



Funded by the Horizon 2020  
Framework Programme of the  
European Union

# IMPIANTI GEOTERMICI A BASSA ENTALPIA

*Un impianto geotermico a bassa entalpia sfrutta l'energia contenuta nel terreno per riscaldare il fluido dell'impianto di riscaldamento. Il principio di funzionamento di un impianto geotermico a bassa entalpia a servizio di un'abitazione o di un condominio, si basa sul concetto che il terreno, a profondità relativamente contenute, ha una temperatura stabile al variare dei mesi dell'anno, più fresca della temperatura dell'aria esterna in estate e più calda di quella invernale. I sistemi geotermici possono essere dotati di sonde verticali o orizzontali e sono completati da una pompa di calore, denominata salamoia/acqua o salamoia/aria, e da un accumulatore. Questi sistemi sono **incentivabili** attraverso il meccanismo delle **detrazioni fiscali** o, in alternativa, attraverso il **Conto Energia Termico**.*

*Fra le fonti rinnovabili finalizzate a produrre energia termica, la geotermia a bassa entalpia resta ancora poco sfruttata, poco conosciuta e con costi ancora troppo elevati per renderla conveniente e competitiva.*

La geotermia è una delle fonti rinnovabili più interessanti, poiché possiede un enorme potenziale finora sfruttato solo in minima parte. Esistono due diverse forme di geotermia, a seconda della temperatura delle risorse sotterranee e delle diverse tecnologie impiegate: la **geotermia ad alta temperatura** e la **geotermia a bassa temperatura** o **a bassa entalpia**. La geotermia a bassa entalpia è la tecnologia più diffusa e più facilmente applicabile in edilizia.



La geotermia a bassa entalpia sfrutta il calore degli strati più superficiali del terreno per riscaldare (e anche raffreddare) gli edifici mediante pompe di calore. Il grande vantaggio di un **impianto geotermico a bassa temperatura** deriva dal fatto che è in grado di svolgere le stesse funzioni normalmente demandate a due diversi apparecchi, cioè caldaie e condizionatori. Un impianto geotermico, se opportunamente dimensionato, è in grado di riscaldare e raffreddare un edificio senza l'ausilio di altri apparecchi. In questo caso si parla di impianto geotermico "monovalente". In ogni caso sono impianti che si prestano bene all'**integrazione** (cosiddetto regime "bivalente") con altri generatori di calore, inclusi anche eventuali impianti **solari termici**.



Le pompe di calore geotermiche, sono l'elemento fondamentale di un impianto geotermico a bassa temperatura e permettono di convertire l'energia termica del sottosuolo in calore o freddo utile per l'edificio. La configurazione impiantistica più comune prevede, in abbinamento alla pompa di calore, l'installazione di **sonde geotermiche verticali**, interrato. Esistono tuttavia numerose altre opzioni impiantistiche adatte per diverse situazioni come gli impianti con **collettori orizzontali** interrati appena sotto il livello del suolo, oppure impianti che sfruttano le acque di falda o di superficie. La caratteristica peculiare di un impianto geotermico è che, grazie alle sonde geotermiche, è in grado di sfruttare la maggiore temperatura invernale del sottosuolo (o acqua) per il riscaldamento e al contrario, in estate, utilizzare il terreno/acqua come fonte per il raffreddamento.



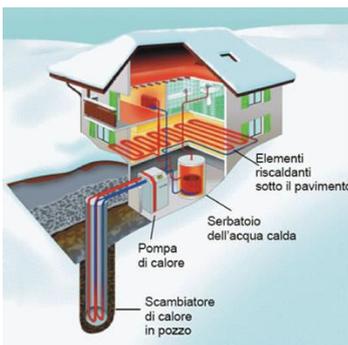
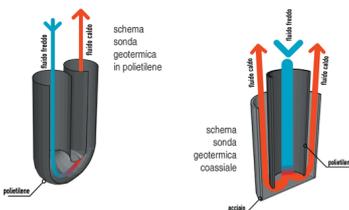
## IMPIANTI GEOTERMICI A BASSA ENTALPIA

I componenti principali di un impianto geotermico sono:

- le sonde geotermiche
- una pompa di calore
- un sistema di accumulo e una distribuzione del calore.

Nelle **sonde geotermiche**, posizionate verticalmente o orizzontalmente nel sottosuolo, scorre un fluido termovettore. Di norma si tratta di tubature in polietilene che fungono da scambiatori di calore. Le tubature possono essere interrate verticalmente nel terreno a grandi profondità (sonde geotermiche verticali), oppure orizzontalmente a 1-2 metri di profondità (sonde o collettori orizzontali). Anche l'utilizzo dell'acqua, come sorgente di calore in alternativa al terreno, comporta l'utilizzo di sonde verticali.

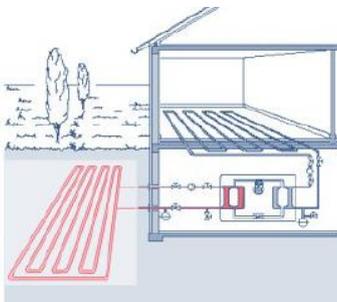
Le sonde hanno forma a U e vengono installate nel suolo con l'ausilio di macchine trivellatrici. Le sonde possono essere installate a profondità variabili, anche a seconda delle caratteristiche geologiche del terreno, con valori normalmente compresi tra i 70 e 130 metri (ma in alcuni casi anche superiori). Necessitano di una perforazione nel terreno di circa 10-15 cm di diametro che, una volta completata, risulterà completamente invisibile



Dopo che le tubazioni sono state inserite, lo spazio tra le sonde e il **foro di perforazione** viene riempito con una miscela composta normalmente di cemento e bentonite. La miscela, una volta solidificata, svolge delle funzioni fondamentali: aumenta lo scambio termico con il terreno, garantisce solidità strutturale alla colonna verticale e inoltre impermeabilizza il foro, impedendo così il passaggio di acqua tra due eventuali falde acquifere sovrapposte e scongiurando in questo modo possibili fenomeni di inquinamento idrico.

La profondità a cui è installata la sonda dipende sia dalle caratteristiche specifiche del terreno, sia dalla potenza termica richiesta dall'edificio. Indicativamente, per riscaldare e raffrescare con pannelli radianti un edificio di 100 m<sup>2</sup>, occorrono sonde geotermiche installate a circa 100 metri di profondità.

Nelle **soluzioni orizzontali**, invece, il sistema sfrutta una fonte di calore che in realtà non è propriamente geotermica, poiché dipende più dall'irraggiamento solare accumulato negli strati superficiali del terreno che dal calore endogeno del sottosuolo. I collettori orizzontali, che sono degli scambiatori di calore in materiale plastico, sono interrati orizzontalmente a circa 1-2 metri di profondità, al di sotto del limite di congelamento. Già a queste basse profondità, la temperatura del terreno nel corso dell'anno è relativamente stabile, essendo compresa mediamente tra 5 e 20 °C. La temperatura del terreno superficiale nel corso dell'anno è più stabile rispetto a quella dell'aria (la sorgente utilizzata dalle pompe di calore ad aria), consentendo buoni rendimenti, anche se inferiori, soprattutto in inverno, rispetto agli impianti che utilizzano sonde geotermiche verticali. La posa di collettori orizzontali richiede grandi superfici, che a seconda dei casi corrispondono dalle due alle tre volte la superficie interna da riscaldare/raffrescare.



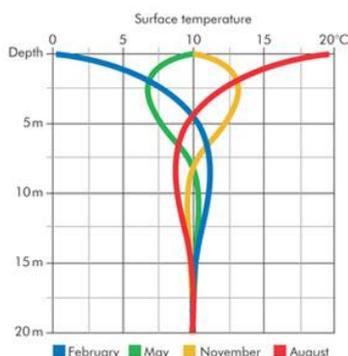


## IMPIANTI GEOTERMICI A BASSA ENTALPIA

È fondamentale che i collettori vengano interrati in superfici erbose drenanti, non piantumate né occupate da edifici o altre strutture.

Poiché raramente si ha a disposizione un lago o un fiume (e le falde possono essere a grande profondità), il terreno è la sorgente di calore più frequentemente utilizzata negli impianti geotermici, dal momento che è disponibile ovunque e la sua energia termica è praticamente inesauribile.

L'utilizzo del **terreno** come sorgente fredda presenta il vantaggio di avere una **temperatura pressoché costante** nel corso dell'anno, assicurando un migliore rendimento del sistema. La differenza di temperatura tra la sorgente fredda e il pozzo caldo è infatti il parametro che più di tutti influisce negativamente sui rendimenti delle pompe di calore. Da questo punto di vista, le pompe di calore geotermiche risultano mediamente più efficienti rispetto a quelle ad aria. Questo è vero soprattutto per impianti geotermici che captano il calore a profondità superiori ai 15-20 metri; al di sotto di questa soglia, infatti, la temperatura del terreno risulta sostanzialmente costante ed è indipendente dalle escursioni termiche diurne e stagionali che caratterizzano il suolo (è più calda di quella superficiale in inverno e più fredda in estate).



Anche l'**acqua di falda** (meno quella di fiumi e laghi, soggetta alle variazioni stagionali) assicura comunque ottime prestazioni in termini di stabilità della temperatura nel corso dell'anno.

All'interno della sonda geotermica circola, a circuito chiuso, una soluzione di acqua e antigelo (conosciuta anche come **salamoia**), che in inverno assorbe il calore del terreno e lo cede alla pompa di calore geotermica, che provvede poi a distribuirlo all'edificio. In fase di raffreddamento estivo, avviene il processo opposto: il calore viene sottratto all'ambiente interno e, sempre tramite la pompa di calore, ceduto al terreno.

La presenza di un **serbatoio di accumulo** per l'acqua calda è indispensabile per immagazzinare il calore e quindi distribuirlo all'edificio per il riscaldamento e per gli usi sanitari quando vi è richiesta. L'integrazione tra geotermia e impianti solari termici o generatori di calore avviene proprio grazie al serbatoio d'accumulo, all'interno del quale l'acqua viene riscaldata tramite serpentine collegate ai diversi generatori di calore.

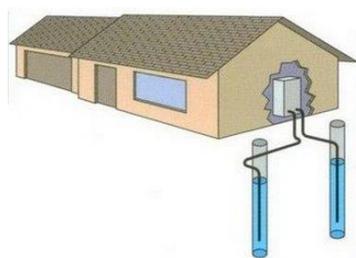
Negli impianti che utilizzano l'acqua come elemento di scambio termico, questa deve essere innanzitutto vicina all'edificio in cui è installata la pompa di calore. Per questo tipo di impianti è possibile distinguere:

- **Sistemi a circuito chiuso:** attraverso delle tubature immerse nell'acqua di falda o di superficie, il fluido termovettore assorbe calore che viene poi trasmesso alla pompa di calore;
- **Sistemi a circuito aperto:** il fluido termovettore è l'acqua stessa di falda o di superficie, che viene prelevata e successivamente restituita alla falda oppure al bacino da cui è stata prelevata.

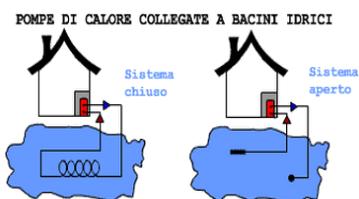


## IMPIANTI GEOTERMICI A BASSA ENTALPIA

I sistemi a circuito aperto sono abbastanza rari e necessitano di attente valutazioni e analisi, soprattutto sulla qualità dell'acqua. Esistono infatti concreti rischi di danneggiamento dell'impianto, dovuti a fenomeni di corrosione e alla presenza di detriti.



L'utilizzo geotermico dell'**acqua di falda** risulta interessante quando questa risorsa si trova a profondità di 20-30 metri. In queste condizioni l'acqua presenta temperature medie di 9-12 °C, che sono quindi normalmente più alte rispetto alle temperature medie annuali esterne e assicurano buoni rendimenti alla pompa di calore. Normalmente, nei casi di utilizzo di acqua di falda nell'ambito di circuiti aperti, è prevista la reimmissione in falda dell'acqua prelevata: per questo motivo, vanno realizzati due pozzetti, uno di estrazione e l'altro di reiniezione dell'acqua di falda nelle formazioni di provenienza. Il costo di realizzazione di impianti che scambiano calore con acque di falda è più alto rispetto a quelli con sonde verticali.



Un'altra alternativa è l'utilizzo geotermico dell'**acqua di superficie** che può essere un'opzione praticabile per tutti gli edifici situati nei pressi di fiumi, laghi o stagni. Anche se presenta variazioni maggiori rispetto all'acqua di falda, anche l'acqua di superficie riesce a mantenere temperature relativamente costanti nel corso dell'anno, assicurando quindi buoni rendimenti. La presenza di detriti e impurità nell'acqua implica la necessità di installazione di filtri in impianti di questo tipo realizzati a circuito aperto, cioè con il pescaggio e la reiniezione dell'acqua. L'adozione di **circuiti chiusi**, con le tubazioni immerse all'interno del bacino idrico, può risolvere i problemi legati alla scarsa purezza della risorsa idrica.

### I LIVELLI DI COSTO

Il costo di questi impianti è molto variabile, poiché dipende da una serie di fattori specifici, difficilmente stimabili a priori. In linea generale, la risorsa geotermica è disponibile su tutto il territorio italiano. In ogni caso è importante conoscere le caratteristiche del sottosuolo che si intende utilizzare come fonte di calore. Particolari tipi di terreno, oppure la presenza o meno di acque sotterranee o di vincoli idrogeologici, determinano la fattibilità tecnica ed economica di un impianto geotermico. La geotermia è certamente più consigliata per edifici di nuova costruzione, per i quali è possibile progettare ex novo l'intero impianto in maniera ottimale. Per gli edifici esistenti, la convenienza e la fattibilità di un impianto geotermico sono da analizzare caso per caso. Occorre anche valutare la disponibilità di spazio sufficiente per l'allestimento del cantiere e per la posa delle sonde.

I costi di una pompa di calore adatta a un impianto geotermico sono in media più alti di quelli di una buona caldaia a condensazione. Ovviamente variano con la potenza, ma in generale si può assumere che per un caso medio, tipo appartamento o villetta monofamiliare di 100 m<sup>2</sup>, il costo della pompa di calore e dei vari componenti di centrale termica varia tra 6.000 e 8.000 euro.



## IMPIANTI GEOTERMICI A BASSA ENTALPIA

Il costo delle sonde geotermiche è quello che incide sensibilmente sui costi complessivi di investimento per un impianto geotermico. La sonda costa qualche centinaio di euro (si può arrivare anche fino a 1.000 per sonde coassiali di consistente portata); la perforazione, invece, varia dai 60 agli 80 € per metro di perforazione. Si consideri che, per una villetta monofamiliare, occorre almeno una perforazione di 100 m. Diciamo che la spesa minima per il supporto geotermico è di circa 10.000 €.

Nel caso vi sia la presenza di una falda nel sottosuolo (che generalmente si trova tra i 5 e i 20 m di profondità) il costo ovviamente scende, anche se va tenuto conto della necessità di particolari filtri e protezioni per evitare che la macchina si riempia di impurità.

In sintesi assumendo come esempio una villetta monofamiliare di circa 100 m<sup>2</sup>, con un buon livello di isolamento termico, il costo per l'impianto completo (pompa di calore, sonde geotermiche, serbatoio di accumulo e accessori) varia tra i 20.000 e i 30.000 euro.

### I SISTEMI DI INCENTIVO

Un impianto di riscaldamento/raffrescamento a sonde geotermiche a bassa entalpia può essere incentivato attraverso due soluzioni alternative: le detrazioni fiscali per interventi di riqualificazione energetica o il Conto Energia Termico. Nel primo caso è possibile detrarre, dalla tassazione IRPEF a cui il contribuente è annualmente soggetto, il 65 % dei costi sopportati per realizzare l'intervento, in dieci rate annuali di pari importo. L'entità massima della detrazione è pari a 30.000 €.

Per poter ottenere l'incentivo, l'intervento deve seguire alcune regole:

- deve trattarsi di una sostituzione di un impianto preesistente, non viene incentivato il nuovo impianto a servizio di ambienti precedentemente non riscaldati o di nuova costruzione;
- le pompe di calore installate devono garantire un valore di COP e di EER (rispettivamente Coefficient Of Performance, riferito al regime invernare, ed Energy Efficiency Ratio, riferita al regime estivo) maggiori di quanto riportato nella tabella seguente.

Valori limite	COP	EER
Sistemi salamoia/aria	4,3	4,4
Sistemi salamoia/acqua	4,3	4,4
Sistemi acqua/aria	4,7	4,4
Sistemi acqua/acqua	5,1	5,1

La seconda opzione di incentivo è rappresentata dal **Conto Energia Termico (CET)**. In questo caso i requisiti di accesso all'incentivo richiedono che sia garantito il rispetto dei valori minimi di COP, gli stessi riportati nella tabella precedente. Non è richiesto, per il Conto Termico, il rispetto dei valori di EER. Questo incentivo viene erogato tramite un bonifico sul conto corrente del beneficiario.



## IMPIANTI GEOTERMICI A BASSA ENTALPIA

Il valore dell'incentivo è funzione dell'efficienza della macchina, della potenza e del contesto geografico in cui l'impianto viene realizzato. L'entità dell'incentivo cresce all'aumentare della potenza, della performance (COP) e in funzione della maggiore rigidità climatica.

Si valutano di seguito alcuni scenari:

1. **pompa di calore salamoia/acqua**, abbinata a sistema idronico, con potenza pari a 10 kW, con COP 4,5, installata in zona climatica E;
2. **pompa di calore salamoia/acqua**, abbinata a sistema idronico, con potenza pari a 60 kW, con COP 4,5, installata in zona climatica E.

Nella tabella seguente sono sintetizzati i costi stimati nei due scenari, il valore dell'incentivo da Conto Energia termico e il valore della detrazione fiscale. Fra parentesi viene riportato il numero di anni nei quali l'incentivo viene diluito. I costi sono inclusivi della perforazione, delle sonde, della pompa di calore e della Centra Termica.

	Costo dell'impianto	Incentivo CET totale	Valore della detrazione
<b>Caso 1</b>	20.000 €	4.628 € (2 rate)	10.000 € (10 rate)
<b>Caso 2</b>	110.000 €	69.417 € (5 rate)	55.000 € (10 rate)

### RISPARMI ENERGETICI E CONVENIENZA ECONOMICA

Si riassumono di seguito alcuni scenari in cui si analizzano consumi, costi energetici ed emissioni a confronto. Il primo scenario è riferito alla climatizzazione invernale di una unità immobiliare da 100 m<sup>2</sup>, collocata in zona climatica E e con un consumo medio annuo di circa 130 kWh/m<sup>2</sup>. Si confrontano consumi e costi riferibili all'alternativa caldaia tradizionale che prevede un generatore con rendimento medio pari al 90 %.

	Consumi finali annui	Consumi di energia primaria	Costo dell'energia	Emissioni di CO <sub>2</sub>
<b>Geotermia</b>	4.489 kWh	8.754 kWh	898 €	1.571 kg
<b>Caldaia</b>	1.355 m <sup>3</sup> gas	13.650 kWh	1.220 €	2.626 kg

Lo scenario seguente viene applicato a livello condominiale, considerando la climatizzazione invernale di 10 unità immobiliari da 100 m<sup>2</sup>, collocata in zona climatica E e con un consumo medio annuo di circa 130 kWh/m<sup>2</sup>. Si confrontano consumi e costi riferibili all'opzione caldaia e impianto geotermico. L'impianto a caldaia prevede un generatore tradizionale con rendimento medio pari al 90 %.



## IMPIANTI GEOTERMICI A BASSA ENTALPIA

	Consumi finali annui		Consumi di energia primaria		Costo dell'energia	Emissioni di CO <sub>2</sub>
<b>Geotermia</b>	44.890	kg	87.535	kWh	8.978 €	15.711 kg
<b>Caldaia</b>	13.552	m3 gas	136.500	kWh	12.196 €	26.260 kg

In questo caso, il rientro economico è calcolabile in circa 17 anni con il sistema delle detrazioni fiscali e in circa 12 anni con il sistema del Conto Energia Termico.



*Redazione a cura di*

**AMBIENTEITALIA**  
*we know green*