



Che cos'è la pompa di calore

Si chiama **pompa di calore** un apparecchio che usa il motore elettrico di un compressore per trasferire calore in modo molto efficiente da un ambiente più freddo a uno più caldo.

Così la pompa di calore permette di riscaldare una casa d'inverno (o di raffreddarla d'estate) senza bruciare combustibili fossili come il gas metano, bensì usando l'energia elettrica prodotta, per esempio, da pannelli fotovoltaici posti sul tetto della casa, evitando quindi emissioni di gas-serra.

Il riscaldamento con la pompa di calore

La pompa di calore usata negli impianti di riscaldamento estrae calore dall'aria fredda che sta fuori dalla casa e cede calore all'aria calda che sta dentro la casa. Sposta cioè il calore in senso inverso a quello che sarebbe il flusso spontaneo dell'energia, dai corpi più caldi a quelli più freddi.

La **figura 1** illustra in modo schematico ciò che avviene:

- l'ambiente esterno e l'interno della casa sono due serbatoi di energia (detti anche *sorgenti di calore*);
- d'inverno l'aria esterna è un serbatoio freddo alla temperatura T_f , mentre l'aria dentro la casa è un serbatoio caldo alla temperatura $T_c > T_f$;
- il motore della pompa di calore, compiendo un lavoro W , estrae la quantità di calore Q_f dal serbatoio freddo e trasferisce nel serbatoio caldo una quantità di calore maggiore, pari a $Q_c = Q_f + W$.



Shutterstock

Ciò che rende molto interessante la pompa di calore è il fatto che basta un piccolo lavoro W (cioè una piccola quantità di energia elettrica) per trasferire una grande quantità di calore Q_c .

L'efficienza della pompa di calore

L'efficienza delle pompe di calore si misura con il parametro chiamato COP (*coefficient of performance*, cioè «coefficiente di prestazione»), che è il rapporto tra il calore trasferito e il lavoro speso per trasferire il calore:

$$\text{COP} = \frac{Q_c}{W} = 1 + \frac{Q_f}{W}$$

Le pompe di calore in commercio hanno comunemente un valore del COP vicino a 3: ciò significa che, per ogni joule di energia elettrica consumato per far funzionare la pompa, si riesce a riscaldare la casa con 3 J di calore.

Questa proprietà straordinaria si spiega con il fatto che la pompa deve soltanto *spostare* calore che è già presente nell'ambiente. Altre macchine termiche – per esempio, i motori a combustione interna delle automobili – sono molto meno efficienti perché devono prima produrre il calore e poi convertirlo in altre forme di energia.

Il ciclo termodinamico della pompa di calore

La pompa di calore fa circolare un fluido in un circuito dotato di due scambiatori di calore e sfrutta il *calore latente* associato ai cambiamenti di stato del fluido, come mostra lo schema della **figura 2**:

- nell'evaporatore il fluido è allo stato liquido e ha temperatura minore di T_f ; perciò l'ambiente esterno alla casa (il serbatoio freddo) gli cede il calore Q_f che fa evaporare il liquido;

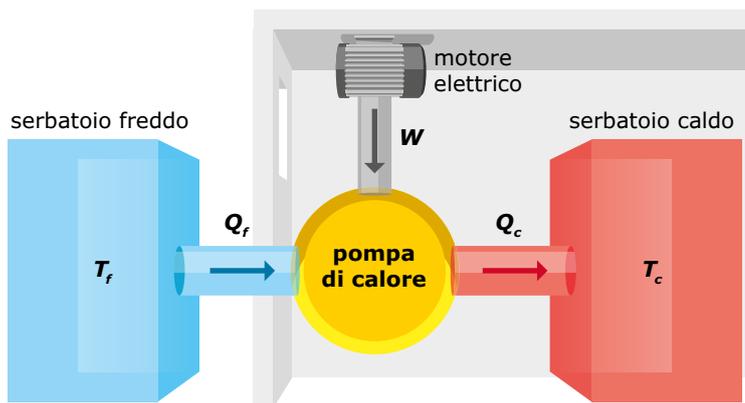


Figura 1 Uno schema del riscaldamento con una pompa di calore

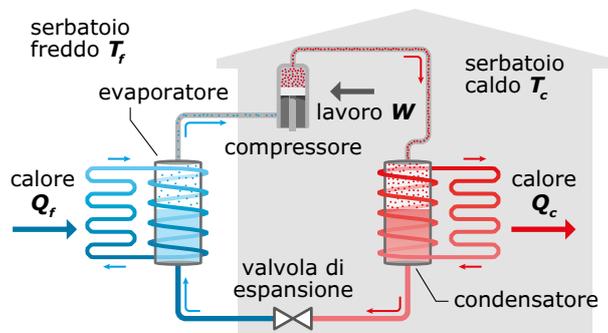


Figura 2 Come fa una pompa di calore a riscaldare

- il vapore passa attraverso la pompa, che facendo il lavoro W comprime il vapore e così lo riscalda, portandolo a temperatura maggiore di T_f ;
- nel condensatore il vapore cede all'ambiente dentro la casa (il serbatoio caldo) il calore Q_c ; così il vapore si raffredda e torna allo stato liquido;
- il liquido poi passa attraverso una valvola che lo lascia espandere, così che si raffreddi ulteriormente e torni a temperatura minore di T_f , facendo ricominciare il ciclo.

La **figura 3** rappresenta il ciclo del riscaldamento con la pompa di calore su un *diagramma di Andrews*, che descrive la relazione tra pressione e volume per un gas reale:

- le due curve colorate sono le isoterme relative al serbatoio freddo (blu) e a quello caldo (rossa);
- il calore Q_f è assorbito durante l'evaporazione, mentre Q_c è ceduto durante la condensazione;
- la fase di espansione è adiabatica, cioè non comporta scambi di calore;
- il ciclo è percorso in senso antiorario, perciò il fluido compie un lavoro *negativo* che è pari, cambiato di segno, al lavoro W fatto dalla pompa durante la fase di compressione, anch'essa adiabatica.

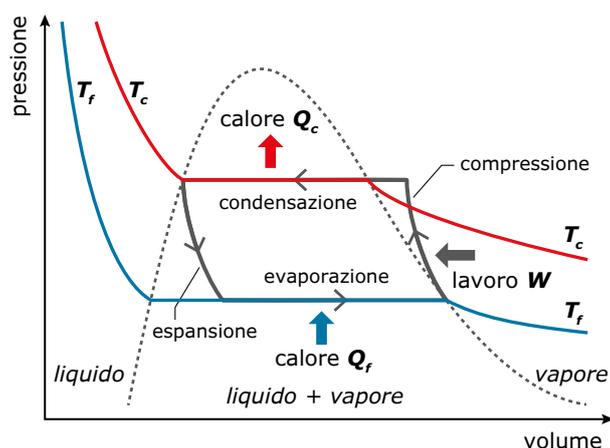


Figura 3 Il ciclo termodinamico di una pompa di calore

Pompe di calore ad aria e geotermiche

Le pompe di calore *ad aria* usano come serbatoio freddo l'aria esterna alla casa.

Nella **figura 4**, per esempio, si vede la ventola che serve per convogliare l'aria esterna sull'evaporatore.

Questo tipo di pompa è ideale per i climi moderatamente freddi, come quelli di gran parte del territorio italiano.

L'efficienza delle pompe di calore ad aria però diminuisce quando fuori fa molto freddo: riscaldare una casa a $20\text{ }^\circ\text{C}$ richiede poca energia elettrica se la temperatura esterna è $10\text{ }^\circ\text{C}$, ma ne richiede molta di più se la temperatura esterna è $-5\text{ }^\circ\text{C}$.



Figura 4 La ventola di una pompa di calore ad aria

Una buona alternativa per i climi più freddi è la pompa di calore *geotermica*, illustrata all'inizio della scheda. In questo caso lo scambiatore di calore con l'esterno è un lungo tubo che fa circolare il liquido sottoterra, prima di portarlo all'evaporatore. Il sottosuolo infatti è un ottimo serbatoio freddo, perché a un paio di metri di profondità ha una temperatura quasi costante di circa $10\text{ }^\circ\text{C}$, durante tutto l'anno, come ben sa chi ha una cantina.

Le pompe di calore geotermiche sono più costose da installare rispetto a quelle ad aria, perché richiedono un lavoro di scavo. L'investimento si recupera comunque in pochi anni, grazie al risparmio sui costi dell'energia per il riscaldamento.

La pompa di calore come condizionatore d'aria

La pompa di calore ha anche un altro vantaggio, oltre a quelli già visti: è *reversibile*, nel senso che un'opportuna valvola permette di invertire il ciclo del suo funzionamento.

Così, quando fa molto caldo, la pompa può fungere da condizionatore d'aria: estrae il calore Q_f dall'aria della casa, mantenendola fresca, e cede il calore $Q_c = Q_f + W$ all'aria esterna più calda.

In questa modalità di funzionamento però la pompa è meno efficiente, perché il lavoro del suo motore elettrico viene ceduto all'ambiente esterno e quindi va sprecato; nel ciclo di riscaldamento, invece, anche quel lavoro diventa calore ceduto all'ambiente interno alla casa.



Come funziona la pompa di calore

FISSA I CONCETTI IMPORTANTI

- 1 Una pompa di calore riscalda perché:
 - A genera calore con un compressore
 - B estrae calore da un serbatoio caldo
 - C trasferisce calore da un serbatoio freddo a uno caldo
 - D trasferisce calore da un serbatoio caldo a uno freddo
- 2 L'aria fredda:
 - A non contiene energia, può soltanto ricevere calore
 - B contiene energia che si può estrarre come calore
 - C contiene più calore rispetto all'aria calda
 - D non contiene calore, ma può compiere lavoro
- 3 L'efficienza del riscaldamento con una pompa di calore, misurata dal suo COP:
 - A è pari al 50%
 - B non può superare il 50%
 - C è sempre minore di 1
 - D è sempre maggiore di 1
- 4 Se si inverte il funzionamento di una pompa di calore usata per riscaldare, la pompa diventa equivalente a:
 - A un ventilatore
 - B un condizionatore d'aria
 - C una caldaia
 - D un termosifone

USA LE PAROLE GIUSTE

Spiega il significato delle parole sottolineate presenti nel testo. Aiutati con un dizionario o cerca su internet.

- 1 La pompa di calore permette di riscaldare usando l'energia elettrica prodotta da pannelli fotovoltaici, evitando quindi emissioni di gas-serra.
- 2 L'efficienza delle pompe di calore si misura con il parametro chiamato COP (*coefficient of performance*, cioè «coefficiente di prestazione»).
- 3 La pompa di calore sfrutta il calore latente associato ai cambiamenti di stato.
- 4 La pompa di calore geotermica fa circolare il liquido sottoterra prima di portarlo all'evaporatore.
- 5 La pompa di calore ha anche un altro vantaggio: è reversibile.

FAI UN PASSO IN PIÙ

Fai una valutazione della possibile convenienza di passare da un impianto di riscaldamento a gas a un sistema basato su una pompa di calore.

- 1 Fai una stima dell'ammontare della spesa annuale per riscaldare casa tua bruciando gas. Se a casa hai un impianto a gas, consulta le bollette facendoti aiutare dai tuoi famigliari.
- 2 Cerca dati su internet e fai una stima di quanto costerebbe sostituire una caldaia a gas con una pompa di calore ad aria.
- 3 Consulta le bollette dell'elettricità e stima quale sarebbe il costo annuale del riscaldamento con la pompa di calore che hai identificato.
- 4 Calcola quanti anni sarebbero necessari per recuperare, grazie al risparmio sul costo del riscaldamento, i costi legati alla sostituzione della caldaia con la pompa di calore.
- 5 Trai le tue conclusioni: sarebbe conveniente passare dall'impianto a gas alla pompa di calore? Motiva la tua risposta.