

Idraulica

CALEFFI
Hydronic Solutions

57

Dicembre 2019

PUBBLICAZIONE PERIODICA DI INFORMAZIONE TECNICO-PROFESSIONALE

Strategie di regolazione degli impianti



SPEDIZIONE IN ABBONAMENTO POSTALE PUBBLICITÀ 70% - FILIALE DI NOVARA





La giusta temperatura per un impianto efficiente

Termoregolazione del fluido vettore

Serie 610 Valvole miscelatrici motorizzate a 3 vie

- Gamma completa da 1/2" a 2" per impianti di riscaldamento
- Servomotore 0-10V o 3 punti
- Elevata precisione di regolazione



Riscaldamento

www.caleffi.com

CALEFFI
Hydronic Solutions

EDITORIALE

Buona navigazione all'Ingegnere Mattia Tomasoni

Da sempre sono convinto che attraverso questa rivista che vi apprestate a sfogliare e leggere transitano una parte importante del messaggio e dello stile Caleffi. Una rivista tecnica, per addetti ai lavori, per "noi del settore" come si suol dire, ma dotata di alcune qualità e caratteristiche che fortemente vogliamo, fortemente e costantemente ci sforziamo di mantenere. Preparazione e chiarezza, prima di tutto. Vale a dire il massimo di rigore disponibile e, con esso, il massimo di fruibilità.



Per questo abbiamo cura delle pagine, delle immagini e delle singole righe di questa rivista, e, più in generale, del suo modo di porsi, di entrare in contatto e stabilire un dialogo con il lettore. Lettore che di queste informazioni si nutre per accrescere le proprie capacità tecniche, la propria formazione, la propria professionalità.

Per questi motivi avere un nuovo timoniere è cosa importante e, allo stesso tempo, degna di grande attenzione e riflessione da parte nostra: in Mattia Tomasoni – che assume il ruolo di nuovo direttore - abbiamo visto la figura giusta per questa responsabilità.

In lui ci paiono confluire la tradizione Caleffi e un nuovo apporto personale e originale, una nuova prospettiva. Cresciuto tecnicamente con il nostro Mario Doninelli, ha già provato le sue capacità in questa rivista, collaborando con diversi articoli, e in azienda, fornendoci la sua consulenza e le sue conoscenze nell'ambito dell'impiantistica.

Stimato e considerato, in Caleffi e fuori, come professionista e come uomo.

A Lui va dunque il mio saluto e il mio augurio per questo viaggio e questa nuova avventura. Al lettore la mia assicurazione che Idrraulica continuerà a essere fonte di conoscenza tecnica e metodologica, a disposizione, e un solido segnale della presenza e disponibilità Caleffi.

Il Presidente

A handwritten signature in black ink, appearing to be the name of the President, written in a cursive style.

Direttore responsabile:
Mattia Tomasoni

Responsabile di Redazione:
Fabrizio Guidetti

Hanno collaborato
a questo numero:
Elia Cremona
Marco Godi
Domenico Mazzetti
Renzo Planca
Alessia Soldarini
Mattia Tomasoni

I^draulica
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 I^draulica 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
FAX 0322-863305
info@caleffi.com
www.caleffi.com

SOMMARIO

- 5** STRATEGIE DI REGOLAZIONE DEGLI IMPIANTI
- 6** TIPOLOGIE DI REGOLAZIONE
- 7** - Regolazione della temperatura di mandata
 - Regolazione a punto fisso
 - Regolazione a punto fisso compensato
 - Regolazione climatica
- 10** - Regolazione della temperatura ambiente
 - Regolazione ON/OFF
 - Regolazione modulante
- 12** - Regolazione delle macchine di trattamento dell'aria
 - Le batterie di trattamento dell'aria
- 18** APPROFONDIMENTO: UMIDITÀ ASSOLUTA E RELATIVA
- 19** APPLICAZIONI TIPICHE DELLE REGOLAZIONI NEGLI IMPIANTI DI RISCALDAMENTO
 - Impianti a radiatori con caldaia a condensazione
 - Regolazione climatica e valvole termostatiche
 - Regolazione a punto fisso e valvole termostatiche
 - Regolazione climatica e valvole termostatiche
- 22** - Impianti a ventilconvettori con caldaia a condensazione
 - Regolazione a punto fisso e valvole a 3 vie ON/OFF
 - Regolazione climatica e valvole a 2 vie modulanti
- 24** - Impianti a pannelli radianti con pompa di calore
 - Regolazione a punto fisso e valvole ON/OFF
 - Regolazione climatica e valvole ON/OFF
- 26** REGOLAZIONE E RISPARMIO ENERGETICO
 - Fabbisogno termico
- 27** - Curve climatiche
- 28** - Esempio A: regolazione della temperatura di mandata
 - Caso 1: impianto a radiatori con caldaia a condensazione
 - Caso 2: impianto a pannelli radianti con pompa di calore
- 34** - Esempio B: regolazione della temperatura ambiente negli impianti a ventilconvettori
- 36** REGOLAZIONE E BILANCIAMENTO
- 38** L'IMPORTANZA DEL CONTENUTO

STRATEGIE DI REGOLAZIONE DEGLI IMPIANTI

Ingg. Mattia Tomasoni, Elia Cremona e Alessia Soldarini

Nel numero precedente di *Idraulica* abbiamo introdotto i concetti fondamentali relativi alla regolazione degli impianti, soffermandoci in particolare sulle diverse tipologie di valvole di regolazione. Di questi componenti abbiamo analizzato le caratteristiche costruttive distinguendone i diversi principi di funzionamento. Infine, unitamente alla descrizione dei più comuni circuiti di regolazione, sono stati proposti metodi di dimensionamento che permettono una corretta progettazione.

In questo numero di *Idraulica* continueremo la trattazione di questo argomento

ma approfondendo maggiormente gli aspetti legati alle strategie di regolazione più comunemente utilizzate, valutandone l'efficacia in relazione a differenti contesti impiantistici.

Nella prima parte saranno introdotte le principali tipologie di regolazione della temperatura sia del fluido termovettore sia dell'aria negli ambienti da climatizzare.

Nella parte centrale verranno proposti alcuni schemi applicativi tra i più diffusi, distinguendo diverse soluzioni di regolazione abbinate ad impianti a radiatori, a pannelli radianti ed a ventilconvettori,

analizzandone i principali vantaggi e criticità.

Infine, porremo attenzione agli aspetti riguardanti i possibili risparmi energetici ottenibili tramite diverse strategie di regolazione, valutando come queste influiscano sulle spese di gestione degli impianti.

In particolar modo analizzeremo l'incidenza che hanno differenti criteri di regolazione sia sulla resa dei generatori come caldaie a condensazione e pompe di calore, sia sull'energia spesa dai circolatori.

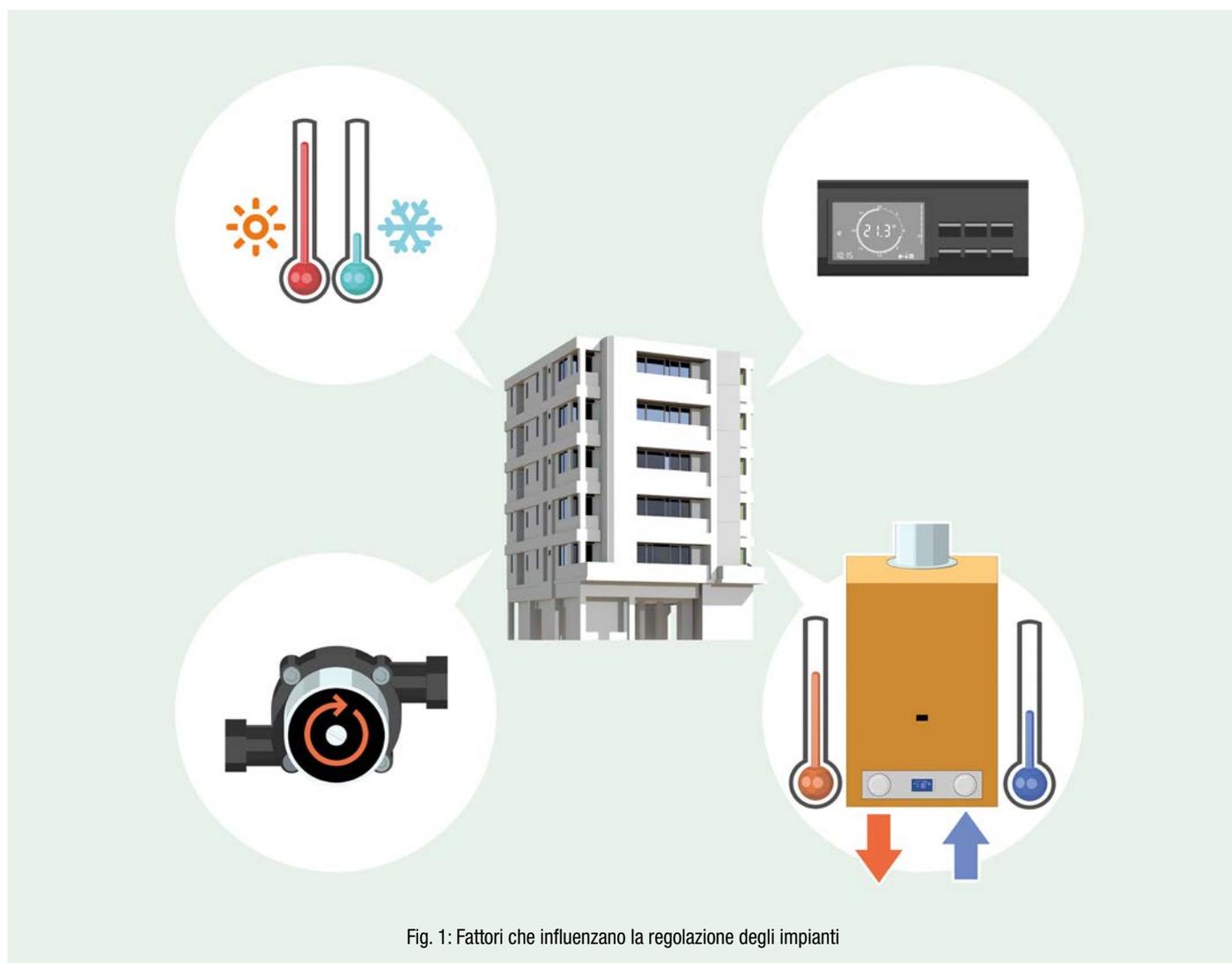


Fig. 1: Fattori che influenzano la regolazione degli impianti

Tipologie di regolazione

Nessun impianto o sistema può funzionare correttamente e raggiungere il comfort richiesto senza un adeguato sistema di regolazione. Negli impianti termici si è spesso in presenza di variazioni di carico quali ad esempio irraggiamento, modifica della temperatura esterna e affollamento ed è quindi necessario controllare la potenza emessa a seconda dell'effettivo fabbisogno termico. Approfondiremo le modalità con cui i regolatori possono comandare gli impianti, quali sono le tipologie più utilizzate e quali programmazioni si possono adottare in differenti soluzioni impiantistiche.

Regolatori della temperatura di mandata

Questi regolatori servono per controllare la temperatura del fluido termovettore inviata all'impianto. Possono essere regolatori di centrale oppure inseriti all'interno di cassette di distribuzione a servizio delle singole zone. La regolazione può agire su una valvola servo-assistita (vedi Idraulica 56) oppure direttamente sulla potenza del generatore. In base alla strategia di regolazione si dividono in:

- regolatori a punto fisso
- regolatori a punto fisso compensato
- regolatori climatici

Regolatori della temperatura ambiente

Questi regolatori hanno il compito di regolare la temperatura all'interno dei locali serviti da un impianto di riscaldamento o condizionamento. In genere sono anche detti termostati ambiente; essi si possono suddividere in:

- regolatori ON/OFF
- regolatori modulanti

Regolatori per il trattamento dell'aria

Questi regolatori controllano i parametri dell'aria immessa negli ambienti e trattata in apposite macchine dette unità di trattamento aria (UTA) o centrali di trattamento aria (CTA) con diversi gradi di complessità in base ai trattamenti che si vogliono effettuare sull'aria. Tali regolatori ricevono in ingresso vari parametri tra i quali:

- temperatura/umidità aria di ripresa, mandata e rinnovo
- stato dell'aria (sonda CO₂)
- portata aria in mandata

Essi comandano poi organi come serrande per il controllo della portata dell'aria e la portata o la temperatura dei fluidi verso le batterie di trattamento. Successivamente ci soffermeremo maggiormente su quest'ultimo aspetto.

In edifici evoluti i regolatori possono essere raggruppati in un unico sistema che gestisce altre funzionalità come la supervisione e la tele-gestione degli impianti. Tali sistemi vengono generalmente identificati con l'acronimo BMS (Building Management System).

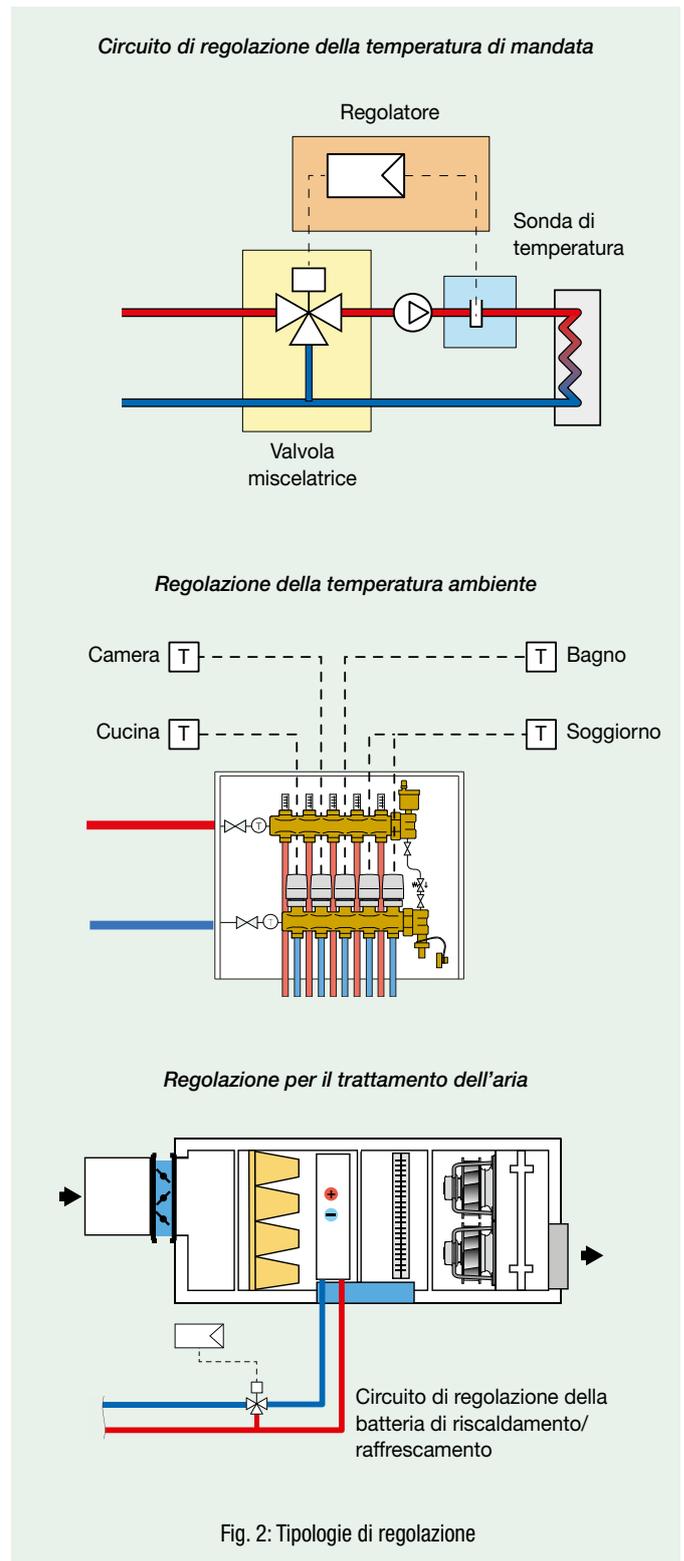


Fig. 2: Tipologie di regolazione

REGOLAZIONE DELLA TEMPERATURA DI MANDATA

Il controllo della temperatura di mandata si può ottenere con una regolazione a punto fisso, a punto fisso compensato oppure climatica.

Vediamo di seguito il principio di funzionamento di ciascuna di queste tipologie, lo schema idronico tipico, vantaggi e svantaggi in differenti applicazioni.

REGOLAZIONE A PUNTO FISSO

È il sistema di regolazione più semplice ed il suo principio di funzionamento si basa sul mantenimento della temperatura di mandata ad un valore costante preimpostato.

In questo caso, il sistema di regolazione è normalmente costituito da:

- una centralina elettronica (1);
- una sonda di temperatura di mandata (2);
- un circuito idraulico per la regolazione della temperatura, tipicamente un circuito di miscelazione dotato di valvola miscelatrice con relativo servomotore (3). *Si rimanda a Idraulica 56 per approfondimento, disponibile online su idraulica.caleffi.com.*

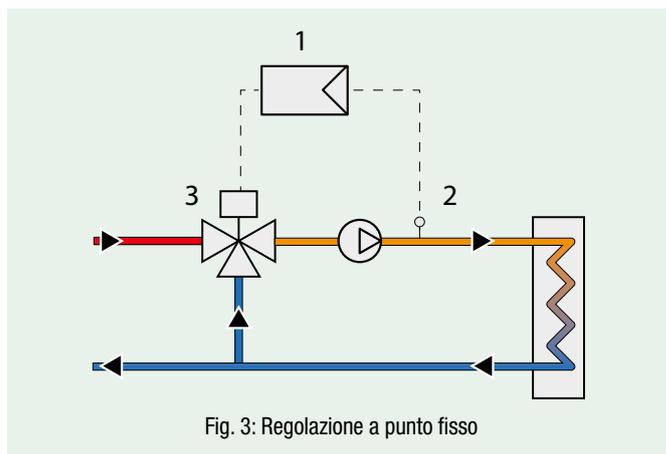


Fig. 3: Regolazione a punto fisso

Il valore a cui si vuole mantenere la temperatura di mandata viene impostato direttamente sulla centralina elettronica, la quale comanda il servomotore della valvola miscelatrice con lo scopo di raggiungere e mantenere il set-point. La posizione di regolazione della valvola viene determinata in funzione della temperatura del flusso miscelato, misurata direttamente attraverso l'apposita sonda (2). In alcuni casi, questo funzionamento può avvenire anche senza dispositivi elettronici, sfruttando valvole dotate di sensori termostatici in grado di comandarne meccanicamente la posizione.

Questa strategia di regolazione presuppone di mantenere la temperatura di mandata dell'acqua ad un valore pari a quello necessario a garantire il comfort termico nel giorno più freddo dell'anno. Trova applicazione in particolare in impianti di piccola taglia a radiatori o a pannelli radianti. Tuttavia, il limite di questa regolazione è costituito dal fatto che la temperatura ambiente continua a cambiare ogni volta che si modificano le condizioni climatiche esterne.

Diagramma di regolazione

È un grafico che esprime la relazione tra la temperatura esterna e la temperatura di mandata regolata. Nel caso della regolazione a punto fisso, non essendoci alcuna correlazione con la temperatura esterna, il valore della temperatura di mandata è rappresentato da una semplice retta orizzontale.

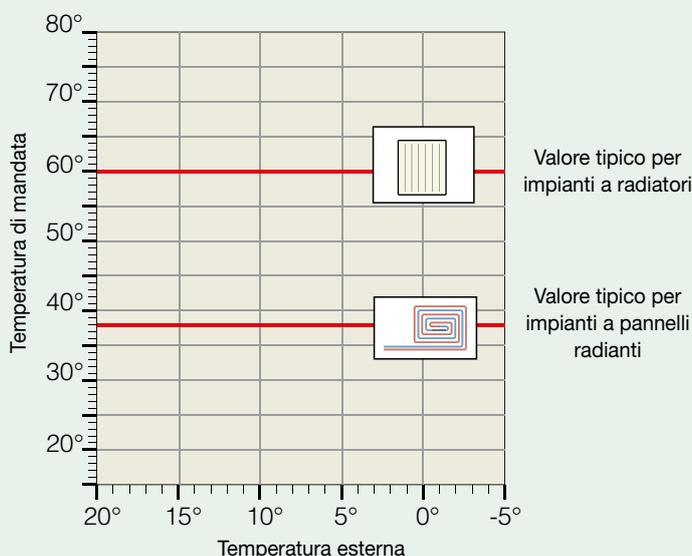


Fig. 4: Diagramma di regolazione a punto fisso

REGOLAZIONE A PUNTO FISSO COMPENSATO

La temperatura di mandata viene normalmente mantenuta ad un valore costante così come per la regolazione a punto fisso tradizionale anche in quella di tipo compensato. Tuttavia, questo valore può essere corretto con lo scopo di compensare l'effettiva richiesta di calore.

In tal caso, il sistema di regolazione è costituito da:

- una centralina elettronica (1);
- una sonda di temperatura di mandata (2);
- un circuito idraulico per la regolazione della temperatura, tipicamente un circuito di miscelazione dotato di valvola miscelatrice con relativo servomotore (3). *Si rimanda a Idraulica 56 per approfondimento, disponibile online su idraulica.caleffi.com.*
- una sonda di temperatura di ritorno (4).

Nella regolazione a punto fisso compensato, il valore della temperatura di mandata dipende sia dal set-point impostato sul regolatore, sia dal salto termico (ΔT) misurato tra mandata e ritorno attraverso le sonde presenti. Nel caso in cui il ΔT misurato risulta essere basso (ad esempio quando si hanno fonti di calore "gratuite" esterne o interne) la temperatura set-point viene diminuita rispetto a quella impostata. Viceversa, quando il ΔT è elevato (ad esempio nelle fasi di avviamento) la temperatura di mandata viene innalzata a valori superiori a quello impostato. In base a questa logica, la centralina è in grado di comandare il servomotore della valvola miscelatrice.

Questa strategia di regolazione rappresenta un'evoluzione rispetto a quella a punto fisso tradizionale ed ha lo scopo di adeguare il calore emesso in base all'effettiva richiesta, seppure senza una misura diretta della temperatura esterna. Infatti, il limite di questa regolazione è legato al fatto che la compensazione della temperatura di mandata avviene a posteriori, senza tenere preventivamente conto delle effettive condizioni climatiche esterne.

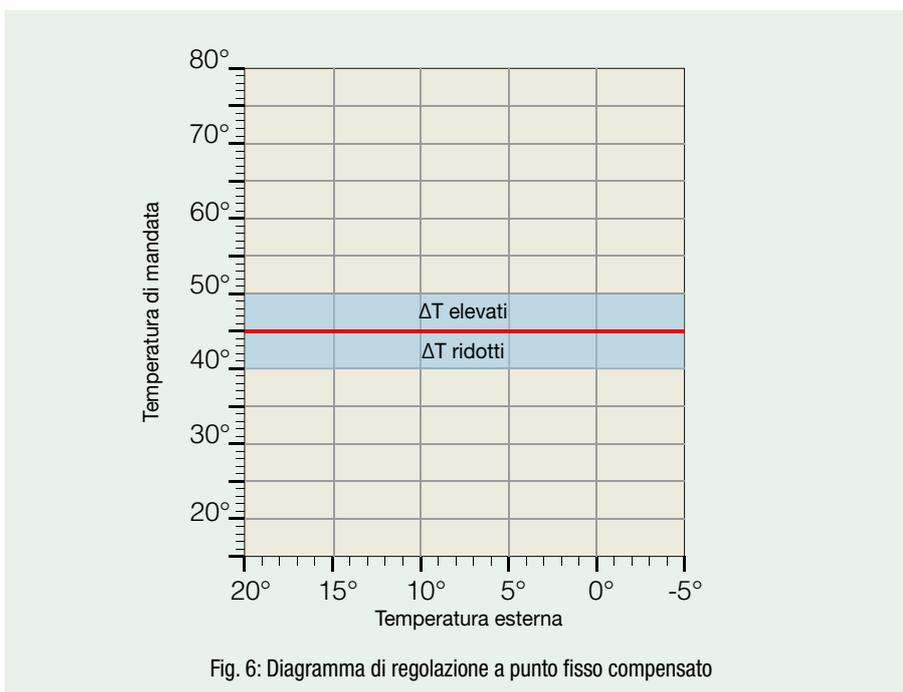
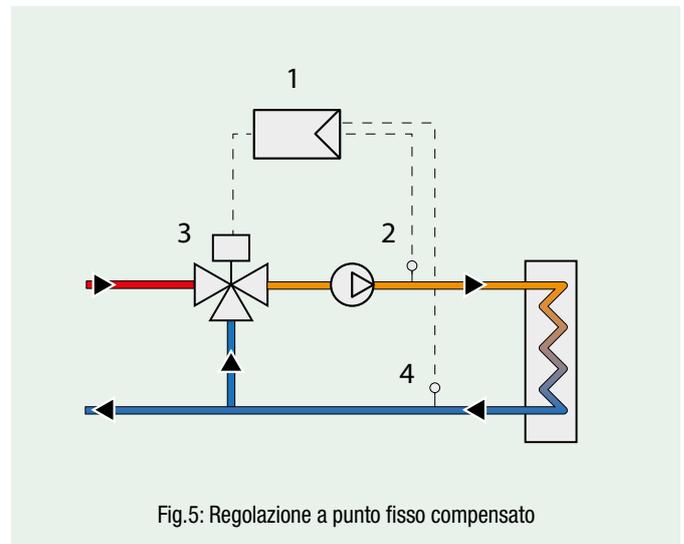


Diagramma di regolazione

La temperatura di mandata, nella regolazione a punto fisso compensato, può essere rappresentata graficamente da un campo di lavoro attorno al valore di set-point principale. La fascia al di sotto di tale valore definisce la compensazione che avviene nel caso di ΔT ridotti, mentre quella al di sopra definisce la compensazione per ΔT elevati.

REGOLAZIONE CLIMATICA

Questa tipologia di regolazione si basa sul fatto che il fabbisogno termico è proporzionale alle dispersioni dell'edificio ed è quindi condizionato dalla temperatura esterna. La temperatura di mandata viene quindi regolata in base alle effettive condizioni climatiche.

In questo caso, il sistema di regolazione è normalmente costituito da:

- una centralina elettronica (1);
- una sonda di temperatura di mandata (2);
- un circuito idraulico per la regolazione della temperatura, tipicamente un circuito di miscelazione dotato di valvola miscelatrice con relativo servomotore (3). *Si rimanda a Idraulica 56 per approfondimento, disponibile online su idraulica.caleffi.com.*
- una sonda di temperatura esterna (4).

La temperatura di mandata si ricava dalla curva climatica in funzione della temperatura esterna, misurata attraverso la relativa sonda. Tale curva viene impostata nella centralina e può normalmente essere modificata a seconda delle esigenze specifiche e del tipo di impianto (vedi pag. 27). La centralina calcola quindi continuamente la temperatura di set-point al variare delle effettive condizioni climatiche e regola, di conseguenza, la valvola miscelatrice.

Questa strategia di regolazione risulta essere la più efficace, dato che riesce a garantire il miglior comfort ambiente adeguandosi costantemente alle condizioni climatiche esterne. Tuttavia va posta particolare attenzione alla programmazione della curva climatica a seconda della tipologia di impianto e soprattutto delle caratteristiche dell'edificio.

Viene tipicamente utilizzata nelle centrali termiche di impianti a radiatori con valvole termostatiche in edifici residenziali, ma anche in impianti a pannelli radianti per rendere più confortevole l'emissione termica.

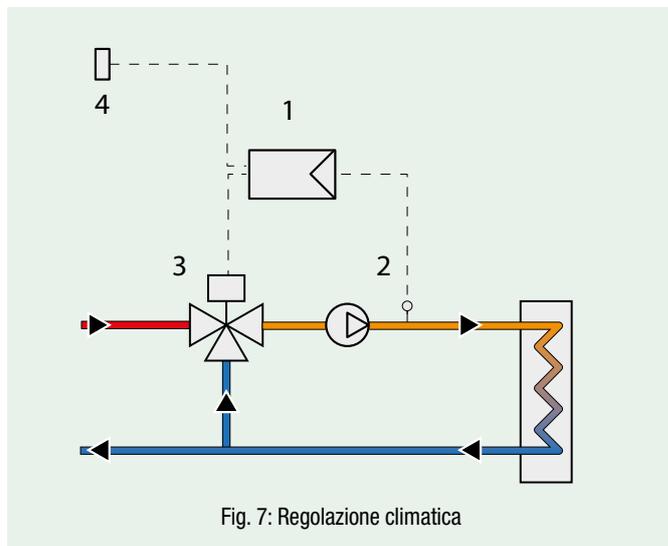


Fig. 7: Regolazione climatica

Diagramma di regolazione

In questo caso, il diagramma di regolazione viene costruito a partire dai punti estremi: il valore della temperatura di mandata massimo viene impostato in corrispondenza della minima temperatura esterna e, viceversa, la temperatura di mandata minima corrisponde alla soglia di temperatura esterna per cui non vi è richiesta di potenza termica. La retta che unisce questi due punti rappresenta la curva più semplice, ma spesso si utilizzano anche tratti con diversa pendenza.

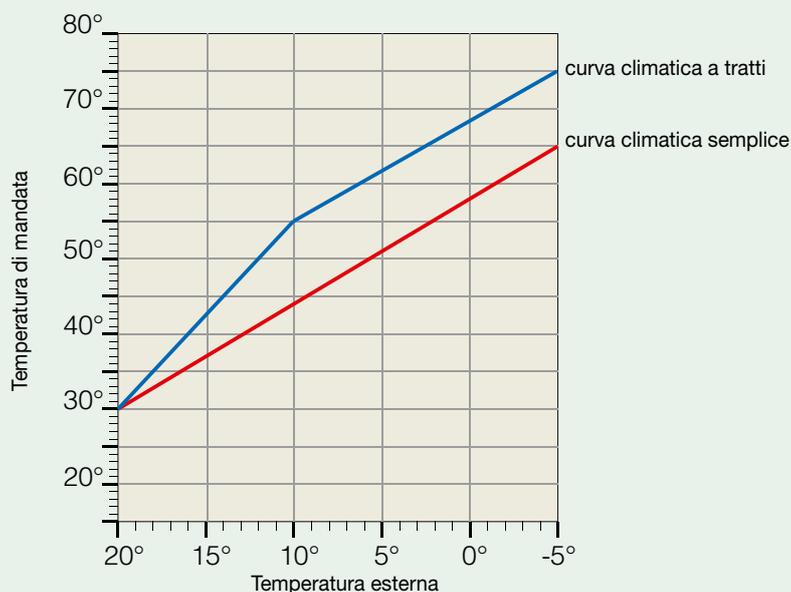


Fig. 8: Diagramma di regolazione climatica

REGOLAZIONE DELLA TEMPERATURA AMBIENTE

La regolazione della temperatura ambiente ha come obiettivo principale il raggiungimento della condizione di comfort all'interno di uno spazio abitativo, controllando l'emissione termica in modo da cedere calore solo quando serve. Consente quindi di ottenere un buon compromesso tra il benessere termico e il risparmio energetico. Vediamo di seguito le due principali modalità di regolazione della temperatura ambiente e in quali applicazioni sono maggiormente utilizzate.

REGOLAZIONE ON/OFF

È la più semplice tra le regolazioni e prevede di mantenere la temperatura ambiente tra un valore minimo e un valore massimo. In questo caso il regolatore è un semplice termostato, che può essere o in stato di accensione (ON), quando la temperatura ambiente misurata è al di sotto di un valore minimo di set-point, oppure in stato di spegnimento (OFF) quando viene raggiunta la temperatura desiderata. Di conseguenza, per natura di questa logica di regolazione, la temperatura ambiente oscilla continuamente nel tempo con un'ampiezza che dipende dal cosiddetto "differenziale", cioè lo scostamento tra i valori di temperatura massimo e minimo che determinano gli stati ON e OFF (fig. 9A). Il valore del differenziale solitamente può essere impostato ma occorre trovare il giusto compromesso: un differenziale troppo basso determina una temperatura ambiente mediamente vicina a quella desiderata ma accensioni e spegnimenti molto frequenti.

Viceversa, un differenziale troppo alto limita il numero di accensioni a discapito del comfort, poiché la temperatura ambiente sarà controllata con oscillazioni molto ampie.

La sua semplicità intrinseca rende questo tipo di regolazione applicabile in diverse tipologie di impianto quali piccoli impianti a radiatori, come quelli delle abitazioni private.

Tuttavia non permette una regolazione precisa in sistemi aventi tempi di risposta molto rapidi o frequenti variazioni di carico, quali gli impianti a ventilconvettori.

Può invece essere sfruttata in maniera ottimale in sistemi caratterizzati da un'alta inerzia termica, come ad esempio gli impianti a pannelli radianti, dove il termostato di ciascuna zona comanda la completa apertura (ON) o chiusura (OFF) di valvole di zona o di comandi elettrotermici installati su un collettore di distribuzione.

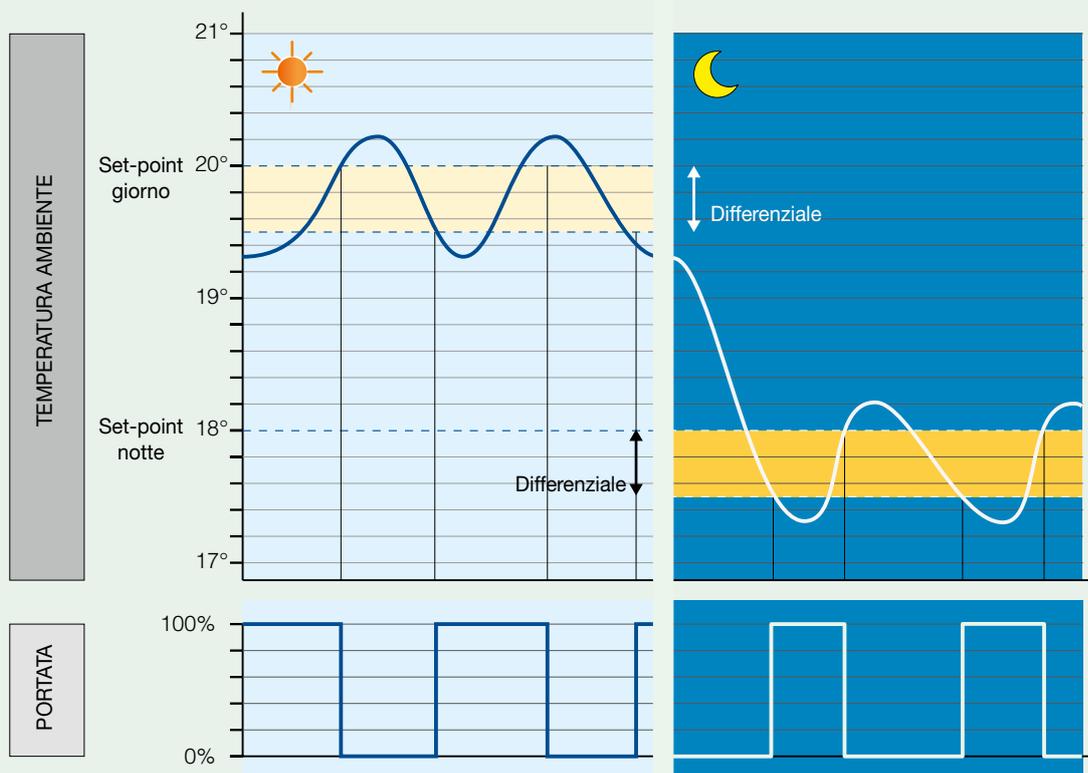


Fig. 9A: Diagramma di regolazione ON/OFF

REGOLAZIONE MODULANTE

È una regolazione che ha l'obiettivo di portare e mantenere la temperatura ambiente al valore desiderato ed in modo continuativo nel tempo. Tale regolazione può essere attuata meccanicamente attraverso l'utilizzo di valvole termostatiche per radiatori oppure con regolatori. In questo caso il regolatore non può essere un semplice termostato con due soli stati di funzionamento (ON/OFF), ma una centralina dedicata che produce un'azione regolante in grado di inseguire con precisione il set-point e di adattarsi velocemente alle variazioni di carico.

La più semplice regolazione modulante è quella "proporzionale", in cui l'intensità dell'azione regolante è tanto più grande quanto più si è distanti dalla temperatura ambiente desiderata. Ad esempio, considerando una valvola che regola la portata di alimentazione in un corpo scaldante, in corrispondenza di una massima distanza dalla temperatura ambiente desiderata la valvola si trova in posizione di completa apertura e, man mano che ci si avvicina alla temperatura di set-point, riduce progressivamente il passaggio del fluido fino alla completa chiusura dell'otturatore al raggiungimento della condizione ricercata. Questo intervallo viene definito "banda proporzionale", proprio perché entro questo campo di lavoro la portata regolata nella valvola è proporzionale allo scostamento dalla temperatura ambiente desiderata. La banda proporzionale

può normalmente essere modificata, ma occorre anche in questo caso trovare un giusto compromesso: una banda proporzionale troppo ampia determina una regolazione lenta e caratterizzata da elevati scostamenti rispetto al set-point, mentre una banda troppo ristretta di fatto si comporta in maniera simile ad una regolazione di tipo ON/OFF e provoca quindi possibili oscillazioni di temperatura.

Tuttavia, per migliorare i limiti della sola regolazione proporzionale, nelle moderne centraline elettroniche si affiancano spesso ulteriori azioni regolanti in grado sia di correggere lo scostamento rispetto al set-point desiderato nel lungo termine (azione "integrata"), sia di rendere più reattiva e rapida la regolazione (azione "derivativa"). Queste tecniche prendono il nome di controlli PI (proporzionale-integrale) o PID (proporzionale-integrale-derivativo).

Grazie alle caratteristiche descritte, la regolazione modulante viene utilizzata in quelle applicazioni dove la semplice regolazione ON/OFF non risulta sufficientemente efficace. Ad esempio, in impianti di riscaldamento con bassa inerzia come batterie di riscaldamento ad aria, caratterizzati da una risposta molto rapida e spesso anche da frequenti variazioni di carico, la regolazione modulante permette di controllare in maniera più stabile il livello di comfort negli ambienti. Allo stesso tempo permette inoltre di ridurre il dispendio energetico, grazie al fatto che viene sfruttata solamente la frazione di potenza termica necessaria.

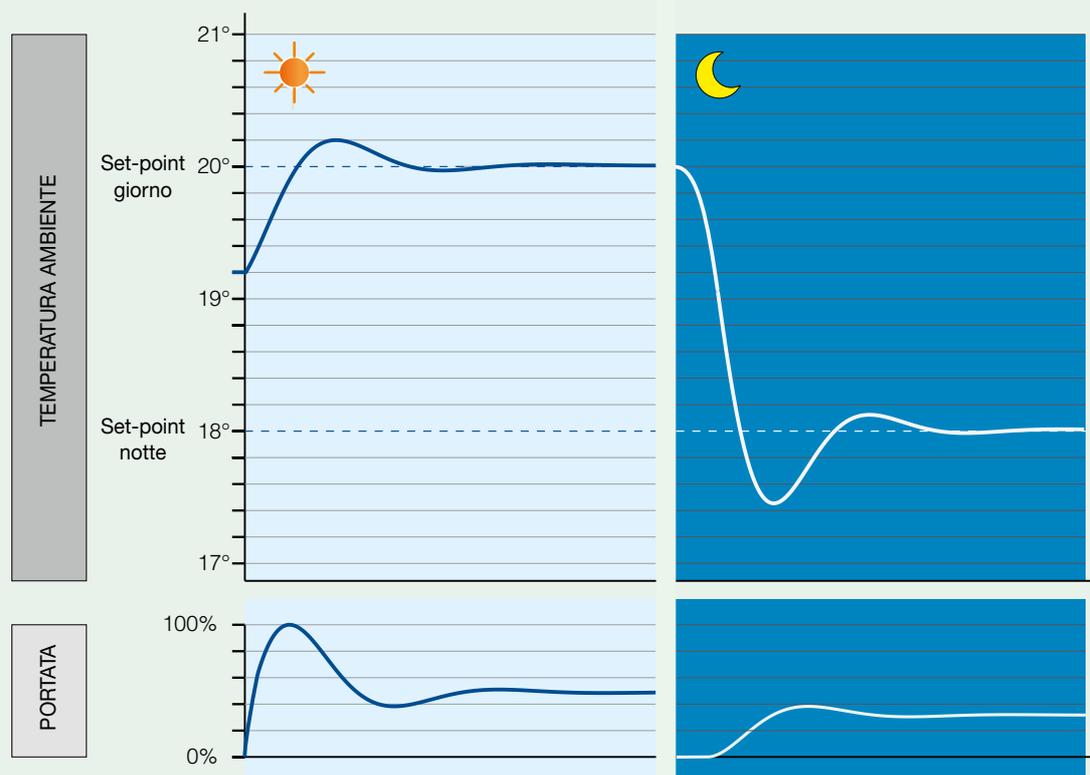


Fig. 9B: Diagramma di regolazione modulante

REGOLAZIONE DELLE MACCHINE DI TRATTAMENTO DELL'ARIA

I moderni edifici devono essere progettati e costruiti per garantire il benessere umano, concorrendo al mantenimento di diverse tipologie di comfort tra i quali quello termico. A tale scopo, negli edifici di nuova costruzione ed in particolare in quelli industriali, commerciali, ospedalieri e scolastici, sono largamente utilizzate le unità di trattamento aria (UTA). Le UTA sono macchine modulari che vengono composte in maniera tale da permettere il corretto trattamento dell'aria primaria, prima di inviarla all'interno dell'ambiente da climatizzare. L'aria viene controllata sia dal punto di vista termo-igrometrico (temperatura ed umidità relativa), sia dal punto di vista della purezza, mediante opportuna filtrazione.

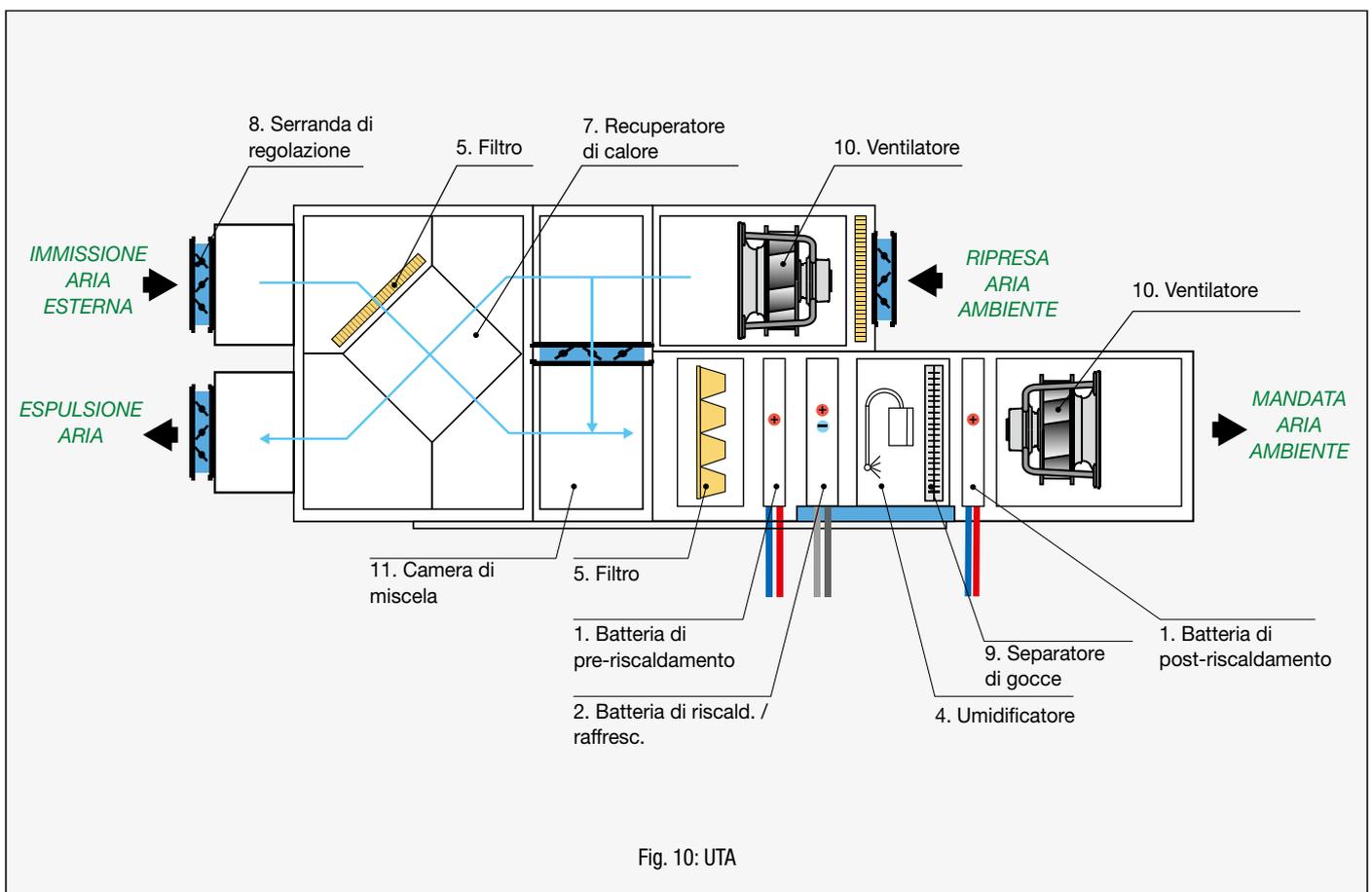
Le varie sezioni che compongono una UTA servono ad effettuare i seguenti processi:

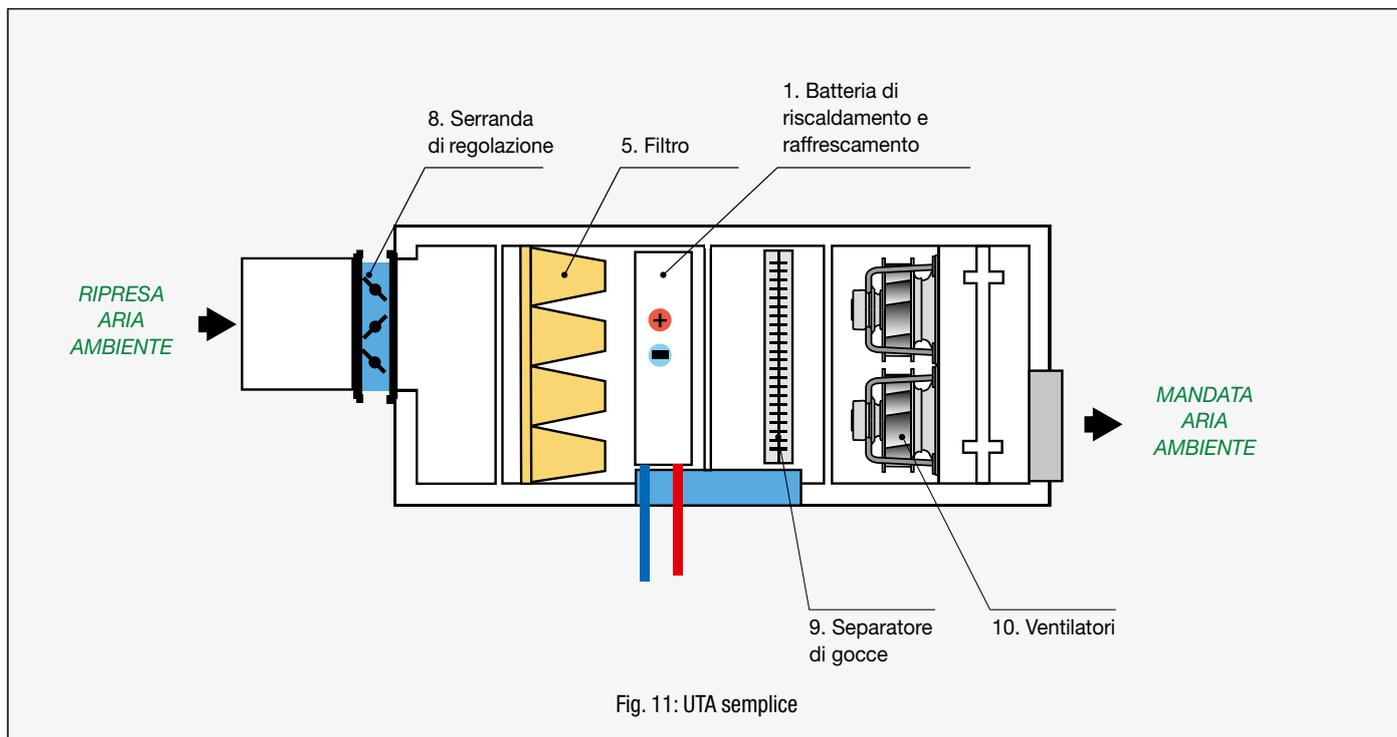
1. riscaldamento dell'aria tramite le batterie di pre e post riscaldamento;
2. Raffreddamento dell'aria attraverso la batteria di raffreddamento;
3. Deumidificazione con l'uso della batteria di raffreddamento e quella di post-riscaldamento.

4. Umidificazione attraverso l'umidificatore;
5. Filtrazione dell'aria sia di ripresa sia esterna;
6. Ricambio d'aria attraverso la camera di miscela con l'uso delle serrande;
7. Recupero del calore ed eventualmente dell'umidità dell'aria attraverso l'inserimento di recuperatori di calore.
8. Serranda di regolazione
9. Separatore di gocce
10. Ventilatori
11. Camera di miscela

Nei paragrafi successivi approfondiremo i processi di regolazione che coinvolgono le batterie di trattamento presenti nelle UTA.

Nelle UTA più complete (fig.10) sono presenti generalmente tre batterie: pre-riscaldamento, riscaldamento/raffreddamento e post-riscaldamento. Nelle UTA più semplici (fig.11) invece è presente una sola batteria che funziona in riscaldamento o in raffreddamento e tratta esclusivamente l'aria ambiente.

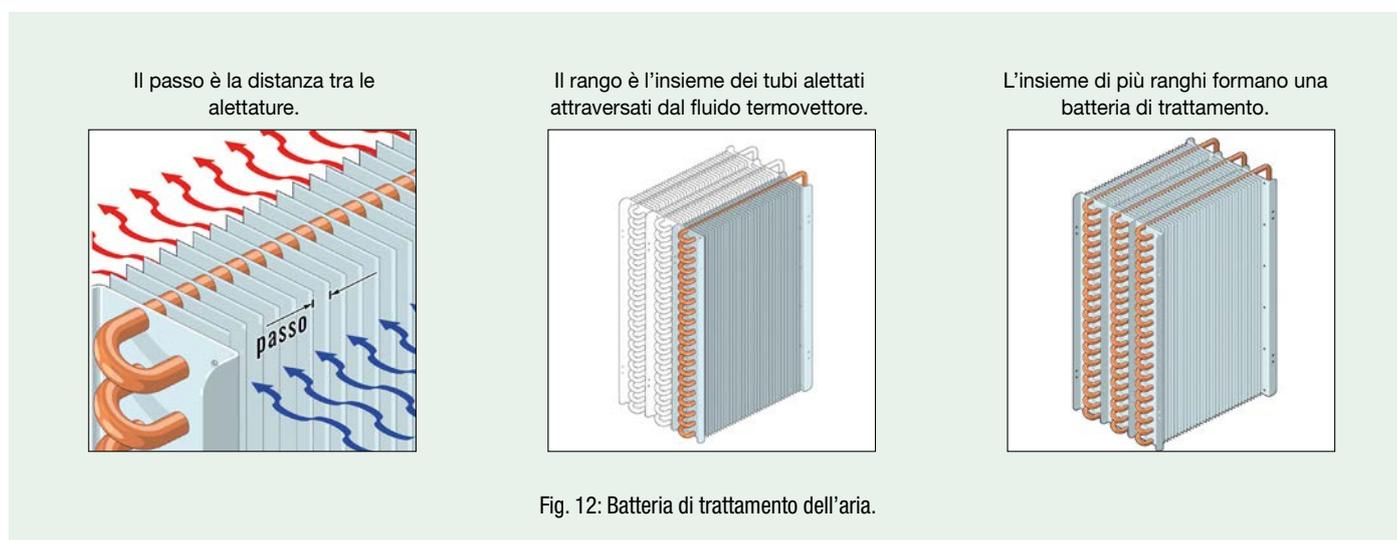




LE BATTERIE DI TRATTAMENTO DELL'ARIA

Nella presente trattazione ci soffermeremo sulle UTA di tipo idronico, ovvero quelle in cui il fluido termovettore che alimenta le batterie di trattamento è acqua calda o refrigerata. Queste ultime, sono progettate per cedere o sottrarre calore all'aria, scambiando quindi la potenza termica di progetto. Sono tipicamente costituite da tubi con alettature più o meno fitte ("passo" della alettatura), disposti in sequenze dette "ranghi". Il passo di alettatura ed il numero di ranghi sono i parametri principali che influenzano sia le caratteristiche di scambio termico della batteria, sia le perdite di carico generate dal passaggio dell'aria. Il loro dimensionamento viene quindi eseguito al fine di consentire il corretto trasferimento di calore tramite una superficie di scambio sufficiente, ed allo stesso tempo limitando le perdite di carico dei flussi d'aria che le attraversano.

Durante il normale funzionamento delle UTA, la potenza termica scambiata dalle batterie di trattamento deve adattarsi all'effettivo carico richiesto. Nelle pagine successive vedremo come questo sia possibile grazie ad una opportuna regolazione delle portate di alimentazione.



La regolazione della batteria di trattamento dell'aria

La batteria di trattamento dell'aria delle UTA più semplici (con un solo ventilatore) ha in genere un duplice scopo: riscaldamento e raffreddamento dell'aria. Sono regolate attraverso la modulazione della portata d'acqua con una valvola a 3 vie in impianti a portata costante, oppure a 2 vie in impianti a portata variabile. Si preferisce la regolazione modulante poiché lo scambio termico all'interno delle batterie ha una inerzia termica molto bassa. Una regolazione di tipo ON/OFF causerebbe continue accensioni e spegnimenti della batteria portando a oscillazioni eccessive della temperatura dell'aria in mandata.

La valvola di regolazione è controllata da un regolatore che generalmente riceve come input il valore della temperatura dell'aria ambiente di ripresa.

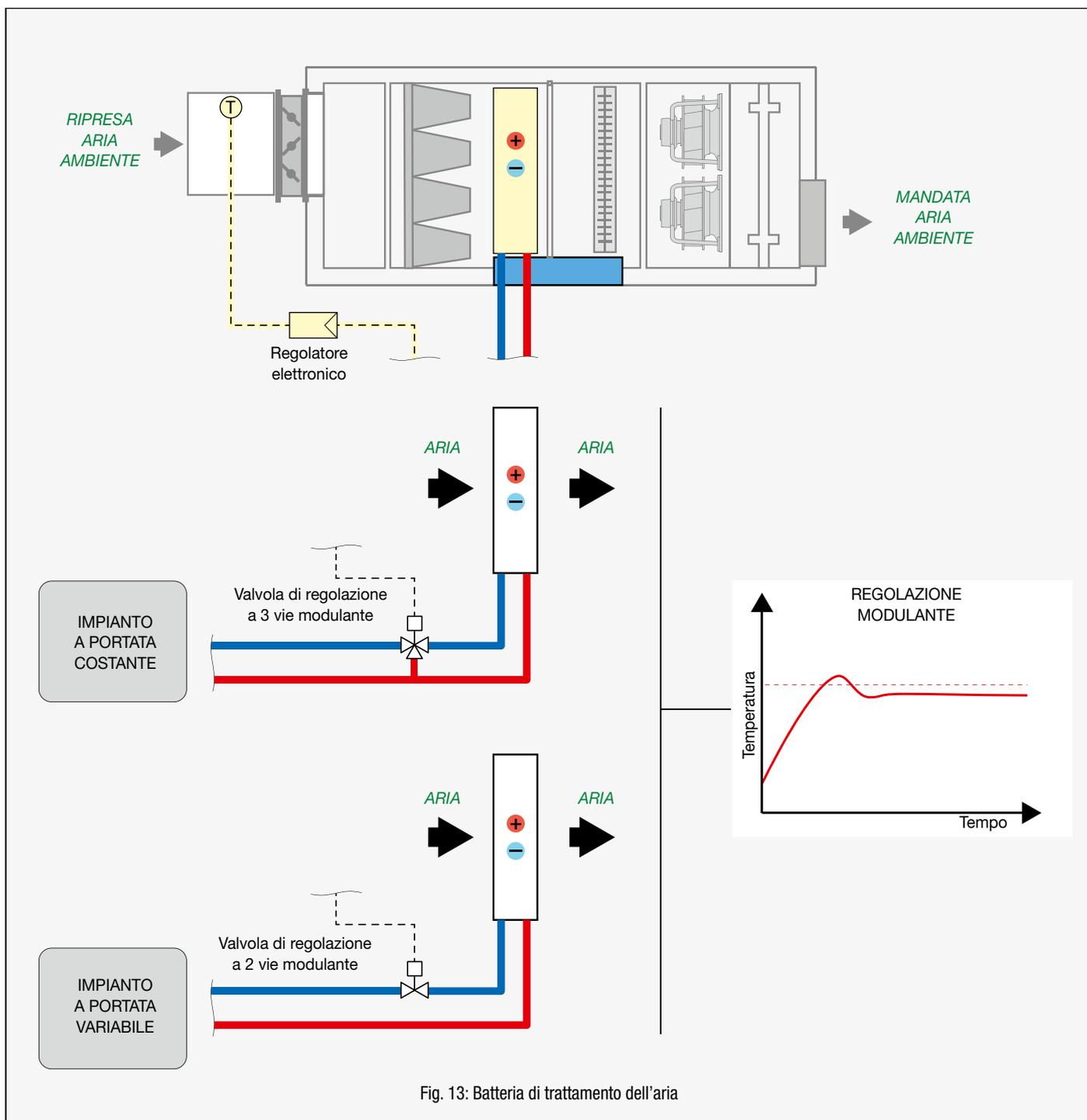


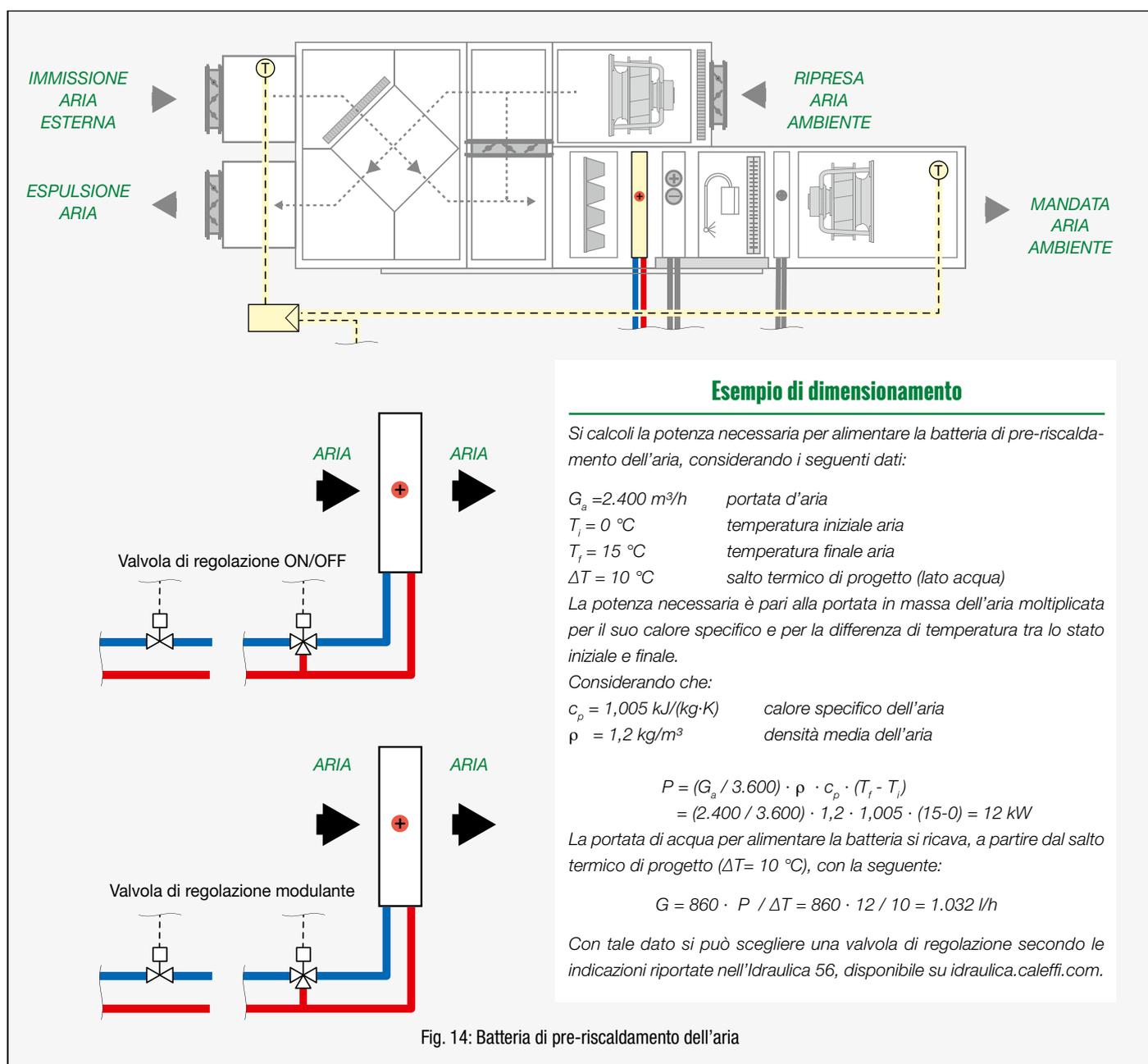
Fig. 13: Batteria di trattamento dell'aria

La regolazione della batteria di pre-riscaldamento dell'aria

Questa batteria, presente nelle UTA più complete, è il primo componente che viene a contatto con l'aria durante la climatizzazione invernale. Ha il compito di scaldare l'aria in modo da aumentarne la temperatura mantenendo invariata l'umidità assoluta. In uscita si ottiene aria calda ma secca e quindi non idonea per essere immessa in ambiente. La successiva sezione umidificante arricchisce l'aria di acqua nebulizzata riportando l'umidità ai livelli di comfort.

Si ricorre all'uso della batteria di preriscaldamento come funzione antigelo, quando l'aria immessa dall'esterno è molto fredda, oppure in sistemi caratterizzati da canalizzazioni ramificate in cui il post-riscaldamento è affidato a batterie periferiche.

Se la batteria è utilizzata in funzione antigelo è possibile una regolazione ON/OFF attuabile con valvola a 3 vie per mantenere la portata costante nell'impianto. Se invece la batteria è utilizzata come pre-riscaldamento è opportuno utilizzare una regolazione modulante con valvola a 2 vie. In entrambi i casi la gestione viene affidata ad un regolatore dotato di sonde di temperatura dell'aria ambiente (in uscita dalla UTA) e dell'aria esterna (aria di rinnovo).



La regolazione della batteria di raffreddamento dell'aria

Questa batteria può funzionare sia in riscaldamento sia in raffreddamento ma, di solito, viene utilizzata durante la climatizzazione estiva. È dotata inoltre di una vasca per l'eventuale raccolta dell'acqua di condensa. In uscita da questa batteria l'aria non può ancora essere immediatamente immessa in ambiente poiché presenta un'umidità relativa elevata (circa il 90%): la formazione di condensa diminuisce l'umidità assoluta e, allo stesso tempo, a causa del raffreddamento dell'aria aumenta l'umidità relativa (vedi approfondimento a pag. 18). Per questo motivo è sempre presente un deumidificatore (o separatore di gocce) in grado di riportare i valori igrometrici ai livelli di comfort.

La regolazione è effettuata modulando la portata sulla batteria fredda con una valvola a 2 o a 3 vie comandata da un regolatore. Quest'ultimo rileva l'umidità e la temperatura ambiente nel canale di mandata oppure, talvolta, sul canale di ripresa. In alcuni casi la batteria di raffreddamento può svolgere anche la funzione di riscaldamento quando non è presente la batteria di post-riscaldamento.

Esempio di dimensionamento

Si calcoli la potenza necessaria per alimentare la batteria di raffreddamento dell'aria. In questo caso occorre tenere conto anche del calore necessario a far condensare il vapore acqueo contenuto nell'aria ricorrendo a tabelle o grafici (diagramma psicrometrico) che riportano in base alle condizioni di umidità e temperatura il contenuto energetico della miscela aria/acqua. Questa energia è detta entalpia.

Consideriamo i seguenti dati:

$G_a = 2.000 \text{ m}^3/\text{h}$	portata d'aria
$t_i = 26 \text{ }^\circ\text{C}$	temperatura iniziale aria
$UR_i = 60 \%$	umidità relativa iniziale aria
$t_f = 15 \text{ }^\circ\text{C}$	temperatura finale aria
$UR_f = 50 \%$	umidità relativa finale aria
$\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$	densità media dell'aria

Si ricava l'entalpia delle condizioni iniziali e finali:

$h_i = 58 \text{ kJ/kg}$	entalpia iniziale dell'aria
$h_f = 28 \text{ kJ/kg}$	entalpia finale dell'aria

La potenza frigorifera da cedere alla batteria sarà pari alla portata in massa dell'aria moltiplicata per la differenza di entalpia tra le condizioni iniziali e finali.

$$P = (G_a / 3.600) \cdot \rho \cdot (h_i - h_f) = 2.000 / 3.600 \cdot 1,2 \cdot (58 - 28) = 20 \text{ kW}$$

La portata di acqua per alimentare la batteria si ricava, a partire dal salto termico di progetto ($\Delta T = 5 \text{ }^\circ\text{C}$), con la seguente:

$$G = 860 \cdot P / \Delta T = 860 \cdot 20 / 5 = 3.440 \text{ l/h}$$

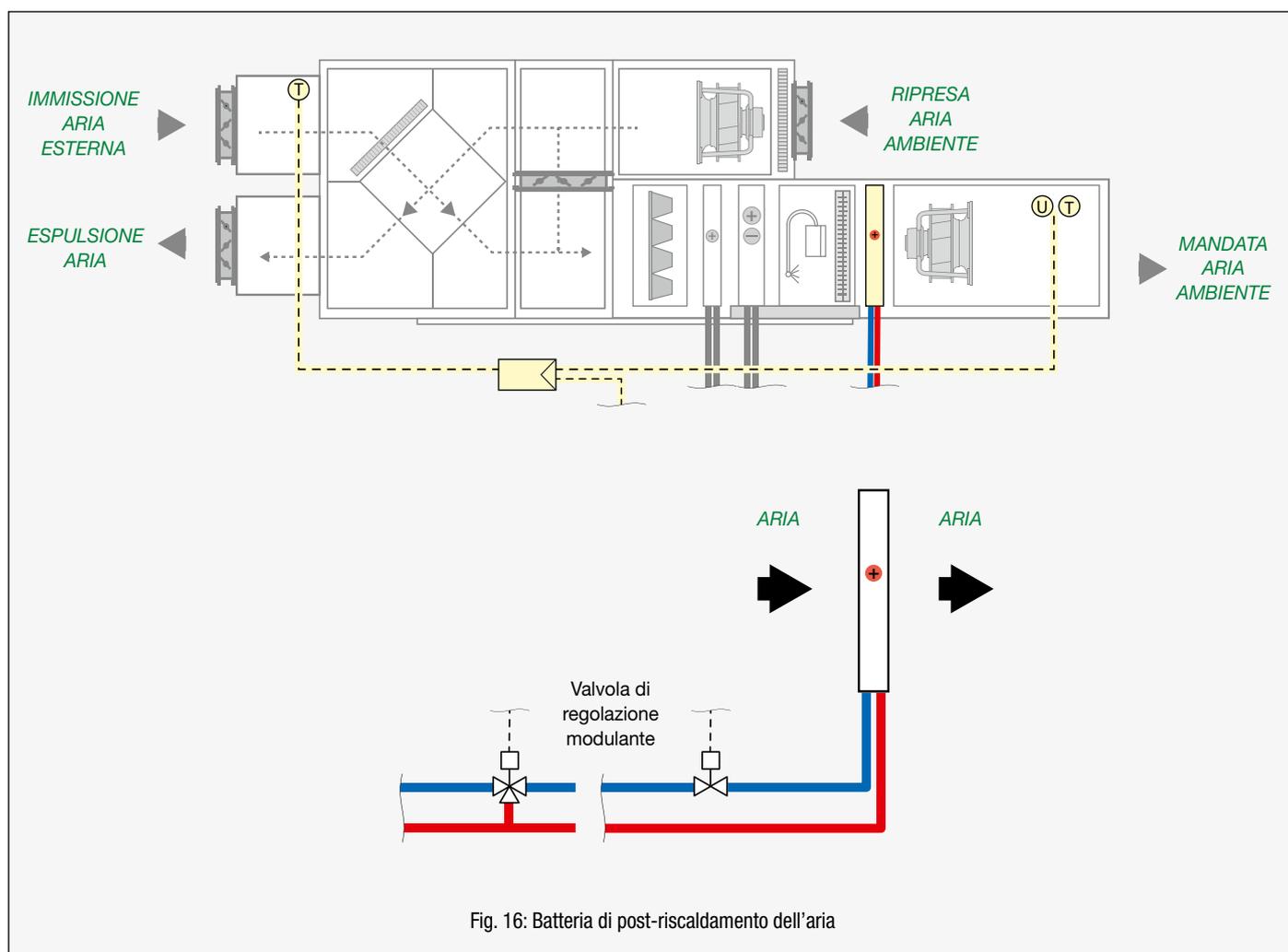
Si può scegliere una valvola di regolazione secondo le indicazioni riportate nell'Idraulica 56, disponibile su idraulica.caleffi.com.

Fig. 15: Batteria di raffreddamento dell'aria

La regolazione della batteria di post-riscaldamento dell'aria

La batteria di post-riscaldamento è in genere utilizzata in abbinamento a quella di raffreddamento dell'aria per riportarla alle condizioni di progetto. Per ottenere, infatti, il livello di umidità ottimale si tende ad abbassare la temperatura dell'aria al di sotto della temperatura di set-point in modo che condensi parte del vapore acqueo contenuto. L'aria in ingresso alla batteria di post-riscaldamento ha un'umidità relativa alta. Occorre quindi riscaldare l'aria per aumentare la temperatura, mantenere l'umidità assoluta costante e riportare l'umidità relativa entro limiti confortevoli che si aggirano di solito intorno al 50 % o 60 %.

La regolazione avviene tramite valvola a 2 o 3 vie modulante controllata da un regolatore che riceve il valore della temperatura dell'aria ambiente e, come controllo, quella dell'aria esterna immessa.



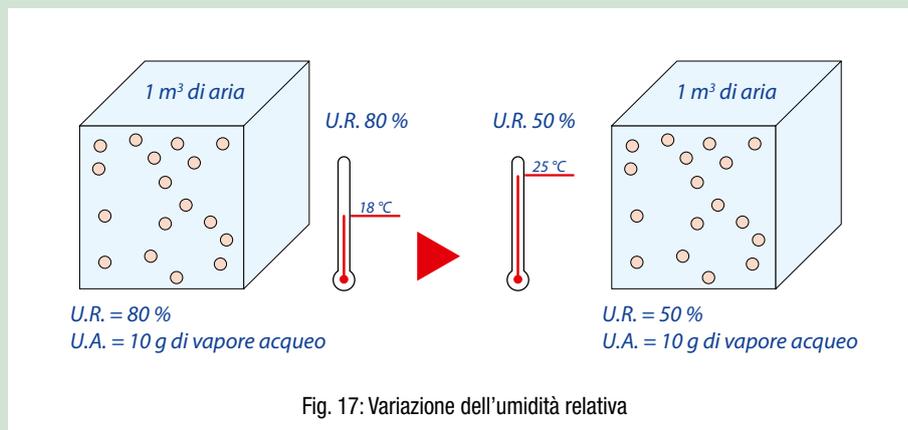
Approfondimento: umidità assoluta e relativa

Nell'aria che respiriamo è sempre contenuto del vapore acqueo. La quantità di vapore che l'aria può contenere dipende dalla pressione e dalla temperatura, e può essere definita in termini assoluti o relativi.

Umidità assoluta

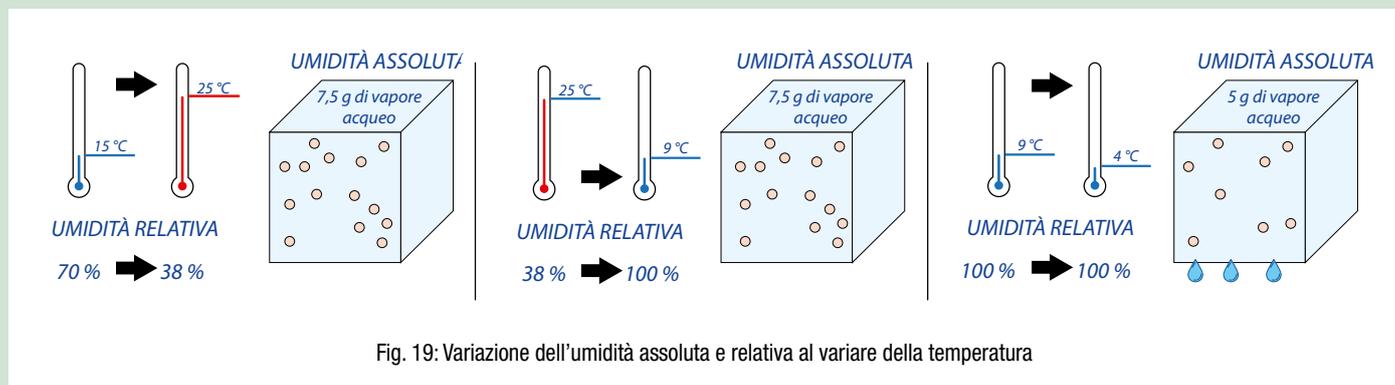
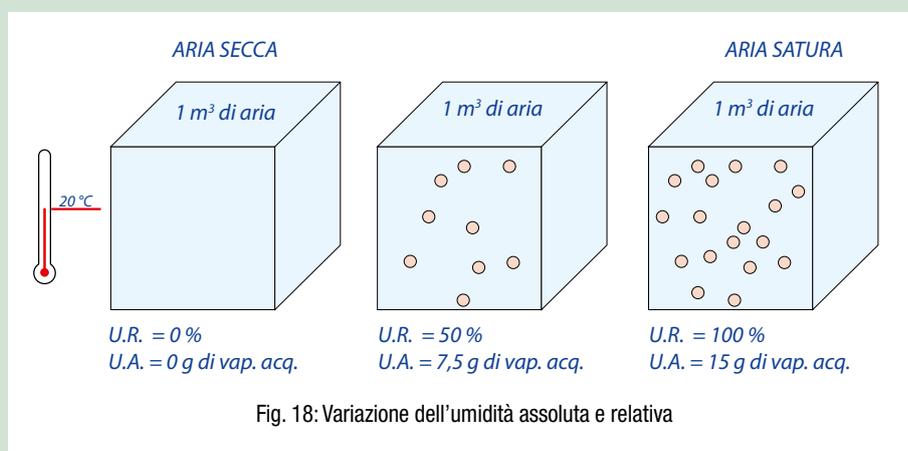
È il rapporto tra la massa del vapore d'acqua contenuto nell'aria e il volume dell'aria che la contiene. Viene definita anche vapore acqueo e in genere si esprime in $[g/m^3]$.

L'U.A. non dipende dalla temperatura se questa è maggiore del punto di rugiada. Al di sotto di questo valore il vapore acqueo condensa.



Umidità relativa

È il rapporto tra la massa del vapore d'acqua contenuto nell'aria e la massima quantità di vapore che può contenere lo stesso volume d'aria. In genere si esprime come percentuale. Un'umidità dello 0 % significa che l'aria è completamente secca, al contrario un'umidità del 100 % significa che l'aria non può contenere altro vapore acqueo e si definisce aria satura.



All'aumentare della temperatura aumenta la quantità di vapore che l'aria può contenere e, non variando la quantità di vapore contenuto (U.A.), diminuisce l'umidità relativa.

Al contrario, una diminuzione della temperatura provoca un innalzamento dell'umidità relativa. L'umidità potrà salire sino a che la temperatura non scenderà sino al valore di saturazione: a quel punto il vapore sarà quello massimo che l'aria può contenere (aria satura).

Un ulteriore abbassamento della temperatura provocherà la separazione di una quantità di vapore dall'aria che, trovandosi al di sotto della temperatura di rugiada, condenserà.

A questo punto l'aria si troverà sempre in condizioni di saturazione ma con un contenuto di vapore minore e, cioè, con un'umidità assoluta minore.

Applicazioni tipiche delle regolazioni negli impianti di riscaldamento

IMPIANTI A RADIATORI CON CALDAIA A CONDENSAZIONE

Regolazione climatica e valvole tradizionali

La regolazione climatica (vedi pag. 9) è stata storicamente introdotta nei vecchi impianti dotati di valvole radiatore tradizionali. In questi sistemi, l'assenza di valvole termostatiche non permetteva una regolazione della temperatura negli ambienti e di conseguenza causava un eccessivo riscaldamento oltre che notevoli sprechi energetici. Per compensare, seppur parzialmente, questa mancanza, la possibilità di regolare la temperatura di mandata in centrale termica risultava una soluzione di semplice fattibilità oltre che economica. È una soluzione che oggi è sempre meno adottata, tuttavia si può spesso riscontrare in impianti a servizio di piccole abitazioni private, dove sono presenti valvole radiatore tradizionali senza testine termostatiche.



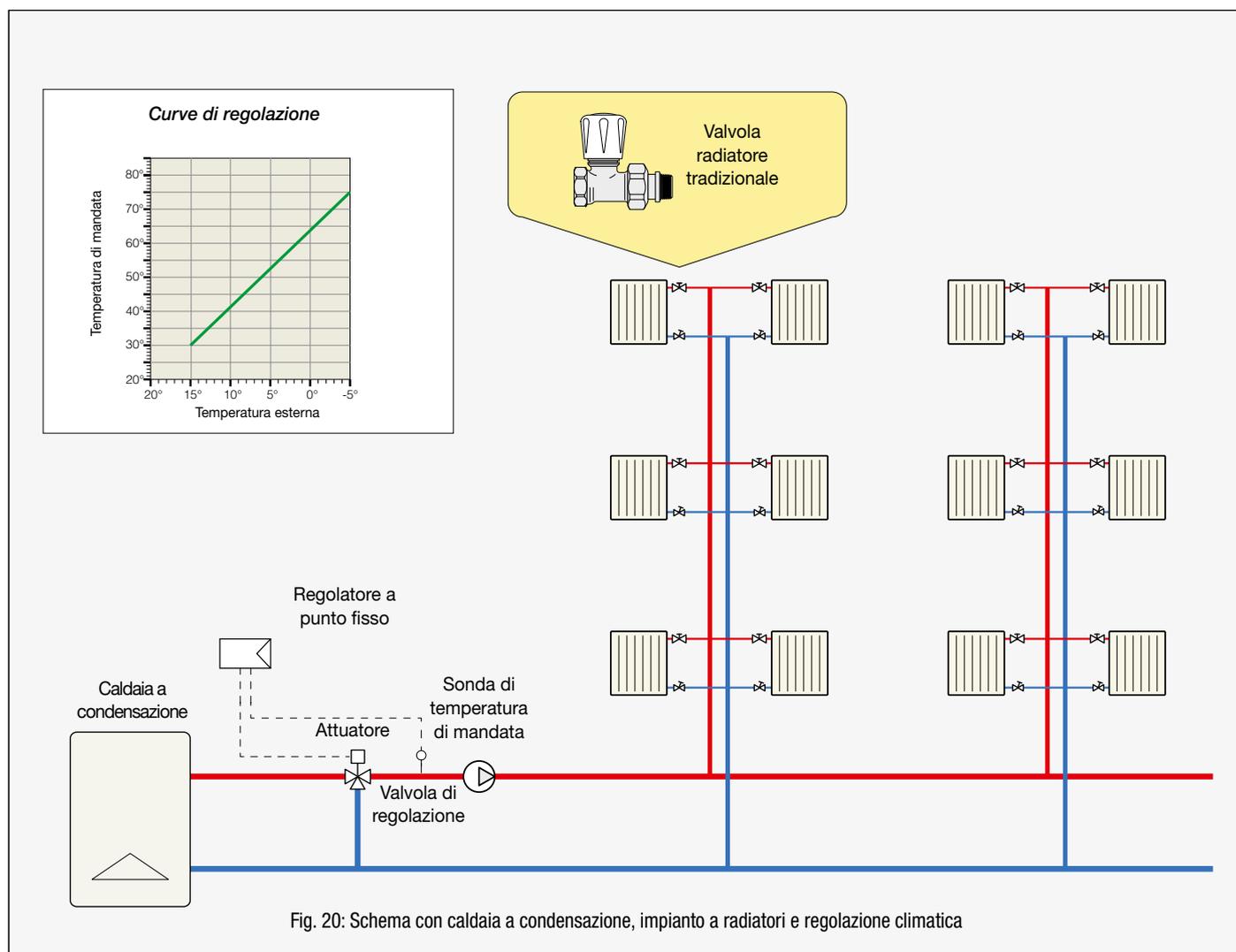
VANTAGGI

- *Economico e di facile realizzazione*



SVANTAGGI

- *Non considera gli apporti gratuiti di calore*
- *Non consente la gestione delle singole zone*
- *È particolarmente soggetto agli sbilanciamenti*



Regolazione a punto fisso e valvole termostatiche

Questa soluzione viene utilizzata per migliorare la gestione degli impianti centralizzati. Prevede una regolazione modulante su ogni singolo radiatore in funzione della temperatura rilevata in ambiente tramite valvola termostatica.

La regolazione in centrale termica è del tipo a punto fisso. La temperatura di mandata viene regolata da una valvola miscelatrice di tipo termostatico oppure controllata da un regolatore elettronico.



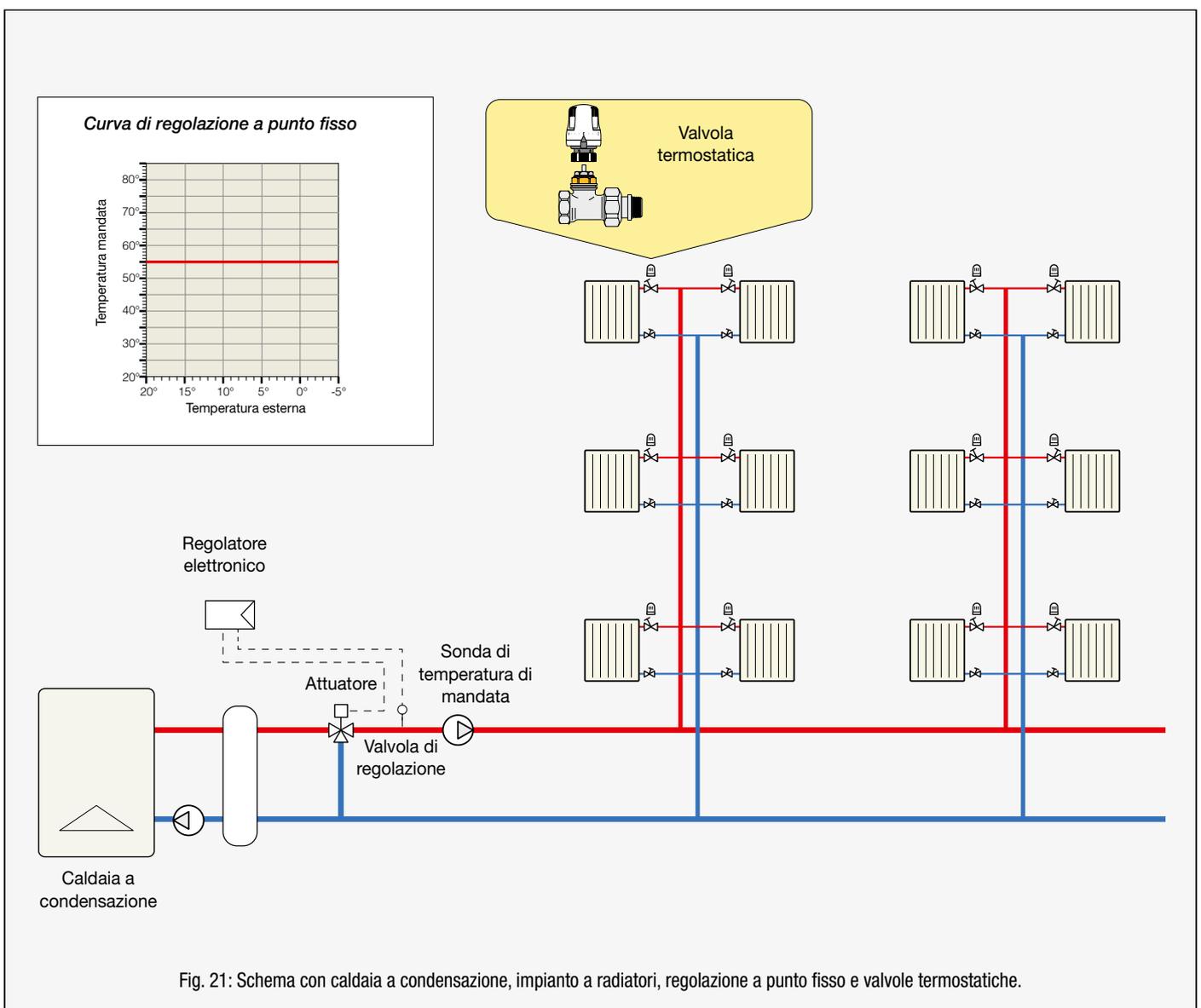
VANTAGGI

- Consente la regolazione della temperatura ambiente anche in caso di apporti gratuiti
- Permette di regolare a valori differenti ciascun ambiente



SVANTAGGI

- Non consente la gestione degli ambienti in base all'effettivo utilizzo (programmazione oraria)
- Potrebbe creare problemi di instabilità di regolazione, soprattutto su impianti poco bilanciati (le valvole termostatiche potrebbero oscillare durante il loro funzionamento)



Regolazione climatica e valvole termostatiche

Questa soluzione unisce i vantaggi dati dall'utilizzo delle valvole termostatiche (termoregolazione in ogni ambiente) a quelli di una regolazione di tipo climatico in centrale termica (temperatura di mandata in funzione delle effettive dispersioni). Trova applicazione anche in impianti molto estesi, poiché consente alle valvole termostatiche di funzionare in condizioni ottimali in ogni stagione (si rimanda all'esempio riportato a pag. 28 e seguenti).



VANTAGGI

- Consente di adattarsi alle variazioni climatiche.
- Consente la regolazione della temperatura ambiente anche in caso di apporti gratuiti di calore
- Permette di impostare temperature differenti per ciascun ambiente
- Consente di sfruttare al meglio le valvole termostatiche



SVANTAGGI

- Non consente la gestione degli ambienti in base all'effettivo utilizzo (programmazione oraria)

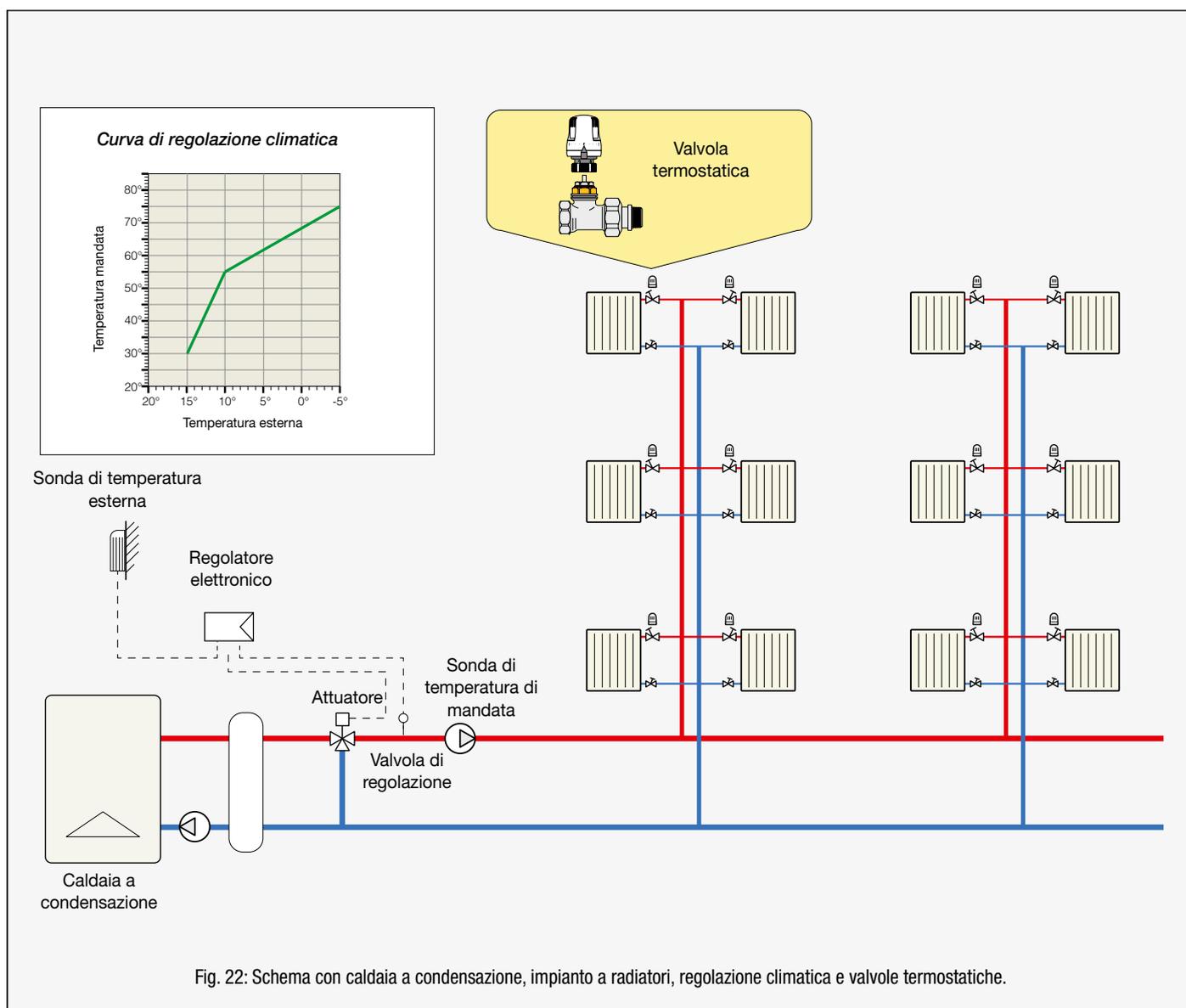


Fig. 22: Schema con caldaia a condensazione, impianto a radiatori, regolazione climatica e valvole termostatiche.

Regolazione a punto fisso e valvole a 3 vie ON/OFF

Negli impianti dotati di batterie di riscaldamento dell'aria (ventilconvettori, UTA ecc...) è necessario mantenere la temperatura di mandata al di sopra di una soglia minima (circa 50 °C 55 °C) per evitare flussi d'aria non confortevoli immessi negli ambienti. Pertanto, in questi impianti si utilizza prevalentemente una regolazione della temperatura di mandata a punto fisso. La regolazione della temperatura ambiente è effettuata controllando la portata che alimenta i terminali di emissione. La regolazione più semplice è di tipo ON/OFF e viene spesso associata a valvole a 3 vie, onde evitare interruzioni della circolazione.



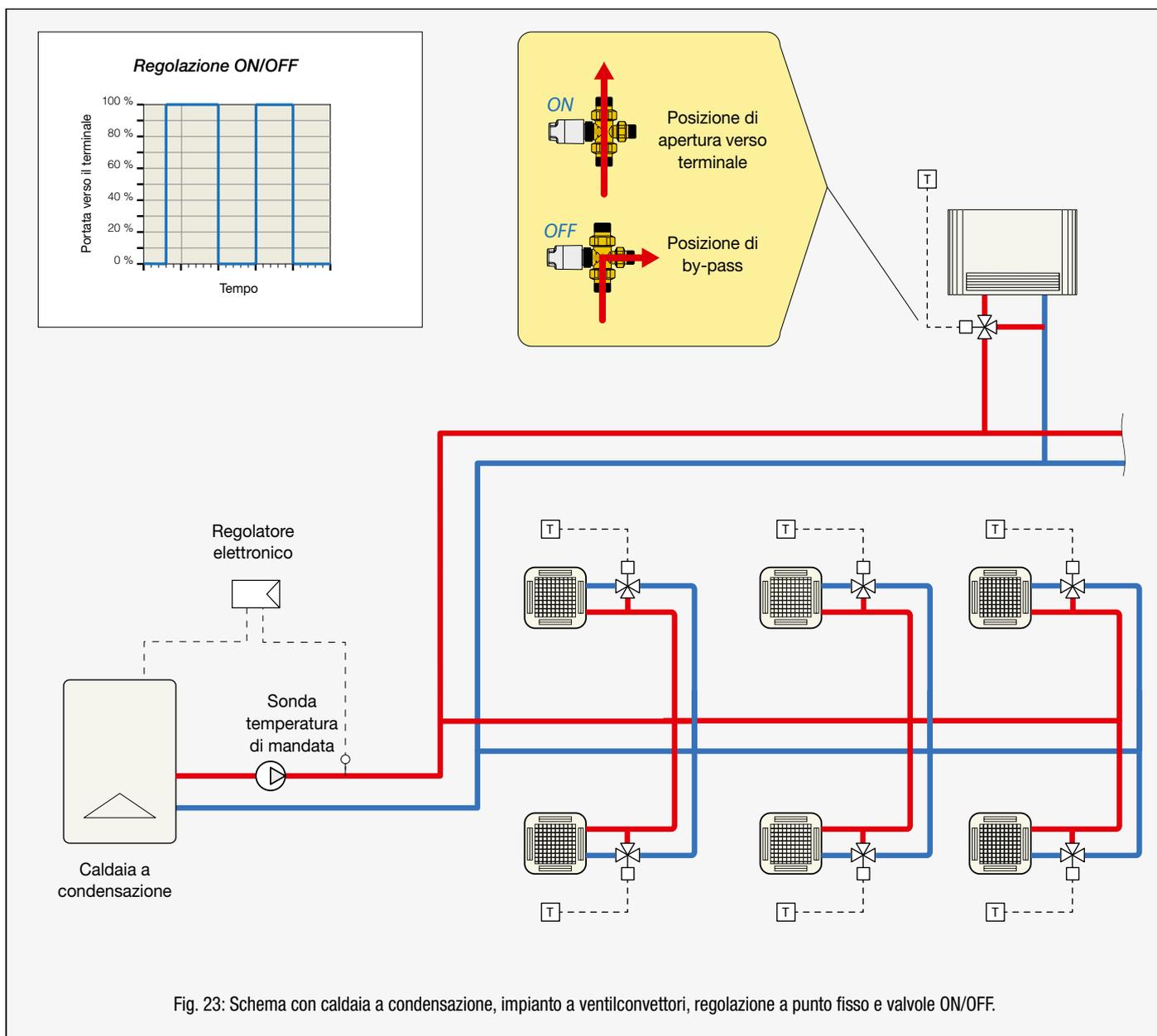
VANTAGGI

- È una soluzione semplice ed economica
- Consente una programmazione oraria dei periodi di riscaldamento e attenuazione



SVANTAGGI

- Oscillazione della temperatura ambiente



Regolazione a punto fisso e valvole a 2 vie modulanti

La regolazione della temperatura di mandata a punto fisso può essere abbinata ad un controllo della temperatura ambiente effettuato tramite la modulazione della portata di alimentazione delle batterie di trattamento dell'aria. Nei sistemi più moderni, quest'ultima viene tipicamente realizzata tramite l'utilizzo di valvole a 2 vie dotate di servocomandi di tipo proporzionale. In questo caso, quindi, il bilanciamento della rete ed i circolatori devono essere adatti ad un funzionamento a portata variabile.



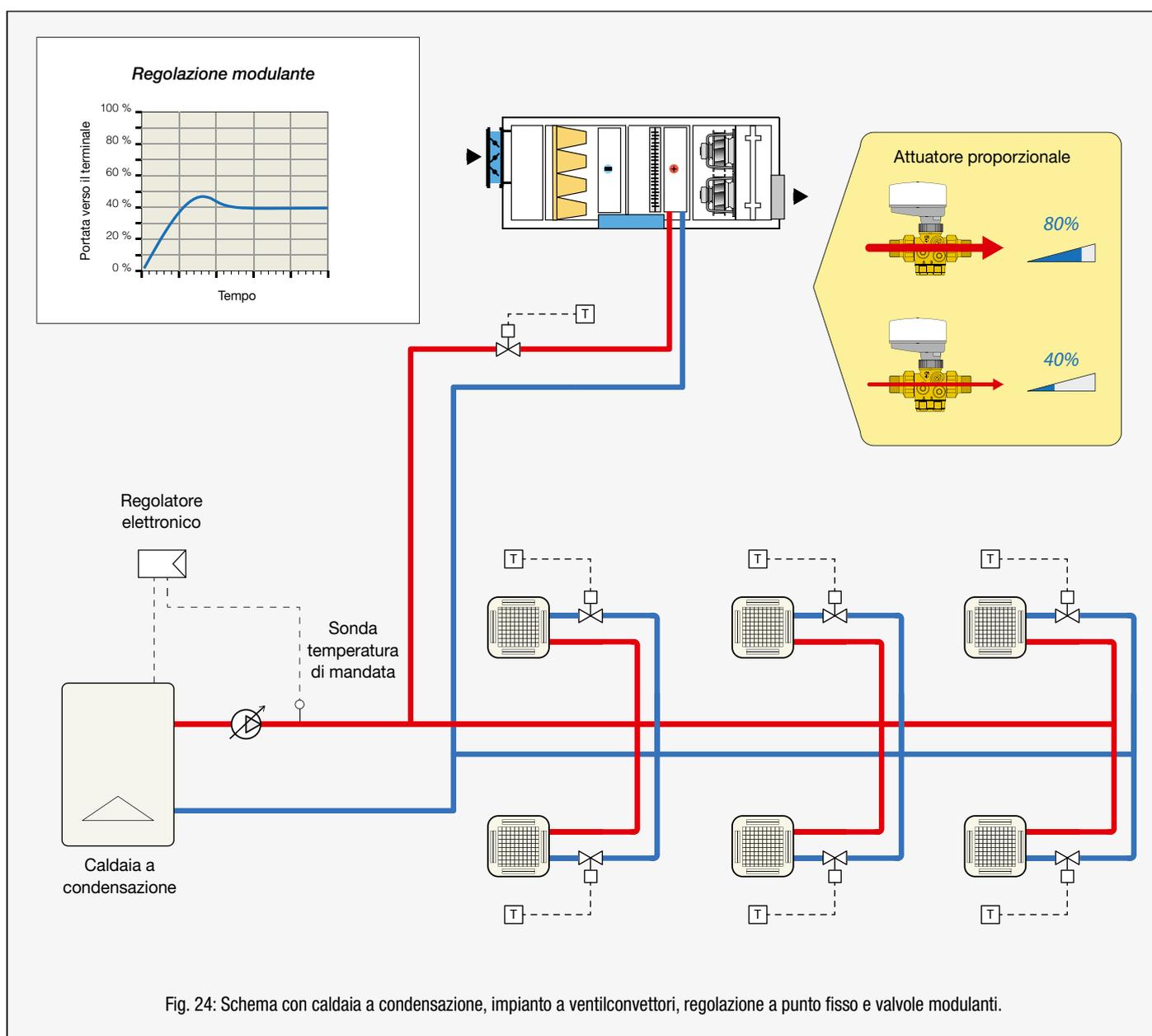
VANTAGGI

- Riduzione dei costi di pompaggio
- Regolazione stabile della temperatura ambiente



SVANTAGGI

- Possono non funzionare correttamente in assenza di un adeguato bilanciamento



IMPIANTI A PANNELLI RADIANTI CON POMPA DI CALORE

Regolazione a punto fisso e valvole ON/OFF

Gli impianti a pannelli radianti sono caratterizzati da una alta inerzia termica e, per tale ragione, una adeguata regolazione della temperatura ambiente è generalmente ottenuta con attuatori di tipo ON/OFF (comandi elettrotermici o valvole di zona). Nelle configurazioni più semplici di questa tipologia di impianti la regolazione della temperatura di mandata è di tipo a punto fisso. È il caso di piccoli impianti a servizio di abitazioni private.



VANTAGGI

- È una regolazione semplice ed economica



SVANTAGGI

- La resa delle pompe di calore non è ottimale (vedi esempio a pag. 31 e seguenti)

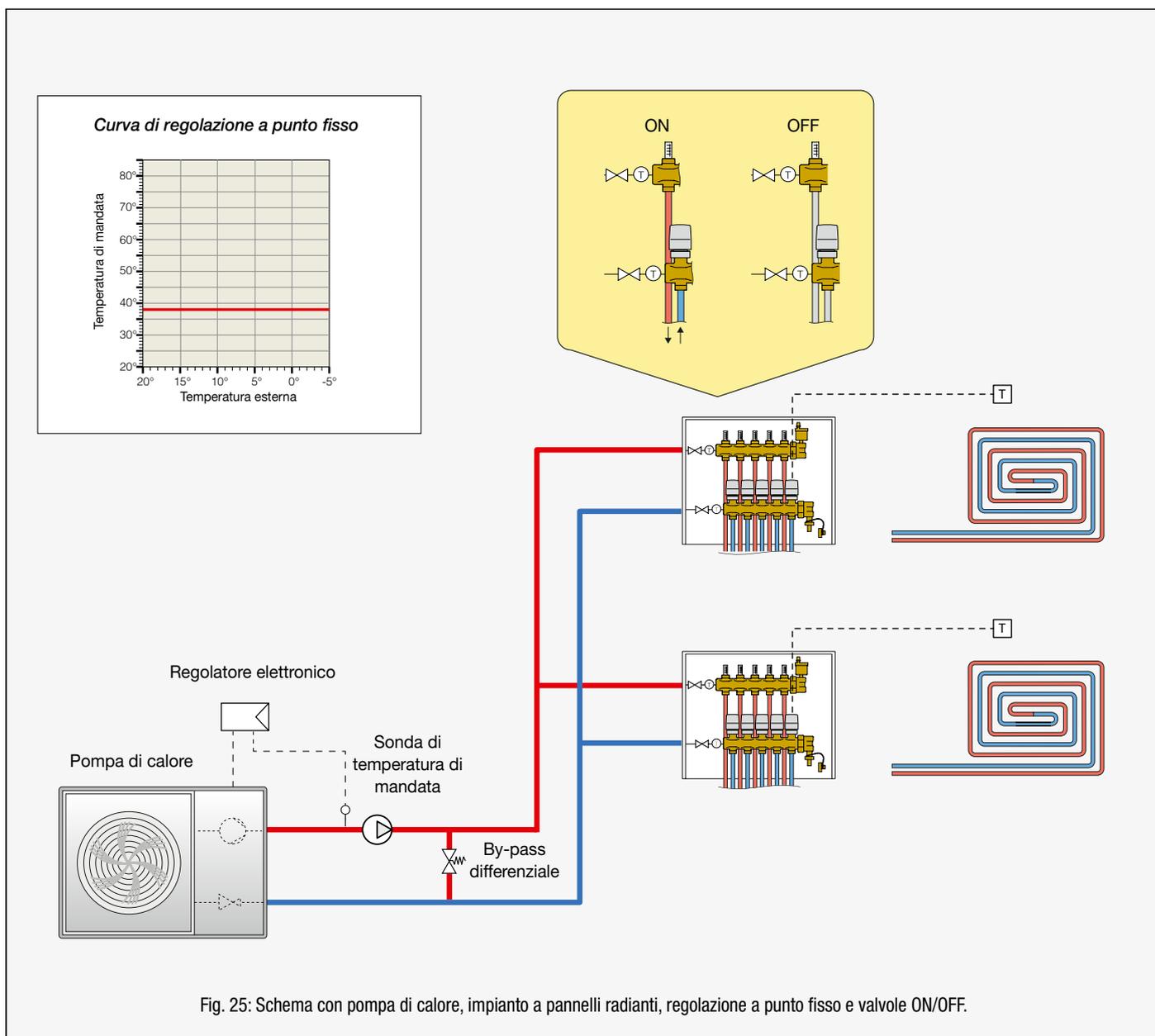


Fig. 25: Schema con pompa di calore, impianto a pannelli radianti, regolazione a punto fisso e valvole ON/OFF.

Regolazione climatica e valvole ON/OFF

La regolazione ON/OFF dei singoli circuiti negli impianti più completi è abbinata ad una regolazione climatica della temperatura esterna. Generalmente il regolatore climatico è integrato nella pompa di calore: in questo modo è possibile sia gestire l'impostazione della curva climatica sia ottimizzare la resa del generatore.



VANTAGGI

- Le pompe di calore lavorano in condizioni di massima resa



SVANTAGGI

- Richiede una programmazione adeguata del regolatore

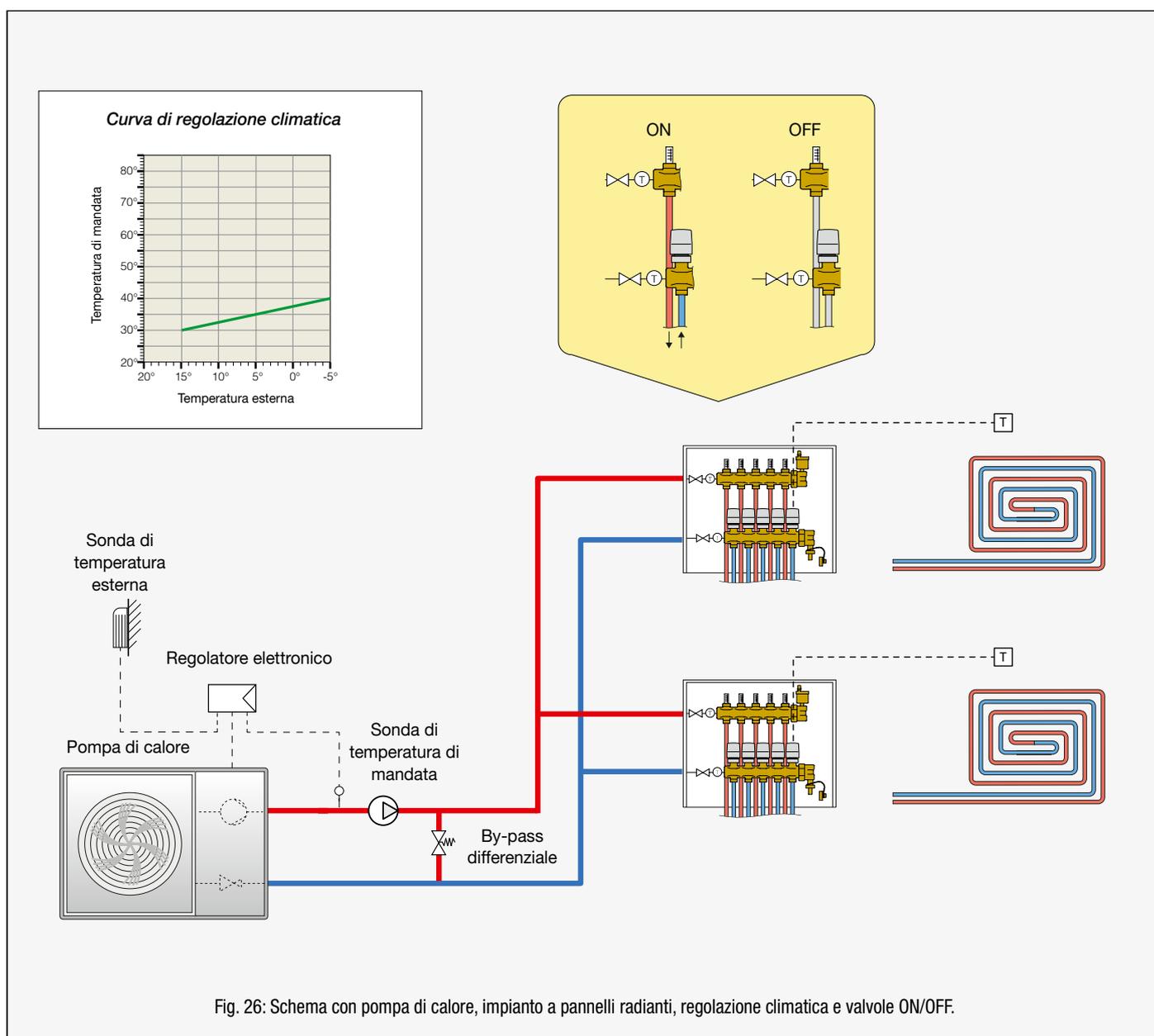


Fig. 26: Schema con pompa di calore, impianto a pannelli radianti, regolazione climatica e valvole ON/OFF.

Regolazione e risparmio energetico

La regolazione degli impianti di riscaldamento, come abbiamo visto, ha il compito di mantenere costante la temperatura e l'umidità dell'aria negli ambienti in modo da garantire le condizioni di comfort. Una regolazione non ottimale, oltre ad essere poco efficace, può spesso comportare dispendi energetici più elevati rispetto a quelli necessari. Le cause vanno ricercate tra le seguenti motivazioni:

- mantenimento di temperature negli ambienti maggiori rispetto a quelle richieste o necessarie
- riscaldamento di ambienti o zone abitative al di fuori delle fasce orarie di occupazione
- utilizzo dei generatori in condizioni di scarso rendimento.

Negli esempi che seguono ci soffermeremo in particolare sull'ultimo punto, approfondendo il legame tra la regolazione e la resa dei generatori di calore.

Esempio A: Valutazione del risparmio energetico ottenibile tramite una corretta impostazione della curva climatica. L'esempio sarà svolto per due tipologie di impianto.

Esempio B: Valutazione del risparmio energetico ottenibile tramite diverse tipologie di regolazione della portata sui terminali di emissione. Questo esempio sarà svolto considerando un impianto a ventilconvettori con caldaia a condensazione.

FABBISOGNO TERMICO

Il fabbisogno termico di un edificio è dato dalla differenza tra le perdite di calore e gli apporti termici gratuiti (quelli solari e quelli da fonti interne) nella stagione di riscaldamento.

Non conoscendo con precisione gli apporti termici gratuiti si può stimare che la potenza richiesta dall'impianto per riscaldare l'edificio dipende dalla temperatura esterna, il cui andamento per l'impianto in esempio è riportato in fig. 27. Maggiore è la differenza di temperatura tra gli ambienti interni ed esterni, maggiore sarà la potenza richiesta per far fronte alle dispersioni attraverso le superfici dell'involucro e per riscaldare l'aria di rinnovo.

Con buona approssimazione possiamo stimare che anche l'andamento della potenza media richiesta dall'impianto sia direttamente proporzionale a questa differenza di temperatura e quindi all'andamento delle temperature esterne nell'arco della stagione di riscaldamento (fig. 28).

CURVE CLIMATICHE

La scelta della curva climatica, come vedremo, influenza differentemente l'efficienza globale dell'impianto a seconda della tipologia di generatore adottato. Per questo motivo prendiamo in considerazione differenti tipologie di curve climatiche (fig. 29), cercando tra le seguenti quella che permette di raggiungere il maggiore risparmio energetico in ciascun caso analizzato.

- Curva 1: curva climatica semplice
Curva 2-3-4: curva climatica a tratti
Curva 5: curva a punto fisso

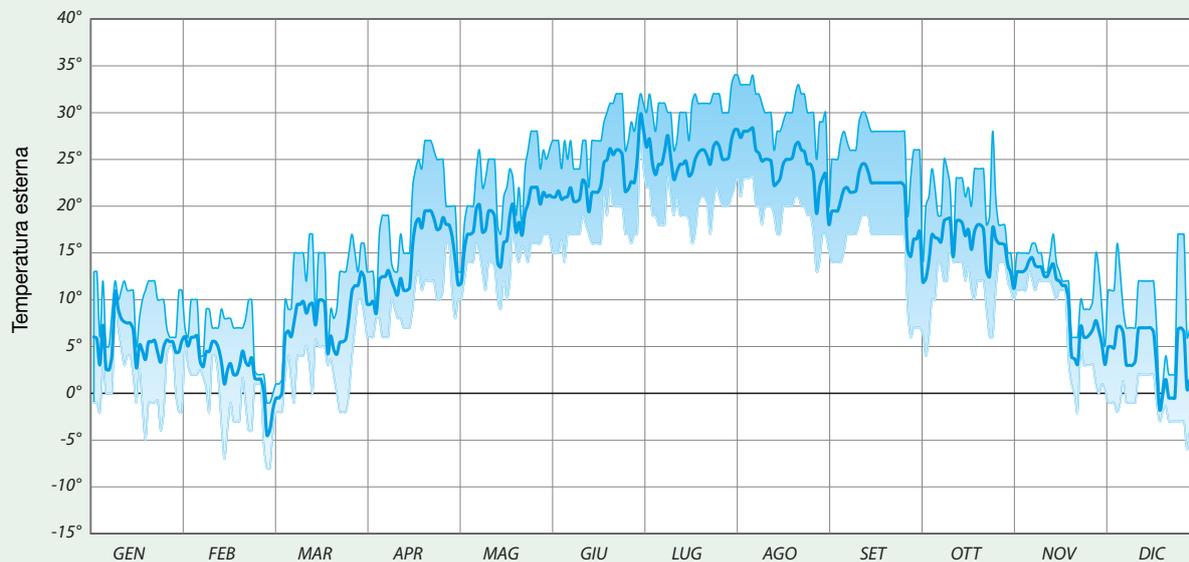


Fig. 27: Andamento della temperatura esterna annuale (località nord Italia)

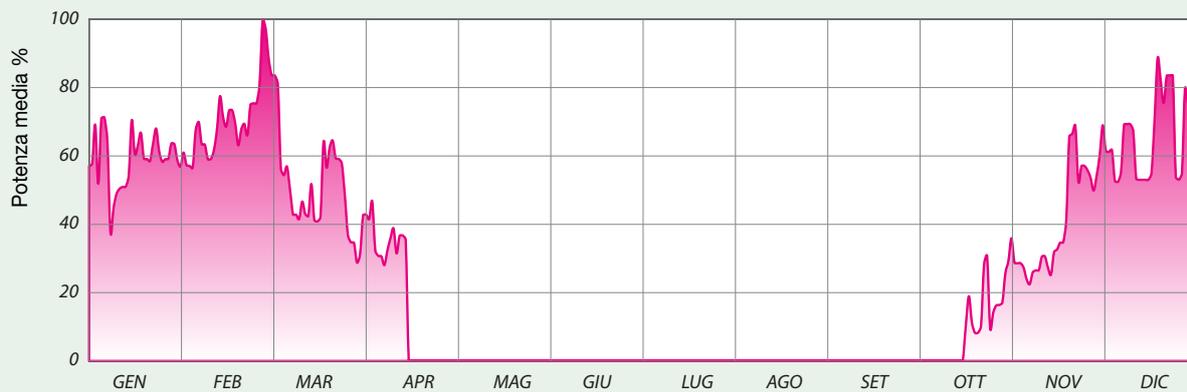


Fig. 28: Andamento della potenza media annuale (località nord Italia)

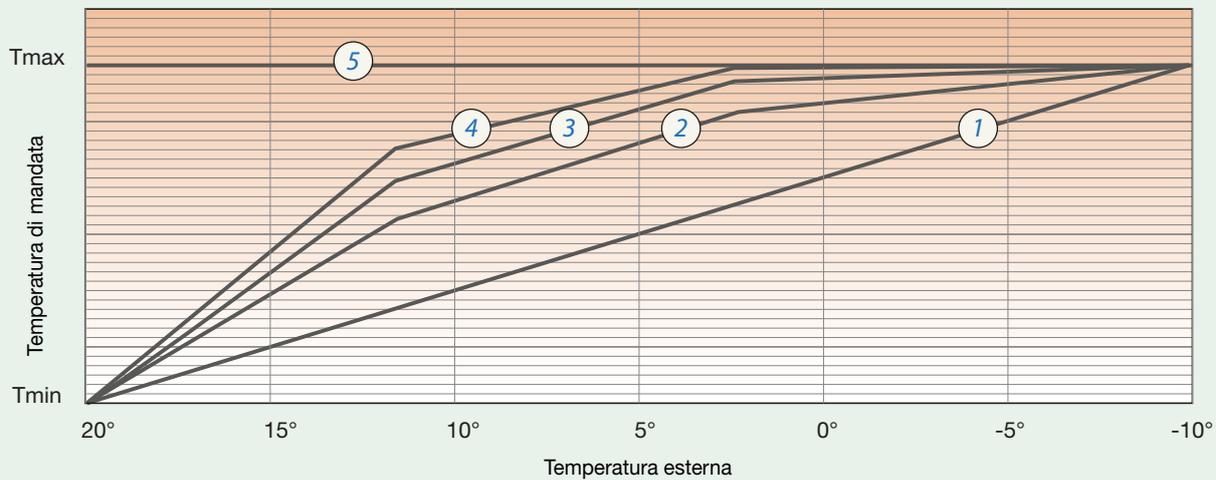


Fig. 29: Curve climatiche utilizzate negli esempi

ESEMPIO A

REGOLAZIONE DELLA TEMPERATURA DI MANDATA

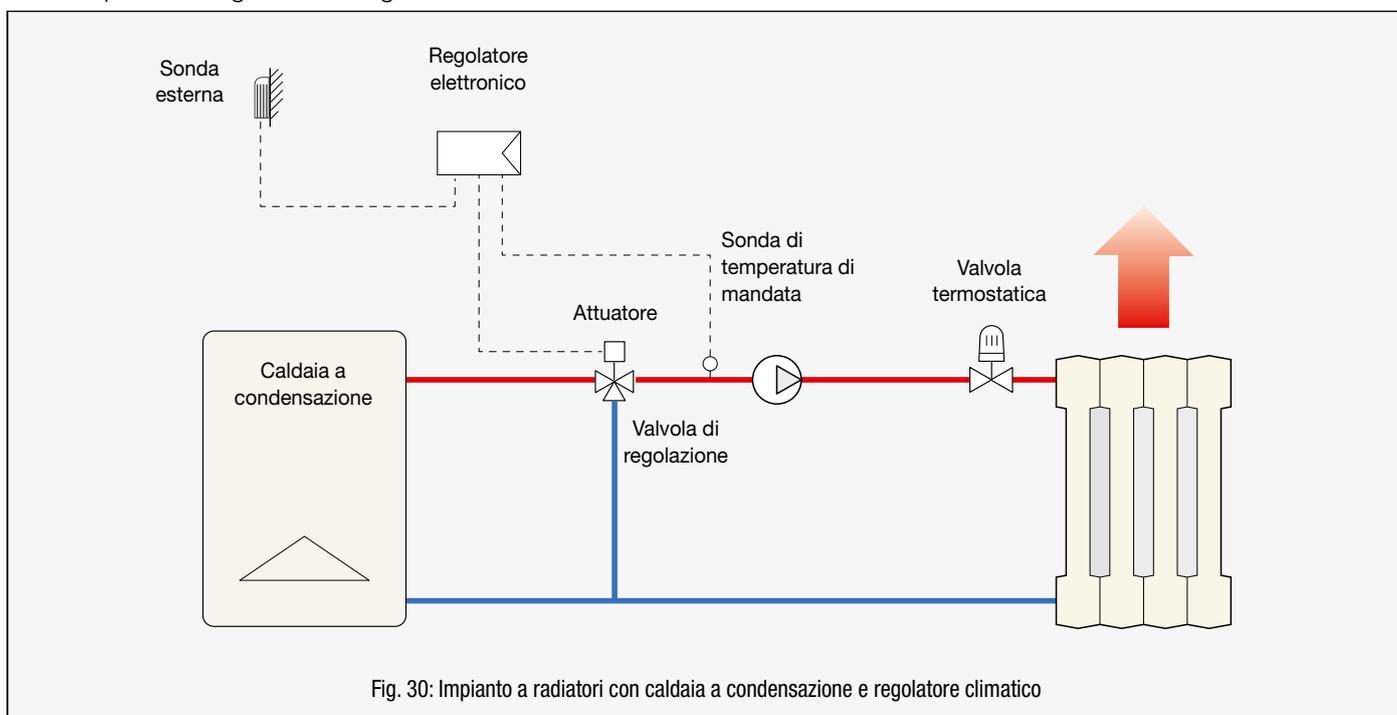
Nelle seguenti pagine analizziamo due tipologie di impianto con andamento delle temperature esterne e della potenza come visto in precedenza (figg. 27-28):

- Caso 1. Impianto a radiatori con caldaia a condensazione.
- Caso 2. Impianto a pannelli radianti con pompa di calore.

Facendo riferimento alle curve climatiche di fig. 29, valutiamo quale curva ottimizzi il rendimento dell'impianto.

CASO 1: IMPIANTO A RADIATORI CON CALDAIA A CONDENSAZIONE

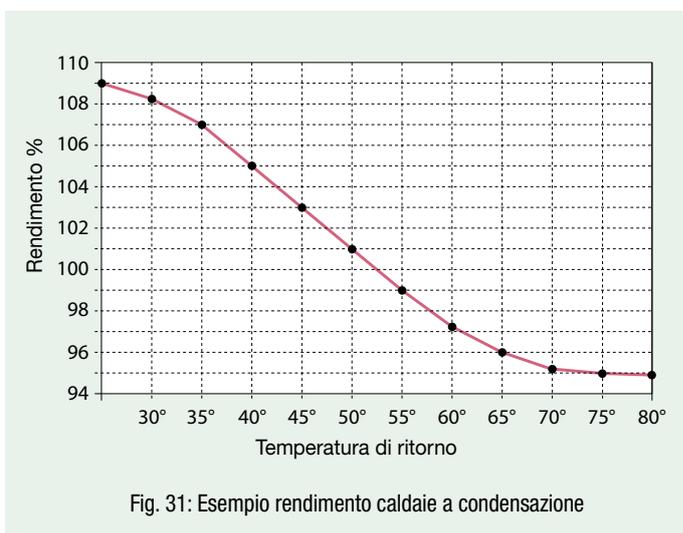
Prendiamo in considerazione un impianto con caldaia a condensazione, valvola di miscelazione regolata tramite centralina climatica e radiatori completi di valvole termostatiche. È una tipologia impiantistica tipica delle ristrutturazioni, sia per impianti autonomi domestici (dove può mancare la valvola di miscelazione e la centralina climatica gestisce direttamente la caldaia) che per grandi impianti centralizzati (fig. 30). Per capire l'influenza della regolazione in impianti di questo tipo analizziamo come cambia il rendimento della caldaia e l'energia spesa dalla pompa di circolazione al variare della temperatura di mandata, cioè del parametro gestito dal regolatore elettronico.



Rendimento della caldaia a condensazione

Il rendimento delle moderne caldaie a condensazione dipende in particolare dal valore della temperatura di ritorno. Infatti più questa è bassa e maggiore sarà la quantità dei fumi che condensano, incrementando, in tal modo, la resa termica delle caldaie stesse.

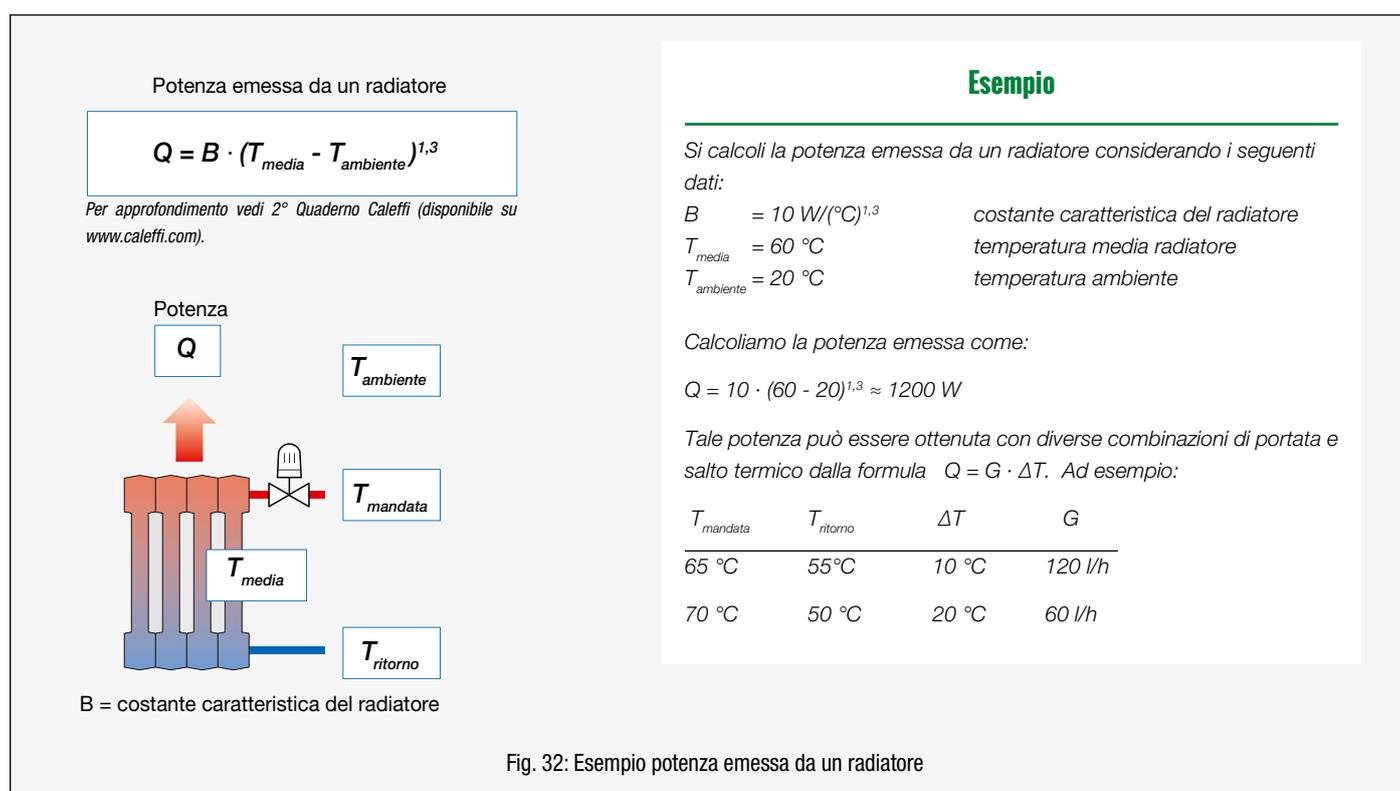
Nel caso degli impianti a radiatori la regolazione assume quindi notevole importanza, poiché è in grado di influenzare i rendimenti descritti, grazie all'azione combinata delle valvole termostatiche e all'utilizzo di una opportuna curva climatica.



Potenza termica emessa da un radiatore

La potenza termica emessa da un radiatore è legata alla differenza tra la temperatura media del fluido e la temperatura ambiente, come si intuisce dalla relativa legge di emissione riportata in fig. 32. Possiamo quindi comprendere che la stessa potenza emessa da un radiatore può essere ottenuta con diverse combinazioni di portata e salto termico (vedi esempio in fig. 32).

La presenza delle valvole termostatiche gioca un ruolo spesso trascurato, poiché, essendo in grado di regolare la portata in modo da avere una potenza emessa sostanzialmente pari a quella richiesta, sono in grado di migliorare l'efficienza dell'impianto. Possiamo sfruttare questo comportamento a nostro favore intuendo che un'alta temperatura di mandata, regolata tramite la curva climatica, comporterà ampi salti termici e, allo stesso tempo, basse portate garantendo le condizioni di comfort richieste.



Osservazioni

È stato simulato il funzionamento dell'impianto considerando il fabbisogno termico richiesto (pag. 26), valutando gli effetti della regolazione nell'arco di una intera stagione ed analizzando le differenze ottenute con le diverse curve climatiche (fig.29).

Possiamo affermare in base a ciò che è illustrato nei grafici di fig. 33:

- la maggior resa delle caldaie a condensazione si raggiunge utilizzando curve climatiche caratterizzate da temperature di mandata mediamente alte e conseguenti salti termici elevati. Questo vantaggio è dovuto al fatto che, grazie all'azione delle valvole termostatiche, si riescono ad ottenere temperature di ritorno basse sfruttando maggiormente la zona di condensazione dei fumi.
- Le curve climatiche adottate consentono di ridurre sensibilmente i costi di gestione delle pompe. Questo è dovuto al fatto che l'azione delle valvole termostatiche fa diminuire le portate del fluido in circolazione. I grafici sono relativi ad una pompa di circolazione a velocità variabile impostata a prevalenza costante oppure a prevalenza proporzionale. Se le portate diminuiscono, si riducono anche le potenze richieste e quindi, in maniera apprezzabile, anche i relativi consumi elettrici.

Nell'analisi non è stata presa in considerazione la curva di regolazione a punto fisso. Per far lavorare correttamente le valvole termostatiche, dobbiamo considerare che le temperature di mandata non devono essere troppo elevate, perché la corsa di queste valvole è molto limitata e, di conseguenza, lavorerebbero male con portate troppe piccole. Per questo motivo una regolazione a punto fisso porterebbe a condizioni di lavoro non ottimali, specialmente durante le stagioni in cui la potenza termica richiesta è più bassa.

Conviene quindi programmare i regolatori climatici con curve caratterizzate da profili di temperatura mediamente più elevati. Solo agendo su questo tipo di programmazione si possono avere risparmi sul rendimento dei generatori fino al 5÷6 % e sui costi per la circolazione del 70-80 %. Tali risparmi sono significativi anche in ragione del fatto che possono essere ottenuti senza alcuna modifica per l'impianto e, quindi, senza alcun costo da sostenere.

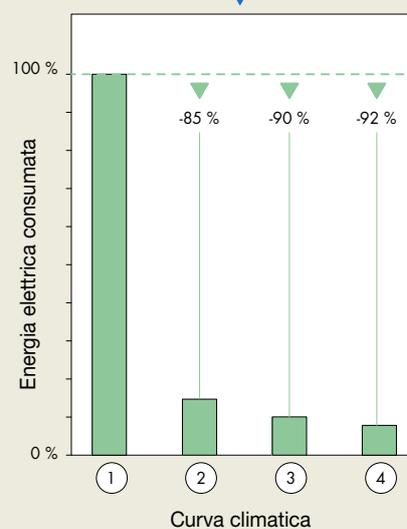
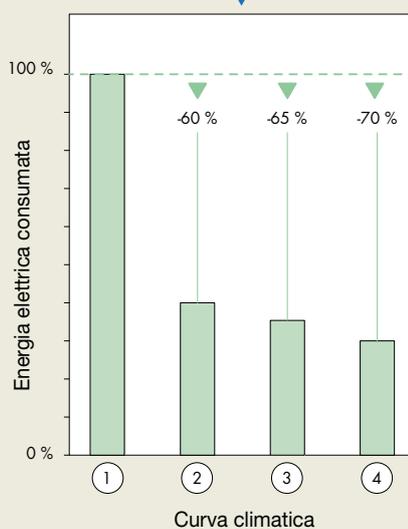
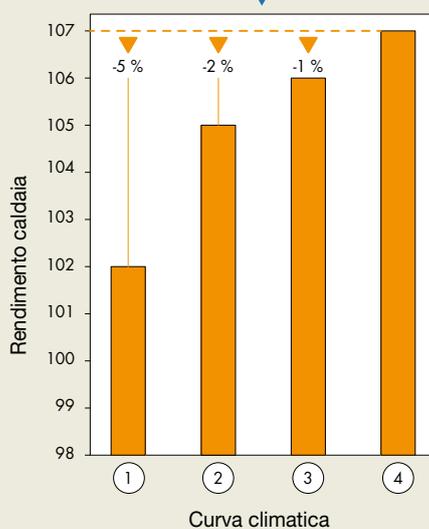
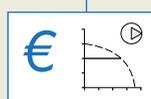
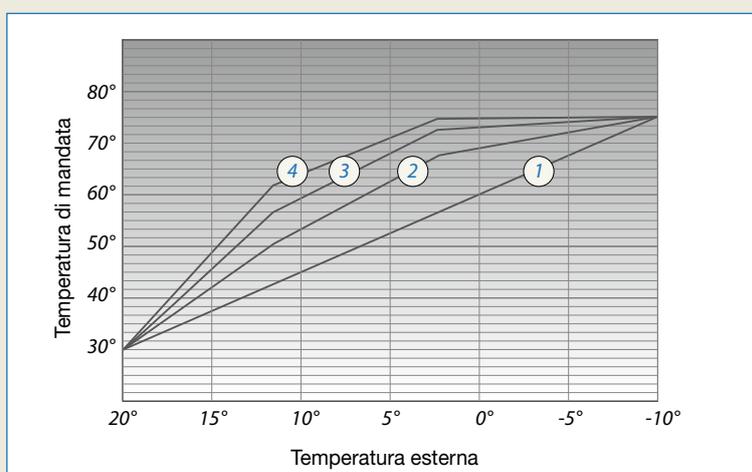


Fig. 33: Analisi e Risparmio

CASO 2: IMPIANTO A PANNELLI RADIANTI CON POMPA DI CALORE

Prendiamo ora in considerazione un impianto a pannelli radianti con pompa di calore. In questo caso il regolatore elettronico agisce direttamente controllando la temperatura di mandata richiesta alla pompa di calore in funzione della temperatura esterna. È una tipologia impiantistica tipica di nuove abitazioni in cui vengono installati sistemi radianti a bassa temperatura (vedi fig. 34).

Anche in questo caso è interessante capire quale tipo di regolazione è meglio adottare, andando a considerare le caratteristiche di funzionamento tipiche di questi impianti.

In particolare occorre tenere conto di come la resa delle pompe di calore sia influenzata dalla temperatura di mandata, anziché da quella di ritorno come nella caldaie a condensazione.

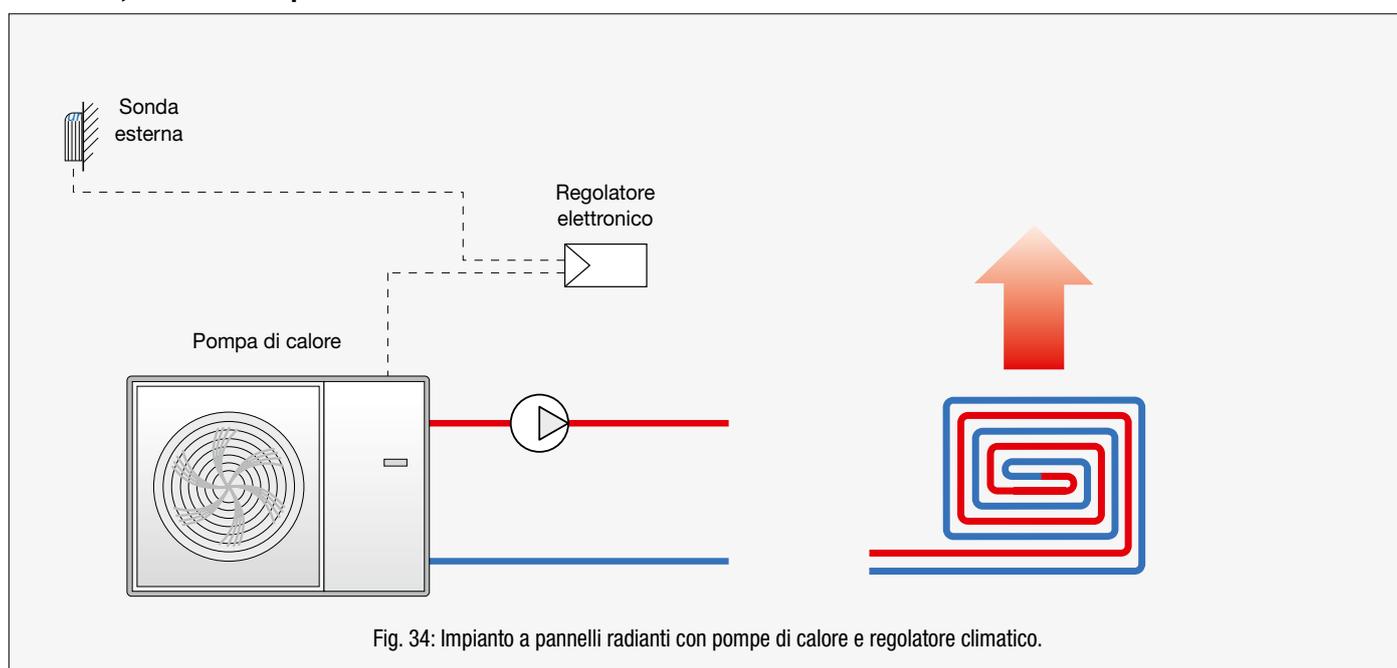


Fig. 34: Impianto a pannelli radianti con pompe di calore e regolatore climatico.

Prestazioni delle pompe di calore

Le prestazioni delle pompe di calore sono generalmente indicate tramite il coefficiente COP (Coefficient Of Performance). Il suo valore è dato dal rapporto fra il calore ceduto al fluido caldo e l'energia richiesta sia dal compressore sia dai mezzi ausiliari integrati nella pompa di calore. Ciò significa quindi che più è elevato il valore di COP, minore sarà il dispendio energetico per generare la potenza termica richiesta.

I valori di COP dipendono principalmente dal salto termico fra la sorgente fredda (l'aria esterna nell'esempio in considerazione) e il fluido caldo: più piccolo è tale salto e maggiore è il valore di COP, cioè la resa della pompa di calore. Il grafico riportato in fig. 35 esprime come cambia il valore di COP al variare della temperatura esterna e della temperatura di mandata, per una pompa di calore aria-acqua.

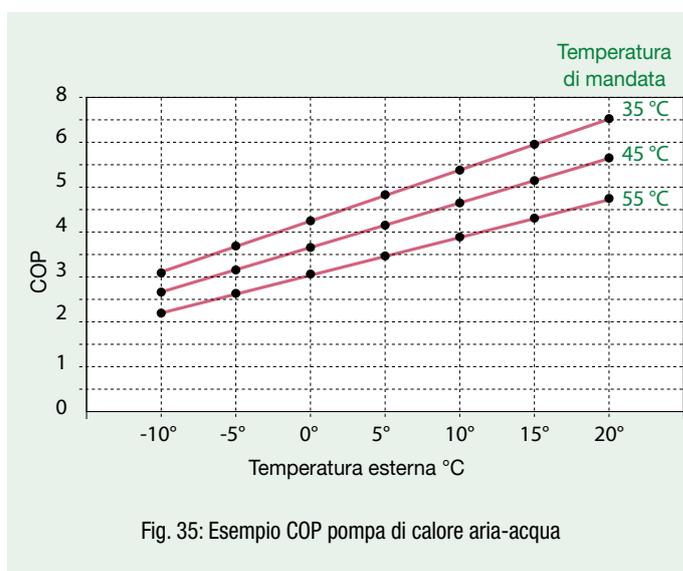


Fig. 35: Esempio COP pompa di calore aria-acqua

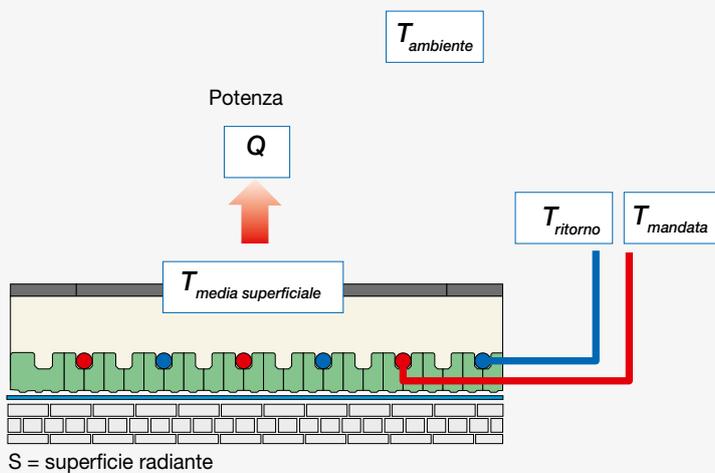
Potenza termica emessa da un pannello radiante

Negli impianti a pannelli radianti, la potenza termica emessa è legata alla differenza di temperatura tra la superficie radiante e quella dell'ambiente riscaldato (vedi fig. 36 per approfondimento). Indipendentemente da come avviene lo scambio termico, che dipende da svariati fattori, occorre soffermarsi sul tipo di regolazione della temperatura ambiente adottato di solito in questa tipologia di impianti. Si tratta infatti di una regolazione di tipo ON/OFF (come visto a pag. 10) che risulta più che adeguata viste le alte inerzie di questi sistemi. Da questo punto di vista, dunque, rispetto al caso dei radiatori dotati di valvole termostatiche dove la modulazione della portata rende l'emissione costante, gli impianti a pannelli radianti si trovano a lavorare con portate costanti per la maggior parte del tempo di utilizzo, eventualmente alternando fasi di accensione e spegnimento (per approfondimenti vedi l'esempio riportato in fig. 36). Questa alternanza dipende sostanzialmente dalla temperatura di mandata e quindi dalla sua regolazione durante la stagione.

Potenza emessa da un pannello radiante

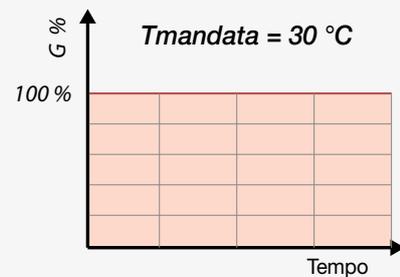
$$Q = 8,92 \cdot S \cdot (T_{\text{media sup.}} - T_{\text{ambiente}})^{1,1}$$

Per approfondimento sul calcolo della temperatura media superficiale vedi 4° Quaderno Caleffi (disponibile su caleffi.com).

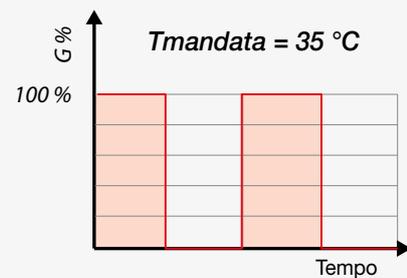


Esempio

A parità di potenza termica richiesta, una bassa temperatura di mandata determina un'accensione costante dell'impianto ed un miglior comfort.



Aumentando la temperatura di mandata si alternano accensione e spegnimenti dell'impianto.



Il tempo di spegnimento è tanto più prolungato quanto più la temperatura di mandata è alta. Tuttavia questo determina minor comfort e maggior dispendio energetico.

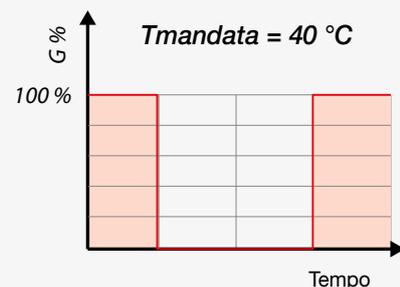


Fig. 36: Potenza termica emessa da un pannello radiante

Osservazioni

È possibile stimare il funzionamento dell'impianto analizzando come cambia la resa della pompa di calore a seconda della regolazione climatica adottata, considerando, come in precedenza, il fabbisogno termico richiesto durante la stagione invernale (pag. 26).

Possiamo affermare, come illustrato nei grafici di fig. 37:

1. la maggiore resa delle pompe di calore è raggiunta tramite l'utilizzo di curve climatiche caratterizzate da temperature di mandata mediamente basse, come ad esempio quella semplice (curva 1). Ciò è dovuto al fatto che, riuscendo a mantenere basse le temperature di mandata, il valore di COP della pompa di calore rimane relativamente alto durante la stagione di funzionamento, a beneficio di un ridotto consumo energetico.

2. L'utilizzo di una regolazione a punto fisso, che mantiene la temperatura di mandata alla massima temperatura di progetto, comporta le prestazioni peggiori delle pompe di calore. In un clima tipico del nord Italia come quello analizzato, la differenza di rendimento è notevole rispetto alle regolazioni climatiche.

Per contro, la regolazione che comporta il maggior rendimento della pompa di calore, essendo quella che mantiene minime le temperature di mandata, provoca anche il maggior tempo di attivazione dei circolatori. Tuttavia questo è uno svantaggio del tutto trascurabile in quanto l'energia spesa dai circolatori risulta limitata rispetto a quella assorbita dalla pompa di calore stessa. Inoltre, una circolazione costante è normalmente richiesta sia per il funzionamento della pompa di calore stessa, sia per garantire una emissione di calore più uniforme e confortevole negli ambienti.

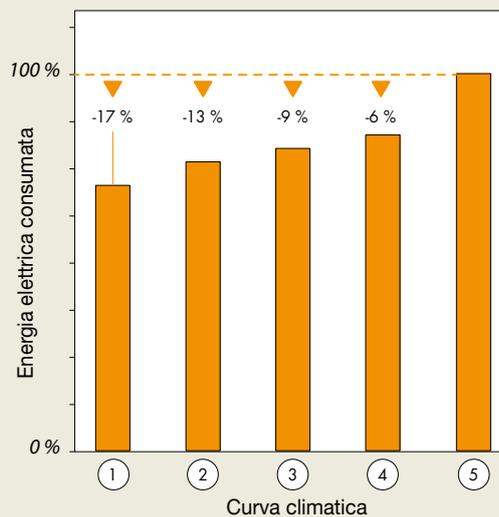
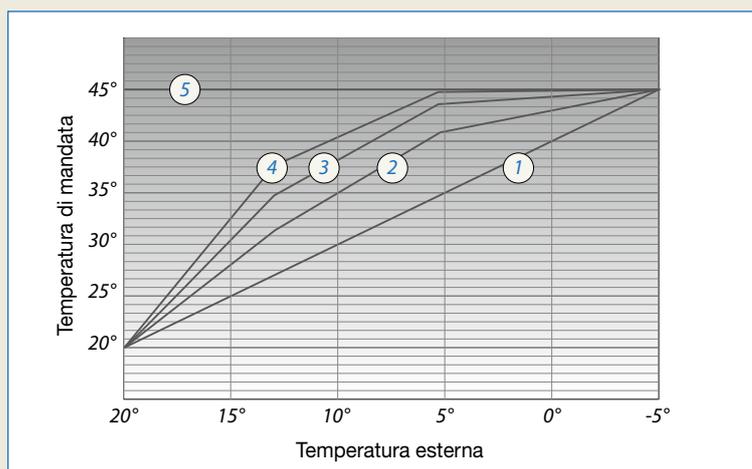


Fig. 37: Analisi e risparmio

ESEMPIO B

REGOLAZIONE DELLA TEMPERATURA AMBIENTE NEGLI IMPIANTI A VENTILCONVETTORI

In quest'ultimo caso, consideriamo un'installazione molto comune negli edifici commerciali e in quelli adibiti ad uffici, in cui i terminali di emissione sono costituiti da ventilconvettori e UTA nel caso di impianti di media-grande dimensione. Come vedremo, la regolazione della temperatura di mandata nel caso di presenza di batterie di riscaldamento dell'aria ha un effetto limitato sull'efficienza. Ciò è dovuto al fatto che, allo scopo di non creare flussi d'aria eccessivamente freddi, la temperatura di mandata viene di norma mantenuta al di sopra dei 50 °C. Per tale motivo, in questi casi, assume particolare importanza la modalità di regolazione della temperatura nei singoli ambienti, poiché influenza in maniera diretta il rendimento dei generatori ed i costi di pompaggio. La valutazione del risparmio energetico ottenibile sarà effettuato considerando la regolazione di tipo ON/OFF con valvole a 3 vie e la regolazione modulante con valvole a 2 vie.

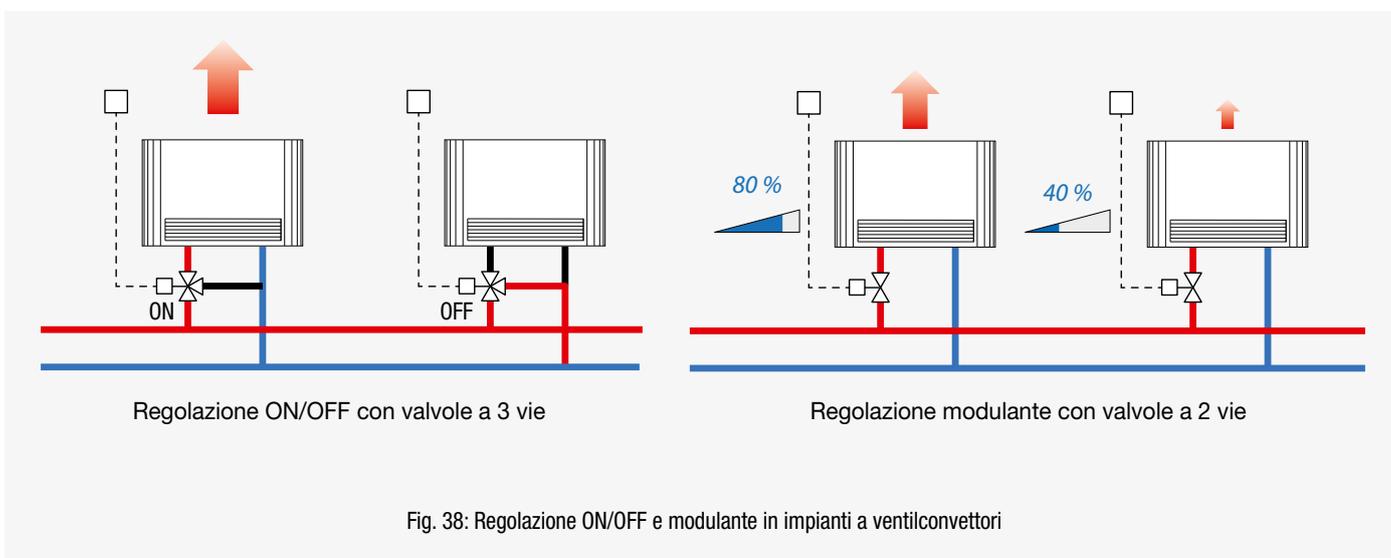


Fig. 38: Regolazione ON/OFF e modulante in impianti a ventilconvettori

Analisi e risparmio

È possibile simulare il funzionamento dell'impianto nell'arco della stagione invernale per le due configurazioni precedentemente introdotte. Analizziamo quindi come cambia il rendimento della caldaia a condensazione e come variano i costi di pompaggio, prendendo ancora una volta come riferimento il fabbisogno termico descritto a pag. 26.

Possiamo effettuare le seguenti considerazioni (grafici di fig. 39):

1. la regolazione ON/OFF con valvola a 3 vie risulta essere quella meno efficiente. Ciò è dovuto al fatto che sia per effetto delle inevitabili accensioni e spegnimenti successive, sia per la presenza stessa del by-pass (impianto a portata costante), le temperature di ritorno in caldaia sono mediamente alte e causano quindi un peggioramento della resa. Tuttavia la presenza del by-pass nelle valvole a 3 vie ha un effetto ben più significativo sui costi di pompaggio, dato che come era intuibile, avere sempre la massima portata in circolazione comporta un consumo considerevole.
2. La regolazione modulante abbinata a valvole a 2 vie permette di raggiungere il maggior risparmio energetico. Questa soluzione permette di far lavorare l'impianto a portata variabile in funzione del fabbisogno richiesto ed è quindi in grado di garantire le condizioni di massima resa per le caldaie a condensazione. Inoltre, l'energia spesa dai circolatori risulta notevolmente ridotta, sia per effetto della minore portata sia per il conseguente effetto di diminuzione delle perdite di carico nella rete di distribuzione.
3. L'influenza della regolazione climatica ha un effetto molto limitato in questa tipologia di impianti. Come anticipato, ciò è dovuto alle esigenze di comfort legate alle batterie di riscaldamento dell'aria, per cui occorre garantire temperature di mandata indicativamente al di sopra di circa 50 °C. Per questo motivo le curve climatiche adottate, non potendo essere eccessivamente "incline" comportano minime differenze di rendimento.

In queste tipologie impiantistiche, il maggior risparmio energetico è ottenibile soprattutto tramite una corretta regolazione sui singoli terminali di emissione in ciascun circuito secondario. In fase progettuale conviene quindi porre molta attenzione a questo aspetto senza dimenticare che la corretta regolazione deve essere necessariamente abbinata ad un adeguato bilanciamento delle portate (Idraulica 48).

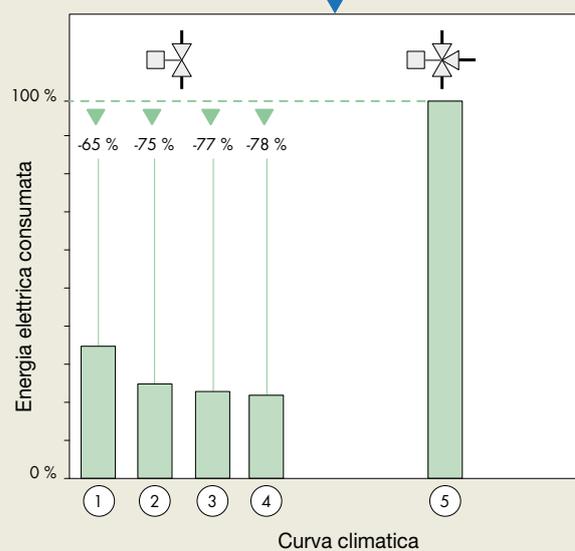
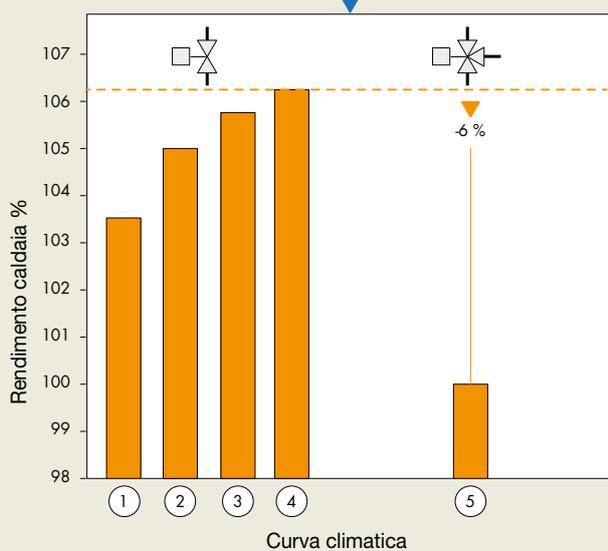
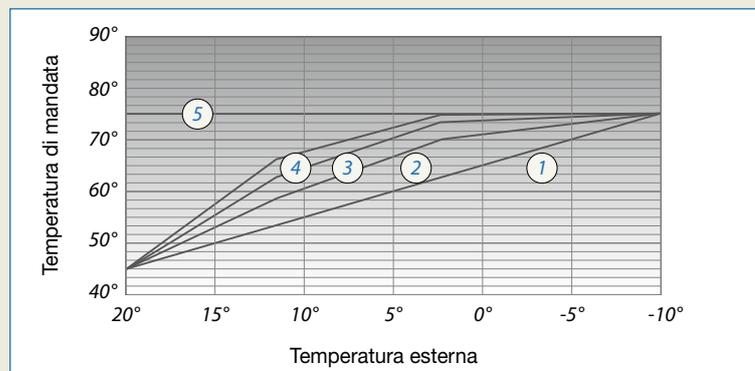


Fig. 39: Analisi e risparmio

Conclusioni finali

La regolazione della temperatura di mandata influisce sul consumo energetico degli impianti, tuttavia non esiste una strategia univocamente valida, ma piuttosto occorre considerare che l'opportuna scelta della regolazione dipende dalla tipologia impiantistica adottata.

In un impianto centralizzato a radiatori con caldaia a condensazione è più vantaggioso utilizzare una regolazione modulante con valvole termostatiche per ridurre la temperatura di ritorno e massimizzare la resa della caldaia. La regolazione climatica, con profili di temperatura di mandata elevati, permette inoltre di ridurre sensibilmente i costi di pompaggio facendo lavorare l'impianto a portata variabile.

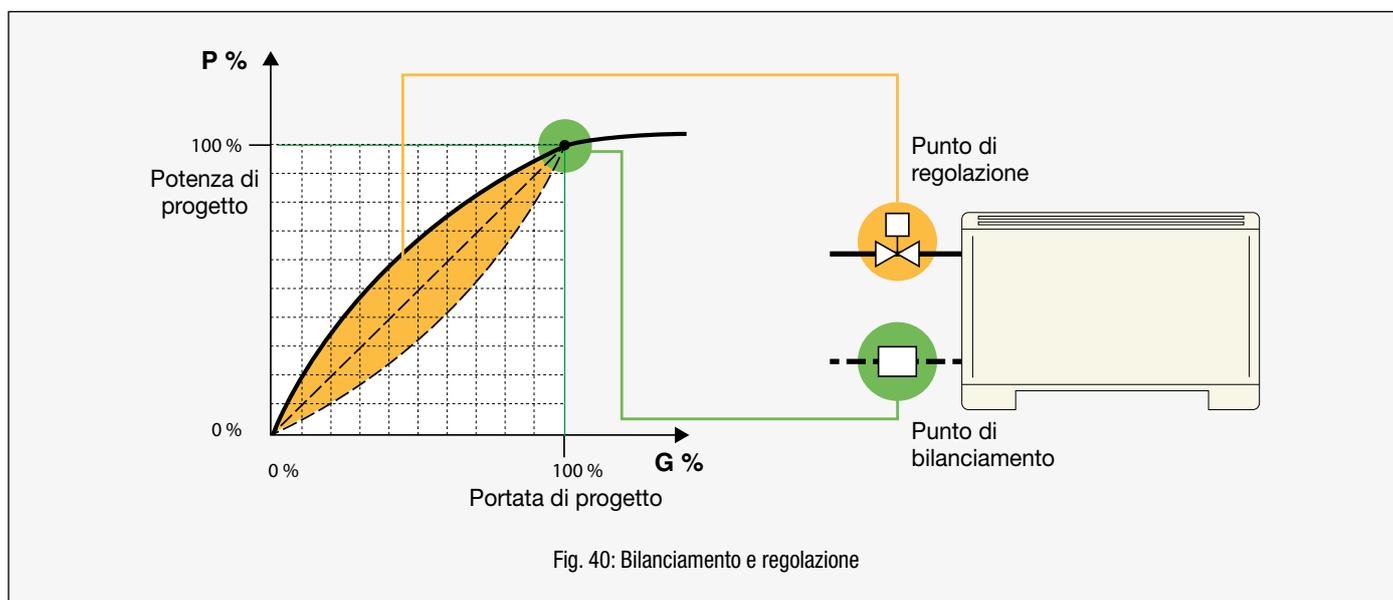
In un impianto a pannelli radianti con pompa di calore è preferibile utilizzare una regolazione climatica con temperature di mandate mediamente basse per ottenere COP alti durante tutta la stagione di funzionamento.

Infine, in un impianto a ventilconvettori con caldaia a condensazione, la regolazione modulante a 2 vie garantisce all'impianto una portata variabile e massimizza la resa della caldaia. La regolazione climatica in questo caso ha un effetto molto limitato a causa della temperatura minima di mandata richiesta (circa 50 °C): le curve climatiche non possono essere molto "inclinate" e comportano minime differenze di rendimento.

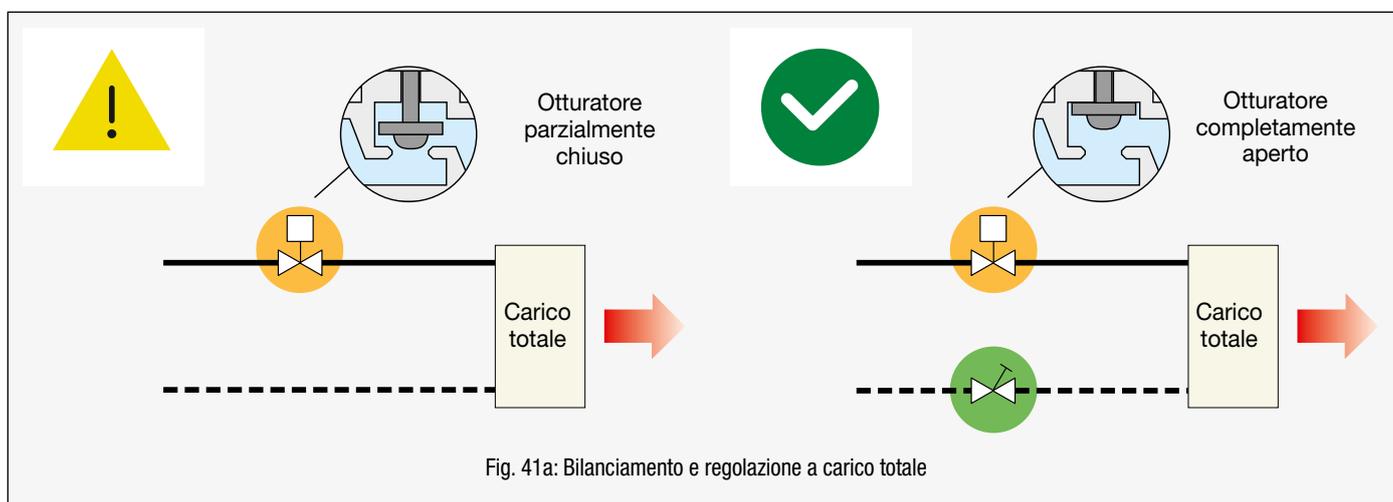
Regolazione e bilanciamento

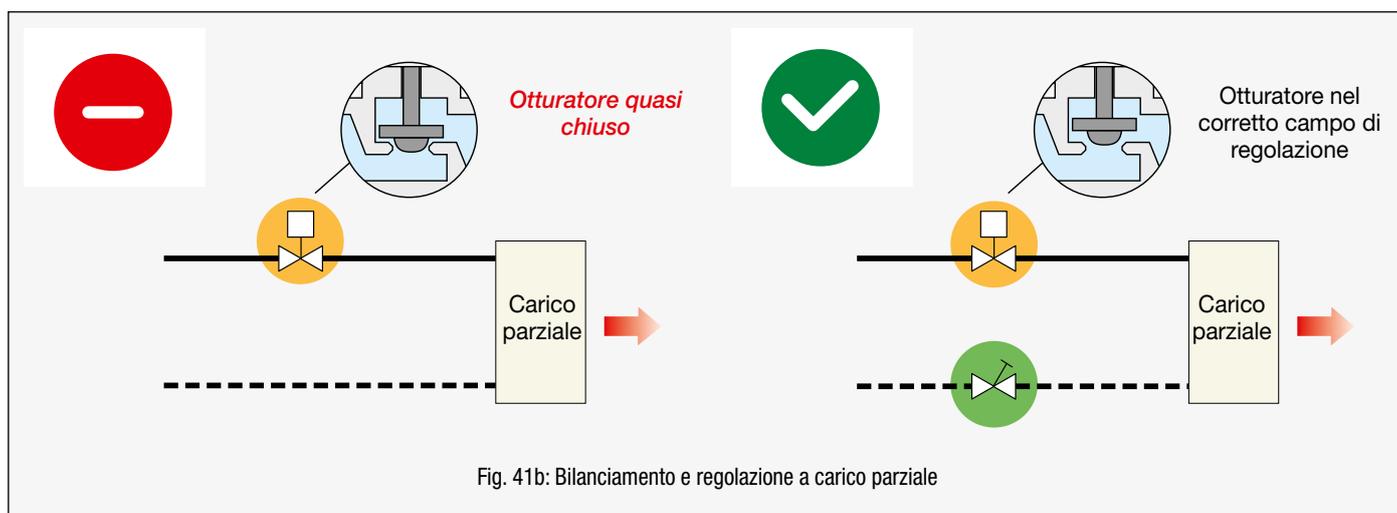
Negli impianti di riscaldamento e condizionamento, i terminali di emissione sono progettati per far fronte alle condizioni più gravose, ovvero quelle in cui vi è massima richiesta di potenza. Tuttavia, questa è una condizione poco frequente, poiché durante il normale funzionamento il carico termico varia continuamente e di conseguenza è richiesta solamente una parte della potenza di progetto. È dunque necessario garantire due funzioni ben distinte (fig. 40):

- Il bilanciamento della portata, ovvero assicurare la corretta portata di alimentazione in tutti i circuiti a servizio delle unità terminali nelle condizioni di pieno carico.
- La regolazione della potenza emessa, che generalmente avviene controllando la portata che attraversa i terminali di scambio termico.



La regolazione ed il bilanciamento hanno quindi funzioni ben distinte, ma, spesso, vi è l'errata convinzione che l'assenza o il non corretto utilizzo di dispositivi di bilanciamento possano essere compensati dagli organi di regolazione. Questa tesi si basa sul fatto che, a pieno carico, la valvola di regolazione è in grado di riportare la portata ai valori di progetto richiesti. Tuttavia questo approccio trascura che, per raggiungere tale condizione di funzionamento, le valvole di regolazione devono spendere una parte del loro campo di lavoro (fig. 41a), ovvero della corsa del loro otturatore. Apparentemente in questa situazione non si hanno evidenti malfunzionamenti dell'impianto, dato che è comunque assicurata la portata di progetto. Invece, nel funzionamento a carico parziale, le valvole di regolazione si trovano ad avere una corsa utile molto ridotta e, di conseguenza, non sono in grado di modulare correttamente la portata (fig. 41b).





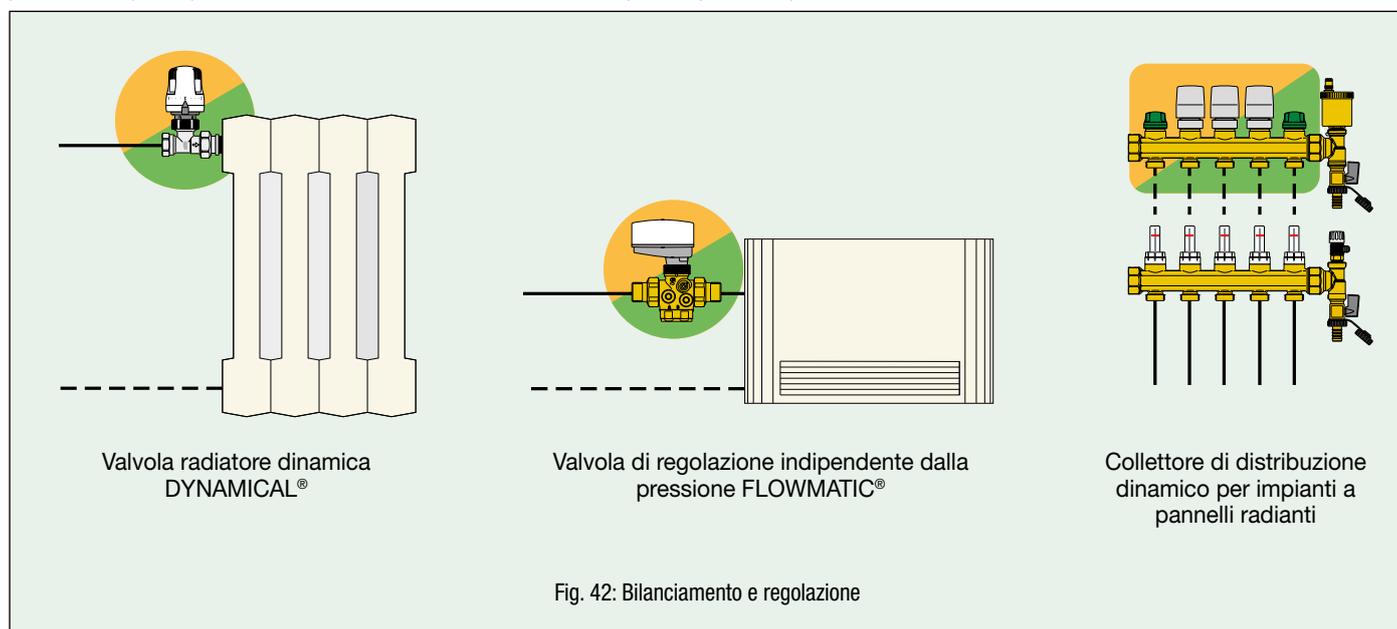
Questa situazione può essere riscontrata molto di frequente negli impianti a radiatori con valvole termostatiche, quando non vengono correttamente bilanciati attraverso l'utilizzo di opportuni dispositivi (vedi Idraulica 43 e 51).

L'assenza di un adeguato bilanciamento delle portate comporta quindi i seguenti svantaggi:

- scarse prestazioni di regolazione e conseguente basso comfort termico
- lenta messa a regime degli impianti
- rumorosità delle valvole di regolazione.

Inoltre, le problematiche descritte vengono accentuate quando si vogliono ottenere i massimi rendimenti dalle caldaie a condensazione. Infatti, come analizzato nell'esempio a pag. 28, la massima resa di tali generatori avviene sfruttando alti salti termici, raggiungibili solamente attraverso la parzializzazione delle portate tramite le valvole termostatiche. Ciò avviene efficacemente quando questi componenti possono sfruttare tutta la corsa utile nelle condizioni di funzionamento. Per ottenere i migliori risultati della regolazione, sia a livello di comfort sia a livello di risparmio energetico, è quindi necessario che gli impianti siano correttamente bilanciati.

Le recenti evoluzioni tecniche, hanno permesso di realizzare componenti che integrano le funzioni di bilanciamento e regolazione in un unico dispositivo (fig. 42) quali le valvole radiatore dinamiche, le valvole di regolazione indipendenti dalla pressione (PICV) e i collettori di distribuzione dinamici per impianti a pannelli radianti.



LA FORMAZIONE CALEFFI ATTRAVERSO I NUOVI CANALI DIGITALI

L'efficacia del video

Senza contenuti non è possibile creare una relazione di valore con gli operatori con cui l'azienda entra in contatto quotidianamente. Ma i contenuti senza i canali giusti, rimangono inefficaci. Caleffi ha sempre considerato la distribuzione gratuita della conoscenza tecnica un modello vincente sul quale puntare senza riserve, attraverso gli strumenti più disparati: dalla Rivista Idraulica, ai Quaderni Caleffi, alla documentazione tecnica stessa, ad ogni singolo redazionale, fino alle notizie sul sito web e i post sui canali social.

Inutile dire che il modo ad oggi più efficace per fare content marketing (è così che si chiama) è realizzare video, ed è quello che stiamo facendo sempre più intensamente.

Caleffi ha un canale YouTube da quasi un decennio (youtube.com/user/CaleffiVideoProjects) con il quale distribuisce video di natura tecnica, seguendo format diversi. Accanto ai più storici video prodotto in grafica 3D focalizzati sulle loro componenti costitutive e sul funzionamento, sono andati ad affiancarsi tutorial parlati, in cui del prodotto si evidenziano i punti di forza, il perché sia importante installarli e come procedere facendo attenzione ad eventuali utili accorgimenti.

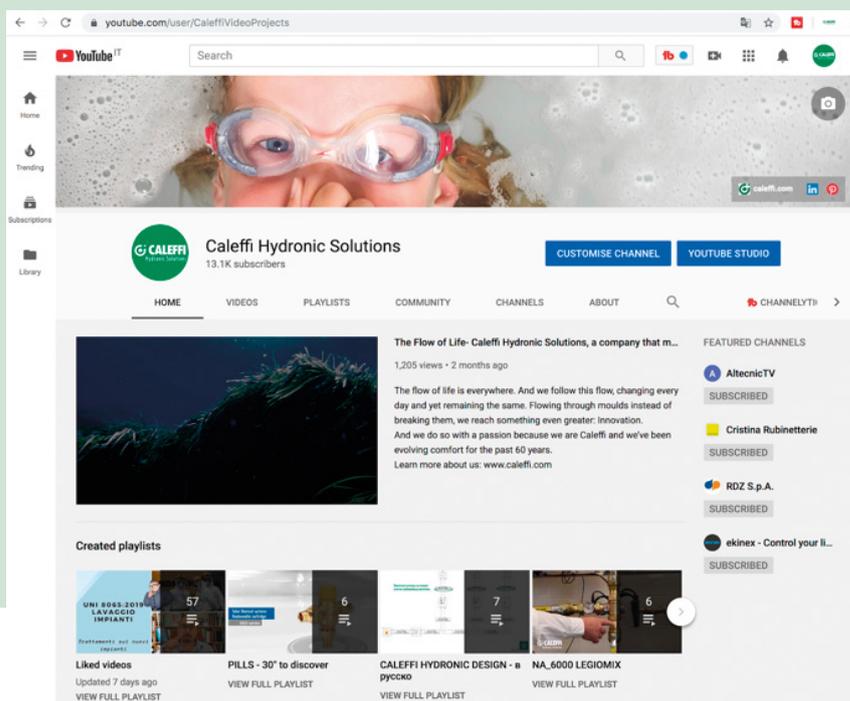
Perché i Video Tutorial?

I tutorial non hanno sicuramente una velleità creativa, non sono pensati per diventare virali né hanno scopo di intrattenimento. Hanno, al contrario, un contenuto didattico - informativo, sono realizzati da nostri esperti competenti non solo nel prodotto specifico, ma più ampiamente nel contesto impiantistico nel quale il prodotto va ad inserirsi e sono destinati ad altrettanti tecnici professionisti o in via di formazione. I vantaggi di guardare un video, magari da smartphone, sono numerosi per l'utente (ovvero per voi che state leggendo):

- si ottimizzano i tempi di acquisizione delle informazioni (non devo leggere, posso anche solo ascoltare)
- si può accedere al video in qualsiasi momento (anche durante i periodi morti di attesa)
- mostra in modo univoco cosa si debba fare quando si tratta di installazione o manutenzione (con immediatezza e senza il rischio di interpretare male)
- facilita la spiegazione di procedimenti anche articolati se non complessi
- permette anche di offrire qualche suggerimento pratico che deriva più dall'esperienza diretta che dal foglio istruzioni
- permette un'interazione disintermediata con noi (per critiche, commenti o anche suggerimenti per la realizzazione di nuovi video)

All'interno di un video tutorial infatti è possibile spostare l'attenzione su aspetti che, in una normale scheda tecnica, sarebbero troppo lunghi e complessi da spiegare, evidenziando particolari esigenze e differenze di utilizzo, anche del medesimo componente. I video disponibili in Italiano sono oltre cinquanta - di cui una ventina rientrano nella categoria tutorial -, ma se la lingua non dovesse essere un limite, sul canale troverete un totale di 750 video, un numero destinato a crescere nel prossimo anno.

Ricordiamo a chi non avesse familiarità con questi strumenti, che iscrivendosi al canale si riceverà una notifica automatica ad ogni video nuovo caricato, in modo da essere sempre aggiornati.



LA COLLEZIONE DEI VIDEO TUTORIAL DISPONIBILI IN ITALIANO:

- **Come installare una valvola 455 monotubo e trasformarla in bitubo?**
<http://bit.ly/Mono-Bitubo-Caleffi>
- **Come installare il collettore porta strumenti INAIL?**
<http://bit.ly/Collettore-INAIL-Caleffi>
- **Come funziona una valvola di sfogo aria automatica?**
<http://bit.ly/Sfogo-Aria-Caleffi>
- **Come fare la manutenzione del disconnettore?**
<http://bit.ly/Manutenzione-Disconnettore-Caleffi>
- **Come si converte il senso di flusso di un gruppo di regolazione per impianti a pavimento?**
<http://bit.ly/Flusso-Regolazione-Caleffi>
- **Come faccio a capire che la cartuccia di demineralizzazione è esausta?**
<http://bit.ly/Cartuccia-Demi-Caleffi>
- **Come funziona un gruppo di riempimento e demineralizzazione?**
<http://bit.ly/Gruppo-Demi-Caleffi>
- **Come installare il comando termostatico sulla valvola termostattabile?**
<http://bit.ly/Termostattabile-Caleffi>
- **Come sostituire il vitone di una valvola radiatore senza fuoriuscite d'acqua?**
<http://bit.ly/Vitone-Caleffi>
- **Che differenze ci sono tra filtro e defangatore?**
<http://bit.ly/Filtro-Defangatore-Caleffi>
- **Installazione e manutenzione del defangatore sotto caldaia DIRTMAGSLIM®**
<http://bit.ly/Installazione-DIRTMAGSLIM-Caleffi>
- **Protezione e manutenzione Impianti: le nuove soluzioni Caleffi.**
<http://bit.ly/Lavaggi-Caleffi>
- **Perché utilizzare il LEGIOMIX® Caleffi nella lotta contro la Legionella?**
<http://bit.ly/LEGIOMIX-IT-Caleffi>
- **L'utilizzo delle reti di ricircolo: l'importanza di garantire il comfort termico.**
<http://bit.ly/Ricircolo-Caleffi>
- **Filtro defangatore magnetico sottocaldaia Caleffi XS®: come funziona e come si installa.**
<http://bit.ly/XS-IT-Caleffi>
- **Valvole miscelatrici a settore: quando e perché installarle.**
<http://bit.ly/Installazione-Miscelatrici-Caleffi>



Seguici su: **IDRAULICA.caleffi.com**



L'eXtra Small ancora più performante Per una protezione veloce e completa dell'impianto

Serie 5459 - Caleffi XS® Filtro defangatore magnetico sottocaldaia
Serie 5709 - FAST Additivi chimici

- Pulizia meccanica con il filtro defangatore XS e protezione dell'impianto tramite additivi C1 e C3
- Utilizzabili in impianti con spazi ridotti
- C3 CLEANER FAST rimuove impurità e incrostazioni in impianti nuovi o esistenti
- C1 INHIBITOR FAST protegge da corrosioni e incrostazioni ed è compatibile con ogni materiale



Riscaldamento

www.caleffi.com

CALEFFI
Hydronic Solutions