

Pompe di calore per il riscaldamento e la produzione di acqua calda sanitaria: normative, tecnologia e competenze

Roberto Alessandrelli | Product Development Director HHP & Systems, Ariston Group
Mario Motta | Professore di Fisica Tecnica Ambientale, Politecnico di Milano



Il 2025 ha segnato un cambio di fase: le pompe di calore elettriche (EHP) negli edifici non sono più solo una tecnologia "in crescita", ma una componente strutturale delle strategie europee per la decarbonizzazione degli edifici. Soprattutto nella revisione della direttiva sull'efficienza energetica degli edifici (EPBD) si è previsto di accelerare il rinnovamento del parco installato, rendendo la sostituzione delle caldaie un tema sempre più concreto per tutte le utenze.

Questa spinta regolatoria è in parte neutralizzata da un contesto in continuo divenire. I prezzi dell'energia restano volatili, rendendo più rischiose le decisioni degli utenti sull'investimento in EHP – ancora elevato – e aumentando la necessità di valutazioni tecniche accurate. Allo stesso tempo, il settore sconta un deficit di competenze lungo l'intera filiera: non tutti i produttori sul mercato hanno esperienza completa, progettisti che non sempre applicano criteri adeguati di dimensionamento e di progettazione, installatori a volte non formati sui sistemi EHP, tecnici di avviamento che faticano a ottimizzare i parametri di funzionamento.

A complicare ulteriormente il quadro contribuisce l'evoluzione delle normative sui refrigeranti, che richiede ai produttori continui investimenti in nuove competenze, infrastrutture di test e linee produttive dedicate, spesso prima che quelle precedenti abbiano completato il ciclo di ammortamento.

Nuovi vincoli e nuove soluzioni: un settore in transizione tecnologica

Il propano (R290) è oggi uno dei refrigeranti più interessanti per le pompe di calore: combina ottime proprietà termodinamiche, fino a circa 75°C, senza ricorrere a compressori o cicli particolarmente complessi: consente COP elevati anche alle basse temperature esterne e permette temperature di mandata elevate. Di contro è un refrigerante A3, quindi infiammabile: vi sono pertanto vincoli alle distanze di installazione e, nelle applicazioni indoor, su volumi e ventilazione

minimi. È un'alternativa migliore agli Idrofluorocarburi (HFC) e alle idrofluoro-olefine (HFO), potenzialmente soggetti a bando per via dei PFAS. La sicurezza reale del R290 — quando prodotto, impianto e installazione sono progettati correttamente — è maggiore rispetto al rischio percepito. Tuttavia, l'attuale quadro normativo è piuttosto vago e non introduce ancora requisiti realmente stringenti su molte misure di mitigazione possibili: ne deriva che alcuni produttori propongono soluzioni competitive che, pur rispettando formalmente la normativa vigente, non garantiscono lo stesso livello di sicurezza dei prodotti progettati secondo le migliori pratiche. A livello normativo si sta lavorando per rendere più omogeneo il livello minimo di sicurezza richiesto. Nel complesso, il propano offre un profilo ambientale di norma superiore alle alternative fluorurate.

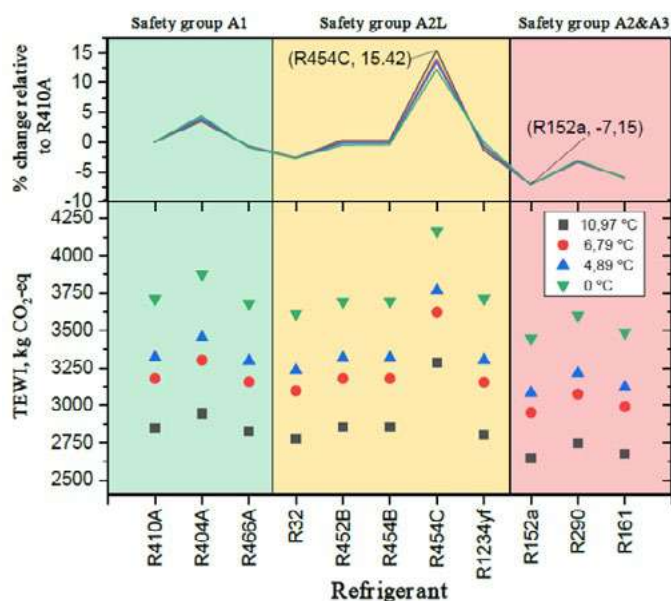
Le nuove pompe di calore monoblocco a R290 racchiudono tutto il circuito frigorifero all'interno dell'unità esterna: questo elimina il rischio di avere il propano dentro l'edificio e semplifica l'installazione. Rimane però necessario adottare accorgimenti progettuali — non sempre previsti come obbligatori — per minimizzare il rischio di ingresso e permanenza del refrigerante indoor.

Nei sistemi split, il refrigerante si trova anche all'interno dell'edificio; con R290 questo implica misure di mitigazione aggiuntive: limitazioni della carica, dispositivi di intercettazione e sensoristica gas. Per evitare tali complessità molti produttori stanno quindi adottando refrigeranti alternativi, come R454C, una miscela A2L che ha meno limitazioni ma introduce nuove

sfide: costi maggiori, efficienza inferiore e un profilo ambientale peggiorativo nel ciclo di vita (per la maggior parte dovuto a minor efficienza).

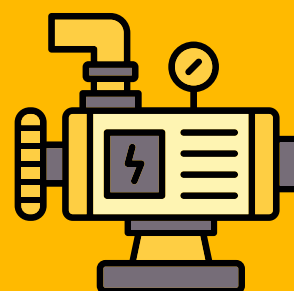
L'attuale normativa classifica i refrigeranti in base all'impatto che hanno sui cambiamenti climatici (GWP),

ma alcuni produttori e associazioni di settore stanno spingendo per aumentare l'attenzione sul Total Equivalent Warming Impact (TEWI, vedi fig.1) che tiene conto dell'impatto sull'efficienza collegato all'uso dello specifico refrigerante e quindi delle emissioni correlate.



La Fig. 1 evidenzia come, pur non presentando il valore di GWP più elevato tra i refrigeranti analizzati, l'R454C porti al valore di TEWI più alto, principalmente a causa della ridotta efficienza in funzionamento (COP).

Fig. 1 - TEWI: Total Equivalent Warming Impact (1)



Il forte focus sugli aspetti legati ai refrigeranti ha rallentato l'innovazione in altri ambiti, ma alcune evoluzioni interessanti stanno comunque emergendo. Gli evaporatori microchannel permettono di ridurre cariche e volumi e migliorano la competitività dei prodotti. Si stanno diffondendo le unità interne compatte con compressore e scarico canalizzato all'esterno, utili quando l'installazione outdoor è complessa. Stanno inoltre appearing soluzioni water-to-water per singole unità abitative collegate a water-loop condominiali e sono in sviluppo i primi split aria/acqua a propano, che estendono l'applicabilità del refrigerante naturale anche a configurazioni oggi non disponibili. Crescono anche le macchine multifunction aria-aria + ACS/DHW e gli accumuli a PCM, che permettono maggiore densità energetica rispetto ai tradizionali serbatoi d'acqua. Tra le proposte più innovative, i sistemi water-to-water che utilizzano un pannello solare come evaporatore, integrando recupero solare e scambio termico in un'unica soluzione.

Sul fronte dei controlli, sono in crescita l'in-

tegrazione con fotovoltaico e la gestione intelligente dei carichi per massimizzare l'autoconsumo, mentre le prospettive riguardano sensori più accurati, algoritmi auto-adattativi, logiche predittive basate su dati climatici e una modulazione più fine dei cicli. Queste soluzioni non sono ancora diffuse su larga scala, ma il quadro tecnico attuale rende possibile una loro adozione progressiva nel prossimo futuro.

Prestazioni reali: cosa conta davvero in un'installazione

Le prestazioni dichiarate delle pompe di calore descrivono il comportamento in condizioni standardizzate, ma il rendimento reale dipende soprattutto dall'impianto, dal dimensionamento e dalla gestione. Temperature di mandata troppo elevate – talvolta impostate a 70–75°C senza reale necessità – penalizzano il COP e allungano sensibilmente il tempo di ritorno dell'investimento. Con curve climatiche correttamente tarate, molti impianti a radiatori funzionano efficacemente già a 50–55°C, con un salto di efficienza significativo.

La Fig 2 mostra, in termini quantitativi, come la temperatura di mandata incida sul COP.

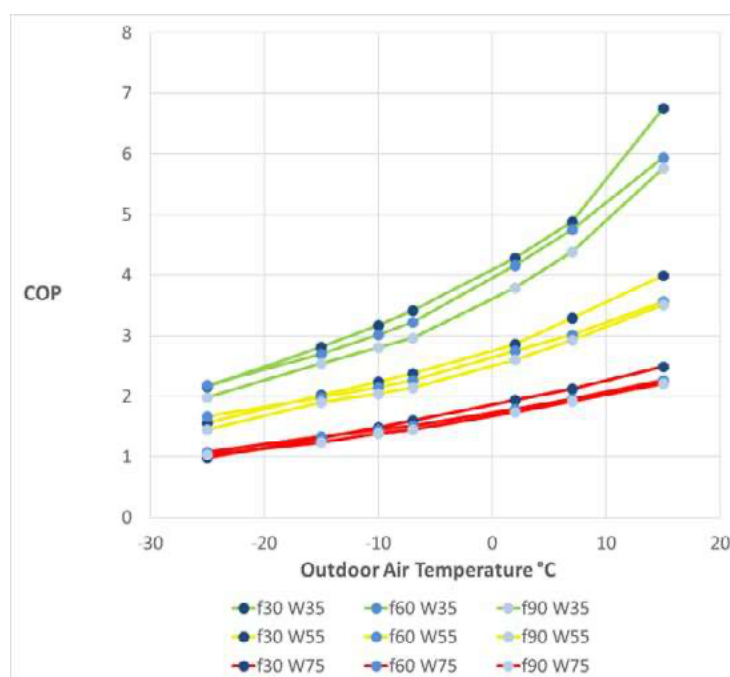


Fig. 2 - Andamento tipico del COP in funzione di temperatura esterna, temperatura di mandata, frequenza del compressore.

Fonte: Ariston Group

Anche la selezione della macchina in termini di potenza incide in modo decisivo.

Il riferimento a +7°C aria esterna, mol-

to diffuso nei cataloghi, non descrive il comportamento alle basse temperature: mentre il carico termico cresce, la capacità della macchina cala.

La Fig 3 mostra come una macchina con prestazioni sufficienti a +7°C possa rivelarsi sottodimensionata alle basse temperature.

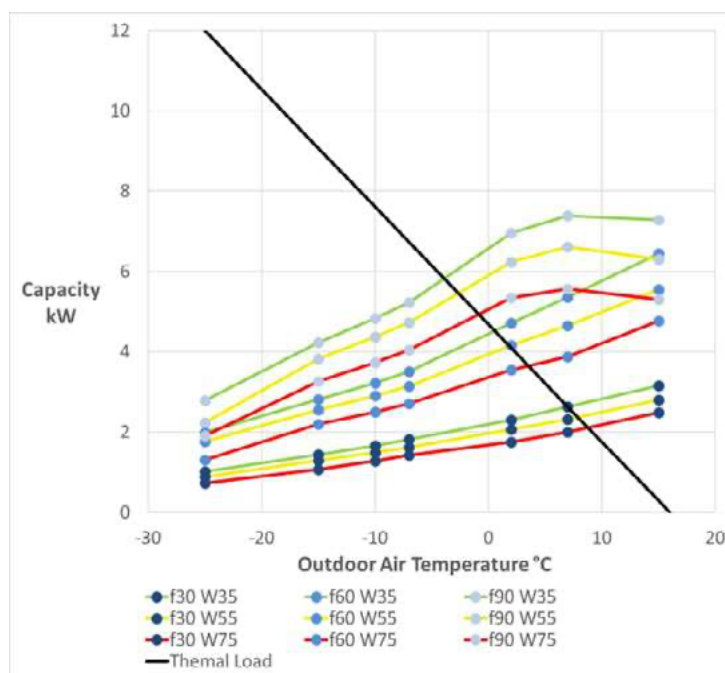


Fig. 3 - Andamento tipico della Potenza termica in funzione di temperatura esterna, temperatura di mandata, frequenza del compressore.

Fonte: Ariston Group



Se la scelta avviene sul dato a $+7^{\circ}\text{C}$ si rischia un sottodimensionamento che porta la pompa di calore a lavorare costantemente al massimo, con conseguenze negative su rumore, consumi e durata. A questo si aggiunge il tema degli sbrinamenti: la norma EN14511 consente di dichiarare le prestazioni senza includere il defrost se l'unità mantiene una capacità minima per circa due ore. In campo reale, però, gli sbrinamenti avvengono con cadenza maggiore e possono pesare anche per il 10–15% su resa e COP.

Un altro elemento chiave riguarda l'acqua calda sanitaria. Un accumulo correttamente dimensionato evita cicli ON/OFF frequenti, limita la necessità di temperature troppo elevate, migliora il comfort e permette una gestione più efficiente del carico, anche in abbinamento al fotovoltaico. L'impatto dei cicli antilegionella dipende molto dalla loro programmazione: se mal gestiti possono richiedere temperature elevate o l'intervento della resistenza elettrica, mentre una strategia controllata ne riduce significativamente l'effetto sul consumo. Il profilo di prelievo ACS può essere previsto dai controlli evoluti, che modulano la produzione in modo proattivo.

Anche la qualità dell'impianto è determinante. Portate errate, ΔT troppo bassi e ritorni eccessivamente caldi impediscono alla pompa di calore di modulare correttamente. Il dimensionamento dei puffer è un punto critico: se troppo grandi, introducono un'elevata inerzia termica che appiattisce la modulazione dei sistemi a velocità variabile, riducendo l'efficienza operativa reale; se troppo piccoli, non garantiscono alla macchina il volume necessario per gestire correttamente i transitori – avviamenti, sbrinamenti e variazioni rapide del carico – e possono ridurre il comfort, se l'impianto diventa troppo sensibile alle variazioni lato generazione.

Per questo gli indicatori più utili per una va-

lutazione tecnico-energetica sono SCOP/SPF, runtime, cycling ratio, quota ACS nel consumo totale e la frequenza di attivazione della resistenza elettrica. Le pompe di calore offrono prestazioni elevate, ma solo quando impianto, macchina e gestione formano un sistema coerente: è questa la chiave per ottenere risultati significativi nelle applicazioni reali.

Il futuro delle pompe di calore tra normativa, tecnologia e competenze

L'evoluzione tecnologica punterà sempre più all'integrazione tra pompe di calore, fotovoltaico e sistemi di gestione dei carichi, con impianti in grado di modulare produzione e consumi in modo coordinato. Le tariffe dinamiche aprono la possibilità di spostare parte della produzione termica nelle ore economicamente più convenienti, sfruttando puffer, ACS e sistemi radianti come serbatoi di energia termica da utilizzare nelle fasce a prezzo più alto. In prospettiva, le pompe di calore potranno diventare anche risorse di flessibilità per la rete elettrica. A gestire questa funzione non saranno le singole macchine, ma gli aggregatori, soggetti terzi che coordinano gruppi di utenze e ne modulano temporaneamente il carico per fornire servizi di bilanciamento, riduzione dei picchi o ottimizzazione locale. Per gli utenti finali ciò può tradursi in un beneficio economico aggiuntivo, mentre per il sistema significa disporre di una capacità di regolazione distribuita.

Fonti bibliografiche:

1- https://www.researchgate.net/publication/359886103_Evaluation_of_alternative_refrigerants_for_R410A_in_ground_source_heat_pump_system_according_to_ASHRAE_classification