



*Cambiamenti climatici: i ghiacciai si ritraggono, l'acqua diminuisce, i raggi solari intrappolati aumentano l'effetto serra*



# POMPE DI CALORE PER LA DECARBONIZZAZIONE DEL SETTORE EDILIZIO

H. HALOZAN  
GRAZ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



# POMPE DI CALORE PER LA DECARBONIZZAZIONE DEL SETTORE EDILIZIO

Hermann Halozan

Graz University of Technology, Inffeldgasse 25/B, A-8010 Graz, Austria

E-mail: [hermann.halozan@chello.at](mailto:hermann.halozan@chello.at)

## 1. Introduzione

In Europa il settore dell'edilizia è responsabile del 40% della domanda energetica totale e di circa il 33% delle emissioni di CO<sub>2</sub>. Entro il 2050 questo settore dovrebbe diventare libero da CO<sub>2</sub>, il che significa che la domanda di riscaldamento dovrà essere ridotta migliorando la costruzione degli edifici e la domanda rimanente di riscaldamento e raffrescamento dovrà essere coperta da fonti di energia rinnovabili.

Il riscaldamento ha una lunga tradizione in Europa, in quanto è necessario per sopravvivere al nostro clima. Il raffrescamento, almeno in Europa centrale e settentrionale, è relativamente nuovo. Ciò dipende non solo dalle condizioni climatiche, ma anche dalla dimensione dell'edificio, cioè dal volume della porzione di superficie e dall'utilizzo dello stesso; ossia dai carichi interni causati da persone e attrezzature. Il miglioramento dell'isolamento termico implica un più alto impatto dei guadagni interni; una persona in una casa passiva di 100 m<sup>2</sup> può aumentare la temperatura di 1 grado.

Un ulteriore problema deriva dall'architettura; attualmente il vetro è il materiale di costruzione preferito, i doppi vetri sono moderni ma fanno sì che i guadagni derivanti dal riscaldamento solare diventino molto velocemente enormi carichi di calore che devono poi essere abbattuti da un potente sistema di aria condizionata. Inoltre, il cambiamento climatico che stiamo producendo ha fatto delle nostre città isole di calore con temperature significativamente superiori rispetto alle zone circostanti.

Nella Piattaforma Tecnologica Europea su Riscaldamento e Raffrescamento rinnovabili i settori menzionati sono: riscaldamento e raffrescamento solare, biomassa, geotermia divisa in fonti geotermiche profonde e superficiali, tecnologie trasversali che riguardano il teleriscaldamento e raffrescamento, lo stoccaggio di energia termica, le pompe di calore e i sistemi di energia rinnovabile ibridi, e inoltre come quinto settore le pompe di calore.

I settori sono adatti ad edifici che vanno da unità monofamiliari a grandi sistemi, come richieste di teleriscaldamento e raffreddamento, o processi industriali. Ricerche simili sono state effettuate dall'Agenzia Internazionale dell'Energia 2010, che inoltre migliorando le tipiche case passive per renderle edifici *energy plus*, ha concentrato i propri studi sulla termica solare, le pompe di calore, il teleriscaldamento e raffrescamento e lo stoccaggio di energia; infine ha studiato i sistemi combinati di cogenerazione di potenza e calore (OECD/IEA 2013). L'obiettivo è la de-carbonizzazione (Fig. 1).

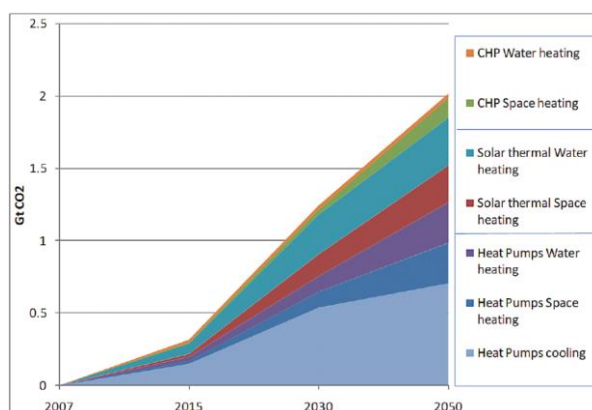


Figura 1: riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> da riscaldamento e raffrescamento ETP 2010 negli edifici (Fonte IEA)

## 2. Riscaldamento e Raffrescamento da Fonti Rinnovabili

Il riscaldamento ed il raffrescamento rinnovabile comprendono il riscaldamento e raffreddamento solari, le biomasse, i sistemi geotermici e le tecnologie trasversali come il teleriscaldamento e raffrescamento, l'immagazzinamento di energia termica, le pompe di calore e i sistemi di energia rinnovabile ibridi (RHC 2014). Tuttavia, occorre aggiungere nuove tecnologie come reti elettriche intelligenti, eolico e fotovoltaico solare.

Le radiazioni solari e la temperatura esterna sono più alte d'estate e più basse d'inverno. I sistemi termici solari con utilizzo diretto della radiazione solare sono convenienti per l'estate, buone per tutto l'anno e solo per l'inverno relativamente sconvenienti.

La loro applicazione principale è la produzione di acqua calda ed un tale sistema è costituito da collettori solari e da un serbatoio di accumulo che consente l'utilizzo dell'acqua calda anche al mattino e alla sera in assenza di sole. Con tali sistemi, in Europa centrale può essere raggiunta una frazione solare di circa il 60%; i sistemi solari combinati per la fornitura di acqua calda (DHW) e riscaldamento hanno dimensioni comprese tra i 10 e i 15 m<sup>2</sup> e possono fornire una frazione solare di circa il 30% a seconda della dimensione e dell'efficienza dell'edificio e delle condizioni climatiche del luogo.

Nel caso di grandi sistemi termici solari ad uso di molte abitazioni multifamiliari anche nel caso di fornitura di reti di teleriscaldamento con grandi serbatoi d'acqua, per aumentare la frazione solare raffreddando la base del serbatoio e caricare la zona superiore vengono usate delle pompe di calore. Inoltre la pompa di calore viene utilizzata per fornire la rete se la temperatura nel serbatoio è inferiore a quella richiesta dal sistema di distribuzione.

La domanda di raffrescamento nel settore dei servizi è attualmente soddisfatta da impianti elettrici, che causano picchi di consumo. Pertanto, le tecnologie di raffrescamento generate da fonti di calore - come l'assorbimento o l'adsorbimento - possono contribuire. Tuttavia, vi è un'altra opzione, la combinazione di fotovoltaico con un sistema elettrico che fa funzionare un impianto a compressione di vapore tradizionale, che porta i vantaggi di un COP più alto e di una più piccola torre di raffrescamento.

Le tecnologie a base di biomasse possono soddisfare quasi tutte le applicazioni residenziali sia come singole soluzioni di biomassa, sia come pacchetti ibridi che forniscono calore, acqua calda, ventilazione e condizionamento / raffrescamento di edifici residenziali. Esistono due diversi tipi di sistemi geotermici: sistemi geotermici profondi con temperature fino a 250 ° C sufficienti per l'uso diretto e sistemi geotermici superficiali con temperature comprese nell'intervallo della temperatura media esterna annua o superiore; tali sistemi vengono utilizzati in combinazione con pompe di calore.

Tuttavia, per realizzare questi potenziali è necessario sfruttare le sinergie tra la produzione, la distribuzione e il consumo di energie rinnovabili, investendo in "tecnologie trasversali". Questo termine viene utilizzato dalla piattaforma RHC per descrivere qualsiasi tecnologia o infrastruttura energetica che può essere utilizzata sia per migliorare la produzione di energia termica di un RES sia per consentire una maggiore frazione di uscita dal sistema utile o per consentire lo sfruttamento di RES che risulterebbe difficile o impossibile da utilizzare nelle applicazioni specifiche per l'edilizia.

- Il teleriscaldamento e tele raffrescamento aumentano l'efficienza complessiva del sistema energetico riciclando le perdite di calore provenienti da una serie di processi di conversione dell'energia. Il calore che altrimenti verrebbe perso viene recuperato e utilizzato per soddisfare le esigenze termiche negli edifici e nelle industrie. Le fonti rinnovabili che altrimenti sarebbero difficili da usare, come molte forme di biomassa e di energia geotermica, possono così essere sfruttate. Aggregando un gran numero di piccole e variabili esigenze di riscaldamento e raffreddamento, il teleriscaldamento e raffrescamento consentono di combinare flussi di energia provenienti da più RES, riducendo la domanda di energia primaria e le emissioni di carbonio nella comunità.

- L'immagazzinamento di energia termica è la soluzione all'ostacolo principale dovuto all'uso diffuso e integrato di RES, in quanto l'approvvigionamento rinnovabile non sempre coincide con la domanda di riscaldamento o raffrescamento. Numerose tecnologie in forma sensibile, latente o termochimica possono spostare temporaneamente l'approvvigionamento di energia rinnovabile a periodi di maggiore domanda, ognuno caratterizzato da differenti specifiche e con specifici vantaggi.
- Le pompe di calore trasformano l'energia termica rinnovabile disponibile a basse temperature dall'ambiente naturale a calore a temperature più alte. Il ciclo della pompa di calore può essere utilizzato anche per fornire il raffreddamento. Le pompe di calore utilizzano l'energia aerotermica, idrotermica e geotermica e possono essere combinate con il calore proveniente da altri sistemi RES in sistemi ibridi (vedi sotto). Queste fonti potrebbero essere rinnovabili in origine o provenienti da perdite di energia di processi industriali e arie di scarico dagli edifici. Le pompe di calore possono essere molto efficienti, anche se l'efficienza energetica primaria complessiva dipende dall'efficienza della produzione di energia elettrica (o di altre fonti di energia termica) che utilizzano.
- I sistemi di energia rinnovabili ibridi, che combinano due o più fonti di energia in un unico sistema, possono superare le limitazioni delle singole tecnologie, in particolare per i sistemi di grandi dimensioni idonei per il teleriscaldamento e raffrescamento o per processi industriali. La combinazione di Sistemi di Energie Rinnovabile disponibili in tempi diversi all'interno del sistema è particolarmente utile se esiste una domanda più costante di calore con efficienza complessiva del sistema che dipende dal modo in cui le diverse fonti vengono combinate.

### 3. Pompe di Calore

C'è da notare che la pompa di calore, che nella maggioranza dei casi innalza il calore libero proveniente dall'ambiente e dal calore disperso, è una delle principali fonti di energia rinnovabile. Il calore rinnovabile  $R$  ottenuto dalla pompa di calore è la differenza tra l'uscita termica  $Q$  e l'energia di azionamento  $E_x$  (nel caso dell'elettricità,  $E = E_x$ ); ovviamente, se l'energia dell'azionamento è energia elettrica proveniente da fonti rinnovabili, tutta l'energia utilizzata per la pompa di calore è energia rinnovabile.

$$R = Q - E = Q - Q/SPF = Q(1 - 1/SPF)$$

In Europa il termine pompa di calore viene utilizzato per un'unità che produce calore utile. In Giappone e negli Stati Uniti le unità di condizionamento reversibili sono chiamate pompe di calore. I refrigeratori sono più o meno sempre chiamati refrigeratori, anche se utilizzati come refrigeratori a pompa di calore che producono anche calore utile. In Europa il termine pompa di calore viene utilizzato per le sole unità di riscaldamento con fonti di calore derivanti da aria esterna o aria di scarico del sistema di ventilazione, suolo e acque sotterranee, combinata con sistemi idronici di distribuzione del calore. L'elemento più importante è lo sviluppo di sistemi. L'interazione tra l'utente, l'edificio, l'apparecchiatura di riscaldamento / raffrescamento e il controllo deve essere considerata con molta attenzione e solo un approccio simile a questo sistema può dare sistemi altamente efficienti. Il raffrescamento libero, il raffrescamento diretto e lo spostamento del calore da un lato all'altro dell'edificio devono essere criteri per la progettazione del sistema (Halozan, H., (2003)).

Per lungo tempo, le pompe di calore a terra (acque sotterranee, il suolo stesso) hanno dominato il mercato delle abitazioni unifamiliari; attualmente (le pompe di calore) quelle ad aria sono dominanti. I motivi sono i costi di investimento più bassi e le minori temperature di uscita della pompa di calore dovute ad un migliore isolamento termico degli edifici e la

possibilità di sistemi di distribuzione di calore a bassa temperatura. Tuttavia, le pompe di calore a terra hanno ancora SPF più alti.

Le pompe di calore geotermiche possono essere utilizzate a diversi climi, con differenti proprietà del terreno, per piccoli e grandi sistemi, e per il solo riscaldamento come anche per sistemi di raffrescamento e riscaldamento. La caratteristica comune dei piccoli sistemi è il recupero termico naturale del suolo, principalmente delle radiazioni solari e delle precipitazioni raccolte dalla superficie del terreno. I piccoli sistemi sono in uso sia per il riscaldamento, che per riscaldamento e raffreddamento (IEA HPC (2010)) (Fig. 2).

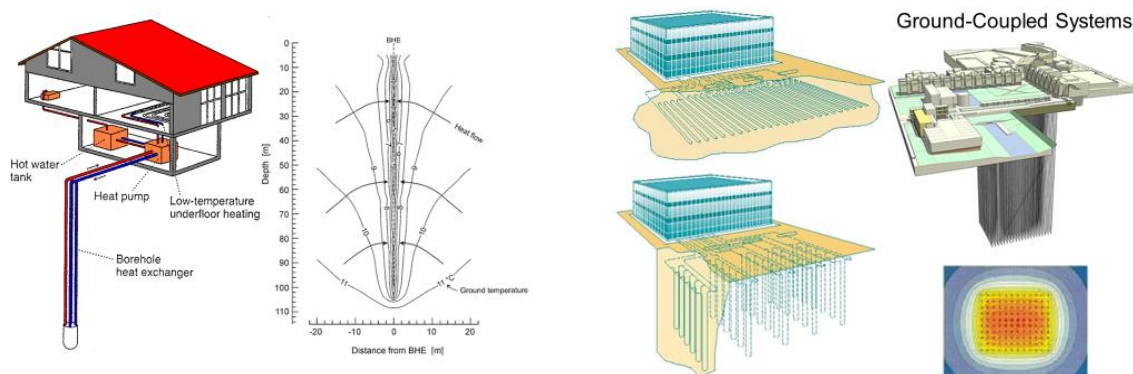


Figura 2: Piccoli e grandi sistemi collegati a terra

Un altro impiego è l'adeguamento degli edifici esistenti senza una profonda ristrutturazione della struttura esterna dell'edificio. L'isolamento termico - facciate, soffitti e finestre – è un'operazione costosa che dovrebbe essere fatta solo se ci fosse necessità di uno svecchiamento dovuto all'età dell'edificio o dal tempo intercorso dall'ultimo rinnovamento, normalmente 20 o 30 anni. Se si procede ad una ristrutturazione approfondita, il sistema di distribuzione del calore deve solitamente essere cambiato o almeno modificato per adattarsi ai nuovi carichi.

L'installazione di una pompa di calore ad aria in tipi di edifici non rinnovati avrebbe un senso solo nel caso fosse adoperata per temperature esterne inferiori all'intervallo tra  $+5^{\circ}\text{C}$  e  $-5^{\circ}\text{C}$  che consentono un SPF relativamente alto, nonostante un sistema di distribuzione di calore a medie temperature. Per temperature esterne inferiori viene utilizzata la caldaia esistente. Nel caso di una ristrutturazione, la stessa pompa di calore può essere utilizzata per coprire il carico totale senza funzionamento bivalente.

L'efficienza delle pompe di calore a terra può essere migliorata progettando un magazzino termico stagionale. Se la perdita di calore dalla sorgente di terra è sufficientemente bassa, il calore pompato al di fuori dell'edificio può essere recuperato in inverno. L'efficienza di stoccaggio termico aumenta con la portata, quindi questo vantaggio diventa significativo nei sistemi commerciali. Le possibilità per un magazzino termico stagionale sono:

- Funzionamento di riscaldamento e raffrescamento con estrazione di calore bilanciata / trasferimento di calore nel magazzino oppure
- Un impianto di riscaldamento e raffrescamento ibrido in cui il bilanciamento viene raggiunto mediante un raffrescamento supplementare del magazzino da una torre di raffrescamento o carica aggiuntiva del deposito di energia solare.

L'immagazzinamento termico stagionale può essere creato come deposito di energia termica delle falde acquifere, sistemi ben organizzati a colonna multipla, sistemi di stoccaggio di energia termica a pozzo o utilizzando le fondamenta dell'edificio come stoccaggio.

Altre fonti per il funzionamento della pompa di calore sono i tunnel sotterranei, zone delimitate, i tunnel di scarico e gli impianti di trattamento, che possono essere facilmente equipaggiati con scambiatori di calore integrati. Un'altra fonte è il calore residuo dell'industria che può essere utilizzato direttamente o tramite pompe di calore, tutte così come le applicazioni di raffrescamento e refrigerazione come centri dati, centri refrigerati, supermercati e grandi impianti di condizionamento, principalmente con una pompa di calore ausiliaria per la ricarica delle reti di teleriscaldamento.

Ma le pompe di calore possono essere utilizzate per operazioni energia-calore in caso di eccedenza di energia eolica o PV solare, utilizzando la massa di stoccaggio dell'edificio o un deposito aggiuntivo. Per una tale operazione devono essere sviluppati modelli aziendali.

#### 4. Sintesi

In origine le fonti di energia rinnovabili in Europa erano biomasse, geotermica profonda, energia termica solare ed eolica. Nel frattempo si sono aggiunte le pompe di calore. Il consenso ottenuto da queste ultime ha segnato l'inizio di una rottura nel mercato dovuta all'introduzione di questa nuova tecnologia in Europa.

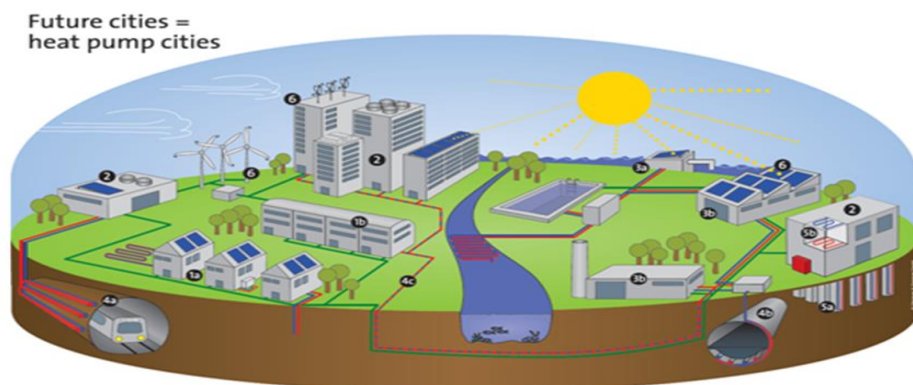


Figura 3: Città a pompa di calore

In passato, le pompe di calore geotermiche (falde acquifere, acque sotterranee e di superficie) hanno dominato il mercato. Al giorno d'oggi le pompe di calore a fonte d'aria stanno dominando; tuttavia, alcuni paesi mostrano una ripresa di sistemi geotermici. Ma altre sorgenti di calore stanno diventando sempre più interessanti come per esempio calore residuo delle industrie, centri dati, acque reflue, tunnel della metropolitana e applicazioni di riscaldamento e refrigerazione.

Ci sono tuttavia alcuni altri vantaggi nell'uso delle pompe di calore: possono utilizzare energia elettrica da fonti fluttuanti come il vento e il fotovoltaico (PV) che in combinazione con le riserve energetiche possono contribuire alla creazione di reti intelligenti. Esse agiscono come il principale sistema di generazione di calore per i sistemi di teleriscaldamento e raffrescamento utilizzando fonti naturali nonché il calore recuperato dall'industria e saranno la tecnologia chiave per rendere il mercato del riscaldamento energetico efficiente e libero da emissioni di CO<sub>2</sub>.

## **Riferimenti**

Common Implementation Roadmap for Renewable Heating and Cooling Technologies (2014), European Technology Platform on Renewable Heating and Cooling, Renewable Energy House, 63-67 Rue d'Arlon, B-1040 Brussels – Belgium.

Halozan, H., (2003), Energy efficient heating and cooling systems for buildings, Proceedings International Congress of Refrigeration 2003, Washington D.C.

Halozan, H. (2013) Heat Pumps and Buildings – Energy Efficient Heating and Cooling, International Conference on Compressors and Coolants COMPRESSORS '2013, Papiernicka, Slovakia, September 2-4, 2013.

IEA HPC (2010), Annex 29 Ground Source Heat Pumps – Overcoming Market and Technical Barriers, IEA HPC, Sittard, Netherlands, 2010

OECD/IEA (2013) Transition to Sustainable Buildings, Strategies and Opportunities to 2050, International Energy Agency, Paris, France.