

Elettrificare il calore nei processi industriali:

il ruolo strategico delle pompe di calore ad alta temperatura

Matteo Cameletti, Sales manager and business developer heat pumps
EXERGY INTERNATIONAL

Verso l'elettrificazione del calore di processo

L'industria rappresenta circa il 30% dei consumi energetici globali, ancora in larga parte coperti da combustibili fossili. In questo scenario, la decarbonizzazione non riguarda esclusivamente i settori ad alta intensità energetica, ma coinvolge anche comparti come alimentare, tessile, della carta, chimico e manifatturiero, caratterizzati da elevati fabbisogni di calore a bassa e media temperatura.

Questi usi – spesso inferiori ai 200 °C – rappresentano una quota significativa della domanda energetica industriale e costituiscono un ambito particolarmente adatto all'elettrificazione. Tecnologie elettriche già disponibili, tra cui le pompe di calore, consentono di ridurre il consumo di combustibili fossili migliorando al contempo l'efficienza dei processi.

Le pompe di calore: potenziale, contesto di mercato e sfide

Nel percorso di decarbonizzazione dei consumi termici in Italia, le pompe di calore possono svolgere un ruolo centrale nell'elettificazione dei processi industriali. Tecnologie già mature e disponibili consentirebbero infatti, già oggi, di ridurre fino al 60% della domanda di combustibili fossili per la produzione di calore nei siti industriali, con un potenziale particolarmente elevato nei settori a bassa e media temperatura: nella cartaria, ad esempio, si stima che fino al 65% dei processi possa essere elettrificato tramite pompe di calore, nell'industria alimentare circa il 40%, mentre nel settore chimico la quota potenzialmente coperta può arrivare a circa un 25% della domanda di calore (fonte: Studio Fire: Catena del valore delle tecnologie di elettificazione industriale in Italia – Febbraio 2026).

La valorizzazione di questo potenziale dipende tuttavia da un quadro regolatorio e di mercato favorevole. In questa direzione si inseriscono diversi strumenti: il Piano Transizione 5.0, che incentiva investimenti in tecnologie efficienti a fronte di riduzioni misurabili dei consumi energetici e che dal 2026 prevede meccanismi di iperammortamento fino al 180% consentendo una significativa riduzione del carico fiscale associato ai progetti di efficientamento energetico; il sistema dei Certificati Bianchi, che riconosce economicamente i risparmi energetici; e altri strumenti come Conto Termico e Fondo per l'efficienza energetica. A questi si affianca il crescente impatto del prezzo della CO₂ nel sistema ETS, oggi su valori dell'ordine di 70-80 €/t, che rafforza la competitività delle soluzioni elettriche.

Sul piano normativo, il recepimento della direttiva RED III e l'introduzione del decreto OIERT contribuiscono a spingere l'integrazione di fonti rinnovabili anche nel settore termico.

La combinazione tra incentivi agli investimenti, digitalizzazione degli impianti, valorizzazione economica della CO₂ evitata e obblighi di incremento della quota rinnovabile nel calore venduto crea quindi un contesto sempre più favorevole alle pompe di calore industriali.

Per massimizzare il valore dell'investimento è comunque importante valutare il quadro energetico complessivo, considerando anche il rapporto tra costo dell'energia elettrica e del gas naturale assieme alle opportunità offerte da incentivi e strumenti di supporto all'efficienza energetica.

La sfida allo sviluppo delle pompe di calore non è più soltanto tecnologica, ma anche progettuale, regolatoria e finanziaria: occorre saper costruire soluzioni che massimizzino il rendimento energetico, garantiscano continuità operativa e consentano di intercettare correttamente gli strumenti di supporto disponibili.

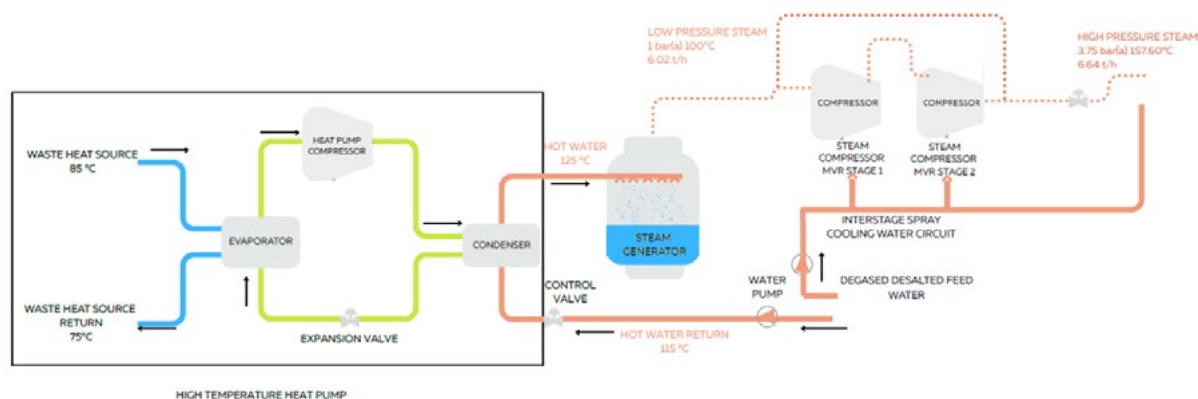
Case study – Integrazione HP + MVR in impianto chimico

Exergy International, fornitore di tecnologie per la trasformazione del calore in energia pulita con 600 MWe in portafogli, ha sviluppato la serie X Heat®, che include pompe di calore a compressione di vapore e sistemi di Mechanical Vapour Recompression (MVR) per applicazioni industriali di media e grande scala. Le soluzioni consentono la produzione di calore da circa 50 °C fino a oltre 90 °C tramite cicli VCC; per temperature superiori a 150 °C, viene impiegata la tecnologia MVR per la ricomprensione del vapore.

Un caso applicativo di interesse è stato recentemente implementato da Exergy in un impianto chimico di produzione di PET situato in Cina per il cliente TONGKUN HENGTONG. Exergy ha realizzato tre linee

integrate basate su pompe di calore ad alta temperatura e Mechanical Vapour Recompression (MVR), per una capacità termica complessiva di 14 MWth. Il sistema è progettato per valorizzare flussi di calore di scarto a bassa temperatura (60–70 °C), convertendoli in vapore ad alta pressione per uso di processo.

La pompa di calore recupera il calore tramite evaporatore e lo eleva a circa 125 °C lato condensazione, alimentando un generatore di vapore. Il circuito opera con ritorni a circa 115 °C. Il vapore prodotto a bassa pressione (100 °C, 1 Bar(a)) viene quindi inviato alla sezione MVR.



La ricompressione avviene in due stadi con intercooling intermedio, consentendo di raggiungere condizioni di vapore fino a 160 °C a 3 bar(a) in linea con i requisiti di processo. La configurazione multistadio consente di gestire elevati salti termici mantenendo un'elevata efficienza complessiva con un COP di 3.71.



L'integrazione tra pompa di calore e MVR consente di massimizzare il recupero energetico da sorgenti a bassa temperatura, garantendo continuità operativa e un'efficace integrazione con le utenze di vapore esistenti.

Benefici

L'intervento consente di:

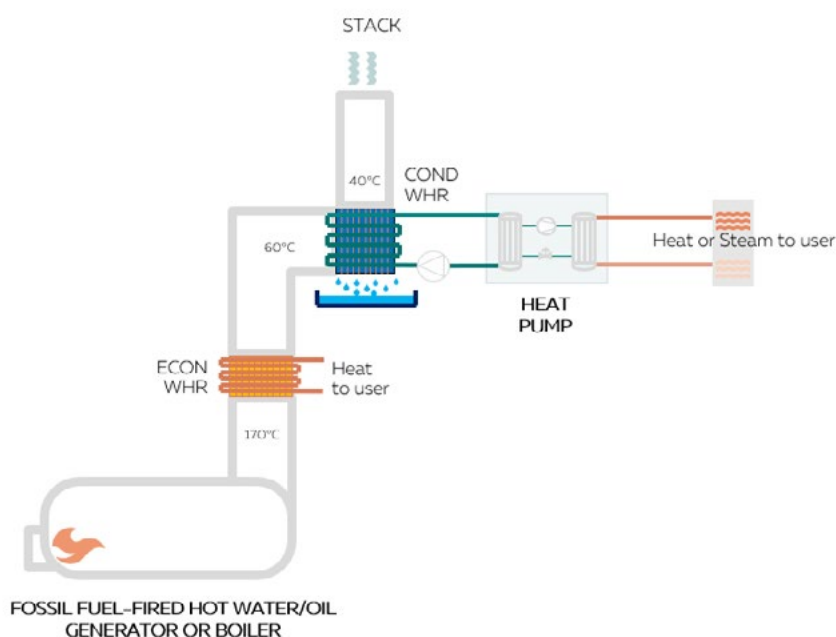
- incrementare l'efficienza termica complessiva
- ridurre il consumo di energia primaria e di combustibili fossili
- abbattere i costi operativi e le emissioni di CO₂

La soluzione, integrata senza modifiche invasive, risulta replicabile in contesti industriali analoghi caratterizzati da disponibilità di calore di scarto e fabbisogni termici continui.

Case study – Integrazione boiler + HP in industria del legno

Un altro caso particolarmente significativo riguarda un impianto realizzato da Exergy presso un sito industriale italiano operante nell'industria del legno, caratterizzato da un fabbisogno continuo di calore di processo.

Il sistema esistente è basato su un boiler alimentato a combustibile fossile, operante a circa 170°C, affiancato da soluzioni di recupero termico sui fumi. L'intervento di efficientamento energetico ha operato sulla presenza di diversi livelli termici: accanto al circuito principale ad alta temperatura, una quota di calore viene recuperata intorno ai 60°C tramite economizzatore, mentre una parte residuale, a circa 40°C, è stata valorizzata con l'innesto di una pompa di calore.



L'intervento ha introdotto una configurazione ibrida che combina il boiler con una pompa di calore ad alta temperatura da 400 kW termici. : Quest'ultima utilizza calore di scarto a bassa temperatura, elevandolo fino alla temperatura richiesta di circa 70°C. La macchina è inoltre in grado di produrre calore fino a 100°C quando necessario, risultando quindi idonea ad alimentare l'acqua di processo utilizzata nella lavorazione dei pannelli in legno.

Il funzionamento complessivo si basa su una logica a cascata, in cui i diversi livelli termici vengono sfruttati progressivamente: il calore ad alta temperatura resta garantito dal boiler, mentre la pompa di calore consente di recuperare e riutilizzare energia altrimenti dissipata, riducendo il carico dell'impianto principale.

I benefici sono evidenti sia dal punto di vista energetico sia operativo. L'intervento consente infatti di migliorare l'efficienza complessiva del sistema, ridurre il consumo di energia primaria e l'impiego di combustibili fossili, con effetti diretti sulla diminuzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂.



Grazie a un'integrazione realizzata senza modifiche invasive, la soluzione dimostra inoltre un'elevata replicabilità in contesti industriali analoghi, caratterizzati da disponibilità di calore di scarto e fabbisogni termici continui.

Conclusioni

Le pompe di calore ad alta temperatura rappresentano una tecnologia ormai matura per l'elettificazione del calore industriale. In particolare, la loro integrazione con sistemi esistenti e con soluzioni di recupero termico consente di ottenere benefici concreti in tempi relativamente brevi.

I casi applicativi dimostrano come l'adozione di configurazioni ibride e l'utilizzo a cascata dell'energia possano migliorare significativamente l'efficienza dei sistemi, contribuendo alla riduzione delle emissioni e alla maggiore sostenibilità dei processi industriali.