

LA DECARBONIZZAZIONE UE DEL RISCALDAMENTO RICHIEDE L'INNOVAZIONE DELLE POMPE DI CALORE DI GRANDI DIMENSIONI

Torben Funder-Kristensen, Ph.D.

Responsabile degli affari pubblici per l'industria, Danfoss Cooling

Jan Eric Thorsen, M.Sc.

Direttore del centro applicazioni di riscaldamento, Danfoss Heating

Drew Turner,

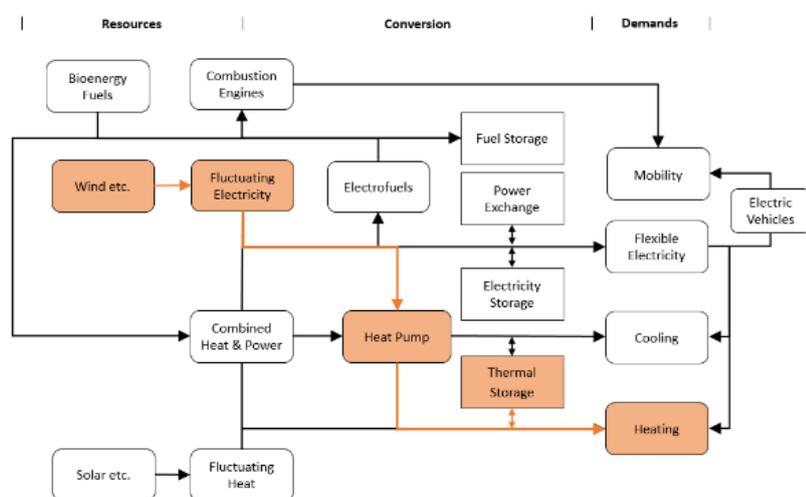
M.Sc. Global Marketing Manager, Danfoss Cooling

Leping Zhang,

M.Sc. Architetto di sistema, Danfoss Cooling

Sommario: la Heat Roadmap Europe (HRE4) illustra la capacità termica necessaria per uno scenario di riscaldamento decarbonizzato. Le pompe di calore di grandi dimensioni costituiscono una delle tecnologie più importanti per ottenere una futura alimentazione di calore decarbonizzato. Nel presente articolo viene fornita una panoramica quantitativa della domanda nell'Unione europea. Sulla base di questa prospettiva futura, è importante che i fornitori e gli sviluppatori di tecnologie per pompe di calore di grandi dimensioni raccolgano la sfida e tengano conto delle opportunità e dei requisiti necessari per ottenere risultati ottimali. Inoltre, vengono descritte le condizioni delle reti di teleriscaldamento e delle fonti di calore per individuare le tecnologie più adeguate alle pompe di calore. L'articolo valuta anche le opportunità di coinvolgere i fornitori di riscaldamento decentralizzato come supermercati e chiller, tradizionalmente destinati al solo raffreddamento.

Introduzione: gli obiettivi energetici dell'UE per il 2030 e la prospettiva di decarbonizzazione a lungo termine per il 2050 richiedono soluzioni intersettoriali tra le più efficienti e innovative. Il riscaldamento degli edifici rappresenta il maggiore consumo energetico e l'attenzione sulla fonte di emissioni di CO₂ è finalizzata alla progettazione di un sistema resistente ed



efficiente, capace di fornire calore a prezzi accessibili per tutti. Per ridurre al minimo gli investimenti, la domanda di energia deve essere ridotta con misure di efficienza energetica e ottimizzando le prestazioni dei sistemi tecnici per l'edilizia; inoltre, è necessario stabilire un sistema di approvvigionamento di calore efficiente e decarbonizzarlo, con particolare

Figura 1: Funzionamento di un sistema energetico intelligente con integrazione dell'energia eolica [1].

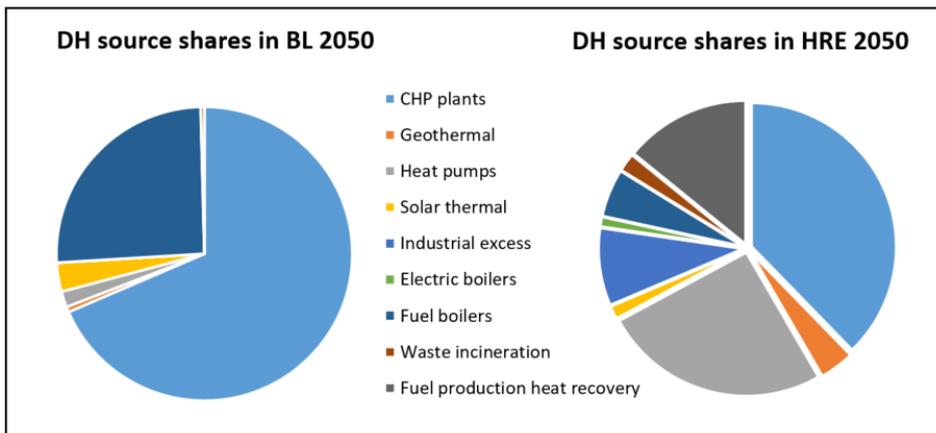


Figura 2: Quota rappresentata dalla sorgente di teleriscaldamento per il 2050. HRE è il modello decarbonizzato [1]

attenzione per le energie rinnovabili. La natura dell'offerta di energia primaria rinnovabile costringerà la domanda e l'offerta a diventare molto più integrate e questo richiederà, di conseguenza, nuove applicazioni e tecnologie quali la flessibilità della

domanda e lo stoccaggio di energia termica o elettrica. Gli studi /1/ /2/ della Heat Roadmap Europe (HRE) dimostrano che l'aumento del teleriscaldamento per soddisfare il 50% della domanda di calore totale, insieme a una capacità delle pompe di calore di 40 GW in media, può soddisfare fino al 15% della domanda totale di calore. Nei periodi di surplus di energia elettrica rinnovabile, le pompe di calore dovrebbero fornire la maggior parte del calore e utilizzare l'energia termica stoccata. Si stima che le pompe di calore di grandi dimensioni producano 520 TWh/anno con un coefficiente di rendimento (COP) pari a 3 (vedere figura 2). Tale aumento consente un maggiore impiego di fonti di calore alternative, come il calore geotermico e il calore residuo dei data center, e allo stesso tempo può utilizzare energia elettrica rinnovabile intermittente. Mentre il COP ottenuto nei sistemi di raffreddamento è importante, sebbene non rappresenti un fattore aziendale primario a causa dei modelli aziendali esistenti, quello ottenuto nel riscaldamento mediante pompe di calore è un fattore aziendale primario per gli operatori di teleriscaldamento che dipende da alcuni parametri di base come *l'innalzamento della temperatura* e la *tecnologia* alla base dei sistemi a pompa di calore.

Innalzamento della temperatura: l'innalzamento della temperatura è la differenza tra la temperatura di ingresso della fonte di calore e la temperatura fornita al sistema di teleriscaldamento (uscita). Le reti di teleriscaldamento si sono sviluppate nel corso di oltre 130 anni e possono essere suddivise in quattro generazioni. Per semplicità, i sistemi vengono chiamati con il nome della generazione come 3G o 4G. Il principale parametro che caratterizza il livello G del sistema è la temperatura della linea di mandata. I sistemi 3G hanno una temperatura di mandata inferiore a 100 °C, mentre i nuovi sistemi 4G scenderanno fino a 40 °C [4]. L'efficienza complessiva del sistema aumenta con l'abbassamento della temperatura ed è possibile aggiungere fonti di calore decentralizzate come le pompe di calore o il calore residuo dei supermercati. Il primo parametro che determina il grado di abbassamento della temperatura di mandata è la dimensione delle superfici riscaldanti degli edifici. Le grandi superfici che utilizzano, ad esempio, il riscaldamento a pavimento, possono usare acqua a 40 °C mentre i vecchi radiatori di edifici scarsamente isolati richiedono 80 °C almeno nei periodi freddi. Il riscaldamento a bassa temperatura è ancora un caso raro per la maggior parte degli immobili nell'UE, ma dovrebbe svilupparsi con la ristrutturazione di questi ultimi. Per le nuove aree urbane, il teleriscaldamento a bassa temperatura è una scelta naturale. Le esigenze specifiche per le alte temperature saranno poi risolte con pompe di calore dedicate.

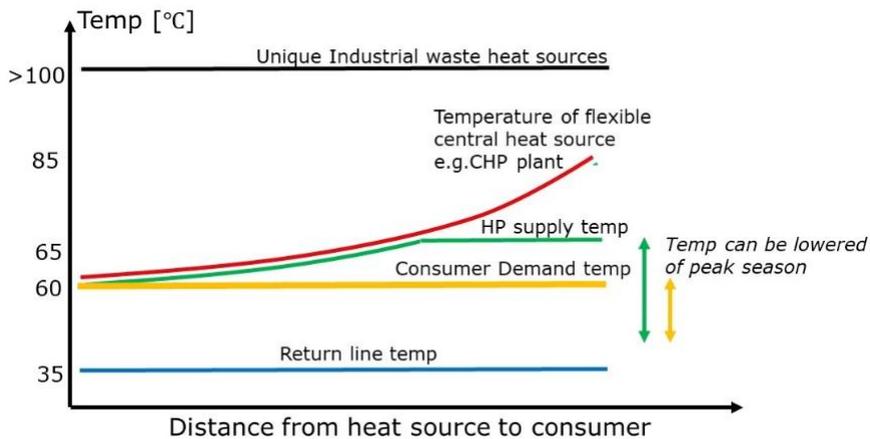


Figura 4: Temperatura della linea di mandata del sistema di teleriscaldamento rispetto alle esigenze della domanda

Un altro parametro che determina la temperatura di mandata del sistema di teleriscaldamento è la sua architettura, ovvero il diametro del tubo, la distanza tra le fonti di approvvigionamento termico e la densità delle utenze finali. Le variazioni stagionali in termini di domanda di calore determinano le condizioni per le temperature della linea di mandata, ma in

genere si tende ad abbassarle anche durante l'inverno. Normalmente si consiglia di abbassare la temperatura fino alla chiamata dell'utenza di calore più esigente. In questo modo si possono intraprendere azioni mirate per aumentare le prestazioni di quella specifica utenza, come ad esempio un migliore isolamento, ecc. Ogni città offre particolari opportunità in termini di grandi fonti di calore, come ad esempio impianti di cogenerazione, impianti industriali, data center, acqua di mare, ecc. Ovviamente questo deve tener conto del profilo del sistema di teleriscaldamento e probabilmente anche della temperatura di mandata,

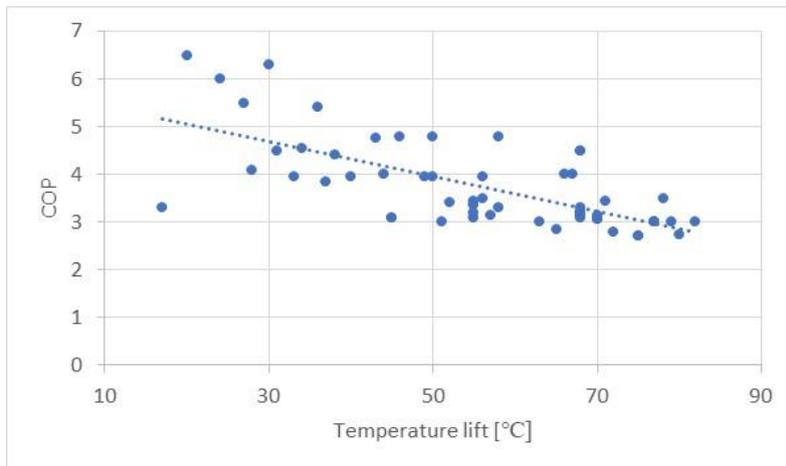


Figura 5: rapporto tra COP delle pompe di calore e innalzamento della temperatura; dati provenienti da [1]

poiché alcune fonti di calore possono avere temperature più elevate di altre.

La temperatura della linea di mandata non riflette necessariamente la domanda dei consumatori finali, ma può spesso basarsi sui vincoli delle tubazioni della rete o su fonti di calore specifiche. È possibile ottenere una temperatura più bassa, che assicura una capacità sufficiente in tutta la rete, disponendo di più fonti energetiche distribuite e

decentralizzate come le pompe di calore: pompe di calore più piccole possono aumentare le temperature di mandata 4G per appartamenti o condomini, mentre pompe di calore di grandi dimensioni possono fornire calore alla rete tramite geotermia. Anche il settore terziario, come i supermercati, ha dimostrato di essere in grado di produrre calore extra per il teleriscaldamento. Questo aspetto è già risultato un fattore importante da valutare quando si pianifica l'introduzione delle pompe di calore nella rete di teleriscaldamento, con la conclusione che l'innalzamento di temperatura necessario può spesso essere inferiore rispetto alla temperatura di mandata dichiarata. Si tratta di un parametro importante da considerare quando si parla della fornitura di calore mediante pompa di calore.

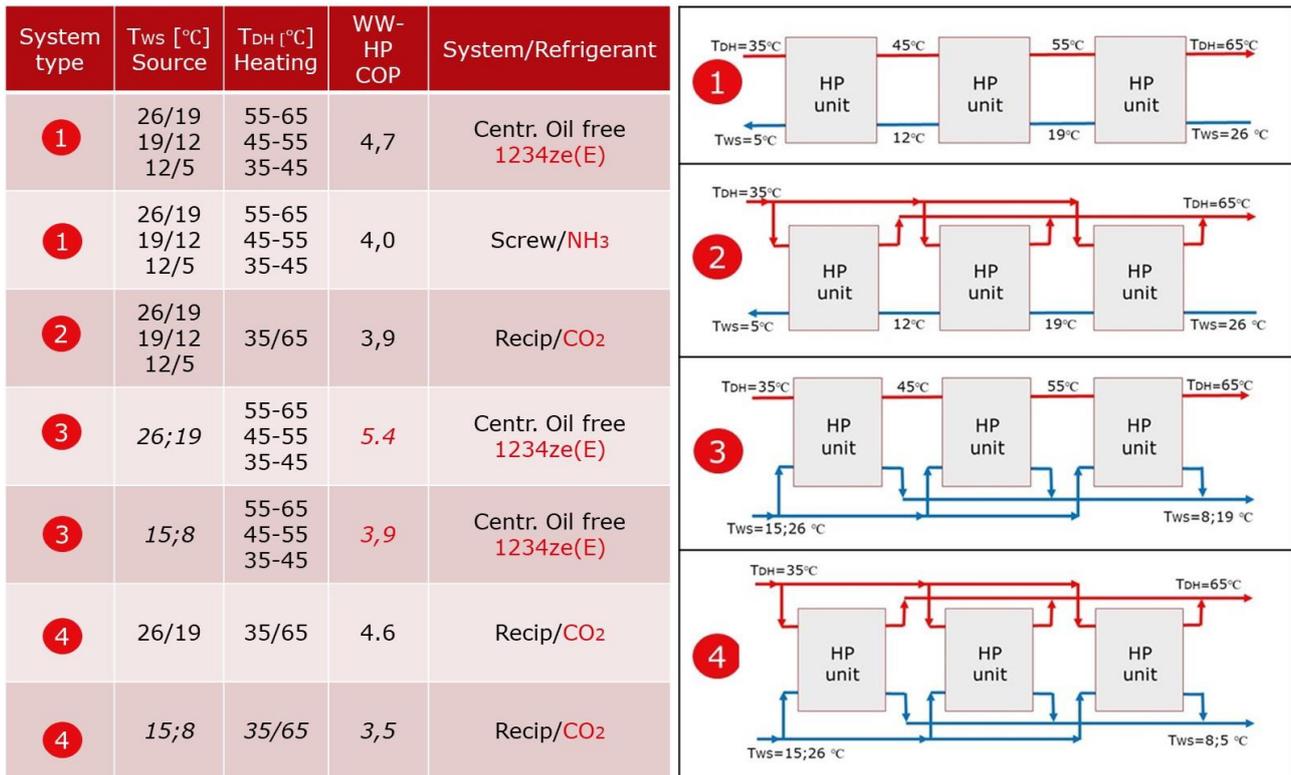


Figura 6: Confronto tra tipo di sistema e refrigerante

Tecnologia alla base dei sistemi a pompa di calore a basso GWP: le pompe di calore superiori a 1 MW sono spesso basate sulla ormai nota tecnologia dell'ammoniaca e descritte in vari articoli. Inoltre, le pompe di calore CO₂ possono essere una valida fonte di teleriscaldamento ad alta temperatura, ma risultano ancora poco diffuse. Il refrigerante HFO, R1234ze(E), è stato introdotto sul mercato negli ultimi anni e presenta ottime prestazioni delle pompe di calore grazie al suo elevato punto critico (109,4 °C) e, per via del suo elevato peso molecolare, può essere utilizzato anche per i compressori centrifughi. Supponendo un innalzamento della temperatura di 30-50 °C, normalmente si consigliano due-tre stadi di compressione; tuttavia, la CO₂, grazie alle sue proprietà transcritiche, può utilizzare la tecnologia degli scambiatori di calore in controcorrente e dimostrarsi efficace anche per la compressione monostadio. Uno studio [1] mostra i valori COP di 149 pompe di calore di grandi dimensioni installati nell'UE con capacità fino a 230 MW e capacità medie >10 MW. Se si osserva la figura 6, nonostante la chiara linea di tendenza, è evidente un'elevata deviazione del COP riportato che può essere spiegata da numerosi fattori dipendenti dall'architettura del sistema, dal ciclo operativo On/Off o VSD, dal livello di manutenzione, ecc. In linea di massima, più elevata è la capacità del sistema, maggiore è l'efficienza dovuta a un maggiore livello di complessità e alle procedure di ottimizzazione. Si noti che un'eventuale futura installazione di pompe di calore geotermiche di grandi dimensioni presenterebbe limiti di capacità di circa 5-10 MW e richiederebbe la progettazione di un maggior numero di sistemi modulari.

Confronto dei sistemi: le macchine per il condizionamento dell'aria senza olio, che utilizzano compressori centrifughi, hanno un'efficienza energetica superiore, dimensioni ridotte e bassa rumorosità grazie all'elevato numero di giri/min. e al funzionamento senza contatto. Anche se i sistemi senza olio non sono ancora stati utilizzati per pompe di calore di grandi dimensioni, sono notoriamente interessanti per l'elevata efficienza e la bassa rumorosità che li rende adatti all'installazione in aree densamente popolate. Per valutarne l'efficienza rispetto ad altri refrigeranti a basso GWP, abbiamo effettuato semplici simulazioni confrontando la tecnologia dei compressori alternativi CO₂ e la tecnologia dei compressori a vite NH₃ con sistemi all'avanguardia senza olio per pompe di calore della capacità di circa 2 MW. Sarà probabilmente possibile ottenere una maggiore efficienza in futuro grazie alla continua ricerca sull'utilizzo di miscele di refrigerante a basso GWP adatte per scambiatori di calore in controcorrente [5].

Tutti i sistemi utilizzano un economizzatore. I sistemi CO₂ ed NH₃ sono più complessi a causa della gestione dell'olio. I sistemi CO₂ esaminati non utilizzano eiettori né compressori in parallelo. I risultati mostrano valori COP del sistema che vanno da 3,5 a 5,4 a seconda delle temperature di approvvigionamento idrico di 15 °C (sorgente geotermica ad alta temperatura) e 26 °C (calore proveniente dai Data Center). Il sistema senza olio mostra buoni risultati significativi con una complessità ridotta, per cui è adatto alla produzione nei sistemi di grandi dimensioni.

Conclusioni: le prospettive energetiche per l'Europa richiedono un aumento consistente e investimenti nelle reti di teleriscaldamento. Il teleriscaldamento favorirà le pompe di calore di grandi dimensioni necessarie per adottare la crescente quantità di energia elettrica rinnovabile.

Le esigenze di temperatura della rete di teleriscaldamento sono costantemente diminuite nel tempo e si prevede che quelle future si abbasseranno di 40 °C consentendo la presenza di fornitori di calore decentralizzati come i supermercati.

Le pompe di calore possono essere efficacemente introdotte su vasta scala come fonti di calore decentralizzate a zero emissioni di carbonio. La semplicità dei sistemi, la bassa rumorosità e la sicurezza del refrigerante sono fattori qualificanti per installare pompe di dimensioni MW nelle città.

L'efficienza delle pompe di calore è il parametro aziendale per la fornitura di calore a prezzi accessibili. Efficienza, sicurezza e scarsa rumorosità delle pompe di calore sono assicurate da sistemi a pompa di calore senza olio.

Bibliografia

- 1 :Andrei David et al, Heat Roadmap Europe: Large-Scale Electric Heat Pumps in District Heating Systems; *Energies* 2017, 10, 578; www.mdpi.com/journal/energies
- 2: Connolly, D. et al, Heat Roadmap Europe: First Pre-Study for EU27; Aalborg University: Aalborg, Danimarca, 2012. 7.
- 3: Connolly, D. et al, Heat Roadmap Europe: Second Pre-Study; Aalborg University: Aalborg, Danimarca, 2013.
- 4: Lund, H. et. al. (2014) 4th Generation District Heating (4GDH). Integrating Smart Thermal Grids into Future Sustainable Energy Systems. *Energy* 68(2014) 1-11.
- 5: Zühlsdorf B., et al, Heat pump working fluid selection—economic and thermodynamic comparison of criteria and boundary conditions, *International Journal of Refrigeration* 98 (2019) 500–513.

