

## ENERGIA DALLA TERRA

### Indice

**Energia della Terra >**

**Impianti geotermici >**

Le centrali geotermoelettriche  
Impianti di climatizzazione

**Geotermia per abitazioni >**

Il contributo del Sole

Come funziona

Energia “domestica”

Che cos'è una pompa di calore

Diversi tipi di sonde

Diffusione

Energia inesauribile e sostenibile

Una casa più sana

## 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.

### Impianti geotermici

A 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.

### 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**

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 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, né 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.

### 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; perché 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, perché 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  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , le pompe di calore ad aria non funzionano). Una pompa di calore per un'abitazione di circa  $100\text{ m}^2$  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  $100\text{ m}^2$  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, perché 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. È 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.

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.

### **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, né di CO<sub>2</sub>, né di altri gas (come composti dello Zolfo o ossidi di Azoto), né 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, né fumi, né 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





Energia / Geotermica / Energia dalla Terra

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, né tubature che portano gas, né 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 di genere l'energia che ci terrà al caldo d'inverno e al fresco d'estate, senza sprechi e senza inquinamento.

*Testo aggiornato ad agosto 2022*