



# Una tecnologia innovativa per un'energia antica: le sonde geotermiche

di Claudio Crudo

*Finalmente anche in Italia iniziano a diffondersi sistemi che mirano a sfruttare, attraverso pompe di calore, l'energia presente nel sottosuolo per soddisfare i fabbisogni energetici per il riscaldamento invernale e la climatizzazione estiva*

Le sonde geotermiche sono l'interfaccia tra l'energia termica a bassa entalpia, contenuta nel terreno, ed il fluido termovettore che in esse circola.

Queste sono scambiatori di calore con il sottosuolo che, tramite un fluido pompato nel circuito chiuso, formato dalle sonde stesse e dalla pompa di calore, attingono o cedono energia da o al terreno.

## Come funzionano le sonde geotermiche

A circa 15-20 m dalla superficie del terreno si ha una zona a temperatura costante in cui il calore è fornito esclusivamente dal flusso termico proveniente dall'interno della Terra, con un incremento medio progressivo di 1 °C ogni 33 m di profondità.

In particolare, ad una profondità di 1,2-1,5 m, si osservano temperature che nell'arco dell'anno variano tra 7 e 13 °C, mentre a circa 18 m si rileva una temperatura di 10 °C che resta costante per tutto l'anno.

Grazie a queste temperature le pompe di calore geotermiche sono in grado di sfruttare l'energia estraendo dal terreno calore a bassa temperatura, utile al riscaldamento invernale, o di cedere quello sottratto agli ambienti durante la climatizzazione estiva.

Lo scambio di calore avviene mediante una se-

rie di tubi, che possono essere disposti orizzontalmente ad una profondità di 1-2 m (detti generalmente collettori geotermici) oppure con sistemi di tubi verticali lunghi tra i 70 e i 150 m (dette generalmente sonde geotermiche).

La scelta del sistema deve corrispondere il più possibile alle specifiche esigenze del cliente. La disposizione verticale oppure orizzontale, è determinata sia dalle condizioni geologiche presenti in sito sia dallo spazio disponibile. Naturalmente si devono sempre tenere in considerazione anche le condizioni di tipo edile e strutturale. Le caratteristiche di resistenza alla corrosione, durata, stabilità nel tempo, nonché il prezzo contenuto, hanno permesso ai tubi in polietilene di imporsi quale prodotto di riferimento per la realizzazione delle sonde geotermiche.

Il mercato offre sostanzialmente due tipologie di tubi in polietilene:

- polietilene reticolato Pe-Xa;
- polietilene PE 100.

## Polietilene reticolato Pe-Xa

È il materiale risultante dall'unione delle macromolecole di polietilene, secondo una combinazione a reticolo. Le sonde realizzate con questo polimero soddisfano i più severi requisiti riguardanti le prestazioni e la durata nel tempo, potendo vantare alcune proprietà uniche. Queste sono:

- resistenza a fenditure e a sollecitazioni di carico puntiformi (ad esempio piccole pietre); ciò permette di posare i collettori geotermici utilizzando il materiale di risulta dello scavo evitando la preparazione di un apposito letto di sabbia;
- ottima resistenza alla tenso corrosione che





garantisce il funzionamento anche con raggi di curvatura molto ridotti;

- nessuna propagazione di crepe e fenditure;
- elevata resistenza all'abrasione;
- massima lavorabilità anche a basse temperature;
- lunga durata anche in caso di funzionamento sotto elevati carichi.

Le sonde geotermiche realizzate in PE-Xa sono composte di due sonde a "U" realizzate in un unico pezzo. La curvatura di inversione terminale (che si trova alla massima profondità) è costruita con un particolare metodo di piegatura che elimina la necessità di qualsivoglia raccordo in corrispondenza della base della sonda; inoltre, tale tratto è incorporato mediante una colata in una resina poliestere rinforzata con fibre di vetro.

Le due semisonde sono innestate insieme e fissate con apposite viti senza testa ad esagono incassato; in via opzionale, nella scanalatura della semisonda inferiore, può essere fissato un peso guida che facilita l'operazione d'introduzione della sonda nel foro di perforazione.

### Polietilene PE 100

Si tratta di un materiale plastico non reticolato di nuova generazione, di colore nero, stabilizzato ai raggi UV e di costo inferiore al precedente.

Nella disposizione a collettore i tubi in PE 100 devono essere protetti contro le sollecitazioni di carico esercitate da pietre e altri corpi simili, inserendoli in appositi letti di sabbia. La temperatura influenza sensibilmente le proprietà di questo polimero.

La resistenza meccanica è garantita fino a 40 °C. Pertanto non risulta idoneo alla formazione di accumuli di calore, mentre i raggi di curvatura consentiti dipendono dalla temperatura di posa.

Anche in questo caso, la disposizione a sonda geotermica comprende due sonde a "U", ciascuna dotata alla base di raccordo di collegamento a "V" saldato in fabbrica.

Nella pratica questo materiale consente di:

- ridurre il diametro dei fori di perforazione (rispettivamente a 80 mm per tubi da 25 e 32 mm di diametro e a 104 mm per tubi da 40 mm di diametro);
- realizzare giunzioni di saldatura di te-

sta, con elementi riscaldanti e con maniacotti elettrosaldabili.

### Impianto a collettore geotermico

I dati minimi necessari per una prima valutazione di un campo geotermico a collettore sono:

- il fabbisogno termico per il riscaldamento degli ambienti da servire [Q];
- il valore del C.O.P. (Coefficiente di Prestazione) della pompa di calore che si intende installare.

In tal modo, è possibile determinare la potenza [Q<sub>e</sub>] dell'evaporatore:

$$Q_e = \frac{Q (COP - 1)}{COP}$$

La capacità di sottrazione di calore specifica di un terreno dipende dalle sue caratteristiche e dalle ore di funzionamento annue (quindi anche dalla zona climatica).

Nella tabella 1 sono riportati alcuni dati caratteristici.



Attraverso questi dati di partenza diventa, quindi, possibile determinare la superficie di terreno S necessaria allo scambio di calore:

$$S = Q_e / Q_t$$

Poiché il collettore geotermico provoca alterazioni delle temperature nel terreno, lo spazio dedicato all'installazione del

collettore dovrà essere libero da alberi, arbusti e piante sensibili.

E' necessario prevedere, inoltre, una distanza di almeno 70 cm da altre tubazioni di servizio degli edifici.

I collettori geotermici sono rigenerati principalmente dall'alto attraverso l'irraggiamento solare e le precipitazioni; si deve, quindi, possibilmente evitare di collocare i collettori stessi al di sotto di superfici sigillate e/o pavimentazioni.

La sistemazione può essere eseguita:

- in fossa ovvero alloggiando una coppia di tubazioni (andata/ritorno) in una singola trincea;
- in superficie quando l'intera superficie del collettore è spianata.

La disposizione dei circuiti segue in genere l'esperienza dei sistemi radianti e può quindi essere realizzata:

- a chiocciola, che ben si presta per l'applicazione in superficie;
- a doppio meandro ed a ritorno inverso "Tichelmann", più adatta per la posa in fossa.

Per limitare le perdite di carico, è opportuno che la lunghezza dei singoli circuiti non superi 100 m.

### Impianto a sonde geotermiche

Il metodo di calcolo dell'evaporatore è lo stesso presentato in precedenza. La lunghezza complessiva delle sonde è influenzata non solo dalle ore di funzionamento, ma anche, e soprattutto, dalla capacità di sottrazione lineare del terreno. La tabella 2 fornisce indicazioni che possono essere applicate ad impianti di piccola potenza (fino a 30 kW).

Nel caso di impianti di dimensioni superiori occorre sempre eseguire un calcolo accurato imperniato sui dati provenienti da una perforazione pilota.

Per salvaguardare la stabilità dell'edificio è opportuno che le sonde geotermiche siano sistemate ad una distanza di sicurezza dallo stesso di almeno 5 m, se la lunghezza della singola sonda è inferiore a 50 m, e di 6 m se è superiore a 50 m.

Tabella 1 - Capacità di sottrazione di calore dal terreno da parte di un impianto a collettore geotermico

Tipo di terreno	Capacità di sottrazione Q <sub>t</sub> per funzionamento di 1.800 h/anno	Capacità di sottrazione Q <sub>t</sub> per funzionamento di 2.400 h/anno
Terreno compatto	10 W/m <sup>2</sup>	8 W/m <sup>2</sup>
Terreno compatto umido	20 - 30 W/m <sup>2</sup>	16 - 24 W/m <sup>2</sup>
Terreno saturo d'acqua	40 W/m <sup>2</sup>	32 W/m <sup>2</sup>



Lo spazio tra le sonde deve essere di almeno 8 m per evitare che l'eccessivo raffreddamento o riscaldamento del terreno influenzi negativamente il funzionamento di tutte le sonde, riducendo sensibilmente le prestazioni del sistema.

Si tenga presente che, essendo la pressione nominale di funzionamento delle tubazioni in polietilene pari normalmente a 12,5 bar, la profondità delle sonde riempite con acqua e glicole deve risultare inferiore a 122,5 m.

Terminate le perforazioni si introducono le sonde ad "U" munite di contrappeso, riempiendo la corona circolare rimanente con una miscela di bentonite e cemento per garantire contatto termico tra i tubi e il terreno circostante.

In superficie i tubi delle sonde sono convogliati ad un apposito collettore le cui uscite sono poi condotte all'alimentazione della pompa di calore.

### Pilastrini di fondazione con sonde integrate

Nel caso di fondi poco portanti, per le costruzioni si ricorre spesso per motivi statici all'uso di appositi pali per la perforazione.

Con l'espressione "pilastrini di fondazione con sonde integrate" si intendono pali per perforazione provvisti di tubazioni da utilizzare a scopo geotermico in prossimità della superficie; in tal modo, in un sistema geotermico, questi manufatti diventano gli scambiatori di calore con il terreno.



Tabella 2 - Capacità di sottrazione di calore dal terreno da parte di un impianto con sonde geotermiche

Tipo di terreno	Capacità di sottrazione per funzionamento di 1.800 h/anno (W/m)	Capacità di sottrazione per funzionamento di 2.400 h/anno (W/m)
Fondo con sedimenti asciutti ( $\lambda < 1,5 \text{ W/m}^2\text{k}$ )	25	20
Fondo normale con roccia solida e sedimenti saturi d'acqua ( $\lambda < 3,0 \text{ W/m}^2\text{k}$ )	60	50
Roccia solida ad alta conducibilità termica ( $\lambda < 3,0 \text{ W/m}^2\text{k}$ )	84	70
Ghiaia, pietriccio, asciutti	< 25	20
Ghiaia, pietriccio, umidi	65 - 80	55 - 85
Ghiaia e sabbia con fiume sotterraneo	80 - 100	80 - 100
Argilla umida di vario tipo	35 - 50	30 - 40
Pietra calcarea (massiccia)	55 - 70	45 - 60
Magmatite acida (granito)	65 - 85	55 - 70
Magmatite basica (basalto)	40 - 65	35 - 55
Gneiss	70 - 85	60 - 70

Il dimensionamento dei pilastrini con sonde si esegue con le stesse modalità previste per i campi con sonde geotermiche, considerando attentamente che tali manufatti non devono funzionare nel tratto soggetto a pericolo di gelo.

Per motivi economici si attrezzeranno con sonde geotermiche solo i pilastrini previsti per esigenze statiche: i costi relativi a pali aggiuntivi, necessari per raggiungere le lunghezze di scambio termico richieste dall'impianto, non sarebbero giustificabili.

Il soddisfacimento globale del fabbisogno termico si potrà attuare con il completamento del campo geotermico mediante le tecniche descritte in precedenza oppure mediante sistemi complementari indipendenti di riscaldamento e refrigerazione. ■