

# Idraulica

PUBBLICAZIONE PERIODICA DI INFORMAZIONE TECNICO-PROFESSIONALE

**CALEFFI**  
Hydronic Solutions

**65**

Gennaio 2024



**I sistemi ibridi:  
caldaia - pompa di calore  
aria acqua**

# THE CALEFFI GREEN



È IL NOSTRO IMPEGNO SOSTENIBILE.  
UN PENSIERO, UN MODO DI ESSERE E DI AGIRE.  
È IL NOSTRO CONTRIBUTO CONCRETO  
NELLA TRANSIZIONE ECOLOGICA E SOCIALE.

Costruiamo un futuro più responsabile  
per soddisfare le esigenze delle **PERSONE** di oggi e di domani  
anche attraverso **PRODOTTI** che fanno risparmiare risorse  
e hanno come obiettivo un comfort più sostenibile.

Per dare il clima giusto alla vita e avere  
un impatto positivo sull'**AMBIENTE**.



# EDITORIALE

## Il futuro energetico è sostenibile

Ho accolto con orgoglio e con grande responsabilità l'invito a scrivere l'editoriale di questa edizione dell'ormai "leggendaria" IDRAULICA.

In questo numero parliamo di pompe di calore e di sistemi ibridi, un tema estremamente di attualità vista la crescente diffusione delle pompe di calore nel mercato europeo, dovuta anche alle crisi energetiche e geopolitiche che stiamo vivendo nel contesto post-pandemico per ragioni sia strutturali, sia legate alla domanda, sia alla reale efficienza del sistema.

Nonostante nel mix di energia primaria portoghese le energie rinnovabili rappresentino più del 32% – percentuale che sale al 65% se consideriamo solo l'energia elettrica (fonte: Eurostat) – a livello locale abbiamo assistito ad un incremento dell'installazione di sistemi che favoriscono la decentralizzazione della produzione energetica, con un conseguente incremento strutturale della disponibilità e dell'efficienza dell'energia elettrica, grazie anche alla riduzione delle perdite nel trasporto.



Questa soluzione (modalità di autoconsumo) ci permette di sostenere la crescita della "quota elettrica" in ambito edilizio che include l'utilizzo delle pompe di calore, oltre ad accelerare la loro integrazione nel nostro contesto di climatizzazione residenziale e commerciale. Inoltre, le pompe di calore nei sistemi residenziali (soprattutto "aria-aria", ma anche "aria-acqua") sono in crescita e rappresentano oltre un quarto degli incentivi ambientali portoghesi degli ultimi anni, come sostiene l'ultimo "Rapporto del Programma Portoghese per gli Edifici più Sostenibili".

Tuttavia, non crediamo che l'efficienza di un sistema dipenda soltanto dal sistema termico primario e nemmeno che la sostenibilità sia legata solo a refrigeranti con un minore GWP o minori emissioni. Come in tutte le cose, crediamo invece che sia il sistema nel suo insieme a promuovere e garantire l'efficienza energetica e che sia in questo ambito che CALEFFI porti il proprio indiscutibile valore aggiunto per il mercato attuale e futuro grazie a tutta la conoscenza e la capacità di rendere disponibili prodotti e soluzioni idrauliche tecnologicamente avanzate e di potenziare la migliore efficienza complessiva dell'installazione.

A questo ci siamo ispirati quando abbiamo ristrutturato la sede di Caleffi in Portogallo, sintonizzandoci sul futuro con la consapevolezza di dover dare l'esempio in quanto leader di mercato. Quando abbiamo iniziato a progettare la ristrutturazione dell'edificio, abbiamo deciso responsabilmente di diventare un Nearly Zero Energy Building (NZEB), utilizzando i componenti idrotermici e di trattamento aria Caleffi per ottenere un'efficienza confortevole, piacevole, "idraulico-energetica" e non negoziabile. Questo dimostra non solo una consapevolezza dal punto di vista ambientale, ma è anche uno strumento di marketing per interagire al meglio con i nostri clienti e con il nostro team, facendo crescere nel contempo la consapevolezza del marchio.

Abbiamo realizzato un edificio NZEB con classe energetica A+ e con un consumo basato per quasi il 70% sull'energia rinnovabile che siamo convinti essere un ulteriore contributo all'impegno di Caleffi di allinearsi con il futuro, di essere d'esempio e di focalizzarsi su una continua responsabilità verso i professionisti, verso il mercato, verso le famiglie e le future generazioni, in linea con le strategie che stiamo mettendo in atto nel mercato italiano.

  
Rui Pedro Torres

Managing Director  
CALEFFI Lda - Portugal

Direttore responsabile:  
Mattia Tomasoni

Responsabile di Redazione:  
Fabrizio Guidetti

Hanno collaborato  
a questo numero:

Alessia Soldarini  
Domenico Mazzetti  
Fabiola Platini  
Marco Godi  
Mattia Tomasoni  
Renzo Planca

Idraulica  
Pubblicazione registrata  
presso  
il Tribunale di Novara  
al n. 26/91 in data 28/9/91

Editore:  
La Terra Promessa Onlus -  
Novara

Stampa:  
La Terra Promessa Onlus -  
Novara

Copyright Idraulica Caleffi.  
Tutti i diritti sono riservati.  
Nessuna parte della  
pubblicazione può essere  
riprodotta o diffusa  
senza il permesso scritto  
dell'Editore.

CALEFFI S.P.A.  
S.R. 229, N. 25  
28010  
Fontaneto d'Agogna (NO)  
TEL. 0322-8491  
info@caleffi.com  
www.caleffi.com

## SOMMARIO

- 5** I SISTEMI IBRIDI: CALDAIA - PDC ARIA ACQUA
- 6** SISTEMI IBRIDI
- 9** PRODUZIONE DEL FREDDO NEI SISTEMI IBRIDI
- 11** PRODUZIONE DELL'ACQUA CALDA SANITARIA
- 14** DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DEI SISTEMI IBRIDI
- 14** DIMENSIONAMENTO IN BASE AL PUNTO DI MASSIMA CONVENIENZA
- 15** APPROFONDIMENTO: IL CALCOLO DEL COP MINIMO DI CONVENIENZA E ANDAMENTI STORICI
- 22** OTTIMIZZAZIONE DEI VINCOLI TECNICI E FISICI DELLA POMPA DI CALORE
- 26** VERIFICA DELLA POMPA DI CALORE IN BASE AL FATTORE DI CARICO
- 30** APPROFONDIMENTO: COSTRUZIONE DELLE CURVE CLIMATICHE SEMPLIFICATE
- 31** SCHEMI APPLICATIVI DEI SISTEMI IBRIDI
  - schema 1 - impianto domestico: riscaldamento e ACS istantanea
  - schema 2 - impianto domestico: riscaldamento, raffrescamento e ACS istantanea
  - schema 3 - impianto domestico: riscaldamento e ACS ad accumulo
  - schema 4 - impianto domestico: riscaldamento, raffrescamento e ACS ad accumulo
  - schema 5 - impianto di medie-grandi dimensioni: riscaldamento e ACS con doppio accumulo
  - schema 6 - impianto di medio-grandi dimensioni: riscaldamento e ACS con doppio accumulo, raffrescamento con pompa di calore
- 44** SEPARATORE IDRAULICO INERZIALE PER IMPIANTI IBRIDI
- 45** LE POMPE DI CALORE E LA RACCOLTA R
- 50** CALEFFI PORTOGALLO EDIFICIO IN CLASSE A+ NZEB21 SOSTENIBILITÀ, FUTURO, TECNOLOGIA: DIAMO L'ESEMPIO

# I SISTEMI IBRIDI: CALDAIA - PDC ARIA ACQUA

Questo numero della rivista Idrraulica è dedicato all'approfondimento dei sistemi ibridi che combinano caldaie e pompe di calore aria-acqua.

Tali sistemi costituiscono una soluzione estremamente efficace nell'ambito della riqualificazione energetica degli impianti termici. La loro validità si manifesta non solo attraverso il notevole contributo al risparmio energetico, con la conseguente riduzione dell'utilizzo di fonti non rinnovabili e la limitazione delle emissioni inquinanti, ma anche in termini di vantaggi economici derivanti da una gestione più efficiente degli impianti.

Gli impianti ibridi possono essere una scelta ottimale anche nei progetti di costruzioni nuove, soprattutto quando specifiche limitazioni tecniche impediscono l'installazione esclusiva di pompe di calore. La loro flessibilità

e versatilità li rendono ancora oggi la soluzione preferita in contesti in cui sono presenti vincoli tecnici specifici.

La sezione introduttiva della rivista fornisce una panoramica dei sistemi ibridi, con un'attenzione particolare rivolta alle diverse tipologie disponibili sul mercato. Successivamente, la discussione si sposta verso un breve esame delle metodologie impiegate per la generazione di acqua refrigerata a differenti temperature. In seguito, l'attenzione si focalizza sulla produzione di acqua calda sanitaria in tali contesti, esplorando le diverse metodologie coinvolte in questo processo.

La seconda sezione è incentrata sul cruciale aspetto del dimensionamento dei sistemi ibridi. Questo capitolo offre una varietà di approcci dimensionali, che vanno dall'ottimizzazione della massima convenienza alle sfide

specifiche del dimensionamento dei sistemi ibridi, tenendo conto dei differenti limiti tecnologici imposti dalle pompe di calore.

La terza sezione presenta schemi pratici, con l'obiettivo di illustrare in modo concreto come i concetti teorici precedentemente discussi si traducano in soluzioni operative.

In conclusione, la rivista offre un approfondimento normativo sugli specifici dispositivi di sicurezza necessari per tali sistemi impiantistici, chiudendo così il suo focus con un'analisi dettagliata degli aspetti regolamentari rilevanti per garantire la sicurezza e la conformità degli impianti ibridi.



# SISTEMI IBRIDI

Ing. Mattia Tomasoni

Un impianto ibrido è un sistema di climatizzazione che combina due diverse tecnologie per aumentare l'efficienza energetica e garantire un comfort termico in modo flessibile.

Ad oggi il sistema maggiormente utilizzato risulta quello che combina una pompa di calore aria-acqua e una caldaia a gas a condensazione, unite per sfruttare al meglio le caratteristiche di entrambe le tecnologie in base alle condizioni ambientali e alle esigenze di riscaldamento.

**La pompa di calore** utilizza l'energia termica presente nell'aria esterna per riscaldare l'acqua dell'impianto, ed è considerata generatore primario del sistema.

La pompa di calore lavora in modo efficiente quando le temperature esterne non sono troppo rigide, al di sotto di un valore limite entra in funzione il secondo componente del sistema, **la caldaia**. La caldaia ha la funzione di backup o di supporto e consente alla pompa di calore di operare in condizioni ottimali in modo da contenere la potenza di picco e di lavorare con una buona saturazione di carico.

Il sistema ibrido è dotato di un **controllo automatico** che determina quale generatore, pompa di calore o caldaia, debba attivarsi in base alle condizioni esterne ed alle esigenze di riscaldamento dell'edificio. In alcuni casi si può rendere necessario un funzionamento dei due generatori in contemporanea.

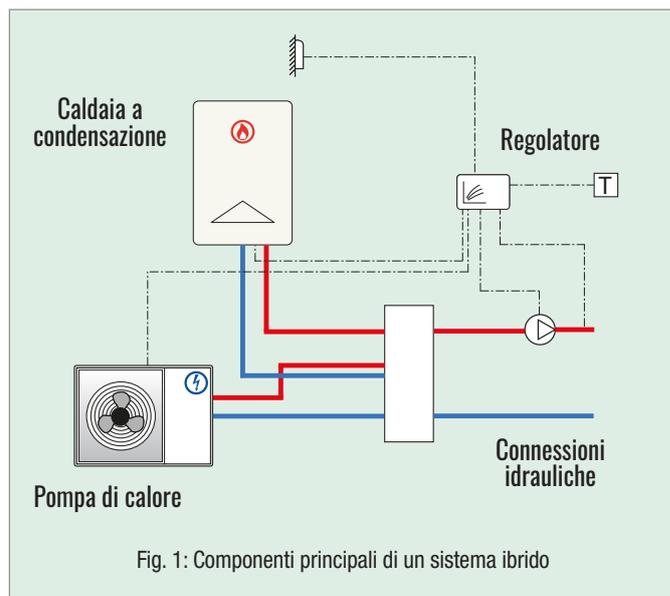


Fig. 1: Componenti principali di un sistema ibrido

## I VANTAGGI DI UN SISTEMA IBRIDO

### Efficienza energetica

La pompa di calore è un sistema molto efficiente dal punto di vista del consumo dell'energia primaria, anche se spesso l'utilizzo di un sistema ibrido privilegia il risparmio economico.

### Flessibilità

Il sistema ibrido si adatta meglio alle condizioni esterne e alle fluttuazioni del prezzo dell'energia di un sistema con monogeneratore.

### Risparmio economico

Il sistema di controllo che decide l'intervento dei due generatori può essere impostato su un principio di minimizzazione dei costi di gestione.

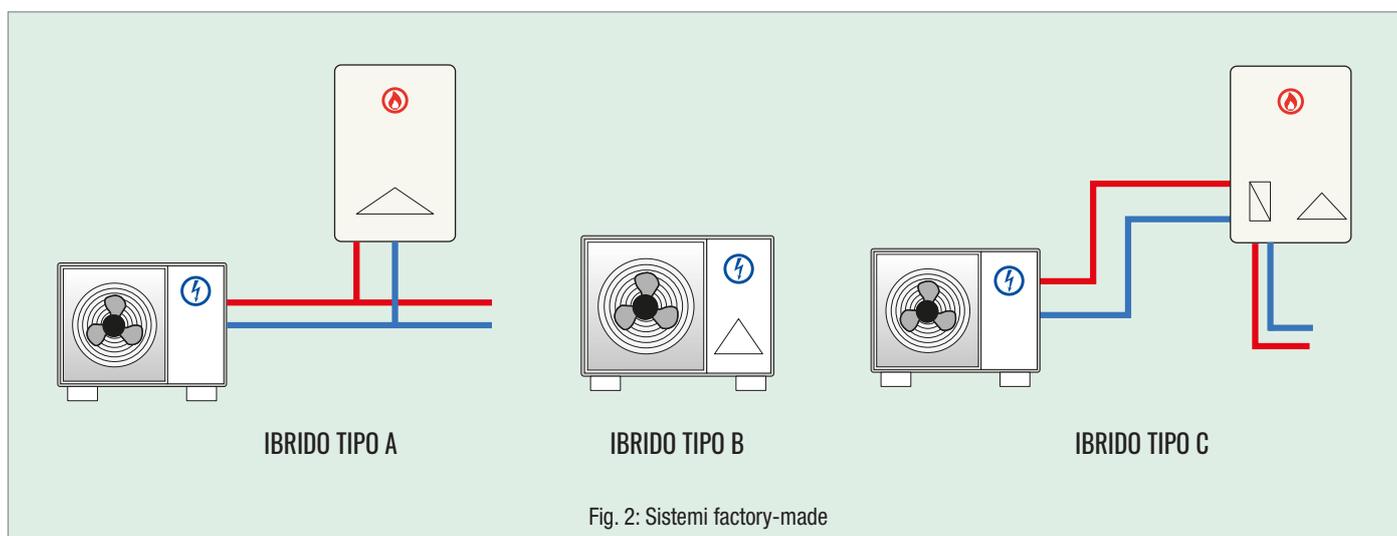
### Affidabilità

Il sistema ibrido, potendo contare su due fonti di energia termica, risulta intrinsecamente più affidabile di un sistema monogeneratore.

## SISTEMI FACTORY-MADE

I sistemi ibridi assemblati in fabbrica, factory-made, sono sistemi progettati, prodotti e garantiti da un unico fabbricante; possono essere costituiti da due generatori distinti (tipo A), denominati dal fabbricante pompa di calore e caldaia a condensazione, da un unico blocco (tipo B), contenente sia il gruppo funzionale a combustione a condensazione che il gruppo funzionale a pompa di calore oppure da due unità (tipo C), una esterna costituita dalla motocondensante/compressore del gruppo funzionale a pompa di calore, e una interna che contiene sia il gruppo funzionale a combustione a condensazione che una parte dei componenti del gruppo funzionale a pompa di calore. La regolazione è sempre fornita dal fabbricante del sistema ibrido factory-made.

In genere i sistemi factory-made trovano ampio impiego negli impianti di piccola taglia per risparmio di tempo di installazione e di spazio.



## SISTEMI ASSEMBLATI

Un sistema ibrido assemblato in cantiere combina componenti e generatori prodotti da fabbricanti diversi per creare soluzioni su misura direttamente nel luogo di installazione. Questo approccio presenta diversi vantaggi.

**Adattabilità personalizzata.** Offre un alto grado di adattabilità alle specifiche esigenze del progetto e del cliente. È possibile progettare e costruire soluzioni su misura che rispondono in modo ottimale alle esigenze dell'ambiente, dell'applicazione o dell'utente finale.

**Flessibilità durante la realizzazione dell'impianto.** In alcuni casi le condizioni del sito o i requisiti cambiano durante la costruzione per cui la possibilità di apportare modifiche in loco può essere preziosa in queste situazioni.

**Possibilità di aggiungere in seconda battuta una pompa di calore** ad un impianto esistente con caldaia a condensazione, nel caso in cui vi siano tutte le corrette condizioni di struttura e impianto.

Un sistema ibrido assemblato in cantiere offre quindi una combinazione di personalizzazione, adattabilità e controllo, consentendo di ottenere soluzioni su misura. Tuttavia, è importante progettare attentamente e coordinare l'assemblaggio in cantiere per massimizzare questi vantaggi. Infatti, il maggiore onere di progettazione e la necessità di un'installazione altamente specializzata rendono questi sistemi maggiormente appetibili per installazioni medio grandi od ove vi è una necessità imprescindibile di personalizzazione del sistema.

I sistemi assemblati possono essere di due tipologie: monogeneratore o plurigeneratori.

## MONOGENERATORE

I monogeneratori sono costituiti da una pompa di calore e da una caldaia. Presentano molti vantaggi, ma anche una serie di svantaggi che vanno presi in considerazione quando si effettua la scelta, i principali sono riportati di seguito.

**Minore affidabilità:** Un sistema con un singolo generatore potrebbe essere suscettibile a guasti nel caso in cui il generatore stesso riscontri problemi. In situazioni di malfunzionamento o necessità di manutenzione, l'intero sistema potrebbe essere costretto a operare a capacità ridotta, generando potenziali disagi e, in alcuni casi, interruzioni nei servizi.

**Sotto-utilizzazione:** un sistema monogeneratore potrebbe essere sovradimensionato rispetto alle effettive esigenze dell'edificio o dell'applicazione; la conseguenza si tradurrebbe in un'efficienza energetica ridotta e a un aumento dei costi operativi, specialmente se il generatore è costantemente utilizzato a carico parziale. Questa situazione è comune nei grandi edifici che non presentano tassi di utilizzo costanti.

**Limiti di scalabilità:** questi sistemi sono meno adatti per edifici o applicazioni che richiedono espansione o che possano avere esigenze variabili nel tempo. L'aggiunta successiva di capacità potrebbe richiedere investimenti significativi o potrebbe addirittura non essere fattibile.

Per questi motivi, i sistemi monogeneratore sono spesso preferiti nei contesti di piccola o media potenza perché offrono una soluzione più semplice, economica ed efficiente per soddisfare le esigenze di riscaldamento o raffreddamento dell'edificio.

## PLURIGENERATORE O MODULARI

I plurigeneratori o sistemi modulari sono costituiti da più pompe di calore e caldaie. I punti di forza di questa configurazione sono riportati di seguito.

**Affidabilità:** uno dei vantaggi chiave dei sistemi plurigeneratore è la ridondanza. Con più generatori in funzione, nel caso di guasto o della necessità di manutenzione di uno dei moduli, gli altri possono continuare a fornire energia termica riducendo al minimo le interruzioni di servizio.

**Efficienza e ottimizzazione:** in un sistema plurigeneratore ben progettato è possibile ottimizzare l'uso dei generatori in tempo reale facendo lavorare la combinazione di generatori più conveniente in base alle esigenze di carico, temperatura operativa e condizioni climatiche esterne. Questo migliora l'efficienza energetica complessiva del sistema e riduce i costi operativi.

**Scalabilità:** i sistemi plurigeneratore sono facilmente scalabili. È possibile aggiungere o rimuovere generatori in base alle esigenze dell'edificio o dell'applicazione, il che li rende adatti per situazioni in cui le condizioni operative possono variare nel tempo.

Le installazioni plurigeneratore richiedono un maggiore investimento, maggior tempo per la regolazione, maggiori oneri per la manutenzione e maggiori spazi di installazione. Per questi motivi sono adottati in contesti dove è richiesta una potenzialità di generazione medio-alta.

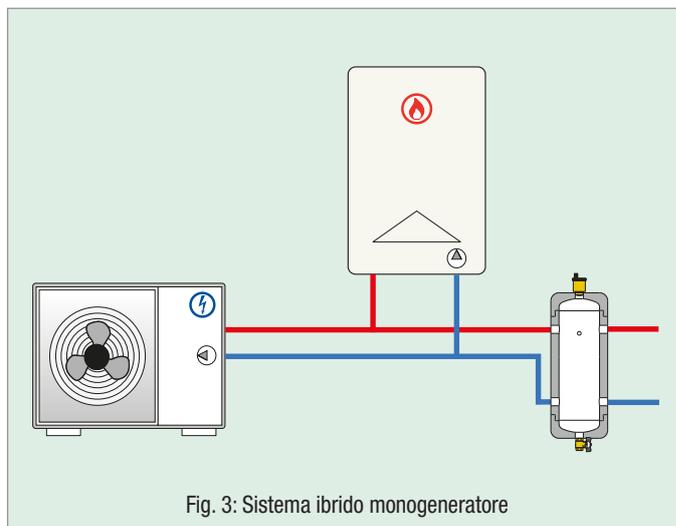


Fig. 3: Sistema ibrido monogeneratore

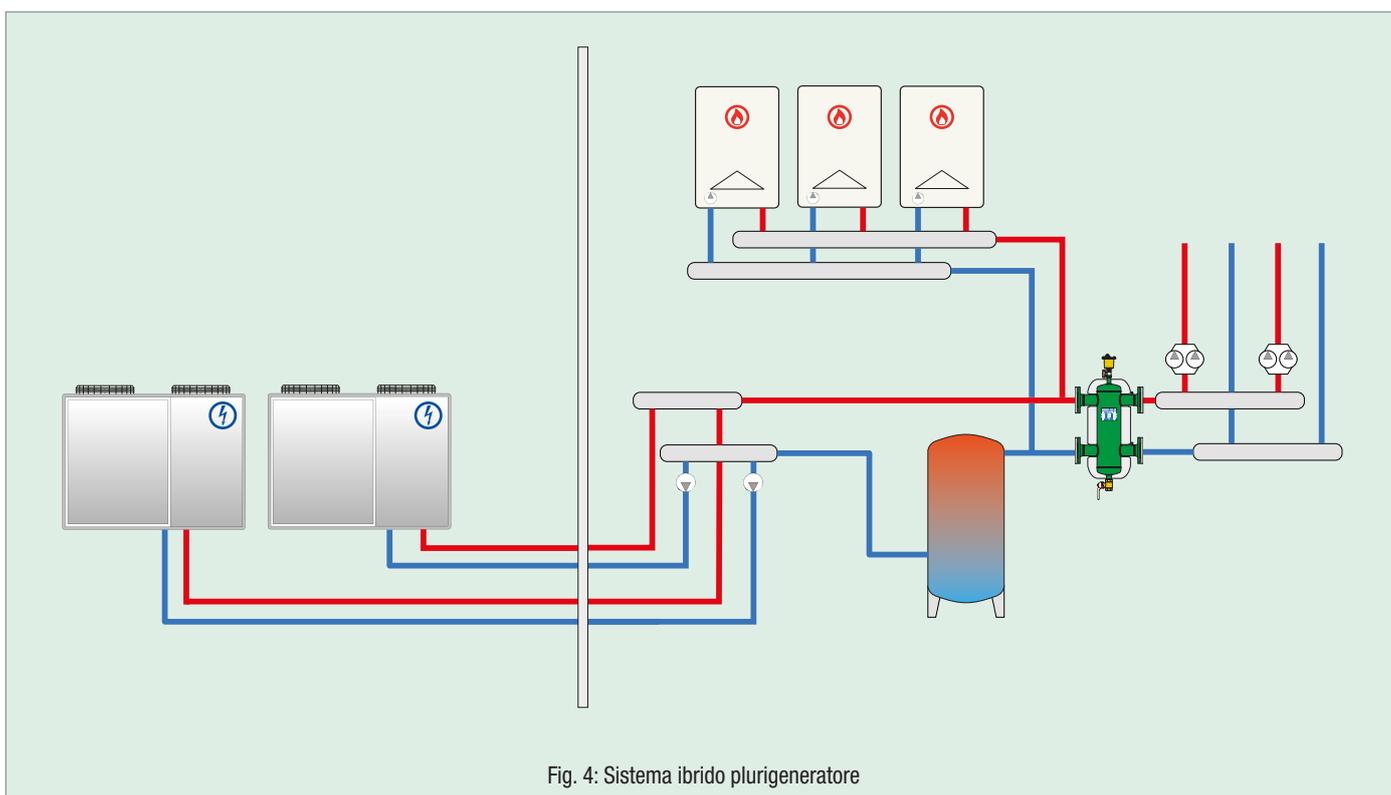


Fig. 4: Sistema ibrido plurigeneratore

## PRODUZIONE DEL FREDDO NEI SISTEMI IBRIDI

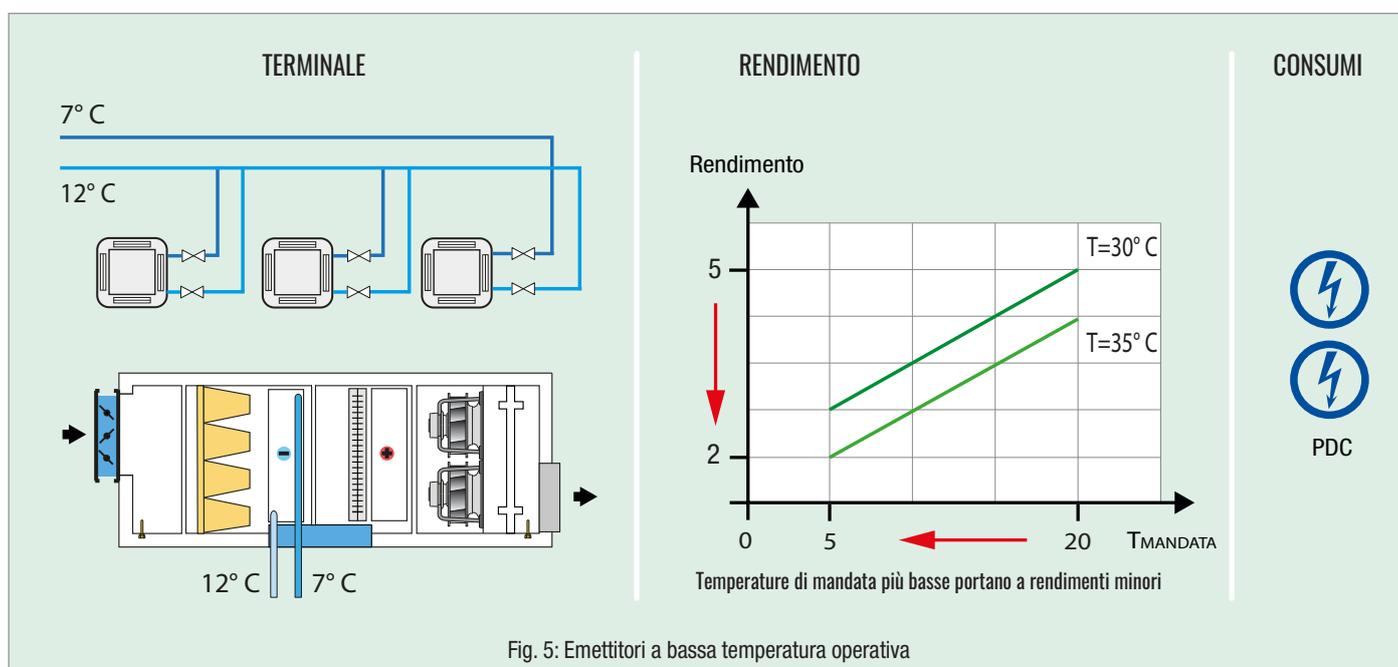
Nei moderni sistemi ibridi, l'integrazione della pompa di calore emerge come un'opportunità conveniente per la generazione di acqua refrigerata attraverso l'inversione del ciclo frigorifero, consentendo il raffrescamento efficace degli ambienti. Tuttavia, in sistemi progettati per fornire sia riscaldamento che raffreddamento, è cruciale prestare particolare attenzione a diversi aspetti critici, sia nella fase di progettazione che durante l'implementazione dell'impianto.

La configurazione impiantistica riveste un ruolo chiave in questo contesto; di seguito vengono presentate le soluzioni più comunemente adottate per garantire un funzionamento ottimale del sistema.

### PRODUZIONE DI ACQUA REFRIGERATA A BASSA TEMPERATURA

In alcuni contesti gli emettitori richiedono una bassa temperatura operativa come nel caso di fancoil o batterie di raffreddamento presenti nei sistemi ad aria.

La generazione di freddo a basse temperature di mandata comprese tra i 6 °C e i 9 °C consente l'impiego di terminali dotati di batterie di raffreddamento di dimensioni ridotte e permette di ottenere un efficace controllo della deumidificazione.



È importante notare che questa modalità di produzione frigorifera presenta rendimenti inferiori rispetto alla generazione di freddo a temperature di mandata più elevate.

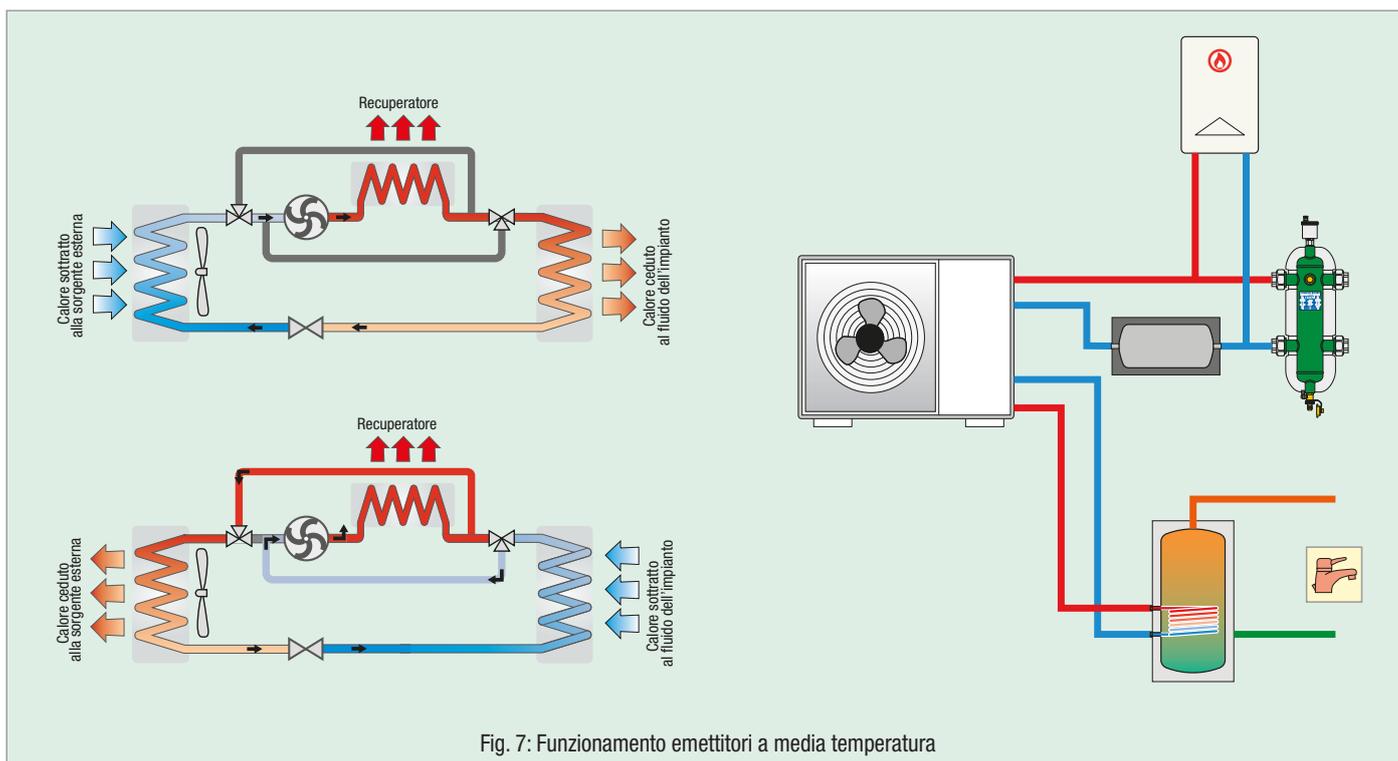
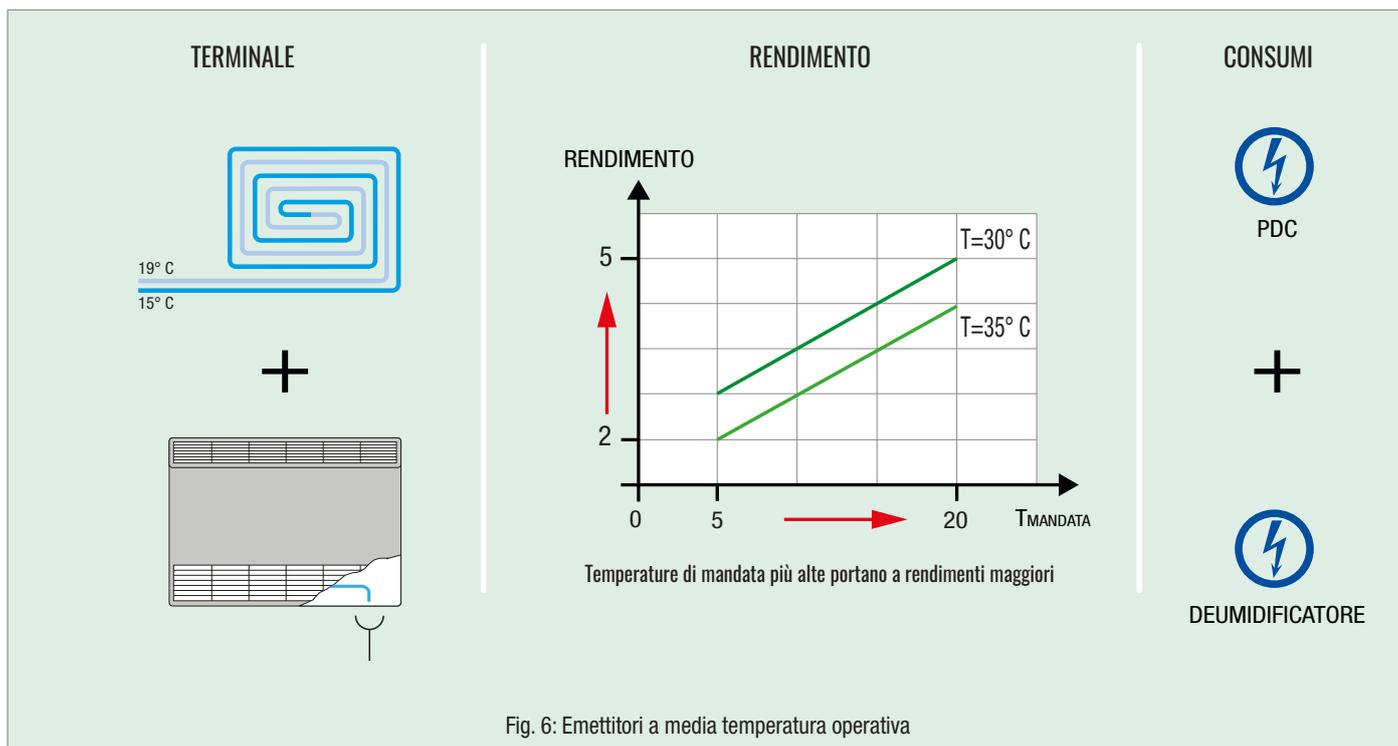
Dato che le pompe di calore possono essere convenientemente utilizzate anche per la generazione di acqua calda per uso sanitario, è possibile configurare il sistema in due modalità distinte: con o senza priorità sulla produzione di ACS.

**La priorità sulla produzione di Acqua Calda Sanitaria (ACS)** si configura come una strategia di gestione mirata, particolarmente indicata in situazioni in cui la domanda di ACS è elevata e potrebbe temporaneamente interrompere la produzione del freddo da parte della pompa di calore. Questo approccio si dimostra particolarmente efficace e ben adattato all'utilizzo in contesti residenziali, offrendo il vantaggio di un'eccellente efficienza nella produzione di ACS. Tuttavia, è importante notare che potrebbe comportare temporanei fermi nel processo di condizionamento, evidenziando l'importanza di una pianificazione oculata e di un'adeguata gestione dei flussi energetici.

**Senza la priorità sulla produzione di Acqua Calda Sanitaria (ACS)** la soluzione si presta bene per i sistemi in cui è essenziale assicurare un approvvigionamento costante e ininterrotto di raffrescamento, ma con una limitata richiesta di acqua calda sanitaria. Questo scenario è comune negli edifici destinati a uffici con terminali a bassa temperatura, come i ventilconvettori, dove la produzione di acqua calda sanitaria è tipicamente gestita da un generatore a gas o da bollitori dedicati. Tale approccio garantisce una continuità di servizio per il condizionamento, anche se a discapito di una minor efficienza nella produzione di acqua calda sanitaria. Questa situazione è accettabile, considerando l'uso limitato di questo servizio in tali contesti applicativi.

## PRODUZIONE DI ACQUA REFRIGERATA A MEDIA TEMPERATURA

I pannelli radianti o le travi fredde sono emettitori che richiedono una temperatura operativa media (15–19 °C). Questo intervallo di funzionamento permette una resa maggiore delle macchine frigorifere. Tuttavia, i terminali che funzionano con queste temperature non consentono una corretta deumidificazione e quindi necessitano di macchine aggiuntive (deumidificatori o UTA).



## PRODUZIONE DELL'ACQUA CALDA SANITARIA

La generazione di acqua calda per uso sanitario nei sistemi ibridi può essere realizzata tramite l'impiego esclusivo della caldaia a gas oppure mediante la combinazione di entrambi i generatori di calore.

La produzione di acqua calda sanitaria mediante l'uso combinato di una pompa di calore e di una caldaia rappresenta un sistema efficiente e flessibile. La pompa di calore contribuisce alla produzione di acqua calda sfruttando l'energia termica presente nell'ambiente circostante e massimizza l'efficienza energetica, sfruttando le fonti rinnovabili. La caldaia entra in azione quando la temperatura esterna è troppo bassa per la pompa di calore, che non è in grado di operare in modo efficiente.

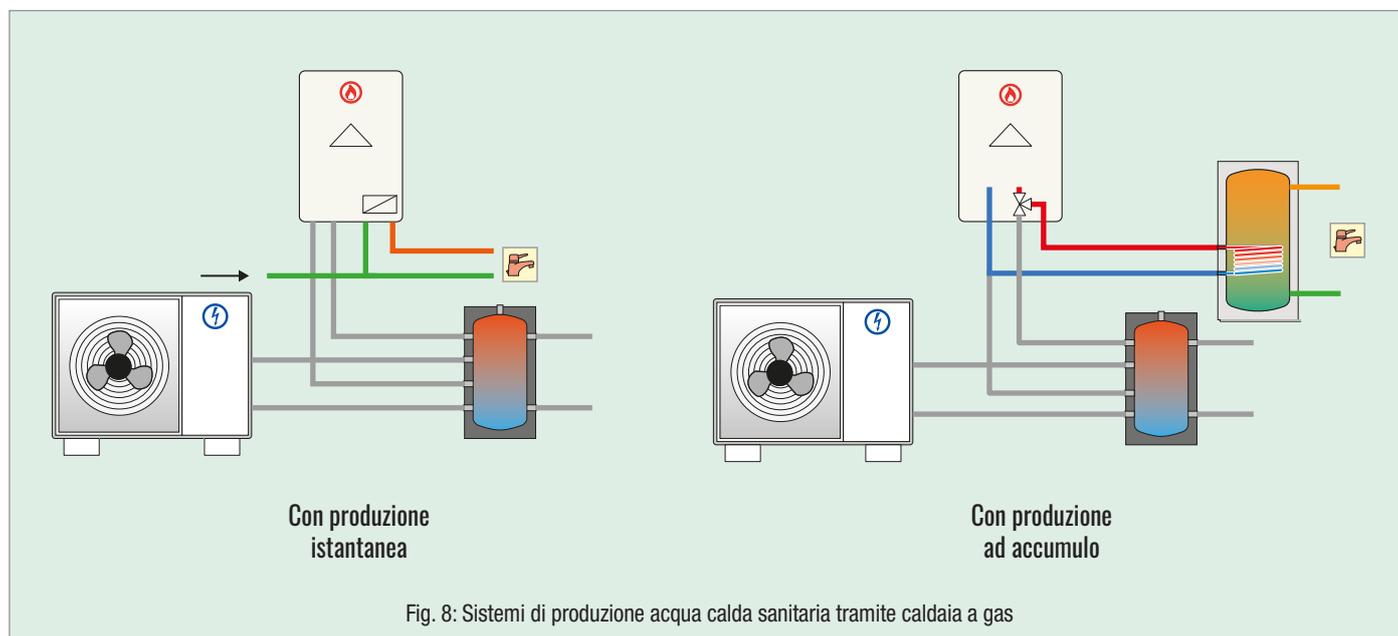
### LA GENERAZIONE DELL'ACQUA CALDA TRAMITE LA CALDAIA A GAS

Se la produzione dell'acqua calda sanitaria è affidata esclusivamente alla caldaia i vantaggi includono:

- Semplicità impiantistica: facilità di installazione e gestione dell'impianto.
- Possibilità di produrre acqua ad elevata temperatura: l'uso di serbatoi di dimensioni ridotte o scambiatori istantanei ideali per situazioni in cui lo spazio è limitato.
- Disinfezione termica senza ausiliari quali le resistenze elettriche.

Dal punto di vista energetico questa soluzione non sfrutta appieno l'efficienza dei sistemi ibridi poiché si basa principalmente sulla parte di generazione con maggior consumo energetico e maggiori emissioni. È adottata per impianti semplici o in situazioni in cui lo spazio è limitato, ed è spesso utilizzata per la riqualificazione di impianti domestici esistenti.

Un beneficio aggiuntivo di questa soluzione risiede nel fatto che non richiede l'inversione del ciclo frigorifero delle pompe di calore, specialmente quando queste sono impiegate per il raffrescamento.



## GENERAZIONE DELL'ACQUA CALDA IN COMBINAZIONE TRA CALDAIA E POMPA DI CALORE

Il sistema di produzione dell'acqua calda, che combina la caldaia con la pompa di calore, rappresenta la soluzione più efficiente poiché sfrutta appieno le capacità di entrambi i generatori. Offre quindi un equilibrio tra sostenibilità e affidabilità, garantendo una soluzione completa e adattabile per le esigenze di riscaldamento dell'acqua in diverse condizioni ambientali.

L'acqua calda viene prodotta attraverso uno o più serbatoi di accumulo. La pompa di calore viene utilizzata per riscaldare l'acqua fino a una temperatura di circa 40–45 °C all'interno del serbatoio di accumulo; la caldaia viene impiegata per aumentare ulteriormente la temperatura dell'acqua fino a un valore compreso tra i 50 °C e i 65 °C. Le configurazioni impiantistiche per questo tipo di preparazione sono varie, ma le più comuni sono riportate di seguito.

### SINGOLO BOLLITORE CON DUE SERPENTINI

Il sistema è caratterizzato dalla connessione della pompa di calore allo scambiatore inferiore del bollitore, dove l'acqua è a temperatura più bassa, mentre lo scambiatore superiore è collegato alla caldaia. Questa configurazione, oltre a essere economica e compatta, necessita di un'appropriata stratificazione dell'acqua nel bollitore. Tale disposizione risulta particolarmente idonea in contesti caratterizzati da un uso limitato di acqua calda sanitaria, come nel caso di residenze o uffici.

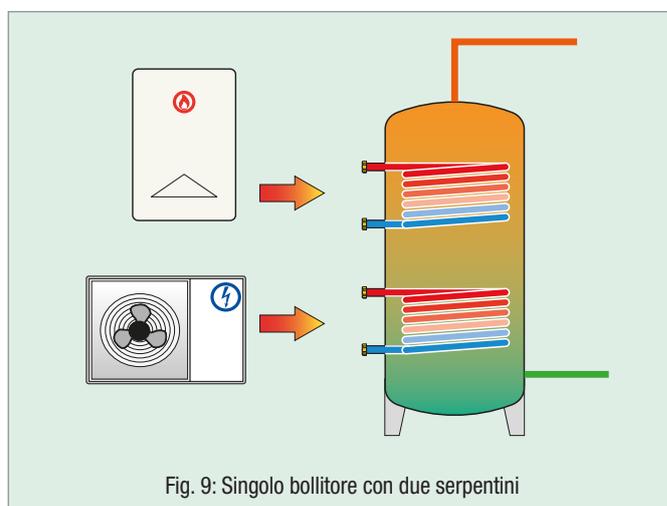


Fig. 9: Singolo bollitore con due serpentine

### DOPPIO BOLLITORE

La gestione del sistema prevede l'impiego di un primo bollitore di preriscaldamento gestito dalla pompa di calore, mentre un secondo bollitore è alimentato da un generatore a gas. Questa configurazione consente un controllo preciso delle temperature in entrambi i bollitori, tuttavia, è essenziale sottolineare che risulta essere più ingombrante e dispendiosa. Questo approccio è frequentemente adottato in contesti con un elevato consumo di acqua calda sanitaria, come hotel, ospedali e case di cura, dove la priorità è assicurare una fornitura affidabile e costante di acqua calda.

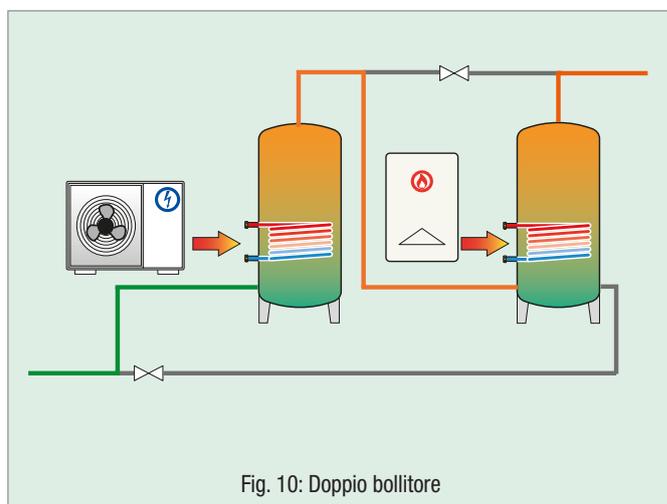
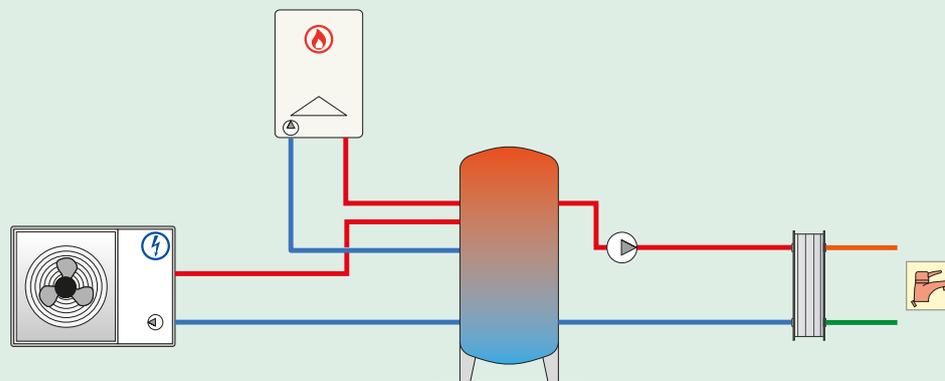


Fig. 10: Doppio bollitore

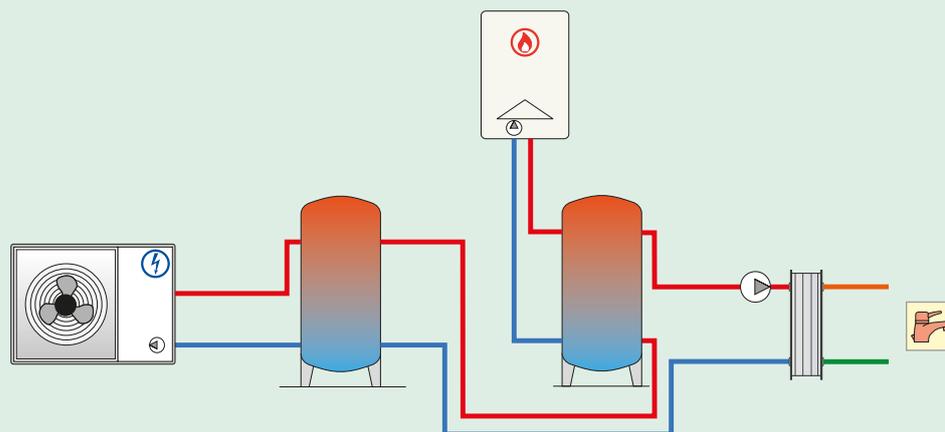
Nei sistemi ibridi, è possibile dare priorità al servizio di acqua calda sanitaria o alla produzione di acqua refrigerata. Dal punto di vista energetico, di solito ci orienta verso la priorità della produzione di acqua calda sanitaria. Tuttavia, in specifici contesti, come gli edifici adibiti a uffici in cui una sospensione del servizio di climatizzazione potrebbe causare disagi, si potrebbe preferire la produzione di acqua refrigerata anziché quella di acqua calda sanitaria. Entrambe queste soluzioni possono essere implementate attraverso l'uso di scambiatori esterni e serbatoi di accumulo dedicati all'acqua tecnica.

**PRODUZIONE ACS CON SINGOLO ACCUMULO DI ACQUA TECNICA**



Schema funzionale di un sistema di produzione di acqua calda sanitaria istantanea con accumulo tecnico in stratificazione. La caldaia riscalda la parte superiore dell'accumulo, mentre la pompa di calore si occupa della parte inferiore.

**PRODUZIONE ACS CON DOPPIO ACCUMULO DI ACQUA TECNICA**



Schema funzionale di un sistema per la produzione istantanea di acqua calda sanitaria con doppio accumulo tecnico in serie. Il primo accumulo di preriscaldamento è riscaldato attraverso la pompa di calore, mentre il secondo di post-riscaldamento è alimentato dalla caldaia.

Fig. 11: Produzione ACS istantanea con accumulo di acqua tecnica

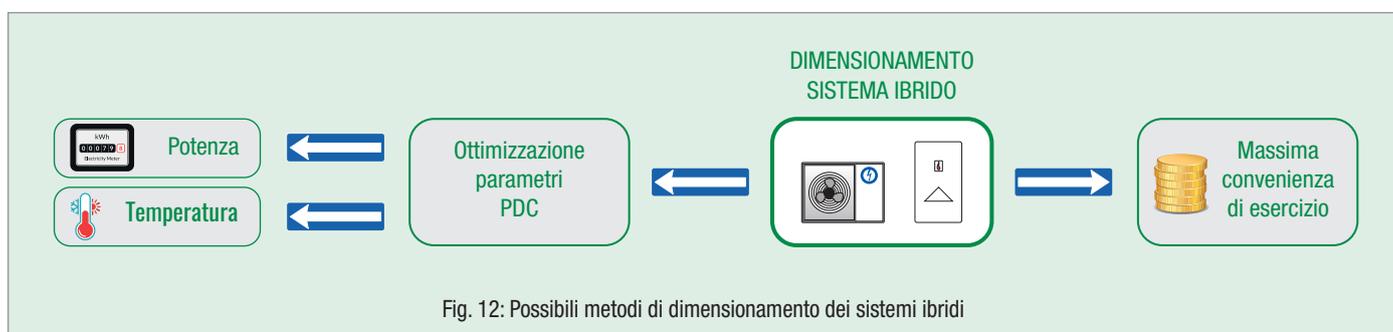
# DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DEI SISTEMI IBRIDI

Ing. Mattia Tomasoni

Il dimensionamento dei sistemi ibridi, che combinano pompe di calore e caldaie, può essere affrontato mediante diverse metodologie suddivise in due categorie principali, ognuna focalizzata sull'ottimizzazione di aspetti specifici del sistema ibrido.

La prima categoria si concentra **sull'ottimizzazione dell'efficienza complessiva del sistema in esercizio**, minimizzando i costi di funzionamento attraverso la sinergia tra la pompa di calore e la caldaia. Tale metodo considera variabili come la temperatura di funzionamento della pompa di calore, la sua capacità e l'efficienza a diverse temperature esterne, garantendo un funzionamento ottimale in diverse condizioni climatiche.

Al contrario, la seconda categoria di metodologie si concentra sui **vincoli fisici e tecnici della pompa di calore** per determinare la potenza e la temperatura massima che la pompa di calore può erogare. L'obiettivo principale è adattare il sistema ibrido in modo che la pompa di calore operi in modo sicuro ed efficiente, evitando situazioni che potrebbero superare i suoi limiti operativi e causare problemi come il mancato raggiungimento delle condizioni di progetto o l'inefficienza.



## DIMENSIONAMENTO IN BASE AL PUNTO DI MASSIMA CONVENIENZA

Il dimensionamento basato sul punto di massima convenienza dei sistemi ibridi si propone di ottimizzare l'efficienza economica complessiva dei generatori di calore, considerando sia le pompe di calore che le caldaie a condensazione. Questo approccio mira a massimizzare l'efficienza economica tenendo conto del costo dell'energia termica prodotta da ciascun generatore.

Le pompe di calore e le caldaie a condensazione possono mostrare variazioni significative nelle loro efficienze, come già analizzato in precedenti pubblicazioni di Idraulica (vedi Idraulica 61 e 64), con le pompe di calore particolarmente sensibili a fattori ambientali come temperatura esterna, temperatura dell'acqua in uscita e grado di saturazione. Gli approcci basati sul punto di massima convenienza si concentrano sull'individuazione del coefficiente di prestazione minimo di convenienza ( $COP_{MC}$ ), al di sotto del quale è più conveniente utilizzare la caldaia a condensazione anziché la pompa di calore.

Una volta identificato il  $COP_{MC}$ , il dimensionamento del sistema ibrido prevede che la caldaia venga dimensionata per coprire la massima richiesta di potenza termica, mentre la pompa di calore viene dimensionata per fornire la potenza richiesta alle condizioni che garantiscono il  $COP_{MC}$ . Ciò assicura un funzionamento economico ed efficiente dell'intero sistema.

Il dimensionamento della caldaia non presenta particolari complessità tecniche, mentre il dimensionamento della pompa di calore può comportare alcune difficoltà a causa delle molte variabili da considerare. Successivamente, vengono presentati due metodi per effettuare il dimensionamento della pompa di calore basato su:

- temperatura esterna e temperatura di mandata a punto fisso
- temperatura esterna e temperatura di mandata climatica.



## APPROFONDIMENTO:

### IL CALCOLO DEL COP MINIMO DI CONVENIENZA E ANDAMENTI STORICI

Il Coefficiente di Prestazione minimo di convenienza ( $COP_{MC}$ ) indica il valore del COP al quale il costo di produzione dell'energia termica tramite una pompa di calore eguaglia il costo di generare la stessa quantità di energia utilizzando una caldaia a gas. In altre parole, il  $COP_{MC}$  rappresenta il punto in cui i costi di utilizzo tra una pompa di calore e una caldaia a gas si equivalgono.

Il calcolo di questo parametro si basa sulla valutazione dei costi associati alla produzione di energia termica da parte dei due tipi di generatori. Il costo per generare un chilowattora termico di energia da una caldaia a gas può essere calcolato utilizzando la Formula 1, mentre il costo associato alla produzione di energia termica da una pompa di calore è determinato mediante la Formula 2.

Per trovare il valore del  $COP_{MC}$ , che rappresenta il COP al quale i costi si equivalgono, si eguagliano le equazioni descritte nella Formula 1 e nella Formula 2, come indicato nella Formula 3.

Considerando un valore costante del Potere Calorifico Inferiore (PCI) pari a 9,7 kWh/smc e un rendimento medio delle caldaie del 98 %, la Formula 3 può essere semplificata come mostrato nella Formula 4.

In questa semplificazione, è evidente che il Coefficiente di Prestazione minimo di convenienza ( $COP_{MC}$ ) è direttamente proporzionale al costo dell'elettricità e inversamente proporzionale al costo del gas. Storicamente, i costi di questi due vettori energetici hanno subito significative fluttuazioni, ma il loro rapporto è rimasto relativamente stabile, tranne in periodi recenti in cui un aumento dei prezzi dell'energia elettrica, insieme a una diminuzione del costo del gas, ha portato a un aumento del COP minimo di convenienza, creando le condizioni per un utilizzo meno vantaggioso delle pompe di calore.

$$Costo \cdot kWh_t = \frac{Costo \cdot SMC_{GAS}}{PCI_{GAS} \cdot \eta_{CALDAIA}}$$

dove:

Costo  $SMC_{GAS}$  = costo metro cubo standard del gas

$PCI_{GAS}$  = potere calorifico inferiore gas

$\eta_{CALDAIA}$  = rendimento caldaia

Formula 1

$$Costo \cdot kWh_{PDC} = \frac{Costo \cdot kWh_{ELETTRICO}}{COP}$$

Formula 2

$$\frac{Costo \cdot SMC_{GAS}}{PCI_{GAS} \cdot \eta_{CALDAIA}} = \frac{Costo \cdot kWh_{ELETTRICO}}{COP}$$

quindi

$$COP_{MC} = \frac{Costo \cdot kWh_{ELETTRICO}}{Costo \cdot SMC_{GAS}} \cdot PCI_{GAS} \cdot \eta_{CALDAIA}$$

Formula 3

$$COP_{MC} = 9,5 \cdot \frac{Costo \cdot kWh_{ELETTRICO}}{Costo \cdot SMC_{GAS}}$$

Formula 4

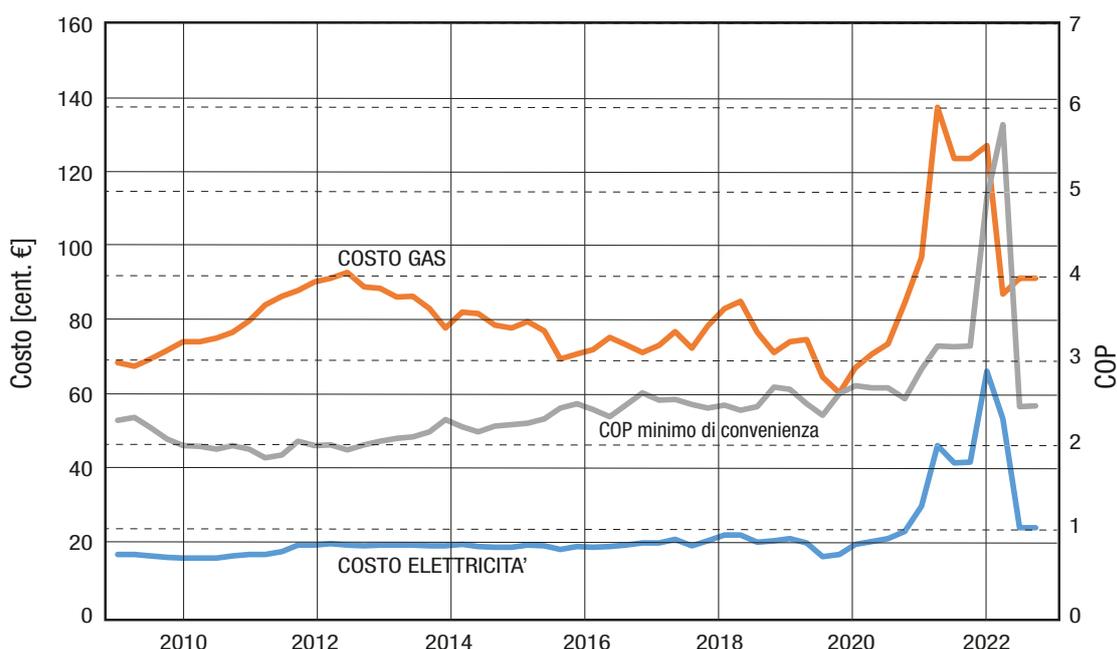


Fig. 14: Andamento storico prezzi energia e  $COP_{MC}$  (prezzi medi fonte ARERA)

## DIMENSIONAMENTO IN FUNZIONE DI TEMPERATURA ESTERNA E TEMPERATURA DI MANDATA A PUNTO FISSO

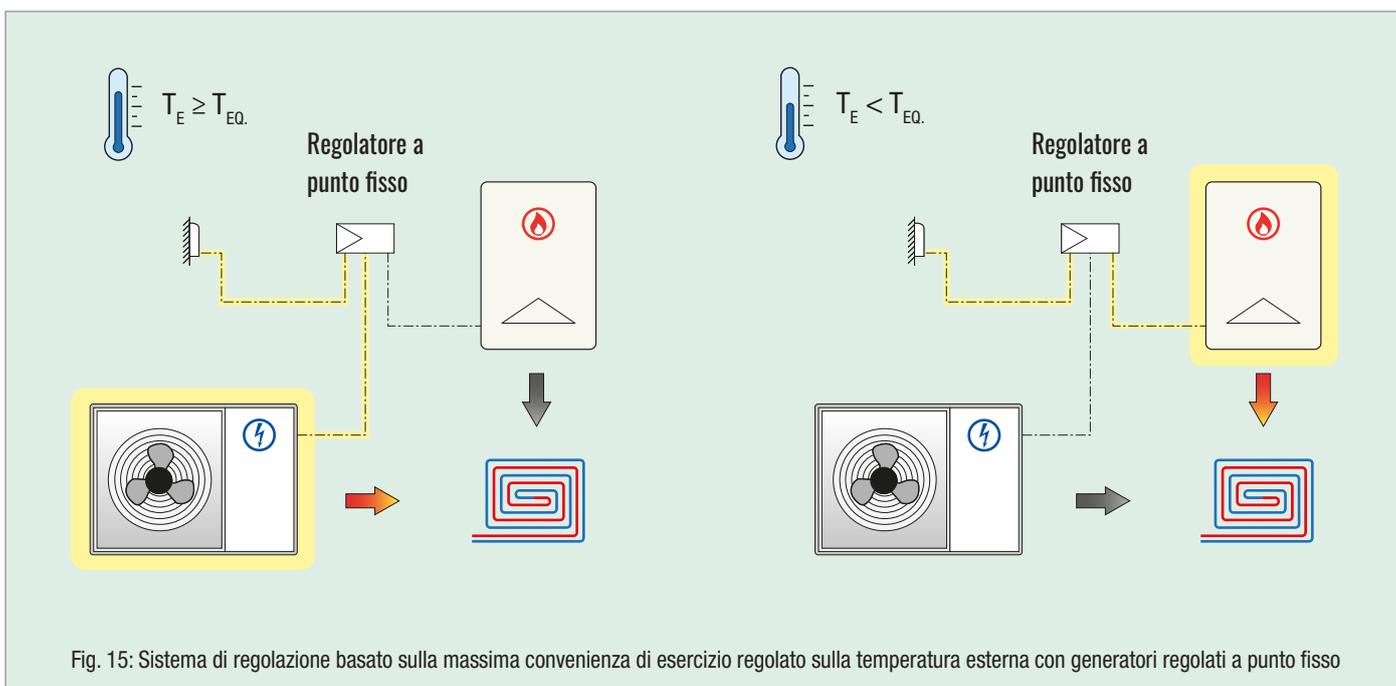
Il dimensionamento di una pompa di calore basato sulla temperatura esterna e su una temperatura di mandata costante è un approccio ampiamente diffuso e relativamente semplice. Questo metodo si concentra sulla variazione del Coefficiente di Prestazione (COP) della pompa di calore al variare della temperatura esterna, assumendo una temperatura di mandata costante e non considerando il coefficiente di carico termico della pompa di calore (rapporto tra la potenza emessa e la potenza nominale).

Il processo di dimensionamento segue i seguenti passi:

1. Si dimensiona la caldaia in base alla **potenza di progetto** ( $P_{PRG}$ ) definita.
2. Si calcola il **COP<sub>MC</sub>** (vedi formula 4 pag. 15).
3. Si identifica la **temperatura di equivalenza** ( $T_{EQ}$ ), cioè la temperatura esterna alla quale si ottiene il COP<sub>MC</sub> basandosi sulle curve caratteristiche del COP fornite dal produttore.
4. Si calcola la **potenza** necessaria per riscaldare l'edificio **alla temperatura di equivalenza** ( $P_{EQ}$ ). Questo calcolo può essere effettuato utilizzando la curva caratteristica (o firma energetica) dell'edificio (ricavata con software specifici) o mediante un'interpolazione lineare più semplice partendo dalla potenza di progetto e dalla temperatura di annullamento del carico (di solito circa 16 °C).

5. Si calcola il **coefficiente di correzione** della potenza della pompa di calore alla temperatura di equivalenza e alla temperatura di mandata di progetto (CC) ricavandolo dai grafici forniti dal produttore.
6. Si **seleziona la taglia della pompa di calore commercialmente disponibile** più vicina alla potenza alla temperatura di equivalenza ( $P_{EQ}$ ) riproporzionata in base al coefficiente di correzione.  
È consigliabile, in sistemi ibridi, optare per una pompa di calore leggermente sottodimensionata rispetto alla potenza di calcolo poiché questi calcoli semplificati non tengono conto dell'inerzia termica degli edifici. Una pompa di dimensioni inferiori lavora con un grado di saturazione più elevato e garantisce un'efficienza maggiore rispetto a una pompa di calore sovradimensionata.

Il sistema di gestione utilizzato per questo tipo di dimensionamento è basato sulla temperatura di equivalenza ed è la più semplice e comunemente utilizzata; in pratica, quando la temperatura esterna scende al di sotto della temperatura di equivalenza il sistema ibrido utilizza la caldaia, mentre quando la temperatura esterna supera la temperatura di equivalenza, il sistema ibrido si basa sulla pompa di calore spegnendo la caldaia.



## ESEMPIO DI DIMENSIONAMENTO: TEMPERATURA ESTERNA E TEMPERATURA DI MANDATA A PUNTO FISSO

Si dimensiona un sistema ibrido con il metodo della massima convenienza di esercizio tenendo conto della sola temperatura esterna considerando i seguenti dati di progetto:

- Costo gas: 0,65 €/smc
- Costo elettricità: 0,22 €/kWh
- Potenza di progetto:  $P_{PRG} = 10$  kW con  $T_{esterna}$  di progetto  $-5$  °C  
vedi fig.16 e 17
- Curve caratteristiche pompa di calore: 6 kW - 8 kW - 10 kW - 12 kW
- Taglie commerciali: 40 °C a punto fisso
- Temperatura di progetto di mandata impianto: 40 °C a punto fisso

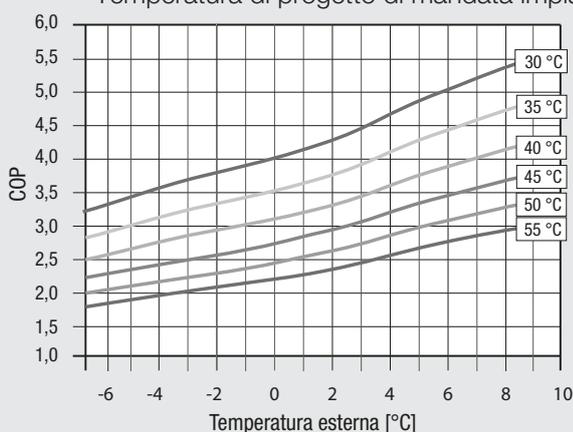


Fig. 16: Curve caratteristiche del COP (da documentazione tecnica del produttore)

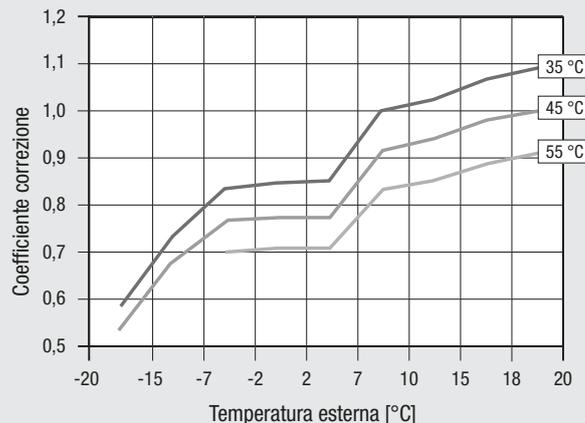


Fig. 17: Curve coefficiente di correzione della potenza termica (da documentazione tecnica del produttore per PDC con R410)

### 1. Dimensionamento della caldaia

La caldaia deve avere una potenza maggiore o uguale alla potenza di progetto ( $P_{PRG} = 10$  kW). Dovrà funzionare a temperatura di mandata a punto fisso pari alla temperatura di progetto (40 °C).

### 2. Calcolo del COP minimo di convenienza

Utilizzando la formula 4 dell'Approfondimento a pag. 15 si calcola il  $COP_{MC}$ .

$$COP_{MC} = 9,5 \cdot \frac{\text{Costo kWh}_{ELETTRICO}}{\text{Costo SMC}_{GAS}} = 9,5 \cdot \frac{0,22}{0,65} = 3,22$$

### 3. Identificazione della temperatura di equivalenza

Dall'analisi del grafico caratteristico della pompa di calore (fig. 18), tenendo conto di una temperatura di mandata di 40 °C, si deduce che la temperatura esterna di equivalenza  $T_{EQ} = 2$  °C.

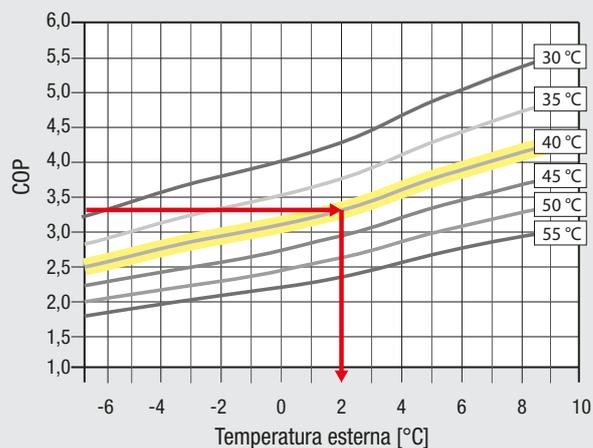


Fig. 18: Scelta della temperatura di equivalenza



## ESEMPIO DI DIMENSIONAMENTO: TEMPERATURA ESTERNA E TEMPERATURA DI MANDATA A PUNTO FISSO

### 4. Calcolo della potenza necessaria a riscaldare l'edificio alla temperatura di equivalenza.

Per interpolazione lineare, considerando di annullare il carico a 16 °C di temperatura dell'aria esterna è possibile ricavare la curva caratteristica dell'edificio (fig. 19). Intersecando la curva alla temperatura di equivalenza ( $T_{EQ} = 2$  °C) si ottiene la potenza necessaria a riscaldare l'edificio  $P_{EQ} = 6,5$  kW.

### 5. Calcolo del coefficiente di correzione

Considerando le curve coefficiente di correzione della potenza termica, in corrispondenza di una temperatura esterna pari alla  $T_{EQ} = 2$  °C ed una temperatura di mandata di 40 °C si ottiene un coefficiente di correzione pari a 0,82 (CC = 0,82) (fig. 20).

### 6. Scelta della pompa di calore

Possiamo quindi ricavare la potenza nominale della pompa di calore dividendo la  $P_{EQ}$  per il coefficiente di correzione CC.

$$P_{NOM} = \frac{P_{EQ}}{CC} = \frac{6,5}{0,82} = 7,92 \text{ Kw}$$

Risulta quindi corretto selezionare una pompa di calore di potenza nominale pari a 8 kW.

### Conclusioni

In base ai dati progettuali è possibile selezionare un sistema ibrido che assicuri la massima convenienza di esercizio con le seguenti caratteristiche:

- Regolazione  $T_{EQ} = 2$  °C
- Potenza nominale pompa di calore  $P = 8$  kW ( $T_M = 35$  °C /  $T_E = 7$  °C)  $T_M = 40$  °C punto fisso
- Potenza caldaia  $P = 10$  kW con  $T_M = 40$  °C a punto fisso

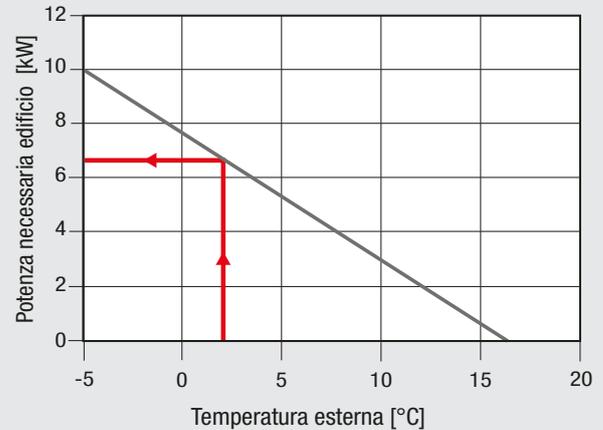


Fig. 19: Curva caratteristica edificio

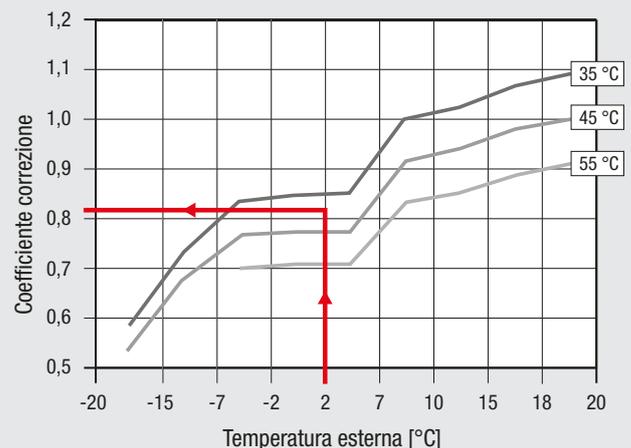


Fig. 20: Coefficiente di correzione della potenza termica

## DIMENSIONAMENTO IN FUNZIONE DI TEMPERATURA ESTERNA E TEMPERATURA DI MANDATA CLIMATICA

Contrariamente all'approccio di dimensionamento che si basa esclusivamente sulla temperatura esterna, il metodo che tiene conto anche della temperatura di mandata climatica si rivela più efficiente per i sistemi ibridi, anche se richiede calcoli leggermente più complessi. Questa metodologia si fonda sul calcolo del coefficiente di prestazione (COP) della pompa di calore e sulla capacità del sistema ibrido di adattare la temperatura di mandata alle condizioni climatiche, senza considerare il coefficiente di carico della pompa di calore.

Il processo di dimensionamento si sviluppa come segue:

1. Si dimensiona la caldaia in base alla **potenza di progetto** ( $P_{PRG}$ ) definita.
2. Si calcola il **COP<sub>MC</sub>** (vedi formula 4 pag. 15).
3. Si identifica la **curva climatica** di lavoro del sistema ibrido.
4. Si costruisce, punto per punto, la **curva di rendimento** della pompa di calore, tenendo conto delle variazioni della temperatura esterna e della temperatura di mandata identificata al punto 3. Questa operazione deve essere eseguita utilizzando le curve fornite dal produttore, con una stima iniziale della potenza della pompa di calore pari all'80 % della potenza di picco richiesta dall'edificio. Sulla curva costruita si **individua la temperatura di equivalenza** ( $T_{EQ}$ ) a partire dal  $COP_{MC}$ .
5. Si calcola la **potenza** necessaria per riscaldare l'edificio **alla temperatura di equivalenza** ( $P_{EQ}$ ). Questo calcolo può essere effettuato utilizzando la curva caratteristica (o firma energetica) dell'edificio (ricavata con software specifici) o mediante un'interpolazione lineare più semplice partendo dalla potenza di progetto e dalla temperatura di annullamento del carico (di solito circa 16 °C).
6. Si calcola il **coefficiente di correzione** della potenza della pompa di calore alla temperatura di equivalenza e alla temperatura di mandata di progetto (CC) ricavandolo dai grafici forniti dal produttore.
7. Si **seleziona la pompa di calore commercialmente disponibile** più vicina alla potenza  $P_{EQ}$  riproporzionata in base al coefficiente di correzione.

La regolazione dei sistemi ibridi basati su questo tipo di dimensionamento può essere di due tipologie:

- La prima, tipica dei sistemi ibridi integrati, regola sia la temperatura di mandata nel sistema che l'attivazione della pompa di calore o della caldaia a gas in base alla temperatura esterna.
- La seconda legge la temperatura di mandata e la temperatura esterna basandosi su una mappatura interna dei valori di rendimento della pompa di calore e comanda l'accensione di uno o dell'altro generatore del sistema ibrido.

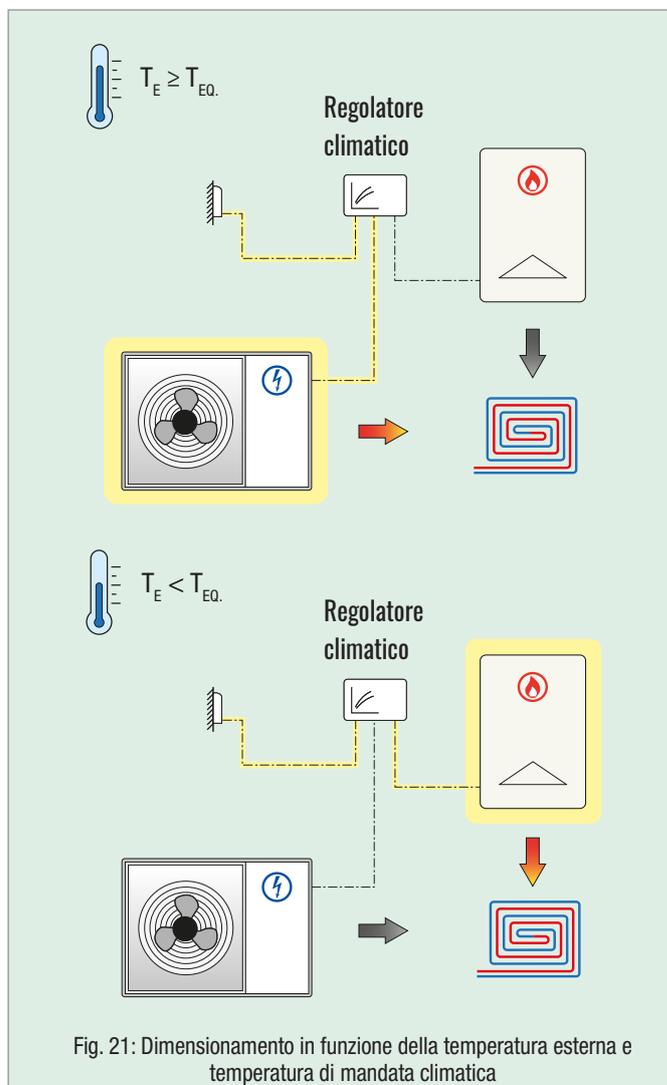


Fig. 21: Dimensionamento in funzione della temperatura esterna e temperatura di mandata climatica

Il metodo di dimensionamento che tiene conto della temperatura di mandata climatica o scorrevole di solito porta a una temperatura di equivalenza inferiore, rispetto ad un dimensionamento analogo basato su una regolazione a punto fisso. In questo modo si tende ad espandere l'intervallo di utilizzo della pompa di calore, riducendo il costo complessivo di funzionamento. Tuttavia, richiede generalmente l'uso di pompe di calore di dimensioni maggiori, aumentando così il costo iniziale dell'investimento.

Inoltre, le pompe di calore di dimensioni maggiori possono soffrire di una maggiore perdita per fattore di carico, come dettagliato in modo più approfondito nel capitolo "Verifica della pompa di calore in base al fattore di carico". Pertanto, la scelta della dimensione del generatore deve essere fatta con attenzione e, in alcuni casi, potrebbe richiedere un aggiustamento leggero alzando la temperatura di equivalenza per ottimizzare il bilancio tra efficienza e costo.



## ESEMPIO DI DIMENSIONAMENTO: TEMPERATURA ESTERNA E TEMPERATURA DI MANDATA CLIMATICA

Si dimensiona un sistema ibrido con il metodo della massima convenienza di esercizio tenendo conto della temperatura esterna e della temperatura di mandata climatica considerando i seguenti dati di progetto:

- Costo gas: 0,65 €/smc
- Costo elettricità: 0,22 €/kWh
- Potenza di progetto:  $P_{PR} = 10$  kW con  $T_{esterna}$  di progetto di  $-5$  °C vedi figg. 22 - 23
- Curve caratteristiche PDC: 6 kW - 8 kW - 10 kW - 12 kW
- Taglie commerciali: 40 °C (a  $-5$  °C)
- Temperatura di progetto: secondo regolazione climatica.
- Temperatura di mandata:

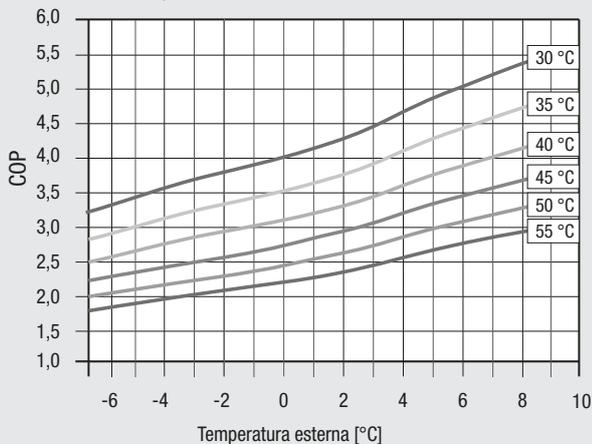


Fig. 22: Curve caratteristiche del COP (da documentazione tecnica del produttore)

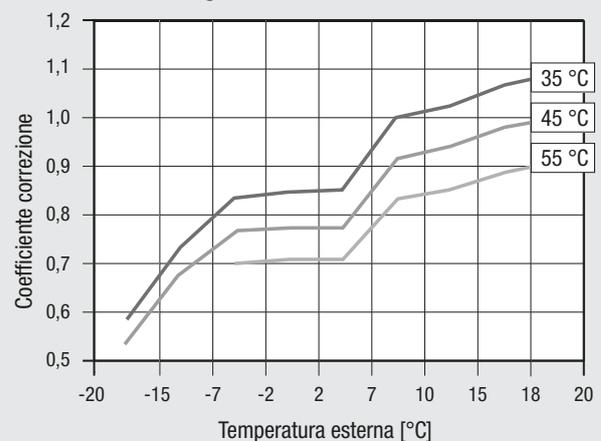


Fig. 23: Curve coefficiente di correzione della potenza termica (da documentazione tecnica del produttore per PDC con R410)

### 1. Dimensionamento della caldaia

La caldaia deve avere una potenza maggiore o uguale alla potenza di progetto ( $P_{PR} = 10$  kW). Dovrà funzionare a temperatura di mandata climatica con temperatura massima pari alla temperatura di progetto ( $T_{PR} = 40$  °C)

### 2. Calcolo del COP minimo di convenienza

Utilizzando la formula 4 dell'Approfondimento a pag. 15 si calcola il  $COP_{MC}$ .

$$COP_{MC} = 9,5 \cdot \frac{\text{Costo kWh}_{ELETTRICO}}{\text{Costo SMC}_{GAS}} = 9,5 \cdot \frac{0,22}{0,65} = 3,22$$

### 3. Costruzione della curva climatica

Considerando una temperatura di progetto pari a 40 °C ed ipotizzando un annullamento del carico a 16 °C, si ottiene una curva climatica di temperatura di tipo lineare, come mostrato nella fig. 24.

### 4. Costruzione della curva COP corretto

Intersecando le curve caratteristiche del COP, fornite dal produttore, con la temperatura di mandata (fig. 24) è possibile dedurre la curva di rendimento della

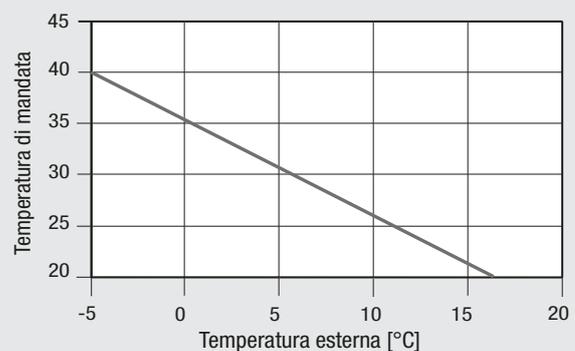


Fig. 24: Curva climatica

## ESEMPIO DI DIMENSIONAMENTO: TEMPERATURA ESTERNA E TEMPERATURA DI MANDATA CLIMATICA

pompa di calore (vedi curva gialla fig. 25). Considerando il  $COP_{MC}$  pari a 3,22 possiamo determinare la temperatura di equivalenza ( $T_{EQ}$ ) che corrisponde a  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  (fig. 25).

### 5. Calcolo della potenza necessaria a riscaldare l'edificio alla temperatura di equivalenza

Per interpolazione lineare, considerando di annullare il carico a  $16\text{ }^{\circ}\text{C}$  di temperatura dell'aria esterna è possibile ricavare la curva caratteristica dell'edificio (fig. 26). Intersecando la curva alla temperatura di equivalenza ( $T_{EQ} = -1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) si ottiene la potenza necessaria a riscaldare l'edificio  $P_{EQ} = 8\text{ kW}$ .

### 6. Calcolo del coefficiente di correzione

Considerando le curve coefficiente di correzione della potenza termica, in corrispondenza di una temperatura esterna pari alla  $T_{EQ} = -1\text{ }^{\circ}\text{C}$  ed una temperatura di mandata di  $36\text{ }^{\circ}\text{C}$  (ricavata dalla curva climatica fig. 24) si ottiene un coefficiente di correzione  $CC = 0,85$  (fig. 27).

### 7. Scelta della pompa di calore

Per determinare la potenza nominale della pompa di calore, possiamo dividere la  $P_{EQ} = 8\text{ kW}$  per il coefficiente di correzione (CC), ottenendo così una potenza nominale della pompa di calore di  $9,4\text{ kW}$ . Di conseguenza, si opta per una pompa di calore con una capacità nominale di  $10\text{ kW}$ .

## Conclusioni

In base ai dati progettuali, è possibile selezionare un sistema ibrido che garantisca la massima convenienza di esercizio con le seguenti caratteristiche:

- Potenza minima caldaia =  $10\text{ kW}$ .
- Potenza nominale PDC =  $10\text{ kW}$  ( $T_M 35\text{ }^{\circ}\text{C}$  /  $T_E 7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).
- Un sistema di regolazione della temperatura di mandata basato sulle condizioni climatiche, per ottimizzare l'efficienza in base alle variazioni della temperatura esterna.
- $T_{EQ} = -1\text{ }^{\circ}\text{C}$  per assicurare un funzionamento efficiente della pompa di calore anche a basse temperature esterne.

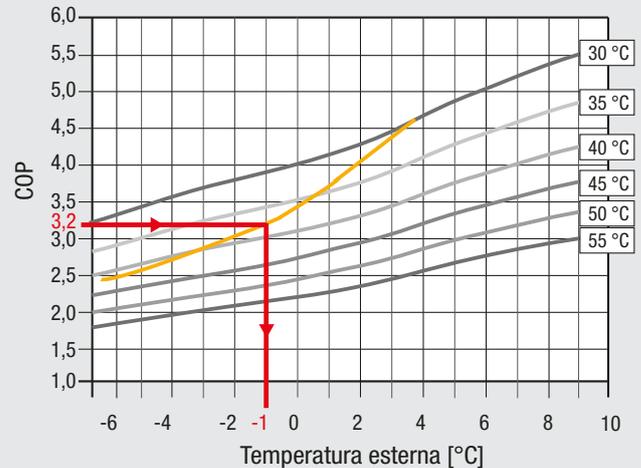


Fig. 25: Curva di rendimento rispetto alla curva climatica

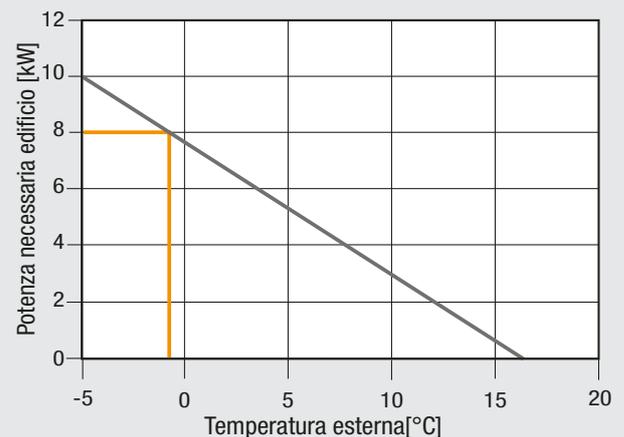


Fig. 26: Curva caratteristica edificio

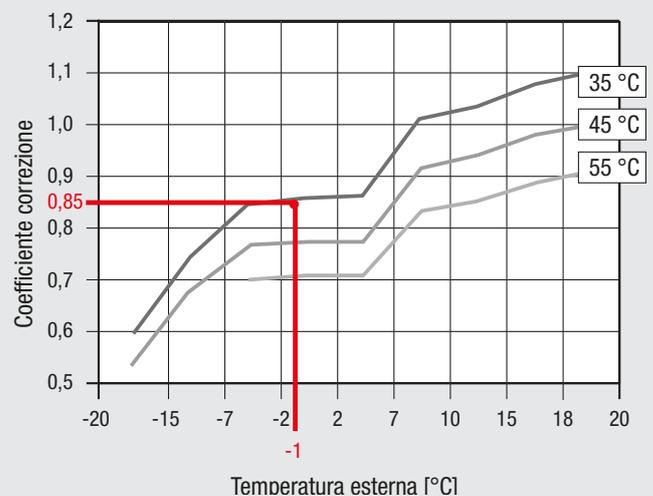


Fig. 27: Coefficiente di correzione della potenza termica

# OTTIMIZZAZIONE DEI VINCOLI TECNICI E FISICI DELLA POMPA DI CALORE

In alcuni casi il dimensionamento di un sistema ibrido non segue principi di massima convenienza ma si basa sui limiti fisici della pompa di calore. Uno di questi limiti può essere la **massima temperatura erogabile** dalla pompa di calore dovuta ad un intrinseco valore che la macchina può raggiungere. Per questo motivo la pompa di calore non può essere utilizzata con tutti i sistemi di emissione, a meno che non siano stati progettati specificamente per questo scopo.

Lo scenario è tipico degli impianti a radiatori che hanno temperature di mandata di progetto solitamente superiori ai 60 °C. Le pompe di calore, al contrario, spesso non possono erogare calore in modo conveniente oltre i 50 °C.

Quando sono presenti tali limitazioni può essere vantaggioso considerare l'utilizzo di un sistema ibrido regolando la temperatura in modo climatico. La caldaia viene utilizzata durante i periodi più freddi quando la temperatura esterna implica una temperatura di mandata non erogabile dalla pompa di calore, mentre in condizioni di temperatura esterna più mite, e quindi con temperature di mandata inferiori, la pompa di calore può essere attivata.

In particolari circostanze il limite di un sistema ibrido può essere determinato dalla **massima potenza erogabile** dalla pompa di calore. Questo limite è fondamentalmente vincolato da due motivi principali: il primo derivante dall'investimento poiché la pompa di calore costituisce la componente più dispendiosa del sistema ibrido; il secondo dovuto alla restrizione della potenza elettrica fornita dalla rete. Tale limitazione può manifestarsi sia nei sistemi domestici che in impianti di dimensioni più generose.

## DIMENSIONAMENTO IN BASE ALLA MASSIMA TEMPERATURA EROGABILE

Questo approccio, come quelli illustrati in precedenza, prevede una temperatura esterna di commutazione fra la pompa di calore e la caldaia, la cosiddetta temperatura di equivalenza. Tuttavia, a differenza dei metodi basati sull'efficienza dei generatori, in questo caso la temperatura di equivalenza è calcolata in base alla curva climatica dell'impianto e alla temperatura massima erogabile del generatore a pompa di calore.

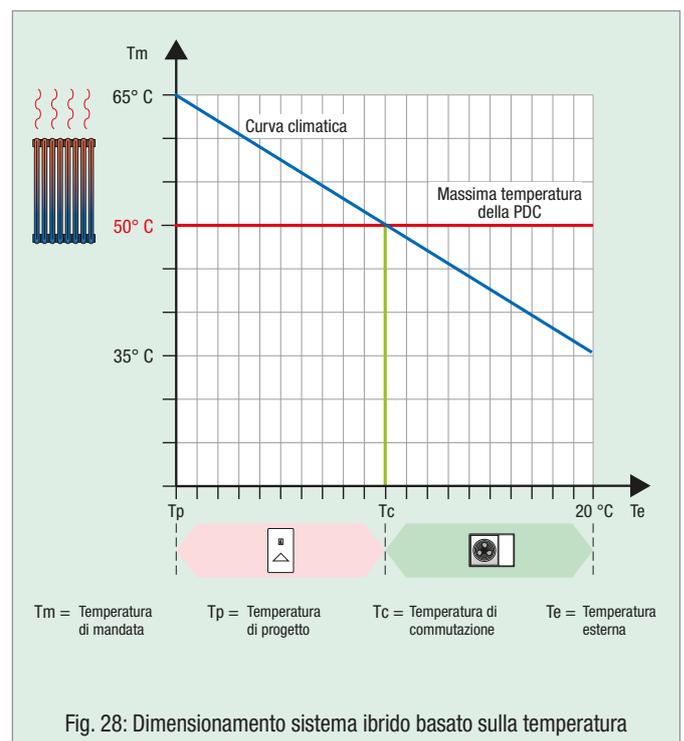
Il processo di dimensionamento può essere riassunto nei seguenti passaggi:

1. Dimensionamento della caldaia in base alla potenza di progetto definita.
2. Individuazione della curva climatica dell'impianto in base alla temperatura esterna e alla temperatura di mandata di progetto. Individuazione della temperatura massima di lavoro della pompa di calore.
3. Identificazione della temperatura di commutazione, che determina la commutazione tra pompa di calore e caldaia, intersecando le due curve.
4. Calcolo della potenza necessaria per riscaldare l'edificio alla temperatura di commutazione determinata nel punto 3 e selezione della pompa di calore commercialmente disponibile più vicina alla potenza calcolata, preferibilmente leggermente sottodimensionata nei sistemi ibridi.

Il controllo dei sistemi ibridi che adottano questo tipo di dimensionamento può avvenire attraverso due approcci:

- Nel primo, caratteristico dei sistemi ibridi integrati, si regola sia la temperatura di progetto sia l'attivazione del generatore opportuno in base alle variazioni della temperatura esterna.
- Il secondo approccio regola la temperatura di commutazione in funzione della temperatura di progetto e della temperatura esterna utilizzando una mappatura interna della curva climatica di riferimento e gestisce l'accensione dei generatori di calore in conformità con tali parametri.

Questo metodo ottimizza la taglia della pompa di calore in relazione alla temperatura di progetto: la riduce in condizioni di temperatura elevata e la aumenta in condizioni di temperatura più bassa. Con temperature di progetto elevate, è opportuno valutare l'investimento poiché la pompa di calore potrebbe operare solo per poche ore durante la stagione di riscaldamento. Al contrario, se si considerano temperature di progetto rigide, potrebbero verificarsi punti di equivalenza a temperature inferiori rispetto a quelle tradizionalmente considerate convenienti. In questo contesto, è vantaggioso riadattare le dimensioni del sistema secondo i criteri precedentemente illustrati.





## ESEMPIO DI DIMENSIONAMENTO: MASSIMA TEMPERATURA EROGABILE DALLA POMPA DI CALORE

Si dimensiona un sistema ibrido, considerando la massima temperatura erogabile dalla PDC, per un impianto esistente a radiatori con le seguenti caratteristiche:

- Temperatura di progetto  $T_{PR} = 70\text{ °C}$
- Potenza di progetto  $P_{PR} = 10\text{ kW}$  con temperatura esterna di progetto di  $-5\text{ °C}$
- Curve caratteristiche: vedi figg. 29 - 30
- Taglie commerciali: 6 kW - 8 kW - 10 kW - 12 kW.

### 1. Dimensionamento della caldaia

La caldaia deve avere una potenza maggiore o uguale alla potenza di progetto  $P_{PR} = 10\text{ kW}$ . Dovrà funzionare a temperatura di mandata a punto fisso pari alla temperatura di progetto ( $T_{PR} = 70\text{ °C}$ ).

### 2. Costruzione della curva climatica

Considerando una temperatura di progetto pari a  $70\text{ °C}$  ed ipotizzando un annullamento del carico a  $20\text{ °C}$ , si ottiene una curva climatica di temperatura di tipo lineare, come mostrato nella fig. 30.

### 3. Identificazione della temperatura di equilibrio

Intersecando la temperatura erogabile dalla PDC e la curva climatica dell'impianto si individua la temperatura di equilibrio  $T_{EQ} = 5\text{ °C}$ .

### 4. Scelta della pompa di calore

Dalla curva caratteristica dell'edificio si ricava la potenza alla  $T_{EQ} = 5\text{ °C}$  che risulta essere di 6 kW, compatibile con una pompa di calore di tipo commerciale.

### Conclusioni

In base ai dati progettuali, è possibile selezionare un sistema ibrido che garantisca l'alimentazione alla temperatura di progetto dell'impianto considerato avente le seguenti caratteristiche:

- Potenza minima caldaia = 10 kW.
- Potenza nominale PDC = 6 kW
- Un sistema di regolazione della temperatura di mandata basato sulle condizioni climatiche esterne e alla temperatura di mandata che commuti tra PDC e caldaia alla temperatura di  $5\text{ °C}$ .
- $T_{EQ} = 5\text{ °C}$  per assicurare un funzionamento efficiente della pompa di calore anche a basse temperature esterne.

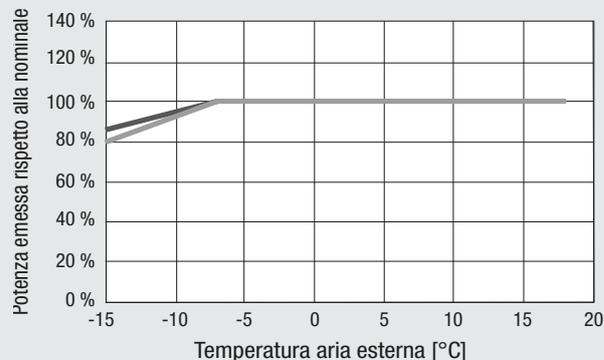


Fig. 29: Curve caratteristiche del COP con R32 (da documentazione tecnica del produttore)

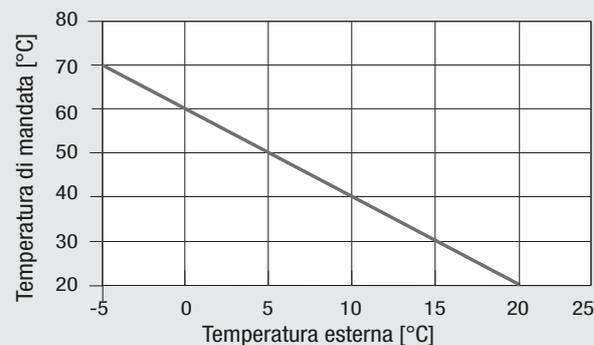


Fig. 30: Curva climatica

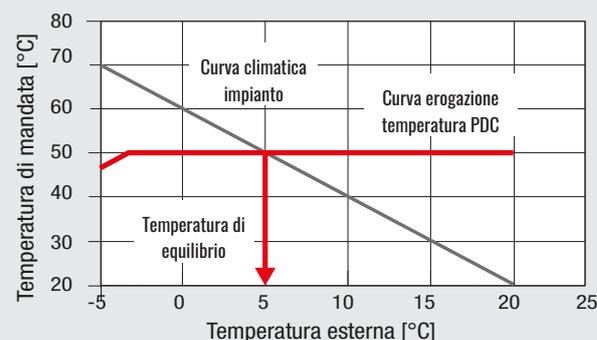


Fig. 31: Identificazione temperatura di equilibrio

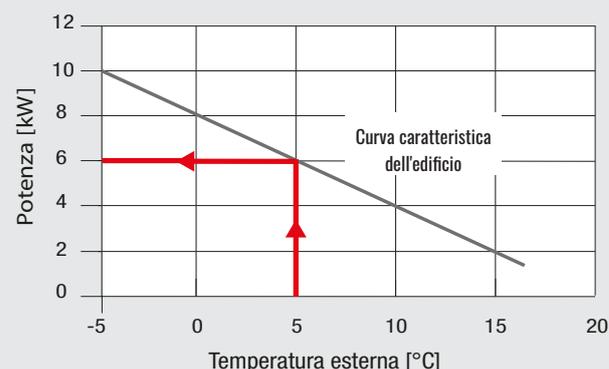


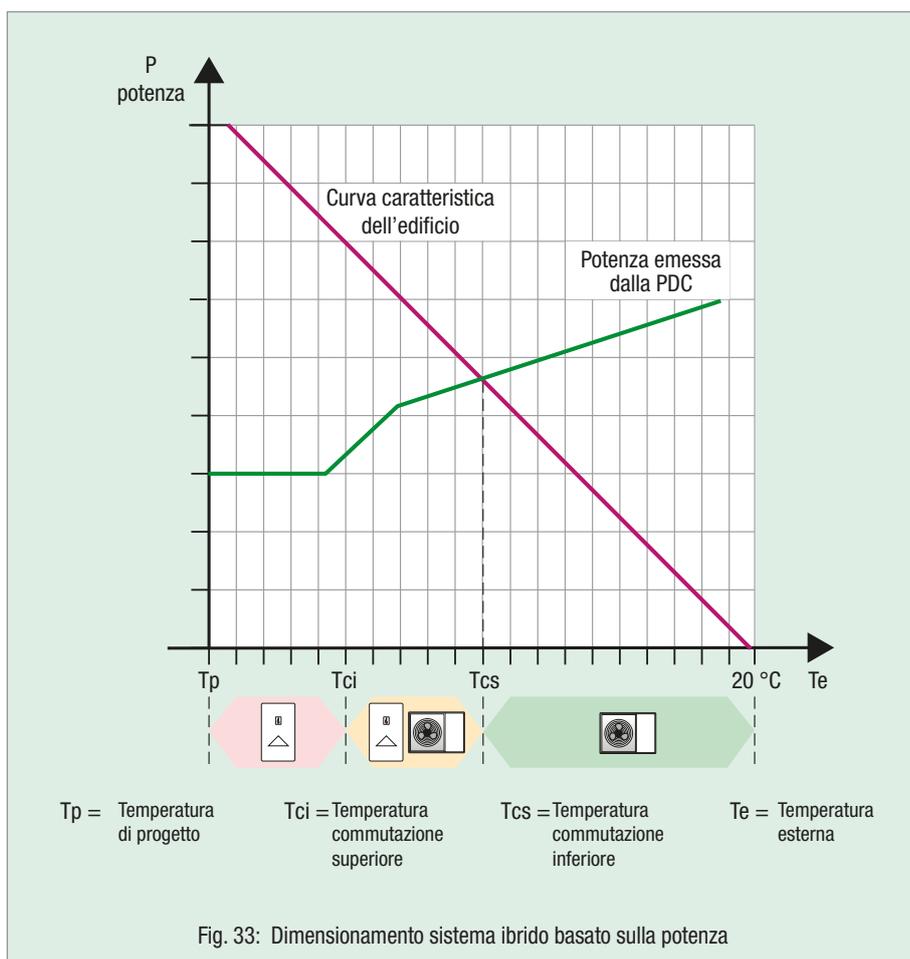
Fig. 32: Definizione potenza di progetto

## DIMENSIONAMENTO IN BASE ALLA MASSIMA POTENZA EROGABILE

Il dimensionamento del sistema ibrido si realizza incrociando la potenza erogabile dalla pompa di calore in relazione alla temperatura esterna con la potenza richiesta dall'edificio e quindi con la sua curva caratteristica. A prima vista, questo approccio di dimensionamento potrebbe sembrare basato su una temperatura di commutazione tra la pompa di calore e la caldaia, tuttavia questa temperatura rappresenta solo il punto in cui la pompa di calore può iniziare a operare come unico generatore. Al di sotto i due generatori possono funzionare contemporaneamente. La produzione simultanea di calore da entrambi i generatori continua fino a quando non si raggiunge una condizione in cui è preferibile produrre calore solo con la caldaia a condensazione. Tale condizione può essere determinata utilizzando uno dei tre metodi descritti in precedenza. Le due temperature menzionate sono definite rispettivamente come temperatura di commutazione superiore e inferiore.

Il dimensionamento della pompa di calore in un sistema ibrido basato sulla massima potenza erogabile dalla pompa di calore segue i seguenti punti:

1. Identificazione della pompa di calore installabile in base alle restrizioni progettuali.
2. Tracciamento della potenza erogabile dalla pompa di calore individuata al punto 1.
3. Intersezione della curva caratteristica dell'edificio con la curva di potenza della pompa di calore per individuare il punto di commutazione superiore.
4. Individuazione del punto di commutazione inferiore con uno dei metodi descritti in precedenza.



Anche in questo caso, la regolazione può avvenire tramite un controllo integrato o con un regolatore esterno. Nel secondo caso, il regolatore deve ricevere i seguenti valori: temperatura esterna, temperatura di mandata e di ritorno per controllare la potenza emessa dal sistema e individuare il punto di commutazione superiore per spegnere la caldaia. La temperatura di mandata e la temperatura esterna, come visto in precedenza, sono utili per individuare il punto di commutazione inferiore e spegnere la pompa di calore.



## ESEMPIO DI DIMENSIONAMENTO: MASSIMA POTENZA EROGABILE DALLA POMPA DI CALORE

Si dimensiona un sistema ibrido, considerando i dati dell'esempio 2 ma con una limitazione di potenza della pompa di calore pari a 6 kW.

La curva di potenza della pompa di calore da 6 kW è riportata in fig. 34. Si considera per questo tipo di esempio la curva caratteristica con temperatura di mandata pari a 6°C.

### 1. Identificazione della temperatura di commutazione superiore

Si interseca la curva caratteristica dell'edificio con quella della potenza emessa dalla pompa di calore e si trova la temperatura di commutazione superiore che, per il caso in esame, risulta essere di 4 °C.

### 2. Identificazione della temperatura di commutazione inferiore

Riprendendo i calcoli dell'esempio 2 si può considerare che per il principio di massima convenienza la temperatura di commutazione inferiore venga mantenuta a -1 °C.

### Conclusioni

In base ai dati progettuali, è possibile selezionare un sistema ibrido con pompa di calore limitata alla taglia da 6 kW con le seguenti caratteristiche:

- Una caldaia da 10 kW.
- Una pompa di calore con una capacità nominale di 6 kW.
- Un sistema di regolazione della temperatura di mandata basato sulle condizioni climatiche esterne e alla temperatura di mandata e ritorno che:

Faccia funzionare la PDC al di sopra di 4 °C.

Mantenga accesa la caldaia e la PDC tra -1 e 4 °C

Che mantenga in funzione la sola caldaia al di sotto di -1 °C.

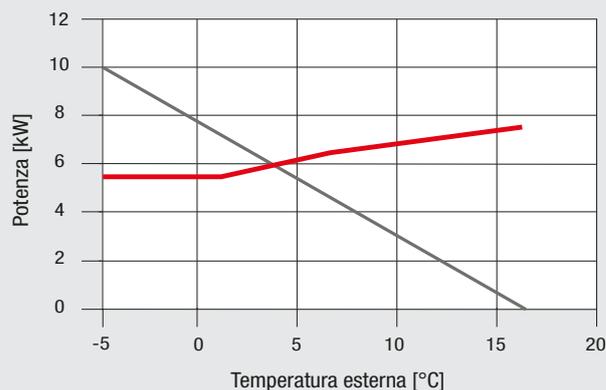


Fig. 34: Curva caratteristica edificio

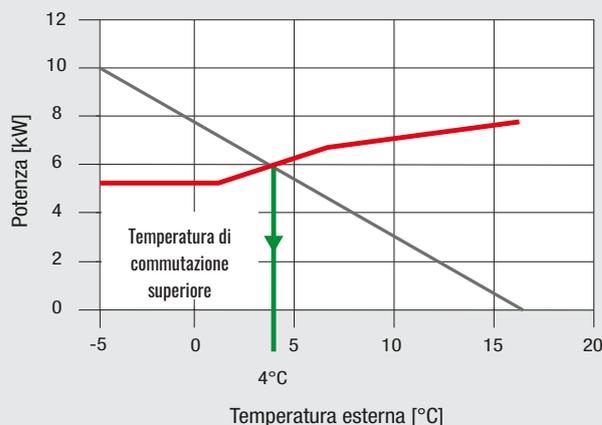


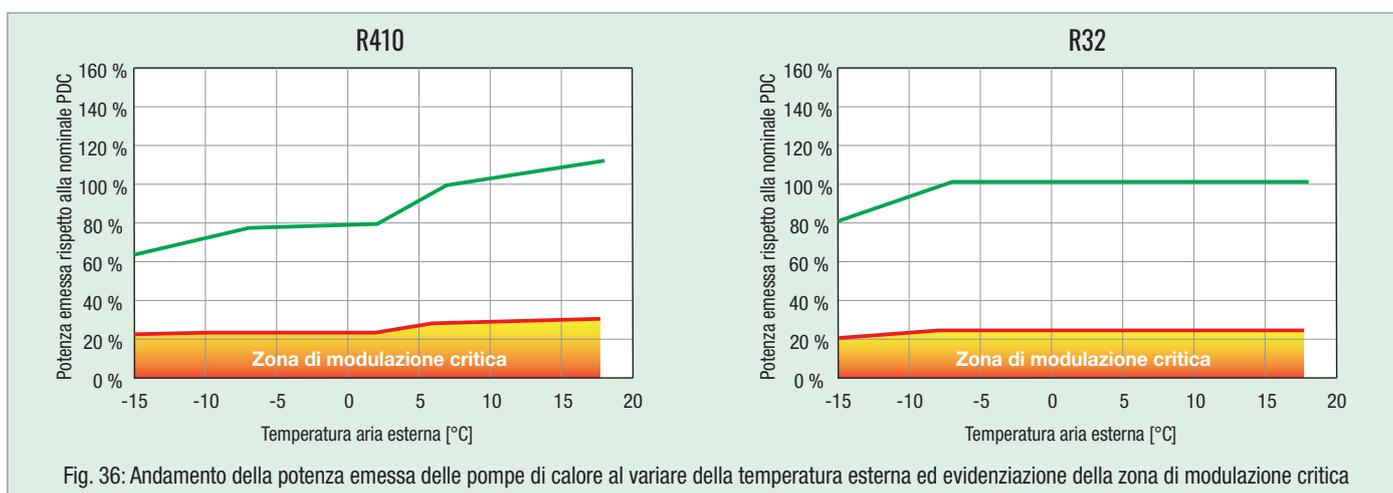
Fig. 35: Identificazione temperatura di commutazione superiore

# VERIFICA DELLA POMPA DI CALORE IN BASE AL FATTORE DI CARICO

## POTENZA EMessa DA UNA POMPA DI CALORE IN FUNZIONE DELLA TEMPERATURA ESTERNA E FATTORE DI CARICO

Le pompe di calore aria-acqua non solo modificano il loro rendimento in base alle fluttuazioni della temperatura esterna, ma regolano anche la potenza erogata in risposta a tali variazioni. L'entità di questa modifica dipende dalla tecnologia specifica impiegata nella pompa di calore.

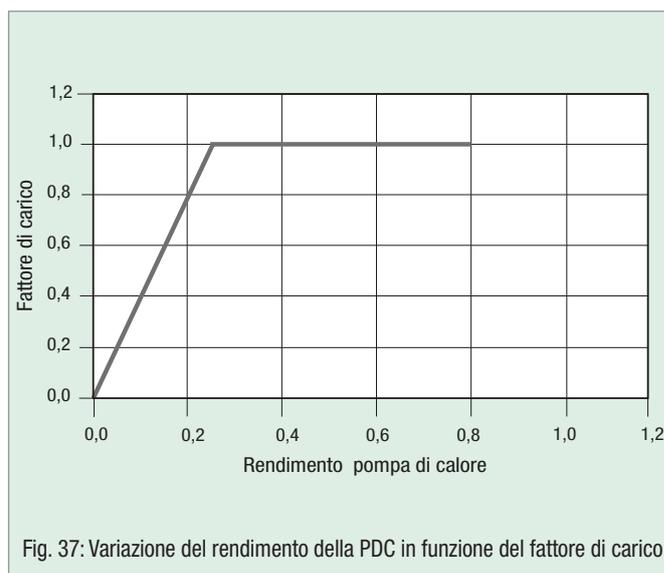
Nei grafici presentati nella fig. 36, si evidenzia l'influenza della temperatura esterna sulla potenza erogata dalla pompa di calore, distinguendo tra le due principali tecnologie attualmente diffuse sul mercato: quella basata sul gas refrigerante R410 e quella che utilizza il R32. In tali grafici, è stata inclusa anche una linea che rappresenta il 25 % della potenza emessa dalle pompe di calore. Questo elemento riveste un'importanza cruciale in quanto delimita la zona di modulazione delle moderne macchine a compressione. In altre parole, questo limite segna il fattore di carico al di sotto del quale la pompa di calore inizia cicli di accensione e spegnimento, con conseguente riduzione dell'efficienza complessiva del sistema, seguendo le curve illustrate nella fig. 36. Questa regione può essere identificata come zona di modulazione critica.



## INTERVALLO DI FUNZIONAMENTO DELLA POMPA DI CALORE E INTERVALLO DI MODULAZIONE CRITICA

Dalla sovrapposizione delle curve rappresentanti la potenza emessa da una pompa di calore e la curva caratteristica dell'edificio, emergono due scenari principali:

- Il primo caso si verifica quando la curva caratteristica dell'edificio rimane costantemente al di sotto della curva di potenza della pompa di calore. Questo avviene negli impianti in cui la pompa di calore rappresenta l'unica fonte di riscaldamento e deve quindi coprire tutte le esigenze termiche dell'edificio in qualsiasi condizione climatica. Tuttavia, questa situazione non è quella che stiamo analizzando.
- Il secondo caso, invece, si verifica quando la curva caratteristica dell'edificio interseca la curva di potenza erogata dalla pompa di calore. Il punto di intersezione è noto come il "punto di equivalenza". Nell'ambito degli impianti ibridi, la temperatura di equivalenza è sempre superiore alla temperatura di progetto



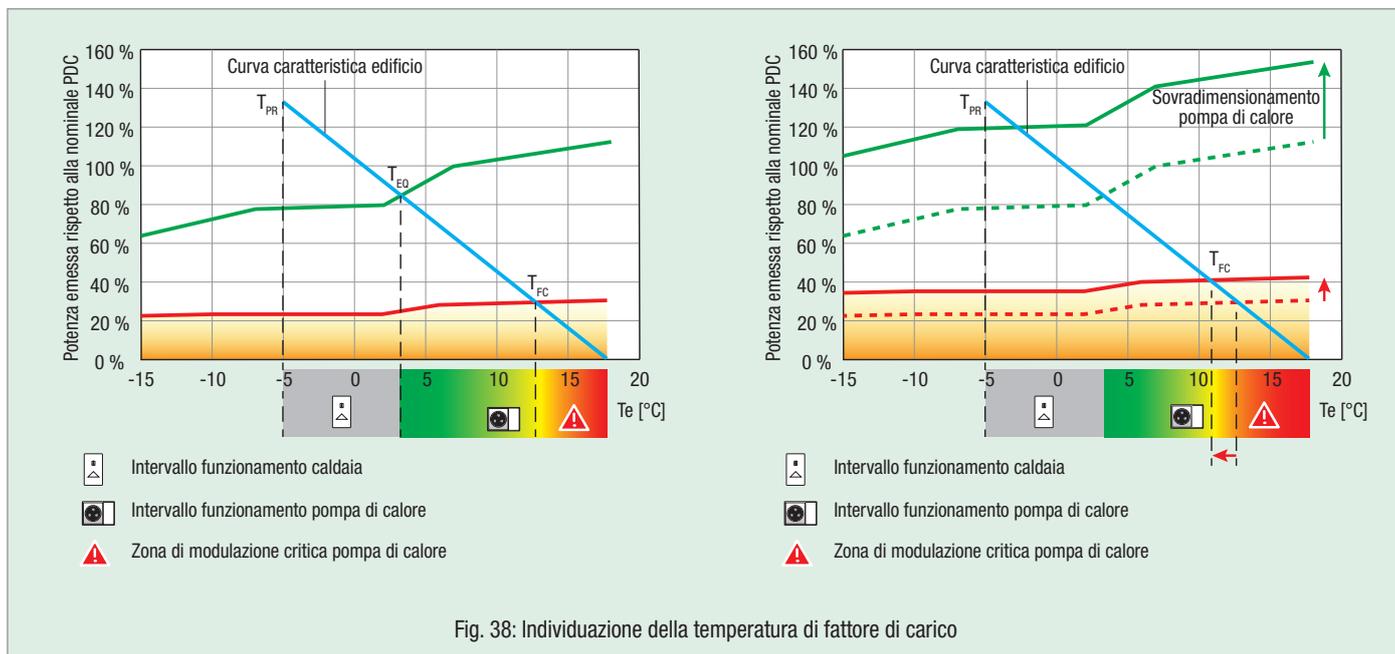


Fig. 38: Individuazione della temperatura di fattore di carico

Nei sistemi ibridi, a partire dal punto di equivalenza, è possibile dedurre graficamente (come illustrato nella fig. 38) la temperatura esterna al di sopra della quale la pompa di calore inizia ad attivare cicli di accensione e di spegnimento.

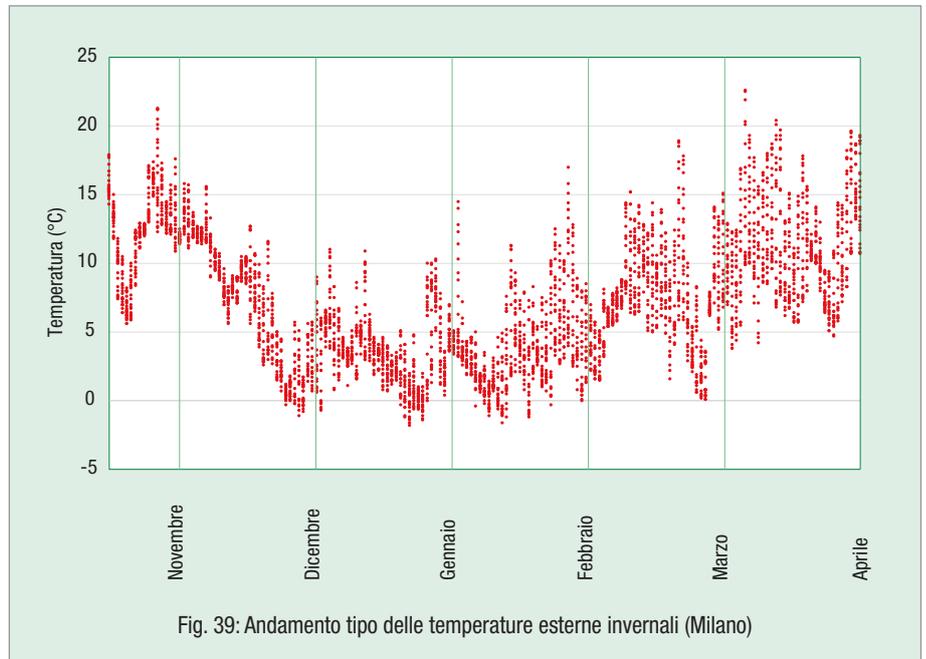
Questa temperatura rappresenta il punto in cui l'edificio richiede una potenza inferiore al 25 % di quella erogata dalla pompa di calore, e tale temperatura sarà definita come temperatura di fattore di carico ( $T_{FC}$ ). L'intervallo di temperatura che si estende tra la temperatura di fattore di carico ( $T_{FC}$ ) e la temperatura di spegnimento dell'impianto rappresenta quindi la zona di modulazione critica. È importante notare che l'intervallo di modulazione critica è proporzionale all'intervallo compreso tra la temperatura di equivalenza e la temperatura di annullamento del carico. Quest'ultimo intervallo corrisponde anche all'intervallo di funzionamento della pompa di calore. Come regola pratica, l'intervallo di modulazione critica rappresenta solitamente il 30–40 % dell'intervallo di funzionamento della temperatura della pompa di calore. È importante sottolineare che questa proporzione è teorica e si applica quando la pompa di calore opera al 100 % della sua capacità al punto di equivalenza. Tuttavia, nella pratica, le dimensioni commerciali delle pompe di calore implicano salti definiti nella potenza erogabile dalle macchine. È rilevante notare che maggiore è la potenza della pompa di calore rispetto al 100 % teorico al punto di equiva-

lenza, tanto maggiore sarà la percentuale dell'intervallo critico rispetto all'intervallo di funzionamento della pompa di calore. Pertanto, un dimensionamento attento al fattore di carico della pompa di calore favorirà pompe di calore con una potenza leggermente inferiore rispetto a quella di calcolo, invece di sovradimensionare l'unità. È infatti intuitivo comprendere che una pompa di calore sovradimensionata entrerà nella zona di fattore di carico ad una temperatura esterna inferiore rispetto a una pompa di dimensioni più ridotte.

Una volta definita la zona di modulazione critica, è fondamentale valutare l'impatto energetico sull'intero ciclo di lavoro della pompa di calore. In altre parole, è necessario determinare quanta energia viene persa a causa dell'inefficienza ai carichi ridotti rispetto all'energia totale sviluppata dalla pompa di calore durante l'intera stagione di riscaldamento. Questa valutazione richiede l'analisi del comportamento effettivo delle temperature esterne rispetto al sito di installazione della pompa di calore all'interno del nostro sistema ibrido.

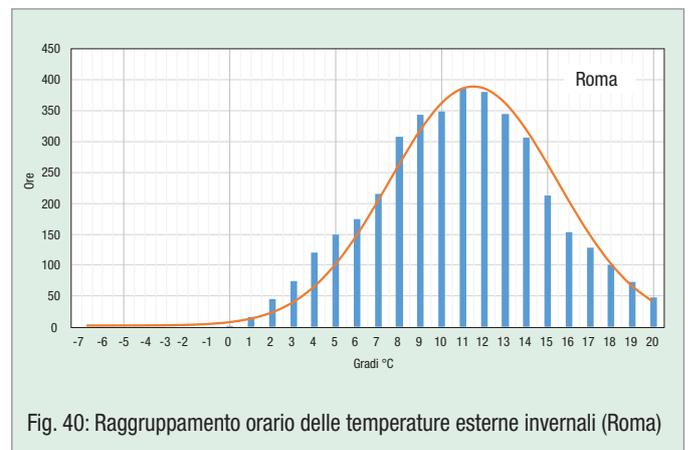
## CONSIDERAZIONI ENERGETICHE E MODELLI CLIMATICI SEMPLIFICATI

Esistono diverse fonti disponibili per ottenere informazioni sugli andamenti orari delle temperature esterne. Tuttavia, anche se questi dati sono estremamente precisi, possono risultare difficili da interpretare quando vengono rappresentati graficamente. Come mostrato nell'esempio di fig. 39, l'andamento rappresentato non fornisce un'immediata indicazione circa la quantità di ore stagionali ad una determinata temperatura.



Per una migliore analisi di tali dati, è utile suddividere le temperature esterne in intervalli generalmente di 1 °C e calcolare quante ore rientrano in ciascun intervallo di temperatura esterna. Un andamento tipico di questo raggruppamento è illustrato nella fig. 40. È importante notare che ogni località avrà un andamento grafico diverso. Tuttavia, semplificando questi grafici, possiamo estrarre dati caratteristici comuni a tali andamenti.

Attraverso queste semplificazioni, siamo in grado di generare curve climatiche semplificate, che, sebbene non siano adatte per un'analisi dettagliata di progetto, possono comunque fornire indicazioni generali e orientative per il progettista. Un esempio di questa curva semplificata è rappresentata in arancione nella fig. 40.



Come si può notare dal grafico riportato in fig. 41, queste curve possono essere suddivise in tre dati facilmente identificabili:

1. La temperatura media annuale, calcolata utilizzando i gradi giorno e la durata del periodo convenzionale di riscaldamento, rappresenta il punto centrale della curva semplificata.
2. La temperatura di progetto determina l'inizio della curva e la sua estensione sulla scala delle temperature.
3. L'altezza della curva è correlata alla durata media della stagione di riscaldamento.

Questi modelli risultano utili per le considerazioni energetiche, poiché l'area sotto la curva tra due temperature esterne rappresenta le ore di funzionamento dell'impianto comprese tra queste due temperature.

Analizzando questi modelli semplificati delle temperature esterne, è possibile suddividere la stagione di riscaldamento in tre zone energeticamente rilevanti:

- La prima zona rappresenta il 10 % della durata del periodo di riscaldamento ed è caratterizzata da temperature estremamente fredde, richiedendo quindi una maggiore potenza da parte del sistema di riscaldamento. Tuttavia, dal punto di vista energetico, questa zona ha una minore importanza in quanto la sua durata temporale è limitata.
- La seconda zona, che costituisce l'80 % del periodo di riscaldamento, è la più significativa dal punto di vista energetico per le esigenze di riscaldamento invernale.
- La terza zona, invece, rappresenta il restante 10 % della durata del riscaldamento ed è caratterizzata da temperature meno rigide, risultando praticamente insignificante dal punto di vista energetico.

Nell'ambito di modelli energetici semplificati, la suddivisione di queste fasce è relativamente semplice e dipende principalmente dall'ampiezza delle curve, cioè dalla temperatura di progetto e dalla temperatura media dell'impianto.

Semplificando ulteriormente, è possibile calcolare la temperatura al di sopra della quale ci si trova nella fascia ininfluente ai fini energetici basandosi sull'ampiezza della curva del modello climatico invernale di riferimento. Tale temperatura rimane praticamente costante ed è approssimativamente pari al 25 % dell'ampiezza della curva.

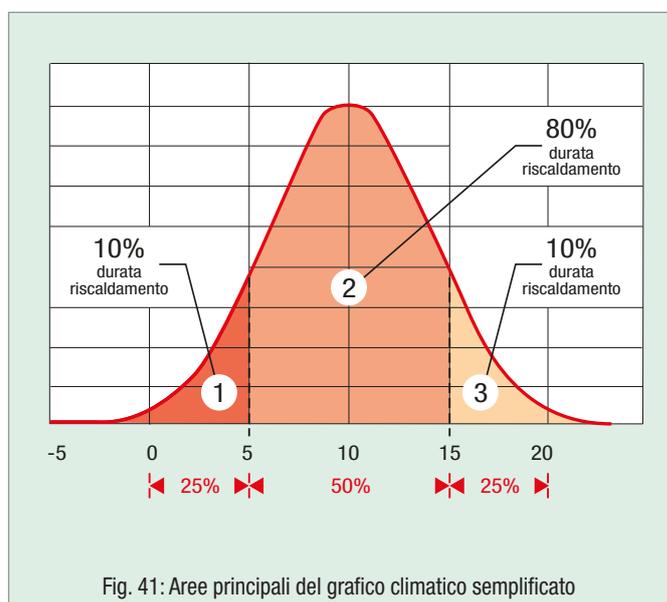


Fig. 41: Aree principali del grafico climatico semplificato

## VERIFICA SEMPLIFICATA BASATA SUL FATTORE DI CARICO

In breve, è possibile verificare il dimensionamento della pompa di calore in un sistema ibrido seguendo tre passaggi semplici:

1. Identificare, in base al dimensionamento della pompa di calore e al punto di equivalenza, l'intervallo di modulazione critica, che generalmente rappresenta il 30 % - 40 % dell'intervallo di funzionamento della temperatura della pompa di calore.
2. Utilizzando una semplificazione del modello climatico, individuare la zona ininfluente ai fini energetici, che corrisponde approssimativamente al 25 % dell'escursione termica di progetto.
3. Verificare che l'intervallo di modulazione critica sia all'interno della zona non influente ai fini energetici.

## APPROFONDIMENTO: COME COSTRUIRE CURVE CLIMATICHE SEMPLIFICATE

Per effettuare delle valutazioni energetiche, è possibile descrivere in modo efficace l'andamento delle temperature esterne di una specifica località attraverso grafici cumulativi. In tali grafici, le temperature esterne sono riportate sull'asse delle ascisse, mentre sull'asse delle ordinate è rappresentata la somma delle ore in cui, durante la stagione invernale, la temperatura raggiunge un determinato valore esterno.

Per semplificare il calcolo di tali grafici cumulativi, è possibile interpolare l'andamento reale mediante curve normali o gaussiane. Queste curve sono definite dall'equazione espressa nella formula A, caratterizzata da soli tre parametri che possono essere facilmente ottenuti dai dati climatici medi della località considerata.

$$t = \frac{H}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(T_e - T_m)^2}{2 \cdot \sigma^2}}$$

Formula A

$$\sigma = \frac{20 - T_p}{5}$$

Formula B

$$T_m = \frac{GG}{\text{giorni}}$$

Formula C

Dove:

- $t$  = ore cumulate in cui  $T = T_e$  durante la stagione invernale
- $T_e$  = temperatura esterna per il quale si vuole effettuare il calcolo delle ore cumulate  $t$ .
- $H$  = costante che rappresenta il totale delle ore di riscaldamento durante una stagione invernale. Questa costante può essere calcolata moltiplicando i giorni di riscaldamento per 24 ore:  
 $H = \text{giorni di riscaldamento} \times 24$
- $\sigma$  = deviazione standard, che indica quanto è ampia o stretta la distribuzione delle temperature. Calcolata mediante la formula B.
- $T_m$  = temperatura media della località, calcolabile tramite i gradi giorno della località (GG) e la durata della stagione di riscaldamento, secondo la formula C.
- $T_p$  = temperatura di progetto

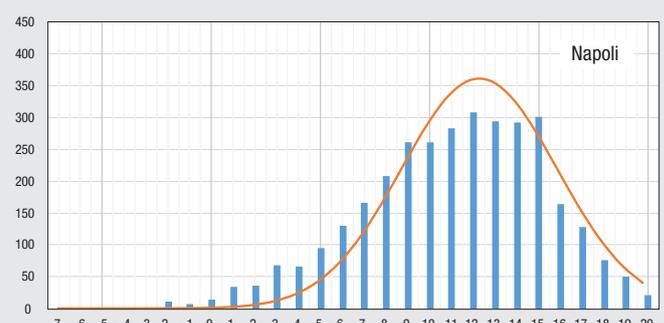
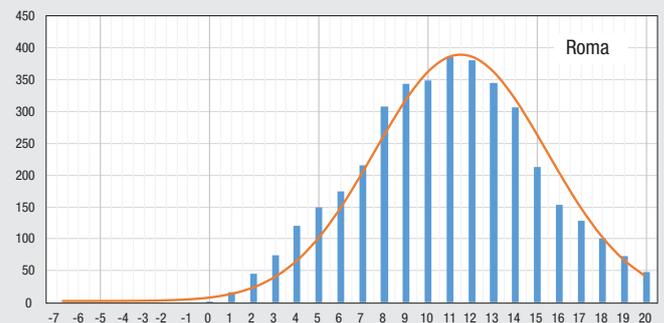
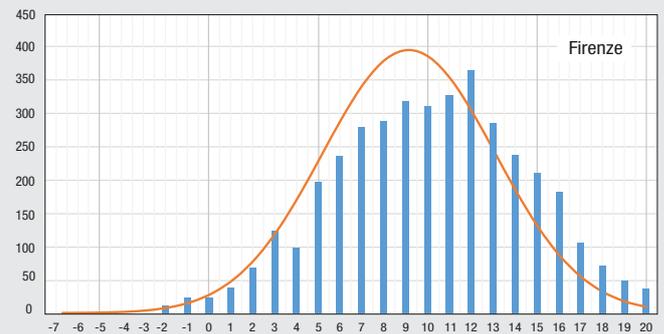
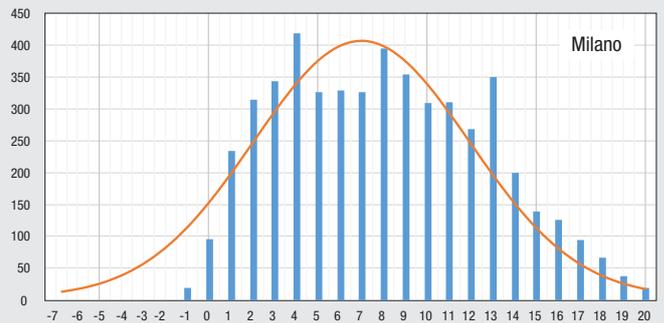
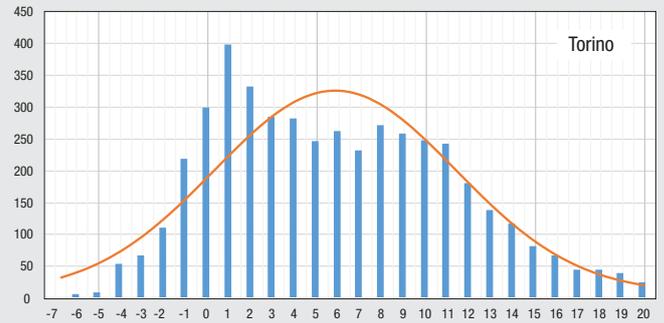


Fig. 42: Curve climatiche

# SCHEMI APPLICATIVI DEI SISTEMI IBRIDI

Ing. Domenico Mazzetti

Nelle prossime pagine, verranno presentati alcuni schemi funzionali di sistemi ibridi con l'obiettivo di fornire un'illustrazione dei componenti principali e delle logiche di connessione associati a impianti ibridi di diversa complessità.



I primi quattro schemi riguardano installazioni tipiche domestiche. Il primo schema delinea un sistema ibrido dedicato al servizio dell'impianto di riscaldamento e alla produzione di acqua calda sanitaria. Il secondo schema, invece, estenderà la sua funzionalità includendo anche la produzione di acqua refrigerata tramite l'impiego di una pompa di calore.

## SCHEMA 1



Il terzo e il quarto schema riprendono i precedenti, con la differenza che l'acqua calda è prodotta tramite accumulo anziché in istantanea.

## SCHEMA 3



## SCHEMA 2

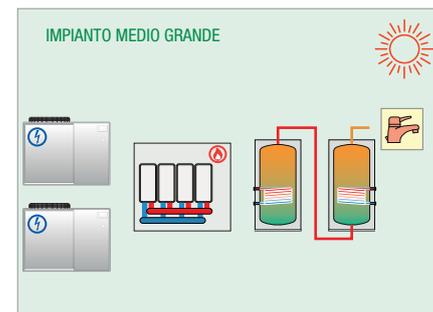


## SCHEMA 4



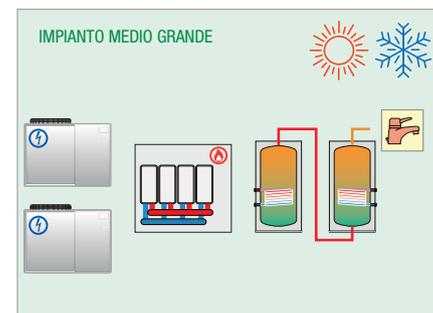
Gli ultimi due schemi affronteranno soluzioni più complesse, progettate per impianti di dimensioni maggiori, ideali per soddisfare le esigenze di grandi edifici. Il quinto schema si concentrerà su un impianto dedicato esclusivamente alla produzione di calore, servendo sia il riscaldamento che la produzione di acqua calda. La dimensione più ampia di tali impianti permette l'implementazione di soluzioni più articolate, adatte a una gestione più raffinata ed efficiente dei flussi di calore.

## SCHEMA 5



Il sesto schema riguarda, invece, la produzione di calore e acqua refrigerata; anche in questo caso la taglia maggiore dell'impianto rende possibile una gestione energetica più efficiente con recupero del calore durante la produzione di acqua refrigerata.

## SCHEMA 6



## SCHEMA 1 - IMPIANTO DOMESTICO: RISCALDAMENTO E ACS ISTANTANEA

È adatto per l'utilizzo di un sistema ibrido in impianti residenziali di medio-piccole dimensioni.

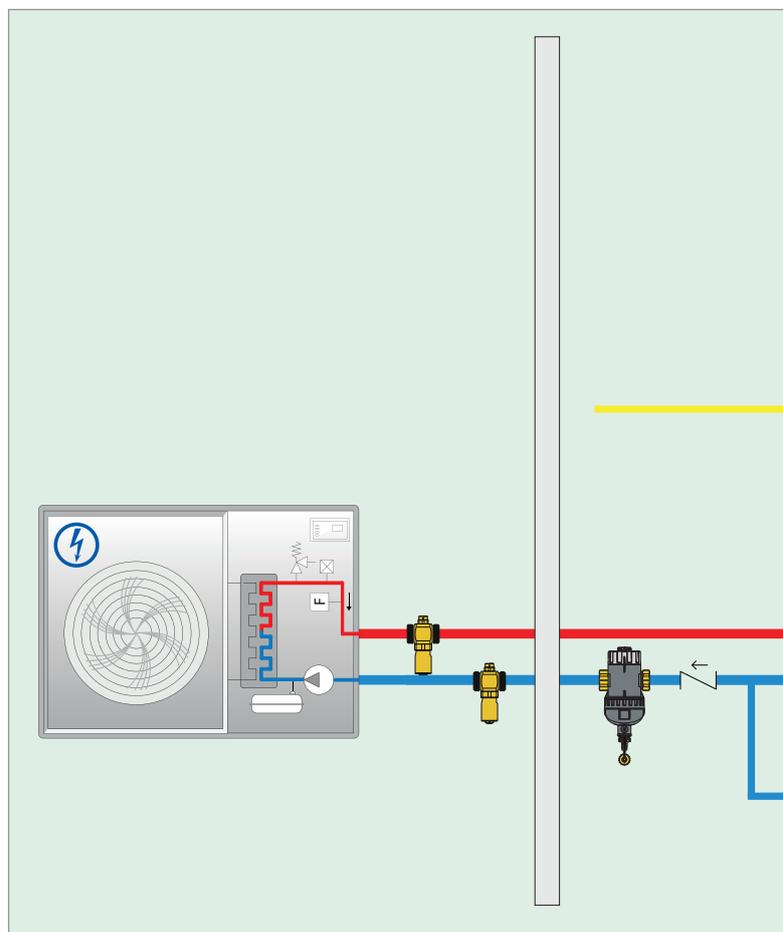
Caldaia e pompa di calore sono collegate in parallelo ad un accumulatore termico con 4 attacchi dal lato del circuito primario. I due generatori possono funzionare in alternanza oppure contemporaneamente, l'accumulo opera anche da separatore idraulico e rende indipendenti i due circuiti.

L'accumulo deve essere dimensionato sulla base delle esigenze di funzionamento della pompa di calore. A seconda della taglia della PDC viene richiesto un volume minimo sempre disponibile di acqua tecnica per le funzioni ausiliarie della macchina (vedi Idraulica 64).

L'energia termica viene spillata dall'accumulo tramite le pompe del circuito secondario che alimentano i sistemi di emissione dell'abitazione.

La pompa di calore deve essere protetta dalle impurità tramite un filtro-defangatore specifico. Anche la caldaia deve essere dotata di un defangatore per la medesima necessità.

Essendo posizionata all'esterno, la PDC deve essere protetta dal gelo in caso di blackout elettrico e temperature sotto zero tramite l'utilizzo di apposite valvole antigelo. L'alternativa è quella di aggiungere con il glicole tutta l'acqua dell'impianto.



### Riscaldamento caldaia + PDC

In determinate condizioni climatiche e di carico i due elementi possono funzionare in parallelo. La caldaia innalza la temperatura dell'acqua dell'impianto fino ad un certo valore mentre la pompa di calore lavora in preriscaldamento e mantenimento.

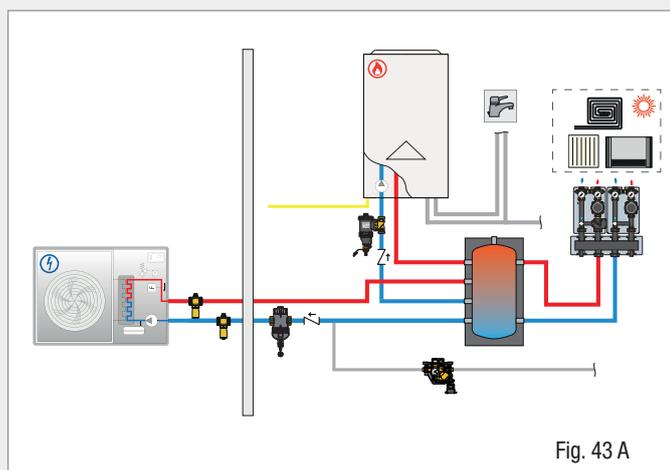


Fig. 43 A

### Riscaldamento caldaia

Quando le condizioni esterne sono particolarmente gravose viene meno la convenienza economica dell'utilizzo della PDC. In questo caso tutta l'energia termica viene prodotta dalla caldaia.

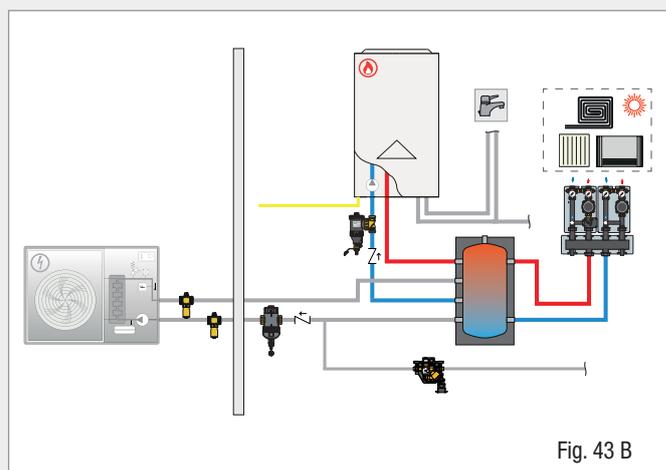


Fig. 43 B

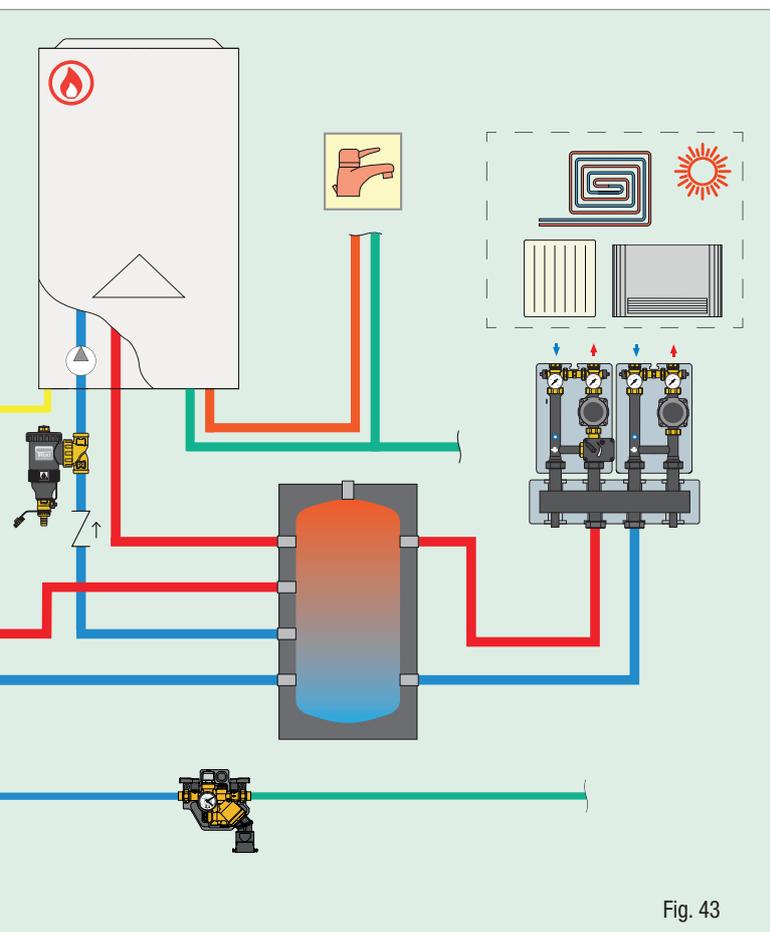


Fig. 43

L'acqua sanitaria viene generata in modalità istantanea dalla caldaia. In questo modo si ha un risparmio di spazio non dovendo installare un accumulo di acqua sanitaria, vi è però lo svantaggio di non poter alimentare molte utenze in contemporanea.

La produzione istantanea tramite caldaia a gas permette di non interrompere la funzione di riscaldamento mantenuta eventualmente attiva dalla pompa di calore.

La produzione istantanea di ACS fa sì che non vi siano le condizioni di sviluppo del batterio della legionella, l'acqua calda viene preparata solamente nel momento dell'utilizzo. Non è perciò necessaria la disinfezione termica della rete di distribuzione.

Negli schemi in fondo alla pagina sono riportate le varie modalità di funzionamento di questa configurazione.

Lo schema proposto è molto utilizzato nei casi di riqualificazione dell'impianto con l'aggiunta di una pompa di calore ad una caldaia esistente. Gli impianti riqualificati sono principalmente utilizzati per il solo riscaldamento e non sono dotati dei terminali adatti per il raffrescamento.

Se nel sistema sono presenti i fan-coil o l'impianto a pavimento con sistema di deumidificazione ad aria lo schema si presta anche all'utilizzo per il raffrescamento.

#### Riscaldamento PDC

Quando le temperature esterne non sono troppo rigide la pompa di calore lavora con un valore di COP che la rende conveniente rispetto alla caldaia.

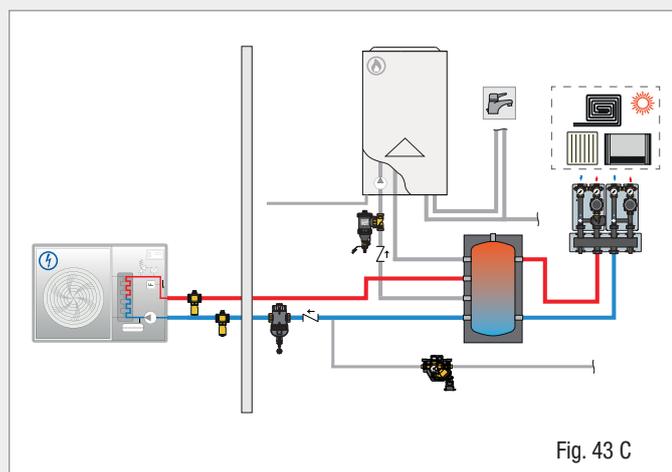


Fig. 43 C

#### Riscaldamento PDC – ACS Caldaia

Il vantaggio più evidente di questa configurazione è che la caldaia può fornire ACS in modalità istantanea mentre la PDC in parallelo alimenta l'impianto di riscaldamento.

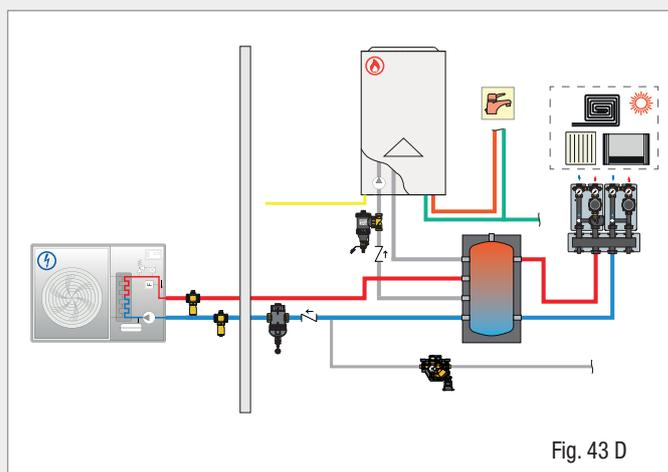


Fig. 43 D

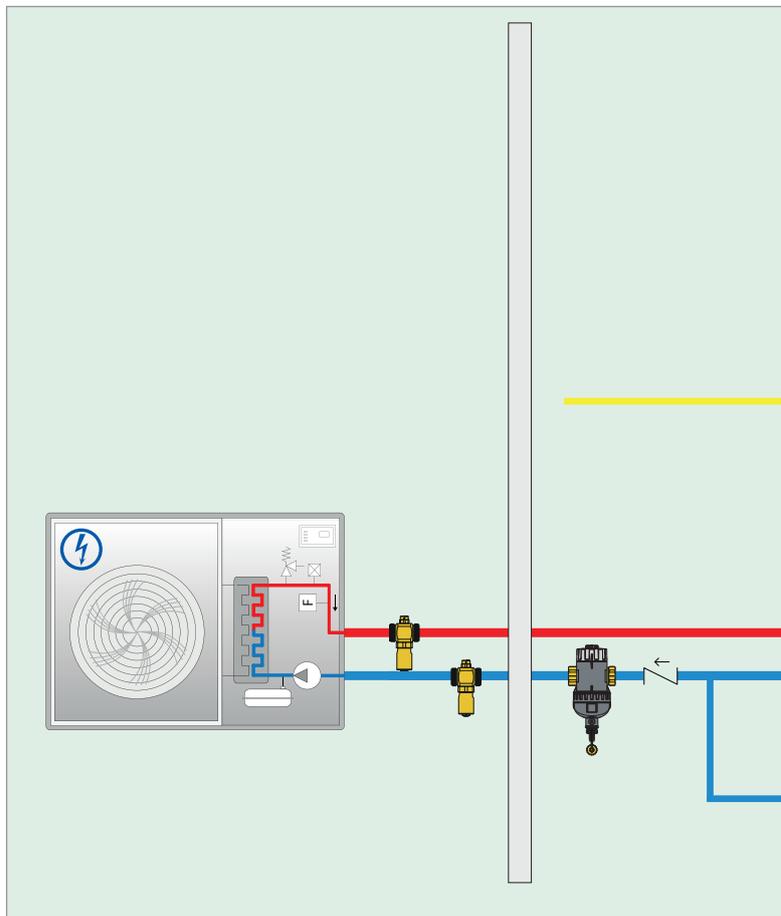
## SCHEMA 2 - IMPIANTO DOMESTICO: RISCALDAMENTO, RAFFRESCAMENTO E ACS Istantaneo

Rispetto al caso precedente si applica quando negli impianti residenziali di medio-piccole dimensioni, vi sia la necessità di produrre acqua refrigerata tramite la pompa di calore per finalità di raffrescamento.

Il volano termico è collegato solo al ramo della pompa di calore, in questo caso sulla linea di ritorno e funge da serbatoio di acqua calda o acqua refrigerata a seconda della modalità di funzionamento. L'accumulo deve essere dimensionato sulla base delle esigenze di funzionamento della pompa di calore. A seconda della taglia della PDC viene richiesto un volume minimo sempre disponibile di acqua tecnica per le funzioni ausiliarie della macchina (vedi Idrraulica 64).

Caldaia e pompa di calore sono collegate in parallelo ad un separatore idraulico con due tee prima degli attacchi primari. La portata necessaria viene spillata dal separatore idraulico tramite le pompe del circuito secondario che alimentano i sistemi di emissione dell'abitazione.

La pompa di calore deve essere protetta dalle impurità tramite un filtro-defangatore specifico. Anche la caldaia deve essere dotata di un defangatore per la medesima necessità.



### Riscaldamento caldaia + PDC

In determinate condizioni climatiche e di carico i due elementi possono funzionare in parallelo. La caldaia innalza la temperatura dell'acqua dell'impianto fino ad un certo valore mentre la pompa di calore lavora in mantenimento.

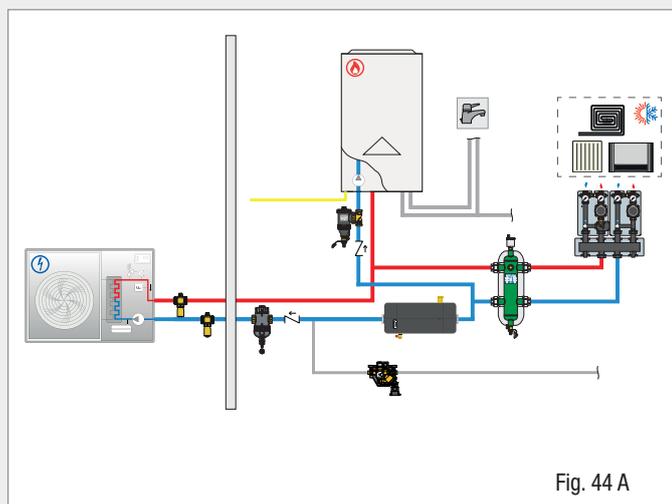


Fig. 44 A

### Riscaldamento caldaia

Quando le condizioni esterne sono particolarmente gravose viene meno la convenienza economica dell'utilizzo della PDC. In questo caso tutta l'energia termica viene prodotta dalla caldaia.

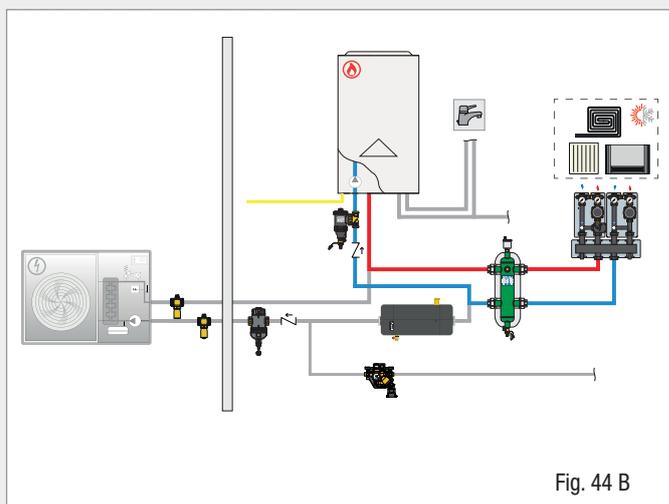


Fig. 44 B

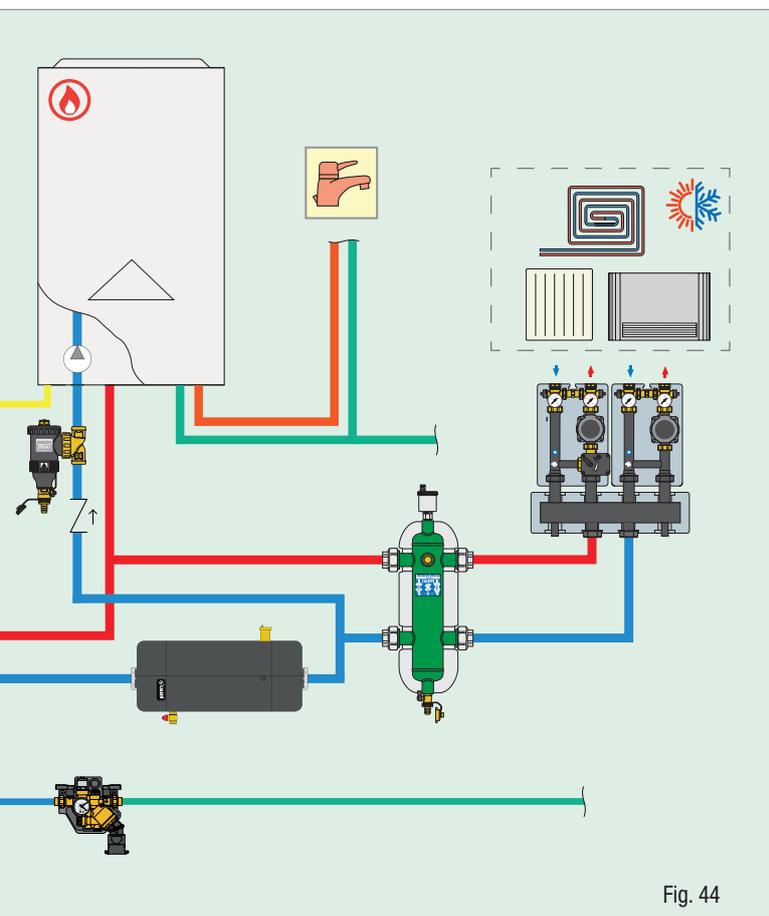


Fig. 44

Essendo posizionata all'esterno, la PDC deve essere protetta dal gelo in caso di blackout elettrico e temperature sotto zero tramite l'utilizzo di apposite valvole antigelo. Alternativa è quella di aggiungere con il glicole tutta l'acqua dell'impianto.

L'acqua sanitaria viene generata in modalità istantanea dalla caldaia. Il vantaggio di questa soluzione è molteplice.

- Non si ha la necessità di dedicare spazio ad un accumulo sanitario con però la relativa limitazione al numero di utenze.
- Nella stagione invernale la funzione riscaldamento può essere espletata dalla PDC mentre in contemporanea la caldaia produce ACS:
- Nella stagione estiva la pompa di calore produce solo acqua refrigerata e non deve mai invertire il ciclo frigorifero per produrre ACS.

La produzione istantanea di ACS fa sì che non vi siano le condizioni di sviluppo del batterio della legionella, l'acqua calda viene preparata solamente nel momento dell'utilizzo. Non è perciò necessaria la disinfezione termica della rete di distribuzione.

Negli schemi in fondo alla pagina sono riportate le varie modalità di funzionamento di questa configurazione.

#### Riscaldamento PDC – ACS Caldaia

Un vantaggio evidente di questa configurazione è che la caldaia può fornire ACS in modalità istantanea mentre la PDC in parallelo alimenta l'impianto di riscaldamento.

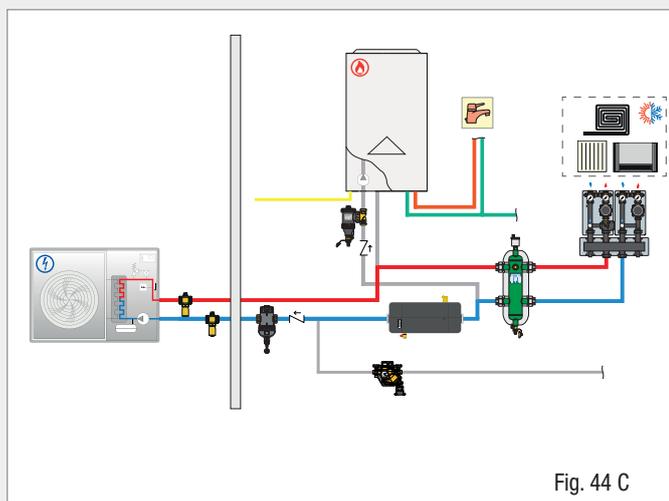


Fig. 44 C

#### Raffrescamento PDC – ACS Caldaia

La caldaia fornisce l'ACS in modalità istantanea. Il raffrescamento viene operato esclusivamente dalla PDC: non dovendo produrre acqua sanitaria non deve mai invertire il suo ciclo frigorifero e riscaldare il volano termico.

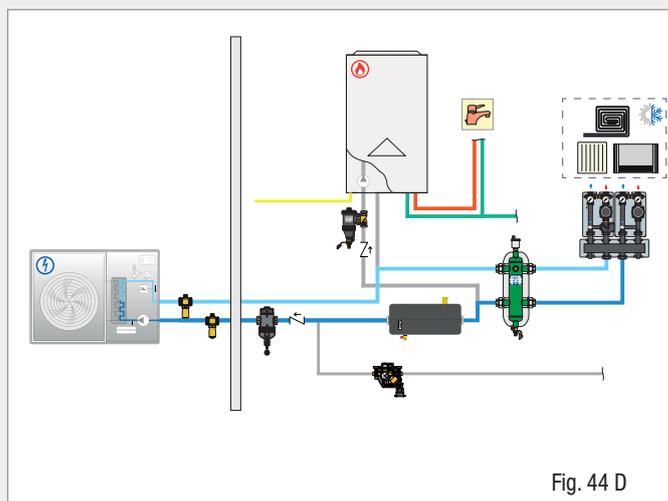


Fig. 44 D

## SCHEMA 3 - IMPIANTO DOMESTICO: RISCALDAMENTO E ACS AD ACCUMULO

A differenza dello Schema 1 (Riscaldamento e ACS istantaneo) la produzione ACS è prevista ad accumulo.

Gli svantaggi di questa configurazione sono la necessità di uno spazio tecnico per l'accumulo sanitario e la maggiore complicazione impiantistica.

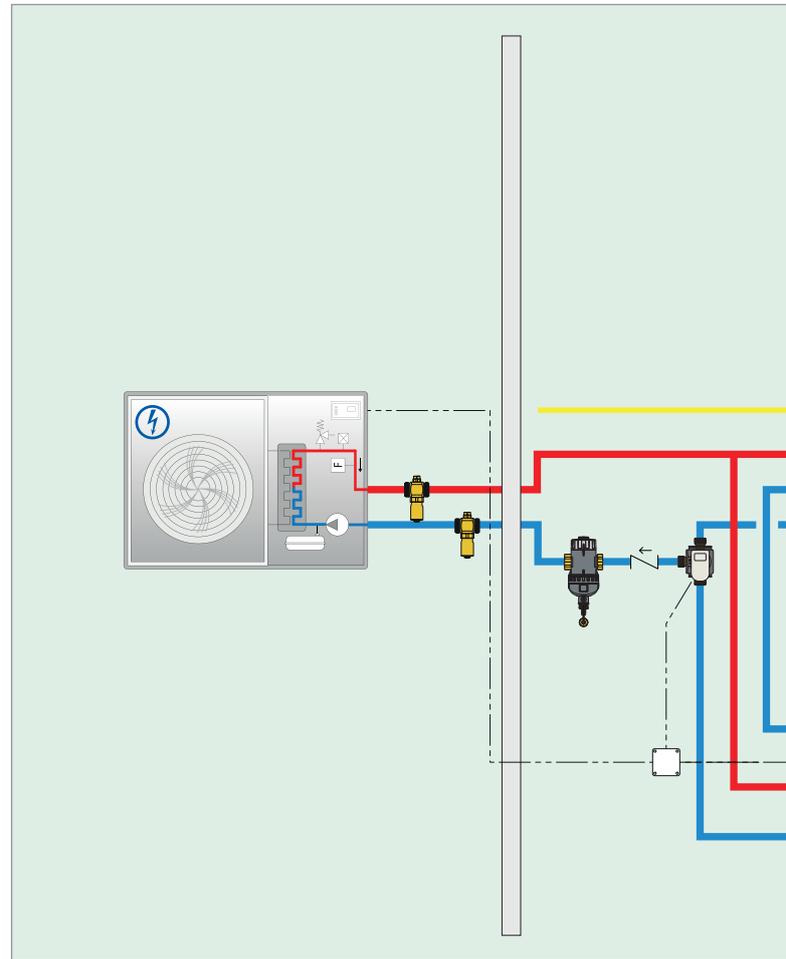
I vantaggi sono legati alla possibilità di poter servire un numero di utenze più elevato rispetto alla produzione in istantaneo, e al fatto di poter sfruttare la quota di energia rinnovabile della pompa di calore per la produzione di ACS.

L'accumulo è dotato di una doppia serpentina. Una nella parte inferiore collegata alla pompa di calore. L'accensione della PDC può essere regolata tramite una sonda di temperatura inserita nella parte mediana dell'accumulo.

La serpentina superiore è collegata alla caldaia e anche in questo caso il consenso può essere comandato tramite una sonda di temperatura posta nella parte alta dell'accumulo.

Le priorità sanitario sono gestite da due valvole deviatrici sul circuito caldaia e sul circuito della PDC, e permettono di attivare la funzione sanitario per un solo generatore o per entrambi in contemporanea.

Dal lato riscaldamento caldaia e pompa di calore sono collegate in parallelo ad un accumulo termico con 4 attacchi. Anche in questa modalità i due generatori possono funzionare in alternanza oppure contemporaneamente, l'accumulo opera anche da separatore idraulico e rende indipendenti i due circuiti.



### Riscaldamento caldaia + PDC

In determinate condizioni climatiche e di carico i due elementi possono funzionare in parallelo. La caldaia innalza la temperatura dell'acqua dell'impianto fino ad un certo valore mentre la PDC lavora in mantenimento. I due generatori possono funzionare singolarmente in base al carico termico.

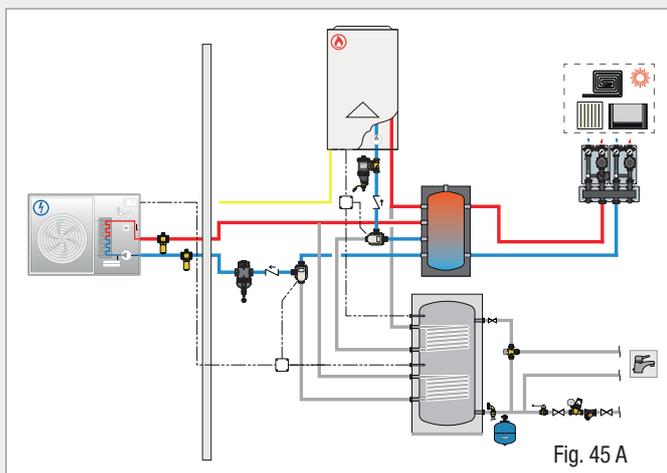


Fig. 45 A

### ACS caldaia + Riscaldamento PDC

La condizione di funzionamento più comune è quella in cui la produzione di ACS è demandata completamente alla caldaia mentre il riscaldamento viene prodotto dalla PDC.

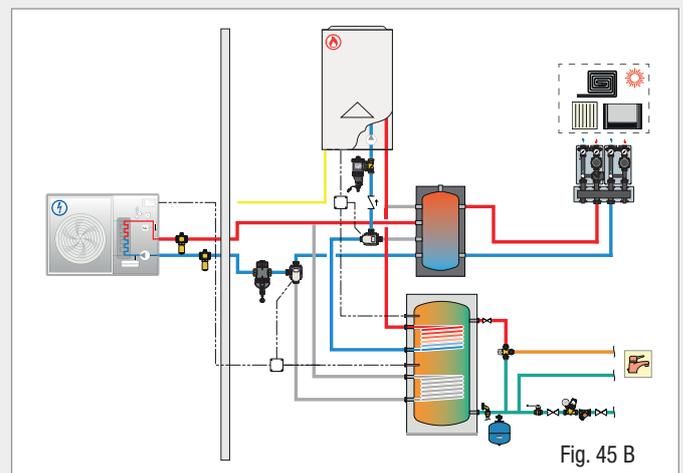


Fig. 45 B

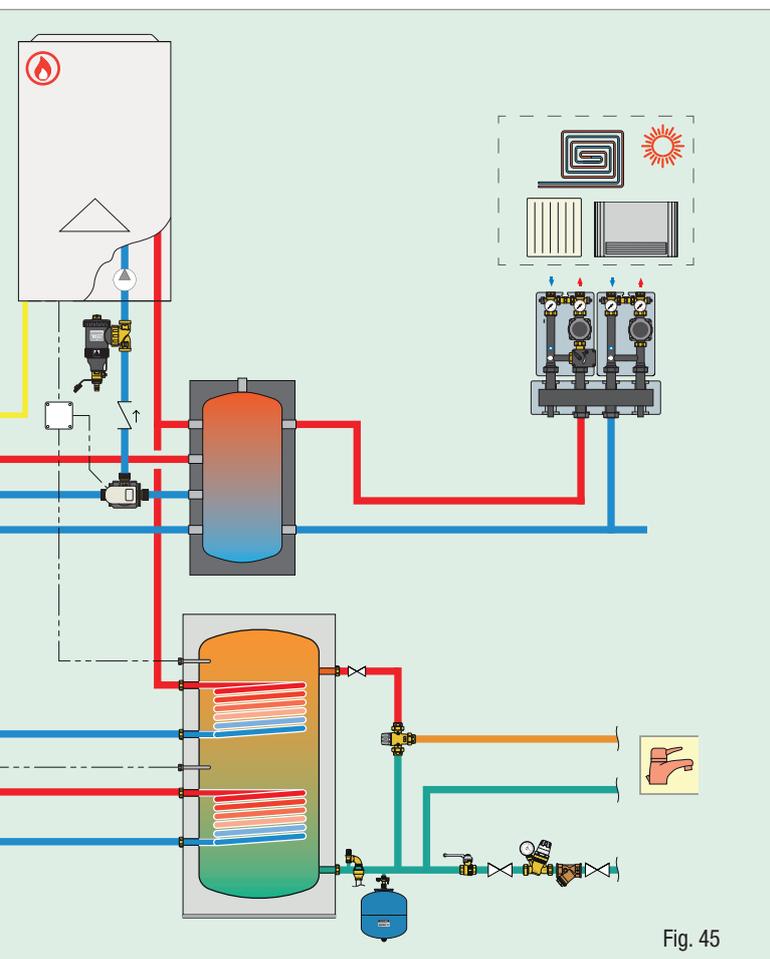


Fig. 45

L'accumulo deve essere dimensionato sulla base delle esigenze di funzionamento della pompa di calore. A seconda della taglia della PDC viene richiesto un volume minimo sempre disponibile di acqua tecnica per le funzioni ausiliarie della macchina (vedi Idraulica 64).

L'energia termica viene spillata dall'accumulo tramite le pompe del circuito secondario che alimentano i sistemi di emissione dell'abitazione.

La pompa di calore deve essere protetta dalle impurità tramite un filtro-defangatore specifico. Anche la caldaia deve essere dotata di un defangatore per la medesima necessità.

Essendo posizionata all'esterno, la PDC deve essere protetta dal gelo in caso di blackout elettrico e temperature sotto zero tramite l'utilizzo di apposite valvole antigelo. Alternativa è quella di aggiungere con il glicole tutta l'acqua dell'impianto.

Negli schemi in fondo alla pagina sono riportate le varie modalità di funzionamento di questa configurazione.

#### ACS PDC + Riscaldamento caldaia

In condizioni di COP favorevole è conveniente che l'accumulo sanitario venga caricato dalla PDC. In caso di richiesta di riscaldamento la caldaia può sopperire al transitorio senza interrompere la produzione di ACS.

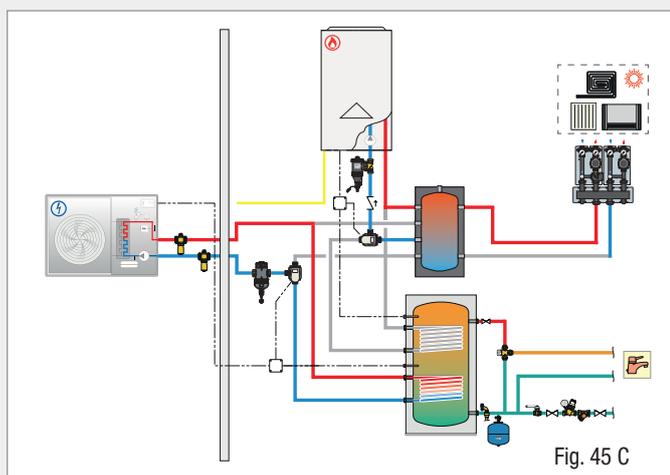


Fig. 45 C

#### ACS caldaia + ACS PDC

In condizioni di richiesta di acqua sanitaria molto elevata entrambe le macchine possono lavorare in produzione di ACS in contemporanea.

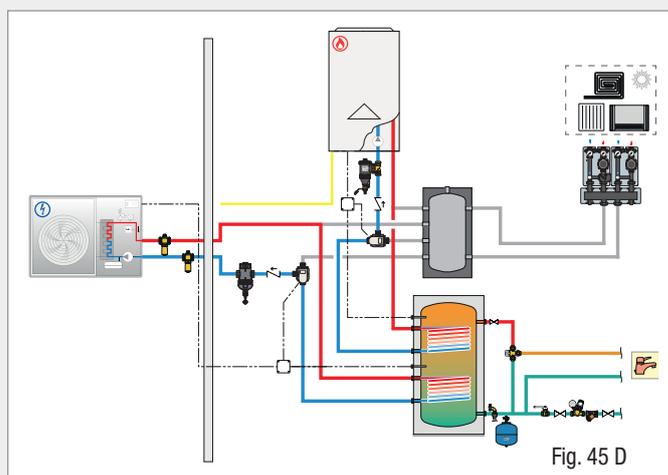


Fig. 45 D

## SCHEMA 4 – IMPIANTO DOMESTICO: RISCALDAMENTO, RAFFRESCAMENTO E ACS AD ACCUMULO

Rispetto alla configurazione precedente, questo schema permette di far funzionare la pompa di calore anche in modalità raffreddamento.

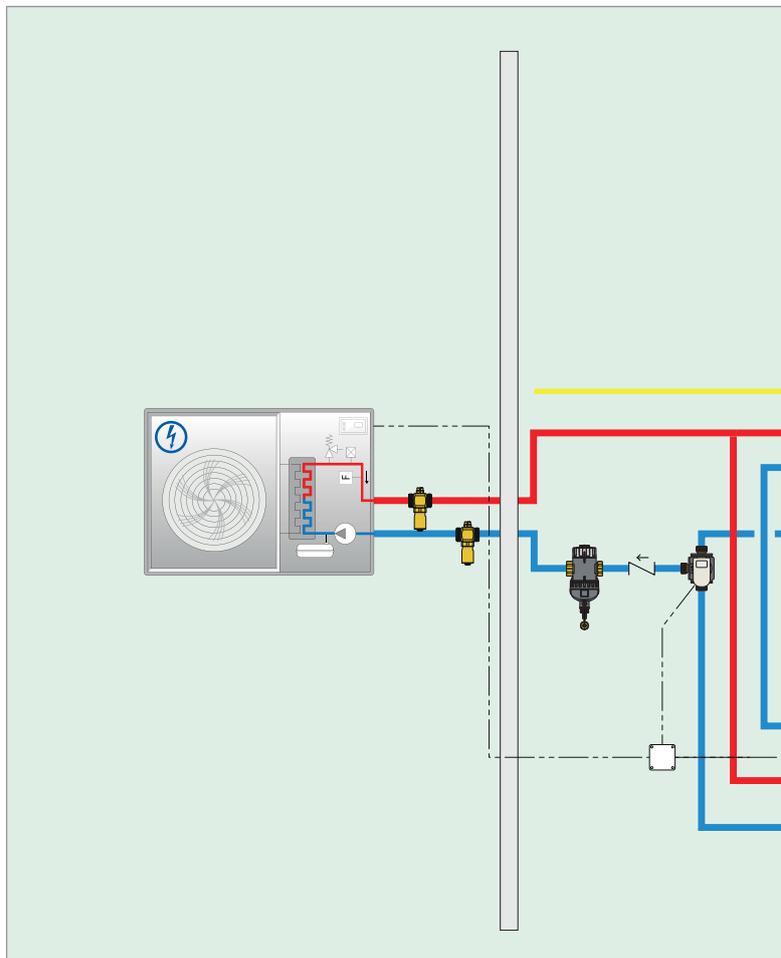
Gli svantaggi di questa configurazione sono la necessità di uno spazio tecnico per l'accumulo sanitario e la maggiore complicazione impiantistica.

I vantaggi sono legati alla possibilità di poter servire un numero di utenze più elevato rispetto alla produzione in istantaneo, e al fatto di poter sfruttare la quota di energia rinnovabile della pompa di calore per la produzione di ACS.

L'accumulo è dotato di una doppia serpentina. Una nella parte inferiore collegata alla pompa di calore. L'accensione della PDC può essere regolata tramite una sonda di temperatura inserita nella parte mediana dell'accumulo.

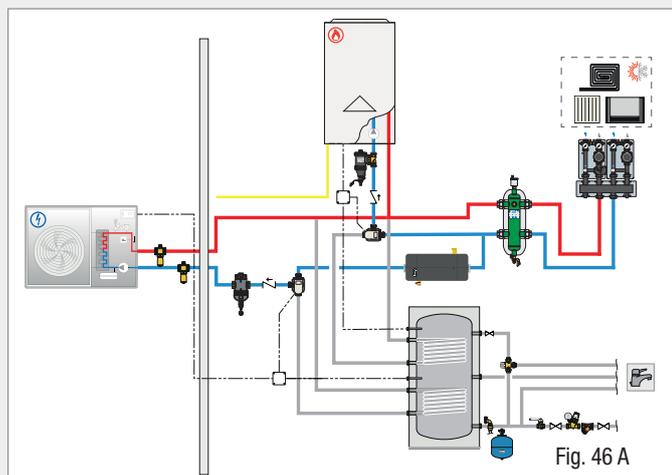
La serpentina superiore è collegata alla caldaia e anche in questo caso il consenso può essere comandato tramite una sonda di temperatura posta nella parte alta dell'accumulo.

Il volano termico è collegato solo al ramo della pompa di calore, in questo caso sulla linea di ritorno e funge da serbatoio di acqua calda o acqua refrigerata a seconda della modalità di funzionamento. L'accumulo deve essere dimensionato sulla base delle esigenze di funzionamento della pompa di calore. A seconda della taglia della PDC viene richiesto un volume minimo sempre disponibile di acqua tecnica per le funzioni ausiliarie della macchina (vedi Idraulica 64).



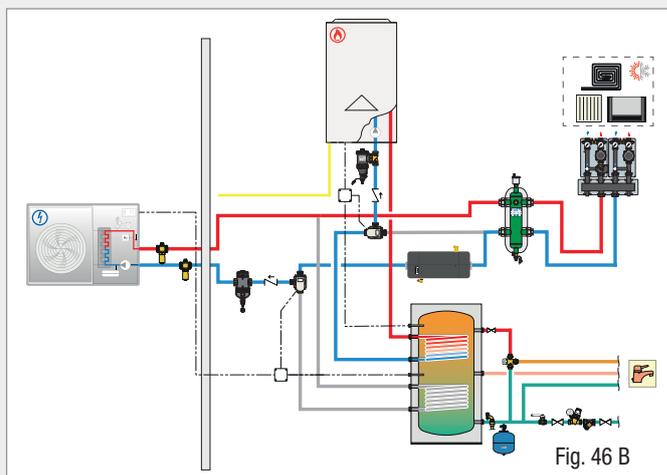
### Riscaldamento caldaia + PDC

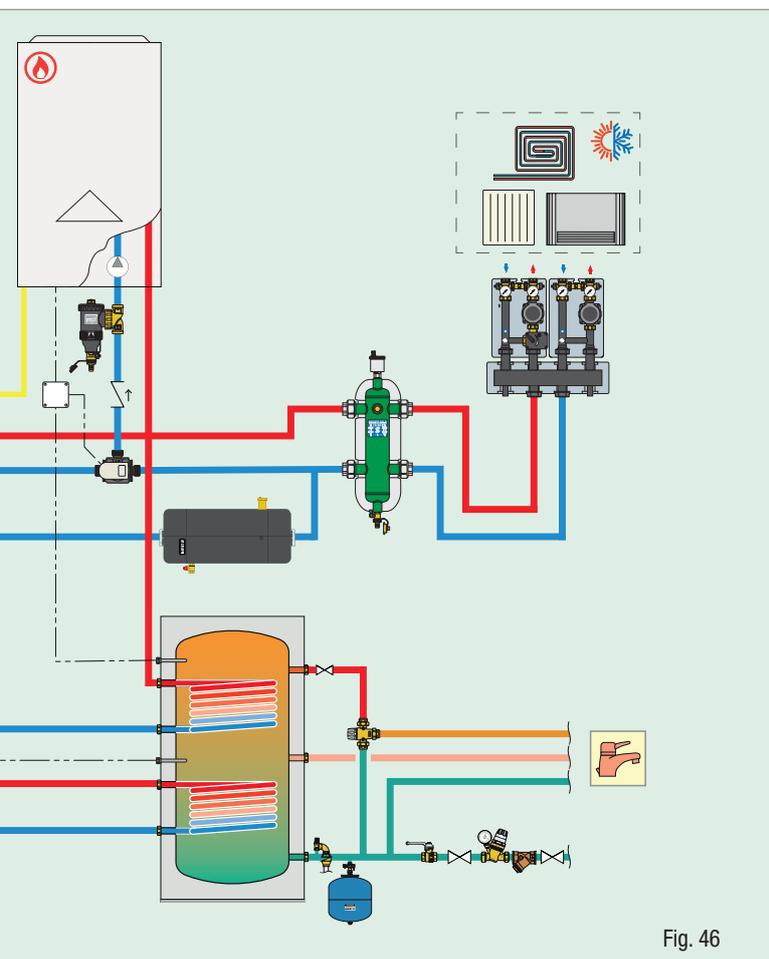
In determinate condizioni climatiche e di carico i due elementi possono funzionare in parallelo. La caldaia innalza la temperatura dell'acqua dell'impianto fino ad un certo valore mentre la PDC lavora in mantenimento. I due generatori possono funzionare singolarmente in base al carico termico.



### ACS caldaia + Riscaldamento PDC

La condizione di funzionamento più comune è quella in cui la produzione di ACS è demandata completamente alla caldaia mentre il riscaldamento viene prodotto dalla PDC.





Caldaia e pompa di calore sono collegate in parallelo ad un separatore idraulico con due tee prima degli attacchi primario. La portata necessaria viene spillata dal separatore idraulico tramite le pompe del circuito secondario che alimentano i sistemi di emissione dell'abitazione.

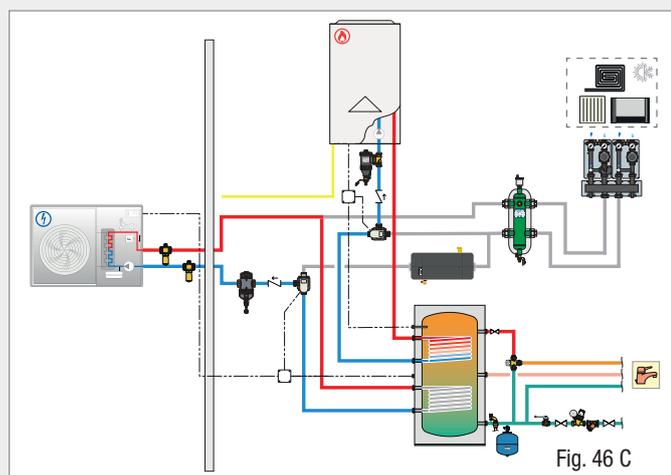
La pompa di calore deve essere protetta dalle impurità tramite un filtro-defangatore specifico. Anche la caldaia deve essere dotata di un defangatore per la medesima necessità.

Essendo posizionata all'esterno, la PDC deve essere protetta dal gelo in caso di blackout elettrico e temperature sotto zero tramite l'utilizzo di apposite valvole antigelo. Alternativa è quella di aggiungere con il glicole tutta l'acqua dell'impianto.

Negli schemi in fondo alla pagina sono riportate le varie modalità di funzionamento di questa configurazione.

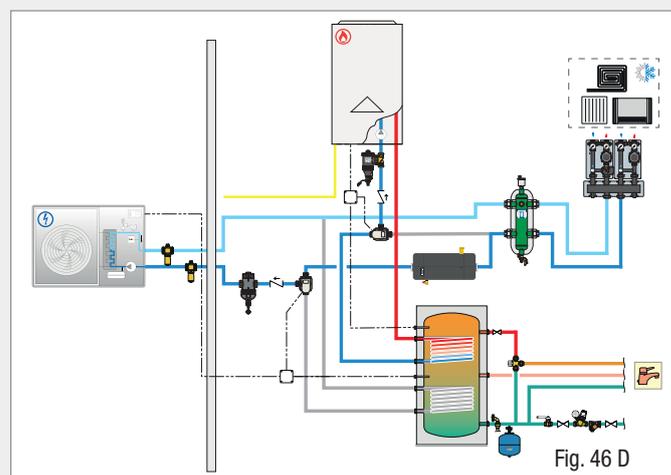
#### ACS caldaia + ACS PDC

In condizioni di richiesta di acqua sanitaria molto elevata entrambe le macchine possono lavorare in produzione di ACS in contemporanea.



#### ACS caldaia + Raffrescamento PDC

L'ACS viene prodotta interamente dalla caldaia nell'accumulo sanitario. In questo modo la PDC gestisce solo la produzione di acqua refrigerata per il raffrescamento. Anche il volano inerziale contiene così solo acqua refrigerata.



## SCHEMA 5 – IMPIANTO DI MEDIO-GRANDI DIMENSIONI: RISCALDAMENTO E ACS CON DOPPIO ACCUMULO

Lo schema 5 si applica ad impianti di medio-grandi dimensioni.

Sono presenti due pompe di calore, una dedicata esclusivamente al riscaldamento ed una sia per il riscaldamento che per la produzione di acqua calda sanitaria. Lato riscaldamento le due macchine sono collegate ad un collettore, a sua volta collegato con un separatore idraulico che ha anche la funzione di volano termico per stoccare l'energia necessaria al corretto funzionamento delle macchine.

La produzione di acqua calda sanitaria è gestita tramite due accumuli. Uno di pre-riscaldamento collegato ad una delle due PDC tramite una valvola a tre vie di priorità. Una volta preriscaldata l'ACS passa al secondo accumulo in cui è presente una serpentina collegata al circuito caldaia che ha la funzione di completare la fase di riscaldamento.

Le caldaie sono configurate in cascata in modo da poter avere una modulazione della potenza erogata. Essendo al di sopra dei 35 kW di potenza è necessaria l'installazione di tutta la serie di sicurezze previste dalla normativa INAIL. Un separatore idraulico divide il circuito primario da quello secondario costituito da due circolatori di rilancio.

In questa configurazione la funzionalità riscaldamento e la produzione di ACS possono essere mantenute in contemporanea sia per le PDC che per il gruppo caldaie.

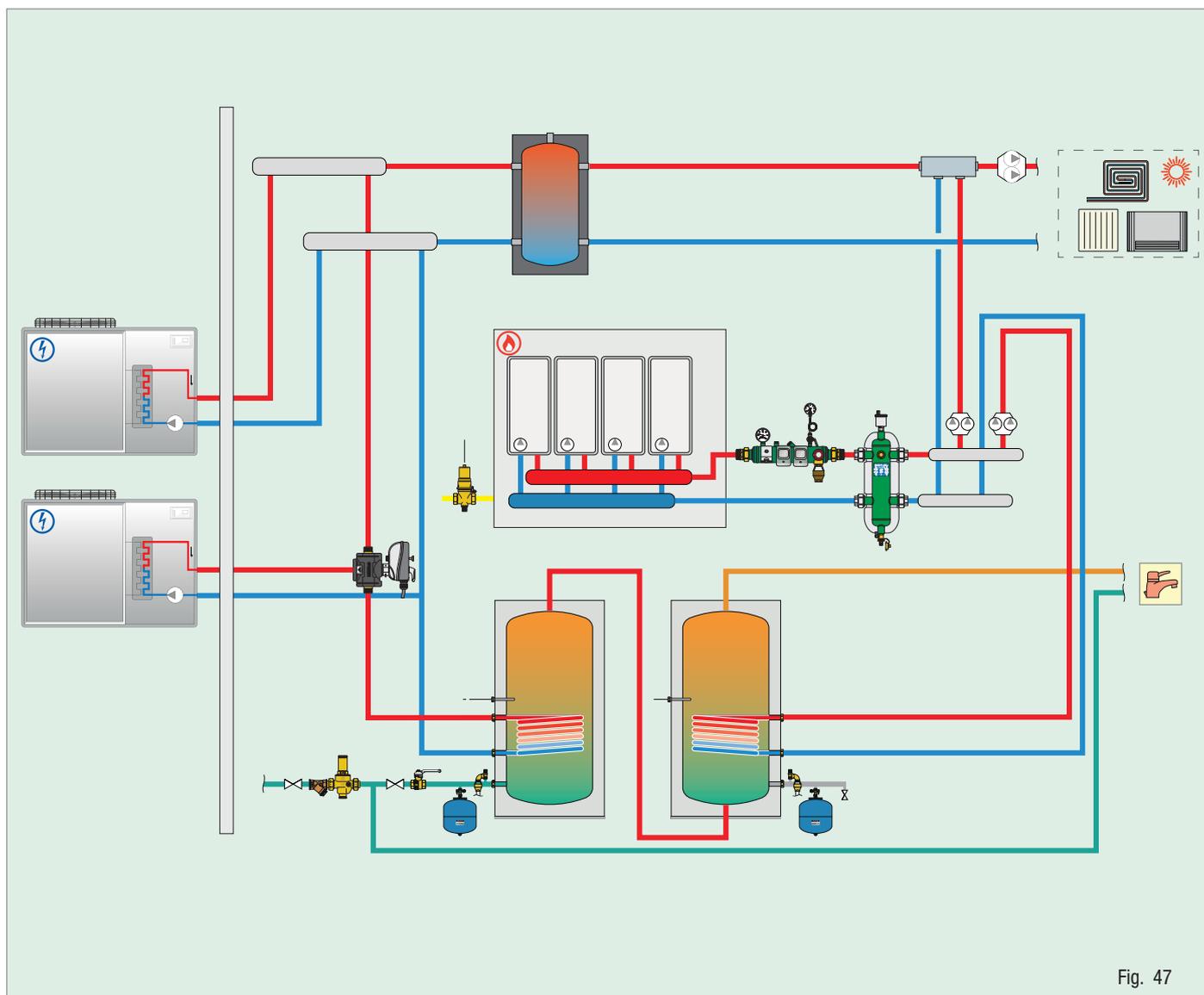


Fig. 47

### Riscaldamento caldaia + PDC

Tutti i generatori contribuiscono alla generazione di acqua calda per il riscaldamento nella modalità proposta in figura. Ove necessario in condizioni di carico parziali il riscaldamento può essere generato solo da una pompa di calore o da entrambe mantenendo la caldaia come generatore ausiliario.

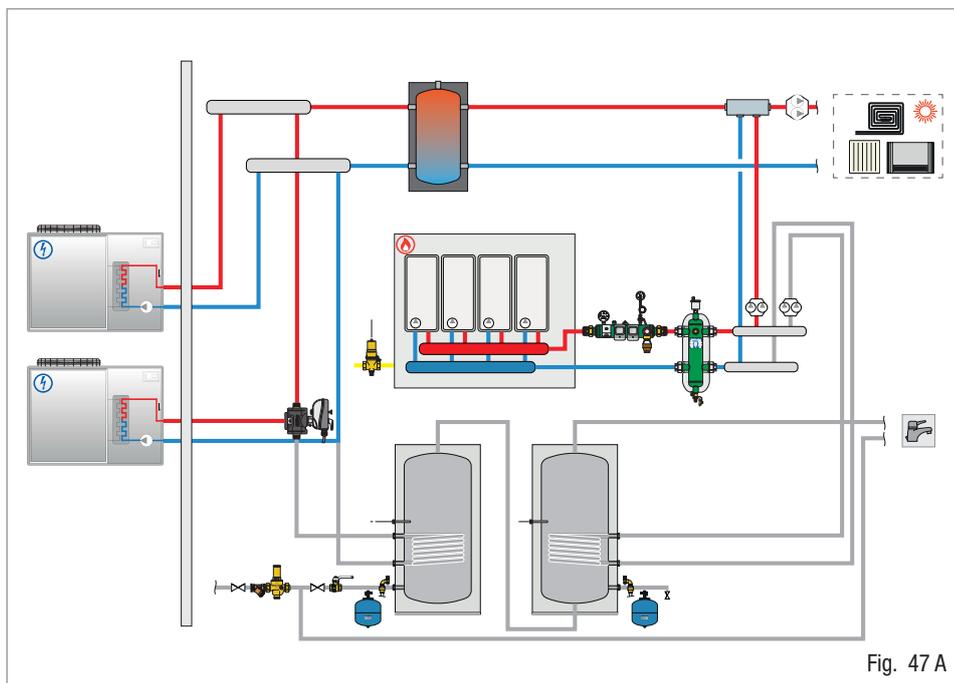


Fig. 47 A

### ACS PDC + ACS caldaia

L'ACS viene preriscaldato dalla pompa di calore preposta nel primo bollitore, la caldaia innalza la temperatura a livelli più elevati nel secondo.

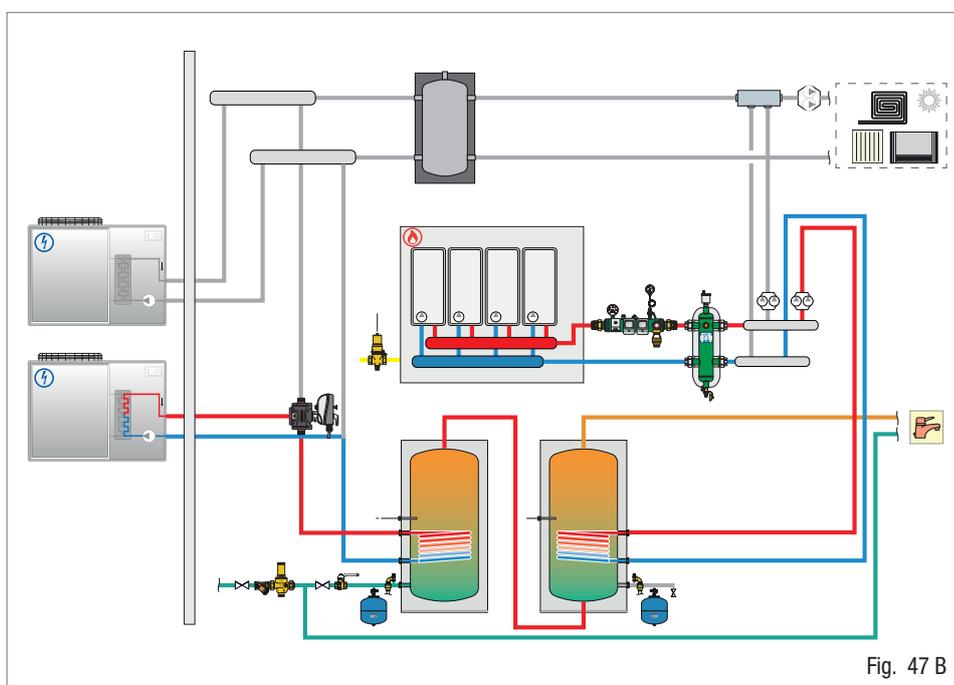


Fig. 47 B

## SCHEMA 6 - IMPIANTO DI MEDIO-GRANDI DIMENSIONI, RISCALDAMENTO E ACS CON DOPPIO ACCUMULO, RAFFRESCAMENTO CON POMPA DI CALORE.

Lo schema 6 è il più flessibile per impianti medio-grandi di quelli mostrati sino ad ora. Le due pompe di calore sono di tipologia diversa, quella polivalente (evidenziata con la lettera P), è in grado di produrre simultaneamente acqua calda e acqua fredda, quella reversibile (evidenziata con la lettera R) può funzionare per la produzione di acqua calda oppure di acqua fredda.

Il riscaldamento può essere generato con la pompa di calore reversibile, con la caldaia come integrazione.

In fase di riscaldamento la macchina polivalente può essere utilizzata per produrre ACS per riscaldare il primo bollitore mentre la caldaia può riscaldare il secondo.

In fase di raffrescamento la macchina polivalente può produrre acqua fredda per la climatizzazione e in contemporanea produrre acqua calda sanitaria sfruttando il calore di condensazione generato nella prima operazione.

La pompa di calore reversibile può essere utilizzata come produzione di acqua refrigerata in contemporanea oppure in alternativa alla macchina polivalente.

Le caldaie possono produrre acqua calda per la climatizzazione ed in contemporanea ACS nella stagione invernale, oppure essere utilizzate per la sola ACS nella stagione estiva.

L'impianto così configurato è a 4 tubi; le linee per il riscaldamento e per il raffrescamento risultano separate.

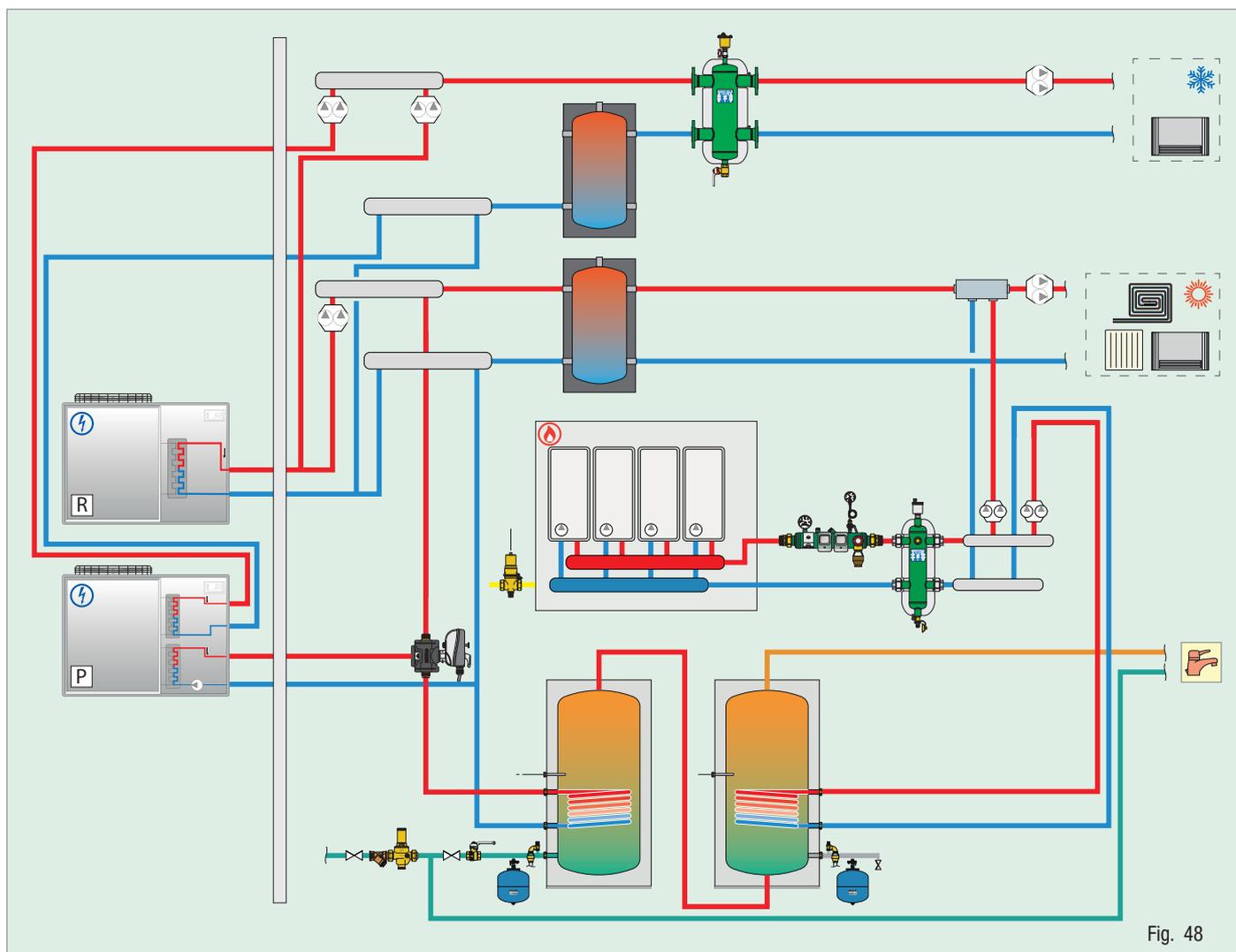


Fig. 48

**Riscaldamento PDC + caldaia**  
**ACS PDC + caldaia**

La pompa di calore reversibile (R) produce acqua calda per la climatizzazione. La PDC polivalente (P) è dedicata al preriscaldamento dell'acqua sanitaria. La caldaia lavora in integrazione sia lato riscaldamento sia produzione acqua calda sanitaria.

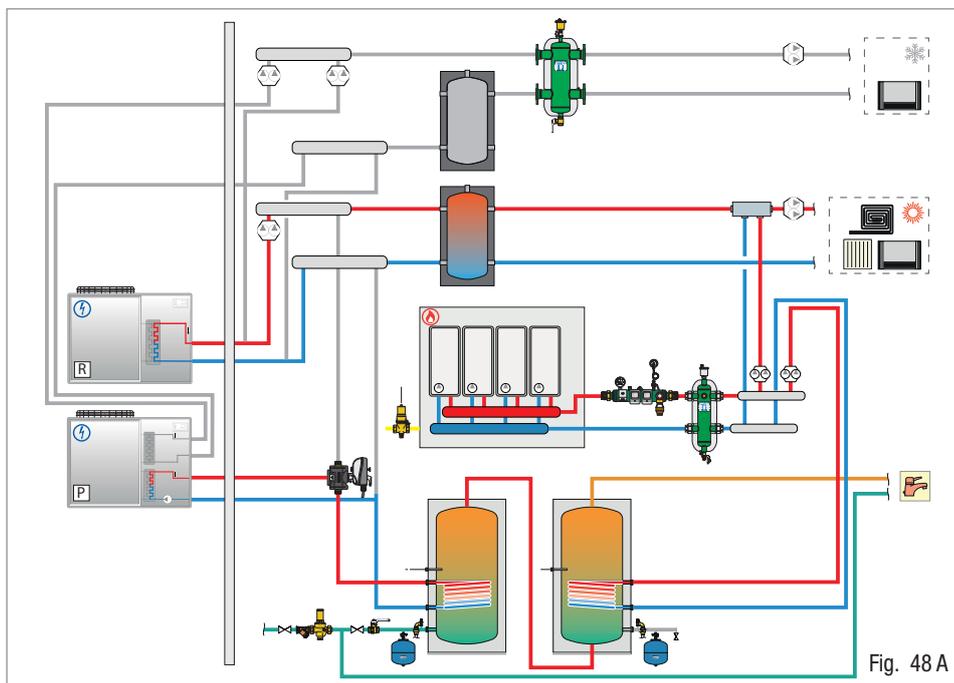


Fig. 48 A

**Raffrescamento PDC + ACS PDC + caldaia**

Il vantaggio di avere una pompa di calore polivalente (P) consiste nella produzione contemporanea di freddo e utilizzo del calore di condensazione estratto per la produzione di ACS nel bollitore di preriscaldamento. La caldaia innalza la temperatura a livelli più elevati nel secondo accumulo sanitario.

La pompa di calore reversibile (R) è dedicata solamente alla produzione dell'acqua refrigerata.

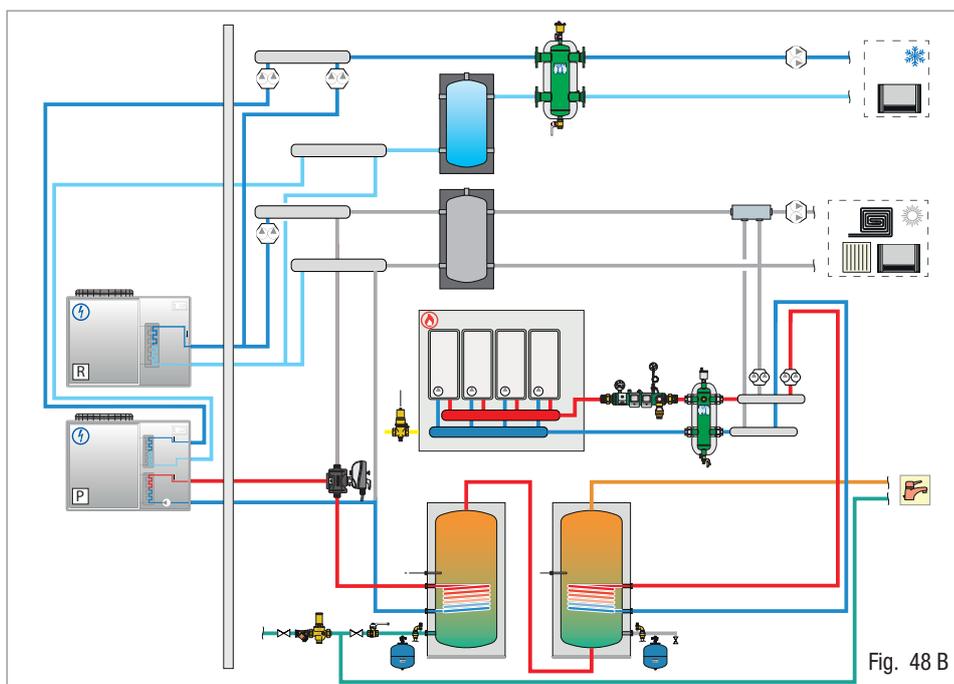


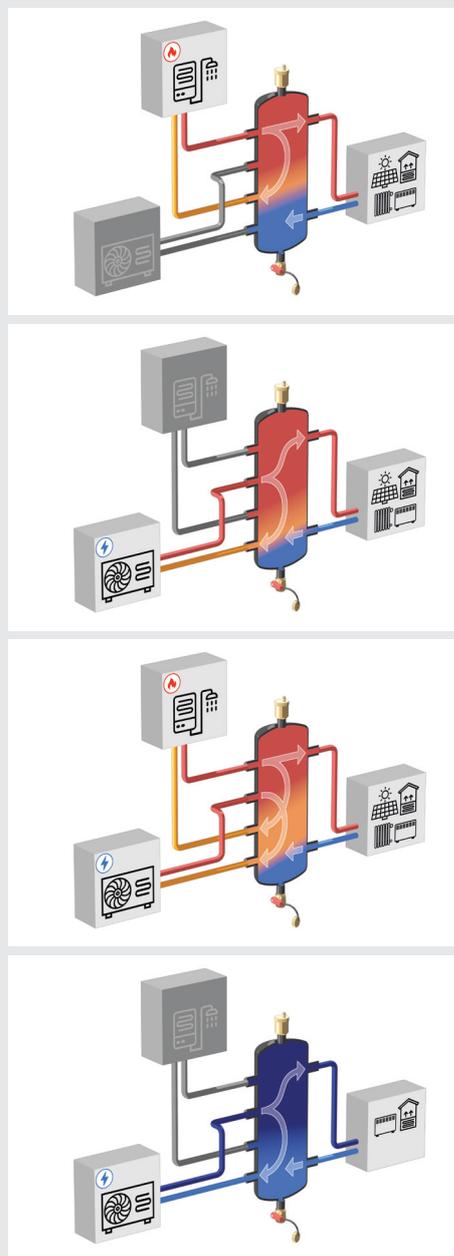
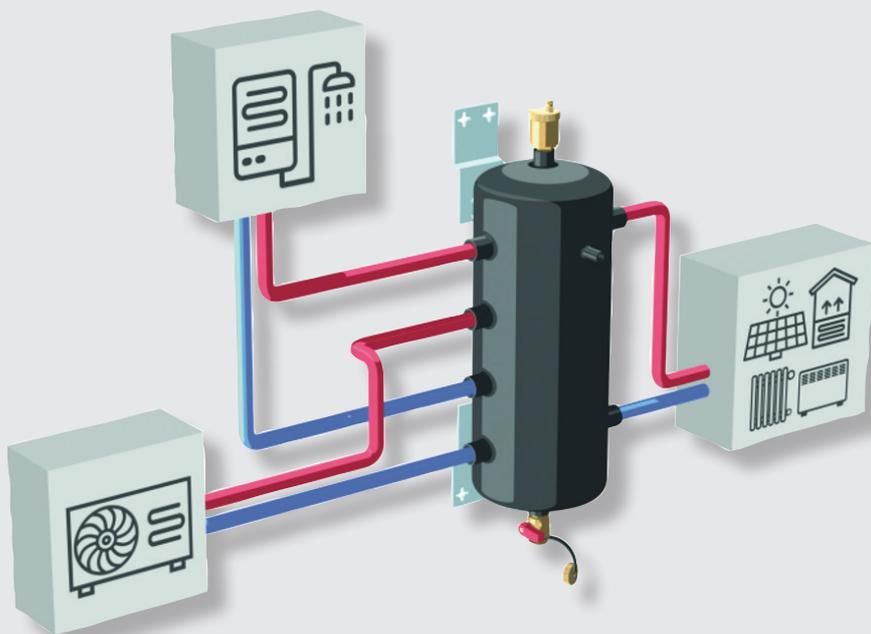
Fig. 48 B



- Unisce la funzione di separatore idraulico e volume inerziale.
- Permette di collegare in parallelo caldaia e pompa di calore negli impianti ibridi.
- Corpo in acciaio Inox.
- Coibentazione adatta per impianti di riscaldamento e raffrescamento

Il separatore idraulico inerziale in acciaio INOX per impianti ibridi ha una duplice funzione: permette di collegare in parallelo caldaia e pompa di calore separando idraulicamente i due circuiti primari e quello secondario dell'utenza; garantisce con il suo volume il contenuto minimo di acqua nell'impianto per il corretto funzionamento della pompa di calore.

Questa serie è progettata per l'installazione a parete e per il funzionamento in caldo-freddo.



#### Materiale acciaio INOX AISI 304

Il separatore idraulico inerziale grazie alla sua elevata qualità, rispetto alle tipologie tradizionali in acciaio al carbonio, contribuisce a mantenere l'impianto termico pulito.

Diminuiscono quindi le problematiche relative alle impurità generate dalla corrosione e, di conseguenza, i costi di manutenzione dell'intero impianto

#### Dimensionamento

Il volume del separatore idraulico inerziale dipende dal volume minimo di acqua richiesto dal produttore della pompa di calore, per garantire il corretto funzionamento della macchina anche nelle fasi di sbrinamento. Generalmente, con le pompe di calore più recenti, si può assumere un valore medio calcolato in base alla potenza della macchina che varia da 2,5 a 3,5 litri/kWt.

Il separatore idraulico inerziale ha un volume di 50 lt e quindi adatto per l'utilizzo con pompe di calore di potenza nominale fino a 25 kWt.

# LE POMPE DI CALORE E LA RACCOLTA R

Marco Godi

Nel panorama impiantistico italiano occorre seguire i dettami del D.M. 1 dicembre 1975, in cui vengono specificate le "norme di sicurezza per apparecchi contenenti liquidi caldi sotto pressione."

In allegato a tale decreto compare per la prima volta quella che ancora oggi è conosciuta come Raccolta R successivamente rivista e integrata, prima nel 1982 e poi nel 2009, versione attualmente in vigore.

In questo documento sono riportate le specifiche tecniche per la realizzazione degli impianti di riscaldamento.

## IL CAMPO DI APPLICAZIONE DELLA RACCOLTA R

Le disposizioni del D.M. 1 dicembre 1975 sono rivolte a delle categorie ben specifiche di impianti di climatizzazione, così come definito dal campo di applicazione della Raccolta R, ovvero:

**R.1.A.1.** "Agli impianti centrali di riscaldamento utilizzando acqua calda sotto pressione con temperatura non superiore ai 110 °C e potenza nominale massima complessiva dei focolari (o portata termica massima complessiva dei focolari) superiore a 35 kW".

**R.1.A.2.** "Per impianto centrale di riscaldamento si intende uno o più circuiti idraulici ad acqua calda sotto pressione, con vaso di espansione aperto o chiuso, servito da generatore singolo o disposto in batteria, da generatore modulare, da scambiatore di calore, e funzionante con combustibili solidi, liquidi o gassosi o con sorgenti termiche con rischio di surriscaldamento".

**R.1.A.3.** "Per generatori di calore soggetti alle prescrizioni di cui al D.M. 1.12.75 si intendono le caldaie, a fuoco diretto o non, alimentate da combustibile solido, liquido, gassoso e gli scambiatori di calore il cui primario è alimentato da fluido avente temperatura superiore a 110 °C".

Per semplificare, riportiamo qui di seguito le caratteristiche che deve avere un impianto per rientrare nel campo di applicazione della Raccolta R (Tab. 1).

Per tutti quei sistemi che rientrano nel campo di applicazione della Raccolta R sarà dunque obbligatorio prevedere adeguati dispositivi di sicurezza, protezione e controllo in accordo con quanto richiesto, oltre a procedere con la denuncia e la verifica dell'impianto prima di poterlo mettere a servizio dell'utente finale.

Rileggendo tali definizioni, risulta immediatamente comprensibile come le pompe di calore, sempre più diffuse nel mercato odierno, non rientrino nel campo di applicazione del decreto.

Questi moderni generatori sfruttano come sorgente l'elettricità e basano il loro funzionamento su un ciclo di compressione ed evaporazione di gas contenuto all'interno di un circuito principale, senza dunque alcuna combustione e con limitate capacità di riscaldamento del fluido vettore.

La sorgente elettrica non è prevista nel campo di applicazione del D.M.1 dicembre 1975, pertanto questo tipo di generatore non è soggetto agli obblighi dettati dalla Raccolta R, a prescindere dalla sua taglia.

Caratteristiche dell'impianto	Pressione d'esercizio	> 1 bar
	Temperatura d'esercizio	< 110 °C
	Potenza del generatore utilizzato	> 35 kW
Tipo di sorgente utilizzata	Liquido	
	Solido	
	Gassoso	
	Sorgenti termiche a rischio surriscaldamento	
Tipologia di generatore utilizzato	Singolo	
	In batteria	
	Modulare	
	Scambiatore di calore (solo se alimentato al primario con temperature superiori ai 110° C)	

Tab. 1: Campi di applicazione Raccolta R

Questo aspetto diventa dunque fondamentale, non solo nelle installazioni di semplici pompe di calore, ma anche nell'integrazione di impianti esistenti o nell'utilizzo dei generatori ibridi.

## LE TIPOLOGIE DI GENERATORE

Per ben comprendere gli impianti ibridi è bene approfondire le differenti categorie di generatori individuate secondo la Raccolta R ed.2009. Questa tipologia di impianti prevede l'utilizzo combinato di due o più generatori a servizio del medesimo sistema che possano funzionare in modo alternato o ad integrazione l'uno dell'altro.

I generatori possono inoltre essere della medesima tipologia, oppure possono sfruttare fonti di calore differenti tra loro, nonostante utilizzino il medesimo fluido vettore per la distribuzione dell'energia termica verso i terminali di climatizzazione.

Pertanto la distinzione tra generatori modulari e in batteria assume un aspetto fondamentale per capire come comportarsi e cosa dover prevedere all'interno dell'installazione oggetto dell'intervento.

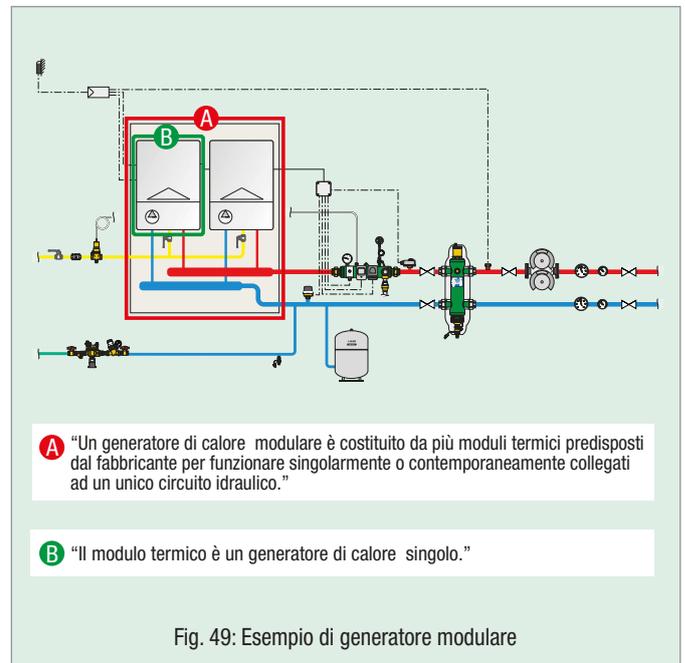
### GENERATORI MODULARI

Un generatore modulare è un insieme di più moduli termici che possono funzionare contemporaneamente o singolarmente per asservire il medesimo circuito idraulico di climatizzazione. (fig. 49)

Il modulo termico è inteso come il generatore capace, anche singolarmente, di produrre energia utile al riscaldamento del fluido vettore o dell'acqua calda sanitaria.

Per rientrare nella definizione di generatore modulare, l'insieme dei moduli deve essere realizzato da un unico fabbricante, responsabile di fornire tutti gli accessori necessari al corretto funzionamento, lo schema tecnico di realizzazione e i sistemi elettronici di gestione che ne garantiscano il funzionamento in sicurezza.

Rientrano in questa categoria i generatori compatti, composti da caldaia a condensazione posta ad integrazione della pompa di calore, che prevedono al loro interno un sistema elettronico di controllo che regola il funzionamento ad integrazione delle due fonti di calore. (fig. 50)

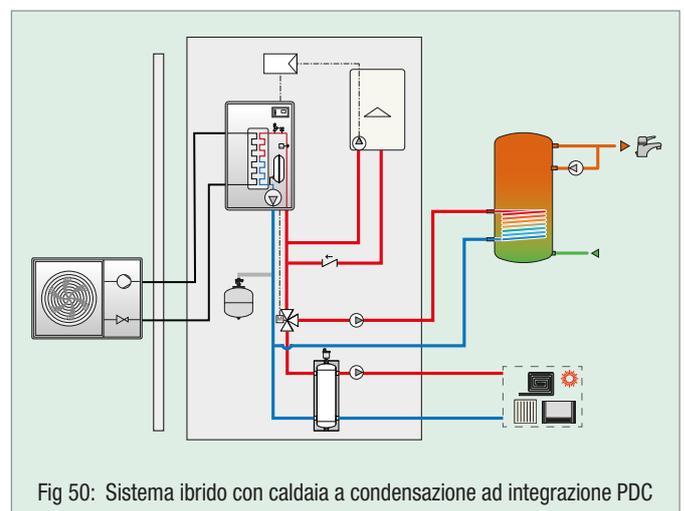


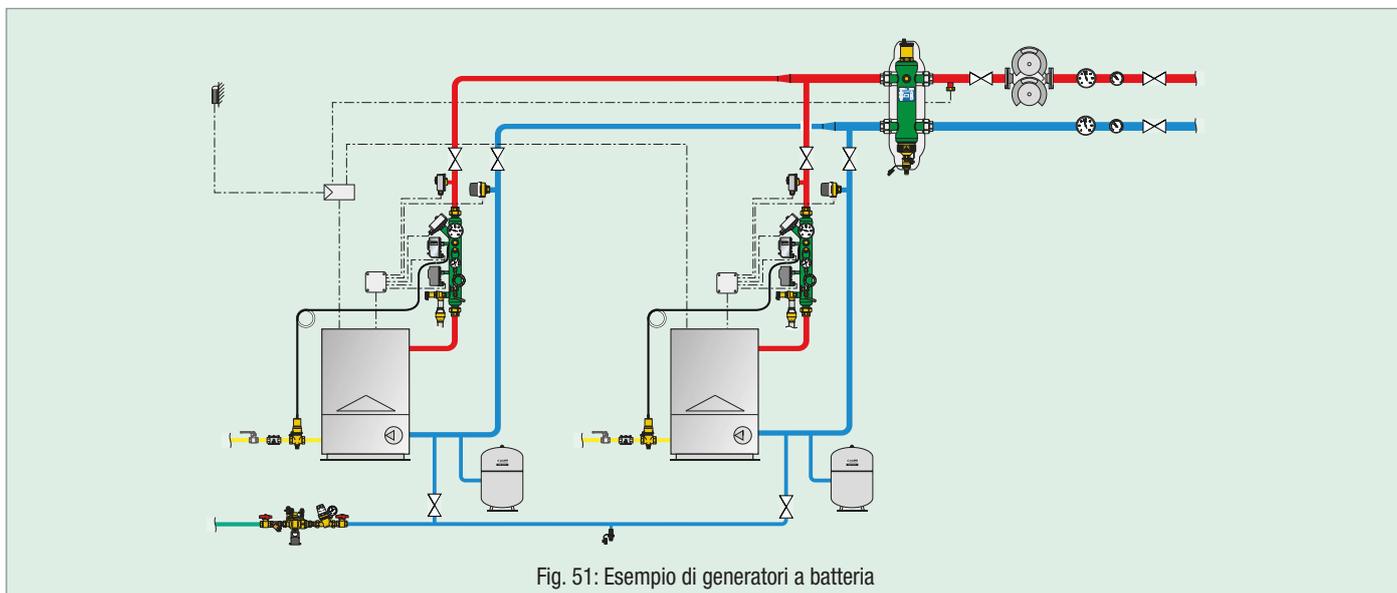
### GENERATORI IN BATTERIA

Nel caso di installazione di più sorgenti realizzate da produttori differenti a servizio del medesimo impianto di climatizzazione si parla invece di generatori in batteria (fig. 51).

A differenza del caso precedente, il sistema di gestione viene realizzato direttamente in cantiere. Tale sistema deve tenere conto delle caratteristiche di tutte le fonti di calore presenti e deve essere in grado di farle operare congiuntamente o alternativamente senza influire negativamente sul loro funzionamento o i loro rendimenti.

Con generatori in batteria possiamo dunque intendere tutti quei sistemi ove siano presenti più fonti di calore che non siano state realizzate dal medesimo fabbricante o studiate appositamente per il funzionamento congiunto.

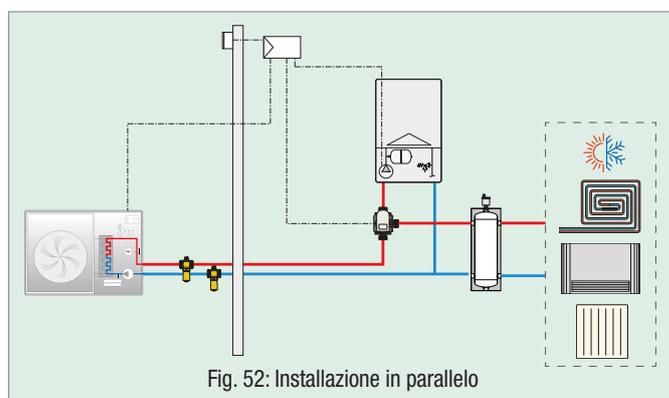




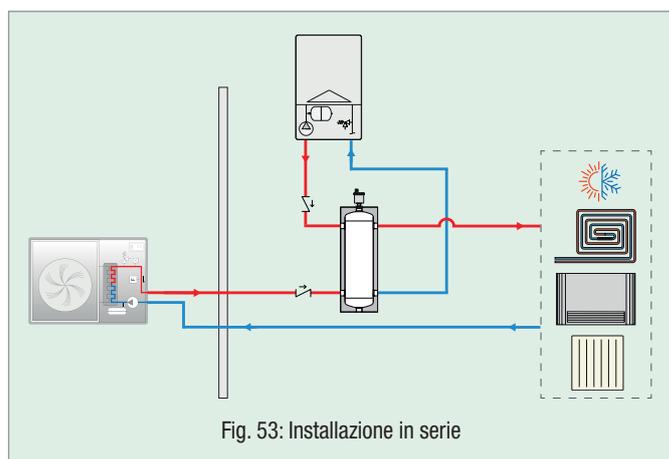
Qui possiamo racchiudere la maggior parte degli impianti di climatizzazione tradizionale, nati in abbinamento alla classica caldaia a condensazione, a cui successivamente è stato aggiunto un secondo generatore ad energia rinnovabile, normalmente a pompa di calore. L'integrazione dei due generatori è in questo caso studiata dal progettista termotecnico e messa in opera dall'installatore. In base a queste considerazioni, decadono le caratteristiche necessarie per poterlo considerare un generatore modulante factory-made.

Parlando di generatori in batteria possiamo incontrare due tipologie differenti di schemi di installazione:

**Installazione in parallelo con utilizzo alternato**, che prevede una valvola deviatrice con due ingressi a cui vengono collegati i generatori e l'uscita comune che distribuisce verso l'impianto. In questa configurazione normalmente la gestione dei generatori viene fatta tramite un regolatore con sonda esterna che, in base alla temperatura rilevata decide se sia più conveniente l'utilizzo della pompa di calore oppure della caldaia (fig.52).



**Installazione in serie con utilizzo ad integrazione**, che prevede l'installazione del generatore tradizionale sulla tubazione di mandata della pompa di calore verso gli emettitori. In questa configurazione è possibile sfruttare direttamente l'accumulo inerziale come sistema di collegamento tra i due generatori. Nell'applicazione in serie, la pompa di calore è utilizzata come fonte di calore principale ed è attiva per tutto il periodo di climatizzazione invernale. Nel momento in cui le temperature esterne diventano troppo rigide, la pompa di calore diventa un sistema di preriscaldamento del fluido vettore in ingresso alla caldaia, in modo da ridurre gli interventi del generatore ad integrazione (fig.53) e sfruttare al massimo la componente rinnovabile.



## GLI IMPIANTI SOLARI

Al fine di comprendere al meglio gli impianti a pannelli solari occorre innanzitutto individuare con esattezza quale sia effettivamente il generatore. Stando alla definizione della Raccolta R il generatore solare è “costituito da più collettori solari che alimentano l’impianto nonché dalle tubazioni di collegamento del circuito primario”; si individua come generatore l’insieme di tutti i componenti presenti al lato primario dell’impianto solare, scambiatore compreso.

Come impianto utilizzatore invece si intende l’insieme dei circuiti idraulici e di tutti i componenti, posti a valle dello scambio termico, che sono necessari al riscaldamento degli ambienti, alla produzione di acqua sanitaria o altri usi tecnologici. (fig.54)

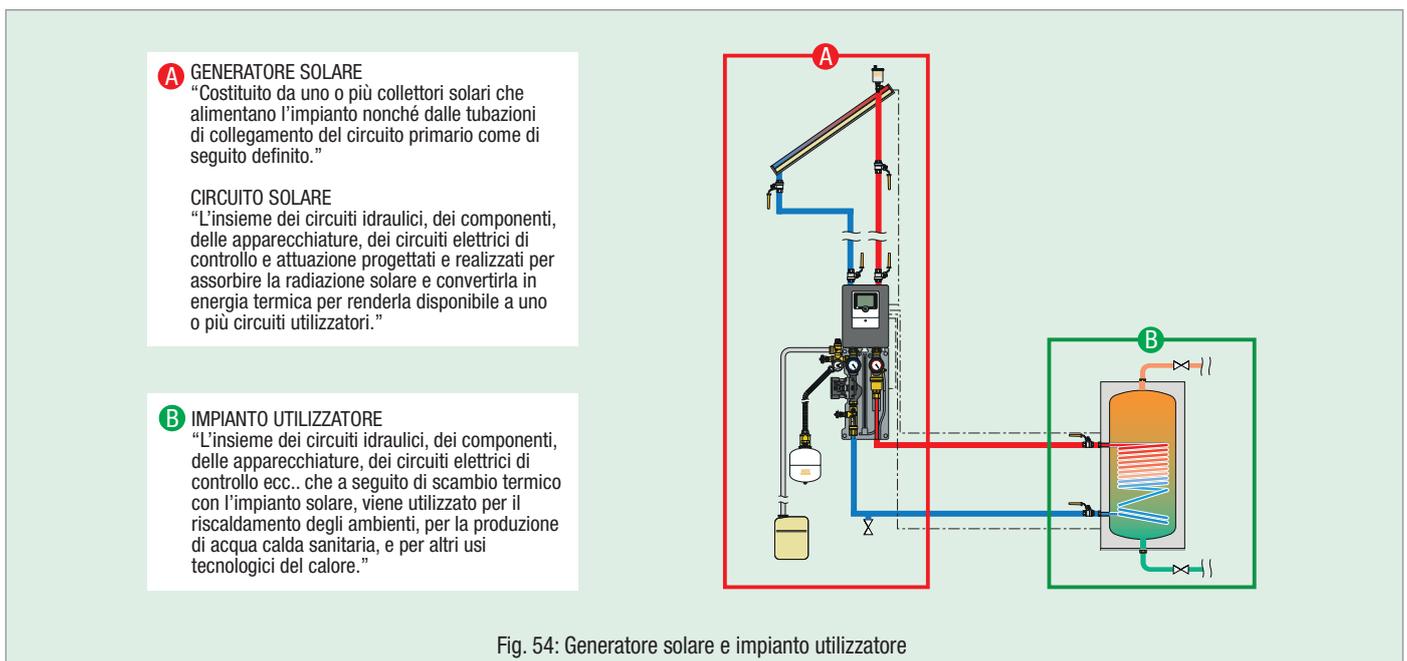


Fig. 54: Generatore solare e impianto utilizzatore

Per ricadere nel campo di applicazione della Raccolta R, il generatore solare deve essere dotato di “superficie di apertura non inferiore a 50 m<sup>2</sup> e comunque con potenzialità superiore ai 35 kW”. Di per sé questa indicazione pone maggiore rilevanza alla discriminante della potenza termica piuttosto che alla superficie captante, perciò è logico riassumere l’applicabilità in base alla seguente tabella:

Superficie	Potenza	Campo di applicazione
< 50 m <sup>2</sup>	< 35 kW	NO
< 50 m <sup>2</sup>	> 35 kW	SI
> 50 m <sup>2</sup>	< 35 kW	NO
> 50 m <sup>2</sup>	> 35 kW	SI

Tab 2: Campo di applicazione Raccolta R pannelli solari

## LA SOMMA DI POTENZE E L'APPLICAZIONE DEI DISPOSITIVI DI SICUREZZA, PROTEZIONE E CONTROLLO

Alla luce di quanto visto fino ad ora, è possibile giungere alla conclusione che, negli impianti ibridi, la pompa di calore non concorra mai alla somma di potenze. Per questo motivo, per definire se l’impianto ricada o meno nel campo di applicazione della Raccolta R, occorre posare l’attenzione solamente ai generatori tradizionali precedentemente citati.

Normalmente, negli impianti ibridi con due sole fonti di energia, di cui una in PDC, la discriminante è la potenza della caldaia. Nel caso questa superi i 35 kW, occorre prevedere alla sola sua uscita i corretti dispositivi di sicurezza, protezione e controllo secondo le disposizioni della Raccolta R, in caso contrario è possibile procedere con l’utilizzo di componenti ordinari. Quando invece si utilizzano molteplici fonti di energia a servizio del medesimo impianto, occorre prestare attenzione a come esse interagiscono tra loro e se concorrono alla somma di potenze, quindi al superamento dei 35 kW. Prendiamo ad esempio un impianto dotato di caldaia a condensazione a cui successivamente siano stati integrati dei pannelli solari ed infine una pompa di calore e cerchiamo di capire quali siano le interazioni.

Potenza pompa di calore	$P_{PDC}$	< 35 kW
Potenza generatore solare	$P_S$	< 35 kW
Potenza generatore gas	$P_G$	< 35 kW
Temperatura generatore solare	$T_S$	> 110° C

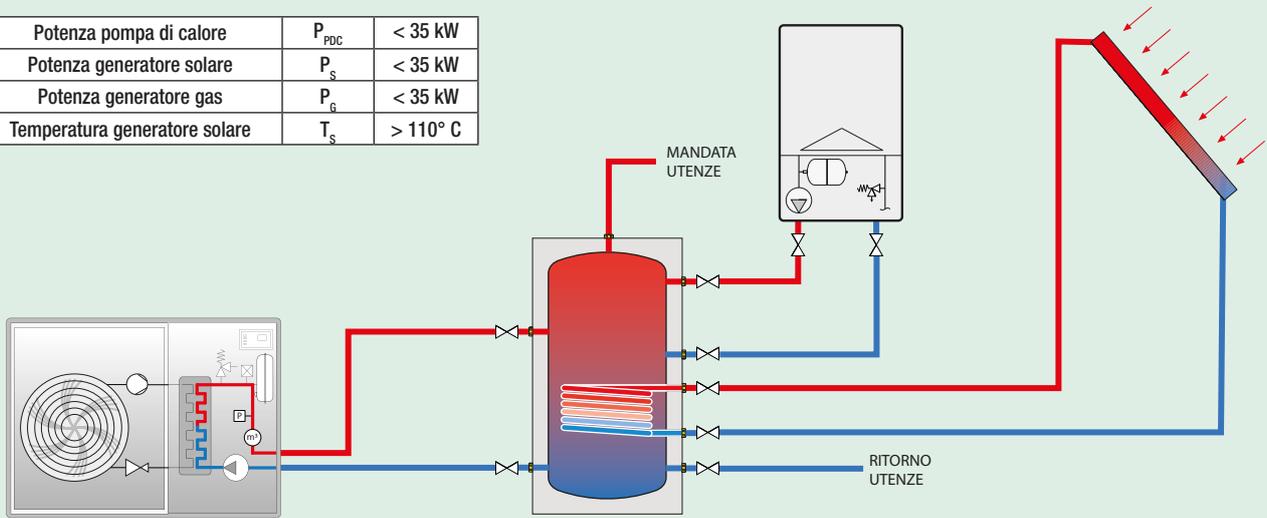


Fig. 55: Sistema in somma di potenze

Escludendo la pompa di calore dalle nostre considerazioni, come detto in precedenza, in questo caso dobbiamo porre l'attenzione sul rapporto tra i pannelli solari e la caldaia a gas.

In questa configurazione (fig. 55) non esiste separazione idraulica tra le due fonti di calore, poiché lo scambiatore solare, che ricordiamo essere parte del generatore solare, e la caldaia a condensazione insistono sul medesimo accumulo. Nel caso dunque la somma delle potenze delle due sorgenti superi i 35 kW, sarà necessario prevedere i relativi dispositivi di sicurezza, protezione e controllo all'uscita dell'accumulo e procedere con la denuncia dell'impianto.

Potenza pompa di calore	$P_{PDC}$	< 35 kW
Potenza generatore solare	$P_S$	< 35 kW
Potenza generatore gas	$P_G$	< 35 kW
Temperatura generatore solare	$T_S$	> 110° C

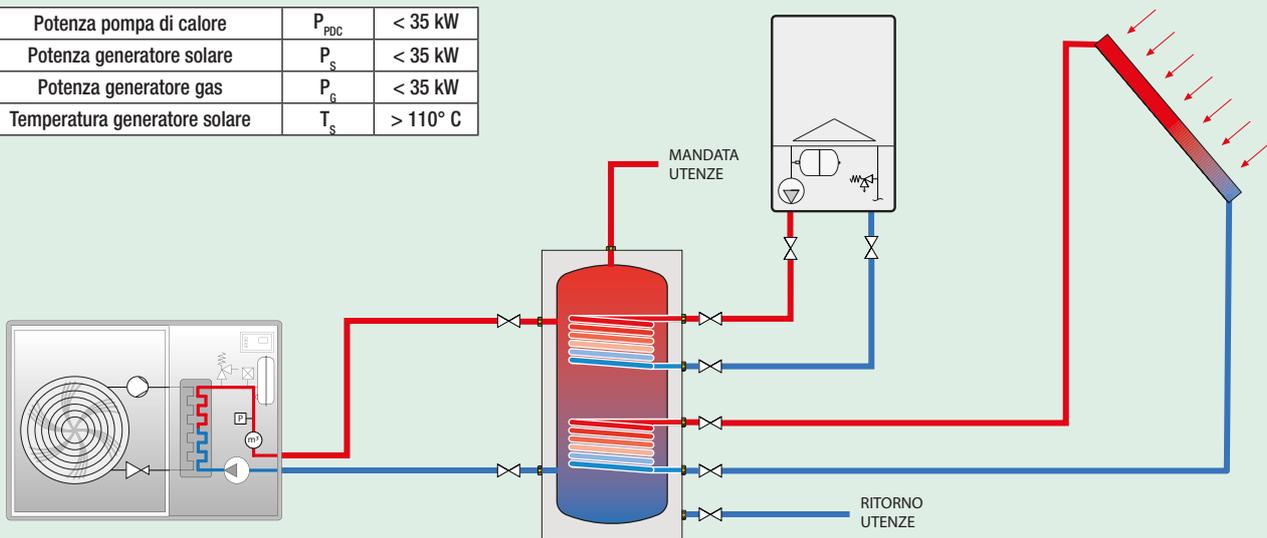


Fig. 56: Sistema con separazione idraulica

Riproponendo la medesima configurazione di impianto, dove però la caldaia a condensazione insiste su uno scambiatore di calore, otterremo una barriera idraulica sufficiente a garantire la separazione del fluido vettore. In questo caso non si ricade dunque nella somma di potenze, poiché solare e caldaia a gas non interagiscono tra di loro e la pompa di calore è esclusa dal campo di applicazione.

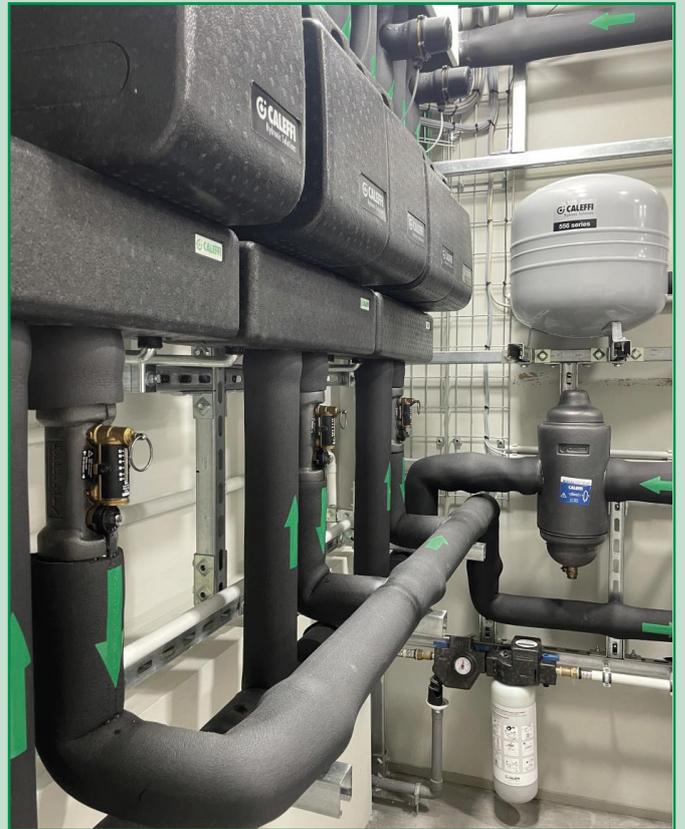
# CALEFFI PORTOGALLO EDIFICIO IN CLASSE A+ NZEB21

## SOSTENIBILITÀ, FUTURO, TECNOLOGIA: DIAMO L'ESEMPIO

### CANTIERE EDILE:

L'edificio-sede di Caleffi Portogallo è stato riqualificato e gli è stata ora assegnata la classificazione energetica A+ e NZEB21. Gli interventi consistevano in una rilavorazione dei contesti bioclimatici e delle protezioni passive all'interno dell'edificio, l'aumento dell'isolamento termico della facciata e della copertura, includendo il contributo dell'illuminazione naturale negli spazi logistici nonché la modifica degli infissi per soluzioni a taglio termico e di classe A+. L'edificio è stato dotato di tecnologie rinnovabili (pompe di calore ad elevata efficienza e pannelli fotovoltaici) per la riduzione dei consumi di energia primaria, promuovendo un elevato tasso di autonomia energetica e un alto livello di comfort, non solo dal punto di vista termico, ma anche illuminotecnico (facendo esclusivamente ricorso alla tecnologia LED a elevata efficienza). La qualità dell'aria pregressa è garantita dalla ventilazione meccanica che assicura portate d'aria nuova adeguate a ogni spazio occupato, con il corretto livello di filtraggio; in questo modo, si garantisce inoltre la pressione positiva in tutto l'edificio.

L'edificio è dotato di tutta la tecnologia CALEFFI, tanto a livello di centrale tecnica - composta integralmente da apparecchiature del marchio - quanto a livello di soluzioni di controllo dei ventilconvettori e UTA.



## DETTAGLI DELL'INSTALLAZIONE

Nella centrale termica sono installati:

- Gruppo di riempimento e demineralizzazione serie PT580, per mantenere la pressione regolata nel circuito idraulico di climatizzazione ed effettuare il trattamento e la demineralizzazione dell'acqua.
- Gruppi di circolazione ad alta efficienza serie 165HE collegati a collettori per riscaldamento e condizionamento serie 550, che permettono la circolazione dell'acqua per ognuno dei circuiti dei diversi piani dell'edificio, secondo la nuova Direttiva europea ErP relativa alle pompe ad alta efficienza.
- Disaeratore-defangatore serie 546, per la separazione delle microbolle d'aria e delle particelle ferrose presenti in acqua, promuovendo la massima efficienza del sistema.
- Contatore di calore CONTECA EASY serie 7504 con attacco MODBUS al GTC dell'edificio, che monitora i consumi energetici dei circuiti idraulici di climatizzazione.

I vettilconvettori e la UTA sono stati dotati di valvole di regolazione indipendenti dalla pressione FLOWMATIC® serie 145, che garantiscono un triplo effetto di bilanciamento: controllo della portata, della pressione differenziale in un modo dinamico e della temperatura dei vari spazi dell'edificio, essendo sotto il comando dei controller EKINEX EASY ROOM TEMPERATURE CONTROLLER ER2 applicati in ogni zona.

La pompa di calore RDZ con modulo idraulico incorporato e Triple Inverter (compressione, ventilazione, pompa di circolazione), che centralizza la produzione di energia, permette di condizionare la temperatura dell'acqua nel sistema primario ed è ulteriormente protetta dalle valvole antigelo serie 108.

Questa versione potenzia il contributo dell'energia rinnovabile per oltre due terzi del consumo globale dell'energia primaria dell'edificio, permettendo **una riduzione dell'impronta di carbonio di circa sei tonnellate annue**, rispetto alle iniziali condizioni energetiche e di comfort/qualità interne all'edificio.



### CONSULENTE:

NILUFT per il design sostenibile e per l'efficienza energetica

### PROGETTISTA:

Sodr  de Albuquerque architects

LOCALITÀ: Maia, Porto

# COMPONENTI PER UNA GREEN EVOLUTION



SPECIFICI PER  
**POMPE  
DI CALORE**  
SUPPORTING ENERGY TRANSITION

Le pompe di calore stanno cambiando il mercato idrotermosanitario in ottica green. Abbiamo sviluppato una gamma completa di prodotti per il **corretto funzionamento, l'efficienza e la sicurezza dei nuovi impianti di climatizzazione**: valvola di zona serie 6445, by-pass serie 518, filtro defangatore magnetico CALEFFI XF, separatore idraulico inerziale serie 5485 e valvola antigelo iStop®. **GARANTITO CALEFFI.**

