

Geotermia a bassa entalpia e decarbonizzazione

La risorsa geotermica a bassa entalpia è una fonte di energia pulita, gratuita, rinnovabile e diffusa in gran parte del territorio nazionale. Il sistema geotermico accoppiato alle pompe di calore costituisce ad oggi il sistema di condizionamento più efficiente dal punto di vista energetico ed ambientale e, nei prossimi decenni, in questo campo è atteso un rilevante sviluppo grazie alle potenzialità degli impianti a pompa di calore geotermica (Ground Source Heat Pump - GSHP). Un impianto pilota che sfrutta questa fonte verrà realizzato a livello sperimentale nel Centro di Ricerche ENEA della Casaccia, nell'ambito della Ricerca di Sistema.

DOI 10.12910/EAI2020-052

di **Anna Carmela Violante**, Sezione Supporto Tecnico Strategico e **Giambattista Guidi**, Responsabile Sezione Supporto Tecnico Strategico, Dipartimento Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili ENEA

Sebbene il contributo dell'uso diretto del calore terrestre, nel consumo globale di calore rinnovabile rimanga limitato, si prevede un aumento di oltre il 40% (+0,3 EJ) nel periodo 2019-2024, grazie al contributo della Cina, degli Stati Uniti e dell'UE. **L'uso diretto del calore geotermico soddisfa solo per lo 0,3% (0,13 EJ) la domanda di calore globale; pertanto, sebbene in aumento, attualmente è la fonte rinnovabile meno utilizzata.**

Contesto internazionale e nazionale

Ad oggi, la diffusione dei sistemi geotermici rimane limitata a un numero circoscritto di Paesi. La sola Cina e Turchia, che rappresentavano circa l'80% del consumo globale di calore geotermico nel 2017, sono responsabili della maggior parte della crescita negli ultimi anni. La capacità termica installata in tutto il mondo è aumentata di 1,4 GWt stimati nel 2018, per un totale di 26 GWt alla fine dell'anno. Nell'Unione Europea, si prevede che il consumo di-

retto di energia geotermica aumenterà di quasi il 270% nel periodo di previsione (2019-2024). Al 2020, il calore prodotto da fonte geotermica rappresenta lo 0,33% del totale, e si auspica arrivi allo 0,40% nel 2024. Il maggior contributo è rappresentato dalle applicazioni nel settore edilizio, con produzione di calore annua al mondo pari a 574 EJ, seguito dalle applicazioni nel settore agricolo (107 EJ) ed in ultimo nel settore industriale (28 EJ). In particolare, **in Italia la produzione di calore da fonte geotermica, al 2018, è stata di 794 TJ, mostrando un incremento di 205 TJ nel periodo 2010-2018.**

I sistemi geotermici a bassa entalpia

I sistemi per l'approvvigionamento del calore ad uso diretto sono definiti a bassa entalpia e sono caratterizzati da una temperatura del serbatoio geotermico inferiore ai 90 °C. Tali sistemi possono essere utilizzati in gran parte del territorio italiano, in quanto è possibile sfruttare il gradiente geotermico già al di sotto dei 15 metri di profon-

dità dal piano campagna. Pertanto, **la geotermia a bassa entalpia risulta uno strumento vincente in quanto, oltre ad essere disponibile ovunque sulla superficie terrestre, è una forma di calore pulita, rinnovabile e sicura nel tempo ed ecocompatibile.** Per uso diretto del calore, si intende una vasta gamma di applicazioni: climatizzazione degli ambienti, produzione di acqua calda sanitaria (ACS), usi termali, usi agricoli (riscaldamento serre, pastorizzazione di derivati dal latte, essiccazione e fermentazione di prodotti alimentari), acquacoltura e usi industriali. Il calore terrestre deriva, in parte, dal calore residuo legato alla formazione del nostro Pianeta, in parte dai processi di decadimento degli elementi radioattivi (torio, uranio e potassio) presenti nel mantello. La temperatura aumenta in maniera progressiva mano a mano che si scende in profondità, secondo il gradiente geotermico medio, ovvero si verifica un aumento di 30 °C per ogni km di profondità. La propagazione del flusso di calore dall'interno della Terra verso la superficie terrestre avviene

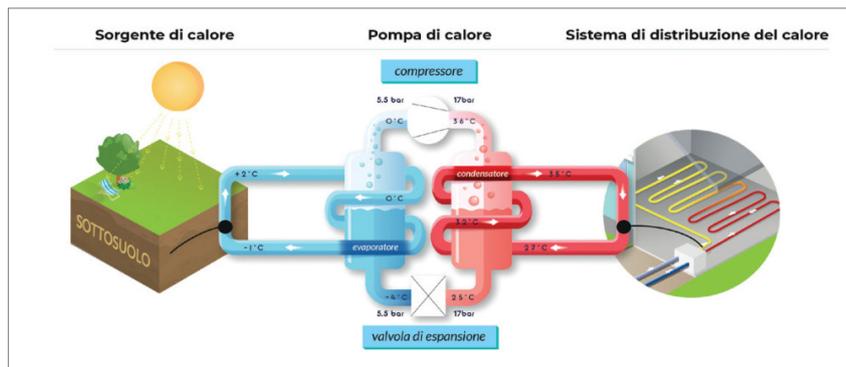


Fig. 1 Schema di funzionamento della pompa di calore
 Fonte: Bureau de Recherches Géologiques et Minières- BRGM

tramite un fluido termovettore, per fenomeni di trasmissione del calore per conduzione e convezione. Esistono diversi schemi impiantistici per sfruttare il calore terrestre a bassa entalpia:

- impianti che utilizzano uno scambiatore di calore per trasferire il calore del fluido geotermico ad un circuito secondario collegato con l'utenza (sia singole utenze che reti di teleriscaldamento);
- impianti che utilizzano direttamente il fluido geotermico;
- impianti a pompa di calore geotermica (PdC) (sia singole utenze che reti di teleriscaldamento) (Figura 1).

Questa categoria di impianti può essere ulteriormente suddivisa in funzione della tipologia di geoscambio utilizzata per l'accoppiamento con il terreno, ovvero configurazione a circuito aperto (*open loop*) o a circuito chiuso (*closed loop*). I sistemi a circuito aperto utilizzano le acque superficiali (mari, laghi, fiumi) oppure sotterranee (falde freatiche) come sorgente termica per la pompa di calore. In questo tipo di sistemi, oltre al pozzo di estrazione, è necessario prevedere un pozzo di reiniezione, al fine di evitare il depauperamento della risorsa idrica. Il fluido, reiniettato nel sottosuolo, dovrà rispettare i criteri imposti dalla normativa sul trattamento e scarico di acque (D. Lgs. n. 152/2006). Gli impianti a circuito chiuso possono essere a loro volta suddivisi in (Figura 2):

- impianti a sonde verticali (una o più coppie di "tubi ad U" alloggiati in pozzi, al cui interno scorre il fluido termovettore, generalmente acqua);
- impianti a sonde orizzontali (sonde costituite da serpentine di tubi variamente configurate ed alloggiare in trincee nel suolo profonde da 1 a 5 metri);
- geostrutture e pali di fondazione (inserimento delle sonde direttamente all'interno dei pali di fondazione dell'edificio).

Per progettare sistemi in grado di for-

nire energia termica e frigorifera è necessario acquisire informazioni di carattere geologico, idrogeologico e termico. In particolare, è necessario determinare il valore di temperatura del sottosuolo, le conducibilità e diffusività termiche degli strati di terreno e rocce, il livello dell'acqua di falda, le caratteristiche dell'acquifero e il flusso sotterraneo.

Il grado di approfondimento, a cui si spingono le indagini a carattere geologico, è funzione della taglia del progetto e della complessità geologica ed idrogeologica intrinseca del settore in cui ci si trova ad operare. La consultazione delle carte geologiche ed idrogeologiche, dei dati stratigrafici dei pozzi e dei sondaggi geofisici va effettuata ai fini di una corretta ricostruzione dei parametri termofisici del sottosuolo. Questo tipo di parametri permette di valutare la resa termica, quindi la produttività del pozzo, in termini di kWt estraibili per metro lineare di sonda installata nel sottosuolo. Il numero di sonde e la profondità di installazione dipendono essenzialmente dalla destinazione d'uso del calore e dei carichi termici richiesti dall'utenza. Per aumentare le prestazioni di un impianto a bassa entalpia si cerca di ottimizzare il contributo energetico del calore terre-

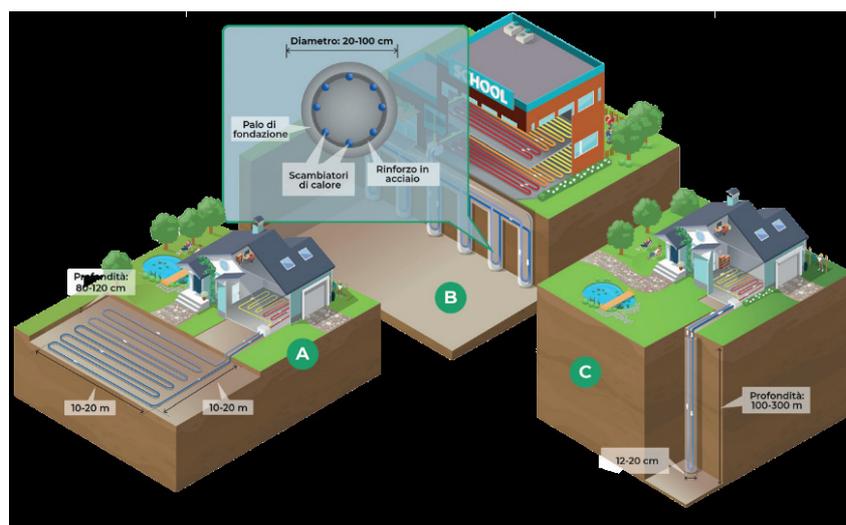


Fig. 2 Sistemi a circuito chiuso: scambiatori orizzontali (A), geostrutture (B), sonde geotermiche verticali (C)
 Fonte: Bureau de Recherches Géologiques et Minières- BRGM

stre, adoperando un collegamento di più tipologie di utilizzazione legati allo stesso sistema di estrazione.

È possibile connettere, alla stessa fonte di calore, diversi processi termici “in cascata” che richiedono man mano temperature più basse, in modo da massimizzare l'effetto utile a parità di energia geotermica estratta. Inoltre, è possibile l'integrazione sinergica con altre fonti, riducendo i costi di installazione e massimizzando così le ore equivalenti di funzionamento del sistema geotermico, con ovvie ripercussioni sull'economia dell'intero sistema.

Pompa di calore geotermica

Rispetto agli impianti di riscaldamento convenzionali (PdC aria-aria), le PdC acqua-acqua offrono il vantaggio di sfruttare una risorsa termica (terreno o acqua) caratterizzata da una temperatura fissa e costante durante tutto l'anno, consentendo un cospicuo risparmio in termini di consumi energetici. **Le PdC geotermiche, rispetto ai sistemi convenzionali di climatizzazione, offrono una riduzione dei consumi energetici**

del 30%-70% in riscaldamento e del 20%-50% in raffrescamento. La prestazione della PdC dipende dalla quota parte di energia geotermica utilizzata rispetto al totale del calore fornito all'utenza finale; maggiore è il contributo del calore geotermico e maggiore sarà la prestazione energetica del sistema (COP), che dipende da diversi fattori, quali: temperatura e proprietà termofisiche del terreno, efficacia del sistema di geoscambio ed efficienza della PdC. Pertanto, non potendo intervenire sulle proprietà del terreno, ad oggi gli avanzamenti tecnologici riguardano la progettazione, il miglioramento dell'efficienza delle macchine e le modalità del loro alloggiamento nel terreno.

Negli ultimi anni, si sta pensando alla **CO₂ come nuovo fluido refrigerante della PdC**: ciò comporta un minor impatto ambientale rispetto ai refrigeranti comunemente utilizzati e permette l'innalzamento, a parità di COP, della temperatura di fornitura all'utenza finale.

L'esperienza ENEA

Nell'ambito della Ricerca di Sistema

Elettrico Nazionale (Piano Triennale 2019-2021) sarà realizzato nel Centro Ricerche Casaccia di Roma il primo impianto pilota che sfrutta la geotermia a bassa entalpia. Tale calore, in funzione dei carichi termici, potrà essere utilizzato in modo continuativo nell'arco delle stagioni da parte di un'utenza. Nello specifico, sarà realizzato un sistema di captazione di energia termica dal terreno tramite l'impiego di sonde geotermiche verticali a circuito chiuso, configurazione double U, ubicate a diversa profondità (100 m, 80 m, 50 m e 35 m), accoppiato ad una pompa di calore. In seguito all'extrapolazione dei dati geolitologici e idrogeologici dell'area circostante, è stata già condotta una simulazione preliminare sulla potenza termica estraibile dal terreno. Il campo geosonde, inoltre, sarà dotato di un sistema di controllo, tramite fibre ottiche, al fine di monitorare costantemente il campo termico, la sua evoluzione nell'arco delle stagioni, e non ultimo, l'efficienza del sistema sonde-terreno nel tempo. Si prevede il completamento delle opere presumibilmente entro l'anno corrente.

BIBLIOGRAFIA

1. A. Baietto A., M. Pochettino e E. Salvatici E (2010), “Progettazione di impianti geotermici- sonde verticali e pozzi d'acqua” con software Geo Heat Call, Editore Dario Flaccovio, Palermo
2. S. Basta e F. Minchio (2007), “Geotermia e pompe di calore - Guida pratica agli impianti di climatizzazione”, pp. 354, Editore S. Basta, Verona
3. VDI 4640-1 (2010-11) “Thermal use of the underground, Fundamentals, approvals, environmental aspects”, Verlag des Vereins Deutscher Ingenieur, Düsseldorf
4. S. P. Kavanaugh e K. Rafferty (1997), “Ground-Source Heat Pumps: Design of Geothermal Systems for Commercial and Institutional Buildings,” American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Chiba
5. H. D. Zeng, N.R. Diao e Z.H. Fang (2003), “Efficiency of vertical geothermal heat exchangers in ground source heat pump systems”, J. Therm Sci, 12(1), pp. 77-81
6. F. Tinti (2009), “Geotermia per la climatizzazione - Applicazioni, tecnologia - analisi costi-benefici”, pp. 209, Editore Dario Flaccovio
7. Cordis Results Pack on Geothermal Energy (2020) – A thematic collection of innovative EU-Funded Research Results – A new and viable alternative energy source to help achieve Europe's climate ambitions
8. IEA- Renewables 2019- Market analysis and forecast from 2019 to 2024- Fuel report
9. <https://www.iea.org/reports/renewables-2019/heat>
10. <https://www.brgm.fr/>