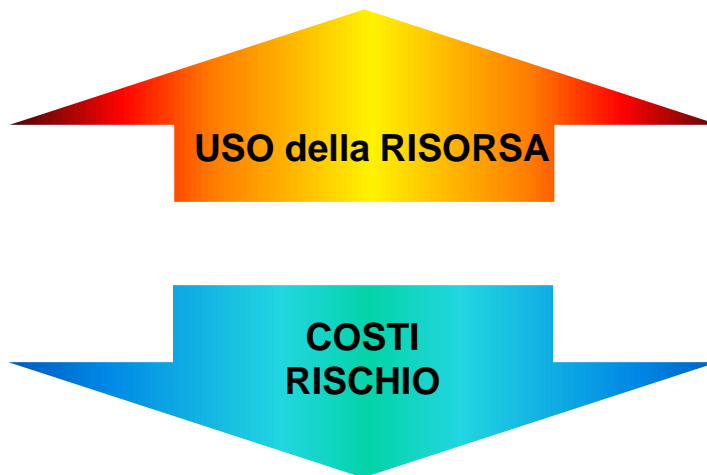


La sfida:

Estendere le risorse ben oltre l'uso convenzionale utilizzando metodi non-convenzionali di esplorazione e perforazione, sviluppando e sfruttando risorse geotermiche che non sono economicamente vantaggiose con metodi convenzionali.

Obiettivo tecnico:

sviluppare una tecnologia per produrre elettricità e/o calore da una risorsa essenzialmente globalmente distribuita – il calore interno della Terra - in maniera economica e relativamente indipendente dalle condizioni del sito.



# Obiettivo economico

Aumentare la produzione:

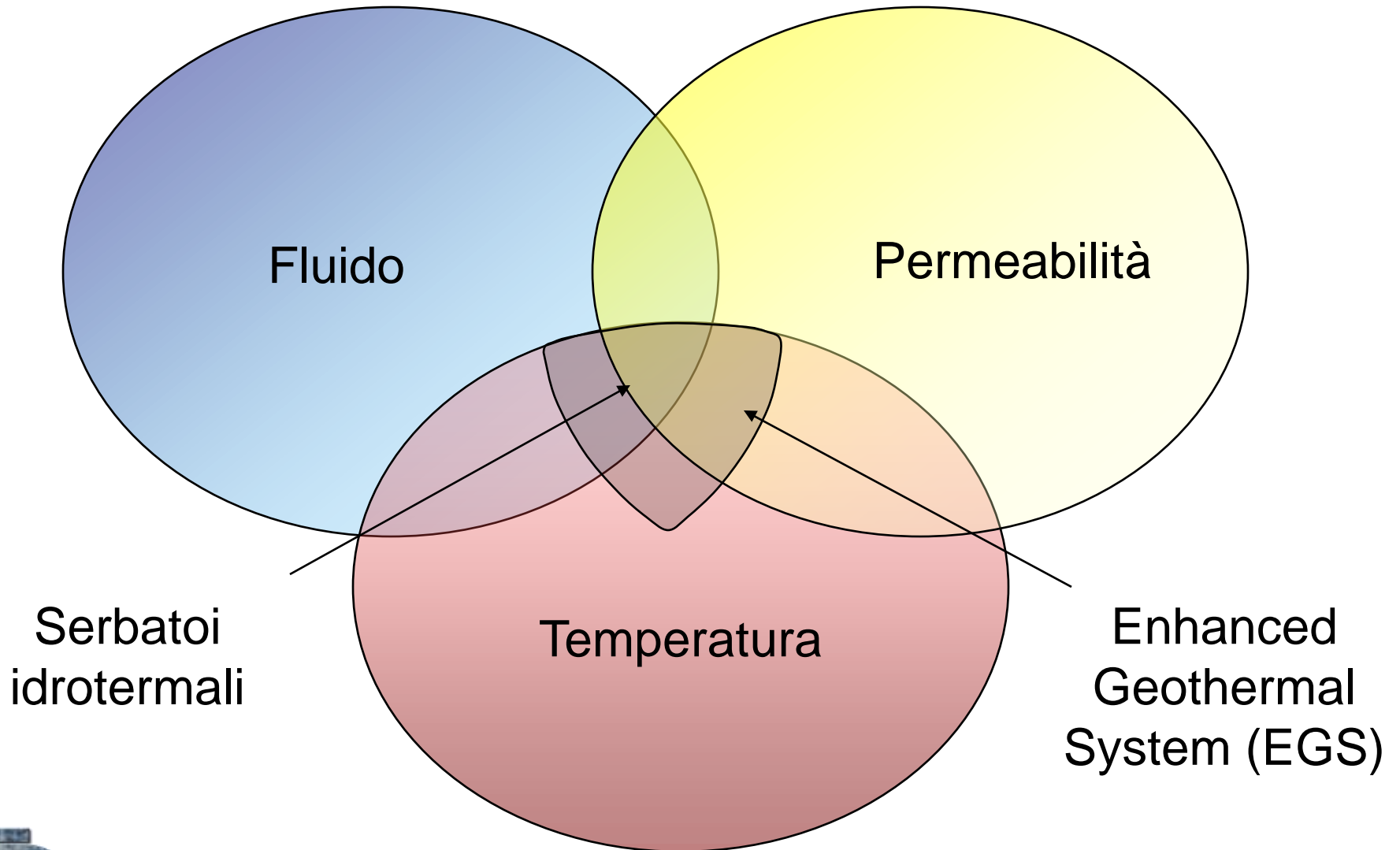
Aumentare la massa di  
fluido riscaldato dalla  
roccia

Aumentare la  
produzione elettrica per  
unità di massa di fluido

1. > permeabilità (EGS)
2. > numero di siti



# + fluido, + permeabilità: Sistemi EGS



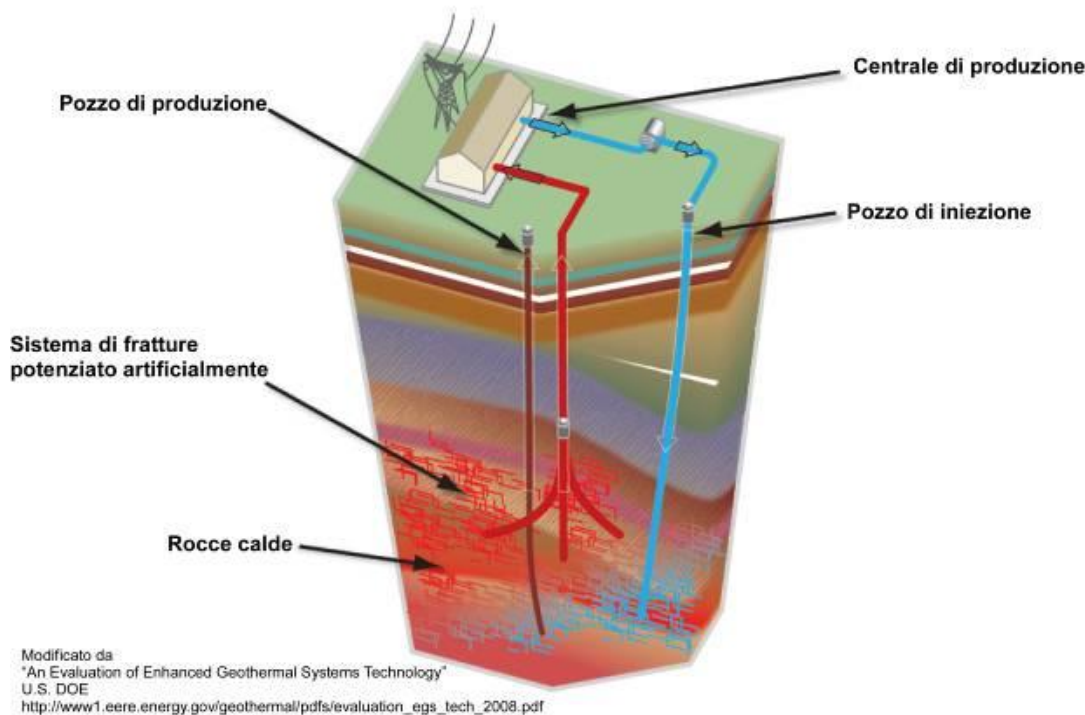
Serbatoi  
idrotermali

Enhanced  
Geothermal  
System (EGS)



# + fluido, + permeabilità: Sistemi EGS

A tutti gli effetti, il calore dalla terra è inesauribile. L'acqua non è onnipresente nella terra quanto il calore.



**Il principio EGS è semplice: nelle profondità del sottosuolo, dove le temperature sono sufficientemente elevate per la produzione di energia, una rete estesa di fratture viene creata e/o sviluppata.**

**L'acqua è trasportata dalla superficie attraverso questo scambiatore di calore utilizzando pozzi di iniezione e di produzione, e recuperando vapore/acqua calda.**





# + fluido, + permeabilità: Sistemi EGS

Numerosi problemi devono essere risolti per raggiungere gli obiettivi numerici e molte incognite sono da chiarire:

- Le irregolarità del campo di temperatura in profondità
- Le condizioni del campo di stress favorevoli
- Gli effetti a lungo termine, l'interazione acqua-roccia
- I possibili cortocircuiti
- La sismicità indotta da EGS (durante la stimolazione, ma anche per effetto della produzione) diventa un problema reale;
- La connettività uniforme in tutto il previsto serbatoio non può ancora essere del tutto ingegnerizzata.
- La scalabilità
- Il comportamento a lungo termine



## + fluido, + siti

a) **Ridurre i costi** mediante:

- la riduzione del rischio minerario migliorando le tecniche di esplorazione. Minore è la produzione che si prevede di raggiungere e maggiore è l'importanza del rischio minerario. Fintanto che l'obiettivo tecnologico è quello di utilizzare fratture produttive, queste ultime dovrebbe essere definite con cura.
- la riduzione dei costi di perforazione sia con il miglioramento delle tecniche di perforazione che aumentando la velocità di perforazione.



## + fluido, + siti

### b) **Ridurre l'impatto ambientale:**

- Garantendo la sostenibilità e la mancanza di subsidenza mediante estrazione controllata e iniezione/reiniezione (per equilibrare la perdita di acqua)
- Evitando emissioni di fluidi e gas in atmosfera
- Riducendo la dimensione delle apparecchiature, e l'occupazione del suolo.



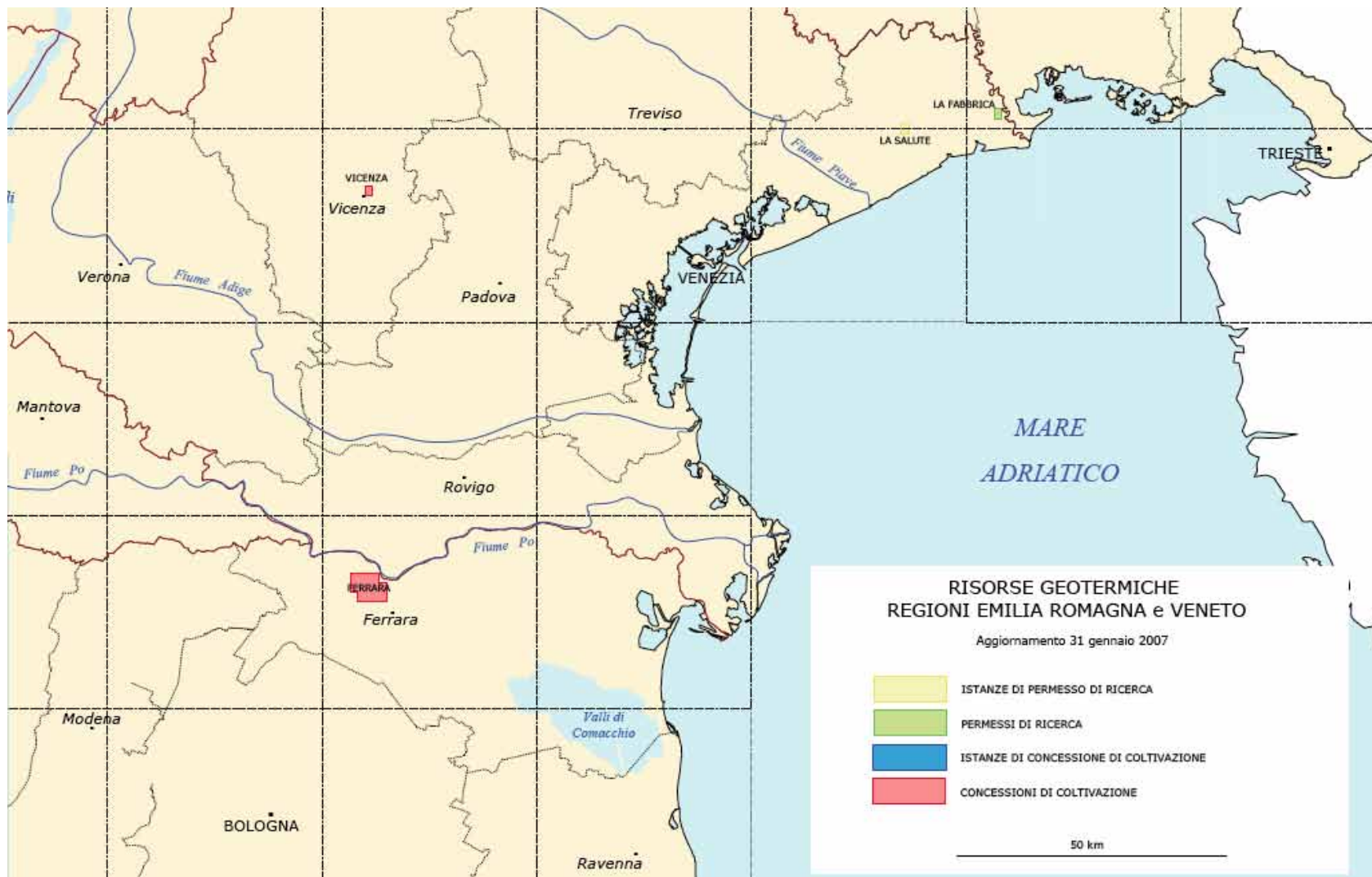
# Aumentare la produzione elettrica per unità di massa di fluido

1. Migliorando lo scambio di calore in profondità
2. Migliorando l'efficienza dei cicli termodinamici per le tecnologie di conversione energetica
3. Migliorando e controllando il flusso nella tecnologia di separazione (attualmente la distribuzione di energia presente in vapore e nella salamoia è dell'ordine del 60% + 40%)
4. Ottimizzando la produzione netta, riducendo il consumo accessorio (ad esempio, ottimizzando alimentazione della pompa) e con sistemi a cascata e tecnologia ibrida

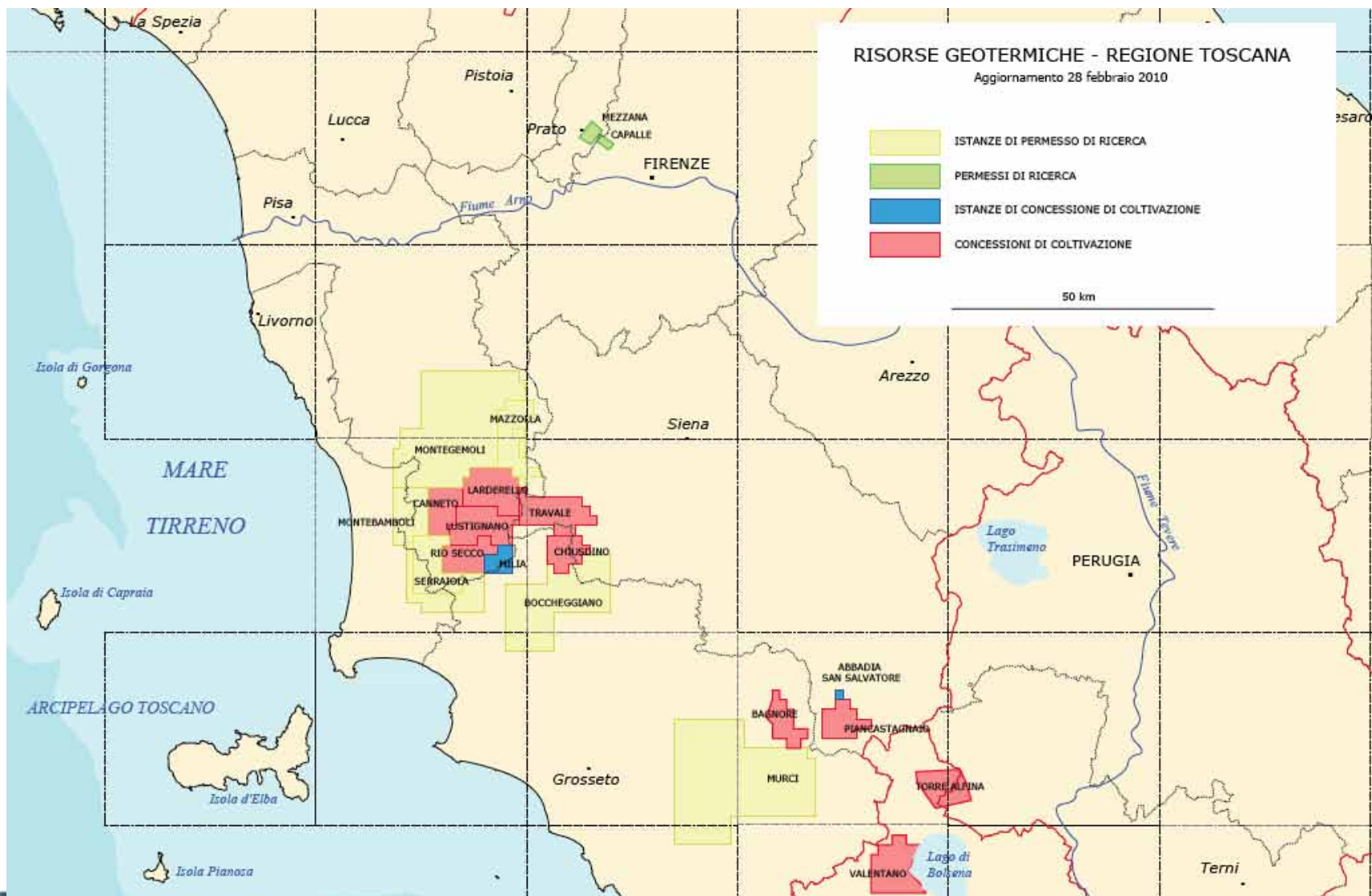




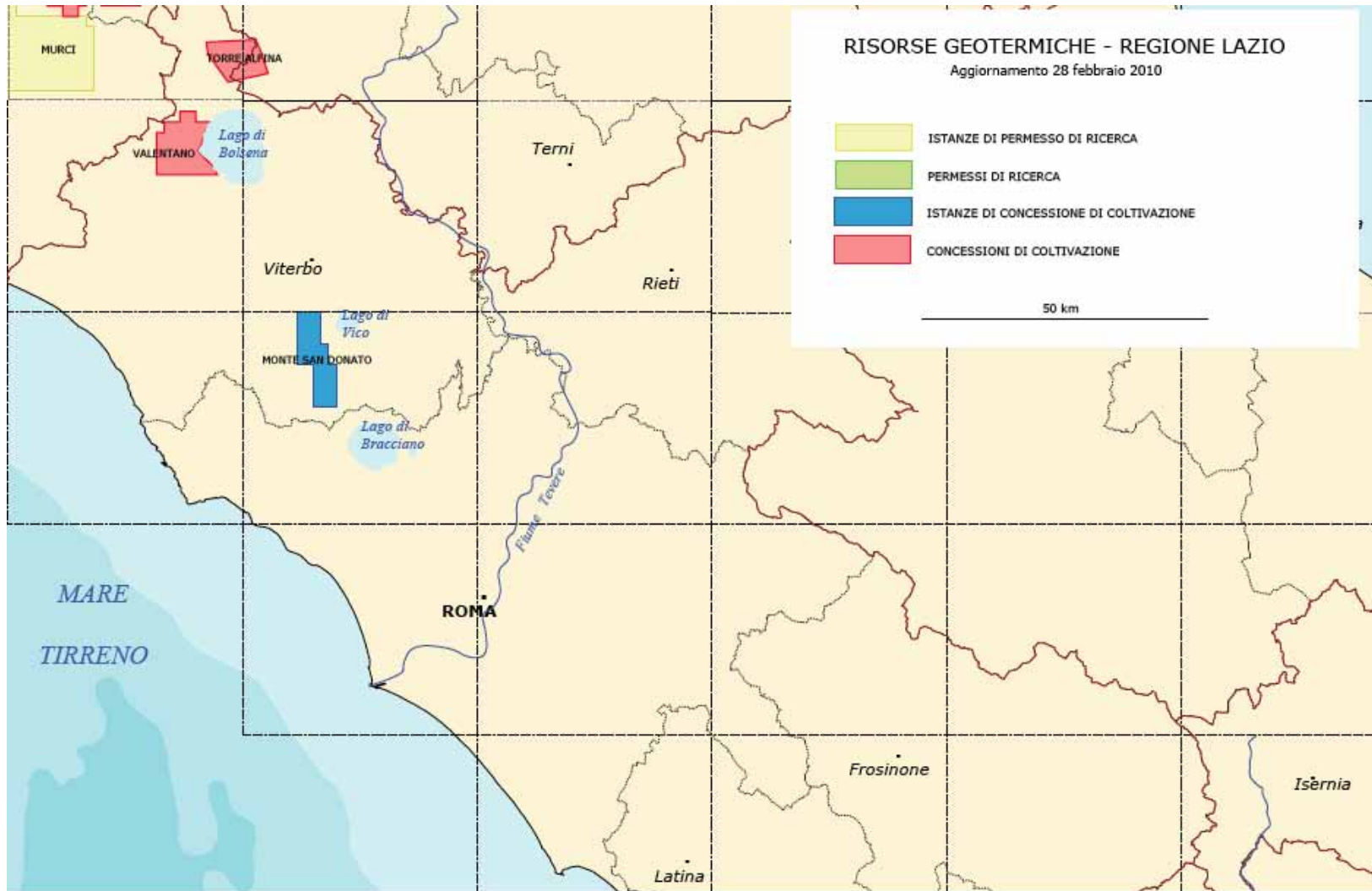
# Prospettive di sviluppo



# Prospettive di sviluppo

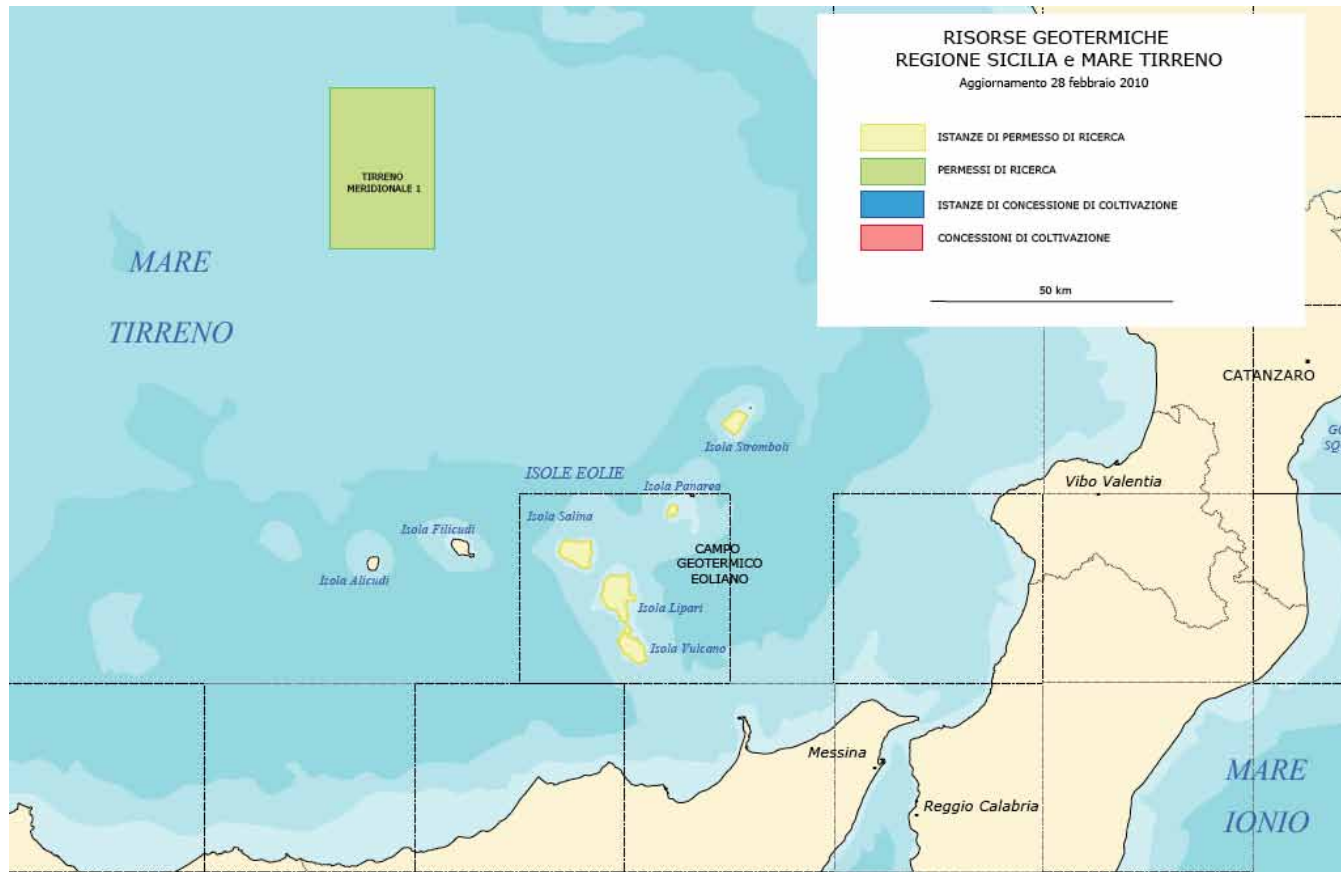


# Prospettive di sviluppo





# Prospettive di sviluppo



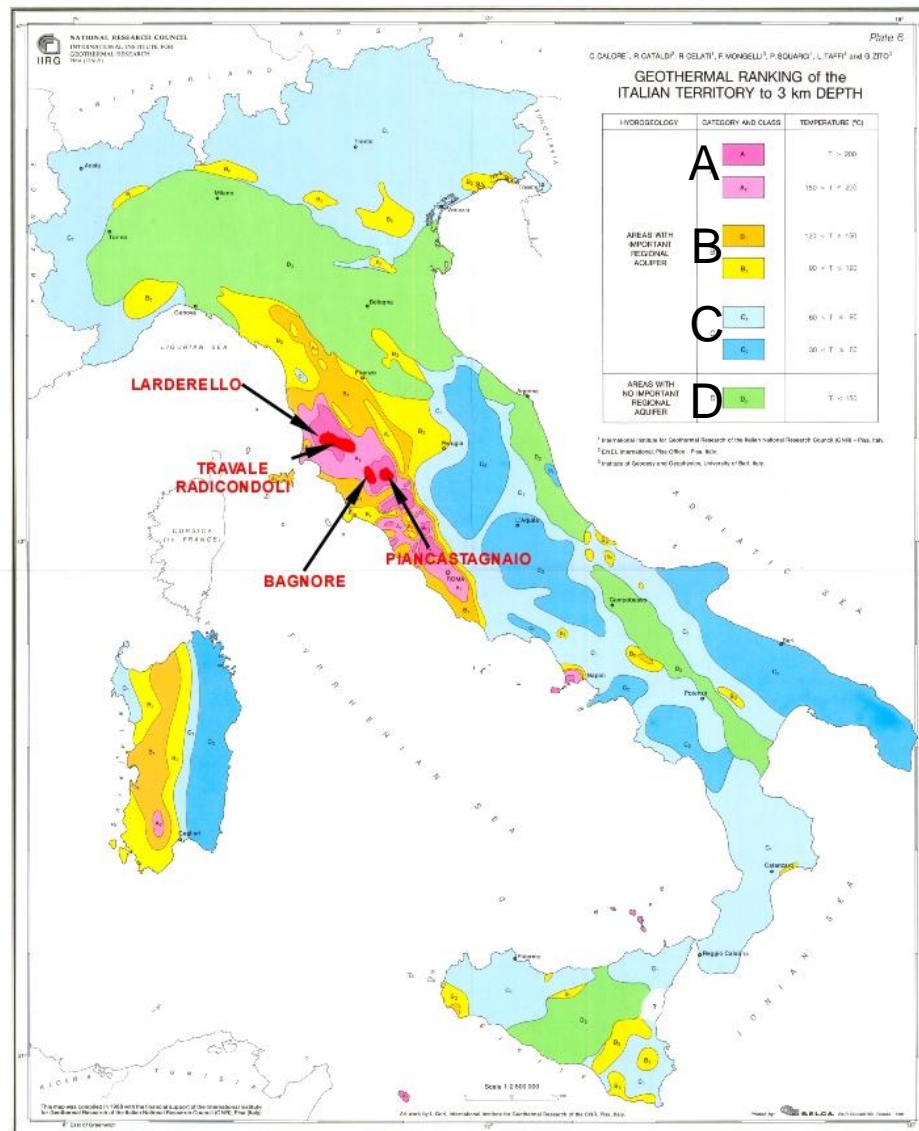
Istanze  
permesso  
ricerca:  
Eolie  
Gerbini  
Pantelleria  
Sciaccia

Permesso di  
ricerca:  
Pantelleria





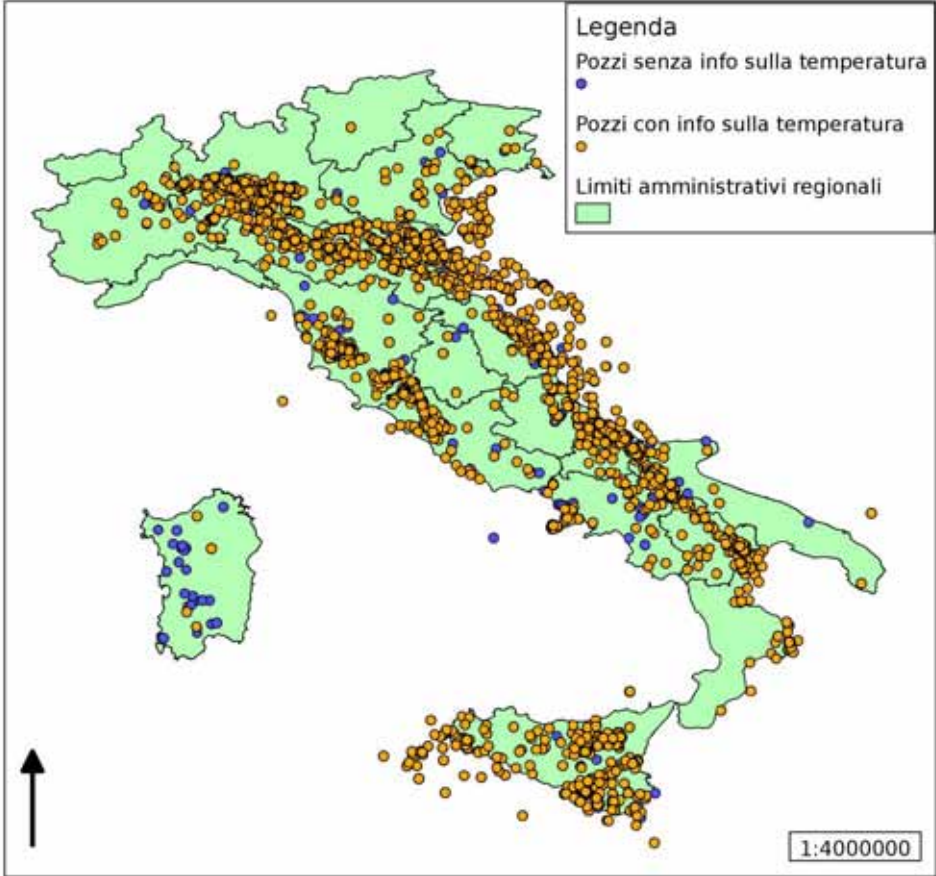
# Valutazione risorse geotermiche



- **Categoria A:** in queste zone almeno un acquifero, ad una profondità inferiore a 3000 m, presenta fluidi con temperature superiori a 150° C
- **Categoria B:** in queste zone almeno un acquifero, ad una profondità inferiore a 3000 m, presenta fluidi con temperature comprese tra 150° e 90° C
- **Categoria C:** in queste zone almeno un acquifero, ad una profondità inferiore a 3000 m, presenta fluidi con temperature comprese tra 90° e 30° C
- **Categoria D:** in queste zone, prive di importanti acquiferi regionali, le temperature possono assumere valori variabili e comunque minori di 150° C.

# Informazioni geotermiche profonde

I pozzi con dati di temperatura sono distribuiti in maniera disomogenea



3193 pozzi  
586 sorgenti



<http://geothopica.igg.cnr.it>



# Informazioni geotermiche profonde

$$q_R = \rho CV(T_R - T_0)$$

Densità = 2660 kg/m<sup>3</sup>

Calore specifico = 1000 J/kg ° K

T<sub>0</sub> = 15° C

Spessore totale = 3 km



Energia = 90755 EJ = 25.2 EWh

E. Trumpy  
E. Salvatici  
D. Montanari





Ministero dello Sviluppo Economico  
– CNR DTA



## Valutazione del potenziale Geotermico delle regioni Convergenza

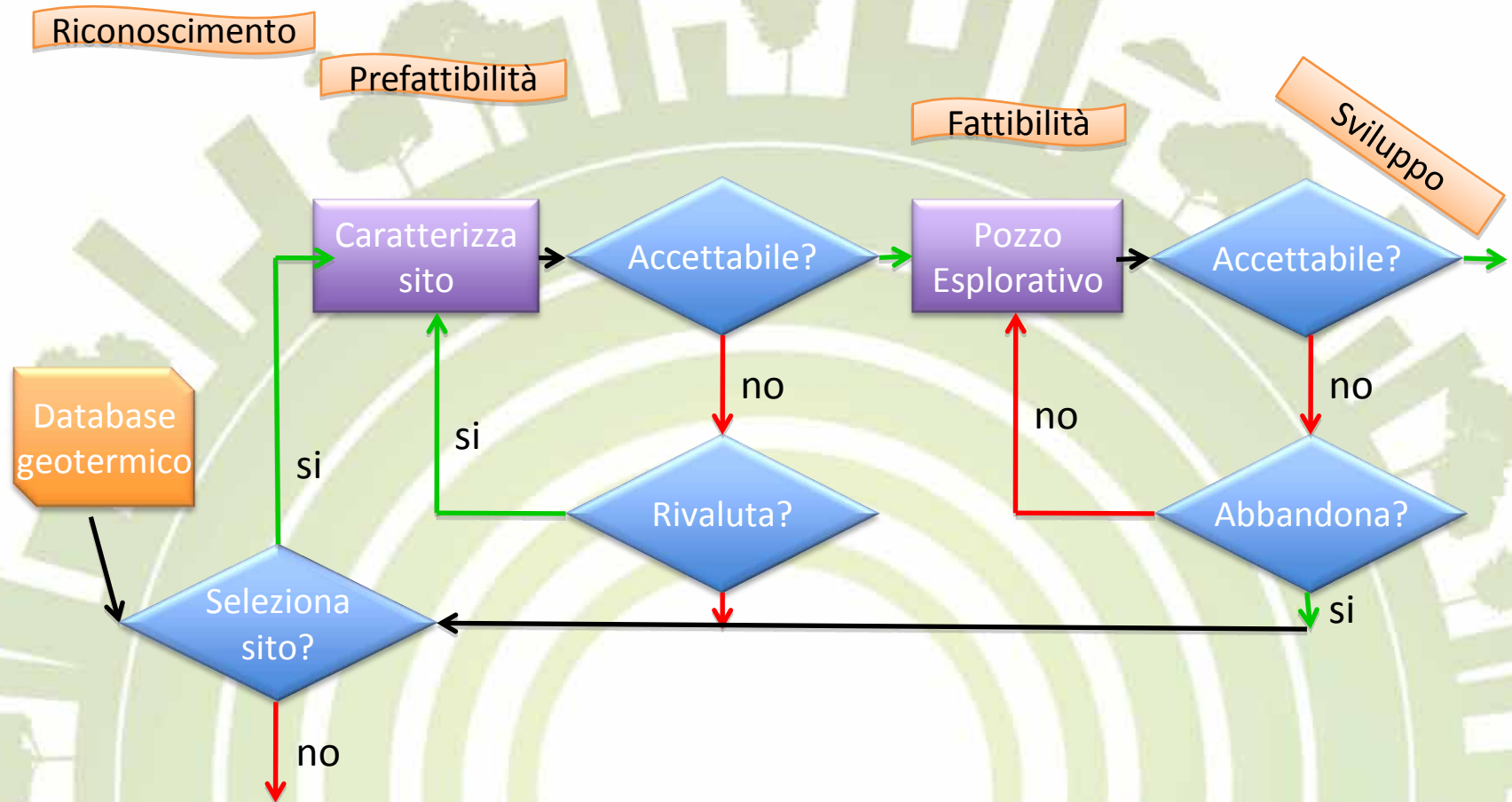
Coerente con l'obiettivo generale del POI "Energie Rinnovabili e Risparmio Energetico 2007-2013", finanziato con le risorse FESR della politica regionale comunitaria, di "Aumentare la quota di energia consumata proveniente da fonti rinnovabili e migliorare l'efficienza energetica, promuovendo le opportunità di sviluppo locale".  
Linea di attività 1.4 "Interventi innovativi di utilizzo della fonte geotermica"

Indirizzato alla valutazione del potenziale geotermico finalizzato alla realizzazione di interventi innovativi di utilizzo della fonte geotermica nelle Regioni Convergenza

Le attività del progetto VIGOR, da attuare in 24 mesi, con un costo pari ad otto milioni di euro, previo **ampliamento e sistematizzazione delle conoscenze esistenti, sono finalizzate ad individuare aree e ipotesi progettuali di sfruttamento del potenziale, ma anche la promozione e la valorizzazione della risorsa geotermica e dei suoi utilizzi pubblici e privati, attraverso lo sviluppo della coscienza della popolazione e della capacità del tessuto socio-economico e produttivo dei territori della Convergenza.**



VIGOR è un progetto di esplorazione geotermica delle Regioni della Convergenza, e mira all'identificazione delle risorse geotermiche, a una indicazione preliminare del loro utilizzo ottimale e alla promozione degli usi geotermici





Attività	Dove	Quando
Raccolta ed organizzazione dati	Ovunque nelle 4 Regioni	2 anni
Valutazione delle risorse superficiali	Regionale Area 1: Calabria Area 2: Campania Area 3: Puglia Area 4: Sicilia Area 5: Puglia	2 anni Primo Anno Primo Anno Primo Anno Primo Anno Secondo Anno
Valutazione delle risorse profonde	Regionale Area 6: Campania Area 7: Sicilia Area 8: Calabria	2 anni Secondo Anno Secondo Anno Secondo Anno
Valutazione del potenziale geotermico	Regionale e puntuale sulle 8 aree	2 anni
Disseminazione	Ovunque nelle 4 Regioni	2 anni





Insieme a

Università

Altri enti di ricerca (ISPRA, INGV, ENEA)

Distretti tecnologici e centri di eccellenza

In sinergia con

Regioni

Associazioni e partenariato

Utile a

Imprese

Enti locali

Ministero Sviluppo Economico

Per

Moltiplicare le conoscenze, organizzandole organicamente

Sviluppare capacità operative

Contribuire a migliorare e uniformare il quadro normativo



[www.poienergia.it](http://www.poienergia.it)