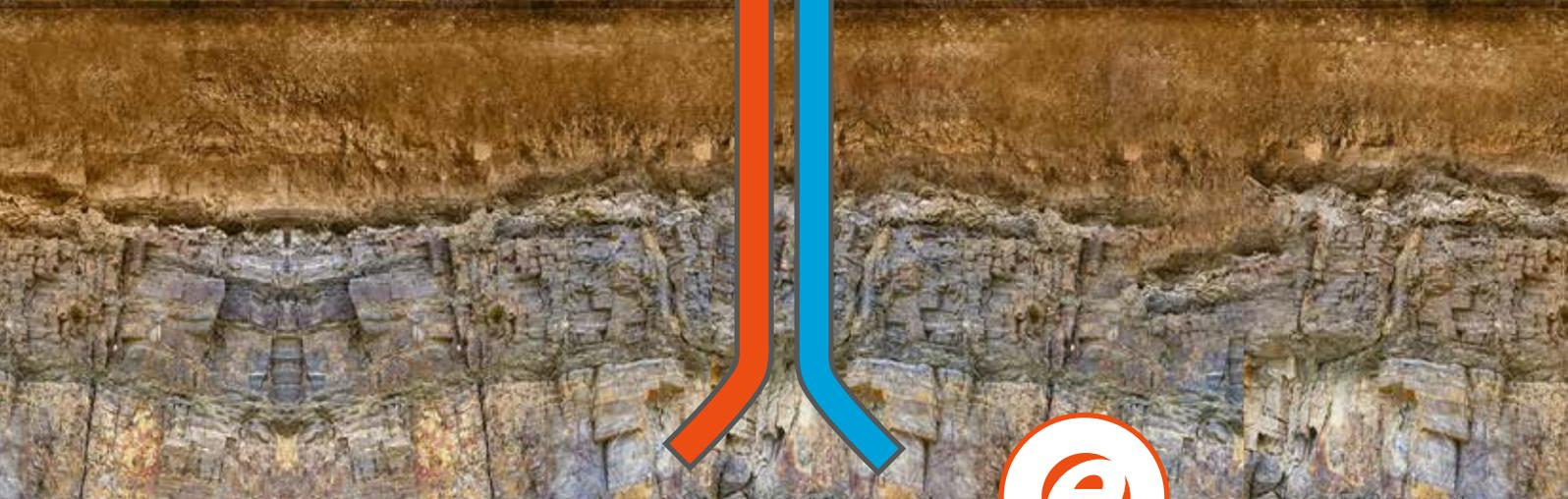
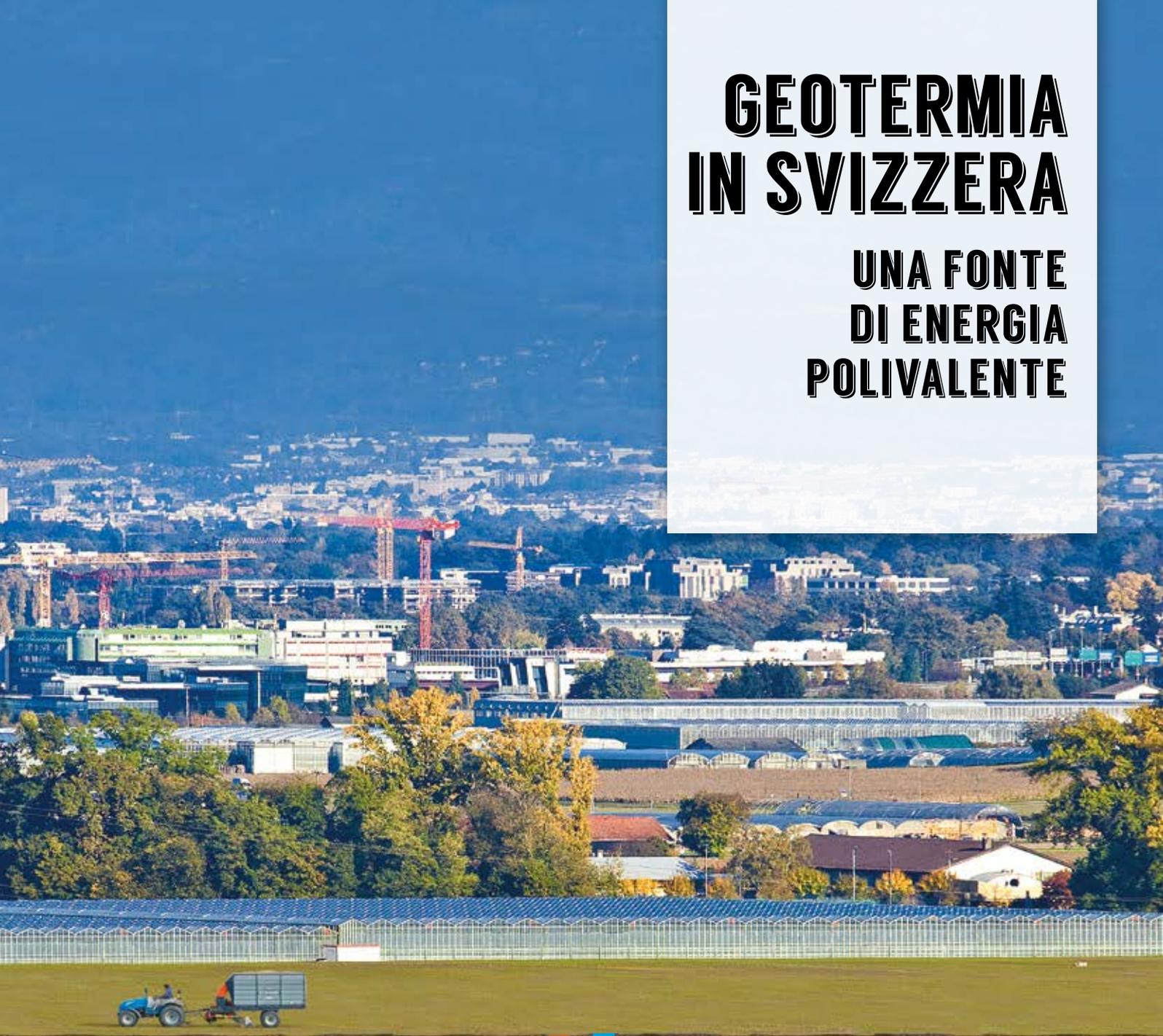


GEOTERMIA IN SVIZZERA

UNA FONTE
DI ENERGIA
POLIVALENTE



svizzera energia
Il nostro impegno: il nostro futuro.

UNITÀ DI MISURA

Potenza

1 terawatt (TW) =
1000 gigawatt (GW) =
1'000'000 megawatt (MW) =
1'000'000'000 kilowatt (kW) =
1'000'000'000'000 watt (W)

Potenza di una caldaia =
2000 W

Misura di energia

1 terawattora (TWh) =
1000 gigawattora (GWh) =
1'000'000 megawattora (MWh) =
1'000'000'000 kilowattora (kWh) =
1'000'000'000'000 wattora (Wh)

Consumo di energia in un anno di un
frigorifero con congelatore combinato A+++
= 150 kWh

Consumo di energia elettrica in Svizzera
(2015)
= 58,20 TWh

Consumo di energia totale in Svizzera
(2015)
= 232,88 TWh



SOMMARIO

PREFAZIONE	5
LA GEOTERMIA, ENERGIA RINNOVABILE CHE DERIVA DAL CALORE DELLA TERRA	6
MOLTEPLICI APPLICAZIONI GRAZIE A TECNICHE SPERIMENTATE	14
UN'ENERGIA RISPETTOSA DELL'AMBIENTE	24
IMPIANTI E PROGETTI IN SVIZZERA	28
CONDIZIONI QUADRO DELLA GEOTERMIA	34
UN'ENERGIA CON UN GRANDE FUTURO	36
INFORMAZIONI UTILI	40



Perforazione di una sonda geotermica per una casa unifamiliare. Fonte: Geotherm SA, Belfaux (F)

DALL'EPOCA DELLE CRISI PETROLIFERE DEGLI ANNI '70 E IN SEGUITO AI RAPPORTI DEL GRUPPO INTERGOVERNATIVO DI ESPERTI SUL CAMBIAMENTO CLIMATICO (IPCC), LA COMUNITÀ INTERNAZIONALE CERCA NELL'EFFICIENZA ENERGETICA E NELLO SVILUPPO DELLE ENERGIE RINNOVABILI UNA SOLUZIONE PER SOSTITUIRE LE RISORSE FOSSILI, OLTRE CHE UNA SOLUZIONE ALLE EMISSIONI DI GAS A EFFETTO SERRA DANNOSI PER L'AMBIENTE E LA SALUTE.



Negli ultimi dieci anni abbiamo assistito quasi ad un raddoppio dell'impiego di energie rinnovabili per la produzione totale di energia in Europa, soprattutto grazie all'energia idraulica, alla biomassa e alla quota rinnovabile dei rifiuti, all'energia solare e all'energia eolica. Per quanto riguarda la geotermia, questa soluzione è sempre più utilizzata a livello mondiale per la produzione sia di calore che di elettricità. Nel 2015, è stata creata un'alleanza globale nel quadro della conferenza sul clima di Parigi COP21. Sottoscritta da circa 40 Paesi fra cui la Svizzera, l'obiettivo della «Global Geothermal Alliance» è quello di aiutare i Paesi in via di sviluppo per lo sfruttamento delle risorse geotermiche.

La Strategia energetica 2050, adottata dal Consiglio federale nel 2011, mira a garantire la sicurezza dell'approvvigionamento energetico della Svizzera puntando su notevoli risparmi, un rafforzamento dell'efficienza energetica, il potenziamento

dell'energia idraulica e la promozione su ampia scala dell'uso di nuove energie rinnovabili. In quest'ambito, il consumo energetico e le emissioni di gas ad effetto serra del nostro Paese dovranno nettamente diminuire nei prossimi decenni. Inoltre dovranno essere rapidamente ampliate le reti elettriche e potenziata la ricerca energetica.

La geotermia è una delle energie rinnovabili da sviluppare. Rappresenta una fonte energetica che offre numerosi vantaggi, compreso il fatto di estrarre calore e produrre elettricità in modo continuo, indipendentemente dalle condizioni climatiche. In Svizzera, la geotermia di bassa profondità, accoppiata a pompe di calore, si è ben sviluppata a partire dagli anni '80 e continua a crescere. Le tecnologie sono ormai consolidate e gli standard di qualità sono elevati. Con 3,4 terawattora prodotti, la geotermia rappresenta un quarto del calore ottenuto da nuove energie rinnovabili, piazzandosi al secondo posto dopo la biomassa (dati del 2015). La geotermia legata a perforazioni più profonde è stata invece poco sfruttata fino ad oggi. Tuttavia, quest'energia possiede un grande potenziale, soprattutto in termini di produzione elettrica.

Oggi è necessario rimuovere progressivamente i freni tecnici, politici e psicologici che sono insiti in ogni nuova tecnologia, affinché la geotermia possa partecipare in modo efficace alla produzione di calore e di elettricità rinnovabile in Svizzera.

Frank Rutschmann
Capo Sezione Energie rinnovabili

LA GEOTERMIA, ENERGIA RINNOVABILE CHE DERIVA DAL CALORE DELLA TERRA

ANCHE SE LA GEOTERMIA ESISTEVA BEN PRIMA CHE SI PARLASSE DI SVILUPPO SOSTENIBILE O DI SALVAGUARDIA DELL'AMBIENTE, ANCORA OGGI RIMANE IN GRAN PARTE SCONOSCIUTA. TUTTAVIA QUESTA RISORSA OFFRE NOTEVOLI VANTAGGI, POICHÉ SI TRATTA DI UNA FONTE DI ENERGIA QUASI INESAURIBILE E RISPETTOSA DELL'AMBIENTE.

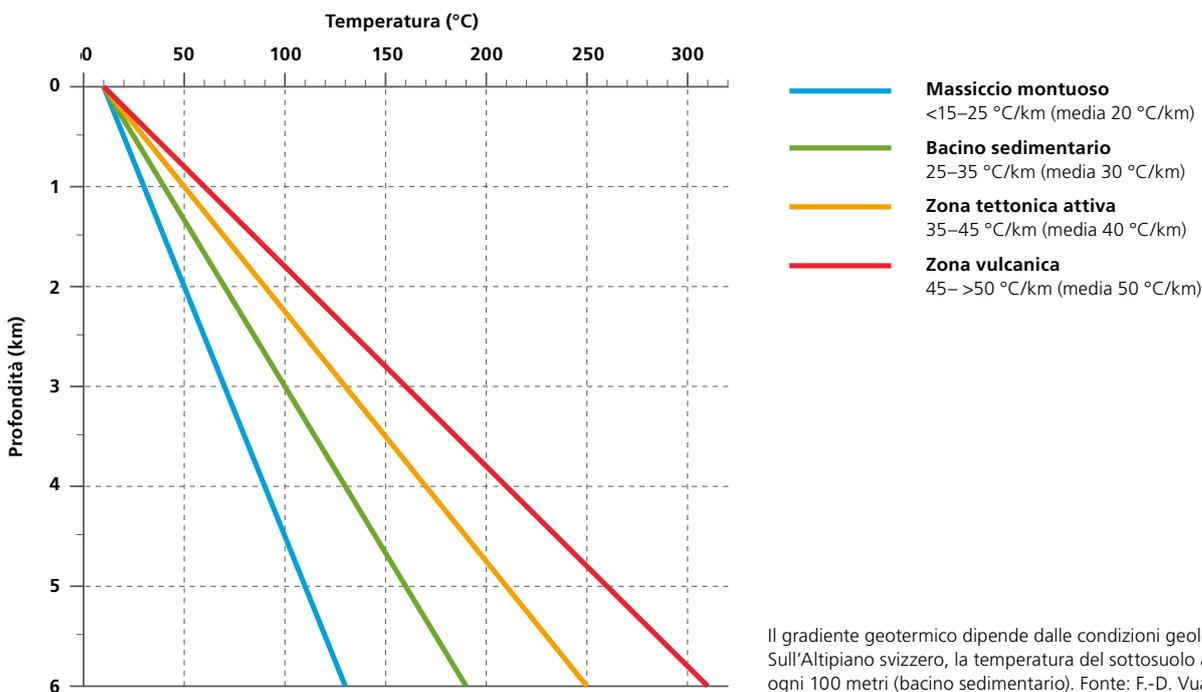
Dal greco «geo» (terra) e «thermos» (calore), il termine geotermia indica sia la scienza che studia i fenomeni termici del sottosuolo, sia i processi industriali che sfruttano tali fenomeni per fornire energia sotto forma di calore o di elettricità.

LA TERRA, QUESTO IMMENSO SERBATOIO DI CALORE

Il calore nel sottosuolo è dovuto fondamentalmente all'energia liberata al momento della formazione del nostro pianeta e a quella che si genera dal decadimento di isotopi radioattivi. Il potere calorifico del sottosuolo dipende dalle sue caratteristiche geologiche, dalla sua profondità e soprattutto del suo contenuto di acqua.

I primissimi metri del sottosuolo sono influenzati termicamente dall'irraggiamento solare e dalle condizioni climatiche terrestri. A partire da 10–20 m di profondità, la temperatura non dipende più dalle condizioni meteorologiche, dall'ora del giorno o dalle stagioni. Essa aumenta con la profondità: questo è il cosiddetto gradiente geotermico. In Svizzera è generalmente di 3–3,5°C ogni 100 m, che implica una temperatura superiore a 100°C a partire da 3000 m di profondità, salvo in caso di singolarità geotermiche (ad esempio zone di sorgenti termali). A partire da 5000 m si raggiungono temperature da 150 a oltre 200°C.

VALORI DEL GRADIENTE GEOTERMICO °C/KM



CALDO, FREDDO ED ELETTRICITÀ

Lo sfruttamento dell'energia geotermica mira principalmente a far risalire verso la superficie terrestre l'acqua presente naturalmente o iniettata e che si è riscaldata a contatto con le rocce più calde del sottosuolo. La geotermia permette, su scale differenti e a seconda della temperatura del sottosuolo, di:

- riscaldare (riscaldamento, acqua calda sanitaria, processi agricoli e industriali)
- raffrescare
- stoccare energia termica (per riscaldare e raffrescare)
- produrre elettricità quando la temperatura e la portata dell'acqua estratta sono sufficientemente elevate

L'energia può essere utilizzata direttamente se la temperatura della risorsa è adeguata alle esigenze. L'impiego di una pompa di calore permette di modificare la temperatura della risorsa prima del suo utilizzo.

UNO STUDIO HA DIMOSTRATO CHE
40 PAESI TRA AFRICA, ASIA, OCEANIA
E AMERICA LATINA POTREBBERO
PRODURRE UNA GRAN PARTE DELLA LORO
ELETTRICITÀ GRAZIE ALLA GEOTERMIA.

World Bank's Energy Sector Management
Assistance Program (ESMAP), 2014)



Secondo la geologia e le proprietà del sottosuolo, l'acqua piovana si infiltra o viene smaltita in superficie. Fonte: UFE



L'energia geotermica del tunnel di base del Lötschberg viene utilizzata sotto forma di calore dalla Casa tropicale di Frutigen (BE) per l'allevamento ittico e la coltivazione di frutta esotica. Fonte: UFE



La geotermia è utilizzata di frequente nei settori industriale e terziario. Qui, il centro D4 della SUVA a Gisikon (Lucerna) è sia riscaldato sia raffrescato da uno stoccaggio sotterraneo di calore. Fonte: CREGE



Le sorgenti sotterranee di acqua calda sono utilizzate da millenni per installazioni termali. Fonte: UFE

UN'ENERGIA A VANTAGGIO DI TUTTI

L'energia proveniente dal calore terrestre va a vantaggio di numerosi utilizzatori. Il modo d'impiego differisce a seconda del tipo di risorsa geotermica, del suo potenziale, della sua profondità e della sua temperatura, che in Svizzera varia fra 5 e oltre 150°C.

HABITAT, TURISMO E SALUTE

Quando si sfrutta del calore a bassa profondità con l'ausilio di un sistema a pompa di calore (vedi a pagina 20), questa energia può essere utilizzata per il riscaldamento individuale, per la produzione di acqua calda sanitaria, per una rete di teleriscaldamento e per il raffrescamento di edifici. Quest'ultimo aspetto rappresenta un vantaggio importante per la geotermia rispetto ad altre energie rinnovabili. In alcune zone geologiche, l'energia fornita da sorgenti termali naturali o con un incremento di temperatura mediante perforazione, è ampiamente utilizzata sia per le terme che per il riscaldamento di piscine.

INDUSTRIA

In caso di usi industriali, l'acqua estratta si presenta sotto forma liquida o di vapore. A seconda della sua temperatura, può essere impiegata per l'essiccazione di prodotti industriali, l'estrazione di sostanze chimiche, la fabbricazione di pasta per la carta, l'evaporazione di soluzioni concentrate (produzione di acqua dolce mediante dissalazione dell'acqua marina), lo scongelamento e la rimozione della neve dalle strade. Quando il fluido geotermico è molto caldo e carico di differenti sali, talvolta è possibile recuperare, oltre al calore, anche alcuni sottoprodotti come bromo, iodio, boro e litio. Si possono inoltre estrarre gas disciolti come il metano o l'anidride carbonica. Se la temperatura del sottosuolo è sufficientemente alta, è anche possibile produrre elettricità.

AGRICOLTURA E ALIMENTAZIONE

In molti paesi, il riscaldamento delle serre costituisce un importante settore di applicazione della geotermia. Nel caso di un impianto di itticoltura, l'acqua calda viene utilizzata direttamente, oppure tramite uno scambiatore di calore quando la sua composizione non è compatibile con l'allevamento. Il calore terrestre può essere sfruttato anche per l'essiccazione di prodotti agricoli, legno e pesce.

« Il riscaldamento delle mie serre necessita di 20'000 MWh all'anno di energia. Con il sostegno di partenariati pubblici e privati, ho deciso di investire in due perforazioni profonde che mi permettono di usare l'acqua calda del sottosuolo e di evitare così l'emissione di 5000 tonnellate di CO₂ rispetto al tipo di riscaldamento precedente per il quale consumavo 80% di gas e 20% di gasolio. »

Hansjörg Grob, agricoltore a Schlattingen (TG)

**UTILIZZO E UTENTI SECONDO
IL TIPO DI GEOTERMIA**

UTILIZZO	TIPO DI UTENTI	TIPO DI GEOTERMIA	TEMPERATURA DEL SOTTOSUOLO	PROFONDITÀ
Riscaldamento e acqua calda sanitaria, raffrescamento	Casa monofamiliare	Canestri geotermici, sonda geotermica verticale (SGV)	5–20 °C	1,5–4 m per i canestri geotermici, 50–250 m per le SGV
	Casa monofamiliare, immobili	Sonda geotermica verticale profonda	20–35 °C	250–800 m
	Casa monofamiliare, immobili, gruppo di immobili	Acque sotterranee*	5–15 °C	10–50 m
	Casa monofamiliare (nuova costruzione), immobili, fabbricati industriali	Geostrutture energetiche	5–15 °C	10–50 m
	Immobili, quartieri, fabbricati industriali	Campi di sonde geotermiche	5–35 °C	30–800 m (< 250 m per il raffrescamento)
Riscaldamento e acqua calda sanitaria, riscaldamento per agricoltura e industria	Immobili, gruppo di immobili, quartieri, borgate, azienda agricola o industriale	Acqua termale, acque scaricate dai tunnel, idrotermalismo di media profondità*	20–100 °C	fino a 3000 m
Riscaldamento e acqua calda sanitaria, elettricità	Immobili, gruppo di immobili, quartieri, borgate, azienda agricola o industriale	Idrotermalismo profondo*	da 100 °C	da 3000 m
		Petrotermalismo	da 100 °C	da 3000 m

* Acqua naturalmente presente nel sottosuolo

I NUMEROSI VANTAGGI DELLA GEOTERMIA

Tra le varie fonti di energia utilizzate dall'uomo, la geotermia presenta numerosi vantaggi:

RISCALDAMENTO, RAFFRESCAMENTO ED ELETTRICITÀ

Come l'energia solare, la biomassa e la parte rinnovabile dei rifiuti, la geotermia rappresenta una fonte d'energia rinnovabile in grado di fornire calore e/o elettricità a seconda delle condizioni geologiche e del tipo di tecnologia impiegata. A differenza di altre fonti di energia rinnovabile, ha il grande vantaggio di poter soddisfare anche le esigenze di raffrescamento.

DISPONIBILE SEMPRE E OVUNQUE

Come le centrali nucleari o le centrali idroelettriche ad acqua fluente (ubicata su fiumi o grandi laghi), la geotermia costituisce un'energia di banda, vale a dire utilizzabile in qualsiasi momento, poiché dipende soltanto dalle caratteristiche intrinseche del sottosuolo. Il tasso di disponibilità delle centrali geotermiche è del 90% nella media mondiale e può raggiungere addirittura il 100% per le reti di distribuzione di calore. La geotermia rappresenta dunque un complemento ideale ad altre energie rinnovabili, come ad esempio l'energia eolica e l'energia solare, che dipendono dalle condizioni climatiche e stagionali. È inoltre disponibile in grande quantità e in qualsiasi punto del globo, per cui il suo potenziale teorico sarebbe sufficiente a coprire l'intero fabbisogno energetico del pianeta.

ENERGIA RINNOVABILE

È considerata un'energia rinnovabile perché il calore della terra è pressoché inesauribile. La gestione sostenibile di un serbatoio geotermico, reiniettando i liquidi dopo il loro raffreddamento, implica di non estrarre più calore di quello fornito naturalmente, il che permette di sfruttare quest'energia per molti anni. In caso di sfruttamento intenso, il sottosuolo viene ricaricato di calore utilizzando un'energia rinnovabile, come ad esempio il solare termico o degli scarti di calore.

ENERGIA LOCALE

Il fatto che l'energia prodotta venga consumata sul posto implica una maggiore autonomia energetica. Inoltre, non è necessario alcun trasporto o stoccaggio di combustibili.

UN'ENERGIA PULITA

La geotermia produce poche emissioni nocive per l'ambiente. Come fonte di calore, è utilizzabile immediatamente e non necessita di un processo di combustione o di altra trasformazione energetica. Gli unici scarti riguardano la fase di perforazione dei pozzi

e il trasporto di materiali durante la realizzazione delle perforazioni e della centrale (come per qualsiasi progetto di ingegneria civile).

La geotermia è considerata l'energia più rispettosa dell'ambiente, dopo l'energia idraulica.

PREZZI STABILI E COSTI CONCORRENZIALI CON LE ALTRE ENERGIE RINNOVABILI

La geotermia ha un basso costo di esercizio. Non necessita dell'acquisto di combustibili e gli impianti richiedono poca manutenzione. Una volta realizzata l'installazione, i costi dell'energia rimangono stabili e prevedibili nel lungo termine. Il costo dell'energia prodotta varia in funzione:

- della profondità del pozzo
- del tipo di energia prodotta (calore o elettricità)
- del grado di maturità della tecnologia scelta

RIDOTTO IMPATTO VISIVO

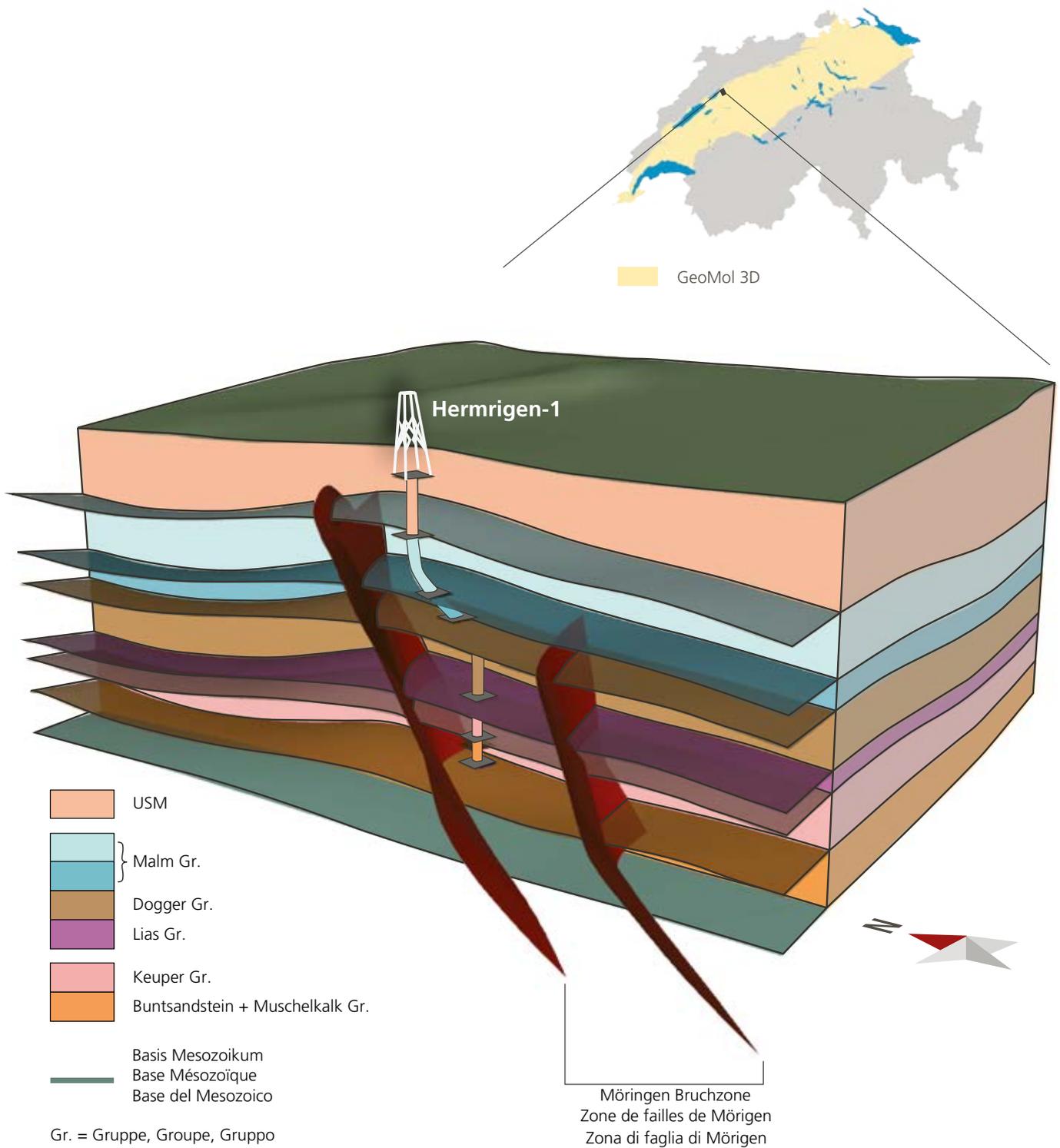
L'impatto visivo e le necessità in superficie di un impianto geotermico sono minime. Il fabbisogno specifico di terreno per unità di energia prodotta è inferiore rispetto alla maggior parte delle altre fonti di energia. Al termine dello sfruttamento della risorsa, la centrale viene smantellata facilmente.

SOLUZIONI ADEGUATE AL FABBISOGNO

L'energia geotermica soddisfa le esigenze di riscaldamento, raffrescamento ed elettricità. Una centrale può essere regolata in maniera precisa in base alle variazioni di potenza richieste. Se la qualità della risorsa non è sufficiente a garantire i picchi di consumo di calore durante la stagione invernale, è possibile combinare la geotermia con altri vettori energetici quali il recupero di calore residuo, il solare termico, la biomassa, il gas o la nafta.

CAPACITÀ DI STOCCAGGIO

Il sottosuolo può essere utilizzato come serbatoio geotermico per spostare nel tempo l'utilizzo dell'energia prodotta e renderla disponibile nel momento più propizio. Ad esempio, il calore può essere estratto da un edificio in estate e iniettato nel sottosuolo. Una parte di questo calore viene poi recuperato in inverno per alimentare il riscaldamento dell'edificio.



Solo realizzando delle perforazioni è possibile avere una conoscenza dettagliata del sottosuolo. Queste perforazioni permetteranno di sviluppare dei modelli 3D degli strati e delle strutture geologiche, una fase essenziale per qualsiasi progetto di geotermia profonda. Fonte: swisstopo

DUE GRANDI SFIDE

I problemi principali che questa fonte di energia può comportare riguardano in particolare gli impianti che utilizzano il calore a grande profondità.

INCERTEZZE LEGATE AL SOTTOSUOLO

Senza perforazione è difficile conoscere le caratteristiche del sottosuolo profondo (fratture, crepe, porosità, permeabilità), e in particolare prevedere la posizione e l'estensione dei condotti naturali che consentono al fluido geotermico di scorrere. I Paesi che vantano una tradizione nello sfruttamento di petrolio o gas, hanno perforato grandi porzioni del loro sottosuolo, acquisendo così una conoscenza dettagliata a riguardo. In Svizzera, soltanto 16 pozzi profondi forniscono puntualmente delle indicazioni utili.

ALTO INVESTIMENTO INIZIALE PER LA GEOTERMIA PROFONDA

La geotermia beneficia, come altre energie rinnovabili, di costi di esercizio relativamente bassi. Dall'altro lato, i costi d'investimento

spesso costituiscono un freno allo sviluppo di grandi centrali geotermiche. Per accertarsi dell'esistenza di una risorsa deve essere effettuata una prima perforazione, con un rischio di insuccesso come in qualsiasi tipo di esplorazione del sottosuolo (petrolio, gas, acqua, minerali). La fase di esplorazione (perforazioni profonde e test) costituisce il 65–75% dell'investimento complessivo.

NEL 2014 SI SONO CONTATI UN TOTALE DI 13'000 MW DI POTENZA ELETTRICA INSTALLATA DI ORIGINE GEOTERMICA IN 26 PAESI, CHE CORRISPONDE ALL'INCIRCA ALLA POTENZA ELETTRICA TOTALE INSTALLATA IN SVIZZERA.

LA STORIA DELLA GEOTERMIA

15'000–20'000 anni fa l'uomo ha cominciato a utilizzare le fumarole e le sorgenti calde delle regioni vulcaniche per riscaldarsi, per cuocere il cibo e per lavarsi. Più tardi si sono diffusi, soprattutto fra i Romani, la pratica dei bagni termali e l'utilizzo di fanghi termo-minerali.

A partire dal 1330 sono menzionati negli archivi francesi e italiani degli utilizzi artigianali del calore terrestre per il lavaggio della lana e delle pelli o per l'estrazione di sostanze chimiche.

Ma è soltanto alla fine del XIX secolo che si è sviluppato lo sfruttamento industriale del calore terrestre grazie ai progressi tecnici e ad una migliore conoscenza del sottosuolo.

La prima rete moderna di teleriscaldamento alimentato grazie alla geotermia viene installata a Reykjavik (Islanda) nel 1930. Da allora, in Europa e negli Stati Uniti, verranno realizzate reti di riscaldamento che utilizzano la geotermia.

Nel 1904 a Larderello, in Italia, per la prima volta al Mondo viene prodotta elettricità utilizzando la geotermia. Nella stessa località, nel 1913 viene costruita la prima centrale geotermica. Anche Giappone, Stati Uniti e Nuova Zelanda

sono pionieri nello sviluppo e nell'utilizzo della geotermia per produrre elettricità nel XX secolo.

La quota mondiale di elettricità e riscaldamento di origine geotermica diventerà significativa soltanto a partire dagli anni '70, sotto la spinta delle crisi petrolifere e il desiderio di alcuni Paesi di utilizzare una risorsa nazionale per la loro produzione di energia.



Larderello 1904: Turbina alimentata con vapore geotermico, accoppiata ad una dinamo con la quale, per la prima volta nella storia, fu prodotta energia elettrica. Fonte: Enel Green Power

MOLTEPLICI APPLICAZIONI GRAZIE A TECNOLOGIE SPERIMENTATE

PER UTILIZZARE L'ENERGIA DAL SOTTOSUOLO PER IL RISCALDAMENTO, IL RAFFRESCAMENTO E PRODURRE ELETTRICITÀ SONO STATE SVILUPPATE DIFFERENTI TECNOLOGIE. LA MAGGIOR PARTE DI ESSE SONO STATE SPERIMENTATE NEL CORSO DI DECENNI, DIVENTANDO SEMPRE PIÙ EFFICIENTI NEL TEMPO.

I DIVERSI TIPI DI GEOTERMIA

- 1 Sonda geotermica / Canestro geotermico / Collettore orizzontale
- 2 Utilizzo delle acque sotterranee
- 3 Geostrutture
- 4 Campo di sonde geotermiche
- 5 Sonda geotermica profonda

- 6 Acqua termale

Idrotermalismo di media profondità:

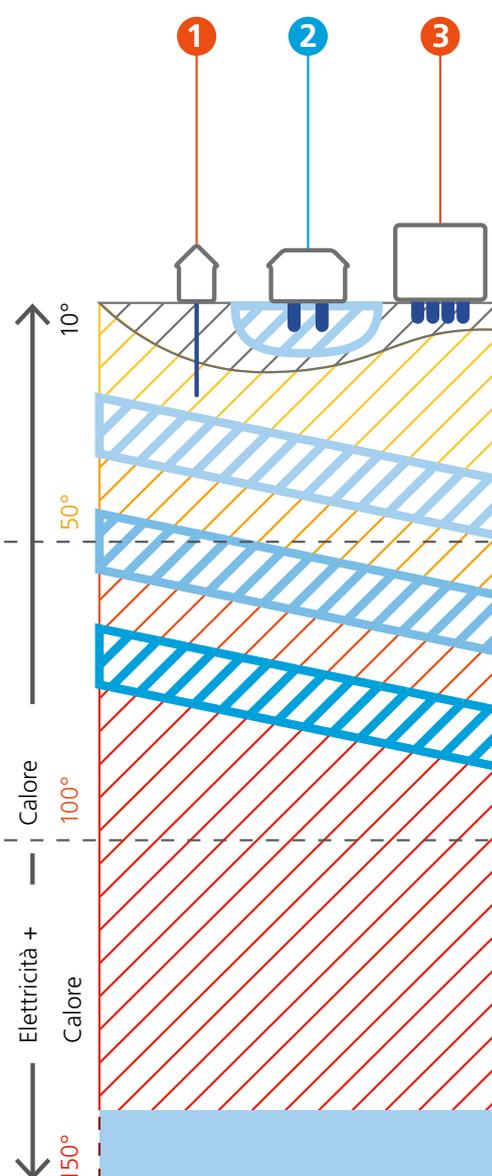
- 7 Riscaldamento per agricoltura, industria
- 8 Riscaldamento e acqua calda

- 9 Idrotermalismo, profondo:

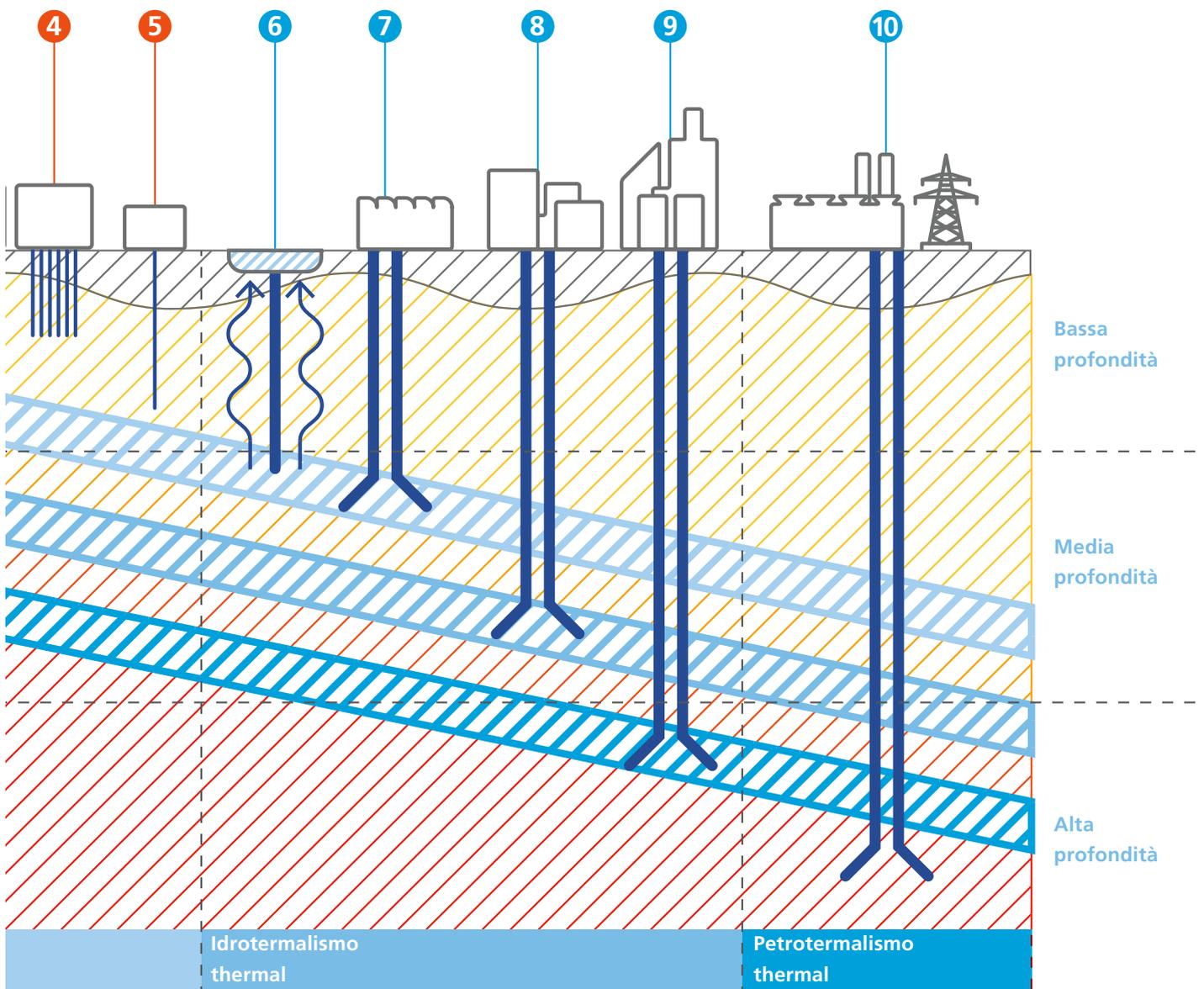
Calore e elettricità

- 10 Sistema petrotermale:

Calore e elettricità



Dall'altro lato, la geotermia dei sistemi stimolati profondi (sistema petrotermale o EGS) è ancora in fase di sviluppo. Questo sistema possiede un enorme potenziale poiché permette di estrarre calore e produrre elettricità recuperando l'energia dal sottosuolo praticamente in tutte le condizioni geologiche. Tra i diversi sistemi geotermici vi sono quelli a circuito aperto che utilizzano le acque sotterranee come fluido termovettore e quelli a circuito chiuso in cui viene pompato un fluido termovettore (miscela di acqua e antigelo) che circola all'interno di sonde per estrarre il calore in profondità. Tutti necessitano di perforazioni e installazioni permanenti.



● Circuito aperto

● Circuito chiuso



Le acque sotterranee e il calore residuo del centro dei dati di Swisscom saranno utilizzati per l'approvvigionamento in riscaldamento e raffreddamento della rete termica di Argauerstrasse a Zurigo. Fonte: evz

CALDO E FREDDO

A partire da pochi metri di profondità, dove il sottosuolo ha una temperatura costante durante tutto l'anno, è possibile estrarre e stoccare l'energia termica per riscaldare e raffreddare. La presenza di acqua nel terreno è un parametro determinante per la scelta del sistema. Infatti, l'acqua aumenta la conducibilità termica del suolo e permette quindi una migliore estrazione di energia dal sottosuolo.

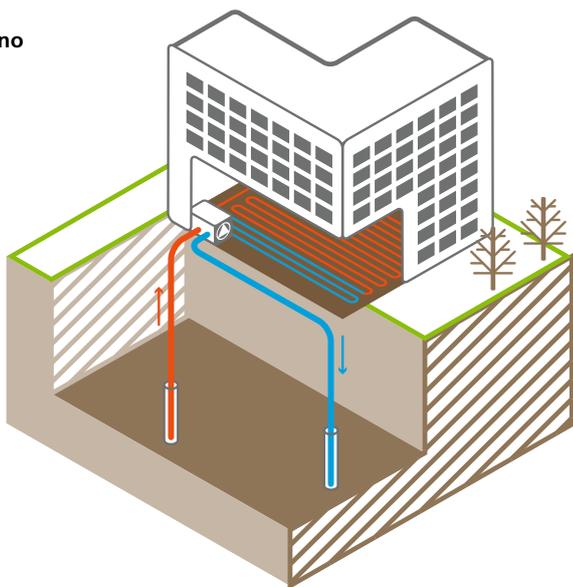
Quando è possibile raffreddare gli edifici facendo semplicemente circolare il fluido termovettore negli impianti di riscaldamento a pavimento, si parla di free-cooling o geocooling. Questa particolarità, unica nel settore energetico, offre diversi vantaggi: questo sistema apporta un reale comfort abitativo in estate, ricarica il sottosuolo con del calore dalla superficie, e permette di risparmiare rispetto all'utilizzo di una tipica macchina frigorifera.

ACQUE SOTTERRANEE

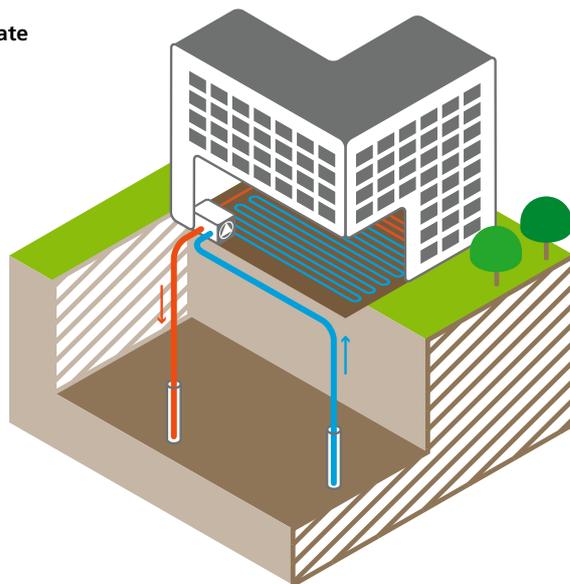
Se le condizioni idrogeologiche sono favorevoli, grazie a uno o più pozzi di pompaggio, è possibile sfruttare direttamente l'acqua prelevata nelle falde freatiche poco profonde per il riscaldamento dei locali, l'acqua calda sanitaria e il raffreddamento estivo. Beneficiando di una temperatura stabile tutto l'anno (5–15°C), l'acqua viene prelevata da una pompa sommersa e quindi inviata verso una pompa di calore «acqua-acqua» che ne alza il livello di temperatura. L'acqua raffreddata viene solitamente evacuata in un foraggio d'iniezione oppure reimessa in un'opera d'infiltrazione (vedere riquadro sotto). Nel periodo estivo, l'acqua sotterranea può servire direttamente per il raffreddamento di edifici senza mettere in funzione la pompa di calore. Poiché le falde freatiche vengono spesso sfruttate per fornire acqua potabile, in alcune zone sono in vigore delle restrizioni per l'impiego termico, al fine di proteggere la risorsa.

Produzione di caldo e freddo con la geotermia

Inverno



Estate



SINGLET E DOUBLET GEOTERMICO

Prelevata da un pozzo di produzione, l'acqua sotterranea permette il trasporto dell'energia dal sottosuolo verso la superficie. Dopo l'estrazione del calore, lo scarico in natura dell'acqua raffreddata può avvenire con modalità diverse:

- solitamente in un pozzo di iniezione realizzato ad una certa distanza dal primo o in un'opera di infiltrazione («doublet geotermico», ossia coppia di pozzi)
- più raramente in superficie dentro un corso d'acqua o in un lago nel caso in cui l'acqua sia debolmente mineralizzata e non solforata («singlet geotermico», ossia pozzo singolo)

Il doublet geotermico (ossia una coppia di pozzi) presenta diversi vantaggi: nessuno scarico nell'ambiente grazie a un circuito ad anello chiuso, portata idraulica perenne e pressioni di esercizio stabili. Il doublet geotermico è utilizzato in tutti i tipi di acquiferi (falde d'acqua sotterranee) da pochi metri a vari chilometri di profondità. La sua applicazione può essere sottoposta a delle specifiche restrizioni secondo le legislazioni sulla protezione delle acque.

SONDE GEOTERMICHE

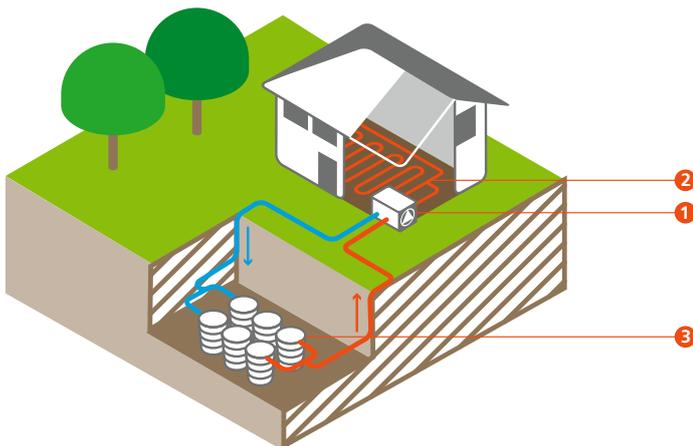
L'energia termica del sottosuolo viene recuperata installando verticalmente uno scambiatore di calore a forma di tubo a doppia «U» (o raramente coassiale), chiamato **sonda geotermica verticale (SGV)**. Le perforazioni sono spesso situate di fianco all'edificio da riscaldare, ma talvolta possono essere anche situate sotto di esso. Nella sonda, il fluido termovettore viene pompato in un circuito chiuso che recupera l'energia termica dal terreno, e che potrà essere estratta con l'ausilio di una pompa di calore (PdC) cosiddetta «suolo-acqua». Quest'ultima estrae il calore geotermico e lo trasmette al circuito di riscaldamento (riscaldamento a pavimento o radiatori). In generale essa serve anche per riscaldare l'acqua calda sanitaria.

Tecnicamente la sonda geotermica verticale può essere installata in qualsiasi ambiente geologico, purché le falde freatiche rimangano protette (soprattutto in caso di serbatoio di acqua potabile). La sua profondità dipenderà dalla conducibilità termica del terreno, dalla potenza della pompa di calore e dal fabbisogno di calore. Per una casa monofamiliare, una profondità della sonda di circa 100–200 m, è tipicamente sufficiente per la dimensione dell'edificio e per il suo livello di isolamento termico.

Se non è possibile perforare in profondità e se si dispone di un'ampia superficie di terreno, si può ricorrere a **canestri geotermici** oppure a **collettori orizzontali** a bassa profondità. Il primo sistema è costituito da un tubo molto lungo che forma delle spirali in tre dimensioni. Il secondo si presenta sotto forma di una rete di tubazioni posizionate orizzontalmente. Un fluido termovettore circola nelle tubazioni fino alla pompa di calore.

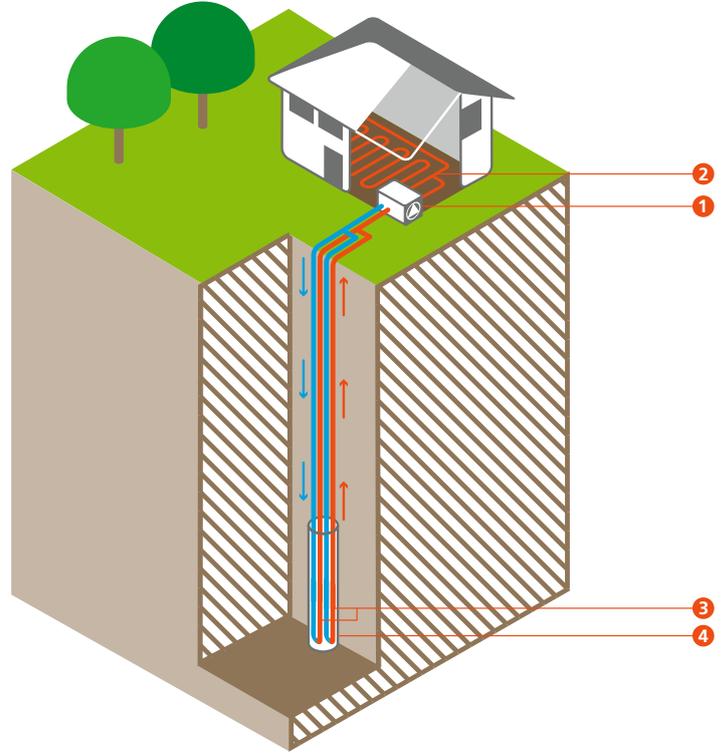
Canestri geotermici

- 1 Pompa di calore
- 2 Riscaldamento a pavimento
- 3 Canestri geotermici



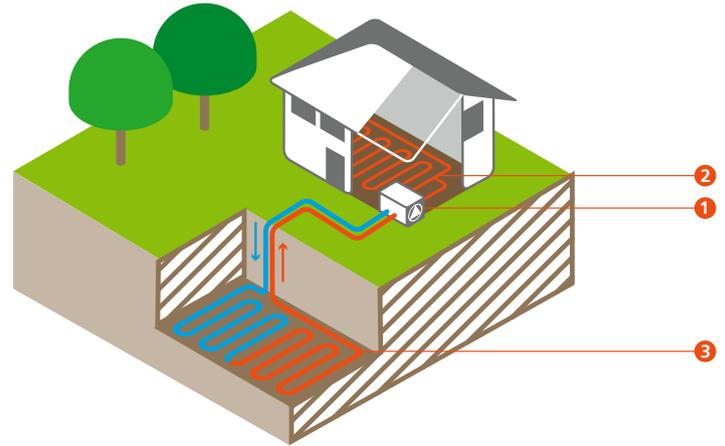
Sonda geotermica verticale

- 1 Pompa di calore
- 2 Riscaldamento a pavimento
- 3 Tubo a doppia «U» per lo scambio di calore
- 4 Perforazione (< 20 cm di diametro)



Collettori orizzontali

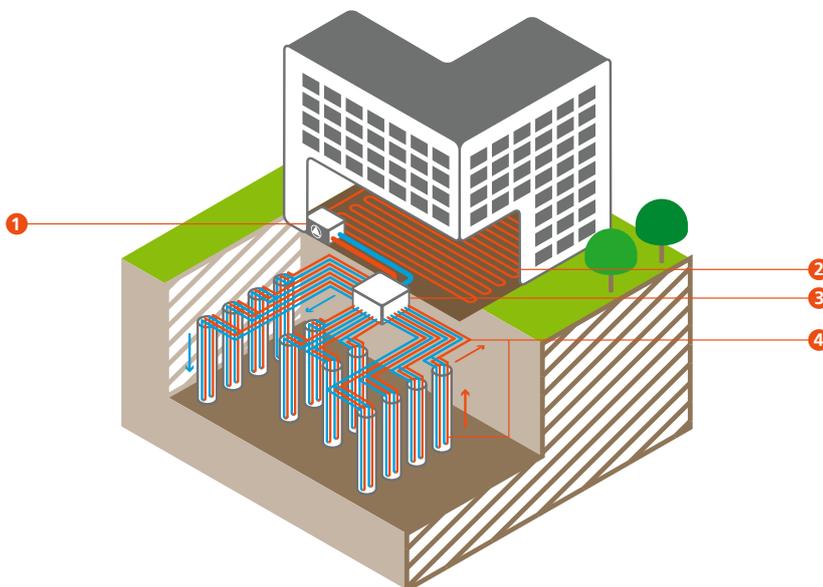
- 1 Pompa di calore
- 2 Riscaldamento a pavimento
- 3 Collettori orizzontali



Il raggruppamento di diverse unità di SGV, il cosiddetto **campo di sonde geotermiche**, permette di riscaldare e raffreddare immobili o edifici amministrativi e industriali di grandi dimensioni. Le sonde sono collegate ad un collettore che alimenta una o più pompe di calore. Il calore viene estratto dal sottosuolo durante la stagione di riscaldamento. Per il raffreddamento estivo, il calore degli edifici viene iniettato nel campo di sonde geotermiche, cosa che permette di ricaricare termicamente il terreno. In questo caso si parla quindi di stoccaggio geotermico.

Campo di sonde geotermiche

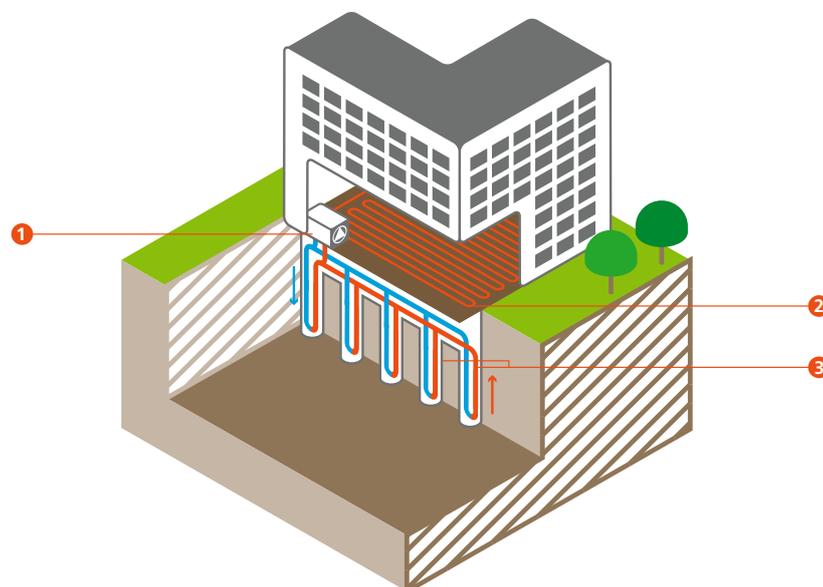
- 1 Pompa di calore
- 2 Riscaldamento a pavimento
- 3 Collettore geotermico
- 4 Campo di sonde geotermiche



Secondo lo stesso principio delle sonde geotermiche verticali, le **geostrutture energetiche** (per es. pali energetici) sono utilizzate per grandi edifici quando il terreno è instabile e devono essere installati in ogni caso dei pali di fondazione. Si tratta di pilastri o pareti interrate da 10 a 100 m di profondità che permettono di assicurare le fondazioni dell'edificio. Utilizzano lo stesso principio delle sonde geotermiche, facendo circolare un fluido termovettore attraverso degli scambiatori di calore. Il sistema di riscaldamento invernale e di raffreddamento estivo è quasi identico a quello per un campo di sonde geotermiche. I condotti si collegano ad un collettore che alimenta una o più pompe di calore. Per definizione, questa tecnologia deve essere integrata fin dall'inizio del progetto di costruzione dell'edificio.

Geostrutture

- 1 Pompa di calore
- 2 Riscaldamento a pavimento
- 3 Pali di fondazione con scambiatore di calore integrato



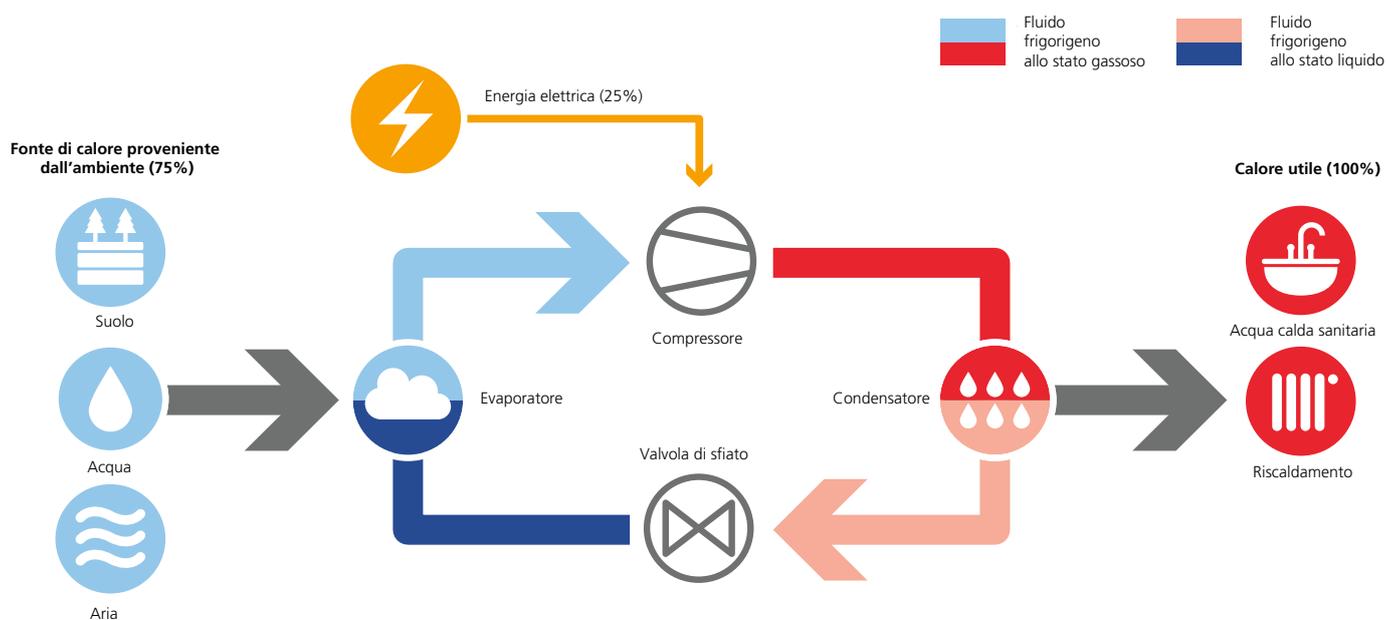
COS'È UNA POMPA DI CALORE (PDC)?

Una pompa di calore è un generatore di caldo o di freddo che estrae l'energia termica dall'ambiente (suolo, acqua o aria). Nel caso della geotermia, il calore che proviene dal sottosuolo viene trasmesso al fluido frigorifero della pompa di calore e si trasforma in vapore. Questo vapore viene poi compresso, con il conseguente aumento della sua temperatura, e in seguito passa in un condensatore e ritorna allo stato liquido cedendo calore. Il calore così liberato nel condensatore viene trasmesso al fluido che circola nei radiatori o nel riscaldamento a pavimento. Infine, il fluido della pompa di calore viene depressurizzato (la sua pressione e la sua temperatura scendono) e ritorna nell'evaporatore dove potrà nuovamente assorbire calore dal sottosuolo.

La compressione del refrigerante richiede energia elettrica, invece l'energia complessiva restituita dalla PDC in forma di

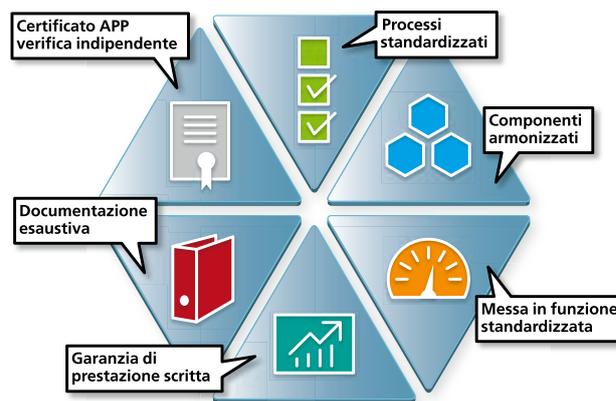
calore è superiore a quella elettrica consumata per il suo funzionamento. Nel caso di un impianto geotermico, la PdC eroga da quattro a cinque volte più energia al sistema di quanto avrebbe bisogno per il suo funzionamento. Si parla allora di «coefficiente di prestazione» (COP), il quale risulta tanto più elevato quanto più è bassa la differenza di temperatura tra la fonte di calore prelevata nell'ambiente e la temperatura di distribuzione del calore domestico.

Nel caso in cui la PdC calore sia reversibile, può essere utilizzata anche per raffreddare invertendo il circuito di funzionamento. Le pompe di calore permettono di ridurre fino all'80% le emissioni di CO₂ rispetto a un moderno impianto termico alimentato a nafta, e fino al 70% rispetto a una caldaia a gas.



Il label svizzero «Modulo di sistema per pompe di calore» consente di allestire impianti molto efficienti a pompa di calore, sia nel caso di ristrutturazioni di immobili che di nuove costruzioni. Il nuovo standard permette di confrontare i preventivi, regolare le interfacce e garantire che tutte le prestazioni vengano effettivamente realizzate. Almeno un impianto su cinque viene verificato nell'ambito di un severo sistema di garanzia della qualità.

Tutte le informazioni sono disponibili su:
www.wp-systemmodul.ch



ACQUA TERMALE

La maggior parte delle sorgenti calde naturali sono sfruttate generalmente per le terme. Secondo il principio dell'uso in cascata (utilizzo diverso man mano che la temperatura si abbassa), il calore residuo può servire in seguito per il riscaldamento di edifici e per l'acqua calda sanitaria. Dopo il raffreddamento, l'acqua viene mandata verso una zona captante in superficie, ad esempio un corso d'acqua, o reiniettata nell'acquifero (vedi riquadro a pagina 17).

ACQUE SCARICATE DAI TUNNEL

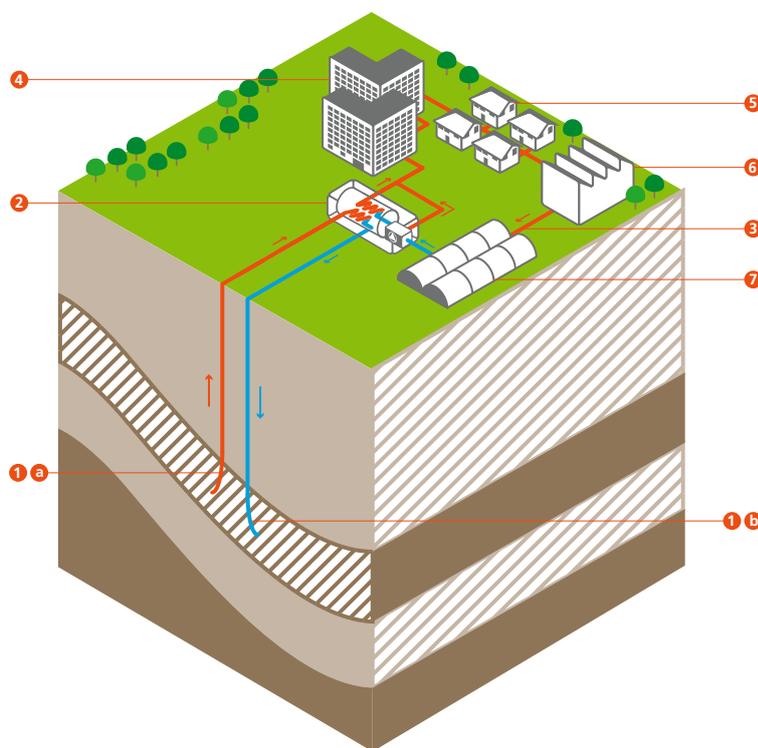
Le acque sotterranee scaricate durante la costruzione di tunnel sono disponibili ai portali (uscite) dei tunnel come fonte di energia a bassa temperatura per il riscaldamento e il raffreddamento di edifici, la produzione di acqua calda sanitaria, o per applicazioni agricole e industriali. Questo implica che i beneficiari di questo calore in eccedenza siano in prossimità delle uscite dei tunnel.

IDROTERMALISMO DI MEDIA PROFONDITÀ

Questo sistema utilizza l'acqua naturalmente presente nel sottosuolo. Gli acquiferi, o falde di acqua sotterranea, situate generalmente negli strati sedimentari a 500–3000 m, fungono da serbatoi di scambio. Questi permettono di valorizzare il calore del sottosuolo attraverso una rete di teleriscaldamento. Il calore può in seguito essere sfruttato per altri utilizzi (itticoltura, cure balneoterapiche, alimentazione di piscine, riscaldamento di serre, processi industriali o agricoli) man mano che la temperatura dell'acqua si abbassa (utilizzo in cascata). L'utilizzo complementare di una pompa di calore permette in alcuni casi di innalzare il livello di temperatura.

Questo sistema geotermico può essere accoppiato ad altri sistemi che producono calore a partire da energie rinnovabili, quali il solare termico, la biomassa, il recupero del calore residuo, ma anche da energie non rinnovabili come gas e nafta. Questa modularità favorisce dunque l'attuazione di una transizione energetica verso energie pulite nella filiera del calore.

Geotermia idrotermale di media profondità



- 1 a Pozzo di produzione
- 1 b Pozzo d'infiltrazione
- 2 Centrale di riscaldamento geotermico (scambiatore di calore e Pompa di calore)
- 3 Rete di teleriscaldamento
- 4 Edifici
- 5 Case monofamiliari
- 6 Industria
- 7 Serre ortofrutticole

« La tecnica del doublet geotermico nel bacino di Parigi è diventata un punto di riferimento, con la prima installazione che è stata realizzata a Melun Almont nel 1969. La regione dell'Île-de-France ospita la più alta densità al mondo di sistemi geotermici in funzione nel 2017. Quasi quaranta doublet geotermici forniscono riscaldamento e acqua calda all'equivalente di più di 240'000 appartamenti. Questa esperienza è certamente riproducibile in Svizzera. »

Christian Boissavy, Presidente dell'Associazione francese dei Professionisti della Geotermia

PRODUZIONE DI ELETTRICITÀ IN AGGIUNTA

Quando la temperatura dell'acqua prelevata è superiore a 100°C, è possibile non soltanto estrarre calore, ma anche produrre elettricità. Per raggiungere queste temperature sono necessarie delle condizioni geologiche specifiche, oltre che una perforazione da 3000 a 5000 m di profondità.

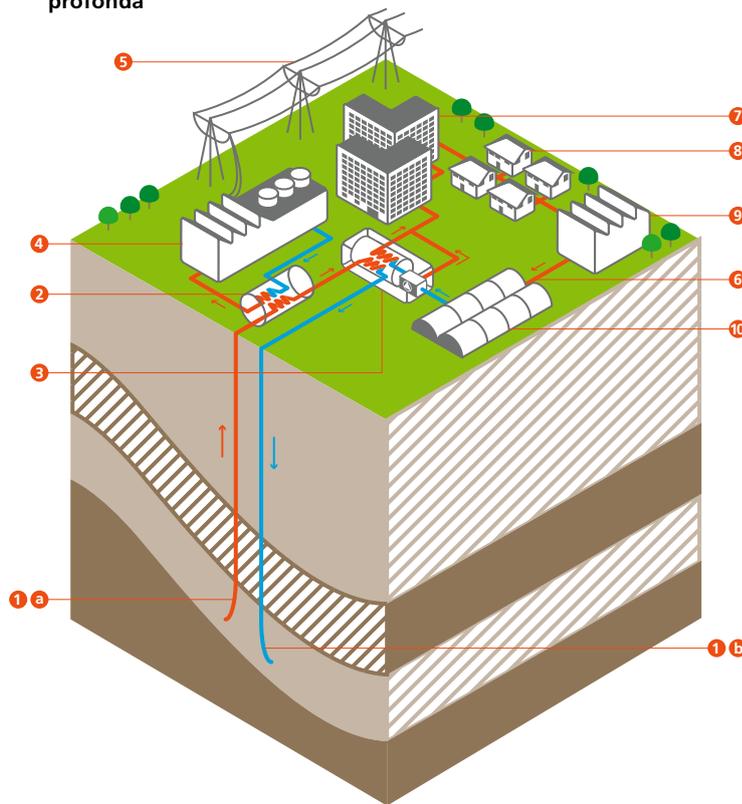
IDROTERMALISMO PROFONDO

Un sistema idrotermale profondo utilizza i fluidi presenti negli acquiferi profondi. Tramite un pozzo profondo, l'acqua viene estratta e poi reintrodotta dopo il raffreddamento attraverso un secondo pozzo praticato ad una certa distanza dal primo (vedi riquadro a pagina 17). L'obiettivo principale consiste nell'estrarre calore per il riscaldamento, l'acqua calda sanitaria, i processi agricoli e industriali. In determinate condizioni è inoltre possibile produrre dell'elettricità:

- temperatura dell'acqua superiore a 100°C
- volume del serbatoio geotermico e portata emunta sufficiente per una produzione redditizia e sostenibile di elettricità in superficie

Anche se è possibile definire la natura delle formazioni rocciose e l'ubicazione delle principali zone di frattura in cui le condizioni sono più favorevoli, sono sempre necessarie delle perforazioni esplorative, che permettono di confermare l'esistenza di acquiferi produttivi e di valutarne la permeabilità, la portata e la temperatura. Nel caso in cui la portata sia troppo bassa, è possibile ricorrere a tecniche diverse come la stimolazione idraulica (vedi riquadro a pagina 23). Ci si avvicina dunque ai sistemi petrotermali EGS descritti a pagina 23.

Geotermia idrotermale profonda



GLI ACQUIFERI PROFONDI IN GERMANIA PRODUCONO ELETTRICITÀ E CALORE.

In Germania si contano una trentina di centrali geotermiche di tipo idrotermale, soprattutto nel bacino di Monaco di Baviera e nella Fossa Renana per il riscaldamento di edifici residenziali, terme e serre, e sono in fase di lancio 150 progetti. Una parte di questi impianti produce anche elettricità con temperature di 110–140°C. Soltanto nel sud della Baviera, nel 2015 sono state rilasciate 25 concessioni di sfruttamento e 40 concessioni esplorative.

- | | | | |
|-----|--|----|---------------------------|
| 1 a | Pozzo di produzione | 6 | Rete di teleriscaldamento |
| 1 b | Pozzo d'infiltrazione | 7 | Edifici |
| 2 | Scambiatore di calore | 8 | Case monofamiliari |
| 3 | Centrale di riscaldamento geotermico (Scambiatore di calore e Pompa di calore) | 9 | Industrie |
| 4 | Centrale di produzione d'elettricità (turbina, generatore, raffreddamento) | 10 | Serre ortofrutticole |
| 5 | Immissione in rete di energia elettrica | | |

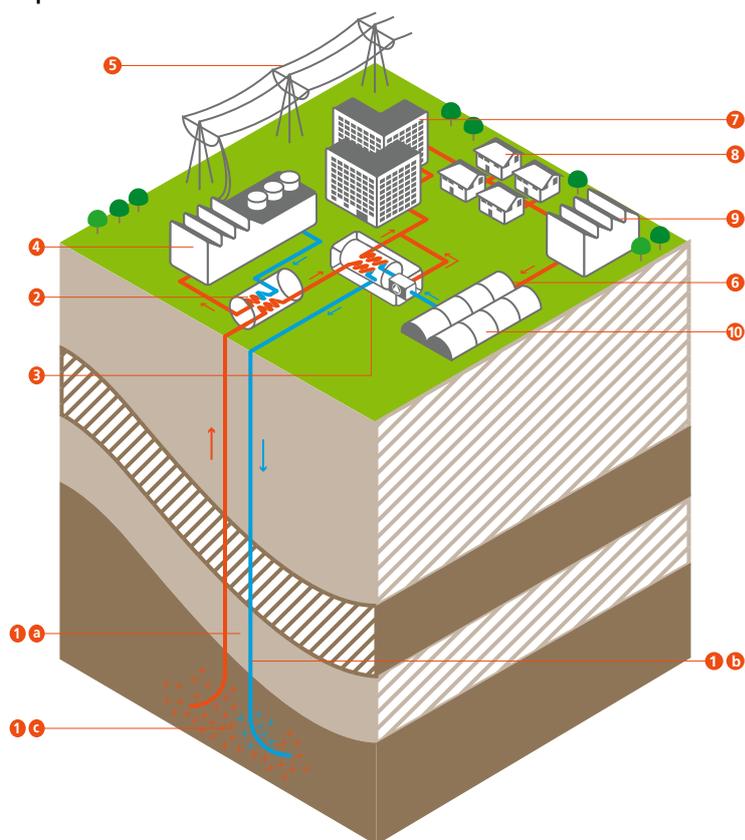
SISTEMA PETROTERMALE

Diversamente dall'idrotermalismo, dove l'acqua circola in modo naturale, il sistema petrotermale sfrutta il calore esistente a grande profondità nelle rocce cristalline (generalmente granito). La loro permeabilità viene aumentata artificialmente mediante stimolazione idraulica, allo scopo di creare uno scambiatore di calore e quindi un serbatoio geotermico fratturato. È detto anche sistema EGS (Enhanced Geothermal System, sistema geotermico migliorato).

Grazie a questo sistema, può essere creato un anello affinché l'acqua iniettata dalla superficie in un pozzo possa riscaldarsi nello scambiatore sotterraneo creato ed essere pompata da un secondo pozzo situato all'altra estremità del serbatoio. Una volta in superficie, questa acqua sotto pressione e molto calda (generalmente > 100 °C) trasmette la sua energia a un fluido che evapora e aziona una turbina e un generatore per generare elettricità.

L'obiettivo principale consiste nel produrre dell'elettricità e, laddove possibile, valorizzare il calore residuo con una rete di teleriscaldamento. Per essere efficace, la fonte di calore deve trovarsi il più vicino possibile al consumatore, che si tratti di abitazioni, zone industriali o aree agricole.

Geotermia profonda petrotermale



- | | | | |
|-----|--|----|---|
| 1 a | Pozzo di produzione | 5 | Immissione in rete di energia elettrica |
| 1 b | Pozzo d'infiltrazione | 6 | Rete di teleriscaldamento |
| 1 c | Serbatoio stimolato | 7 | Edifici |
| 2 | Scambiatore di calore | 8 | Case monofamiliari |
| 3 | Centrale di riscaldamento geotermico (Scambiatore di calore e Pompa di calore) | 9 | Industria |
| 4 | Centrale di produzione d'elettricità (turbina, generatore, raffreddamento) | 10 | Serre ortofrutticole |

STIMOLAZIONE IDRAULICA E/O CHIMICA

Questa tecnica è utilizzata nel ambito di sistemi geotermici profondi per migliorare la circolazione dei fluidi intorno al pozzo.

Esistono diversi metodi, a seconda del contesto geologico in cui ci si trova. La stimolazione idraulica permetterà di riaprire delle fratture esistenti mediante l'iniezione per breve durata di un fluido. La stimolazione chimica serve ad allargare localmente queste aperture grazie all'iniezione di piccoli volumi di acidi che vanno a sciogliere i depositi idrotermali e i fanghi di perforazione. L'acido reagisce rapidamente con i depositi e si riassorbe in pochi minuti. Questi due tipi di stimolazione possono essere utilizzati per uno stesso sito geotermico.

Una nuova tecnica consiste nel realizzare molte piccole stimolazioni lungo un pozzo deviato intersecando in questo modo un gran numero di fratture naturali verticali. Volto a mantenere la sismicità indotta al di sotto della soglia di primo danno, questo approccio garantisce una migliore efficienza energetica moltiplicando le possibili vie di scorrimento dell'acqua tra i pozzi di produzione e d'infiltrazione. Sviluppato in Svizzera da Geo-Energie Suisse SA con il nome di «Stimolazione multifase di segmenti isolati», tale approccio sarà applicato nel progetto di Haute-Sorne nel Canton Giura (vedi pagina 33).

I rischi ambientali sono vengono limitati ad un livello accettabile: integrità del pozzo, sismicità controllata, controllo della pressione del liquido iniettato, ricorso a prodotti chimici senza effetto nocivo sull'ambiente, vigilanza.

UN'ENERGIA RISPETTOSA DELL'AMBIENTE

UNO DEI PRINCIPALI VANTAGGI DELLA GEOTERMIA STA NEL FATTO CHE QUESTA ENERGIA È PRESSOCHÉ PRIVA DI EMISSIONI DI CO₂ E RISPETTOSA DEL SUO AMBIENTE NATURALE. HA INOLTRE UN IMPATTO RIDOTTO SUL PAESAGGIO. COME OGNI TECNOLOGIA, L'ENERGIA GEOTERMICA COMPORTA ALCUNI RISCHI, CHE COMPAIONO PRINCIPALMENTE DURANTE LA FASE DI COSTRUZIONE. QUESTI RISCHI POSSONO ESSERE FACILMENTE EVITATI GRAZIE A TECNOLOGIE E APPARECCHIATURE INSTALLATE E GESTITE IN MANIERA CORRETTA.

BASSO IMPATTO SULL'AMBIENTE

Durante la fase operativa, una centrale geotermica funziona senza combustibile (si evitano così trasporto e stoccaggio) e non emette sostanze tossiche. L'acqua prelevata in profondità talvolta è carica di elementi chimici presenti naturalmente nelle rocce in cui essa circola. Ciò nonostante, nessuno di questi elementi è rilasciato in superficie poiché il fluido viene reiniettato per essere nuovamente riscaldato. L'impatto ambientale di un impianto geotermico, che è minimo, è legato al cantiere di perforazione e al suo smantellamento, oltre che al consumo di elettricità delle pompe di circolazione e/o PdC.

Si noti che la geotermia ha un impatto ridotto sul paesaggio. Le sonde geotermiche e le perforazioni negli acquiferi profondi per il riscaldamento di quartieri sono poco o per nulla visibili. Le centrali di riscaldamento a cui questi impianti sono collegati si trovano nell'interrato degli edifici da riscaldare o in edifici che assomigliano a sale caldaie classiche. Quanto alle moderne centrali geotermiche

elettriche, sono molto compatte e possono essere facilmente integrate nel paesaggio. Ad esempio, una centrale da 5 MW_{el} che fornisce elettricità a circa 6000 famiglie occupa l'equivalente di un campo da calcio.

L'inquinamento acustico è generalmente legato alla fase di costruzione del cantiere di perforazione e al traffico ad esso associato. In caso di produzione elettrica, il funzionamento dei condensatori ad aria genera comunque del rumore.

RISCHI DI CONTAMINAZIONE DELLE ACQUE

Lo sfruttamento del calore terrestre non minaccia la qualità delle acque superficiali o sotterranee. Tuttavia, se un pozzo non è realizzato correttamente oppure il sito non è adatto, sussistono alcuni rischi. Ogni impianto geotermico è soggetto alla legislazione in materia di protezione delle acque e di protezione dell'ambiente; questo riduce al minimo il rischio di contaminazione delle acque.

« Per quanto riguarda il riscaldamento degli edifici, possiamo già notare che la geotermia può essere insuperabile sul piano ecologico ed economico. Dobbiamo proseguire i nostri sforzi nella produzione di elettricità per vedere se è possibile conseguire un successo simile anche in questo settore. »

Pierrette Rey, portavoce del WWF per la Svizzera romanda.

ESTERNALITÀ DELLA GEOTERMIA PROFONDA SECONDO LE FASI DI COSTRUZIONE E SFRUTTAMENTO

AMBIENTE	FASE DI PERFORAZIONE	FASE DI ESERCIZIO
SUOLO	1–2 ettari (in funzione della profondità di perforazione)	Minimo (può essere nel sottosuolo o in un fabbricato)
ARIA	Rischio di sviluppo di gas che può essere controllato	Nessuna emissione di CO ₂ , nessun gas tossico (ciclo chiuso)
ACQUA	Rischio di inquinamento e di modifica delle condizioni idrogeologiche	Rischio di inquinamento e di modifica delle condizioni idrogeologiche
RUMORE	Trasporto e macchina di perforazione	In caso di produzione di elettricità (sistema di raffreddamento ad aria)
ODORE	Rischio di sviluppo al momento della perforazione	Minimo
IMPATTO VISIVO	Torre di perforazione	Minimo (può essere nel sottosuolo o in un fabbricato). Più importante per una centrale elettrica.
FLORA E FAUNA	Rischio di squilibrio naturale legato al cantiere (luce, specchio d'acqua artificiale, abbattimento di alberi, ecc.)	Minimo
SISMICITÀ	Sismicità indotta che può creare dei danni	Sismicità indotta che può creare dei danni
TRASPORTO E CARBURANTE	Traffico legato al cantiere	Minimo
RIFIUTI	Fanghi di perforazione da gestire	Minimo
REVERSIBILITÀ	Cementazione e chiusura della perforazione	Smantellamento della centrale (perforazione non reversibile)

 Nocività minime o inesistenti

 Rischi

 Nocività potenzialmente importanti



LA GEOTERMIA RAPPRESENTA
ATTUALMENTE L'1% DEL
CONSUMO DI ENERGIA
(CALORE + ELETTRICITÀ) NEL
MONDO.

LA GEOTERMIA NEL MONDO

Nel 2014 la potenza elettrica cumulata degli impianti geotermici presenti in 26 Paesi era di 13 gigawatt (GW), con una previsione di 21 GW entro il 2020. Questi impianti producono 73'500 gigawattora (GWh) di energia elettrica, ovvero lo 0,3% del consumo mondiale. Con una potenza installata di 3,4 GW, gli Stati Uniti figurano al primo posto nella classifica dei Paesi produttori di elettricità geotermica al mondo. Seguono le Filippine, l'Indonesia, il Messico e l'Italia, leader in Europa con 0,9 GW. Gli impianti più potenti e più efficienti si trovano in regioni vulcaniche o lungo zone tettoniche attive, dove è possibile estrarre a profondità di 1000–3000 m fluidi con una temperatura superiore a 200°C e usarli per produrre elettricità grazie a una turbina a vapore.

La potenza degli impianti che producono calore a partire dall'energia geotermica è stata stimata di 70 GW nel 2014, in 82 Paesi.

I geyser e i vulcani si trovano principalmente lungo le placche continentali. Fonte: iStockphoto

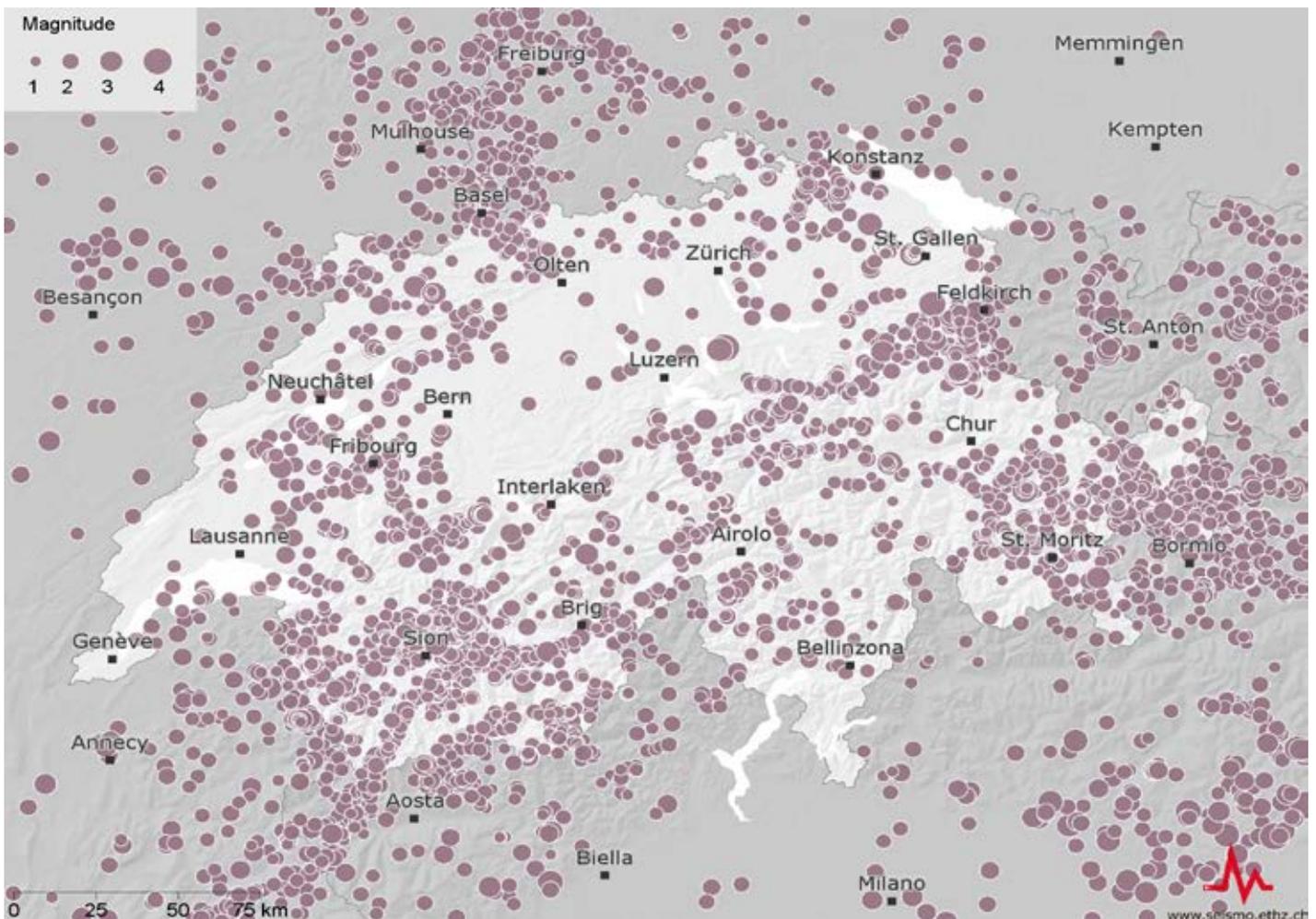
RISCHI SISMICI

Questo tipo di rischio riguarda soltanto la geotermia profonda, e più in particolare la geotermia petrotermale. Nel caso dei sistemi geotermici avanzati (vedi riquadro a pagina 23), dell'acqua sotto pressione viene iniettata nella roccia al fine di creare delle fratture o di ampliare quelle esistenti per realizzare uno scambiatore di calore. Questo processo comporta naturalmente dei microsismi, lievi ma numerosi, che nella quasi totalità non vengono avvertiti dalla popolazione locale. D'altra parte, essi forniranno delle informazioni preziose riguardo la dimensione e l'estensione del serbatoio. Durante la fase operativa, in misura minore può anche essere osservata una debole sismicità indotta.

Diverse tecniche innovative permettono di prevedere questo tipo di rischio e di mantenere i sismi indotti ad un livello accettabile. Inoltre, dei sistemi di registrazione e monitoraggio degli eventi microsismici servono ad interrompere le operazioni quando la frequenza e l'intensità dell'attività microsismica iniziano ad aumentare. Tuttavia, anche se la microsismicità viene controllata

sempre meglio, attualmente è impossibile escludere completamente questo tipo di incidenti o prevederli con largo anticipo. Si noti che dei terremoti con magnitudo superiore a 2,5 gradi sulla scala Richter rimangono dei casi rari nel quadro di perforazioni geotermiche.

La Svizzera registra terremoti di magnitudo superiore a 3 sulla scala Richter circa dieci volte all'anno, che sono avvertiti dalla popolazione circostante a partire da una magnitudo di 2,5. Quasi sempre essi sono di origine naturale, ma possono anche essere provocati dalla costruzione di opere (ad esempio, tunnel, diga, estrazione mineraria e stimolazione di pozzo geotermico). Gli ultimi due eventi legati a progetti geotermici sono i sismi di minore entità che si sono verificati nel quadro dei progetti a grande profondità a Basilea nel 2006 e San Gallo nel 2013 (vedere riquadro a pagina 37). Si noti che i terremoti compresi tra 3 e 3,9 gradi di magnitudo sono considerati «minori» secondo la scala Richter, perché in genere non provocano danni importanti.



Epicentri dei terremoti di magnitudo ≥ 1 fra il 2006 e giugno 2016. Fonte: SED

IMPIANTI E PROGETTI IN SVIZZERA

DA UNA TRENTINA D'ANNI LA SVIZZERA STA ATTRAVERSANDO UN PERIODO DI SVILUPPO DELL'ENERGIA GEOTERMICA, NONOSTANTE IL NOSTRO PAESE NON POSSIEDA NÉ UN VULCANO, NÉ ALTRA ANOMALIA GEOTERMICA CHE POSSA CONSENTIRE UN'ESTRAZIONE AGEVOLE DEL CALORE DAL SOTTOSUOLO. MA L'ESPERIENZA DIMOSTRA CHE, A SECONDA DEL TIPO DI TECNOLOGIA UTILIZZATA, NEL NOSTRO PAESE ESISTONO DIVERSI SFRUTTAMENTI GEOTERMICI INTERESSANTI DAL PUNTO DI VISTA ECONOMICO E AMBIENTALE.

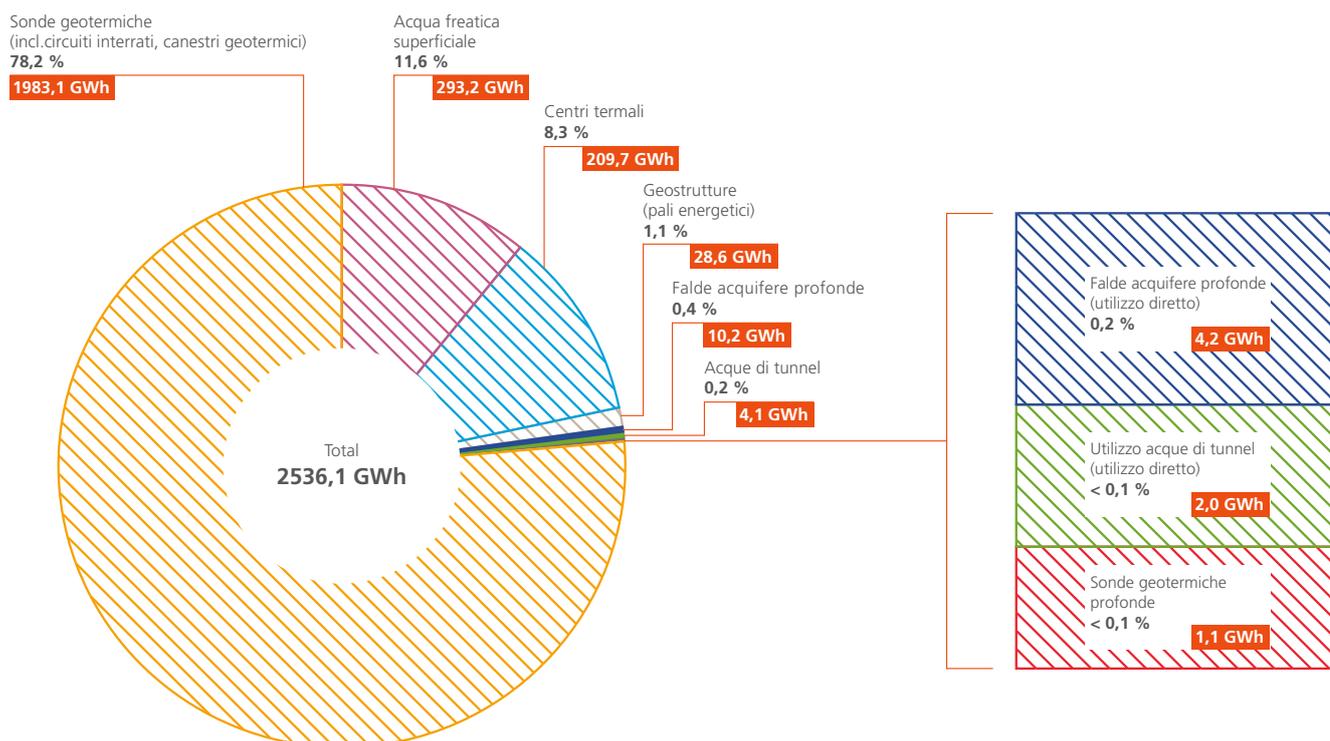
SITUAZIONE DELLA GEOTERMIA IN SVIZZERA

Attualmente l'uso della geotermia in Svizzera è limitato esclusivamente all'estrazione e allo stoccaggio di energia termica per il riscaldamento e il raffrescamento. Per il momento sul nostro territorio non esistono ancora impianti di produzione di elettricità. I singoli impianti con sonde geotermiche verticali accoppiate a pompe di calore, costituiscono la forma più comune di sfruttamento dell'energia geotermica poco profonda in Svizzera. Quasi il 15% degli impianti di riscaldamento del nostro Paese sono dotati di pompe di calore geotermiche. Inoltre, i campi di sonde geotermiche stanno diventando sempre più frequenti per i grandi edifici

che hanno ingenti esigenze di riscaldamento e raffrescamento, fattore che aumenta sensibilmente l'efficienza energetica di questi sistemi.

Le sonde geotermiche (sonde geotermiche verticali, collettori orizzontali e canestri geotermici) rappresentano quasi l'80% dell'energia geotermica (parte rinnovabile) prodotta in Svizzera, vale a dire 1986,1 GWh all'anno*, una cifra che in 10 anni è più che triplicata. La Svizzera conta circa 90'000 sonde geotermiche, ossia più di due per km²*. Sul piano economico del mercato svizzero della geotermia, questa resta attualmente la filiera più importante.

DIAGRAMMA CON LE PERCENTUALI DELL'ENERGIA (RINNOVABILE) GEOTERMICA RICHIESTA DI TUTTI I SISTEMI GEOTERMICI NEL 2015



Fonte: Statistik der geothermischen Nutzung in der Schweiz (solo in tedesco), Edizione 2015, Luglio 2016

Il resto della produzione di calore derivato dall'energia geotermica (quota rinnovabile) si suddivide tra lo sfruttamento delle acque sotterranee (293,2 GWh = più di 5000 impianti), l'acqua termale (209,7 GWh = 15 centri termali), le geostrutture energetiche (28,6 GWh = circa 30 impianti), gli acquiferi profondi (14,4 GWh = 6 impianti), le acque scaricate dai tunnel (6,1 GWh = 7 tunnel) e le sonde geotermiche profonde (1,1 GWh = 3 impianti).*

* Valori 2015

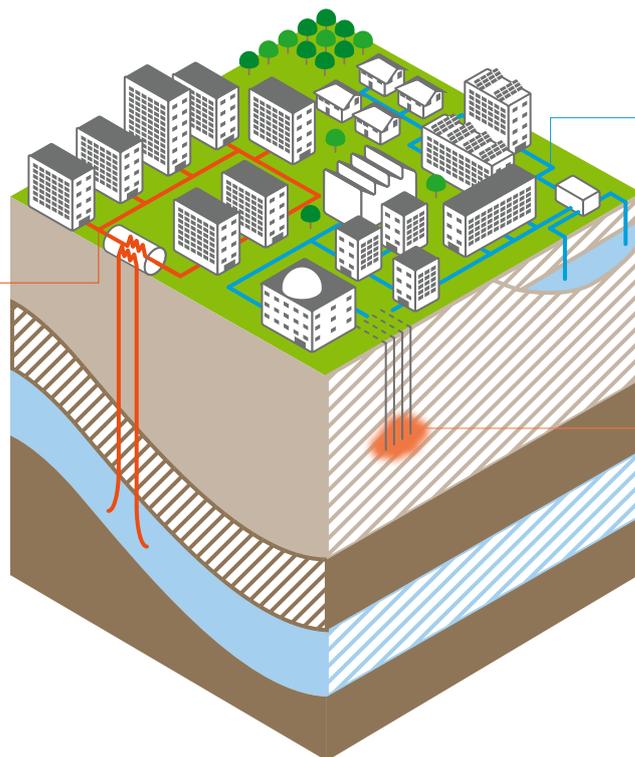
UN NUOVO CONCETTO: L'ANERGIA O L'ADEGUAMENTO FRA BISOGNI E SCARTI

Il campus Science City, che fa parte del Politecnico federale di Zurigo, si è posto l'obiettivo di immagazzinare sotto terra, quando non ne ha bisogno, il calore residuo dei suoi edifici per mezzo di circa 800 sonde geotermiche, per rendere questa energia disponibile agli utenti al momento giusto. Questi sistemi si ispirano all'ecologia industriale, che mira ad assicurare che gli «scarti» degli uni diventino la materia prima per gli altri. Una volta che questi accumulatori di energia termica saranno stati integrati nella rete, ne risulterà un sistema di stoccaggio dinamico chiamato anche «rete di anergia», che permetterà di fornire indifferentemente riscaldamento, acqua calda sanitaria e raffrescamento, immagazzinando il calore in eccesso nel terreno per riutilizzarlo in un momento successivo.

Tipologie di rete di riscaldamento e raffrescamento, stoccaggio geotermico

Rete di media e alta temperatura

La geotermia di media e grande profondità fornisce gran parte del calore della rete. Gli edifici vecchi hanno bisogno di temperature elevate. L'utilizzo di PdC non è indispensabile ma può permettere di meglio valorizzare la geotermia.



Rete a bassa temperatura

Gli edifici a basso consumo hanno bisogno di temperature moderate. La geotermia fornisce calore e permette di stoccarlo (scarti termici industriali, solare termico, ecc.). La geotermia permette anche di raffrescare gli edifici. L'utilizzo di PdC è necessario e permette di ottimizzare il sistema.

Stoccaggio geotermico

Il sottosuolo a bassa, media e grande profondità, oltre che le acque sotterranee, possono essere usati come stoccaggio geotermico. L'utilizzo dell'energia prodotta (caldo e freddo) viene spostato nel tempo e resa disponibile nel momento più propizio.

In Svizzera, diverse regioni delle Alpi, il Giura e l'Altopiano, presentano acquiferi potenzialmente interessanti per lo sfruttamento della geotermia di media profondità. Ancora ampiamente sottosfruttata, questa tecnologia evidenzia tuttavia un grande potenziale per il nostro Paese.

Dal 2017 sono in funzione 8 centrali di media profondità. A Weissbad, Weggis e Zurigo sono in funzione sonde geotermiche che possono raggiungere 2300 m di profondità e permettono di riscaldare degli edifici e un hotel con spa. A Riehen, il calore profondo è utilizzato in una rete di teleriscaldamento. A Kreuzlingen, Lavey-les-Bains, Schinznach-Bad e Bassersdorf, l'acqua è destinata alle terme e al riscaldamento degli impianti. Lavey-les-Bains, dove si trova la sorgente di acqua termale più calda della Svizzera, nel 1972 è stata la prima realizzazione geotermica per il riscaldamento degli edifici a complemento della gestione di uno stabilimento termale. Dal 1998, il 100% del fabbisogno termico del centro termale è assicurato dalla geotermia, senza alcuna pompa di calore.



L'acqua circolante nelle faglie o nelle rocce permeabili viene drenata dai tunnel. Il calore contenuto in queste acque sotterranee può essere utilizzato per scopi di riscaldamento, come ad esempio per una serra a Frutigen (immagine a pag. 8).
Fonte: CREGE

PIÙ DI 20 ANNI DI ESPERIENZA ALLA CENTRALE DI HASELRAIN A RIEHEN (BS)

Dal 1994 il comune di Riehen ospita la più grande centrale geotermica idrotermale della Svizzera, oltre che la sola basata sullo sfruttamento di un acquifero profondo grazie a un doublet: pozzo di produzione di 1547 metri e pozzo di restituzione di 1247 metri di profondità. La portata operativa iniziale di 18 l/s è stata aumentata a circa 25 l/s grazie all'iniezione di acido cloridrico, che ha permesso di sciogliere la calcite che ostruiva parzialmente le fratture nelle quali circola acqua (stimolazione chimica).

La geotermia fornisce il 50% del calore della rete di teleriscaldamento ed è completata da diverse centrali di cogenerazione di elettricità e calore ed anche da altre centrali di produzione calorica con lo scopo di superare i picchi di consumo. Questa rete fornisce calore tramite teleriscaldamento a circa 7000 abitanti di Riehen. Si evita in questo modo l'emissione di circa 9000 tonnellate di CO₂ ogni anno.



Testa di perforazione alla centrale di Riehen.
Fonte: Wärmeverbund Riehen AG

L'utilizzo dell'energia geotermica dei tunnel svizzeri risale all'inizio degli anni '70. Dei 600 tunnel e gallerie che sono presenti in Svizzera, 15 hanno un potenziale geotermico interessante e 7 impianti utilizzano questa energia: si trovano ai portali (uscite dei tunnel) del San Gottardo, della Furka, della Mappo-Morettina, dell'Hauenstein, di Ricken, del Gran San Bernardo e del Lötschberg. L'energia geotermica serve per riscaldare e raffrescare vari alloggi, edifici, palestre e centri sportivi, ma anche per la itticoltura e il riscaldamento delle serre. Gli impianti richiedono la presenza di una pompa di calore per aumentare il livello di temperatura della risorsa, tranne nel caso dell'itticoltura.

SU 600 TUNNEL PRESENTI IN SVIZZERA, 15 POSSIEDONO UN IMPORTANTE POTENZIALE GEOTERMICO, DI CUI 7 UTILIZZANO QUESTA ENERGIA PER SCOPI TERMICI.

LE TAPPE FONDAMENTALI DI UN PROGETTO DI GEOTERMIA A MEDIA O GRANDE PROFONDITÀ

1. Concetto e studio di pre-fattibilità

Valutare i dati esistenti del sottosuolo, dei consumatori e del potenziale geotermico, e verificare queste ipotesi sulla base dei documenti geologici esistenti.

2. Fase di prospezione ed esplorazione: studio del sottosuolo, ricerca del giacimento e accesso alla risorsa

Determinare la posizione ottimale per le perforazioni destinate allo sfruttamento delle risorse geotermiche e catalogare queste risorse. Una volta identificata la risorsa, verificare la sua presenza, ma anche le sue caratteristiche previste (temperatura, portata, capacità rigenerativa, ecc.) attraverso una prima perforazione.

3. Fase di realizzazione delle perforazioni: estrazione della risorsa

In caso di successo, un pozzo di produzione permette di far risalire l'acqua calda in superficie. L'acqua raffreddata viene generalmente reiniettata in un altro pozzo (tecnica del doublet) per proteggere l'ambiente e assicurare che la risorsa non si esaurisca.

4. Fase di costruzione e distribuzione:

In caso di produzione di calore, costruzione di una rete di teleriscaldamento o collegamento a una rete esistente. Per la produzione elettrica, costruzione di una centrale.

5. Fase di sfruttamento: produzione di calore e/o elettricità e trasmissione ai consumatori

A seconda della quantità di energia estratta e dell'uso a cui è destinata, sono fattibili diversi sistemi (vedi pagine 21–23). In seguito l'energia geotermica viene trasmessa agli edifici, direttamente o indirettamente attraverso una rete di teleriscaldamento e/o una centrale di produzione di elettricità.

Oltre a questi passaggi tecnici, di solito questo tipo di progetto contempla anche richieste di autorizzazione, un pacchetto finanziario, delle richieste di preventivi, comunicazioni o studi d'impatto ambientale, un'indagine sismica e una campagna d'informazione.

POTENZIALE GEOTERMICO E STRATEGIA ENERGETICA

Nel suo studio «Prospettive energetiche 2050» del 2013, l'Ufficio federale dell'energia (UFE) stima che la Svizzera potrà produrre fino a 4,4 TWh di elettricità geotermica all'anno da qui al 2050 (potenziale tecnico stimato a 80'000 TWh), sui 62 TWh consumati annualmente in Svizzera. Sarebbe quindi coperto dall'energia geotermica il 7% del consumo di elettricità in Svizzera. Ciò corrisponde alla produzione di circa 110 centrali geotermiche con una potenza di 5 MW_{el} e a 1,5 volte la potenza della centrale nucleare di Mühleberg.

Il potenziale più grande per la produzione di elettricità di origine geotermica è la tecnica petrotermale, dal momento che il sottosuolo profondo svizzero è composto da rocce cristalline che per natura contengono pochissima acqua. Possono tuttavia essere presi in considerazione progetti idrotermali di grande profondità in alcune regioni particolari dal punto di vista geologico che si trovano localmente ai piedi del Giura, sull'Altopiano, o nelle Alpi e Prealpi. All'interno di questo documento, non è stato stabilito alcun obiettivo per la produzione di calore. L'UFE specifica tuttavia che la superficie abitabile riscaldata da pompe di calore dovrà aumentare di almeno sei volte fra il 2010 e il 2050.

Al fine di rendere sfruttabile una parte di questo enorme potenziale, occorre migliorare notevolmente la conoscenza del sottosuolo. In effetti questo è il punto debole della Svizzera: non essendo basata su una tradizione di estrazione di petrolio o gas naturale come avviene per i Paesi confinanti, la conoscenza del sottosuolo profondo elvetico è estremamente limitata. Soltanto delle perforazioni permettono di accertare con precisione le condizioni termiche e idrauliche del sottosuolo.

Le conoscenze attuali sulla natura del sottosuolo svizzero (tipo di rocce, presenza e produttività di acquiferi, zone di faglia, ecc.) si basano su informazioni provenienti da perforazioni esistenti. Attualmente ne esistono 95 a una profondità compresa fra 600 e 3000 m e 16 a più di 3000 metri di profondità. A titolo di raffronto, in Baviera (D) esiste una densità di otto pozzi profondi ogni 1000 km² rispetto agli 1 dell'Altopiano svizzero.

Parallelamente, il Servizio geologico nazionale di swisstopo elabora dei modelli geologici in 3D (vedere pagina 12) per facilitare lo sfruttamento dell'energia geotermica. A livello federale, si prevede di sviluppare un programma di esplorazione sistematica del sottosuolo grazie a numerose perforazioni.

« L'Ufficio federale dell'energia ripone grandi speranze nel lungo termine per la produzione di elettricità con geotermia. L'ostacolo principale è la scarsa conoscenza del sottosuolo elvetico. Qui ricerca e innovazione vengono in aiuto di Confederazione, Cantoni e Comuni. Nel quadro della Strategia energetica 2050 sono previste anche nuove contribuzioni finanziarie all'esplorazione, che creano delle buone condizioni quadro per gli investitori. »

Dr. Frank Rutschmann, Capo Sezione Energie rinnovabili



Durante una campagna di esplorazione geofisica, un camion vibrante emette delle onde acustiche che permettono, grazie ai dati raccolti, di realizzare una sezione geologica del sottosuolo. Fonte: Pedro Neto

Nel 2017 erano in fase di elaborazione una decina di progetti geotermici di media e grande profondità, fra cui:

- geotermia idrotermale: AGEPP a Lavey-les Bains (VD), Plaines-du-Loup (VD), EnergieÔ La Côte (VD), GEo-thermie2020 (GE), Oftringen (AG)
- geotermia petrotermale: Haute-Sorne (JU), Avenches (VD), Etwilen (TG), Pfaffnau e Triengen (LU).

Questi ultimi cinque progetti sono stati sviluppati da Geo-Energie Suisse SA, una società costituita da un consorzio di sette aziende svizzere del settore energetico, con lo scopo di sviluppare la tecnologia dei sistemi geotermici avanzati.

Il progetto più avanzato è quello di Haute-Sorne, per il quale è stato rilasciato un permesso di costruzione nel 2015. Questo progetto ha tenuto conto delle esperienze e dei numerosi dati ottenuti dal progetto EGS di Basilea per implementare un nuovo concetto di stimolazione per tappa che fornisce più energia e genera meno microsismicità indotta (vedere riquadro a pagina 23). A titolo di raffronto, sette centrali geotermiche profonde sono già in esercizio per la produzione di elettricità in Germania e due in Francia.

Vi è da notare che in funzione della portata e della temperatura dell'acqua estratta, e quindi della quantità di energia a disposizione, sono possibili diversi scenari di valorizzazione dell'energia. Il fallimento totale di un progetto è un evento raro, perché esiste sempre la possibilità di valorizzare il calore del sottosuolo con una sonda geotermica profonda. Inoltre, le conoscenze maturate in occasione di una perforazione profonda sono necessarie per progetti futuri.

4,4 TWh_{el} = 110 IMPIANTI
PETROTERMALI DA 5 MW_{el}

GEOTHERMIE SCHWEIZ
GEOTHERMIE SUISSE
GEOTERMIA SVIZZERA

GEOTERMIA-SVIZZERA: LA VOCE DELLA GEOTERMIA IN SVIZZERA

GEOTERMIA-SVIZZERA promuove la geotermia in Svizzera attraverso l'attuazione di diverse azioni e l'elaborazione di strumenti di comunicazione. Nel 2012, la sua ristrutturazione in un'organizzazione di coordinamento ha permesso di migliorare la visibilità della geotermia negli ambienti economici e politici. I suoi supporti informativi sono finalizzati a far conoscere i numerosi vantaggi di questa energia rinnovabile, oltre che i rischi, in maniera trasparente, al fine di migliorare la sua immagine e la sua accettazione presso autorità, scienziati, soggetti dell'approvvigionamento energetico e pubblico in generale. In qualità di centro di competenza, questa associazione lavora su progetti di formazione e istruzione per i suoi membri e per altre parti interessate.



Centrale geotermica di media profondità Energieô a Vinzel (VD), con pozzi di produzione e reiniezione – immagine schematica. Fonte: Energieô

CONDIZIONI QUADRO DELLA GEOTERMIA

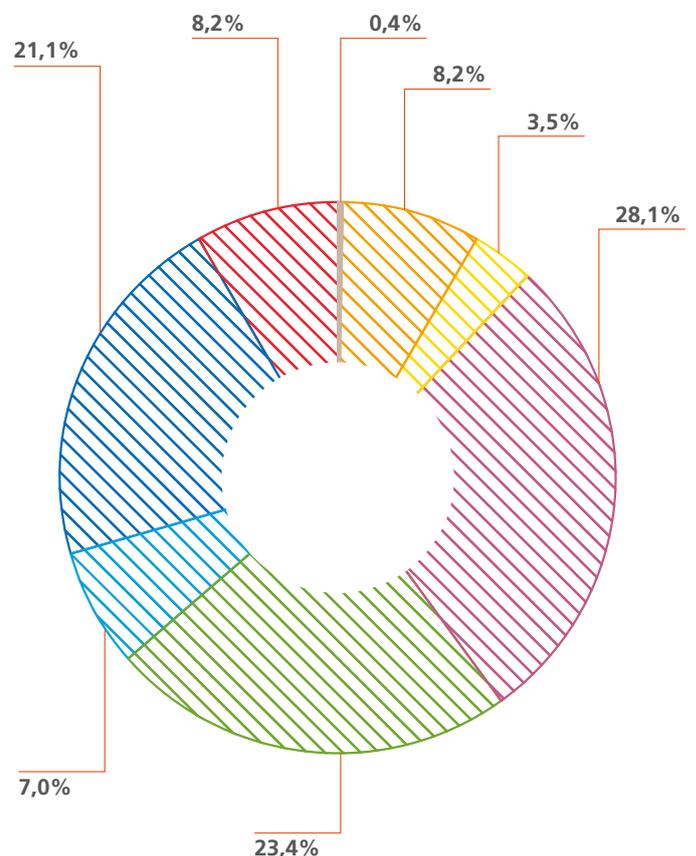
ALLO STATO ATTUALE, I PRINCIPALI OSTACOLI ALLA GEOTERMIA PROFONDA SONO I COSTI DELLE PERFORAZIONI PROFONDE, IL RISCHIO LEGATO ALL'ESPLORAZIONE DI RISORSE SOTTERRANEE, E UN QUADRO LEGISLATIVO NON UNIFORMATO O NON ADATTO IN ALCUNI CANTONI. SOLO DEGLI IMPIANTI PILOTA PERMETTERANNO QUINDI DI ACQUISIRE LE CONOSCENZE NECESSARIE SUL SOTTOSUOLO E SUI PROCESSI DA IMPLEMENTARE IN CONDIZIONI REALI, AL FINE DI REALIZZARE NEL TEMPO DELLE CENTRALI GEOTERMICHE IN GRADO DI ESTRARRE CALORE E PRODURRE ELETTRICITÀ.

IL COSTO DELLA GEOTERMIA

L'investimento iniziale per l'installazione di una sonda geotermica verticale in una casa monofamiliare è superiore rispetto a quello necessario per un sistema di riscaldamento a gas o nafta. Tuttavia, le spese di esercizio e di manutenzione sono generalmente più basse e più stabili nel tempo. Si tratta dunque di un'operazione finanziaria valida, soprattutto nel caso di una nuova costruzione, ma anche nell'ambito della ristrutturazione di un immobile e del suo impianto di riscaldamento.

Per quanto riguarda il geotermico di media e grande profondità, il bilancio della geotermia è appesantito maggiormente dai costi di perforazione, che generalmente sono stimati nella metà della fattura totale. Nella fase di esplorazione, essi costituiscono un fattore di rischio finanziario, perché soltanto con la perforazione si possono conoscere le caratteristiche precise del sottosuolo; in seguito i test di produzione permettono di valutare il potenziale tecnico ed economico della risorsa geotermica. Secondo i risultati ottenuti sarà necessario un riorientamento di taluni progetti.

RIPARTIZIONE DEI COSTI PER I PROGETTI DI GEOTERMIA PROFONDA



Fonte: GEOTHERMIE.CH, edizione 2014, agosto 2015

Per quanto riguarda la produzione di elettricità di origine geotermica, oggi l'Ufficio federale dell'energia stima un prezzo in Svizzera tra 40 e 60 centesimi per kWh. Secondo lo studio di TA-Swiss «Energy from the earth» (2015), in futuro i prezzi dovrebbero essere sensibilmente più bassi, soprattutto in caso di vendita del calore residuo (14 centesimi per kWh).

In futuro diversi fattori permetteranno di ridurre i costi dell'energia geotermica, in particolare della geotermia profonda, e di competere nel tempo con il mercato delle altre energie rinnovabili:

- la diminuzione dei costi di perforazione grazie ai progressi tecnologici, che porteranno a realizzare pozzi sempre più profondi e più velocemente
- l'ottimizzazione dei processi per aumentare la permeabilità della roccia serbatoio e creare scambiatori di calore più efficienti
- il miglioramento della conoscenza del sottosuolo tramite il ricorso a metodi geofisici avanzati per la scelta dei siti
- una migliore comprensione della sismicità indotta e della modellazione dei serbatoi (nuove tecnologie 3D)
- la riduzione dell'energia necessaria per pompare e reiniettare l'acqua sfruttata
- i miglioramenti tecnici della conversione elettrica, al fine di ottenere una maggiore efficienza con temperature più basse

GLI AIUTI FINANZIARI

Allo stato attuale la Confederazione, desiderosa di sostenere lo sviluppo della geotermia profonda in Svizzera, offre una copertura del rischio per gli impianti geotermici destinati alla produzione di elettricità. Questa misura intende contribuire a stimolare gli investimenti a rischio e ad aumentare il numero di progetti validi.

La remunerazione a copertura dei costi per l'immissione in rete di energia elettrica (RIC) da fonti rinnovabili, ossia il prezzo corrispondente ai costi di produzione, costituisce un altro incentivo della Confederazione. Il fondo RIC è alimentato da un tributo che i consumatori di elettricità versano per l'utilizzo della rete. Per la corrente da fonte rinnovabile di origine geotermica, dal 1° gennaio 2014 e per 20 anni, l'importo della remunerazione è fissato a una tariffa di 40 centesimi per kWh per gli impianti con una potenza elettrica non superiore a 5 MW. Alcuni Cantoni erogano sovvenzioni nel quadro di progetti geotermici a minore profondità.

IL QUADRO LEGALE

Anche se la Costituzione federale stabilisce alcuni principi generali in materia di assetto del territorio e di protezione delle acque e dell'ambiente, secondo la legislazione attuale in Svizzera l'utilizzo del sottosuolo rientra nella sfera di responsabilità dei Cantoni.

In base alle legislazioni cantonali relative alla costruzione, è richiesta una semplice autorizzazione a costruire per installazioni poco profonde come le sonde geotermiche, l'utilizzo termico delle acque sotterranee, i collettori orizzontali, i canestri geotermici e i pali energetici. Queste installazioni, conformemente alla legislazione in materia della protezione delle acque sotterranee, necessitano di un'autorizzazione per le perforazioni e le prove di pompaggio nelle acque sotterranee. Inoltre l'utilizzo termico delle acque sotterranee può essere sottoposto a concessione.

La situazione legislativa per l'installazione di centrali geotermiche varia su base cantonale: alcuni Cantoni non hanno alcuna regolamentazione in merito, altri si basano sulla legge sulle miniere o su specifiche leggi cantonali sulle acque, la protezione delle acque e le risorse del sottosuolo. Oltre a queste disposizioni, il progetto deve tenere conto di numerose altre prescrizioni, che variano da un Cantone all'altro:

- autorizzazione per i prelievi d'acqua o per l'utilizzo della falda freatica,
- conformità dell'impianto previsto alla legge sulla protezione della natura e del paesaggio,
- rispetto del piano direttore cantonale in conformità alla legge sull'assetto del territorio,
- nota o studio dell'impatto sull'ambiente ai sensi della legge sulla protezione dell'ambiente,
- studio sui rischi sismici per la geotermia idrotermale profonda e per la geotermia petrotermale.

Ne risulta una mancanza di uniformità dei passi da compiere per la pianificazione e l'eventuale sfruttamento di impianti geotermici in Svizzera. Ora bisogna armonizzare le pratiche dei Cantoni e integrare il sottosuolo nei piani strutturali e nei piani direttori cantonali al fine di migliorare le condizioni quadro per gli investitori e gli sviluppatori di progetti.

UN'ENERGIA CON UN GRANDE FUTURO

L'USO DELL'ENERGIA GEOTERMICA DI BASSA E MEDIA PROFONDITÀ SI BASA SU TECNICHE CHE FUNZIONANO PERFETTAMENTE DA MOLTI ANNI. IN QUESTO AMBITO, LA RICERCA SI CONCENTRA PRINCIPALMENTE SULL'OTTIMIZZAZIONE DEGLI IMPIANTI GEOTERMICI IN TERMINI DI COSTO, DI QUALITÀ, DI EFFICIENZA ENERGETICA E DI IMPATTO AMBIENTALE. TUTTAVIA, LO SVILUPPO DI SISTEMI PETROTERMALI PER LA PRODUZIONE DI ELETTRICITÀ HA ANCORA BISOGNO DI BISOGNO DI IMPIANTI PILOTA.

I TEMI CHIAVE DELLA RICERCA

Le tre aree principali di ricerca a livello mondiale che hanno un forte potenziale di sviluppo sono le seguenti:

- **Redditività:** Aumento del rendimento grazie a tecnologie innovative per le pompe, i pozzi, gli scambiatori di calore; utilizzo del calore residuo; sistemi ibridi che combinano diverse risorse energetiche; tecniche di conversione dell'energia termica in energia elettrica.
- **Tecnologia legata agli impianti:** Sviluppo dei materiali per prevenire la corrosione: dei tubi nei pozzi, dei tubi di collegamento dei pozzi, dello scambiatore e dei giunti; chimica delle acque termali.
- **Sismicità:** Sviluppo di modelli numerici per simulare e prevedere i fenomeni che si verificano nel sottosuolo, come l'innesco di piccoli terremoti che possono essere percepiti dalla popolazione; monitoraggio sismico; nuovi protocolli di iniezione d'acqua per ridurre al minimo la magnitudo della sismicità indotta.

TRE IMPIANTI PILOTA IN EUROPA

Per quanto esistano già centinaia di impianti idrotermali nel Mondo, soltanto gli impianti pilota di tipo petrotermale permetteranno di acquisire le conoscenze sul sottosuolo e sui processi attivati in condizioni reali che sono necessarie per i progetti più complessi. Questo consentirà anche di sviluppare nuove tecnologie.

Dal 2017 esistono tre impianti pilota in Europa che utilizzano la tecnica petrotermale per produrre elettricità. Uno si trova a Soultz-sous-Forêts a nord di Strasburgo, in Alsazia, mentre gli altri due sono ubicati in Germania, nella Fossa Renana. Per il progetto europeo Soultz, che è stato avviato nel 1986 e al quale hanno partecipato per molti anni dei ricercatori svizzeri, sono stati realizzati quattro pozzi profondi da 3600 a 5000 m. Una circolazione d'acqua geotermale attivata tra i pozzi tramite un sistema di pompag-

gio permette di recuperare circa 30–40 litri di acqua al secondo a 165°C in fondo ai pozzi, cosa che offre una potenza elettrica di 1,5 MW. La centrale è stata costruita nel 2016.

La ricerca europea a Soultz-sous-Forêts ha permesso di trarre molti insegnamenti, soprattutto per quanto riguarda il controllo della sismicità indotta. Questo progetto pilota scientifico ha indicato la strada verso il concetto di EGS. Inoltre, beneficiando del successo di Soultz-sous-Forêts e approfittando delle anomalie termiche della regione, nel 2016 è stata inaugurata la prima produzione di calore geotermico per l'industria. Situata anch'essa in Alsazia, la centrale di Rittershoffen mira dunque a fornire calore allo stabilimento di Roquette, leader mondiale nella trasformazione dell'amido. Dopo la realizzazione del doublet geotermico a 2500 m di profondità, della stimolazione e dei test di produzione, la centrale è stata messa in esercizio con una potenza termica di 24 MW. La produzione annuale di energia è equivalente al riscaldamento di 12'000 alloggi.

FORMAZIONE, RICERCA E SVILUPPO IN SVIZZERA

In Svizzera, la ricerca sulla geotermia profonda necessita di un'offerta di programmi di formazione adeguati nelle scuole superiori. Attualmente l'Università di Neuchâtel e il Politecnico federale di Zurigo (ETH Zurigo) dispensano una formazione specifica in questo settore. Il Centro di Idrogeologia e geotermia (CHYN) dell'Università di Neuchâtel offre un master in idrogeologia e geotermia unico in Europa, oltre a una formazione continua in sistemi geotermici profondi. Ospita anche un laboratorio di geotermia che partecipa e accompagna numerosi progetti scientifici applicati.

Nel 2013, il Parlamento ha adottato il piano d'azione «Ricerca coordinata in campo energetico in Svizzera» che ha portato alla creazione di otto centri di competenza finanziati dal

Fondo Nazionale Svizzero e dalla Commissione per la tecnologia e l'innovazione (CTI).

Il Centro di Competenza SCCER-SoE (Supply of Electricity), ubicato presso il Politecnico federale di Zurigo, si occupa particolarmente della geotermia profonda e dello stoccaggio di CO₂. Il Centro raggruppa 25 soggetti fra cui vi sono alte scuole, istituti di ricerca, uffici e servizi federali, oltre a partner industriali, e integra tre livelli di ricerca per la geotermia:

- la simulazione numerica e lo sviluppo di tecnologie innovative concernenti le perforazioni, la cementazione dei pozzi, i sensori per pozzi e i materiali resistenti alla corrosione
- la validazione dei dati in laboratori sotterranei (e precisamente nel laboratorio del Grimsel)
- lo sviluppo di progetti pilota.

Parallelamente sono stati lanciati numerosi progetti di ricerca e sviluppo, come GEOSIM/prevenzione dei rischi sismici, GEOTHERM-2/ricerca sui processi nei serbatoi geotermici profondi in particolare sfruttando i dati del progetto EGS di Basilea, e

COTHERM/modellazione di sistemi geotermici che combinano idrogeologia, geochimica e geofisica. Il progetto pilota GEOBEST, condotto dal Servizio Sismico Svizzero (SED), affianca dei progetti di geotermia profonda con una rete di misura ultrasensibile, allo scopo di costruire modelli di previsione più precisi possibile per i terremoti indotti artificialmente.

Il sottosuolo profondo svizzero è poco conosciuto, sono stati intrapresi sforzi per migliorare le conoscenze delle strutture geologiche profonde. Il nuovo sistema di informazione di geotermia profonda ad accesso gratuito e illimitato di swisstopo rappresenta uno strumento di grande utilità per ogni responsabile di progetto, indipendentemente dalla portata del progetto stesso.

BASILEA E SAN GALLO: DUE PROGETTI RICCHI DI INSEGNAMENTI

Il progetto Deep Heat Mining di Basilea prevedeva la frantumazione delle rocce granitiche situate a 5000 m di profondità iniettando dell'acqua ad alta pressione in due pozzi profondi, al fine di creare uno scambiatore di calore sotterraneo in grado di produrre elettricità geotermica (geotermia petrotermale, vedi pagina 23). Il progetto è stato interrotto nel dicembre 2006 a seguito di terremoti che hanno raggiunto una magnitudo di 3,4 gradi sulla scala Richter, indotti dalla stimolazione della prima perforazione. Il progetto della centrale geotermica è stato poi abbandonato nel 2009 a causa del rischio sismico.

Il progetto di Basilea ha dimostrato la fattibilità della creazione di uno «scaldabagno sotterraneo» attraverso la stimolazione idraulica. In base ai dati e l'esperienza acquisita da questo progetto un nuovo concetto è stato sviluppato. Oggi si ritiene che l'applicazione di un sistema multifase per segmenti isolati (vede riquadro 23) possa limitare l'effetto sismico indotto.

Il progetto di San Gallo prevedeva un sistema idrotermale (vedi pagina 22) con due pozzi profondi più di 4000 m di profondità sotto la superficie, che dovevano fornire tra 60 e 80 GWh di energia per alimentare una rete di teleriscaldamento e produrre 7–10 GWh di energia elettrica. All'inizio del 2013 la perforazione è stata completata, poiché nella sua realizzazione ha incontrato pochissime difficoltà. A metà del 2013 sono stati eseguiti test idraulici e provvedimenti per la stimolazione chimica con lo scopo di aumentare e migliorare la produttività del pozzo. Dopo una fuoriuscita spontanea di gas naturale dal pozzo, e prima dei test di produzione programmati, è stata iniettata, come contromisura tecnica, una quantità non pianificata di acqua e fluido di perforazione nel pozzo con l'obiettivo di garantire la stabilità idraulica all'interno del foro e soddisfare tutti i requisiti di sicurezza applicabili. Il giorno successivo, questa operazione ha provocato una scossa di magnitudo 3,5 sulla scala Richter. Il progetto è stato bloccato e poi la situazione è stata studiata nel dettaglio. Poco dopo è seguito un test di produzione per gas e acqua. Il progetto di una centrale geotermica è stato abbandonato a metà del 2014 a causa di un tasso di produzione inferiore rispetto a quello stimato, dalla presenza di gas naturale che ostacolava lo sfruttamento del calore del geotermico e dal pericolo sismico che impediva ulteriori scavi.



Inaugurata a giugno 2016, la centrale di Rittershoffen in Alsazia (F) è la prima centrale di geotermia profonda al mondo per uso industriale che utilizza la tecnologia EGS. Fonte: Hansruedi Fisch, con autorizzazione di ECOGI

Sotto l'appoggio del Centro di valutazione delle scelte tecnologiche TA-SWISS, lo studio «Energy from the earth», pubblicato nel 2015, contiene i rapporti di lavoro dell'Istituto Paul Scherrer (PSI), del Politecnico federale di Zurigo (ETH), dell'Università di Scienze Applicate di Zurigo (ZHAW) e dell'Università di Stoccarda/Dialogik. Le analisi riguardano le condizioni quadro geologiche, gli aspetti tecnici, economici e ambientali della geotermia profonda, ma anche il quadro giuridico e la valutazione da parte della società di nuovi modi di produzione dell'energia.

La Svizzera partecipa a progetti di ricerca europei come GeORG, GeoMol e IMAGE. Acquisisce inoltre numerose conoscenze significative dal suo impegno attivo in numerosi programmi di ricerca europei e mondiali elaborati nel quadro delle seguenti iniziative:

- Consiglio europeo per l'energia geotermica (European Geothermal Energy Council - EGEC)
- Programma dell'Alleanza europea per la ricerca energetica sull'Energia Geotermica (European Energy Research Alliance/ Joint Programme on Geothermal Energy - EERA-JPGE)
- Progetto europeo «Geothermal ERA-NET»
- Programma di collaborazione tecnologica sull'Energia Geotermica dell'Agenzia internazionale dell'energia (IEA Geothermal)
- Partenariato internazionale per la tecnologia geotermica (IPGT – International Partnership for Geothermal Technology)
- Alleanza Globale Geotermica (Global Geothermal Alliance)

UN'ENERGIA DA VALORIZZARE SOTTO TUTTE LE SUE FORME

L'energia geotermica possiede delle caratteristiche uniche che ne fanno un'energia rinnovabile molto promettente nel nostro Paese:

- I suoi utilizzi sono molteplici e possono essere combinati tra loro secondo le tecniche impiegate e la natura della risorsa: riscaldamento individuale o in rete, acqua calda sanitaria, riscaldamento per agricoltura e industria, raffrescamento, stoccaggio geotermico, elettricità.
- Grazie al fatto di poter essere facilmente combinata con altre fonti energetiche (rinnovabili o meno), l'energia geotermica costituisce un pilastro fondamentale della transizione verso le energie pulite, qualunque sia la profondità dei pozzi.
- Soltanto la geotermia permette di stoccare l'energia prodotta e di renderla disponibile nel momento più propizio, che si tratti di riscaldamento o di raffrescamento, con una regolazione che può essere effettuata giorno per giorno. Questo permette inoltre di ricaricare il terreno di calore per mantenere l'equilibrio tra le energie attinte e le energie iniettate nel sottosuolo.

La geotermia è quindi sfruttabile praticamente ovunque e per ogni tipo di costruzione singola o in gruppo. Se l'energia prodotta è insufficiente, è sempre possibile modulare la soluzione accoppiandola ad altri vettori energetici.

Questa energia rinnovabile possiede un potenziale teorico immenso e il suo potenziale tecnico è ben lungi dall'essere pienamente sfruttato in Svizzera. Ad oggi la Svizzera ha la più alta densità al mondo di sonde geotermiche per km², che rappresentano l'80% del calore di origine geotermica nel nostro Paese. La geotermia cosiddetta poco profonda si è dunque ben affermata, anche se questa cifra deve essere relativizzata, poiché l'85% del calore che consumiamo proviene ancora da energia non rinnovabile.

Per quanto riguarda la geotermia di media profondità utilizzata per il riscaldamento e il raffrescamento di quartieri, ma anche per scopi agricoli e industriali, le tecniche sono ormai sperimentate. Ogni progetto contribuisce a fornire preziose informazioni sulla natura del sottosuolo, elemento indispensabile per lo sviluppo di questa fonte di energia.

Riguardo ai pozzi profondi, il ricorso alla geotermia idrotermale è fattibile soltanto in presenza di determinate condizioni geologiche. Con rocce cristalline poco permeabili, il potenziale più importante in Svizzera è offerto dallo sviluppo del sistema petrotermale destinato alla produzione di elettricità. Ma questo implica di eseguire perforazioni a più di 3000 m e di attuare una stimolazione della roccia per migliorare la qualità dei serbatoi. Questa tecnica è solo nelle sue fasi iniziali e presenta ancora delle problematiche tecnologiche, per cui sono necessari dei progetti pilota.

« L'energia geotermica, riconosciuta come una fonte di energia sostenibile, rispettosa dell'ambiente, locale e affidabile, in futuro costituirà un pilastro importante della fornitura di calore ed elettricità in Svizzera, in linea con la strategia energetica dalla Confederazione e le sfide legate al riscaldamento climatico. »

Willy Gehrler, Presidente di GEOTERMIA-SVIZZERA

INFORMAZIONI UTILI

SVIZZERA

www.bfe.admin.ch/geothermie	Ufficio federale dell'energia
www.svizzeraenergia.ch	Piattaforma di informazione e promozione dell'energia in Svizzera
www.seismo.ethz.ch/it/home	Servizio Sismico Svizzero (SED)
www.swisstopo.ch/geologie	Ufficio federale della topografia swisstopo
www.geologieportal.ch	Piattaforma d'informazione dell'ambiente geologico svizzero

EUROPA

www.egec.org	Consiglio europeo per l'energia geotermica
www.geodh.eu/geodh-map	Mappa dinamica della geotermia in Europa
www.ademe.fr	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (agenzia francese per l'ambiente e l'energia)
www.brgm.fr/activites/geothermie/geothermie	Servizio geologico nazionale francese, attività Geotermia
www.geothermie-perspectives.fr	Piattaforma informativa sulla geotermia in Francia
www.tiefegeothermie.de	Portale informativo tedesco sulla geotermia profonda

ASSOCIAZIONI

www.geothermie-schweiz.ch/?lang=it	GEOTERMIA-SVIZZERA
www.fws.ch/home_it	Associazione professionale svizzera delle pompe di calore APP
www.elettricità.ch	Associazione delle aziende elettriche svizzere
www.afpg.asso.fr	Associazione francese dei Professionisti della Geotermia
www.geothermie.de	Associazione per la geotermia in Germania
www.bdew.de	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (Associazione federale dell'industria dell'energia e dell'acqua)
www.dena.de	Deutsche Energie-Agentur (Agenzia tedesca per l'energia)
www.geothermal-energy.org	Associazione internazionale di geotermia
www.iea-gia.org	Associazione internazionale per l'energia – Geothermal Implementing Agreement

CENTRI DI RICERCA E DI COMPETENZE

www.sccer-soe.ch	Swiss Competence Center for Energy Research – Supply of Electricity
www.unine.ch/chyn	Centro di idrogeologia e geotermia, Università di Neuchâtel
www.ta-swiss.ch/it/	Centro di valutazione delle scelte tecnologiche
www.psi.ch	Istituto Paul Scherrer
www.geo-energie.ch	Geo-Energie Suisse SA – Centro di competenza svizzero per la geotermia di profondità per finalità elettriche e termiche

La pubblicazione è stata realizzata in collaborazione con Newcom Partners SA.

SvizzeraEnergia, Ufficio federale dell'energia UFE
Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen. Indirizzo postale: CH-3003 Berna
Infoline 0848 444 444, www.svizzeraenergia.ch/consulenza
energieschweiz@bfe.admin.ch, www.svizzeraenergia.ch

Ordinazione: www.pubblicazioni federali.admin.ch
Numero articolo 805.016.I



No. 01-17-992052 – www.myclimate.org
© myclimate – The Climate Protection Partnership

