



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti,
dell'energia e delle comunicazioni DATEC

Ufficio federale dell'energia UFE
Divisione Efficienza energetica e energie rinnovabili

F. Rognon, agosto 2007

Le pompe di calore in 10 domande

**Risposte per le persone interessate a conoscere
meglio le pompe di calore e le loro applicazioni.**



Autore:

UFE

Sezione Energie rinnovabili

Responsabile dei settori calore ambientale, cogenerazione, centrali 2020, combustione

F. Rognon

Sommario

1. Quali tipi di energia sono sfruttati e prodotti dalle pompe di calore?.....	3
2. Qual è la quota di energia rinnovabile utilizzata dalla pompa di calore?	4
3. Quanto efficienti sono oggi le pompe di calore?	4
4. L'efficienza delle pompe di calore può essere ulteriormente migliorata?.....	4
5. In pieno inverno è possibile riscaldare l'edificio sfruttando unicamente la fonte di calore costituita dall'aria?	5
6. Le pompe di calore sono adatte per gli impianti di riscaldamento a radiatori?	5
7. Quanta energia elettrica consumano le pompe di calore?	5
8. L'impiego su larga scala delle pompe di calore implica l'importazione di energia elettrica proveniente da centrali a carbone?	6
9. Le pompe di calore contribuirebbero alla riduzione delle emissioni di CO ₂ anche se l'energia elettrica in Svizzera dovesse essere prodotta sempre più con combustibili fossili?	6
10. Quanto grande è il potenziale di impiego delle pompe di calore ?	7
11. Abbreviazioni	8
12. Bibliografia.....	8



1. Quali tipi di energia sono sfruttati e prodotti dalle pompe di calore?

Per ottenere il 100% di energia utile e di riscaldamento, si consuma circa il 30% di energia meccanica (generalmente prodotta tramite elettricità o gas), mentre il restante 70% di energia è prelevato dall'ambiente circostante sotto forma di calore ambientale; la pompa di calore porta questo calore ad una temperatura superiore e lo cede al sistema di riscaldamento. Il calore ambientale è immagazzinato nell'aria, nei corsi d'acqua e nel sottosuolo. Analogamente ai collettori solari e ai riscaldamenti a legna, le pompe di calore sfruttano energie rinnovabili, come mostrato nella figura 1.

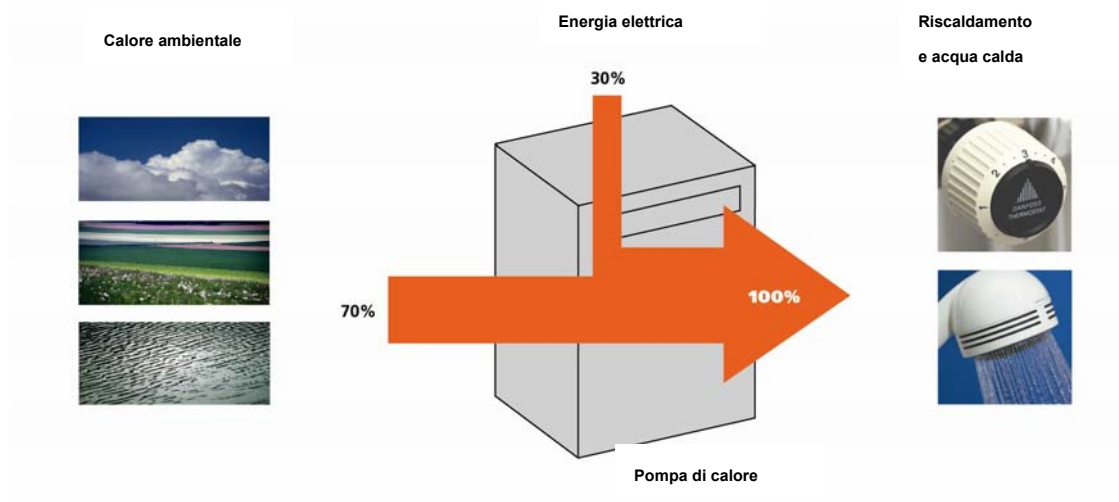


Figura 1: principio di funzionamento della pompa di calore con i flussi di energia.

Come si rinnova il calore ambientale? Attraverso la geotermia e l'energia solare.

a) Il calore prelevato dall'aria è energia solare

Senza l'irraggiamento solare non ci sarebbero precipitazioni; l'atmosfera, composta da aria e vapore acqueo, e la superficie terrestre si raffredderebbero costantemente. L'irraggiamento solare è la forza motrice di tutti i fenomeni che si verificano nella nostra atmosfera: scambio di calore con aria, suolo e acque superficiali, precipitazioni, movimenti delle masse d'aria e vento. Le acque di superficie (mari, laghi, fiumi, sorgenti), le acque sotterranee e le acque di scarico (derivanti dall'utilizzazione dell'acqua potabile) vengono costantemente rinnovate, dal punto di vista energetico, dalle precipitazioni.

Il modo più conosciuto di sfruttare la radiazione solare è quello che fa capo ai collettori solari e alle celle fotovoltaiche. Questi sistemi sfruttano la radiazione prima che raggiunga la superficie terrestre. Una volta raggiunta la superficie terrestre, infatti, i raggi solari non possono più essere raccolti con un collettore, avendo ceduto la loro energia (calore) all'aria, al terreno o all'acqua (mare, lago, fiume ecc.).



b) Il calore prelevato dal sottosuolo è energia geotermica

Oltre il 99% del globo terrestre ha una temperatura superiore a 1000 gradi. L'energia geotermica fluisce dalla parte interna del globo terrestre verso l'esterno ed è responsabile di una parte del calore immagazzinato nelle acque sotterranee e in quelle di superficie.

Dalla superficie fino a 300 metri di profondità, la temperatura aumenta in modo lineare fino a circa 25°C. Solamente con le pompe di calore è quindi possibile sfruttare il calore di origine geotermica. Ciò avviene attraverso diversi dispositivi: sonde geotermiche, pali, collettori interrati e sonde con scambiatore di calore.

2. Qual è la quota di energia rinnovabile utilizzata dalla pompa di calore?

La quota di energia rinnovabile utilizzata per coprire il fabbisogno di calore per il riscaldamento dei locali e per la produzione di acqua calda è la seguente (i valori sono arrotondati):

- pompa di calore con prelievo di calore dall'aria: dal 60% al 70%
- pompa di calore con prelievo di calore dall'acqua e dal suolo: dal 70% all'80%

A titolo di paragone:

- caldaia a gas più impianto solare: dal 10% al 30%
- caldaia a olio più impianto solare: dal 10% al 30%
- caldaia a legna: 100%

3. Quanto efficienti sono oggi le pompe di calore?

L'efficienza è misurata tramite il coefficiente di lavoro annuo, corrispondente alla media annuale del calore prodotto diviso per l'energia elettrica consumata. Il valore di questo coefficiente dipende strettamente dalla temperatura del circuito di distribuzione del calore nell'edificio, dalla temperatura della fonte di calore e dalle abitudini dell'utente. Di conseguenza non è possibile indicare un valore preciso, quanto piuttosto una banda di oscillazione.

- Utilizzando l'aria come fonte di calore si raggiungono oggi valori compresi fra 2,5 e 3,5.
- Utilizzando il sottosuolo come fonte di calore si raggiungono oggi valori compresi fra 3,0 e 5,0.

4. L'efficienza delle pompe di calore può essere ulteriormente migliorata?

Sì: la tecnologia è matura e affidabile, ma non ha esaurito tutte le sue potenzialità di sviluppo. Fra il 1970 e il 2000 l'efficienza è raddoppiata. Presumibilmente, da qui al 2025, subirà un ulteriore significativo incremento. È ipotizzabile un coefficiente di lavoro annuo medio di 4,0 se la fonte di calore utilizzata è l'aria, e di 6,0 se si preleva calore dal sottosuolo. Sfruttando le tecnologie attuali non sarà però possibile andare al di là di questi valori.

Sono allo studio nuove pompe di calore basate sull'effetto magneto-calorico che consentirebbe, a livello teorico, un coefficiente di lavoro annuo compreso fra 5,0 e 10,0 (fonte di calore: aria).



5. In pieno inverno è possibile riscaldare l'edificio sfruttando unicamente la fonte di calore costituita dall'aria?

Sull'Altopiano sì. Anche a quote più elevate è possibile, perché le attuali pompe di calore possono funzionare fino a una temperatura di -20°C . In Svizzera, gli impianti di riscaldamento sono dimensionati e progettati sulla base delle norme SIA. Sull'Altopiano svizzero, la temperatura tipica di progetto è di -8°C , mentre al Sud delle Alpi è di -4°C o inferiore. Sebbene diminuisca a basse temperature, l'efficienza della pompa di calore rimane sempre ampiamente al di sopra di 1,0: valori tipici sono, attualmente, 2,3 a -7°C e 1,9 a -15°C , con una temperatura di ingresso del circuito di distribuzione del calore di 45°C . Un aumento della temperatura di ingresso di 5°C riduce l'efficienza dell'8%.

Se la temperatura esterna scende al di sotto della temperatura di progetto, all'interno, di regola, non è più garantita la temperatura ambiente di 20°C . Questo vale però per TUTTI gli impianti di riscaldamento in Svizzera, non solo per le pompe di calore. Il dimensionamento secondo la norma prevede però anche una certa riserva: un impianto di riscaldamento progettato per -8°C copre il fabbisogno di calore fino a $-10\dots -12^{\circ}\text{C}$ (indipendentemente dal fatto che si tratti di una pompa di calore o di un bruciatore). Non bisogna dimenticare che è più importante la temperatura di ingresso del circuito di distribuzione del calore.

6. Le pompe di calore sono adatte per gli impianti di riscaldamento a radiatori?

Attualmente, le pompe di calore possono garantire una temperatura di ingresso del circuito di distribuzione del calore (e quindi di uscita dalla pompa) al massimo di $55-65^{\circ}\text{C}$. In questo caso l'efficienza (coefficiente di lavoro annuo) è di circa 2,0 (aria) e 3,0 (sottosuolo). Vale comunque la pena verificare se questa temperatura è davvero necessaria ovunque. La sostituzione dei radiatori più piccoli e critici (generalmente pochi) può consentire la riduzione della temperatura di ingresso, con un conseguente aumento dell'efficienza (una diminuzione di 5°C della temperatura di ingresso aumenta l'efficienza dell'8%).

Sono anche raccomandate misure per migliorare l'isolamento termico. Il risanamento degli impianti per la produzione dell'acqua calda può però avvenire anche indipendentemente dallo stato dell'edificio. In genere, ciò vale anche per la sostituzione dell'impianto di riscaldamento: anche una pompa di calore con un modesto coefficiente di lavoro annuo pari a 2,0 riduce le emissioni di CO_2 di un buon 20% (cfr. punto 9).

7. Quanta energia elettrica consumano le pompe di calore?

Le pompe di calore sono un'applicazione intelligente dell'energia elettrica, che viene moltiplicata e non divisa. Nel 2005, i consumi erano così suddivisi:

• consumo complessivo in Svizzera:	100%
• bruciatori di riscaldamenti a olio e a gas:	1%
• riscaldamenti elettrici a resistenza:	6%
• scaldacqua elettrici:	4%
• elettrodomestici:	13%
• motori industriali:	27%
• illuminazione:	13%
• treni, tram, funivie	5%

A titolo di paragone:

• 100'000 pompe di calore (situazione a fine 2005)	1,3%
• 400'000 pompe di calore (obiettivo per fine 2020)	4%



La sostituzione di tutti i riscaldamenti elettrici a resistenza e di tutti gli scaldacqua elettrici renderebbe disponibile una quantità di energia elettrica sufficiente ad azionare 1 milione di pompe di calore!

8. L'impiego su larga scala delle pompe di calore implica l'importazione di energia elettrica proveniente da centrali a carbone?

Un pregiudizio ampiamente diffuso si basa sull'ipotesi che per il funzionamento di una pompa di calore si utilizzi energia elettrica prodotta da centrali a combustibili fossili con un rendimento elettrico del 33% (situazione limite). Con questo scenario, che è il peggiore fra tutti quelli possibili, si giunge ovviamente alla conclusione che le pompe di calore con un coefficiente di lavoro annuo inferiore a 3,0 non sono vantaggiose dal punto di vista ecologico. Questa "tesi delle centrali a carbone" non è però sostenibile.

Essa considera infatti la pompa di calore come un consumatore "di punta", il cui fabbisogno di energia elettrica può essere coperto solamente immettendo in rete corrente prodotta con le centrali meno pulite. Questa ipotesi è però errata. In Svizzera, le pompe di calore vengono sostanzialmente fatte funzionare con forniture interrompibili di energia elettrica. Esse vengono disinserite durante i picchi di consumo e non contribuiscono quindi ad alimentarli.

Dal 1990, l'UFE persegue sistematicamente questa strategia per incentivare l'uso delle pompe di calore: il loro funzionamento viene fatto dipendere da impianti di cogenerazione¹ e non da importazioni di energia elettrica. In questo modo si garantisce che la cogenerazione basata su vettori energetici fossili non peggiori il bilancio delle emissioni di CO₂ della Svizzera. Questa strategia combinata cogenerazione-pompe di calore comporta un risparmio di energia primaria compreso fra il 30% e il 50%, a parità di produzione di calore utile.

In questo contesto occorre ricordare che, in Svizzera, le pompe di calore utilizzano solo l'1,3% circa del consumo indigeno di elettricità. I riscaldamenti a resistenza elettrica e gli scaldacqua elettrici, che dovrebbero essere per quanto possibile sostituiti con pompe di calore, detengono ancora una quota rispettivamente del 6% e del 4% del consumo complessivo.

9. Le pompe di calore contribuirebbero alla riduzione delle emissioni di CO₂ anche se l'energia elettrica in Svizzera dovesse essere prodotta sempre più con combustibili fossili?

Allo stato attuale della tecnica, la risposta è senz'altro sì:

- Se l'energia elettrica proviene da un impianto di cogenerazione (detto anche centrale a blocco) decentrato e alimentato da combustibili fossili, è sufficiente un coefficiente di lavoro annuo di 1,3.
- Se l'energia elettrica proviene da una centrale a gas (di origine fossile) a ciclo combinato (senza sfruttamento del calore residuo), è sufficiente un coefficiente di lavoro annuo di 1,8.

¹ Per la cogenerazione entrano in linea di conto le seguenti tecnologie: macchine a combustione interna a pistoni (motori a gas e diesel), macchine Stirling, celle a combustibile e turbine. Mentre le prime, per ragioni tecnico-economiche, sono utilizzate soprattutto negli impianti a bassa potenza (da 2 kW a 1 MW), le turbine sono di regola impiegate negli impianti di maggiore potenza. Nel caso delle turbine, sono possibili sia semplici cicli a vapore (rendimento elettrico circa 20-35%), sia centrali a ciclo combinato gas-vapore (rendimento elettrico fino al 58%)



La figura 2 mostra le emissioni di CO₂ in funzione del coefficiente di prestazione, per diversi sistemi di produzione dell'energia elettrica necessaria per il funzionamento della pompa di calore.

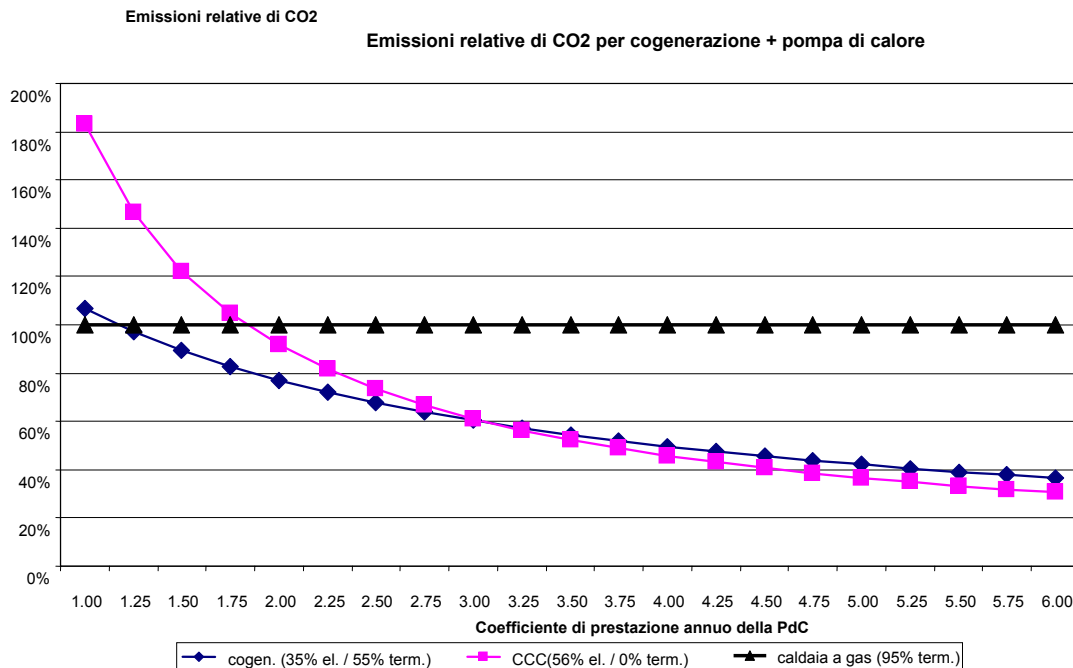


Figura 2: emissioni relative di CO₂ determinate da una pompa di calore azionata con energia elettrica prodotta con impianto di cogenerazione o centrale a ciclo combinato (CCC), in funzione del coefficiente di prestazione annuo della pompa di calore. Le indicazioni percentuali corrispondono ai gradi di sfruttamento per un periodo di riscaldamento, riferiti al valore energetico inferiore del gas naturale. Riferimento: caldaia a gas a condensazione.

Ipotesi: rendimento della cogenerazione: 35% elettrico e 55% termico, rendimento della CCC: 56% elettrico e 0% termico (nessuno sfruttamento del calore residuo).

Già nel caso meno favorevole di risanamento dell'impianto di riscaldamento con l'installazione di una pompa di calore avente un coefficiente di lavoro annuo di 2,6 (aria) o 3,4 (sottosuolo), le emissioni di CO₂ risultano inferiori del 40% - 50% rispetto ai migliori bruciatori. Negli edifici nuovi la riduzione può superare il 60%. Con l'acquisto di elettricità "verde" si può addirittura ridurre a zero le emissioni.

10. Quanto grande è il potenziale di impiego delle pompe di calore ?

Secondo i dati del censimento del 2000, in Svizzera vi sono complessivamente 1'400'000 impianti di riscaldamento: 800'000 con bruciatori ad olio, 200'000 con bruciatori a gas e 170'000 con riscaldamento a resistenza elettrica (le cifre sono arrotondate). I riscaldamenti a olio e a gas sono responsabili di quasi la metà di tutte le emissioni di CO₂ della Svizzera.

In considerazione delle attuali caratteristiche tecniche e di economicità delle pompe di calore, sarebbe oggi possibile sostituire circa un terzo dei vecchi impianti di riscaldamento; ciò corrisponde a un potenziale di installazione di 400'000 pompe di calore. Le fonti di calore ambientale disponibili non rappresentano un fattore di limitazione. Con le tecnologie oggi disponibili, le fonti di calore sfruttabili nelle vicinanze dei consumatori finali sarebbero sufficienti a scaldare più volte l'intero patrimonio immobiliare svizzero.

L'energia elettrica necessaria per azionare le pompe di calore potrebbe essere fornita da circa 20'000 impianti di cogenerazione (centrali termoelettriche a blocco) decentrati o da due grandi centrali a ciclo combinato, oppure da una combinazione di queste due modalità di produzione.



11. Abbreviazioni

a, /a	anno, all'anno
CCC	centrale a ciclo combinato (combinazione di turbina a gas e turbina a vapore in una centrale elettrica)
cogen.	cogenerazione
CLA	coefficiente di lavoro annuo
CTEB	centrale termoelettrica a blocco
el.	elettrico
equiv.	equivalente
GWh	gigawattora
h	ora
kW	chilowatt
PdC	pompa di calore
PJ	petajoule
term.	termico
TWh	terawattora

12. Bibliografia

- Obiettivi del programma SvizzeraEnergia, obiettivi settoriali e contributi al raggiungimento degli obiettivi 2001 e 2002, UFE, Berna, febbraio 2004
Dati secondo cap. 6.1 pag. 28, cap. 3.4, pag.12 e cap. 3.3, pag.11:
Consumo complessivo di combustibili fossili per il riscaldamento e la produzione di acqua calda negli edifici abitativi e lavorativi: $223'670 + 67'413 = 291'083$ TJ
Obiettivo SvizzeraEnergia per i combustibili, complessivamente: 50'503 TJ
Obiettivo SvizzeraEnergia per i combustibili, contributo da parte delle energie rinnovabili necessario per il raggiungimento dell'obiettivo: 10'800 TJ
- Statistica globale dell'energia in Svizzera 2005, UFE, Berna, agosto 2006
- Steps toward a sustainable development, A white book for R&D of energy-efficient technologies, Novatlantis, E. Jochem (Editor), CEPE ETH, Zurigo, marzo 2004
- Piano calore ambientale, cogenerazione, refrigerazione 2004-2007, approvato dalla CORE il 10.9.2004
- M. Ehrbar, M. Erb, P. Hubacher, Feldanalyse von Wärmepumpenanlagen FAWA 1996-2003, rapporto conclusivo, aprile 2004, ENET 240016
- Das Potenzial von Wärmepumpen-Heizungen im Falle eines Erdoel-Lieferstoppes, UFE, Berna, luglio 1983 (documento di lavoro interno, ancora una copia in archivio).
- F. Rognon, Förderung der erneuerbaren Energien durch das Bundesamt für Energie: Ziele für Wärmepumpen und Umfeld für grosse Wärmepumpen, negli atti della nona giornata UAW del 2002, ENET 220358.
- Ufficio federale di statistica, censimento della popolazione 2000, indicatori di edifici e abitazioni, da www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/bau-_und_wohnungswesen.
- Projekt GaBE: Ganzheitliche Betrachtung von Energiesystemen, Perspektiven der zukünftigen Strom- & Wärmeversorgung für die Schweiz, PSI, Villigen, agosto 2001.
- Road Map für die erneuerbaren Energien in der Schweiz bis 2050, SATW, Berna, novembre 2004
- R. Rigassi, HP. Eicher, Zukünftige Marktbedeutung von WKK- Anlagen ($1-1'000kW_{el}$), UFE, Berna, 2003
- Ueberprüfung der Erhebung der Widerstandsheizungen, UFE, sezione Statistica, nota del 8.9.2003
- Die Wärme-Kraft-Kopplung im Programm EnergieSchweiz, UFE, agosto 2003 (ID doc. 003692950)
- J. Nipkow, Stand-by-Verbrauch von Haushaltgeräten, UFE, Berna, giugno 2003
- M. Zogg, Wärme und Strom aus Brennstoffen – effizient und umweltschonend, UFE, maggio 2002
- D. Favrat, G. Sarlos et al., Projet PACLAC, Valorisation de l'énergie thermique des lacs pour le chauffage urbain, Rapport final, NEFF, mars 1995
- M. Strebel, W. Seidinger, Heizkörperwärmepumpe, Zusammenfassung bisher erarbeiteter Informationen und Grundlagen zur Förderstrategie, UFE, Berna, agosto 1997
- UNO-IPCC TAR (2001), cap. 1.2.1, http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/041.htm#121
- F. Rognon, Energetische Potenziale von Wärmepumpen kombiniert mit Wärme-Kraft-Kopplung, UFE, Berna, giugno 2005