

## Energia geotermica

### Introduzione

Il nostro Pianeta emette costantemente energia sotto forma di calore, che dalle zone più profonde si propaga verso la superficie: si tratta del cosiddetto flusso di calore, o flusso geotermico. Il calore del Sole riscalda la superficie terrestre con un flusso che è quasi 6.000 volte superiore a quello prodotto dall'interno della Terra. Tuttavia il flusso geotermico, costante e continuo, rappresenta un'importante fonte di energia: con una media di 0,06 watt per m<sup>2</sup>, dall'intera superficie terrestre si irradia una quantità di calore pari a circa 30.000 miliardi di watt.

L'utilizzo dell'energia geotermica per il riscaldamento domestico soffriva, fino a pochi anni fa, di due gravi limitazioni, che ne hanno impedito drasticamente la diffusione: era possibile solo con temperature relativamente alte (60 – 80°C) e soltanto nelle dirette vicinanze dei campi geotermici perchè non era possibile trasportare il calore troppo lontano dalla fonte, nè utilizzarlo a bassa temperatura.

I recenti sviluppi tecnologici permettono ora, attraverso l'uso di particolari apparecchiature, dette pompe di calore, di sfruttare il calore della Terra anche quando le temperature non sono particolarmente alte (12 – 14 °C). Questo ha determinato un nuovo importantissimo passo avanti del settore geotermico: con i nuovi sistemi, è possibile, in qualunque luogo della Terra, in qualunque condizione geologica o climatica, ricavare energia sufficiente per coprire i normali consumi per riscaldamento e acqua calda di una famiglia.

### Conoscere la geotermica

#### Che cos'è

Il nostro Pianeta emette costantemente energia sotto forma di calore, che dalle zone più profonde si propaga verso la superficie: si tratta del cosiddetto **flusso di calore, o flusso geotermico**.

Il calore del Sole riscalda la superficie terrestre con un flusso che è quasi 6.000 volte superiore a quello prodotto dall'interno della Terra, tuttavia il flusso geotermico, costante e continuo, rappresenta un'importante fonte di riscaldamento per il nostro Pianeta: con una media di 0,06 watt per m<sup>2</sup>, dall'intera superficie terrestre si irradia una quantità di calore pari a circa 30.000 miliardi di watt.

Che la Terra divenga più calda scendendo in profondità è un fenomeno ben noto ai minatori: in alcune miniere e gallerie profonde si raggiungono temperature al limite della sopravvivenza umana (non è così nelle grotte, dove la naturale circolazione dell'aria e dell'acqua abbassa notevolmente le temperature, tanto che l'aumento di temperatura con la profondità non è praticamente percepibile). Il calore della Terra è per la maggior parte dovuto alla liberazione di energia nei processi di **decadimento di isotopi radioattivi** di alcuni elementi come, per esempio, il potassio, il torio e l'uranio. A causa dei diversi spessori della crosta terrestre e delle diverse situazioni geologiche, che possono causare la risalita di materiali più caldi da zone profonde, il gradiente geotermico (cioè l'aumento di temperatura con la profondità) non è uguale in tutta la Terra: in media la temperatura aumenta di 2-3° C ogni 100 m di profondità, ma l'aumento può variare da 1 fino a 5° C/100 m.

Per misurare il gradiente geotermico si realizzano pozzi profondi almeno 300 m (in modo da non risentire delle variazioni giornaliere e annuali della temperatura dovute ad influenze climatiche), nei quali vengono calati appositi termometri che registrano le temperature a diverse profondità.

Il flusso di calore è maggiore nelle aree dove lo spessore della litosfera è ridotto, come, per esempio, lungo le dorsali oceaniche o nelle zone di rifting continentale, oppure in aree vulcaniche, dove diversi processi geologici portano alla fusione delle rocce, o in aree dove siano presenti magmi in lento raffreddamento nel sottosuolo.

## Indagine del sottosuolo

Per trovare le aree più adatte allo sfruttamento delle risorse geotermiche, si fa uso di indagini che vengono condotte sia in superficie sia nel sottosuolo; con essa si cerca di capire quali siano le caratteristiche geologiche, idrogeologiche, termiche e la capacità produttiva del sistema geotermico.

Tra le indagini di superficie sono previste: l'esame delle condizioni termiche del sottosuolo e la localizzazione di possibili serbatoi. Innanzi tutto, si misura il **gradiente geotermico** in vari punti dell'area e si cercano manifestazioni evidenti come fumarole e sorgenti termali. A questo proposito, possono diventare preziosi anche i dati forniti dalle analisi chimiche di acque e gas.

La localizzazione di un serbatoio è la parte più complessa dell'esplorazione in quanto richiede d'integrare anche i risultati di tutte le indagini geologiche, vulcanologiche, geochimiche e geofisiche realizzate in precedenza.

L'indagine del sottosuolo viene condotta, poi, realizzando un pozzo che permette finalmente di verificare sul campo le ipotesi formulate precedentemente.

## Dove si trova

Facendo riferimento alla teoria della "**tettonica a zolle**" (secondo cui la crosta terrestre si divide in una ventina di macro-aree, dette appunto "zolle", che ogni anno si spostano mediamente di una misura che va da zero a 18 centimetri) le aree geotermiche più calde del globo, si trovano, generalmente, lungo i margini di rottura o di collisione delle zolle.

La rottura di una zolla determina lunghe fessure nella crosta terrestre, da cui il magma sale in superficie (il Rift islandese, il Sistema Mar Rosso/Rift Valley, il Lago Baikal).

La collisione di due zolle provoca la compressione e il corrugamento dei margini: nel caso di zolle oceaniche, si formano archi insulari come le Antille o l'arcipelago Giapponese; nel caso di una zolla oceanica e una continentale, si formano cordigliere continentali come le Ande.

Se le zolle sono entrambe continentali, il corrugamento dei margini porta alla formazione di catene montuose come le Alpi e l'Himalaya.

Importanti aree geotermiche sono anche i "**punti caldi**" come le Hawaii, le Galapagos, le Canarie e il cosiddetto "bombamento etrusco", tra la Toscana e l'Alto Lazio.

Nelle zolle continentali, invece, sono racchiusi grandi bacini sedimentari con risorse geotermiche a bassa temperatura come quelli di Francia, Ungheria e Cina.

L'Italia è il Paese "geotermicamente" più caldo d'Europa, anche se, finora, lo sfruttamento delle sue risorse geotermiche si è sviluppato solo nell'area centro-settentrionale.

## Dove si produce

La Toscana, ma anche il Lazio settentrionale, sono noti per la produzione di energia geotermoelettrica, e ospitano le serre geotermiche più grandi d'Italia (e d'Europa), localizzate nei pressi di Piancastagnaio, sulle pendici del Monte Amiata, e a Civitavecchia.

La centrale più grande è "*The Geysers*", che si trova circa 140 chilometri a Nord di San Francisco in California (Usa) con una potenza totale di 750 megawatt.

A Orbetello è stato realizzato un importante centro di acquacoltura: l'acqua di mare, miscelata con acqua a 17-25 gradi centigradi, crea un ambiente ottimale per l'allevamento di branzini e pagelli.

Tra gli usi diretti del calore, l'esempio più importante a livello europeo è il sistema di riscaldamento urbano della città di Ferrara. Si tratta di un impianto di teleriscaldamento che serve 14.000 appartamenti con l'utilizzo di acqua calda a 102 gradi centigradi rinvenuta a 4 km dalla città in un pozzo a 1.300 metri di profondità perforato a suo tempo per la ricerca petrolifera. Estrahendo 250 metri cubi all'ora di acqua, si risparmiano circa 12.000 tonnellate equivalenti di petrolio all'anno; l'acqua viene poi reiniettata in profondità. Oltre al risparmio di combustibile fossile, sono ben avvertibili i benefici del teleriscaldamento per il minore inquinamento dell'aria, vantaggio notevole in città.

Nella zona dei Colli Euganei (Abano Terme, Montegrotto, ecc.) e in misura minore a Bormio, presso il confine svizzero,

l'acqua calda è sfruttata in impianti termali, oltre che per il riscaldamento di edifici.

Secondo un recente studio si calcola che solo con i sistemi geotermici "a vapore dominante" presenti in Toscana e Lazio si potrebbero produrre oltre 5 mila miliardi di chilowattora, una quantità sufficiente per il fabbisogno nazionale di elettricità per 70 anni, mentre lo sfruttamento dei sistemi geotermici "ad acqua dominante" porterebbe ad una produzione di energia elettrica incalcolabile.

## Un po' di storia

L'utilizzo delle acque geotermiche è antichissimo e risale probabilmente al Paleolitico superiore. Tuttavia, il suo sviluppo in chiave più specificamente sanitaria ha avuto origine in Giappone e in Italia circa 2000 anni fa. Ma, mentre in Giappone si è limitato entro i confini nazionali, dall'Italia i Romani lo hanno diffuso in tutte le regioni dell'Impero (Ungheria, Germania, Francia, Spagna, Gran Bretagna, Turchia e Paesi Arabi).

Solo a partire dal Rinascimento, però, il **termalismo** viene trattato in maniera scientifica, con la stampa del *De Thermis*, scritto da Andrea Bacci (Venezia, 1571). Da questo momento, tra il diciassettesimo e il diciottesimo secolo, si costruiscono in Europa numerosi stabilimenti termali, con la funzione di centri terapeutici per la cura del corpo e dello "spirito". Oltre all'Italia, il paese più rinomato d'Europa per le terme, grazie ai suoi 170 centri, vanno ricordate anche l'Ungheria con Budapest (forte di una tradizione risalente ai romani) e l'Islanda.

Gli **usi energetici** dei fluidi geotermici si svilupparono più tardi di quelli termali.

Il primo impianto industriale per la produzione di energia fu costruito in Toscana nel 1827. A quell'epoca, *Francesco Larderel*, proprietario di un impianto che produceva acido borico estraendolo dalle acque circolanti nel sottosuolo della zona, ebbe una brillante idea. Invece di far evaporare le acque boriche bruciando la legna dei boschi vicini, pensò di sfruttare il calore naturalmente contenuto in queste acque. L'idea ebbe successo e, fino al 1875, l'industria chimica di Larderello fu la più importante del mondo nel settore dei prodotti borici. Sempre a Larderello, nel 1904 furono accese le prime lampadine con l'energia geotermica e nel 1913 fu costruito il primo impianto industriale per la produzione di elettricità di origine geotermica, con una potenza di 250 kW. Da allora l'Italia è sempre stata leader nella produzione di energia geotermoelettrica, accumulando nel tempo un patrimonio di esperienze unico al mondo.

A partire dagli anni '20, l'attività geotermica si diffuse anche in Giappone, Islanda e Ungheria e poi, dagli anni '50, nel resto del mondo.

## 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, perché 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" è

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 CO<sub>2</sub> 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 H<sub>2</sub>S e CO<sub>2</sub> 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 cannocchiale 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-H<sub>2</sub>S). 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?

## **Impianti geotermici**

### **Le centrali geotermoelettriche**

Le centrali geotermoelettriche possono essere di diversi tipi: "a contropressione" se il vapore, dopo essere stato sfruttato, viene liberato in atmosfera; "a condensazione", se il vapore già utilizzato, viene condensato e nuovamente iniettato nel sottosuolo, attraverso un apposito pozzo. Le centrali "a flash" vengono installate con fluidi "ad acqua dominante" e sono dotate di un separatore che separa il vapore da avviare alla turbina, dall'acqua che viene poi eliminata.

Le centrali geotermiche sono centrali in grado di sfruttare il calore geotermico. Il flusso di vapore proveniente dal sottosuolo, liberamente oppure canalizzato tramite perforazione geologica in profondità, produce una forza tale da far muovere una turbina; l'energia meccanica della turbina viene trasformata in elettricità tramite un alternatore. Nei sistemi geotermici a vapore dominante, l'energia geotermica può essere utilizzata per produrre energia elettrica, inviando il

vapore, attraverso dei vapordotti, a una turbina collegata a un generatore di corrente. Se il fluido non raggiunge una temperatura sufficientemente elevata, l'acqua calda potrà essere utilizzata per la produzione di calore per esempio in impianti di teleriscaldamento. Oltre alla tecnologia a vapore diretto "Direct Steam", ne esiste un'altra detta impianto binario "Binary Cycle" nella quale il calore del fluido geotermico viene scambiato con un altro fluido che attiva le turbine. L'impianto binario è una scelta tecnicamente idonea quando il valore energetico del fluido è basso (temperature inferiori a 180°C), mentre il "direct steam" risulta la scelta più efficace in presenza di una temperatura maggiore del fluido geotermico.

A parità di caratteristiche del fluido, l'impianto "Direct Steam" offre vantaggi significativi: l'impatto ambientale è ridotto, grazie alla minore quantità di fluido necessario per produrre la stessa quantità di energia (quindi meno pozzi da perforare e meno tubazioni da costruire), la struttura è più compatta e quindi occupa meno territorio, ed è meno rumoroso rispetto alla tecnologia a ciclo binario per il ridotto numero di torri refrigeranti e dei relativi ventilatori. Entrambe le tecnologie non presentano, infine, significative differenze nelle emissioni in atmosfera in quanto, anche nel ciclo binario, i gas separati dalla fase liquida vengono trattati.

## Impianti di climatizzazione

Attraverso l'energia geotermica possono anche essere climatizzate le nostre case. Vengono infatti realizzati impianti geotermici per piccoli edifici, medie e grandi costruzioni. Si realizza un pozzo di calore perforando il terreno attraverso un apposito scalpello ed usando dei tubi di rivestimento man mano che si procede in profondità per evitare che il terreno frani alle spalle dello scalpello (il tutto può essere realizzato anche nello spazio molto contenuto di un giardino o di un cortiletto). Il pozzo di calore può essere realizzato in qualunque zona, in ogni tipo di terreno ed indipendentemente dall'altezza della falda. Terminata la perforazione e raggiunta la profondità finale, si introducono nel foro gli scambiatori di calore che vengono collegati a un collettore esterno che bilancia il flusso di calore proveniente dal terreno e lo convoglia alla pompa di calore all'interno del fabbricato. Successivamente il foro viene riempito con una miscela di cemento e bentonite per evitare ogni inquinamento.

In inverno lo scambiatore di calore permette di prelevare il calore gratuito dal sottosuolo che viene reso utilizzabile, attraverso la pompa di calore, per il riscaldamento degli ambienti domestici (anche l'acqua calda sanitaria viene prodotta convenientemente sempre estraendo calore dal sottosuolo). In estate il calore in eccesso presente nella casa viene eliminato trasportandolo nel sottosuolo attraverso lo scambiatore di calore (la climatizzazione estiva è particolarmente conveniente rispetto al consumo elettrico dei condizionatori).

## Geotermia per abitazioni

### Novità per le abitazioni

Una fonte di energia praticamente inesauribile, che riscaldi le nostre case a bassissimo costo e in modo pulito e rispettoso dell'ambiente: questo è il sogno di milioni di famiglie in tutto il mondo... compresa sicuramente anche la nostra! L'energia geotermica sembra rispondere a tutti questi requisiti e, fin dagli albori della civiltà, l'uomo ha imparato a utilizzare il calore interno della Terra, dapprima godendosi il piacere di bagni termali in acque naturalmente calde, poi, agli inizi del '900, imparando a utilizzarla per la produzione di energia elettrica (in Italia ne sono stati prodotti 5.654 GWh nel 2011), e poi (con il primo impianto di teleriscaldamento entrato in funzione in Islanda nel 1925) anche a riscaldare le case di intere città. Tuttavia, l'utilizzo dell'energia geotermica per il riscaldamento domestico soffriva, fino a pochi anni fa, di due gravi limitazioni, che ne hanno impedito drasticamente la diffusione: era possibile solo con temperature relativamente alte (60 - 80°C) e soltanto nelle dirette vicinanze dei campi geotermici; si trattava, quindi, di un uso diretto del calore endogeno: non era possibile trasportare il calore troppo lontano dalla fonte, nè utilizzarlo a bassa temperatura (o, come si dice più correttamente, a "bassa entalpia"). I recenti sviluppi tecnologici ora permettono, attraverso l'uso di particolari apparecchiature, dette pompe di calore, di sfruttare il calore della Terra anche quando le temperature non sono particolarmente alte (12 - 14 °C). Questo ha determinato un nuovo, importantissimo passo avanti del settore geotermico: con i nuovi sistemi, è possibile, in qualunque luogo della Terra, in qualunque condizione geologica o



climatica, ricavare energia sufficiente per far fronte ai normali consumi per riscaldamento e acqua calda di una famiglia. Le possibilità energetiche di questa nuova tecnologia sono enormi e potenzialmente senza limite.

## Energia dalla Terra

La Terra possiede una sua energia interna, responsabile della dinamica del nostro pianeta, di cui l'attività vulcanica è la manifestazione più appariscente, ma che si trasmette anche, ininterrottamente e silenziosamente, verso la superficie sotto forma di **calore**: questo avviene in qualunque punto della Terra, anche in zone apparentemente prive di attività vulcanica o geologica. Mano a mano che si scende in profondità nel sottosuolo, le temperature delle rocce aumentano, con un **gradiente** che in media è **1°C ogni 33 m di profondità**, anche se esistono zone particolarmente attive, dove gli aumenti sono molto più consistenti (per esempio, nelle zone vulcaniche): queste zone particolari, i cosiddetti **campi geotermici**, permettono di sfruttare l'energia profonda della Terra per la produzione di energia elettrica. Questo, però, necessita di temperature molto alte, per cui è possibile solo in alcuni campi, detti ad **alta entalpia** (o ad **alta temperatura**). Il calore interno della Terra può essere sfruttato anche quando le temperature non sono molto elevate, non per la produzione di energia elettrica, ma per ricavarne calore per il riscaldamento domestico o per altri usi industriali. Se alla "cattura" del calore endogeno si associano dispositivi particolari, quali le pompe di calore, diviene possibile un utilizzo "indiretto" dell'energia termica della Terra, in grado di sfruttare anche temperature molto più basse della geotermia "diretta": ne deriva quindi la possibilità di una maggiore diffusione di questo impiego dell'energia geotermica, anche in aree prive delle particolari condizioni geologiche dei campi geotermici.

## Il contributo del Sole

Il sottosuolo non riceve energia solo dal profondo del pianeta. L'energia del Sole riscalda la superficie terrestre e circa il 47% viene direttamente assorbita dal suolo: le temperature nei primi metri del sottosuolo subiscono quindi delle variazioni giornaliere e stagionali, in funzione dell'irraggiamento ricevuto. Queste variazioni sono più sensibili nei primi decimetri, o metri, poi si affievoliscono fino a che, al di sotto dei 20 m circa, le temperature non risentono più delle temperature esterne, ma solo del gradiente geotermico.

La possibilità di utilizzare quantità anche minime di energia termica permette di ricavare calore anche da questo strato più superficiale: in questo caso, si sfrutta non tanto il calore interno del pianeta, ma l'energia indirettamente fornita dal Sole (quindi, in questo caso, il termine "geotermia" è utilizzato impropriamente, ma, trattandosi della medesima tecnologia, di solito anche questo settore di utilizzo viene fatto rientrare tra le fonti geotermiche).

## Come funziona

Pur contenendo elementi di altissima tecnologia e altissimo rendimento, un impianto di geotermia domestica è molto semplice ed è composto da tre elementi principali:

- i sensori o sonde geotermiche: sono delle semplici tubature inserite nel terreno con il compito di assorbire il calore del sottosuolo; perchè lo scambio di calore con il terreno sia più efficace, sono riempite di un fluido detto "termovettore", ad elevata conducibilità termica;
- la pompa di calore, o termopompa: è il "cuore" del sistema, in pratica un generatore che utilizza il calore estratto dalle sonde per renderlo sfruttabile dall'impianto di distribuzione;
- il sistema interno di distribuzione del calore: è il normale impianto di distribuzione del riscaldamento presente in tutte le abitazioni; tuttavia, perchè il sistema possa sfruttare al massimo l'energia geotermica, riducendo al minimo gli apporti di energia elettrica dall'esterno, è consigliabile che sia del tipo a bassa temperatura (35° C), per esempio, a pannelli radianti, invece dei normali termosifoni, che utilizzano acqua ad alta temperatura (60-70°C). Lo stesso impianto può essere utilizzato per la refrigerazione durante l'estate, semplicemente invertendo il funzionamento della pompa di calore. In aggiunta, è presente un serbatoio per l'accumulo dell'acqua calda (molto simile a quello di un normale "boiler").

## Due fonti distinte

La geotermia a bassa entalpia sfrutta quindi due fasce ben distinte del sottosuolo:

- la prima fascia va dai 50 - 150 m fino ai 350 m circa di profondità, dove viene sfruttato il calore geotermico profondo, che proviene dall'interno della Terra: qui le temperature sono costanti tutto l'anno e simili in tutto il mondo, per effetto del gradiente geotermico regionale (in media di circa 12°C a 100 m di profondità, tra i 14 e i 20°C tra i 150 e i 300 m, al di fuori, ovviamente, dei campi geotermici, dove i valori sono molto più elevati);
- la seconda fascia, invece, è molto superficiale, da pochi metri a 50 - 60 cm (appena al di sotto dello strato di suolo che in inverno può gelare) e sfrutta il calore accumulato dal suolo per effetto dell'irraggiamento solare nei mesi più caldi e l'inerzia termica del terreno nel restituire l'energia ricevuta: il suolo in inverno rilascerà lentamente il calore accumulato nei mesi estivi e sarà quindi più caldo della superficie, mentre sarà più fresco in estate.

## Energia "domestica"

La geotermia "classica" utilizza il calore diretto della Terra, con l'uso di acque calde prelevate dal sottosuolo e distribuite poi nelle abitazioni o negli impianti industriali. Ora l'uso di dispositivi particolari, le pompe di calore, permette un utilizzo molto più diffuso e indipendente dalle condizioni eccezionali di un campo geotermico. Si tratta di sistemi di dimensioni contenute, che permettono, per la loro natura costruttiva, di soddisfare le piccole utenze domestiche per quanto riguarda la climatizzazione delle abitazioni, e per questo si parla ora di "geotermia domestica".

La geotermia domestica cattura il calore naturale del sottosuolo per mezzo di speciali sonde inserite a varie profondità, e utilizza pompe di calore per "moltiplicare" l'energia termica (con una piccola aggiunta di energia elettrica) e distribuirla poi all'interno delle abitazioni per il riscaldamento invernale, la climatizzazione estiva e la produzione di acqua calda sanitaria.

## Che cos'è una pompa di calore

Una pompa di calore è un dispositivo che permette di **scambiare calore** tra una fonte di energia (per esempio, il terreno, ma anche l'aria dell'atmosfera o l'acqua di una falda freatica) e un ambiente a temperatura diversa.

Il suo funzionamento è molto simile a quello di un frigorifero, e può funzionare nei due sensi (per il riscaldamento invernale o per la refrigerazione estiva).

Una pompa di calore assorbe calore dal **fluido "vettore"**, che proviene dalle sonde, facendolo evaporare in un evaporatore, poi ne innalza la temperatura attraverso il compressore e cede calore all'ambiente circostante attraverso un condensatore, collegato poi all'impianto di distribuzione che porta il calore in tutta l'abitazione. In un impianto geotermico domestico, la pompa di calore è in grado di portare la temperatura dell'acqua dagli 8 - 12° C del fluido vettore ai circa 35 - 40°C dell'acqua che circola nei pannelli radianti dell'impianto di distribuzione, ma l'acqua può essere portata anche a temperature molto superiori (circa 70°C) se l'impianto è di tipo a termosifoni. In estate, invece, la temperatura dell'acqua di climatizzazione può essere fino a 8 - 10 °C più bassa di quella ambiente.

Durante questo processo, la pompa di calore consuma energia elettrica, ma le moderne pompe di calore sono sistemi estremamente efficienti e ad altissimo rendimento, in grado di produrre molta più energia (termica) di quella (elettrica) consumata. Il rendimento di una pompa di calore è indicato dal "COP", il **coefficiente di prestazione**, vale a dire il rapporto tra energia prodotta e energia consumata. Nelle moderne pompe il COP è circa 4 o 5: questo significa che l'impiego di 1 kW di energia elettrica permette di ottenere dai 4 ai 5 kW di energia termica.

Il rendimento di una pompa di calore è inversamente proporzionale alla differenza di temperatura tra sorgente di energia (in questo caso il sottosuolo) e ambiente da scaldare (o refrigerare): tanto più è grande la differenza di temperatura, tanto minore sarà il rendimento della pompa e quindi tanto maggiore sarà il consumo di energia elettrica. Per questo motivo si preferisce l'uso di pannelli radianti (a pavimento o nelle pareti) a bassa temperatura invece dei termosifoni e sempre per questo le pompe di calore geotermiche sono più efficienti di quelle che usano come fonte di calore l'aria atmosferica (che è molto più fredda del sottosuolo: se la temperatura dell'aria è inferiore ai - 5 °C, le pompe di calore ad

aria non funzionano).

Una pompa di calore per un'abitazione di circa 100 m<sup>2</sup> è grande più o meno come un frigorifero, ed altrettanto rumorosa, non produce fumi o gas di scarico, non brucia ossigeno dall'aria (a differenza dei normali bruciatori delle caldaie) e può quindi essere installata in tutta sicurezza anche all'interno delle abitazioni. La durata di una pompa di calore è di circa 15 anni, come una normale caldaia.

## Diversi tipi di sonde

Per "catturare" il calore del sottosuolo, si utilizzano due tipologie di sonde, in funzione della profondità di installazione. Per utilizzare l'energia geotermica vera e propria, si realizzano le cosiddette "**sonde verticali**". Si tratta, molto semplicemente, di una coppia di tubi ad U, del diametro di 10 - 18 cm, che vengono calati in pozzi di profondità variabile tra i 50 e i 350 m: la profondità ottimale per un'abitazione di circa 100 m<sup>2</sup> è di circa 70- 100 m; se il volume da riscaldare è maggiore, si può scendere fino a profondità di 300 - 350 m, ma non di più, perchè perforazioni più profonde avrebbero costi decisamente poco competitivi.

I tubi sono realizzati in polietilene, un materiale inerte rispetto alla composizione chimica del suolo, che non va incontro a corrosione e che garantisce una buona conducibilità termica. Lo spazio vuoto tra i tubi e le pareti del pozzo viene riempito di bentonite, uno speciale cemento che garantisce un buon contatto termico tra la sonda e il terreno. I tubi sono poi riempiti di una miscela di acqua addizionata con il 15-20% di un fluido "termovettore", di composizione simile all'antigelo delle auto, che è in grado di assorbire il calore del terreno in misura maggiore della sola acqua. I tubi vanno direttamente alla pompa di calore, con un circuito sigillato che garantisce l'assenza di perdite: nessun inquinamento, quindi, e risparmio di acqua, che viene continuamente rimessa in circolo senza bisogno di aggiunte. Per il fluido vettore si utilizzano sostanze atossiche e non dannose per l'ozono atmosferico (i cosiddetti composti "ozone friendly", privi di CFC), per cui anche lo smaltimento al termine della vita dell'impianto non crea problemi all'ambiente.

Un impianto geotermico domestico viene installato in 3 - 4 giorni, il tempo necessario per eseguire le perforazioni dei pozzi per le sonde e raccordare il sistema all'impianto di distribuzione di casa. La durata delle sonde è di circa 50 - 100 anni e l'impianto praticamente non necessita di manutenzione.

Per utilizzare invece l'energia assorbita dal terreno dall'irraggiamento solare, si utilizzano i cosiddetti "**sensori orizzontali**". Il principio è lo stesso delle sonde verticali, ma invece di scendere in profondità con un pozzo, si stende una serpentina di tubi (di rame o polietilene) interrati ad una profondità di circa 60 cm (al di sotto dello strato più superficiale del suolo, che potrebbe gelare durante l'inverno), oppure una batteria di piccole sonde (chiamate "pali energetici") profondi un paio di metri. Per un'abitazione di 100 m<sup>2</sup>, sono necessari circa 120 - 150 m<sup>2</sup> di superficie di captazione a contatto con il suolo: è quindi una soluzione economica e facile da installare se si possiede un piccolo giardino sotto al quale interrare i sensori.

Le uniche limitazioni all'uso del giardino in presenza di un impianto a sensori orizzontali sono che la superficie al di sopra delle sonde non deve essere coperta da pavimentazione o asfalto, e che non si possono piantare alberi di alto fusto, le cui radici potrebbero danneggiare i sensori: per il resto, il giardino o l'orto possono essere coltivati e utilizzati come al solito.

Anche in questo caso, il circuito che porta il fluido (di solito acqua con glicolo) alla pompa è chiuso, e quindi non vi sono problemi di emissioni di fumi e odori: anche questo è un sistema pulito e rispettoso dell'ambiente.

In presenza di acque di falda, sono possibili anche i cosiddetti "**pozzi a captazione**", che utilizzano direttamente l'acqua della falda acquifera, che viene estratta e poi reimpressa nel terreno: in questo caso l'acqua funge sia da fonte di energia che da fluido vettore. E' un sistema molto efficace, ma più costoso, e non sempre è possibile realizzarlo, soprattutto in presenza di falde acquifere utilizzate a scopo potabile.

Un sistema analogo può essere realizzato scambiando calore con le acque di un lago o di uno stagno in prossimità dell'abitazione: un sistema di questo tipo è stato realizzato per climatizzare il Palazzo delle Nazioni Unite a Ginevra, utilizzando le acque del Lago Lemano.

## Diffusione

Le installazioni di geotermia domestica sono in grado di sostituire completamente l'impianto tradizionale a combustione, con una soluzione autonoma e non solo integrativa (come invece accade per i pannelli solari, che non permettono la completa autonomia a causa della variabilità dell'energia fornita). Sono impianti particolarmente adatti a soddisfare le richieste di piccole abitazioni, villette isolate o piccoli gruppi di case, ma anche scuole, sale comunali, palestre, piscine. Per questo in moltissimi Paesi molte famiglie decidono di adottare, sempre più spesso, questo tipo di energia alternativa per il riscaldamento. Ma questo sistema non viene utilizzato solo per abitazioni: negli ultimi anni, si sta assistendo ad un vero e proprio boom delle pompe di calore geotermiche anche per **serricoltura, itticultura e balneologia** (riscaldamento per terme e piscine) e in molti Paesi del Nord anche per riscaldare i marciapiedi e le strade e mantenerli liberi dal ghiaccio durante l'inverno.

Lo stesso impianto che garantisce il riscaldamento in inverno fornisce climatizzazione in estate e la produzione costante di acqua calda, con una produzione di energia termica che non varia nel corso dell'anno.

Nel nostro Paese, la geotermia domestica sta iniziando solo ora a prendere piede, ma in moltissimi Paesi è già una tradizione consolidata. I Paesi leader nel settore con la maggior capacità elettrica installata, sono gli USA (con 3.093 Mwe), le Filippine (con 1.904 MWe), Indonesia (1.197MWe), Messico (958 Mwe) e l'Italia (843 Mwe). Si prevede che in futuro un numero sempre crescente di nuove abitazioni verrà progettato per l'utilizzo della geotermia domestica per la climatizzazione degli edifici: questo sistema permette, infatti, ai proprietari un grande risparmio in termini di bolletta del riscaldamento invernale, garantisce acqua calda e casa fresca quasi gratuite in estate, e rappresenta un grande risparmio "globale" anche per l'ambiente, in termini di minor consumo di combustibili fossili e conseguente riduzione delle emissioni di gas serra.

## Costi e risparmi

Grazie all'utilizzo di dispositivi tecnologicamente molto avanzati, il rendimento di un impianto di geotermia domestica è molto alto: con un riscaldamento a pannelli radianti (il più redditizio con questa forma di energia), i risparmi sui costi di riscaldamento sono per lo meno del 60% rispetto ai tradizionali sistemi di riscaldamento a metano, e possono arrivare fino all'80% rispetto a sistemi a gasolio o GPL. Per dare un'idea del risparmio possibile, basta osservare che il riscaldamento per un anno costa, per ogni m<sup>2</sup> di superficie da riscaldare dai 4,6 ai 7 € per un impianto geotermico, dai 9 ai 13,7 € per un impianto a metano, e dai 14 ai 21,7 € per un impianto a GPL.

La produzione di acqua calda permette di risparmiare circa il 30% durante l'inverno, mentre durante l'estate la produzione è gratuita, in quanto l'acqua viene riscaldata (a circa 60 – 70°C) utilizzando il calore sottratto all'aria per la climatizzazione.

Per un'abitazione di 100 m<sup>2</sup>, il costo dell'impianto è di circa 10.000 - 25.000 €, a seconda delle condizioni geologiche e del tipo di impianto (a sonde verticali il costo è più elevato), quindi del tutto paragonabile a quello di un impianto tradizionale a gasolio, metano o GPL, a parità di superficie radiante installata. La pompa di calore costa poco più di una buona caldaia, e il costo maggiore è la realizzazione dell'impianto di distribuzione (che è necessario per ogni forma di riscaldamento, indipendentemente dalla fonte di energia).

I risparmi energetici permettono di ammortizzare il costo iniziale in circa 5 anni.

Poiché per avere il miglior rendimento è necessario che l'impianto di distribuzione del calore sia di tipo a pannelli radianti, se l'abitazione non è già predisposta con questo tipo di radiatori, non risulta conveniente sostituire impianti tradizionali, ma è invece decisamente conveniente optare per questo tipo di climatizzazione in fase di progettazione di nuovi edifici.

## Energia inesauribile e sostenibile

Il sistema di climatizzazione geotermica è indicato nel Libro Bianco per il Futuro "Fonti di Energia Rinnovabili" COM97 dell'UE come una possibilità di riscaldare e climatizzare le nostre case in modo pulito e sostenibile per l'ambiente.

Si tratta, infatti, di un sistema a **bassissima emissione di CO<sub>2</sub> e di gas nocivi per l'ambiente**: le emissioni sono legate alla quota di energia elettrica necessaria al funzionamento delle pompe di calore, ma, come si può osservare

analizzando i rendimenti di queste ultime, l'energia termica ricavata al sottosuolo e "incrementata" dalle pompe è di 4 volte superiore all'energia consumata.

L'energia ricavata dal sottosuolo è energia rinnovabile, anzi, praticamente inesauribile, e molto pulita: l'utilizzo del calore endogeno, infatti, **non produce emissioni** di alcun genere, nè di CO<sub>2</sub>, nè di altri gas (come composti dello Zolfo o ossidi di Azoto), nè polveri sottili. Nella geotermia tradizionale i fluidi profondi vengono portati in superficie, con conseguente pericolo di contaminazione delle falde acquifere più superficiali con acque profonde, spesso molto mineralizzate, mentre nella geotermia domestica non vi è alcun prelievo di fluidi dal sottosuolo. I fluidi termovettori, che circolano a circuito chiuso nelle sonde, non sono mai a contatto con il terreno o con le acque di falda e, in ogni caso, è garantito l'utilizzo di sostanze non tossiche per l'ambiente. I **circuiti chiusi** permettono un grande risparmio di acqua, che, una volta immessa nell'impianto, viene continuamente riutilizzata. Gli impianti sono di dimensioni contenute e di impatto visivo praticamente nullo: una volta ultimati, tutto ciò che si vede è la pompa di calore, della grandezza di un frigorifero, e il serbatoio dell'acqua calda, dell'ingombro di un normale "boiler". Il rumore prodotto dalle pompe è simile a quello di un frigorifero e possono quindi essere installate all'interno delle abitazioni. La sola "limitazione" alla diffusione di questo nuovo sistema per la climatizzazione domestica è l'utilizzo in edifici di grandi dimensioni (come, per esempio, un grande palazzo a più piani), che richiede la realizzazione di diverse sonde (o di raggiungere profondità maggiori, con conseguenti costi più elevati) e l'installazione di un maggior numero di pompe di calore.

## Una casa più sana

I benefici per l'ambiente di questa nuova forma di sfruttamento dell'energia geotermica sono indubbi, ma non solo a livello "globale": anche all'interno dell'abitazione questo sistema contribuisce a creare un'atmosfera più sana. Non essendoci, infatti, fiamme libere, non si producono gas di scarico, nè fumi, nè polveri e non viene bruciato ossigeno, per cui l'aria all'interno dell'abitazione risulta **più pulita**: nelle case in cui si utilizza questo tipo di riscaldamento, non vi saranno problemi di depositi neri sulle pareti e sulle suppellettili (quelli che ci costringono, invece, di solito alla periodica imbiancatura della nostra abitazione).

Anche il riscaldamento a pannelli radianti a bassa temperatura è più salubre: permette, infatti, di regolare molto meglio la temperatura delle stanze, che risulterà più uniforme, e non concentrata in prossimità del radiatore, l'aria sarà anche meno secca, e la bassa temperatura dei pannelli non creerà i problemi di sensazione di calore alle gambe che creano invece i pannelli radianti a più alta temperatura: i nostri pavimenti saranno piacevolmente tiepidi in inverno e gradevolmente freschi in estate.

Gli impianti geotermici domestici sono anche molto **sicuri**: non vi è combustione, quindi non vi sono fiamme libere, nè tubature che portano gas, nè bombole o serbatoi di sostanze infiammabili (come gasolio o GPL) e la possibilità di incidenti è praticamente nulla.

La geotermia domestica sembra quindi destinata a rappresentare il futuro dell'energia termica per le nostre abitazioni, ed è bello pensare che, mentre il nostro giardino si riempie di fiori, qualche metro sotto la superficie si genera l'energia che ci terrà al caldo d'inverno e al fresco d'estate, senza sprechi e senza inquinamento.