

I campi geotermici

Cosa sono i campi geotermici

Le zone caratterizzate da un elevato e anomalo flusso di calore sono quelle dove è maggiore la liberazione di energia dal sottosuolo, tuttavia per poter utilizzare questa fonte energetica oltre alle rocce calde occorre un altro ingrediente fondamentale: l'**acqua**.

L'acqua, a contatto con le rocce calde nel sottosuolo, si riscalda e, se le condizioni di temperatura e pressione lo permettono, può anche passare allo stato di vapore. Per comprendere i fenomeni in queste zone anormalmente calde, occorre ricordare che la temperatura alla quale l'acqua si trasforma in vapore dipende dalla pressione: alla pressione di 1 atmosfera (atm), la temperatura di vaporizzazione, come ben sappiamo, è di 100° C, ma a 10 atm (corrispondenti alla pressione di una colonna di 100 m di acqua, o di circa 30 m di roccia), sale a 180° C. In questo modo, quindi, le pressioni elevate mantengono l'acqua allo stato liquido anche a temperature molto più elevate dei 100° C ai quali siamo abituati ad associare l'acqua che bolle nella pentola!

Le aree dove un elevato flusso di calore riscalda le acque sotterranee si dicono campi geotermici e in genere vengono distinti in sistemi geotermici ad alta e bassa temperatura (detti anche sistemi ad alta e bassa entalpia). Sono queste le aree dove è possibile, con opportune tecnologie, sfruttare l'energia naturale della Terra per produrre energia elettrica, per il riscaldamento domestico e per diversi altri usi industriali: un'energia disponibile gratuitamente e rinnovabile. Purtroppo, i campi geotermici in grado di produrre una buona quantità di energia non sono molti, nel mondo.

Com'è fatto un campo geotermico?

I sistemi geotermici somigliano un po', nella loro struttura, alle trappole per idrocarburi e anche le tecniche per individuarli, che si avvalgono di prospezioni geofisiche, sono molto simili a quelle utilizzate nella ricerca petrolifera. Un sistema geotermico è costituito da:

- una **fonte di calore** (per esempio, un magma in via di raffreddamento);
- un **acquifero**, cioè una formazione geologica permeabile, dove le acque si possano infiltrare e possano circolare liberamente attraverso pori o fratture;
- una **roccia impermeabile di copertura** che funga da "trappola" per le acque calde, impedendo loro di disperdersi in superficie e mantenendole sotto pressione.

Perché sia possibile uno sfruttamento duraturo di questa risorsa energetica è infine necessario che vi sia una costante ricarica di acque provenienti dalla superficie, in genere acque meteoriche, che possano "ricaricare" l'acquifero, integrando i quantitativi di acque prelevati dall'uomo: dove non è così, occorre reimmettere artificialmente i fluidi prelevati.

Sistemi ad alta temperatura

Nei sistemi geotermici ad alta temperatura, le acque circolanti nel sottosuolo hanno temperature elevate, in genere superiori ai 140 ° C. Le temperature possono essere anche altissime, come, per esempio, a Larderello (Toscana) (260° C), a Cerro Prieto (Messico) (388° C) o a S. Vito (Campi Flegrei, Campania) (400 °C): proprio qui è stata rilevata la più alta temperatura mai registrata in un sistema geotermico. In questi sistemi, il flusso di calore è 3-4 volte superiore al normale e si trovano in genere localizzati in corrispondenza di intrusioni magmatiche in via di raffreddamento, a profondità tra i 3 e i 15 km.

In questi sistemi vi può essere sia risalita di solo vapore "secco" e surriscaldato, in assenza di acqua in fase liquida (a costituire i cosiddetti "**sistemi a vapore dominante**"), sia risalita di acqua liquida mescolata a vapore ("**sistemi ad acqua dominante**"). Il vapore, prelevato attraverso pozzi e sistemi di tubazioni, viene utilizzato per mettere in movimento un sistema di turbine, che a loro volta producono energia elettrica. I sistemi a vapore dominante sono i più

produttivi, perchè nei sistemi a vapore umido la fase liquida deve essere separata ed eliminata e questo comporta un dispendio di energia.

I **sistemi a vapore secco** sono piuttosto rari e nel mondo se ne contano soltanto quattro: Larderello e M. Amiata (Italia), The Geysers (California), Matsukawa (Giappone) e Kawah Kamojang (Indonesia), mentre tra quelli a vapore umido i più importanti sono quelli di Wairakei (Nuova Zelanda) e Cerro Prieto (Messico).

La produzione di energia elettrica da campi geotermici è un'iniziativa italiana: ha avuto infatti inizio a Larderello nel 1904, seguita soltanto diversi anni più tardi dalle centrali di Wairakei (Nuova Zelanda) nel 1958 e The Geysers (California) nel 1960: l'Italia è stata un precursore nello sfruttamento dell'energia geotermica e anche oggi il nostro Paese figura tra i maggiori produttori mondiali.

Attualmente i maggiori produttori di energia elettrica geotermica sono, in ordine di produttività, gli USA, seguiti da Filippine, Messico, Italia, Giappone, Nuova Zelanda, Salvador, Kenya e Islanda. La scoperta di nuovi campi geotermici è un fatto eccezionale, tuttavia la ricerca in campo tecnologico permette un continuo incremento della produttività dei campi già esistenti.

Sistemi a bassa temperatura

Nei sistemi a bassa entalpia, con temperature inferiori ai 140° C, la produzione diretta di energia elettrica dal vapore non è in genere conveniente. Tuttavia, se le temperature sono superiori ai 90° C è possibile utilizzare i fluidi caldi per far vaporizzare un secondo fluido, a punto di ebollizione più basso (come freon, isobutano o cloruro di etile), ottenendo così vapore per la produzione indiretta di energia elettrica, anche se il rendimento di questo processo è piuttosto basso.

Le acque calde, però, si prestano ad una molteplicità di usi, con uno schema "a cascata", che utilizza dapprima i fluidi caldi per usi che richiedono temperature più elevate, e riutilizzandoli successivamente per usi che richiedono temperature meno elevate via via che il fluido si raffredda.

L'utilizzo primario è per il riscaldamento urbano, per il quale si possono impiegare acque con temperature comprese tra 130 e 50° C. Campi di acqua calda vengono utilizzati per il riscaldamento domestico in numerosissimi stati nel mondo, specialmente, in ordine di importanza, in Giappone, Cina, Ungheria, ex- URSS, Islanda, Polonia, Francia. I primi esperimenti di riscaldamento geotermico per usi domestici sono stati realizzati in Islanda nel 1930: in questo Paese, buona parte del riscaldamento delle abitazioni della capitale è alimentato proprio da campi geotermici a bassa energia. In Italia sono riscaldati, per esempio, gli alberghi della zona termale intorno ad Abano Terme (Colli Euganei, Veneto) e quasi tutti i comuni sede di impianti geotermoelettrici, in Toscana, dove esiste un sistema di teleriscaldamento per le abitazioni.

Una cascata di usi

Dopo essere stati impiegati per la produzione di energia elettrica e per il riscaldamento domestico, i fluidi geotermici possiedono ancora una certa quantità di calore che ne permette ancora diversi e svariati usi, alcuni dei quali molto particolari: a Sapporo (Giappone) e Klamath Falls (USA), per esempio, le acque calde vengono utilizzate per il riscaldamento antigelo delle strade nei mesi invernali. Diversi processi produttivi beneficiano dell'impiego di acque geotermiche. Per esempio, speciali sistemi di refrigerazione ad assorbimento con ammoniaca o bromuro di litio vengono impiegati per ottenere la refrigerazione e la climatizzazione estiva da acque calde, se le temperature sono di 80-120 °C. Tra gli usi produttivi, l'agricoltura e la zootecnia sono i settori dove l'impiego di energia geotermica è più vantaggioso ed immediato. Le acque calde vengono utilizzate per il riscaldamento diretto di serre: famose sono, per esempio, le serre di Piancastagnaio (M. Amiata, Toscana), o le coltivazioni di piante ornamentali dei Colli Euganei (Veneto). In Paesi a clima particolarmente rigido, come, per esempio, in Siberia, le acque vengono fatte circolare in un sistema di tubazioni a contatto con il suolo, nei cosiddetti "letti caldi", ottenendo il riscaldamento del suolo di coltura, cosa che rende possibile le coltivazioni anche in climi diversamente proibitivi per l'agricoltura. Il tepore prodotto dal contatto con acque calde viene sfruttato per tutti i processi agricoli e zootecnici che richiedono un ambiente tiepido, come, per esempio, la coltivazione di funghi, la piscicoltura, l'allevamento di animali e la schiusa di uova in allevamenti di pollame. Altri usi nel settore agro-

alimentare riguardano l'essiccazione di legname e pesce, la preparazione di cibi in scatola, la produzione e la stagionatura di prodotti caseari o la raffinazione dello zucchero, mentre usi più industriali riguardano la produzione di acqua pesante, la produzione di alluminio, i processi di produzione di cemento, la vulcanizzazione della gomma e moltissimi altri ancora. Le acque che circolano in profondità nel sottosuolo sono spesso ricche di sali e di minerali: questi possono rappresentare un problema, in termini di inquinamento, ma possono anche costituire un'importante risorsa, come per l'estrazione di zolfo, boro e metalli. Da non dimenticare sono gli usi balneoterapici. La pratica dei bagni termali è stata diffusa in Europa dai Romani, che l'hanno esportata in tutti i territori da loro conquistati, ma è diffusa da secoli anche in Asia: nel solo Giappone esistono più di 1600 centri termali, alcuni dei quali di origine antichissima. In Italia gli stabilimenti termali sono circa 170, sfruttati non solo per il calore delle acque, ma anche per gli effetti terapeutici dei minerali in esse disciolti. Gli effetti benefici di un bagno termale sono ben conosciuti anche dalla popolazione di macachi delle sorgenti di Nagano, in Giappone, che vi si immergono per riscaldarsi nei lunghi e freddi mesi invernali: le simpatiche immagini delle bestiole placidamente immerse nell'acqua calda, con la pelliccia coperta di fiocchi di neve e i musetti arrossati, hanno fatto il giro del mondo e ora i macachi di Nagano sono diventati una celebre attrazione turistica delle omonime terme, tanto che, con il tipico rispetto orientale, un'area delle terme è stata riservata appositamente per loro!

Sistemi di casa nostra

L'Italia, per la sua situazione geologica, è ricca di campi geotermici, sia ad alta che a bassa temperatura. Il "simbolo" e fiore all'occhiello dell'energia geotermica nel nostro Paese è sicuramente rappresentato dal campo termale di Larderello-Travale-Radicondoli, in Toscana. Qui, per la prima volta nel mondo, è stata realizzata la produzione di energia elettrica, ma lo sfruttamento dei "soffioni" risale già al Medioevo, per la produzione di zolfo e acido solforico, e, a partire dal 1780, per la produzione di acido borico. Se la risorsa è tutta italiana, si deve però ad un francese, il signor De Larderel (dal quale ha preso il nome la località), il primo utilizzo dell'energia termica per estrarre l'acido borico di cui i vapori dei soffioni sono ricchi. I primi esperimenti di produzione di energia elettrica avvennero nel 1904 e la prima centrale produttiva nacque nel 1913, con una potenza di 250 kW, ma fu soltanto dal 1930 che la produzione di energia elettrica divenne una parte importante dell'energia da risorse alternative e rinnovabili nel nostro Paese. Con una capacità attuale di 790 MW, esattamente 100 anni dopo i primi esperimenti, la geotermia italiana ha raggiunto la sua massima produttività nel 2011, quando sono stati prodotti 5300 GWh, al netto dei consumi degli ausiliari. La ricerca su questo campo non si è ancora fermata: attualmente si sta progettando di indagare a profondità superiori agli attuali campi in coltivazione con lo scopo di trovare fluidi supercritici. Il secondo campo geotermico "storico" italiano è localizzato non distante da Larderello, sul M. Amiata, dove viene prodotta energia elettrica da impianti di 120 MW. Oltre alla produzione di energia elettrica, gli impianti toscani forniscono acque per il riscaldamento domestico e di serre, per l'industria casearia e la piscicoltura e alimentano impianti per la produzione di CO₂ e acido borico. Recentemente sono stati scoperti altri campi interessanti in Lazio (Alfina e Cesano) e nell'area dei Campi Flegrei (Napoli), oltre che nell'area dei Colli Euganei (Veneto) e nel Ferrarese. Nel sottosuolo della Pianura Padana, a S. Donato Milanese (Lombardia), sono stati scoperti campi di acque calde a profondità tra i 1900 e i 2400 m, con temperature tra i 70 e gli 80 °C, e campi simili sono stati rilevati nel sottosuolo di Villaverla e Vicenza (Veneto) e Ferrara (Emilia Romagna). Proprio nel sottosuolo dell'area di Casaglia (Ferrara), dove sono stati scoperti acquiferi carbonatici a 1.200-2.000 m di profondità con temperature di 100 °C, è in corso di realizzazione uno dei più importanti progetti di teleriscaldamento geotermico a livello mondiale, che prevede il riscaldamento di decine di migliaia di abitazioni.

Energia pulita?

L'energia geotermica viene universalmente considerata un'energia pulita. La caratteristica che rende questa fonte rinnovabile preferibile alle altre, è la sua disponibilità costante. L'energia geotermica consente, infatti, di disporre di energia elettrica 24 ore su 24, 365 giorni l'anno. Nella sua condizione naturale il fluido geotermico si presenta nel serbatoio in forma di vapore, come avviene in Italia a Larderello, o in forma liquida come sul Monte Amiata. In entrambe

le situazioni uno strato di rocce impermeabili isola il serbatoio geotermico dalle acque di falda superficiali. Il vapore acqueo è in genere associato ad altri gas, come H₂S e CO₂ in misura variabile, e proprio la percentuale di questi gas cosiddetti incondensabili associata alla temperatura del fluido stesso determina poi la possibilità di reiniettare o meno tutto il fluido per alimentare nuovamente i serbatoi. Per estrarre questo fluido nel massimo rispetto e tutela delle falde superficiali, vengono effettuati pozzi con una struttura “a canocchiale rovesciato” che assicura l’assenza di contaminazioni da parte del fluido geotermico nel suo cammino per arrivare in superficie. In questo percorso, il fluido cambia stato trasformandosi parzialmente in vapore. Si ha così una miscela acqua vapore caratterizzata da una elevata temperatura e quindi da un alto contenuto energetico. Per fluidi di questo tipo, in ogni parte del mondo, viene utilizzato il ciclo ad ammissione diretta del vapore con torri di raffreddamento di tipo evaporativo.

Il fluido reperito dal pozzo viene convogliato verso la centrale grazie ad una rete di trasporto del fluido integrata, progettata e realizzata scegliendo percorsi che seguono la morfologia del terreno e della vegetazione, sfruttandone le discontinuità per un migliore inserimento. Inoltre, nei tratti a maggiore visibilità, vengono realizzate schermature vegetali per ridurre l’impatto visivo delle operazioni di estrazione e trasporto del fluido geotermico. Dai vapordotti, il fluido ad alta temperatura viene inviato direttamente alla turbina generando così l’energia elettrica. Il fluido viene quindi convogliato al condensatore dove il vapore torna allo stato liquido mentre il gas viene separato per essere successivamente trattato. Le centrali di nuova generazione, in Italia, sono dotate delle migliori tecnologie disponibili in campo ambientale. Il trattamento viene effettuato attraverso la tecnologia AMIS (Abbattitore Mercurio e Idrogeno Solforato-H₂S). Il processo consente di abbattere in altissima percentuale il mercurio e l’idrogeno solforato. L’acqua estratta dal condensatore viene avviata alla torre refrigerante ad “umido” dove per effetto evaporativo si raffredda. La parte che evapora nuovamente nel processo viene immessa in atmosfera mentre la parte liquida in esubero viene reiniettata nel serbatoio geotermico. Le torri di raffreddamento di nuova generazione sono progettate, negli impianti a tecnologia avanzata, con eliminatori ad altissima efficienza delle goccioline trascinate dall’atmosfera, il drift, e con ventilatori a bassa rumorosità; hanno inoltre dimensioni estremamente più contenute rispetto al passato e risultano molto più compatibili con il paesaggio circostante.

Energia per sempre?

L’energia della Terra è, almeno alla scala della vita umana, apparentemente inesauribile; tuttavia anche lo sfruttamento dei campi geotermici deve avvenire con un attento controllo e una gestione oculata delle risorse. I campi geotermici tendono progressivamente ad un naturale declino che può essere efficacemente contrastato attraverso la reiniezione studiata e mirata attraverso la conoscenza del serbatoio stesso. Una reiniezione non corretta porterebbe infatti ad un raffreddamento, che diminuisce la produttività e la capacità del serbatoio di rigenerarsi.

Nuove frontiere

Lo sviluppo tecnologico e la necessità di recuperare energia dal maggior numero possibile di fonti stanno contribuendo alla riscoperta dell’energia geotermica e ad un aumento dei suoi campi di utilizzo: del calore “pulito e a buon mercato fornito dal nostro pianeta, nulla viene sprecato!

Utilizzando sistemi di pompe di calore, che estraggono calore da un fluido impiegando modeste quantità di energia elettrica, calore che viene poi ceduto ad un serbatoio di calore, si possono utilizzare per il riscaldamento domestico acque con temperature molto basse, fino a 30-40° C. Le stesse acque sono utilizzabili anche direttamente con sistemi di riscaldamento a pannelli invece che a termosifoni.

Attualmente sono allo studio sistemi di sfruttamento dei cosiddetti campi di rocce calde secche. A profondità elevate (intorno ai 5.000 m), anche in condizioni di flussi di calore normali, la maggior parte delle rocce è sufficientemente calda da poter alimentare un sistema geotermico. Se il calore terrestre non manca mai, a volte, però, manca l’altro “ingrediente” fondamentale per l’utilizzo della risorsa geotermica: la circolazione dell’acqua in profondità. In questo caso, la natura deve essere “aiutata” a creare un serbatoio favorevole alla formazione di un sistema geotermico: acque fredde vengono immesse artificialmente in pozzi profondi, dopo aver provveduto alla fratturazione delle rocce circostanti per permettere all’acqua di infiltrarsi, in modo da ricreare un sistema acquifero simile ad un campo geotermico naturale, dal quale è possibile prelevare acque riscaldate. In alcune zone della Terra, come nel Golfo del Messico, sono stati scoperti

sistemi geotermici a 4.000 m di profondità, in cui acque calde sono mescolate a metano ad altissime pressioni: in questo caso, lo sfruttamento ricaverebbe non solo energia geotermica, ma anche una notevole quantità di idrocarburi. Anche le isole Hawaii, con il calore dei numerosi vulcani attivi, costituiscono un terreno di sperimentazione formidabile. Per esempio, si sta sperimentando la produzione di idrogeno da acque molto calde a contatto con magmi vulcanici, le cui temperature sono intorno ai 900-1.200° C. Quella che però rappresenta l'ultimissima frontiera in questo campo di ricerca è la possibilità di immettere rifiuti organici a contatto con i magmi caldi per produrre idrocarburi gassosi. L'uomo sarà davvero in grado di riprodurre i processi della Natura per creare energia?