

# *Idraulica*

PUBBLICAZIONE PERIODICA DI INFORMAZIONE TECNICO-PROFESSIONALE

**CALEFFI**  
Hydronic Solutions

**69**

gennaio 2026



## LA SEPARAZIONE DELL'ARIA NEGLI IMPIANTI







www.caleffi.com

**CALEFFI**  
Hydronic Solutions

**DISCAL®**

**NUOVO MATERIALE  
STESSA PROMESSA**

INNOVAZIONE  
CALEFFI



IMPIANTI DI  
CLIMATIZZAZIONE  
GESTIONE PIÙ EFFICIENTE DELL'ACQUA TECNICA

Realizzati in **tecnopolimero**, i nuovi **DISCAL® serie 551** eliminano in modo continuo l'aria dai sistemi a caldaia e pompa di calore e sono disponibili in una **gamma completa**, adatta a impianti di ogni dimensione. Il **nuovo materiale** garantisce maggiore resistenza alla corrosione e offre attacchi orientabili, per un'installazione semplice e versatile. Una **soluzione innovativa** che combina **durata, efficienza e prestazioni affidabili nel tempo. GARANTITO CALEFFI.**



# EDITORIALE

## **“NELL’ACQUA SI NASCONDE MOLTO DI PIÙ DI QUELLO CHE SI VEDE AL PRIMO SGUARDO”**

Sono entrato nel settore ITS nel 1989, e da allora ho avuto l'opportunità di vivere in prima persona l'evoluzione tecnica e culturale degli impianti termici e sanitari. Nel corso della mia carriera ho collaborato con alcuni tra i più importanti marchi produttori di generatori e dispositivi per impianti termici, ricoprendo anche il ruolo di responsabile tecnico in Italia. Questo mi ha permesso di toccare con mano i problemi degli impianti, osservando sul campo come una gestione inadeguata dell'aria possa compromettere l'efficienza e la durata dei sistemi HVAC.



Sin dagli inizi ho svolto numerosi corsi rivolti agli installatori. Proprio in quell'ambito ho compreso una verità fondamentale: nel nostro settore, ciò che non viene spiegato semplicemente “non esiste”. L'installatore è un professionista estremamente competente, ma spesso mostra una naturale resistenza al cambiamento. Se un concetto non è affrontato con chiarezza e concretezza, difficilmente entra nella sua routine operativa. Per questo la formazione è un elemento essenziale, quasi quanto la tecnologia stessa.

Osservando lo sviluppo degli impianti dagli anni '80 a oggi, posso testimoniare come il tema della disaerazione sia passato dall'essere un dettaglio trascurato a un fattore determinante per garantire efficienza, silenziosità e affidabilità.

Negli impianti più datati l'uso del vaso aperto e della circolazione naturale facilitava la gestione dell'aria: bastavano valvole manuali e interventi periodici.

Ma già dagli anni '60, con l'introduzione delle pompe di circolazione e l'uso di temperature di mandata più elevate, la presenza dell'aria ha iniziato a generare criticità più evidenti, stimolando lo sviluppo delle prime valvole di sfogo aria automatiche.

La vera evoluzione si è consolidata tra il 1990 e il 2005, quando i primi disaeratori e separatori di microbolle hanno rivoluzionato la gestione dei gas disciolti, offrendo una soluzione efficace per impianti sempre più complessi ed esigenti.

Oggi, con la diffusione delle pompe di calore e dei nuovi regimi di funzionamento a temperature variabili, la disaerazione è diventata una strategia di prevenzione attiva. L'acqua correttamente trattata non è solo una condizione tecnica ideale: è uno strumento concreto di risparmio energetico, economico e ambientale. L'investimento iniziale per un buon sistema di disaerazione è minimo se confrontato ai benefici: riduzione dei consumi, minore usura dei componenti, incremento del comfort e maggiore affidabilità nel tempo.

In un mercato in cui le aspettative del cliente finale sono sempre più elevate, è nostro compito — come produttori, tecnici e formatori — aiutare l'installatore a comprendere che la qualità dell'acqua non è un dettaglio, ma uno tra i fattori determinanti per il corretto rendimento dell'impianto. Solo attraverso una cultura tecnica solida e condivisa possiamo garantire impianti capaci di mantenere nel tempo ciò che oggi promettono: efficienza, sostenibilità e comfort.

Paolo Tiselli

Professionista del settore ITS

Direttore responsabile:  
Mattia Tomasoni

Responsabile di Redazione:  
Fabrizio Guidetti

Hanno collaborato  
a questo numero:

Alessandro Tonietti  
Alessia Soldarini  
Domenico Mazzetti  
Fabiola Platini  
Mattia Tomasoni  
Paolo Tiselli  
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** LA SEPARAZIONE DELL'ARIA NEGLI IMPIANTI
- 6** LA PRESENZA DI ARIA ALL'INTERNO DEGLI IMPIANTI
- 8** APPROFONDIMENTO: LA SOLUBILITÀ DEI GAS NELL'ACQUA
- 9** EFFETTI DELL'ARIA NEGLI IMPIANTI IDROTERMOSANITARI
- 12** PROBLEMATICHE DELLA PRESENZA DI ARIA NEI CIRCUITI APERTI
- 14** APPROFONDIMENTO: IL COLPO D'ARIETE
- 18** PROBLEMATICHE DELLA PRESENZA DI ARIA NEI CIRCUITI CHIUSI
- 21** RIMOZIONE DELL'ARIA
- 24** APPROFONDIMENTO: POMPE DI CALORE CON REFRIGERANTE R290
- 26** CIRCUITO APERTO
- 32** APPROFONDIMENTO: LA DEGASAZIONE CONTINUA SUL RICIRCOLO
- 33** CIRCUITO CHIUSO
- 40** DEGASATORE SOTTOVUOTO
- 41** SCHEMI APPLICATIVI
- 41** SCHEMA 1 – IMPIANTO DI RISCALDAMENTO CON POMPA DI CALORE
- 42** SCHEMA 2 – IMPIANTO CENTRALIZZATO PER RISCALDAMENTO E CONDIZIONAMENTO
- 43** SCHEMA 3 – IMPIANTO COMPATTO PER LA PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA CON POMPA DI CALORE
- 44** SCHEMA 4 – IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE PER COMPLESSO TERZIARIO CON MACCHINA POLIVALENTE
- 46** SCHEMA 5 – IMPIANTO SANITARIO CENTRALIZZATO PER STRUTTURA RICETTIVA CON PRERISCALDAMENTO SOLARE



# LA SEPARAZIONE DELL'ARIA NEGLI IMPIANTI

La qualità del fluido che circola nei sistemi idronici e idrosanitari è un fattore decisivo per l'efficienza e la durata degli impianti. Sebbene l'acqua sia un eccellente fluido termovettore, il suo comportamento varia in funzione di pressione, temperatura e materiali, e la presenza di aria nei circuiti rappresenta una delle criticità più diffuse e sottovalutate.

Per la prima volta, Idraulica dedica un intero numero esclusivamente al tema dell'aria negli impianti: un argomento che in passato è sempre stato affrontato insieme allo sporco, ma che merita oggi un'attenzione autonoma per il ruolo determinante che riveste nell'efficienza e nella durabilità dei nuovi sistemi.

Questo numero di Idraulica guida il lettore alla comprensione del fenomeno,

partendo dal primo capitolo dedicato alle diverse forme con cui l'aria può manifestarsi — aria libera, microbolle e gas disciolti — e al loro impatto sulla circolazione e sulla stabilità dei sistemi.

Il secondo capitolo approfondisce le problematiche nei circuiti aperti e chiusi: rumorosità, riduzione di portata, cavitazione, colpi d'ariete, malfunzionamenti di miscelatori e generatori, effetti sulla potabilità e, nei circuiti chiusi, riduzione dello scambio termico, corrosione, stagnazione e criticità per scambiatori e pompe.

Segue la sezione dedicata alla disaerazione, articolata tra fase di riempimento ed esercizio. Viene descritta l'importanza degli sfiati nei circuiti aperti, la gestione dell'aria nei bollitori e l'uso dei separatori di microbolle nel ricircolo sanitario.

Nei circuiti chiusi si analizzano sia i disaeratori tradizionali sia i degasatori sottovuoto, illustrati nei loro principi di funzionamento e campi di utilizzo.

La parte finale propone una serie di schemi impiantistici — impianti con pompe di calore, sistemi centralizzati, impianti ACS compatti e configurazioni complesse per il terziario — nei quali viene evidenziato il corretto posizionamento dei dispositivi di sfiato e disaerazione.

Questo numero offre così ai professionisti una visione completa e aggiornata di un tema spesso invisibile ma determinante: la gestione dell'aria come condizione essenziale per affidabilità, efficienza energetica e continuità di servizio nei moderni impianti idraulici.



# LA PRESENZA DI ARIA ALL'INTERNO DEGLI IMPIANTI

ingg. Domenico Mazzetti e Alessandro Tonietti

*L'acqua è ampiamente riconosciuta come un eccellente fluido termovettore grazie alle sue intrinseche proprietà naturali. Tuttavia si tende a considerarla un'entità uniforme trascurando la sua complessa composizione. Nei sistemi di climatizzazione, l'acqua interagisce con i diversi materiali dell'impianto e, assieme alla presenza di aria, influenzano direttamente la funzionalità e l'efficienza dell'impianto. Comprendere il modo in cui l'aria si genera, distribuisce e comporta all'interno di un impianto diventa fondamentale per prevenire malfunzionamenti e mantenere le prestazioni energetiche più alte possibili.*

## LA LEGGE DI HENRY

Per comprendere a fondo le problematiche legate alla presenza di aria nei circuiti idraulici e sanitari, occorre partire dalla differenza sostanziale tra le caratteristiche fisiche e chimiche dell'acqua e quelle dell'aria.

Capire quindi i comportamenti dell'aria in soluzione con l'acqua, le forme nelle quali si manifesta e i processi di generazione diventa di fondamentale importanza. La solubilità dei gas in acqua è strettamente correlata a fattori quali temperatura e pressione, un fenomeno governato dalla legge di Henry. La legge di Henry afferma che "una massa gassosa che esercita una pressione su un liquido si discioglie in soluzione fino a equiparare la pressione precedente"; vi è quindi una proporzionalità diretta tra la quantità di gas disciolti in un liquido e la pressione parziale del gas sopra il liquido stesso. Un esempio nella vita di tutti i giorni è l'apertura di bevande gassate o di vini frizzanti. In questi casi, il liquido in pressione contiene in soluzione una grande quantità di CO<sub>2</sub> che viene rilasciata all'apertura della bottiglia e al conseguente abbassamento di pressione generato.

I gas maggiormente disciolti in acqua sono l'ossigeno, l'azoto e l'anidride carbonica con una prevalenza dei primi due sul volume totale di gas. L'azoto è un gas inerte e non provoca fenomeni di corrosione ma costituisce circa il 78% dell'aria che può rimanere intrappolata nell'impianto durante le operazioni di riempimento. Il problema legato all'azoto è principalmente di natura fisica: la sua solubilità nell'acqua diminuisce con l'aumentare della temperatura. Quando l'impianto si riscalda, l'azoto disciolto si libera formando vere e proprie bolle di gas che possono creare blocchi alla circolazione, basso scambio termico e problemi tipici delle macrobolle.

L'ossigeno è un elemento reattivo e rappresenta la principale causa di corrosione negli impianti di climatizzazione. La sua presenza innesca processi ossidativi a danno dei componenti metallici del sistema. Questa reazione porta alla formazione di fanghi e magnetite (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>), un residuo ferroso che si accumula nei punti critici del circuito come scambiatori di calore e valvole termostatiche. Tali depositi possono compromettere la circolazione, ridurre drasticamente l'efficienza energetica dell'impianto e causare guasti localizzati.

Come tutti i gas, anche l'azoto e l'ossigeno hanno una solubilità massima in acqua espressa dalla legge di Henry. Questa dipende dalla temperatura e dalla pressione a cui si trova la miscela acqua-gas. All'interno dell'acqua di un impianto di riscaldamento o raffreddamento l'aria si presenta in due forme, con cause ed effetti molto diversi: aria libera e aria disciolta.





## ARIA LIBERA

L'aria libera può essere suddivisa in macrobolle e microbolle. Le macrobolle sono di dimensioni maggiori, mentre le microbolle sono bolle d'aria più piccole che l'acqua rilascia all'aumentare della temperatura.

Le macrobolle derivano da una mancata espulsione dell'aria durante la fase di caricamento dell'impianto o dall'aggregarsi di microbolle. Queste vanno a posizionarsi nei punti alti dell'impianto e dei componenti quali collettori, radiatori e accumuli. I problemi che questo tipo di bolle causano negli impianti sono gorgoglii, blocchi alla circolazione e difficoltà nel caricamento dell'impianto. Le macrobolle sono la tipologia di aria più discussa e conosciuta nelle trattazioni tecniche grazie all'immediata tangibilità del problema.

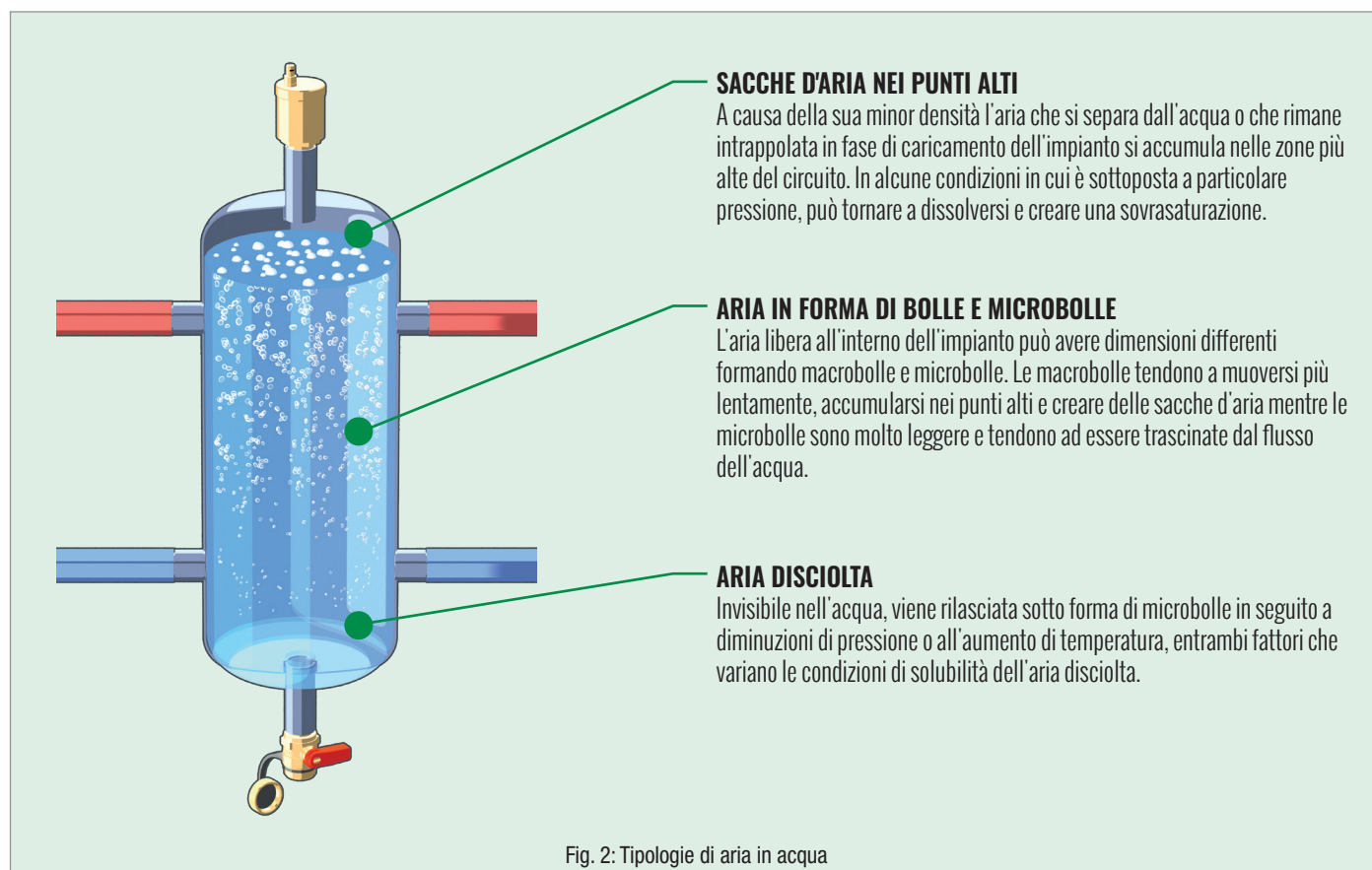
Le microbolle sono spesso sottovalutate e derivano dall'aria disciolta in acqua che viene liberata all'aumentare della temperatura o al diminuire della pressione. A causa della loro leggerezza vengono trascinate dal flusso e possono provocare danni lungo tutto l'impianto.

## ARIA DISCIOLTA

L'aria disciolta è molto più insidiosa perché invisibile. I gas (principalmente ossigeno e azoto) sono disciolti in acqua e legati alle sue molecole.

L'aria disciolta non risulta quindi visibile a occhio nudo e la sua quantità dipende da precise leggi fisiche (in particolare la legge di Henry), secondo cui la capacità dell'acqua di trattenere gas disciolti diminuisce all'aumentare della temperatura e al diminuire della pressione.

L'aria disciolta è l'origine delle microbolle. Durante il normale funzionamento dell'impianto, l'acqua viene riscaldata (ad esempio in caldaia) o entra in zone con importanti differenze di pressione (ad esempio in prossimità di una pompa) e non riesce più a trattenere i gas, che si liberano formando le microbolle di aria libera di cui abbiamo parlato precedentemente.



# APPROFONDIMENTO: LA SOLUBILITÀ DEI GAS NELL'ACQUA

La solubilità dei gas in un solvente, nel nostro caso l'acqua, è un fenomeno regolato dalla temperatura e dalla pressione, come espresso dalle relative curve di solubilità. In un sistema, sia esso chiuso o aperto, i gas disciolti mantengono un equilibrio dinamico con la fase gassosa circostante. Le variazioni di temperatura e pressione alterano questo punto di equilibrio, innescando il rilascio o l'assorbimento di gas da parte della soluzione.

Le rappresentazioni più comuni di questo equilibrio considerano l'acqua a contatto con l'aria, una miscela di gas. Tenendo conto della composizione dell'aria secca e della pressione parziale del vapore acqueo, è possibile determinare la massima solubilità dei gas in condizioni di equilibrio con l'atmosfera a diverse pressioni assolute.

Le curve di solubilità per l'Azoto e l'Ossigeno, i gas più presenti nell'aria, sono fondamentali per comprendere questo fenomeno.

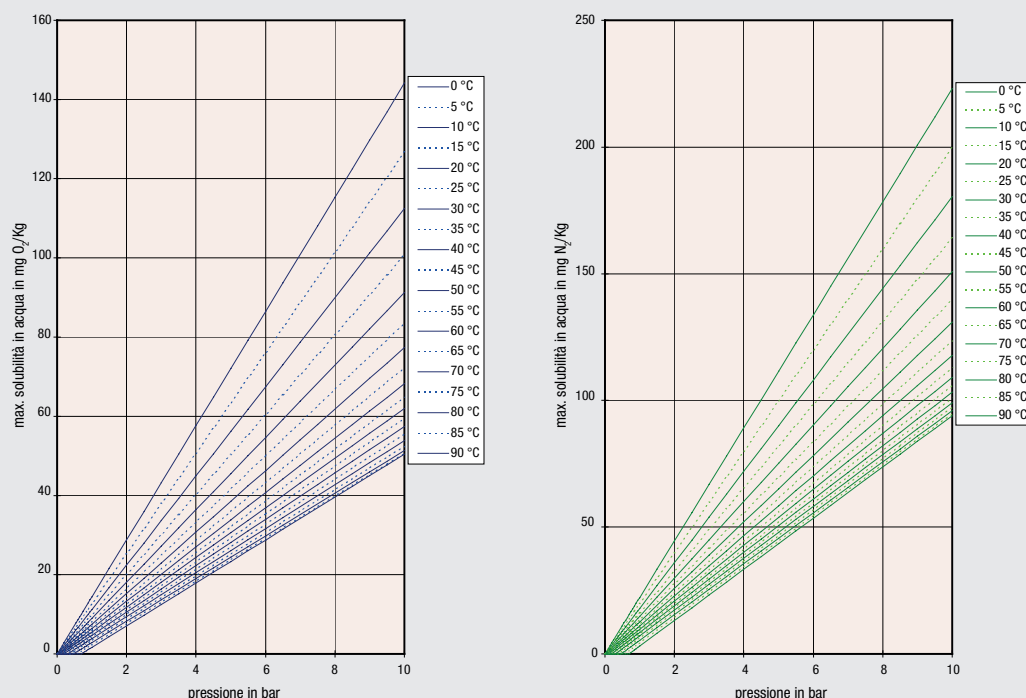


Fig. 3: Max. solubilità di ossigeno e azoto in acqua

## ESEMPIO DI CALCOLO

Partendo dai grafici o dalle tabelle di solubilità dei gas in acqua si può calcolare il volume di gas disciolto all'interno di un impianto.

Nell'esempio che segue calcoleremo il volume di Ossigeno ( $O_2$ ) all'interno di un impianto da 1 m<sup>3</sup> di acqua alla temperatura di 10 °C e pressione 1,5 bar.

Per calcolare il volume possiamo seguire la formula dei gas ideali assumendo che l'ossigeno si comporti come tale:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

P = pressione [atm]

V = volume [l]

n = numero di moli di gas [mol]

R = costante dei gas [ $l \cdot atm / (mol \cdot K)$ ]

T = temperatura [K]

In una miscela, temperatura e pressione sono le medesime sia per i gas disciolti che per il solvente (acqua). La massima solubilità dell'ossigeno alla temperatura di 10 °C è pari a 11,3 mg per Kg di acqua ovvero 11,3 mg/l visto il rapporto 1:1.

In un impianto di 1 m<sup>3</sup> (1000 l) è possibile determinare la massa di ossigeno totale (m) all'interno del sistema, ovvero:

$$m = 11,3 \left[ \frac{mg}{l} \right] \cdot 1000 [l] = 11,3 g$$

Grazie a questo valore è possibile calcolare il numero di moli presenti, sapendo che la massa molare dell'ossigeno (Mm) è di 32 g/mol si può quindi calcolare:

$$n = \frac{m}{Mm} = \frac{11,3 [g]}{32 \left[ \frac{g}{mol} \right]} = 0,353 mol$$

Il volume di ossigeno dell'impianto si calcola:

$$V = \frac{0,353 [mol] \cdot 0,0821 \left[ \frac{l \cdot atm}{mol \cdot K} \right] \cdot 283,15 [K]}{1,48 [atm]} = 5,55 l$$

Il volume di ossigeno disciolto in acqua alla temperatura di 10 °C risulta quindi di 5,55 l. Se procedessimo allo stesso modo con temperatura pari a 25 °C, una solubilità massima di 8,3 mg/l, si otterrebbe un volume di ossigeno di 4,2 l di gas disciolto.

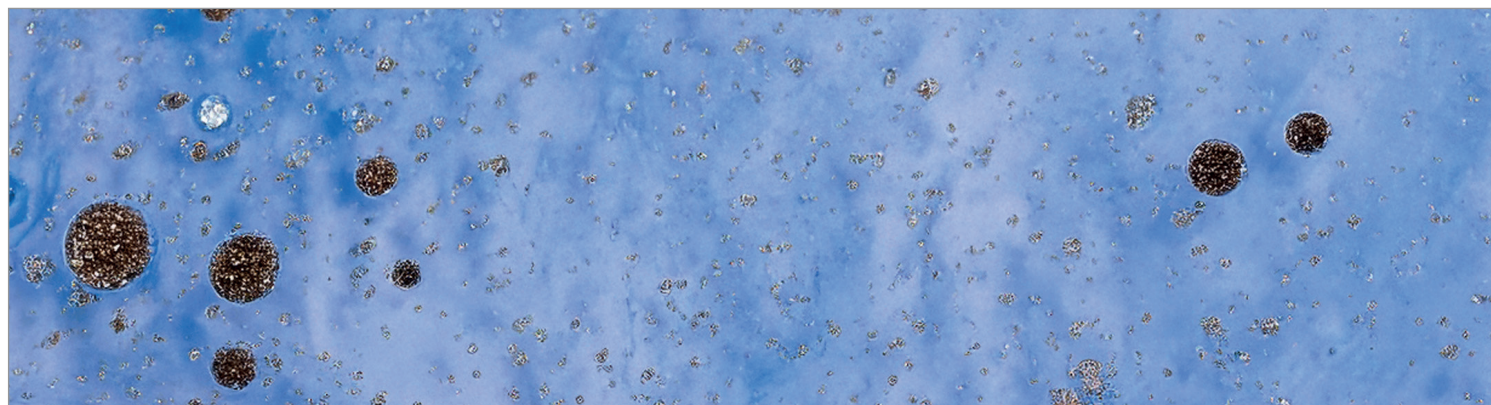
*Un innalzamento della temperatura dell'impianto da 10 °C a 25 °C porta al rilascio di 1,2 l di ossigeno.*



# EFFETTI DELL'ARIA NEGLI IMPIANTI IDROTERMOSANITARI

ing. Mattia Tomasoni

*La presenza di aria all'interno dei circuiti idraulici e sanitari costituisce un fattore critico spesso sottovalutato, ma capace di incidere significativamente sulle prestazioni dell'impianto, alterandone il comportamento sia sotto il profilo dinamico che termico. L'acqua si comporta come un fluido quasi incompressibile, mentre l'aria lo è fortemente. Negli impianti a circuito chiuso il problema è più conosciuto e affrontato con dispositivi dedicati mentre negli impianti idrosanitari la questione viene ancora troppo spesso trascurata. Eppure, la presenza di aria in questi ultimi non è un fenomeno marginale. Comprendere gli effetti dell'aria nei diversi sistemi è il passo fondamentale per cogliere l'entità del problema e individuare le strategie di prevenzione e gestione più efficaci.*



Nell'analisi dei problemi legati al fluido termovettore si osserva spesso una grande attenzione verso lo sporco, mentre la presenza di gas disciolti in acqua e presenti nell'impianto tende ad essere sottovalutata. I due problemi sono spesso correlati tra loro e la presenza di aria nell'impianto è causa della generazione di sporco, innescando un circolo vizioso. Oltre a questo, l'aria reca danno anche sotto forma di malfunzionamenti, compromissione della resa energetica e rotture. Questa caratteristica dell'aria, la porta, ad agire come una molla, accumulando energia in fase di compressione e rilasciandola in modo improvviso e incontrollato. Questo porta a variazioni di pressione, colpi d'ariete e squilibri idraulici, che possono compromettere la regolarità del flusso e la precisione nella regolazione termica dell'impianto.

Inoltre, la presenza di aria può ostacolare in modo significativo lo scambio termico, determinando una riduzione dell'efficienza energetica del sistema. Le microbolle d'aria, in particolare, tendono ad aderire alle superfici di scambio termico, formando una barriera che limita il trasferimento di calore. Infine, l'accumulo di aria può dar luogo alla formazione di vere e proprie sacche, capaci di ostacolare o addirittura interrompere la circolazione del fluido all'interno del circuito.

## COME ENTRA L'ARIA NEGLI IMPIANTI

L'aria può entrare sia all'interno dei circuiti chiusi che dei circuiti aperti in fasi diverse e per motivi differenti:

- **Fase di riempimento:** durante il caricamento iniziale, se non vengono adottate procedure di sfiato corrette, l'acqua ingloba aria che rimane intrappolata nel sistema idronico.
- **Manutenzioni e interventi:** ogni apertura del circuito (sostituzioni, spurghi o riparazioni) rappresenta un'occasione per l'ingresso di aria, in particolar modo se non si ripristina la pressione corretta o non si elimina correttamente l'aria.
- **Depressioni locali:** variazioni di pressione dovute a fermate improvvise delle pompe, colpi d'ariete o cavitazione possono liberare gas disciolti nell'acqua.

- **Tenute non perfette:** micro-perdite in giunzioni, valvole o guarnizioni consentono l'ingresso di aria dall'esterno, soprattutto nei tratti in depressione rispetto all'atmosfera.
- **Cuscini d'aria in autoclavi:** nei sistemi di pressurizzazione, i serbatoi a membrana contengono cuscini d'aria che, in caso di guasti o membrane danneggiate, possono trasferirsi nel circuito.
- **Contatto atmosferico nei serbatoi di accumulo:** nei circuiti aperti o con vasche di espansione non sigillate, il fluido è a diretto contatto con l'aria, favorendo la dissoluzione di ossigeno e la formazione di bolle.

Nei prossimi capitoli analizzeremo in dettaglio le problematiche più comuni legate alla presenza di aria nei circuiti, distinguendo tra sistemi aperti e chiusi. Approfondiremo gli effetti sul funzionamento degli impianti, le implicazioni sulla sicurezza e sull'efficienza energetica.



### Possibili problematiche impianto di riscaldamento



Gorgoglii, rumorosità, colpi d'ariete, fischi



Riduzione scambio termico



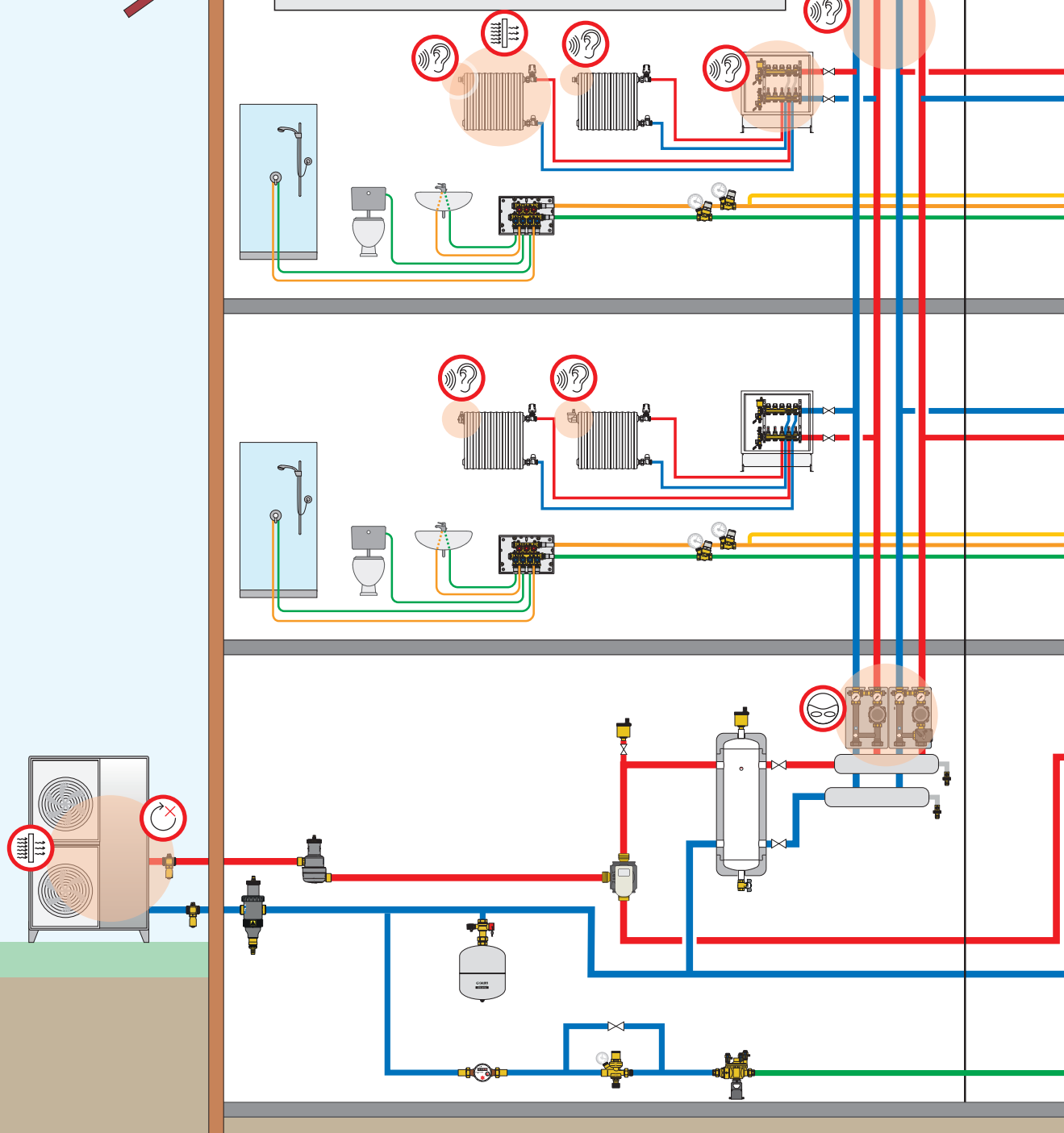
Blocchi circolazione



Stagnazione



Problemi di adescamento e cavitazione







### Possibili problematiche impianto sanitario



Gorgoglii, rumorosità, colpi d'ariete, fischi



Malfunzionamento



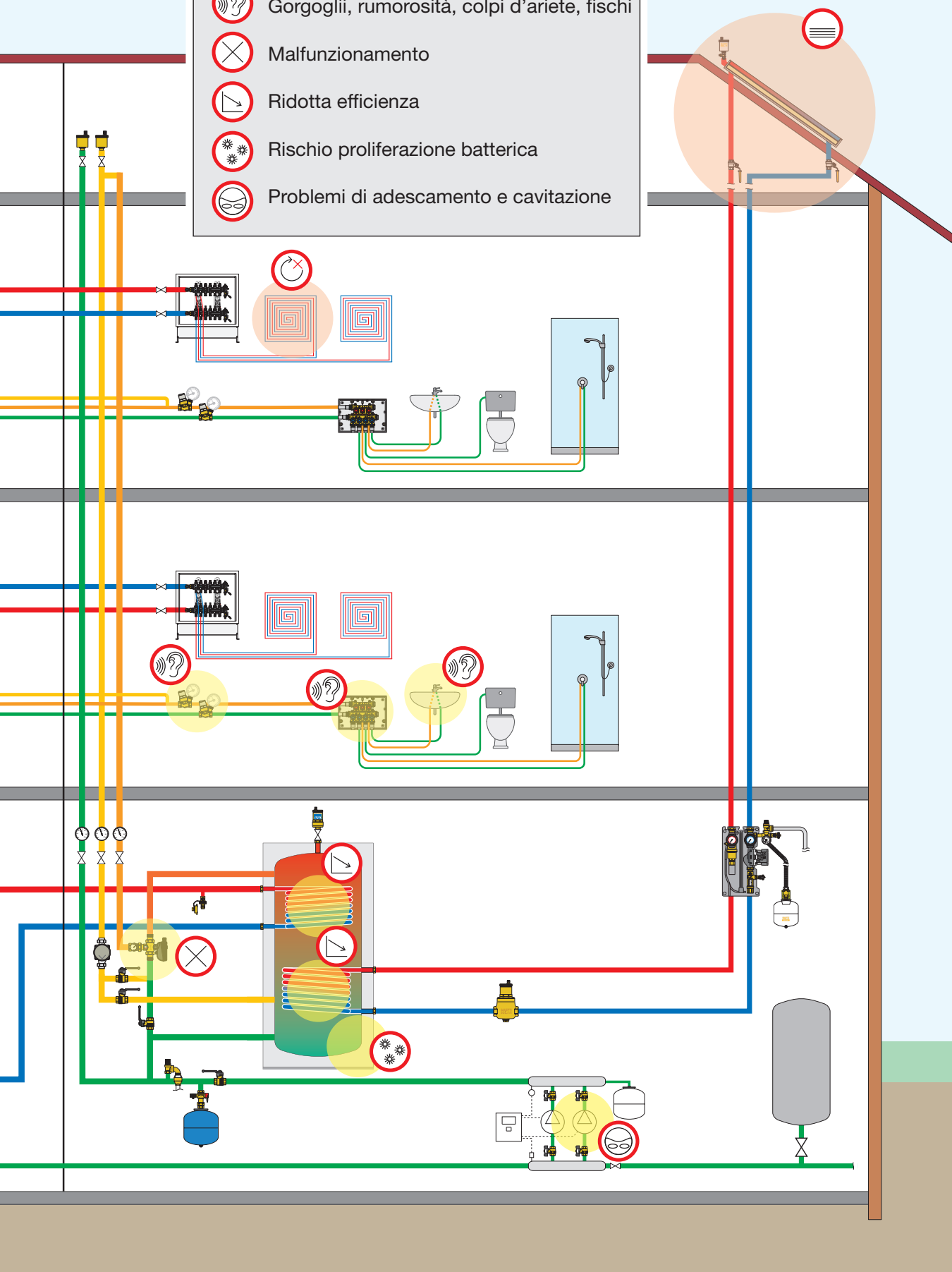
Ridotta efficienza



Rischio proliferazione batterica



Problemi di adescamento e cavitazione



# PROBLEMATICHE DELLA PRESENZA DI ARIA NEI CIRCUITI APERTI

## LA RUMOROSITÀ

La rumorosità generata dalla presenza di aria negli impianti idrosanitari rappresenta una delle criticità più frequenti sia negli edifici residenziali sia nei contesti commerciali. Questo fenomeno si manifesta attraverso una varietà di rumori, che spaziano dai gorgoglii ai colpi improvvisi, influenzando negativamente sul comfort acustico degli ambienti. La comprensione di queste manifestazioni sonore è fondamentale per individuare le cause sottostanti e adottare soluzioni efficaci volte a risolvere queste problematiche preservando la funzionalità e la durabilità delle installazioni idrauliche.

I tipi di rumorosità principali che si possono riscontrare sono:

- Gorgoglii e borbottii
- Colpi d'ariete amplificati
- Fischi e sibili

## RIDUZIONE PORTATA

La portata d'acqua rappresenta un parametro essenziale per il corretto funzionamento degli impianti idrosanitari e per gli elettrodomestici che utilizzano l'acqua come lavatrici e lavastoviglie. Una diminuzione anomala della portata può derivare non solo da ostruzioni, incrostazioni calcaree, dimensionamento errato delle tubazioni o problemi di pressione, ma anche da una causa spesso sottovalutata: la presenza di aria nelle condotte.

L'aria, a differenza dell'acqua, è un fluido comprimibile. Se si accumula nelle tubazioni, può formare sacche o bolle che riducono la sezione utile al passaggio dell'acqua, generando ostacoli localizzati e parziali interruzioni del flusso. Questo fenomeno comporta diversi effetti negativi, tra cui:

- Flussi irregolari o discontinui;
- Percezione di una pressione ridotta ai punti di erogazione;
- Prolungamento dei tempi di riempimento di serbatoi e cassette di scarico;
- Malfunzionamenti di apparecchiature che richiedono un valore minimo di portata, come caldaie istantanee o miscelatori termostatici.

Le aree dell'impianto più vulnerabili all'accumulo d'aria sono:

- Tratti orizzontali con pendenza insufficiente, dove le bolle d'aria stentano a risalire, soprattutto in presenza di contro-pendenze;
- Punti alti delle tubazioni, nei quali l'aria tende naturalmente a concentrarsi;
- Collettori e circuiti secondari privi di adeguati dispositivi di sfogo aria.

Un'analisi attenta della presenza d'aria e l'adozione di appropriati sistemi di sfogo risultano fondamentali per garantire efficienza e affidabilità all'impianto idraulico, evitando cali prestazionali e possibili danni alle apparecchiature collegate.

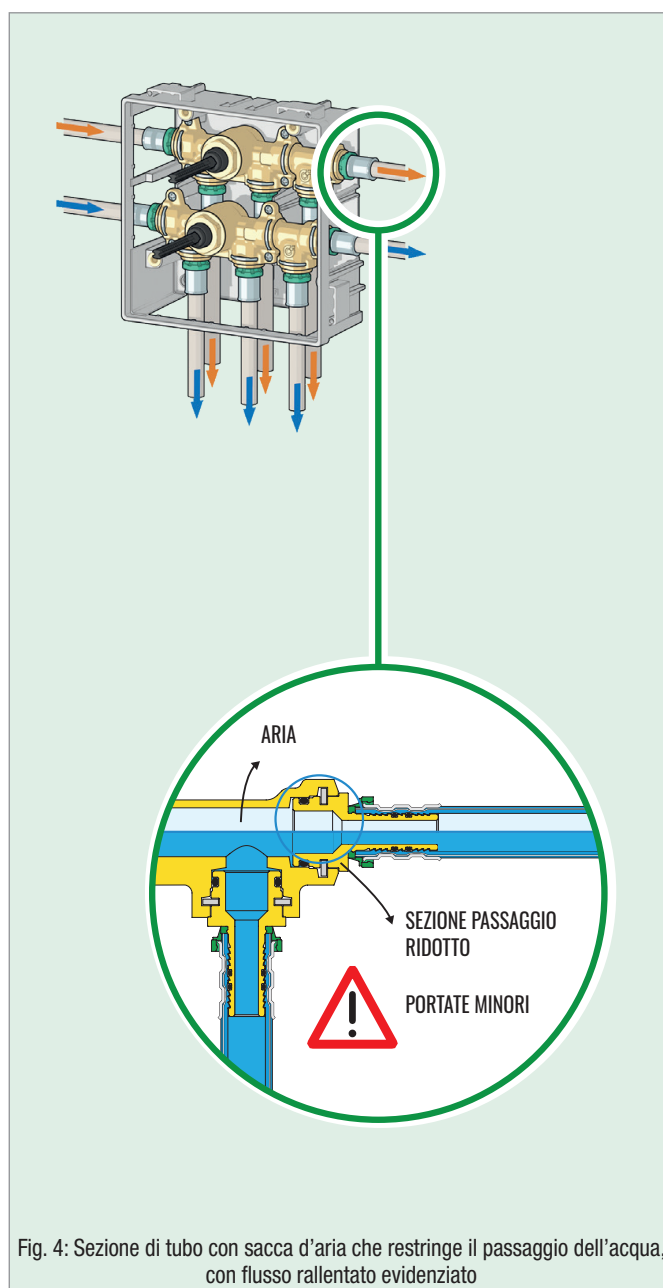


Fig. 4: Sezione di tubo con sacca d'aria che restringe il passaggio dell'acqua, con flusso rallentato evidenziato



## CAVITAZIONE O PROBLEMI DI ADESCAMENTO

Negli impianti sanitari a circuito aperto, la presenza di aria non è solo fonte di rumorosità e riduzione di portata ma può anche generare fenomeni più insidiosi. Tra questi troviamo adescamento difficoltoso e cavitazione, con conseguenze che vanno dal malfunzionamento dei dispositivi fino al danneggiamento meccanico dei componenti.

### ADESCAMENTO

L'adescamento rappresenta una fase fondamentale nel funzionamento di una pompa all'interno di un circuito idraulico, durante la quale il sistema inizia a convogliare acqua in modo regolare e continuo. Questo processo assume un ruolo cruciale negli impianti sanitari, in particolare per dispositivi quali gruppi di sollevamento, sistemi di pressurizzazione e pompe di ricircolo dedicate all'acqua calda sanitaria.

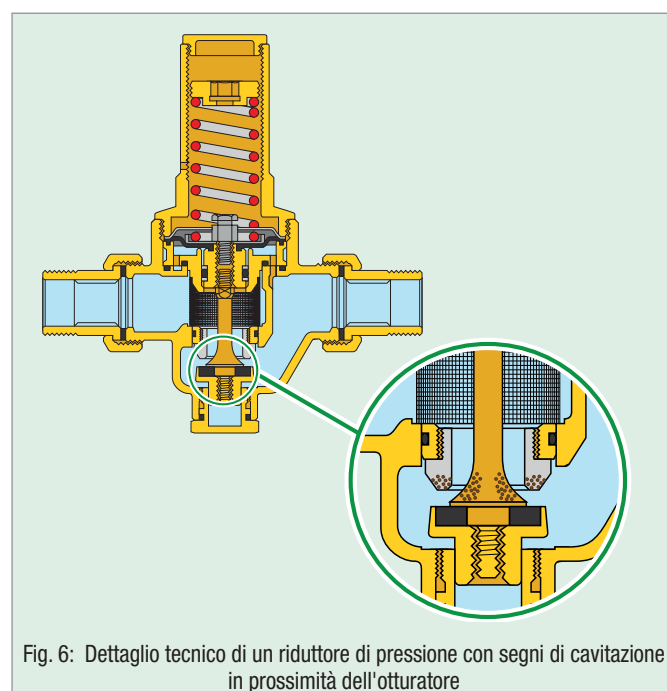
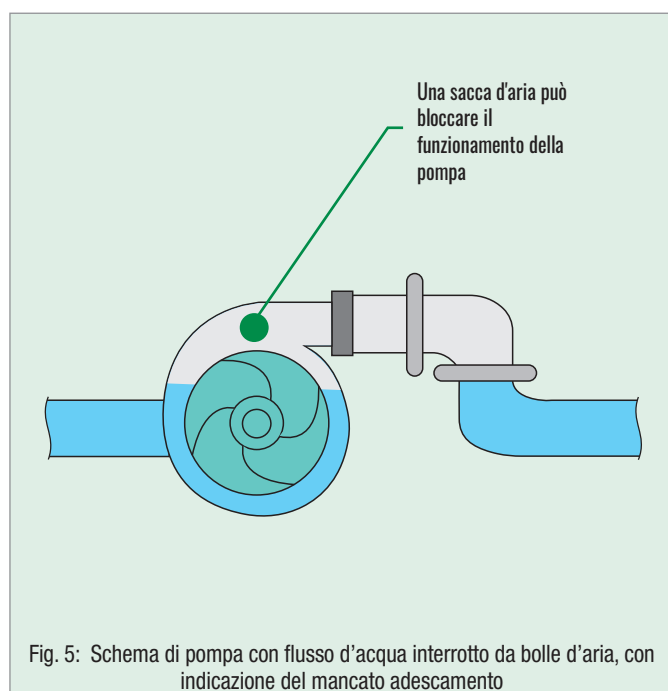
La presenza di aria all'interno del circuito costituisce un ostacolo significativo all'adescamento: le bolle d'aria possono interrompere la continuità del flusso idrico, costringendo la pompa a funzionare "a vuoto", cioè senza riuscire ad aspirare correttamente l'acqua. Inoltre, la formazione di sacche di vapore può impedire il raggiungimento della pressione necessaria in aspirazione, compromettendo la stabilità e l'efficienza dell'intero sistema.

### CAVITAZIONE

La cavitazione è un fenomeno fisico che si manifesta quando la pressione interna di un fluido scende al di sotto del proprio valore di pressione di vapore, creando microbolle che, implodendo in modo repentino, generano onde d'urto concentrate in grado di compromettere in maniera significativa le superfici metalliche a contatto.

Negli impianti sanitari la cavitazione assume particolare rilevanza nei riduttori di pressione. In questi dispositivi, il fluido è soggetto a una brusca diminuzione di pressione dovuta all'effetto della strozzatura interna: qualora tale decremento avvenga troppo rapidamente, la pressione locale può scendere al di sotto del valore di vapore, favorendo così la nucleazione e la crescita di bolle.

La presenza di aria disciolta nel fluido accentua il fenomeno, incrementando la formazione e la successiva implosione delle bolle. Le conseguenze sono rilevanti: le microbolle implodono nelle vicinanze delle superfici interne, causando fenomeni di erosione localizzata (pitting). Il danno, di natura progressiva, si traduce in perdita di tenuta, insorgenza di vibrazioni e rumorosità anomala. Nel lungo termine, tali effetti possono condurre alla rottura del corpo del riduttore.

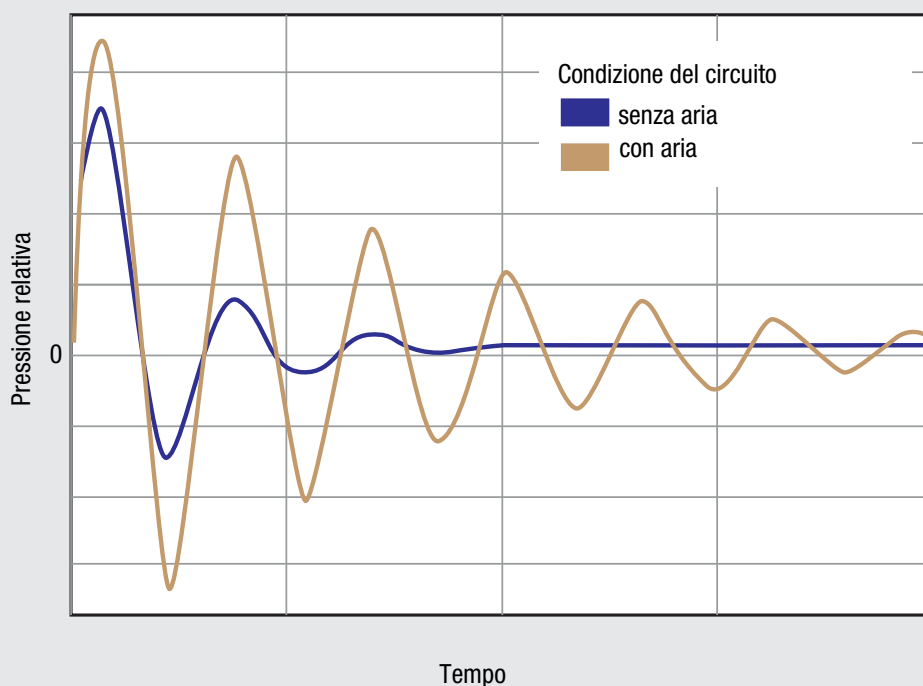


# IL COLPO D'ARIETE

Il colpo di ariete è un fenomeno transitorio che si manifesta quando la velocità dell'acqua in una tubazione varia bruscamente, ad esempio per la chiusura rapida di un rubinetto o l'arresto improvviso di una pompa. Questa variazione genera un'onda di pressione che si propaga lungo la rete ad una velocità elevata, dovuta alle caratteristiche del fluido e del materiale delle tubazioni. In condizioni ideali, il picco di pressione può essere stimato attraverso delle correlazioni matematiche, che legano la sovrappressione alla densità del fluido, alla velocità dell'onda e alla variazione di velocità. Tuttavia, negli impianti, la presenza di aria intrappolata modifica radicalmente il comportamento del sistema, rendendo il fenomeno più complesso e più pericoloso.

## PERCHÉ L'ARIA AMPLIFICA IL COLPO DI ARIETE?

L'aria presente nell'impianto, sia in forma di sacche d'aria che in forma di microbolle, non limita il colpo d'ariete a un singolo impulso ma lo rende un fenomeno oscillatorio. Una sacca d'aria si comporta come una molla, comprimendosi al passaggio dell'onda e restituendo energia subito dopo, amplificando di molto le oscillazioni. Inoltre, in caso di depressione, la colonna d'acqua può separarsi formando cavità. Al momento della riunione delle due colonne d'acqua e alla conseguente chiusura della cavità si generano picchi di pressione anche superiori a quelli previsti dai calcoli teorici. L'aria riduce anche la velocità di propagazione dell'onda, allungando i tempi del transitorio e favorendo la sovrapposizione di riflessioni che si sommano tra loro. Infine, le sacche d'aria possono muoversi lungo la tubazione come veri e propri tappi, accelerando e urtando contro curve o valvole. Questo fenomeno, rappresentato in modo qualitativo nel grafico, è noto come "moto slug" e provoca colpi ripetuti e particolarmente rumorosi.



## SCENARI TIPICI NEGLI IMPIANTI IDROSANITARI

Negli impianti idrosanitari, il colpo d'ariete amplificato dall'aria si manifesta in situazioni molto comuni. Un esempio classico è la chiusura rapida di rubinetti monocomando o di elettrodomestici come lavatrici e lavastoviglie, che interrompono il flusso in modo istantaneo. Anche le elettrovalvole on/off, utilizzate in diversi punti della rete, possono generare oscillazioni di pressione significative. Infine, l'arresto improvviso delle pompe di rilancio può causare rarefazioni e compressioni, con conseguenti colpi violenti.

## CONSEGUENZE PRATICHE

Gli effetti di questi fenomeni non si limitano al rumore, che già di per sé compromette il comfort dell'utente. Le sovrappressioni e le oscillazioni ripetute sottopongono le tubazioni e i componenti a stress meccanici che, nel tempo, possono causare usura precoce di valvole e giunti, microperdite e persino rotture improvvise in reti con pressioni elevate. In altre parole, il colpo di ariete amplificato dall'aria non è solo un problema di comfort, ma anche di affidabilità e sicurezza dell'impianto.

## ERRATO FUNZIONAMENTO DEI COMPONENTI

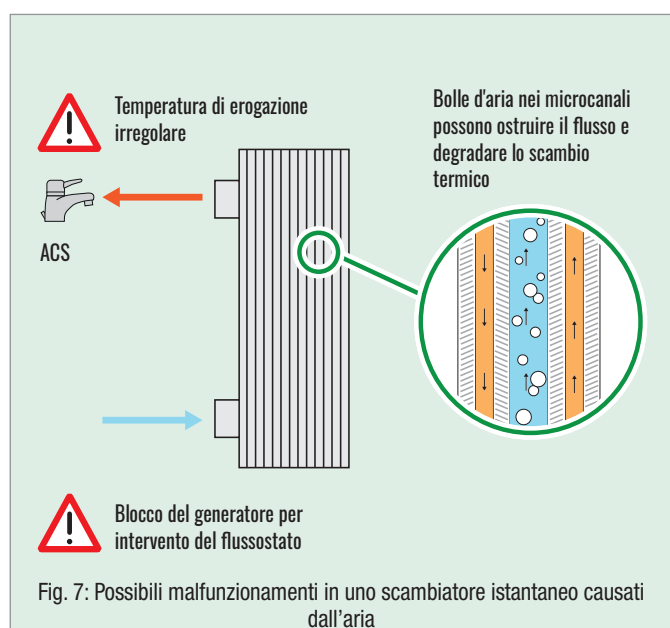
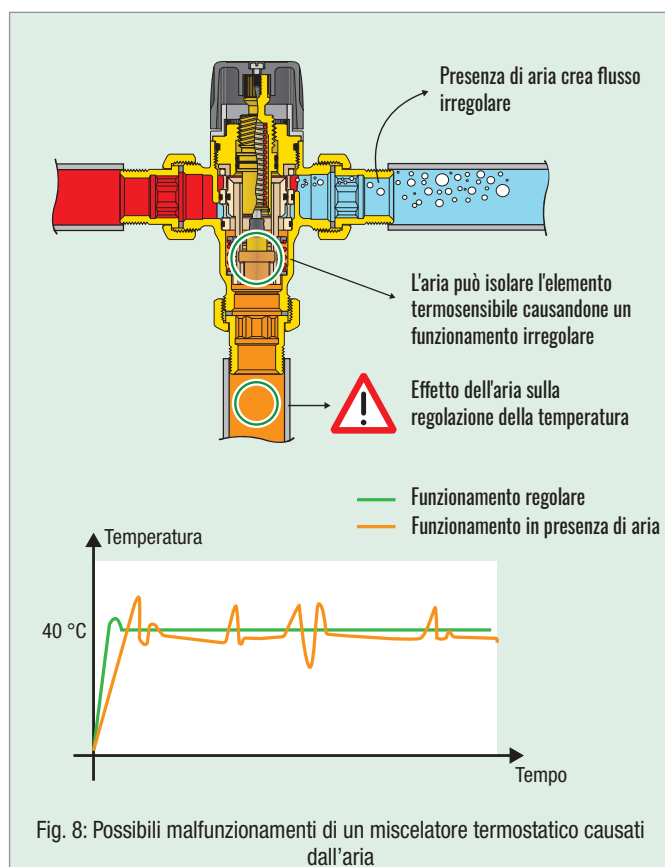
Negli impianti sanitari a circuito aperto, la presenza di aria non è solo fonte di rumorosità o riduzione di portata: può compromettere il funzionamento di diversi componenti fondamentali, causando disservizi, inefficienze e, in alcuni casi, danni permanenti. Tra i dispositivi più sensibili alla presenza di aria troviamo i miscelatori monocomando e termostatici, riscaldatori istantanei (a gas o elettrici) e bollitori elettrici ad accumulo.

### MISCELATORI

I miscelatori termostatici sono dispositivi che richiedono condizioni di funzionamento molto precise per garantire prestazioni ottimali e sicurezza. L'infiltrazione di aria nel circuito idraulico rappresenta un elemento di disturbo significativo, capace di compromettere la stabilità del flusso e la regolazione della temperatura.

La presenza di bolle d'aria può infatti causare un'erogazione intermittente o irregolare dell'acqua, con flussi non costanti che si traducono in un'esperienza d'uso discontinua e poco confortevole. Questo effetto è particolarmente evidente nei miscelatori termostatici, dove il bilanciamento tra acqua calda e fredda è regolato da sensori e meccanismi di precisione. Eventuali anomalie nella pressione o nella portata, generate dalla presenza di aria, determinano brusche variazioni termiche e sbalzi di temperatura repentini.

Queste instabilità non solo riducono il comfort percepito dall'utente, ma possono rappresentare anche un potenziale rischio per la sicurezza, specialmente in contesti domestici o sanitari dove la temperatura costante dell'acqua è un parametro fondamentale.



### RISCALDATORI ISTANTANEI

I riscaldatori istantanei, siano essi caldaie a gas o scaldacqua elettrici a flusso continuo, rappresentano una soluzione efficiente per la produzione di acqua calda sanitaria. Tuttavia, il loro corretto funzionamento è strettamente legato alla costanza della portata idrica e all'assenza di aria nell'impianto. La presenza di bolle d'aria nel circuito, infatti, può compromettere significativamente l'efficienza del sistema e la sicurezza dell'utente.

In primo luogo, l'aria può ridurre il flusso d'acqua al di sotto della soglia minima necessaria per l'attivazione del riscaldatore, causando così accensioni mancate. Questo fenomeno, oltre a generare disservizi, può mettere sotto stress i componenti elettronici e meccanici dell'apparecchiatura. Durante il funzionamento, la presenza di aria può interrompere bruscamente il flusso d'acqua, determinando spegnimenti improvvisi che riducono il comfort dell'utente e aumentano il rischio di guasti.



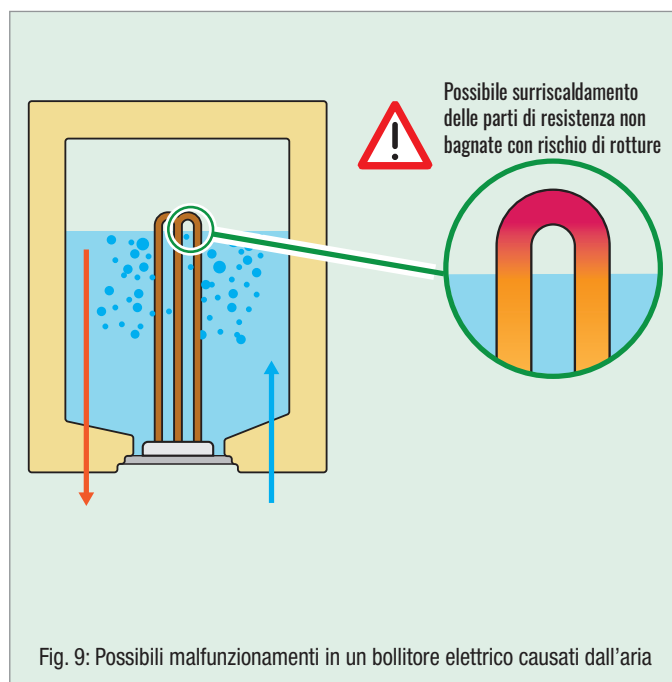
Un ulteriore aspetto critico riguarda il surriscaldamento localizzato: in presenza di aria, lo scambio termico diminuisce, causando possibili sovra-temperature nei punti in cui l'acqua non circola correttamente. Ciò può compromettere l'integrità del sistema e, nei casi più gravi, portare all'intervento dei dispositivi di sicurezza o al danneggiamento permanente dei componenti interni.

Infine, è fondamentale sottolineare che i riscaldatori istantanei utilizzano sensori di portata per regolare con precisione la temperatura dell'acqua erogata. La presenza di aria altera la lettura della portata reale, portando a escursioni termiche indesiderate e oscillazioni tra acqua troppo calda e troppo fredda. Come accade per i miscelatori anche in questo caso si abbassa il comfort termico percepito e si possono avere rischi per la sicurezza dell'utente

## BOLLITORI ELETTRICI

Nei bollitori elettrici ad accumulo, l'ingresso involontario di aria nel serbatoio può generare problematiche di rilievo sia sul piano funzionale che su quello della sicurezza. In particolare, la formazione di sacche d'aria nella parte superiore del bollitore comporta il rischio che le resistenze elettriche risultino parzialmente scoperte, ovvero non completamente immerse nell'acqua. Questa condizione altera il normale scambio termico tra resistenza e fluido, con effetti potenzialmente critici.

Il riscaldamento non uniforme può portare a surriscaldamenti localizzati, deformazioni della resistenza stessa e perfino alla rottura per shock termico. Oltre a compromettere direttamente la durata e l'affidabilità dei componenti, la presenza di aria riduce sensibilmente l'efficienza del bollitore riducendone il volume utile, costringendo il sistema a lavorare per periodi più lunghi e con consumi energetici superiori per raggiungere la temperatura desiderata. Nei casi più gravi, questa situazione può innescare l'intervento dei dispositivi di protezione termica, con conseguente fermo macchina o danni permanenti agli elementi interni.



## CORROSIONI E PROBLEMI DI POTABILITÀ

Nei sistemi idraulici sanitari, la presenza di aria non è solo un disturbo funzionale (rumori, colpi d'ariete, fluttuazioni di pressione), ma rappresenta anche un serio rischio per la durabilità degli impianti e la qualità dell'acqua erogata.

### 1. Corrosione accelerata: l'ossigeno come catalizzatore

L'aria introdotta nei circuiti sanitari contiene ossigeno, che può innescare o accelerare processi di corrosione nei materiali metallici, in particolare acciaio, rame e leghe ferrose. In presenza di acqua, l'ossigeno disciolto favorisce reazioni elettrochimiche che portano alla formazione di ossidi e alla degradazione delle superfici interne delle tubazioni.

Effetti principali:

- Formazione di ruggine e incrostazioni che riducono la sezione utile delle tubazioni.
- Perdita di integrità strutturale dei componenti metallici.
- Contaminazione dell'acqua con prodotti di corrosione (ferro, rame, zinco), che possono alterarne le caratteristiche organolettiche e chimiche.

### 2. Sviluppo microbico: l'aria come vettore e attivatore

L'ingresso di aria può introdurre microrganismi ambientali nel circuito idrico, ma soprattutto può creare le condizioni favorevoli alla proliferazione batterica. L'aria può favorire la crescita di biofilm batterici, strutture complesse che proteggono i microrganismi e ne facilitano la proliferazione. In particolare, la presenza di ossigeno e nutrienti in zone di ristagno crea l'ambiente ideale per batteri come *Pseudomonas aeruginosa* e *Legionella pneumophila*.

### 3. Potabilità compromessa: alterazioni chimiche e biologiche

La qualità dell'acqua potabile può essere compromessa in modo diretto e indiretto dall'ingresso di aria. Oltre alla contaminazione da prodotti di corrosione e batteri, l'aria può alterare l'equilibrio chimico dell'acqua, modificandone il pH, la conducibilità e la concentrazione di gas disciolti alterandone le caratteristiche come sapore ed odore.

Nei sistemi idraulici sanitari, la presenza di aria va ben oltre il semplice disagio funzionale (rumori, colpi d'ariete o fluttuazioni della pressione) ma costituisce un elemento di rischio sia per la durabilità degli impianti sia per la qualità dell'acqua erogata.

In condizioni di umidità e presenza continua di acqua, l'ossigeno disciolto favorisce reazioni elettrochimiche che portano rapidamente alla formazione di ossidi, con conseguente perdita di integrità delle superfici interne delle tubazioni. Questo fenomeno si traduce in una progressiva formazione di ruggine e incrostazioni, riducendo la sezione utile delle

condotte e compromettendo la resistenza strutturale dei componenti metallici. Inoltre, la degradazione dei materiali può provocare la contaminazione dell'acqua con prodotti di corrosione come ferro, rame e zinco, modificando le proprietà organolettiche e chimiche del fluido.

Non meno rilevante è la correlazione tra ingresso di aria e sviluppo microbico nei circuiti idrici. L'aria può introdurre microrganismi ambientali e, soprattutto, creare condizioni ideali per la proliferazione batterica. Le zone di ristagno, dove l'aria rimane intrappolata, ostacolano il flusso continuo dell'acqua e diventano siti privilegiati per la formazione di biofilm batterici. Queste strutture proteggono i microrganismi e ne facilitano la diffusione, specie in presenza di ossigeno e nutrienti, creando ambienti favorevoli per batteri come *Pseudomonas aeruginosa* e *Legionella pneumophila*.

Infine, il tema della potabilità dell'acqua è strettamente legato agli effetti chimici e biologici dell'aria nei sistemi idraulici. L'ingresso di aria può alterare direttamente o indirettamente la qualità dell'acqua potabile, sia attraverso la contaminazione da prodotti di corrosione e agenti microbici, sia modificando parametri chimici come pH, conducibilità e concentrazione di gas disciolti. Tali alterazioni si riflettono anche sulle caratteristiche sensoriali, come sapore e odore, compromettendo ulteriormente la sicurezza e l'accettabilità dell'acqua distribuita. Quindi, la gestione dell'aria nei sistemi idraulici non è soltanto una questione di efficienza operativa, ma rappresenta un aspetto fondamentale per la tutela della salute e la conservazione degli impianti.

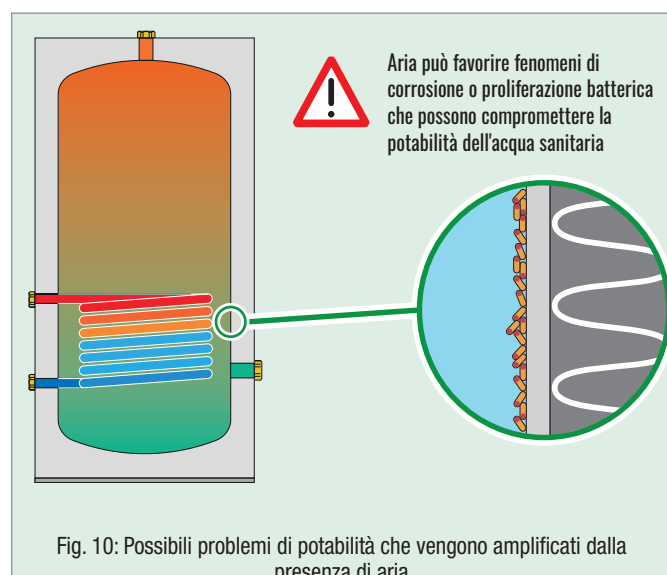


Fig. 10: Possibili problemi di potabilità che vengono amplificati dalla presenza di aria

# PROBLEMATICHE DELLA PRESENZA DI ARIA NEI CIRCUITI CHIUSI

## RUMOROSITÀ

La presenza di aria negli impianti di climatizzazione si manifesta spesso attraverso problemi di rumorosità. Le sacche d'aria, ristagnando nei punti più elevati degli emettitori (ad esempio radiatori) facendo da cassa di risonanza e amplificando il rumore.

I suoni che si presentano sono gorgoglii e sibili. Il sibilo, è causato dal passaggio delle bolle d'aria attraverso le sezioni più strette dell'impianto, come gli otturatori. Il gorgoglio è una problematica che nasce dallo spostamento dell'aria intrappolata verso i punti alti dell'impianto attraverso le colonne montanti.

## CAVITAZIONE

La cavitazione è un fenomeno fisico che si verifica nei fluidi come l'acqua e che può causare seri danni ai componenti degli impianti idraulici. In parole semplici, la cavitazione è la formazione e la successiva rapida implosione di microbolle di vapore all'interno dell'acqua. Il nome deriva dal fatto che queste microbolle, chiamate dagli scienziati "cave d'aria", creano delle vere e proprie cavità nel fluido.

La cavitazione si innesca quando l'acqua, scorrendo ad altissima velocità, attraversa zone a bassa pressione. Questo repentino abbassamento di pressione fa sì che l'acqua inizi a "bollire" anche a basse temperature, trasformandosi in vapore e creando microbolle. Appena queste microbolle lasciano la zona di bassa pressione, possono implodere violentemente a causa del cambio di pressione improvviso. La bolla collassa su se stessa in modo rapidissimo sprigionando una pressione in loco elevatissima (fino a mille atmosfere) con la conseguente generazione di danni ai componenti.

L'implosione può avvenire in maniera simmetrica o asimmetrica. Nel caso di implosione simmetrica la pressione del fluido va ad agire in modo uniforme sulle microbolle, facendole collassare in modo sferico. A causa dell'imperfezione del fluido la maggior parte delle microbolle collassa in modo asimmetrico. Sono proprio queste implosioni a creare delle onde d'urto direzionate che portano alla generazione dei danni tipici dati dai fenomeni di cavitazione. Dato che la cavitazione è legata alla formazione di bolle di vapore, la soluzione principale per contrastarla è utilizzare acqua ben disaerata.

Negli impianti di climatizzazione, i punti più a rischio sono quelli dove il fluido subisce forti accelerazioni o le strozzature, come le giranti delle pompe o le valvole di regolazione. I danni generati dalla cavitazione risultano quindi:

- Rumori e vibrazioni molto forti: spesso descritti come "scoppiettii" o "colpi di martello". Nei casi più gravi, come sulle navi, le vibrazioni possono far oscillare intere strutture.
- Danni meccanici e corrosione: le implosioni erodono e segnano le superfici metalliche come tanti colpi. Questo può compromettere il funzionamento e causare la rottura di componenti delicati come le giranti delle pompe e le sedi delle valvole.

## BLOCCHI ALLA CIRCOLAZIONE

I blocchi alla circolazione sono dovuti principalmente alle macrobolle d'aria che vanno a ostruire il passaggio ed impedire la circolazione dell'acqua, con un conseguente errato funzionamento dell'impianto e un mancato scambio termico. Questo problema è particolarmente accentuato negli impianti a pannelli radianti in cui le ampie superfici di scambio possono ridursi notevolmente a causa dei blocchi.



Fig. 11: Gorgoglii e sibili dai terminali

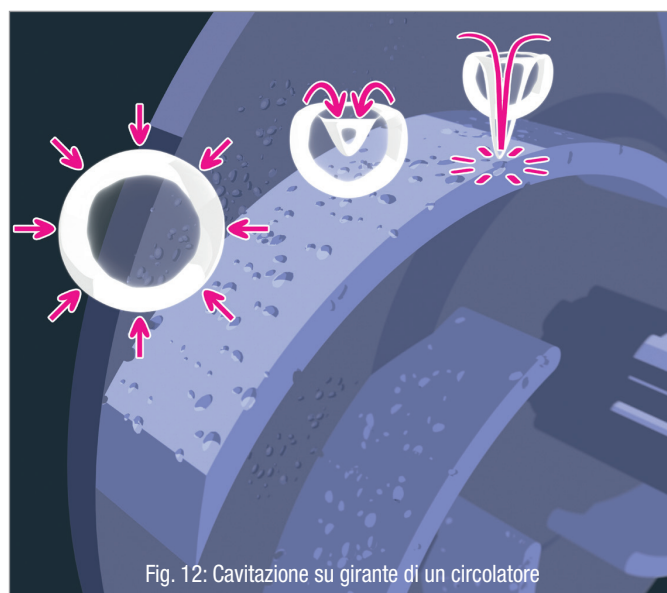


Fig. 12: Cavitazione su girante di un circolatore



## RIDUZIONE DELLO SCAMBIO TERMICO

La presenza di aria negli impianti di riscaldamento riduce notevolmente lo scambio termico, poiché l'aria ha una conducibilità pari a 0,026 W/m·K contro i 0,6 W/m·K dell'acqua (rapporto 23:1). Il problema è critico soprattutto negli impianti a bassa temperatura di mandata, come quelli con pompe di calore, e nei punti con elevato scambio termico: radiatori, pannelli radianti e scambiatori. L'aria accumulata funziona da isolante e ostacola la cessione di calore. Negli impianti di climatizzazione, una corretta resa degli scambiatori è essenziale, poiché lo scambio termico (Q) dipende dall'equazione riportata in Formula 1; in presenza di tubi a parete sottile, il coefficiente globale (U) può essere calcolato con la formula semplificata in Formula 2.

$$Q = U * A * \Delta T$$

dove:

Q = potenza termica scambiata

U = coefficiente globale di scambio termico

A = superficie di scambio

$\Delta T$  = differenza di temperatura tra i fluidi

Formula 1

$$\frac{1}{U} \approx \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e}$$

dove:

$h_i$  = coefficienti di scambio termico convettivo del fluido interno

$h_e$  = coefficienti di scambio termico convettivo del fluido esterno

U = coefficiente globale di scambio termico

Formula 2

Il valore di U dipende in modo significativo dai coefficienti di scambio termico convettivo dei fluidi coinvolti. Quando l'acqua non è pura ma contiene bolle d'aria, il suo comportamento come liquido omogeneo viene alterato. Queste possono poi accumularsi lungo le superfici di scambio riducendo drasticamente il coefficiente di scambio termico convettivo (h). In breve, le conseguenze della presenza d'aria nello scambiatore sono:

1. Riduzione del coefficiente convettivo (h): siccome l'aria si comporta da isolante termico.
2. Riduzione del coefficiente globale (U): come conseguenza della riduzione del coefficiente convettivo.
3. Calo della potenza termica scambiata (Q): poiché la potenza termica scambiata (Q) è direttamente proporzionale a U.

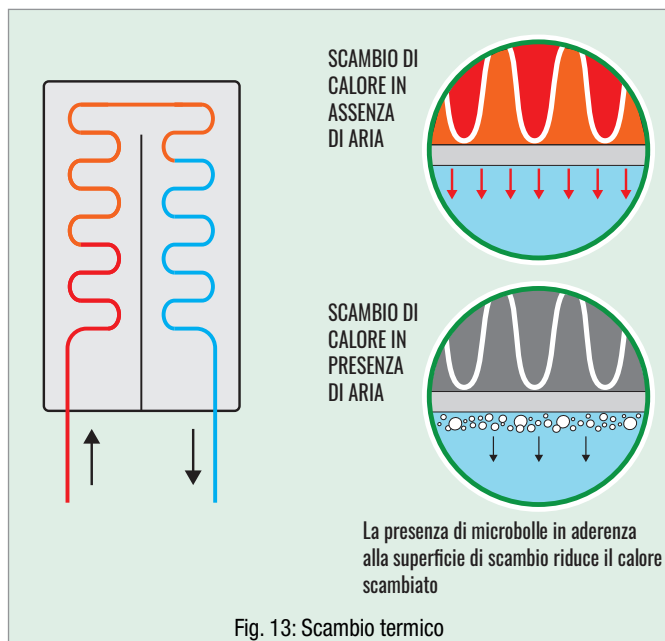
In sintesi, la presenza di aria negli scambiatori di calore compromette seriamente l'efficienza dello scambio termico, con ripercussioni dirette sulle prestazioni dell'impianto e sul comfort termico dell'utente. Questa riduzione viene spesso considerata all'interno dei calcoli di dimensionamento andando ad incrementare il coefficiente di sporco (fouling factor)

ma senza contare che i passaggi molto stretti degli scambiatori, se ostruiti dalle bolle d'aria, possono portare alla riduzione dell'efficienza anche del 5-10%. Questo problema risulta ancor più critico in generatori come le pompe di calore in cui si può rischiare di non soddisfare il comfort termico richiesto dalle utenze.

## STAGNAZIONE






Il raggiungimento del fabbisogno termico dell'impianto può creare un'insufficiente circolazione dell'acqua. Se il calore non viene smaltito correttamente, la temperatura del fluido può aumentare fino a raggiungere il punto di ebollizione; questo fenomeno è chiamato stagnazione. La stagnazione non solo degrada le proprietà del fluido termovettore (acqua e glicole), ma può anche danneggiare i collettori e altri componenti a causa delle elevate temperature e pressioni che si generano. Nel circuito solare i disaeratori vengono posizionati sul ritorno dal bollitore al pannello solare per evitare sfiati di vapore ad alta temperatura anche se questo non è il punto a temperatura più alta.

Per garantire il corretto funzionamento e la durata di un impianto solare termico, è fondamentale assicurarsi che il circuito sia completamente privo di aria. Questo si ottiene attraverso un corretto riempimento e spurgo dell'impianto in fase di installazione e tramite il posizionamento di disaeratori e valvole di sfogo nei punti critici del circuito, così da eliminare automaticamente l'aria che potrebbe formarsi durante il normale funzionamento.



## FORMAZIONE DI CORROSIONE E FANGHI

I problemi legati all'aria sono dovuti alla tipologia di impianto (alta o bassa temperatura) ed ai materiali presenti. Come accade per i circuiti sanitari, la presenza di aria favorisce meccanismi corrosivi rispetto ai materiali ferrosi e la formazione di alghe e fanghi. Nella tabella sotto riportata si riassumono le principali problematiche legate alla presenza di aria negli impianti basandosi sulla norma UNI 8065. La stessa norma riporta per ogni materiale le tipologie di corrosioni possibili e la possibilità di formazione di depositi o fanghi.

	 RAME	 MATERIALE FERROSO	 ACCIAIO INOX	 ALLUMINIO	 MATERIALE PLASTICO
<b>FORMAZIONE DI FANGHI</b>	●	●		●	●
<b>DEPOSITI</b>	●			●	
<b>CORROSIONE UNIFORME</b> la superficie metallica viene attaccata in modo omogeneo, portando all'assottigliamento del materiale.	●	●	●		
<b>CORROSIONE PUNTIFORME</b> la superficie metallica viene attaccata in modo localizzato, creando tanti piccoli fori sulla superficie.	●				
<b>CORROSIONE SELETTIVA</b> in una lega metallica viene attaccato solo il metallo meno nobile, come nel caso della dezincificazione dell'ottone.	●	●			
<b>CORROSIONE BIMETALLICA</b> in una lega, il metallo meno nobile si comporta come anodo corrodendosi più velocemente rispetto al metallo più nobile.		●		●	
<b>CORROSIONE-EROSIONE</b> la superficie viene attaccata contemporaneamente da un'azione chimica (corrosione) ed in modo fisico (erosione).			●		
<b>TENSOCORROSIONE</b> il metallo subisce fratture da stress meccanico di trazione avvenute in ambiente corrosivo.			●		
<b>A TAGLIO DI COLTELLO</b> solo negli acciai inossidabili vengono attaccate le saldature. Gli stabilizzanti in questi punti possono sciogliersi ed il carbonio rilasciato rende il metallo vulnerabile ad attacchi corrosivi.			●		

Tab. 1: Formazioni causate dall'intersezione tra materiali e acqua e aria

# RIMOZIONE DELL'ARIA

ingg. Mattia Tomasoni e Alessandro Tonietti

*La presenza di aria nei circuiti idronici e idrosanitari rappresenta una delle principali criticità tecniche, capace di compromettere l'efficienza, l'affidabilità e la durata dell'impianto. La corretta gestione dell'aria nelle tubazioni è quindi essenziale per progettisti e manutentori, poiché da essa dipendono sia la sicurezza operativa che il mantenimento delle prestazioni nel tempo. L'eliminazione dell'aria dal circuito si articola generalmente in due fasi complementari, ciascuna con specifiche esigenze tecniche che influenzano le scelte impiantistiche e operative.*



Prima dell'avviamento di un impianto di climatizzazione è necessario rimuovere l'aria residua da tubazioni e componenti idraulici, così da consentire un riempimento completo e uniforme con acqua. In questa fase, l'aria presente a pressione atmosferica tende a concentrarsi nei punti più alti dell'impianto per effetto della differenza di densità rispetto al fluido. Se non adeguatamente evacuata, può formare macrobolle o sacche d'aria compressa che ostacolano la circolazione, generano rumori e possono innescare fenomeni critici come colpi d'ariete o sovrappressioni.

Per questo motivo, durante il riempimento, assumono un ruolo prioritario le valvole di sfogo aria manuali o automatiche, deputate all'eliminazione rapida delle macrobolle localizzate nei punti alti e critici del circuito. Una corretta disposizione di tali dispositivi consente un riempimento sicuro, riduce i tempi di messa in servizio e previene disfunzioni iniziali dell'impianto.

Durante il funzionamento ordinario dell'impianto, l'aria può riformarsi per rilascio dei gas precedentemente disciolti nell'acqua a seguito di variazioni di temperatura e pressione, secondo quanto descritto dalla legge di Henry. In queste condizioni l'aria si manifesta prevalentemente sotto forma di microbolle, che tendono ad aggregarsi nei punti di bassa velocità o nei componenti più sensibili, con effetti negativi su scambio termico ed efficienza idraulica.

In questa fase risultano strategici i disaeratori automatici, progettati per intercettare ed eliminare in modo continuo le microbolle circolanti. Tuttavia, l'aria disciolta residua, non intercettabile con dispositivi tradizionali, richiede soluzioni specifiche come i degasatori sottovuoto, in grado di agire direttamente sul contenuto gassoso del fluido.

Nei circuiti aperti, dove il continuo apporto di aria rende più complessa la gestione, diventa essenziale la combinazione di sfiati rapidi e sistemi di disaerazione efficienti, installati in punti strategici. Sebbene le soluzioni adottate nelle fasi di riempimento ed esercizio possano risultare simili dal punto di vista costruttivo, esse rispondono a esigenze operative differenti e richiedono una gestione mirata. Un approccio progettuale non adeguato può tradursi, ad esempio, in perdite d'acqua, riduzione delle prestazioni e accelerazione dei fenomeni di degrado dei materiali, con conseguente diminuzione della vita utile dell'impianto.



## Dispositivi di sfogo aria in fase di riempimento impianto



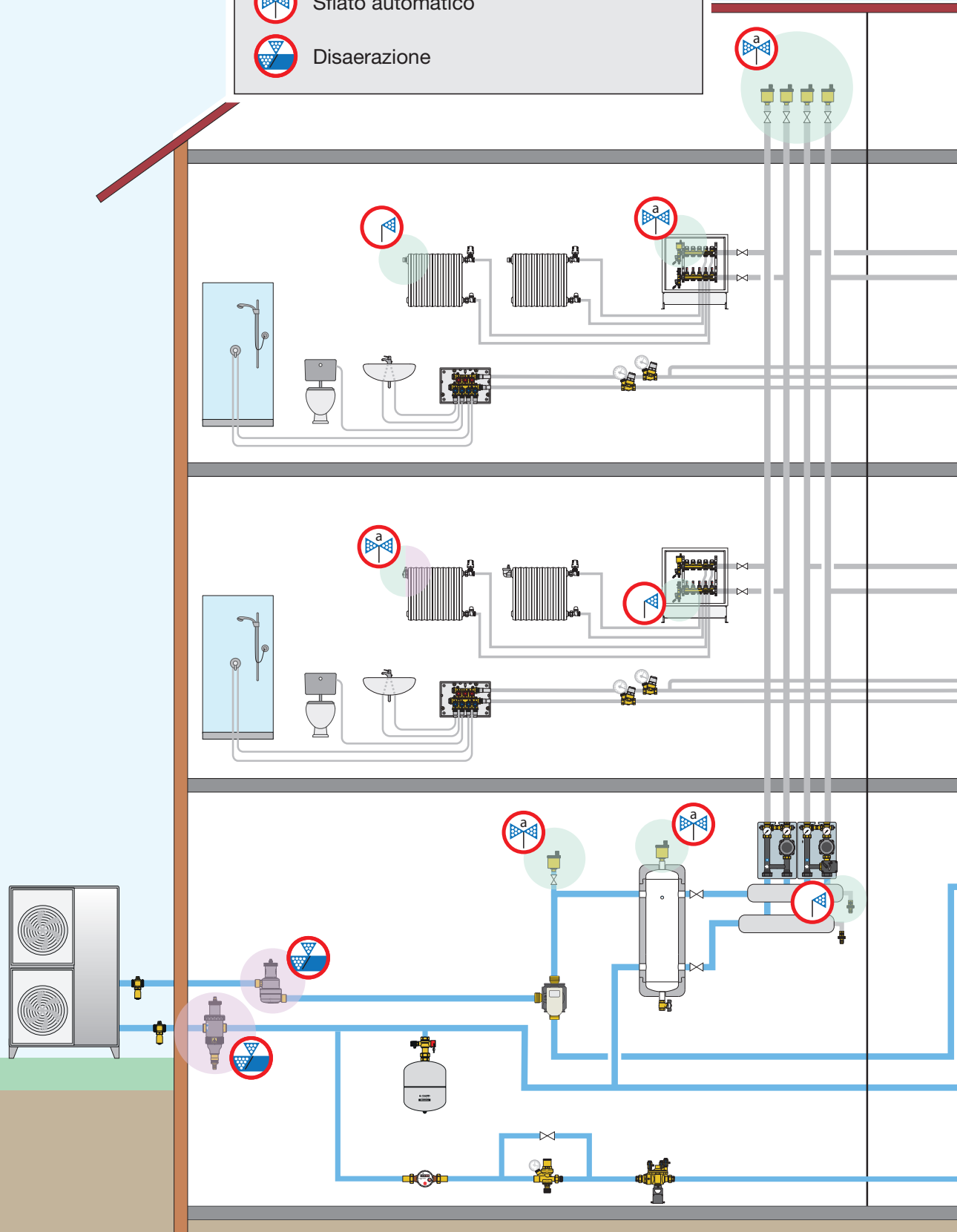
Sfiato manuale




Sfiato automatico





Disaerazione




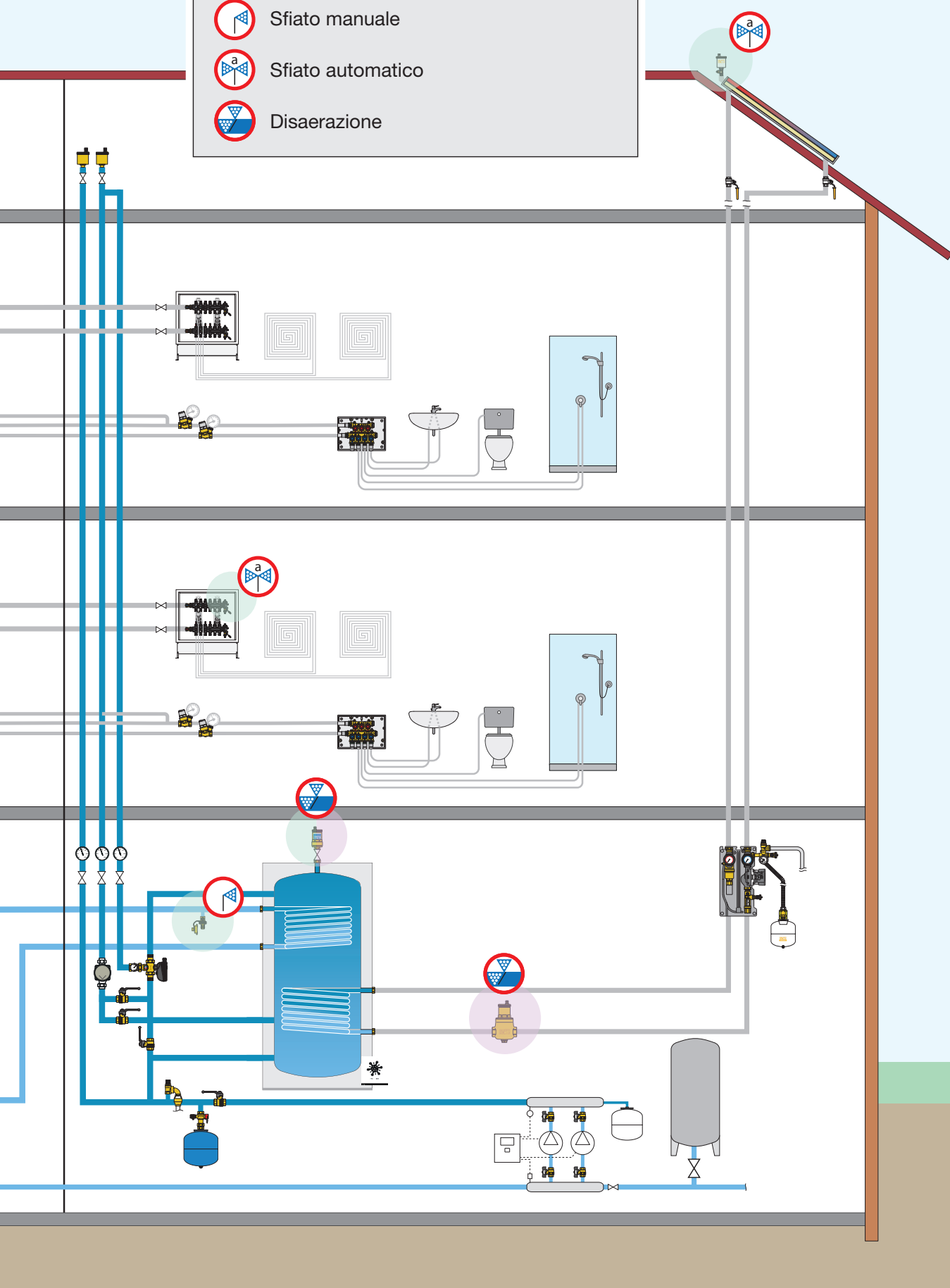



**Dispositivi di sfogo aria  
in fase di esercizio**


Sfiato manuale


Sfiato automatico


Disaerazione



## POMPE DI CALORE CON REFRIGERANTE R290

L'industria della climatizzazione sta attraversando una fase di trasformazione radicale, spinta dai regolamenti F-Gas e dalla necessità di decarbonizzare il riscaldamento residenziale e commerciale seguendo direttive come l'EPBD IV.

In questo contesto, il refrigerante R290 (propano) è emerso come il gas di riferimento per la prossima generazione di pompe di calore, grazie a un Potenziale di Riscaldamento Globale (GWP) molto basso, al suo essere un gas naturale e a proprietà termodinamiche eccellenti.

Il propano (R290) è però un idrocarburo infiammabile (categoria A3) e, questa sua caratteristica, richiede precauzioni di sicurezza specifiche nella pompa di calore con accorgimenti puntuali per luogo di installazione e realizzazione dell'impianto abbinato.

Le normative più seguite per la costruzione dei generatori che usano questo refrigerante sono la UNI EN 378 e la EN IEC 60335-2-40:2023.

La normativa UNI EN 378 partiziona il sito d'installazione in quattro aree distinte (unità interna, unità esterna, locale tecnico e zona di sicurezza), definendo le formule per determinare il limite massimo di carica refrigerante consentita in ciascuna di esse. Tale criterio impone una progettazione rigorosa che bilanci la potenza termica richiesta con il volume di refrigerante nel circuito. Parallelamente, tra le varie specifiche, la EN IEC 60335-2-40:2023 vincola i costruttori a dettagliare nei manuali d'uso i requisiti di installazione, ponendo particolare attenzione alla ventilazione dell'unità esterna e alla presenza di aperture. Per le macchine di taglia maggiore, o al superamento di determinati limiti di carica, le norme attuali prescrivono l'adozione di sistemi di ventilazione forzata (estrattori), componenti elettrici antideflagranti e sensori di rilevamento perdite (sniffer). Questi "accorgimenti" servono ad evitare la formazione di sacche di gas interne alla macchina che potrebbero causare rischi di incendio o esplosione.

### UNI EN 378

norma di sistema che regola l'installazione, la manutenzione e la sicurezza ambientale dell'intero impianto

### EN IEC 60335-2-40:2023

norma di prodotto che definisce i requisiti costruttivi e di sicurezza elettrica per certificare il singolo apparecchio e vale solo fino a certe quantità di refrigerante

Lo standard IEC 60335-2-40 (appendice GG.6) per le pompe di calore residenziali annovera diverse soluzioni riguardanti la protezione del circuito idronico dall'eventuale fuoriuscita di gas refrigerante, tra queste le più utilizzate dai costruttori sono:

- L'utilizzo di uno scambiatore a doppia parete
- L'installazione sulla tubazione di mandata di un degasatore ad alta efficienza in abbinamento ad una valvola di sicurezza in grado di rimuovere la maggior parte del gas refrigerante al primo passaggio.

I costruttori si stanno muovendo prevalentemente verso la seconda opzione, in quanto gli scambiatori a doppia parete sono più costosi ed implicano una perdita di efficienza della macchina.



### L'ingresso di refrigerante nell'acqua tecnica dell'impianto

La fessurazione dello scambiatore può essere il risultato della presenza di particelle di sporco che alterano lo scambio termico tra il circuito gas e quello idronico. Questa alterazione potrebbe portare ad un congelamento e ad un indebolimento della struttura dello scambiatore con una conseguente rottura.

Un'altra possibile causa è l'accumulo di calcare sulle pareti interne che provoca corrosione e indebolimento. L'acqua, soprattutto se con PH acido può corrodere le pareti metalliche creando microscopiche fessure che nel tempo si allargano a seguito delle continue variazioni di temperatura, dovute all'accensione e allo spegnimento frequenti della pompa di calore.

Il circuito refrigerante si trova a pressioni maggiori rispetto a quello idronico, con il conseguente ingresso del gas nel circuito idronico a causa del  $\Delta p$ .

Si distinguono principalmente due tipologie di rottura dello scambiatore:

- micro perdita o trafilamento: solo il degasatore è coinvolto nella separazione ed evacuazione del gas. In questa condizione l'efficienza del degasatore al primo passaggio dell'acqua è fondamentale per evitare che un quantitativo di gas potenzialmente pericoloso possa raggiungere gli ambienti occupati.
- macro perdita: in caso di collasso della piastra, l'entità della perdita di gas è normalmente superiore, determinando un incremento di pressione che provoca l'apertura della valvola di sicurezza.

Un degasatore ad alta efficienza installato nella pompa di calore interviene per ridurre il rischio che un'eventuale trafilamento di gas nel circuito idronico possa essere trasportato all'interno dei locali.

Il costruttore che si affida a questa soluzione tecnica deve dimensionare adeguatamente i componenti in funzione della potenza del generatore e della portata e verificare che l'efficienza di degasazione al primo passaggio sia rispettata in tutte le condizioni di esercizio.

Per gli impianti a servizio di pompe di calore ad R290, alcuni costruttori suggeriscono di utilizzare sfiati manuali o di intercettare gli sfiati automatici durante il normale funzionamento dell'impianto. Così facendo, l'unico punto di sfiato risulta il degasatore ad alta efficienza che, come detto in precedenza, è posizionato in spazi esterni all'edificio.



# CIRCUITO APERTO

Nel contesto dei circuiti idrosanitari aperti, la gestione dell'aria all'interno delle tubazioni rappresenta una delle sfide tecniche più rilevanti per garantire efficienza, sicurezza e durata dell'impianto. L'eliminazione dell'aria si articola tipicamente in due momenti distinti ma strettamente interconnessi, ciascuno caratterizzato da specificità operative che ne condizionano la scelta delle soluzioni tecniche e la modalità di intervento.

## FASE DI RIEMPIMENTO

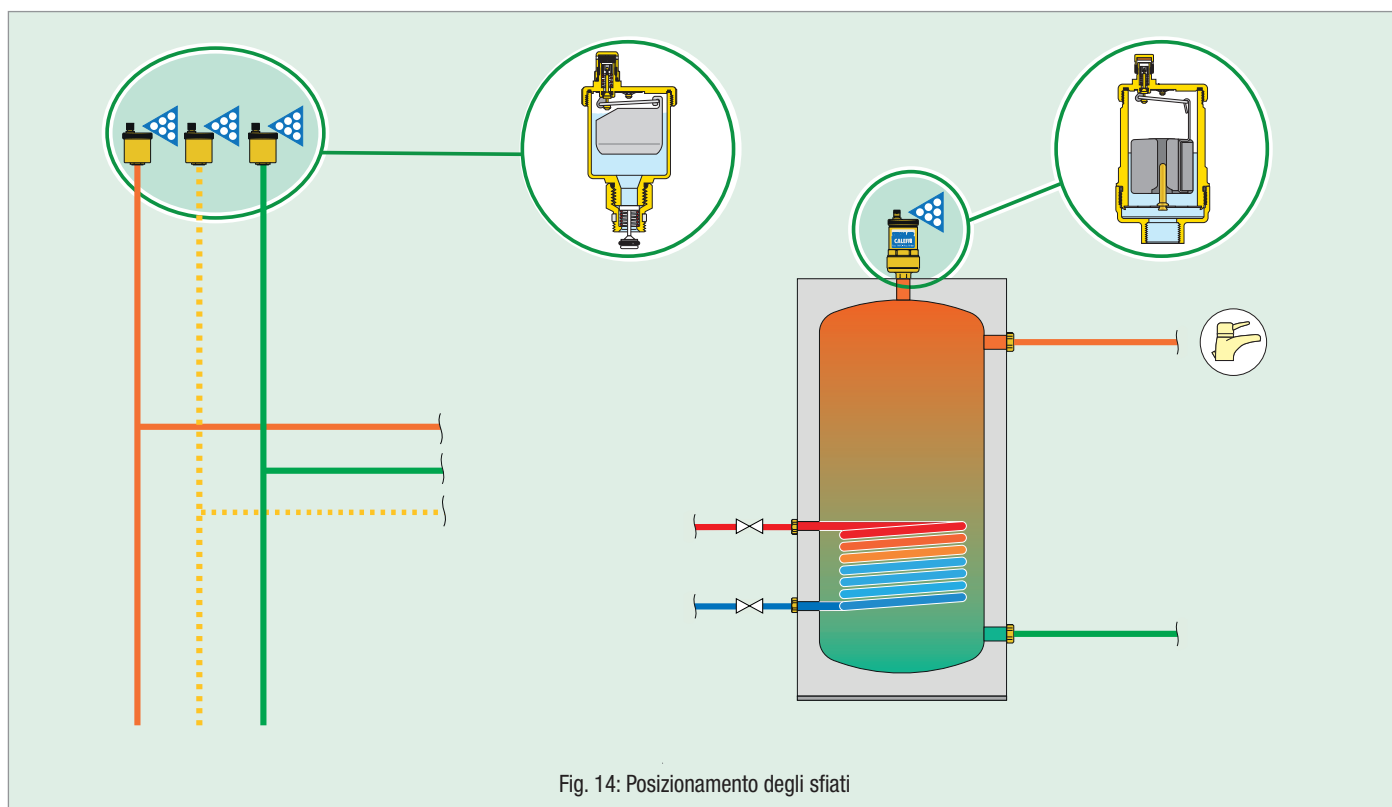
La fase di riempimento di un impianto sanitario rappresenta un momento cruciale che influisce direttamente sulla funzionalità, sulla sicurezza e sulla longevità del sistema. Anche un'operazione apparentemente semplice, come l'immissione di acqua nelle tubazioni, può provocare problematiche rilevanti se non viene gestita con attenzione. Il principale fattore di rischio è costituito dall'aria intrappolata all'interno delle condutture.

Per evitare la formazione di sacche d'aria all'interno del sistema di distribuzione è fondamentale intervenire in due momenti distinti ma complementari. Durante la fase progettuale e costruttiva occorre prevedere sfiati manuali e automatici posizionati nei punti più alti e scegliere la tipologia più idonea in base alle caratteristiche dell'impianto e alla pressione di esercizio. Successivamente, nella fase operativa, cioè durante il riempimento vero e proprio, è indispensabile seguire una procedura corretta che preveda un riempimento lento e controllato, mantenendo aperti gli sfiati e verificando la completa evacuazione dell'aria, per poi eseguire i controlli finali che assicurino il corretto funzionamento del sistema.

Gli sfiati hanno il compito di eliminare l'aria che si accumula nei punti critici della rete, per ottenere un risultato efficace, è necessario rispettare alcuni principi fondamentali.

### 1. Posizionamento nei punti più elevati dell'impianto

La corretta installazione degli sfiati nei circuiti idrosanitari prevede il loro posizionamento sulle sommità delle colonne montanti e delle dorsali principali. Questo accorgimento sfrutta il naturale comportamento dell'aria, che tende a risalire verso le zone più alte del sistema. Un altro punto strategico per l'inserimento degli sfiati è la sommità dei bollitori: qui la velocità del fluido è generalmente ridotta e il riscaldamento dell'acqua favorisce la liberazione dell'aria disciolta, così come la raccolta dell'aria trascinata.



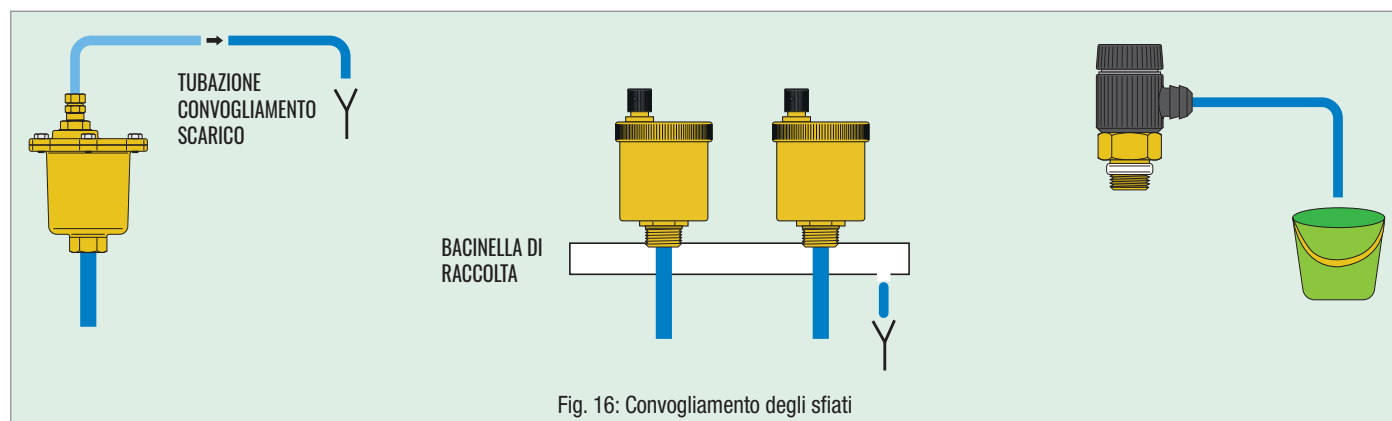
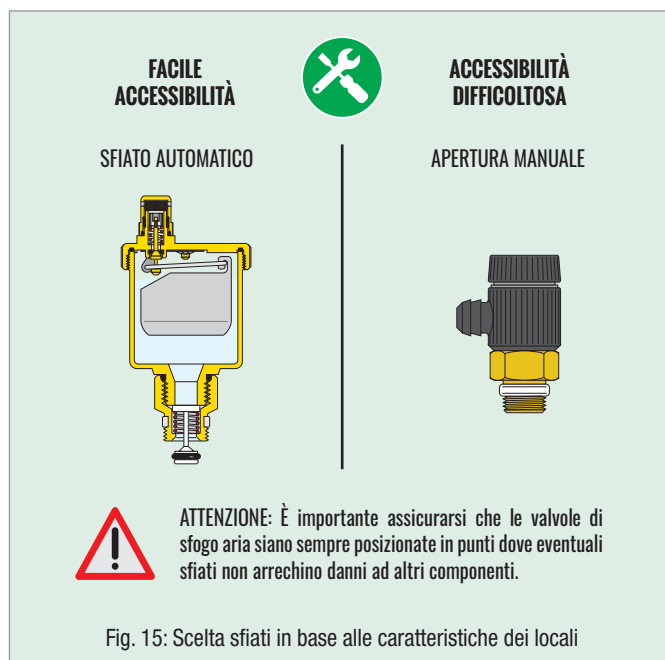


## 2. Collocazione in locali tecnici facilmente accessibili.

La manutenzione periodica è indispensabile per garantire la funzionalità delle valvole di sfiato. È consigliabile installare i dispositivi in ambienti tecnici facilmente accessibili, per facilitare controllo e sostituzione ed evitare danni o allagamenti in locali inadeguati. Nei punti difficili da raggiungere e privi di scarico, è meglio utilizzare sfiati manuali invece di quelli automatici.

## 3. Convogliamento degli sfiati manuali agli scarichi

Durante le operazioni di spurgo, è possibile che si verifichino fuoriuscite d'acqua. Per evitare allagamenti o danni, gli sfiati manuali devono essere collegati o poter essere collegati tramite opportuni collegamenti temporanei (portagomma) a scarichi dedicati. Nelle vicinanze degli sfiati automatici devono esserci sempre delle pilette di raccolta od opportuni convogliamenti delle perdite in caso di guasto.



## 4. Intercettazione garantita

Ogni sfiato deve essere dotato di una valvola di intercettazione che consenta di isolarlo senza dover svuotare l'intero impianto. Questo accorgimento, oltre a isolare eventuali perdite dovute a malfunzionamenti degli sfiati è fondamentale per semplificare le operazioni di manutenzione e ridurre i tempi di fermo.



## 5. Selezione dei componenti appropriati

La selezione dei componenti va fatta in funzione della pressione e della temperatura dell'impianto, garantendo la loro idoneità al contatto con acqua potabile.

Le posizioni preferenziali per rispettare questi criteri sono:

- **In centrale termica**, sopra i bollitori, dove la formazione di aria è più frequente a causa delle variazioni di temperatura e pressione e poiché è un punto naturale di accumulo dell'aria. In questo caso la scelta preferenziale è lo sfogo automatico.
- **In testa alle colonne montanti**, per eliminare le sacche d'aria che si accumulano nei punti più alti della distribuzione, garantendo così la continuità del flusso e la stabilità del sistema. In questo caso si può optare sia per lo sfogo automatico che manuale. Nei sistemi estesi è sempre meglio un sistema automatico ma bisogna avere gli accorgimenti spiegati in precedenza.
- **Fine linea** nelle lunghe distribuzioni (ad esempio corridoi alberghi o grandi complessi residenziali). In questo caso in genere si utilizzano sfoghi manuali soprattutto per problemi di accessibilità e manutenzione.

## CORRETTA PROCEDURA DI RIEMPIMENTO

Come anticipato, questa fase necessita di particolare attenzione in fase di riempimento così da prevenire ed evitare tutti i problemi elencati finora.

Un riempimento troppo rapido o effettuato da punti posti in quota favorisce l'intrappolamento di volumi d'aria considerevoli all'interno delle tubazioni. L'aria residua, infatti, può generare sacche che ostacolano il corretto deflusso dell'acqua, provocando tutti i fenomeni di cui si è discusso nel capitolo precedente. Inoltre, la mancata supervisione della pressione di ingresso durante il riempimento può indurre colpi d'ariete, vibrazioni dannose e sollecitazioni meccaniche che, nei casi più gravi, possono determinare la rottura di raccordi o componenti delicati.

Un ulteriore aspetto spesso trascurato riguarda il controllo finale della tenuta dei componenti. La presenza di giunti o valvole non perfettamente serrati può causare perdite d'acqua anche significative, con il rischio di allagamenti e danni a strutture e apparecchiature. In quest'ottica, la procedura di riempimento deve essere strutturata secondo una sequenza precisa che possiamo riassumere nei punti seguenti:

### 1. Chiusura preliminare di tutte le valvole di intercettazione secondarie

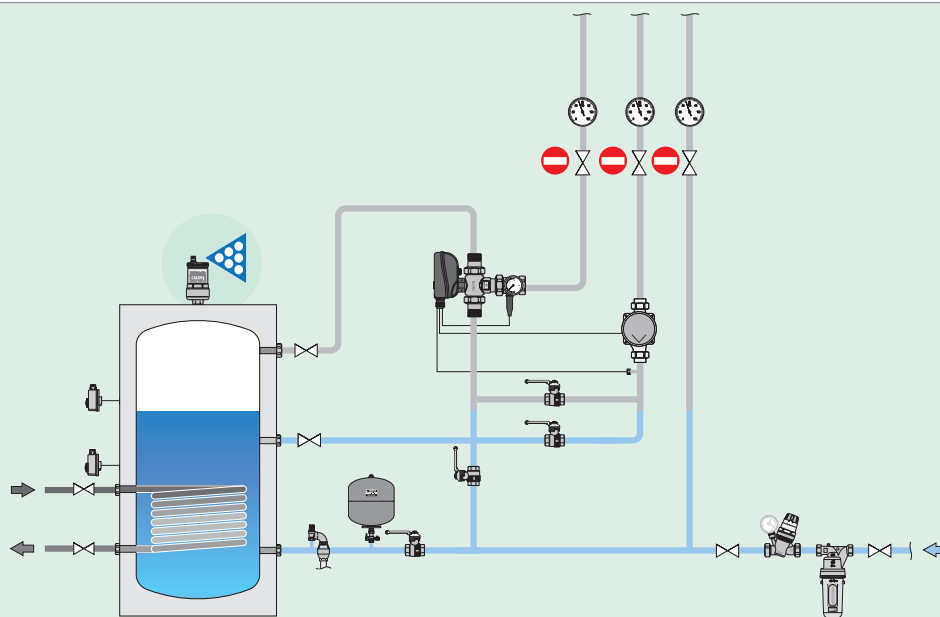
Prima di iniziare il riempimento, è necessario assicurarsi che tutte le valvole di intercettazione secondarie (come, ad esempio, quelle dei montanti e delle derivazioni secondarie) siano completamente chiuse. Questa operazione consente di isolare le varie sezioni dell'impianto, evitando che l'acqua si distribuisca in modo incontrollato e favorendo un riempimento graduale delle singole tratte.

### 2. Riempimento per fasi successive e controlli

L'acqua deve essere introdotta nell'impianto partendo dal punto più basso, procedendo in modo lento e progressivo. Tale approccio permette all'aria presente nelle tubazioni di essere spinta verso l'alto, dove potrà essere efficacemente evacuata tramite gli sfiati. Durante questa fase, è fondamentale mantenere aperti sia gli sfiati automatici che quelli manuali, per facilitare la fuoriuscita dell'aria e prevenire la formazione di bolle o sacche residue. Tale procedura va ripetuta per ogni diramazione intercettata precedentemente.

È indispensabile monitorare la pressione durante tutto il processo di riempimento, al fine di evitare l'insorgere di colpi d'ariete e sovrappressioni localizzate. Un controllo attento consente di intervenire tempestivamente in caso di anomalie, proteggendo i componenti più sensibili dell'impianto da possibili danni meccanici.

Introdurre l'acqua gradualmente dal livello inferiore, assicurandosi che tutte le altre sezioni dell'impianto restino chiuse durante questa fase.



Dopo aver riempito la sezione inferiore, si passa al riempimento delle altre parti dell'impianto una alla volta, mantenendo aperti i dispositivi di sfiato o i terminali.

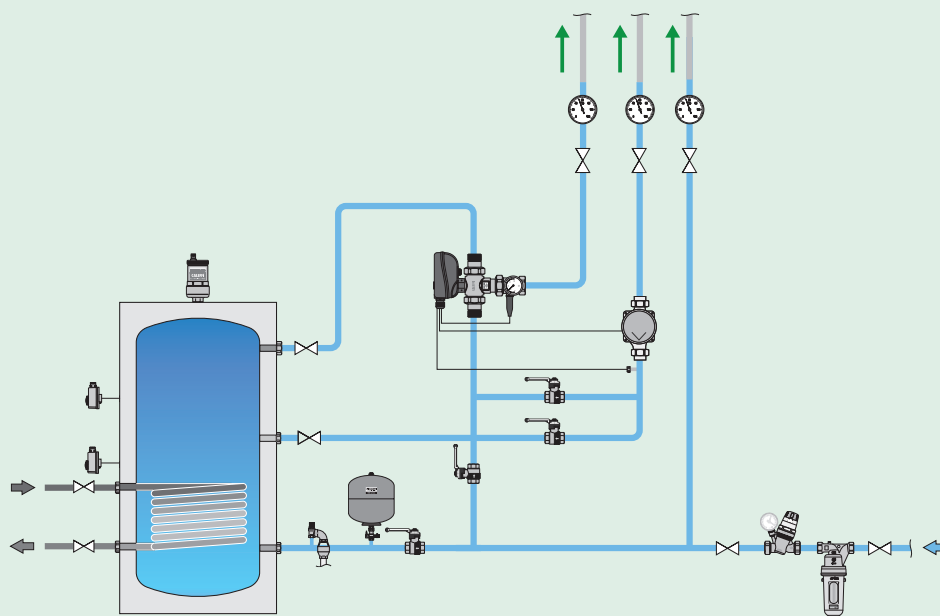


Fig. 18: Riempimento impianto idrosanitario per fasi successive

### 3. Monitoraggio e spurgo finale

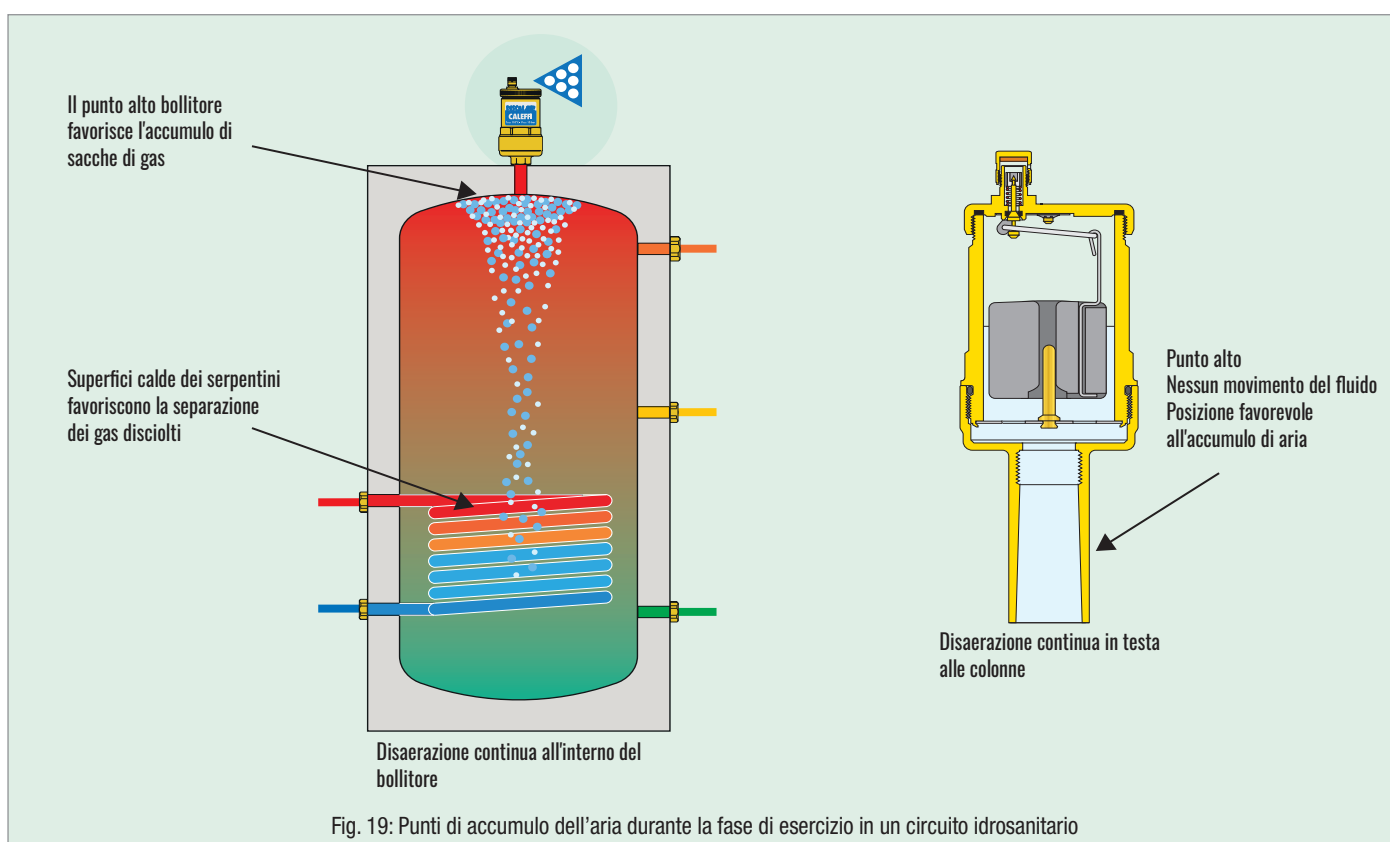
Al termine della fase di riempimento dell'impianto, è fondamentale procedere con uno spurgo manuale accurato nei punti strategici, in particolare alle estremità delle linee e presso i rubinetti terminali. Questa operazione non solo agevola l'espulsione completa dell'aria residua, ma svolge anche un ruolo essenziale nel processo di "lavaggio" delle tubazioni. Lo spurgo consente infatti di rimuovere eventuali impurità o depositi accumulatisi durante i periodi di inattività o a seguito di interventi di manutenzione, garantendo così la massima efficienza e pulizia del circuito idraulico.

Durante questa fase, è altresì opportuno eseguire una verifica scrupolosa della tenuta dei disaeratori automatici e di tutti i componenti sottoposti a pressione. Tale controllo permette di individuare tempestivamente eventuali perdite o malfunzionamenti, assicurando la sicurezza e l'affidabilità dell'impianto nel tempo. L'adozione di queste pratiche, unite a una costante attenzione alle condizioni operative, rappresenta una misura imprescindibile per il mantenimento della qualità e delle prestazioni dell'intero sistema.

## FASE DI ESERCIZIO

Nonostante una procedura di riempimento eseguita correttamente, l'acqua introdotta negli impianti idrosanitari contiene comunque una quota significativa di gas disciolti, come azoto, ossigeno e anidride carbonica. Questi gas, presenti in soluzione alle normali condizioni di esercizio, tendono a liberarsi gradualmente durante la fase operativa, in particolare a seguito di variazioni di pressione e temperatura.

Un ulteriore aspetto da considerare riguarda l'immissione accidentale di aria durante il normale esercizio dell'impianto. L'aria può penetrare nel sistema a causa di interventi sulla rete dell'acquedotto, fluttuazioni di pressione, fenomeni di cavitazione o per effetto di depressioni localizzate, specialmente nei sistemi pressurizzati o alimentati da pozzi. Tali condizioni, unite al fatto che si sta lavorando su un circuito aperto, favoriscono l'ingresso di aria attraverso punti deboli o guarnizioni non perfettamente sigillate.



Per prevenire questi inconvenienti, risulta fondamentale installare disaeratori automatici in posizioni strategiche dell'impianto, in particolare nei tratti soggetti a maggiore riscaldamento, dove la solubilità dei gas si riduce e il rischio di formazione di bolle aumenta.

Nei circuiti aperti, la disaerazione continua o a più passaggi risulta meno agevole rispetto ai circuiti chiusi, rendendo indispensabili sfiati localizzati ad azione rapida per garantire l'efficienza del sistema.

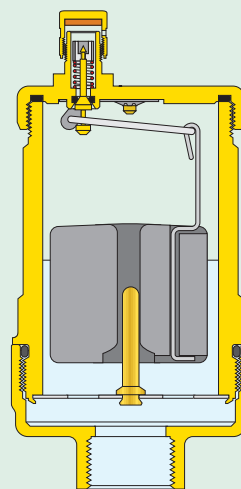
La selezione e l'installazione dei dispositivi di sfiato e disaerazione assumono quindi un ruolo centrale nella progettazione e gestione dei circuiti idrosanitari, incidendo direttamente su sicurezza, affidabilità e prestazioni dell'impianto. Una scelta o installazione non conforme può compromettere anche le migliori soluzioni progettuali, generando inefficienze e costi elevati di manutenzione. È quindi necessario adottare un approccio rigoroso, che tenga conto sia delle caratteristiche tecniche dei dispositivi sia delle specificità dei circuiti aperti.

Sebbene i dispositivi di disaerazione per circuiti aperti presentino analogie costruttive con quelli destinati ai circuiti chiusi, la loro applicazione in ambito idrosanitario impone il rispetto di requisiti specifici, indispensabili per garantire la salubrità dell'acqua e la durabilità delle installazioni.



In particolare, è fondamentale prestare attenzione a:

- Utilizzo esclusivo di materiali certificati per il contatto con acqua potabile, in grado di preservare le proprietà organolettiche e chimiche del fluido, evitando la cessione di sostanze indesiderate o alterazioni di gusto e odore.
- Elevata resistenza alla corrosione interna ed esterna, necessaria per garantire la longevità dei dispositivi in condizioni operative spesso aggressive.
- Maggiore resistenza alla pressione statica, in quanto i circuiti idrosanitari operano generalmente a pressioni maggiori rispetto ai circuiti chiusi.
- Adozione di sistemi di sicurezza contro sovrappressioni e colpi d'ariete, con eventuale integrazione di dispositivi attenuatori per tutelare componenti e integrità dell'impianto.
- Capacità di evacuazione rapida dell'aria in fase di riempimento e aspirazione efficace durante lo svuotamento, minimizzando la formazione di sacche d'aria e interruzioni nel flusso idrico.
- Tenuta stagna affidabile in esercizio, essenziale per prevenire perdite che possano compromettere efficienza idraulica e sicurezza degli ambienti.
- Funzionalità costante anche in presenza di variazioni di pressione, garantendo prestazioni regolari nelle condizioni operative tipiche dei circuiti idrosanitari.
- Predisposizione per sfiato rapido e localizzato: nei sistemi aperti, dove la disaerazione continua non è generalmente attuabile (eccetto nei circuiti di ricircolo), risulta fondamentale l'efficacia degli sfiati automatici e manuali collocati nei punti critici della rete.



ALTA CAPACITÀ DI SCARICO ARIA



RESISTENZA ALLE PRESSIONI  
FUNZIONAMENTO AD ALTA PRESSIONE  
RESISTENZA AGLI SBALZI DI PRESSIONE



RESISTENZA ALLA CORROSIONE



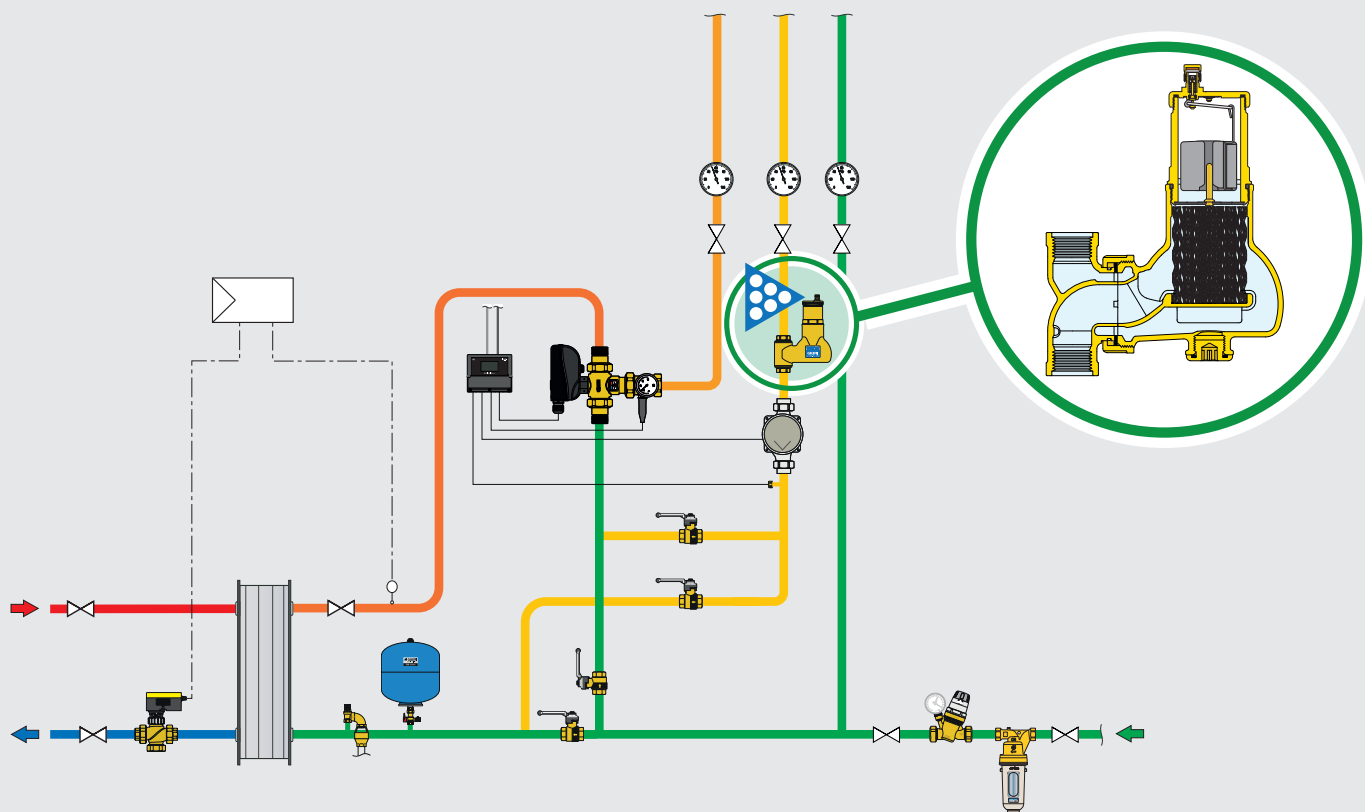
MATERIALI CERTIFICATI PER USO CON  
ACQUA POTABILE

Fig. 20: Caratteristiche specifiche dei disaeratori per i circuiti aperti idrosanitari

## LA DISAERAZIONE CONTINUA SUL RICIRCOLO

Negli impianti idrosanitari, il circuito di ricircolo rappresenta l'unico segmento caratterizzato da una circolazione costante e continua dell'acqua. Questa peculiarità comporta una serie di criticità tecniche che meritano particolare attenzione, soprattutto in relazione alla presenza di aria all'interno delle tubazioni. A differenza degli altri circuiti, dove eventuali rumori e anomalie legate alla presenza di aria si manifestano solo durante il funzionamento intermittente dell'impianto, nel circuito di ricircolo tali fenomeni assumono carattere permanente. La formazione e l'accumulo di microbolle d'aria, infatti, non solo generano rumorosità costante e fastidiosa, ma incidono negativamente sulle prestazioni dei circolatori. Questi ultimi, a differenza delle pompe di pressurizzazione, sono spesso privi delle prevalenze elevate e delle soluzioni tecniche avanzate necessarie a gestire efficacemente la presenza di aria. Il risultato è un rischio aumentato di malfunzionamenti: le bolle d'aria che si accumulano nella girante possono provocare blocchi parziali o totali della circolazione, compromettendo così sia l'efficienza che la funzionalità dell'intero impianto di ricircolo.

Per affrontare efficacemente questa problematica, è fondamentale adottare strategie di disaerazione continua, analoghe a quelle impiegate nei circuiti chiusi, ma adattate alle specificità degli impianti sanitari. Un approccio particolarmente efficace consiste nell'installazione di separatori di microbolle in corrispondenza dell'aspirazione della pompa di circolazione. Tale collocazione si rivela ottimale poiché, in quel punto, la pressione è tendenzialmente più bassa, favorendo la liberazione dei gas disciolti e consentendo l'intercettazione tempestiva delle bolle prima che queste possano raggiungere la girante della pompa. In questo modo si riduce sensibilmente il rischio di blocchi e si preserva la continuità del servizio. L'adozione di dispositivi certificati e dimensionati in funzione delle pressioni operative dell'impianto, unitamente a una manutenzione regolare degli sfiati automatici e manuali, rappresenta una best practice imprescindibile per garantire affidabilità, silenziosità e lunga durata al circuito di ricircolo negli impianti idrosanitari.



## FASE DI RIEMPIMENTO

Come per il circuito sanitario, la fase di riempimento del circuito di climatizzazione è fondamentale per il corretto funzionamento dell'impianto sin dalle prime fasi. Il riempimento di un impianto idronico è il primo e più importante atto di manutenzione preventiva. L'acqua, se non gestita correttamente, innesca fenomeni di corrosione e depositi fangosi che compromettono l'efficienza degli scambiatori di calore e la vita utile della pompa di calore o della caldaia.

### 1. PREPARAZIONE IMPIANTO

Prima di ogni riempimento, è indispensabile preparare il circuito per eliminare i contaminanti che possono causare problemi futuri.

La preparazione si realizza con un lavaggio dell'impianto detto "flushing" e va svolta sia in sistemi nuovi che riqualificati.

Per impianti nuovi, il lavaggio chimico o idrodinamico è cruciale per rimuovere residui di lavorazione, oli, flussanti di saldatura e trucioli. Allo stesso modo, gli impianti sottoposti a riqualificazione richiedono un lavaggio iniziale per eliminare detriti introdotti durante l'intervento e per rimuovere i fanghi mobilizzati che si sono accumulati nel tempo nel circuito esistente. Questi detriti, se lasciati in circolo, fungono da catalizzatori per la corrosione.

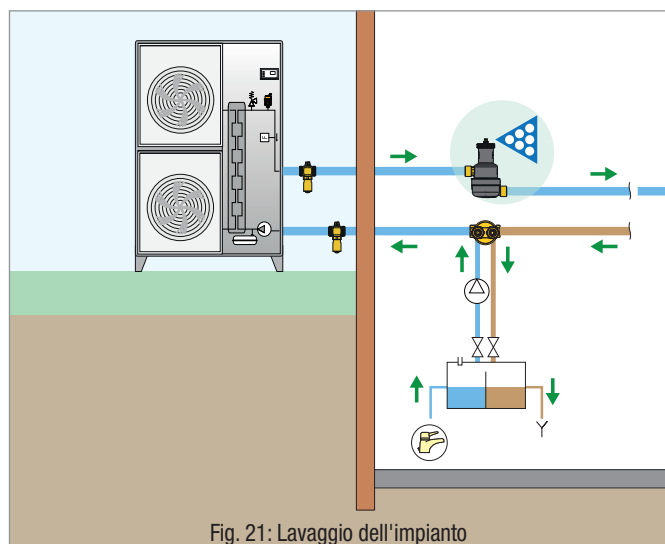


Fig. 21: Lavaggio dell'impianto

### 2. RIEMPIMENTO

L'acqua destinata al circuito chiuso deve essere subito stabilizzata attraverso l'uso di condizionanti chimici specifici. Questo passaggio è essenziale per proteggere l'impianto e ottimizzare la trasmissione del calore.

I condizionanti chimici da introdurre subito nel sistema sono gli inibitori di corrosione e gli antialghe. I primi creano un film protettivo passivante sulle superfici metalliche interne, prevenendo l'ossidazione e la formazione di idrogeno. Questa azione è fondamentale, soprattutto negli impianti che combinano metalli diversi (es. rame e alluminio), dove è più accentuato il rischio di corrosione galvanica.

I secondi risultano fondamentali negli impianti a bassa temperatura (come i pavimenti radianti), l'aggiunta di antialghe è cruciale. Aiutano a prevenire la proliferazione batterica e la formazione di fanghi biologici che possono ostruire le serpentine e ridurre l'efficienza.

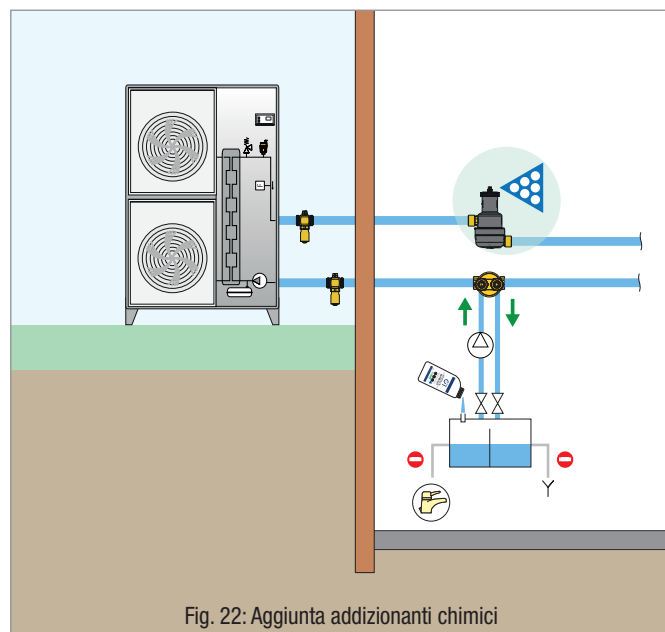


Fig. 22: Aggiunta addizionanti chimici

### 3. SFOGO ARIA

L'aria residua presente nelle tubazioni e nei componenti deve essere eliminata per garantire un funzionamento silenzioso ed efficiente.

Su impianti di media-grande estensione questa operazione può essere ottimizzata procedendo per fasi intermedie.

### 3.1 Riempimento della porzione di impianto che fa parte della centrale termica.

Si consiglia di installare valvole di intercettazione che permettano operazioni di manutenzione semplificate in caso di necessità. Nell'esempio in figura due valvole a sfera dopo il separatore idraulico permettono di effettuare il riempimento e lo sfogo dell'aria della porzione di impianto in centrale termica. In particolare il riempimento deve essere effettuato tramite apposito gruppo di riempimento (che può essere dotato di by-pass per velocizzare l'operazione) e l'aria scaricata tramite le valvole sfogo aria poste in cima al separatore idraulico e nei punti più alti della centrale termica. Un'attenzione particolare merita il tratto di circuito della serpentina per la preparazione dell'acqua calda sanitaria; si consiglia di installare una valvola sfogo aria sulla linea oppure un semplice rubinetto di scarico per facilitare l'espulsione dell'aria contenuta in questo tratto.

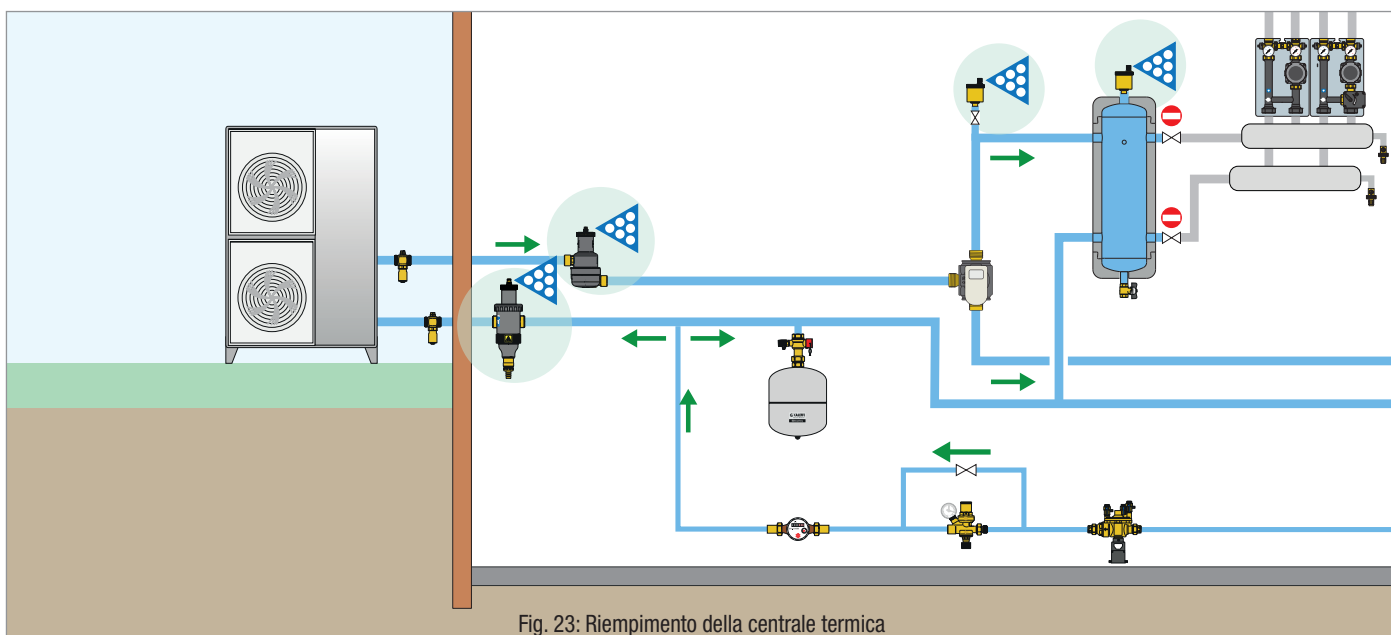


Fig. 23: Riempimento della centrale termica

### 3.2 Riempimento delle colonne montanti

Una volta riempito e sfiatato il circuito in centrale termica si possono aprire le due valvole a sfera e passare al riempimento delle colonne montanti. Prima di procedere a questa fase si devono chiudere le valvole a sfera prima di ogni collettore o zona che alimentano i circuiti secondari di ogni unità abitativa.

Lo sfogo dell'aria avviene quindi tramite le valvole poste in cima ad ogni colonna montante.

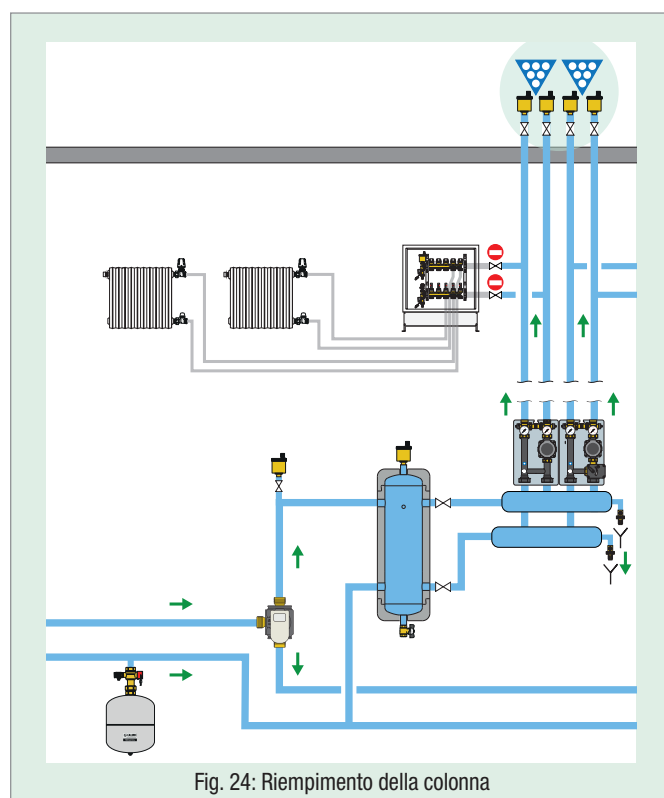


Fig. 24: Riempimento della colonna



### 3.3 Riempimento dei circuiti secondari con impianto a radiatori.

L'aria presente in questo tipo di circuiti può essere espulsa direttamente sul collettore tramite valvole sfogo aria integrate nel collettore (se presenti). Lo sfogo dell'aria presente nel radiatore può avvenire inoltre tramite valvola manuale o automatica presente nella parte alta del radiatore stesso.

Si consiglia di aprire una via alla volta nel collettore di distribuzione e di procedere al riempimento di ogni radiatore singolarmente.

### 3.4 Riempimento dei circuiti secondari con impianto a pannelli.

Questa sequenza operativa è essenziale per garantire la completa rimozione dell'aria da ciascuna spira e assicurare il corretto funzionamento del sistema.

#### 1. Isolamento dell'Impianto

Chiudere le valvole principali di intercettazione del circuito primario (mandata e ritorno). Successivamente, chiudere tutte le derivazioni ai circuiti dei pannelli utilizzando le valvole di intercettazione e di regolazione (o detentori) incorporate nei collettori.

#### 2. Preparazione Carico/Scarico

Collegare le tubazioni di carico e scarico ai rispettivi portagomma posizionati sui gruppi di testa dei collettori.

#### 3. Strategia di Riempimento

Effettuare il carico dal collettore di mandata e lo scarico dal collettore di ritorno. Questa strategia è preferibile poiché evita che eventuali impurità iniziali finiscano per sporcare l'indicatore di portata, preservandone la precisione.

#### 4. Riempimento circuito singolo

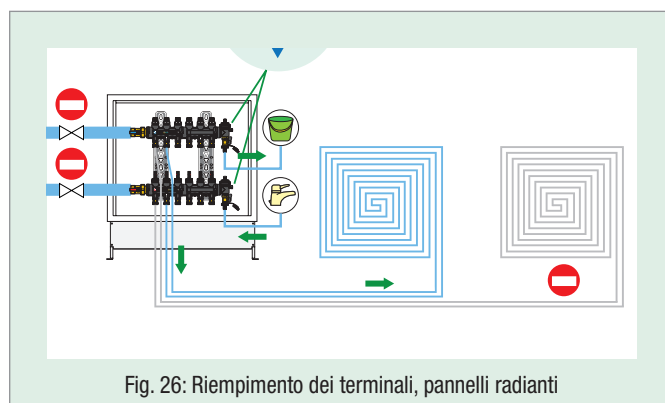
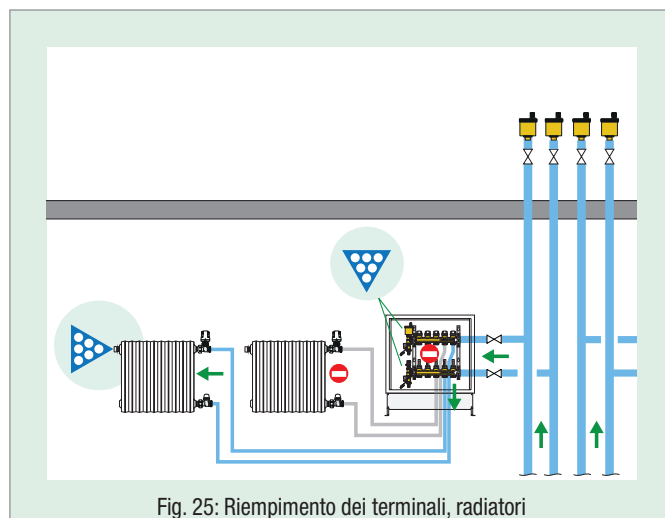
Aprire le valvole corrispondenti al primo circuito da riempire.

#### 5. Effettuare il riempimento

Utilizzare acqua trattata e condizionata e spurgare con cura fino alla totale rimozione dell'aria. Verificare che l'acqua in uscita sia priva di bolle.

#### 6. Ciclo Operativo

Richiudere le valvole del circuito appena riempito e ripetere la sequenza (apertura, carico, spurgo aria, chiusura) per tutti gli altri circuiti singolarmente, fino al completamento dell'intero impianto a pannelli.



## 4. MONITORAGGIO FINALE

La UNI 8065:2019 richiede al professionista di documentare e monitorare l'impianto. Dopo il riempimento e la messa in servizio, è responsabilità del tecnico misurare la concentrazione di inibitori nell'acqua del circuito e registrarla. La verifica periodica (manutenzione annuale) è necessaria per accertarsi che la concentrazione sia mantenuta al livello ottimale per la protezione.

## FASE DI ESERCIZIO

La fase di caricamento dell'impianto è quella che comporta la maggiore espulsione di aria, poiché l'aria libera presente nell'impianto viene completamente rimossa e sostituita con acqua. Tuttavia, come spiegato in precedenza, non tutta l'aria è presente in forma libera; una parte è disciolta nel fluido termovettore e si libera sotto forma di microbolle al variare della temperatura o della pressione. Le microbolle, a causa della loro leggerezza, vengono trascinate dal fluido e non possono essere eliminate con semplici valvole di sfogo aria.

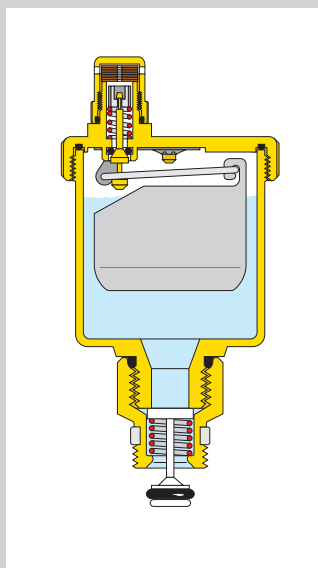


Fig. 27: Dispositivi di disaerazione in funzione della forma d'aria

I disaeratori sono dispositivi specifici impiegati per eliminare le microbolle dagli impianti di climatizzazione. Per massimizzare il loro funzionamento vengono posizionati nel punto più caldo dell'impianto, ovvero dopo la caldaia (sulla tubazione di mandata) o prima del chiller (sulla tubazione di ritorno). I disaeratori tradizionali sfruttano due principi: il rallentamento del fluido dovuto all'allargamento di sezione generato dal componente e la collisione delle microbolle con un elemento reticolare interno.

In un impianto a pompa di calore che fa sia riscaldamento che raffrescamento è possibile installare un disaeratore in mandata e un dispositivo combinato di disaerazione e defangazione sul ritorno così da effettuare la disaerazione continua in entrambe le condizioni di lavoro.

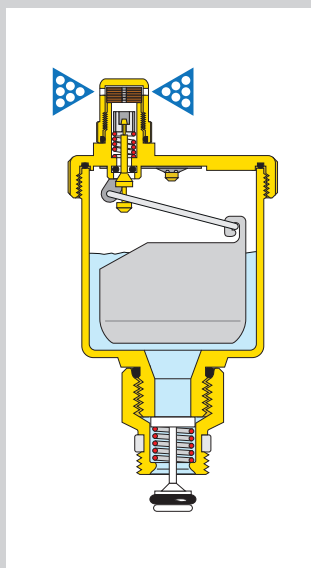
## PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO VALVOLA SFOGO ARIA



### Accumulo delle bolle

L'aria si accumula nella parte alta del componente spingendo il galleggiante verso il basso.

Il dispositivo resta quindi in posizione di riposo fino a quando non ci sarà sufficiente aria da attivare nuovamente il meccanismo.



### Scarico

Quando il galleggiante raggiunge la posizione di apertura dello sfiato, l'aria viene espulsa.

Una volta sfiatata l'aria il galleggiante risale chiudendo l'otturatore.

Il rallentamento del fluido porta le microbolle ad essere trascinate con più difficoltà dal flusso dell'acqua, facilitandone il processo di risalita verso il punto alto del componente dal quale saranno poi sfiate.

Il volume di fluido che passa per il punto A1 è lo stesso che passa per il punto A2 ma a velocità differenti ( $v_1 > v_2$ ), dovute alla differenza di sezione.

La collisione con l'elemento reticolare permette la creazione di moti vorticosi e favorisce la fusione delle microbolle così da formare bolle di dimensioni maggiori, facilitando la risalita e lo sfiate. I disaeratori sono posizionati nei punti più caldi del circuito per massimizzare il rendimento e agiscono sulle microbolle già disciolte in acqua. Nell'esempio riportato il punto A sulla curva è l'acqua di riempimento dalla rete, con temperature attorno ai 10 °C e con un massimo di 40 l/m<sup>3</sup> di aria disciolta in acqua. Durante il funzionamento dell'impianto, con una temperatura di mandata in uscita dalla caldaia di 70 °C, spostandosi al punto B. La quantità massima di aria disciolta scende di conseguenza a 20 l/m<sup>3</sup>.

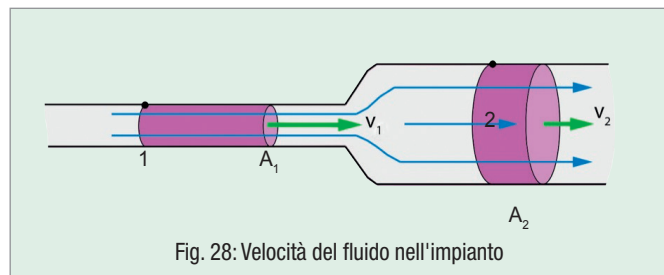


Fig. 28: Velocità del fluido nell'impianto

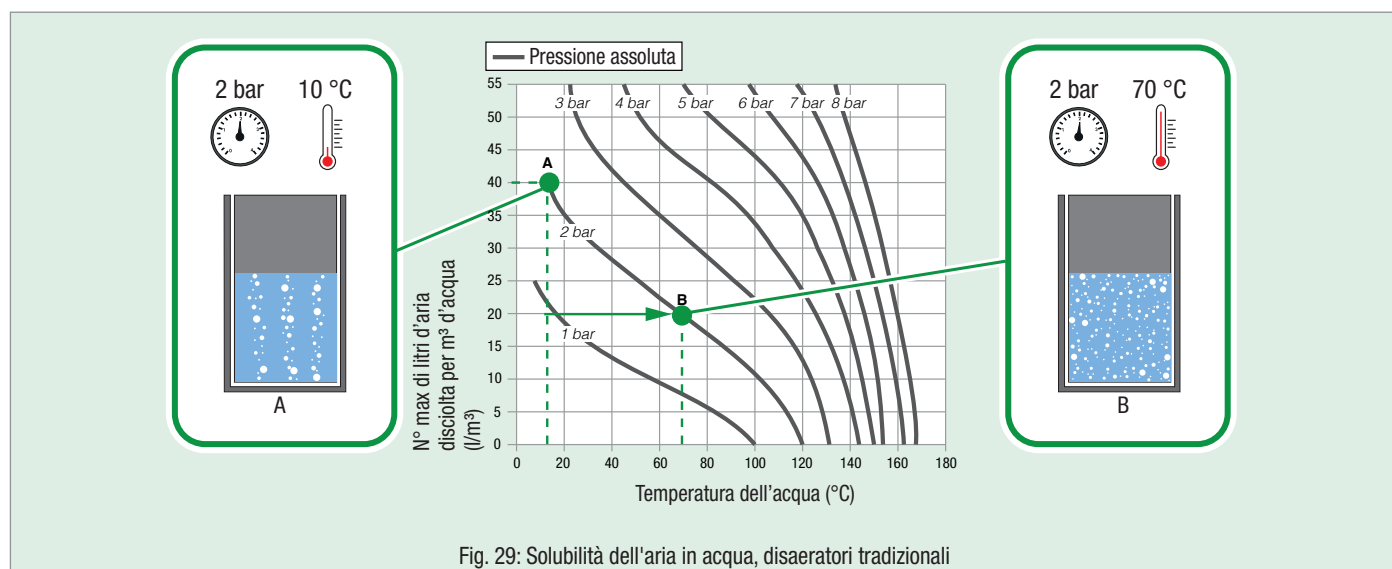
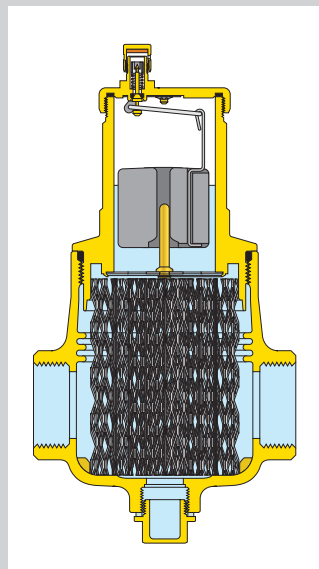


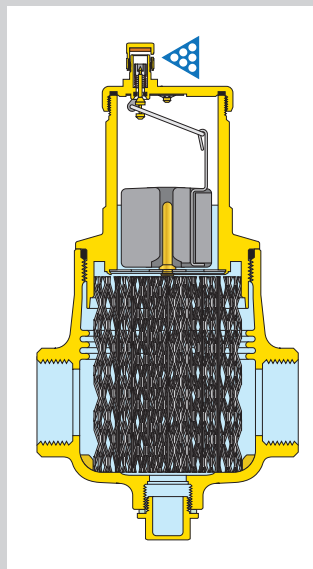
Fig. 29: Solubilità dell'aria in acqua, disaeratori tradizionali

## PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO DISAERATORI



### Liberazione microbolle

La parte attiva è costituita da un insieme di superfici reticolari disposte a raggiera. Queste creano dei moti vorticosi tali da favorire la liberazione delle microbolle e la loro adesione alle superfici stesse. Le bolle, fondendosi tra loro, aumentano di volume fino a quando la spinta idrostatica è tale da vincere la forza di adesione alla struttura. Salgono quindi verso la parte alta del dispositivo.



### Scarico

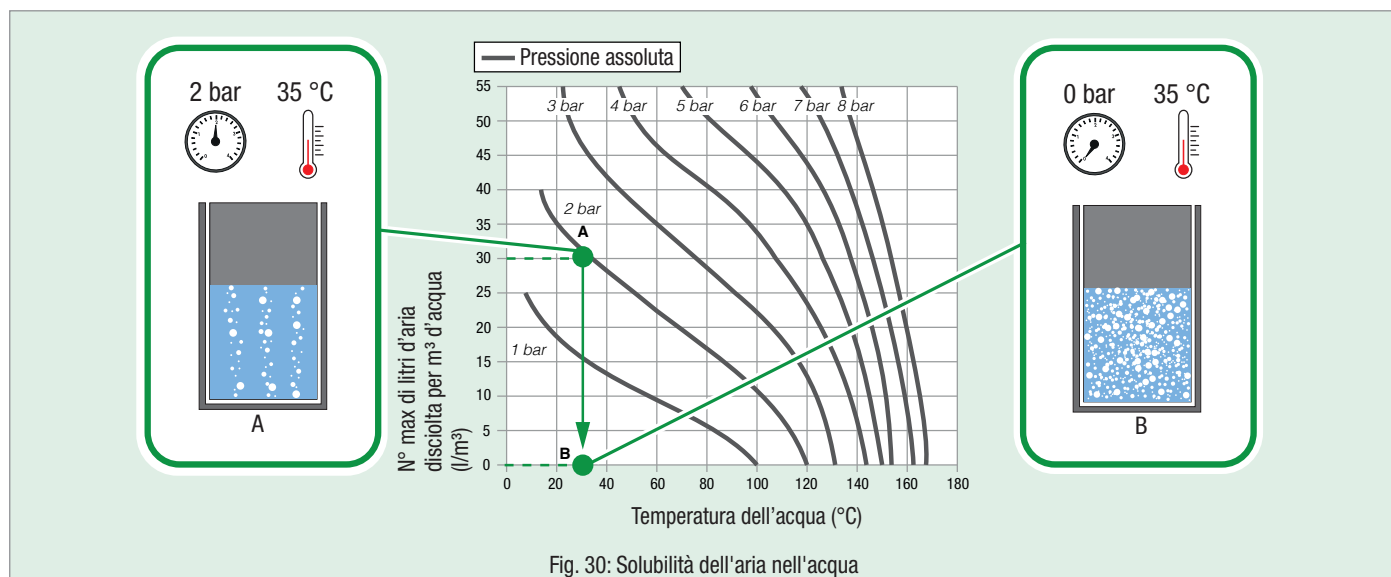
Le bolle accumulate nella parte alta del dispositivo dopo essere state raccolte, agiscono sul galleggiante spingendolo verso il basso e aprendo la valvola di sfogo aria posta sulla sommità del disaeratore.

## DEGASATORE SOTTOVUOTO

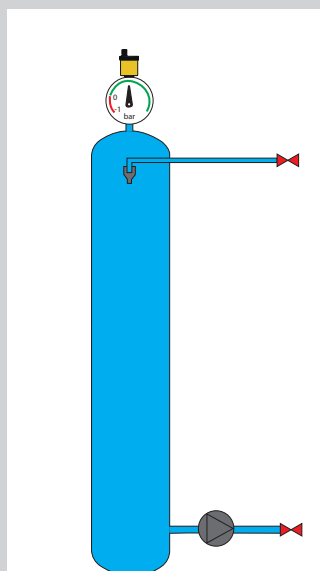
Diversamente dai sistemi convenzionali, i degasatori sottovuoto agiscono anche sulla frazione di gas disciolta nel fluido termovettore. Il principio di funzionamento si basa sulla creazione di una depressione che, modificando il punto di saturazione secondo la legge di Henry, induce il rilascio dei gas dalla fase liquida, permettendone la rimozione.

Il processo è ciclico e consiste nel trattare piccole porzioni di fluido alla volta. Una volta degasata, ogni porzione viene reimmessa nel circuito principale, dove si mescola con l'acqua ancora ricca di gas, abbassandone progressivamente la concentrazione. Questi cicli non sono finalizzati ad un'unica e completa rimozione, ma operano in modo continuo per mantenere un equilibrio ottimale. Siccome gli impianti idraulici sono sistemi dinamici e, di conseguenza, soggetti a costanti ingressi di aria, il ciclo di degasazione è essenziale per controllare e mantenere il contenuto di gas disciolti costantemente al minimo.

Il punto A rappresenta il ritorno verso la pompa di calore ad una temperatura di circa 30 °C. Il degasatore sotto-vuoto, generando una depressione all'interno del componente, sposta localmente la pressione al punto B. Nello specifico si passa da una quantità di aria di 30 l/m<sup>3</sup> ad una di 0 l/m<sup>3</sup>.

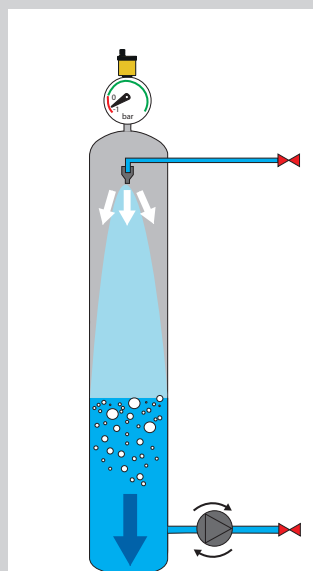


## PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO DEL DEGASATORE SOTTOVUOTO



### Fase di riposo (Stand-by)

In condizioni di riposo, il dispositivo è in equilibrio statico e alla stessa pressione del circuito, con il serbatoio completamente pieno di fluido.

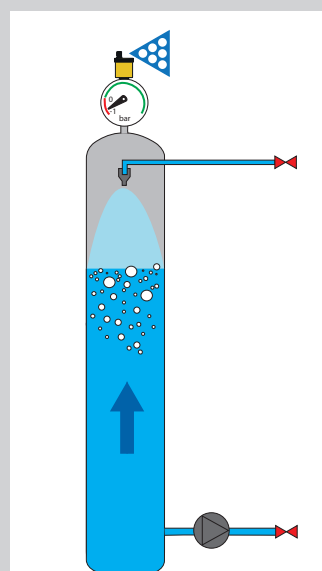
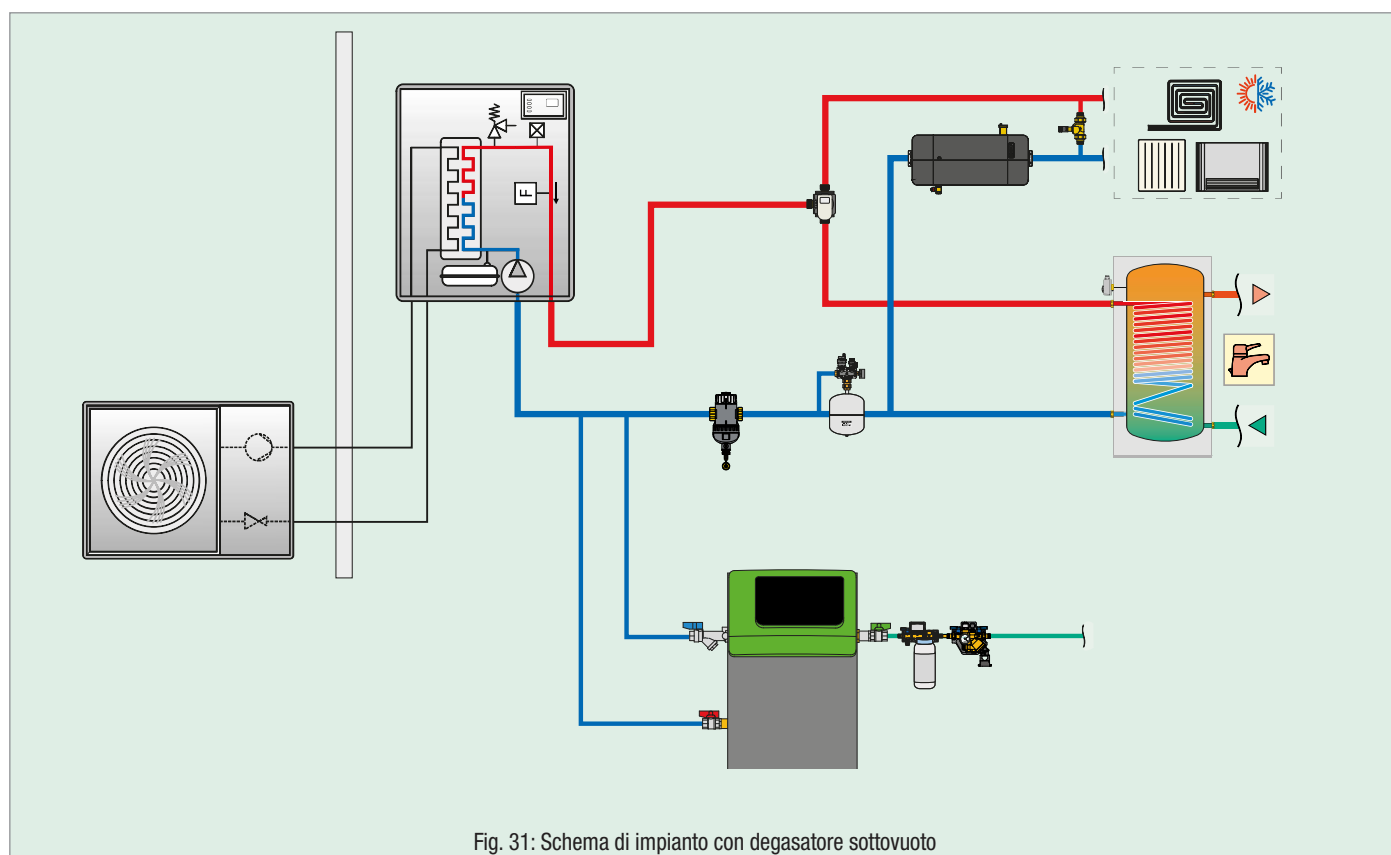


### Generazione della depressione

Una pompa interna genera una pressione negativa estraendo fluido dal serbatoio a una portata superiore a quella di ingresso. La depressione risultante abbassa drasticamente il punto di saturazione dei gas. Il fluido di reintegro, finemente nebulizzato da un apposito ugello, rilascia così istantaneamente i gas disciolti per effetto del vuoto.

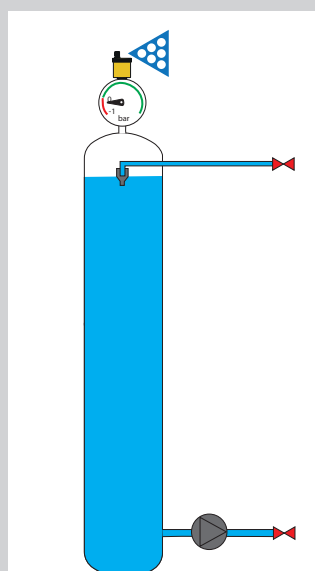


Questi dispositivi si installano in by-pass sulla linea di ritorno. Oltre a questo, tale posizione garantisce le condizioni operative ideali. Il loro stesso principio di funzionamento, infatti, non richiede l'installazione nel punto più caldo del circuito, offrendo grande flessibilità. Per questo motivo, sono la soluzione ideale soprattutto in impianti complessi e ramificati, sistemi a bassa temperatura (pompe di calore, chiller) e impianti con frequenti aggiunte d'acqua.



### Degasazione

All'arresto della pompa, il serbatoio completa il riempimento annullando la depressione fino al raggiungimento della pressione atmosferica. Questa fase consente la stratificazione per gravità dei gas liberati, che si raccolgono nel volume superiore del serbatoio.



### Espulsione dei gas

I gas accumulati vengono evacuati tramite una valvola automatica di sfiato. Il completo riempimento del serbatoio ripristina la pressione operativa dell'impianto, concludendo il ciclo.

A questo punto il ciclo è concluso e può essere ripetuto con le modalità impostate.

## SERIE 551



- Mantiene l'acqua del sistema ben degasata
- Previene problemi di corrosione
- Migliora le performance dell'impianto
- Dotato di filtro a protezione del dispositivo
- Adatto a sistemi di riscaldamento e di raffrescamento
- Installazione in by-pass

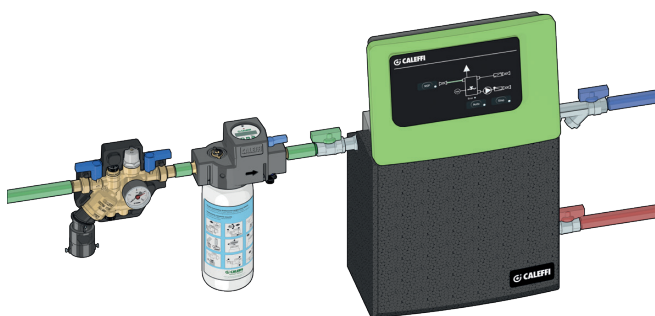
Il degasatore sottovuoto assicura la **degasazione ciclica e continua** dell'impianto, **eliminando le problematiche** derivanti dalla presenza di aria nel sistema.

Generando una **depressione interna**, il componente permette all'aria disciolta nell'acqua di liberarsi per essere espulsa tramite la valvola di sfogo posta sulla sommità. La sua versatilità lo rende idoneo a **impianti residenziali e commerciali** di medio-grandi dimensioni, con un volume d'acqua trattabile **fino a 6 m<sup>3</sup>**.

Il degasatore è inoltre predisposto per il collegamento al riempimento automatico e all'unità di trattamento, garantendo così l'immissione nel circuito di sola **acqua degasata**.

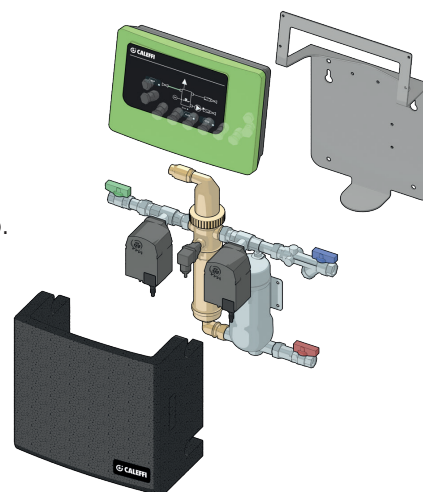
### CARICO INTEGRATO

La degasazione automatica dell'acqua di rabbocco porta ad una minore introduzione di aria all'interno dell'impianto.



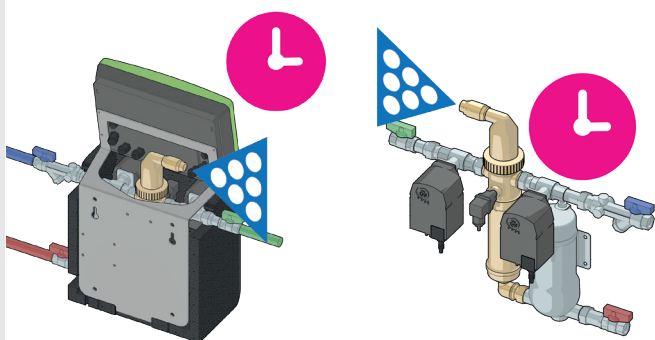
### ADATTO AL RAFFRESCAMENTO

Grazie alla coibentazione e al principio di funzionamento risulta l'ideale nei sistemi di raffrescamento.



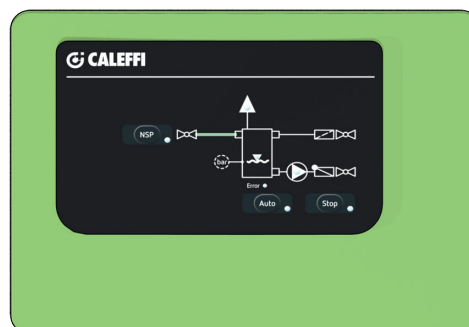
### FUNZIONAMENTO TEMPORIZZATO

L'installazione in bypass permette di mantenere l'impianto degassato in modo continuo tramite cicli automatici temporizzati, mantenendo le performance nel tempo.



### DISPLAY

Il display semplice ed intuitivo è un alleato per monitorare il funzionamento del dispositivo

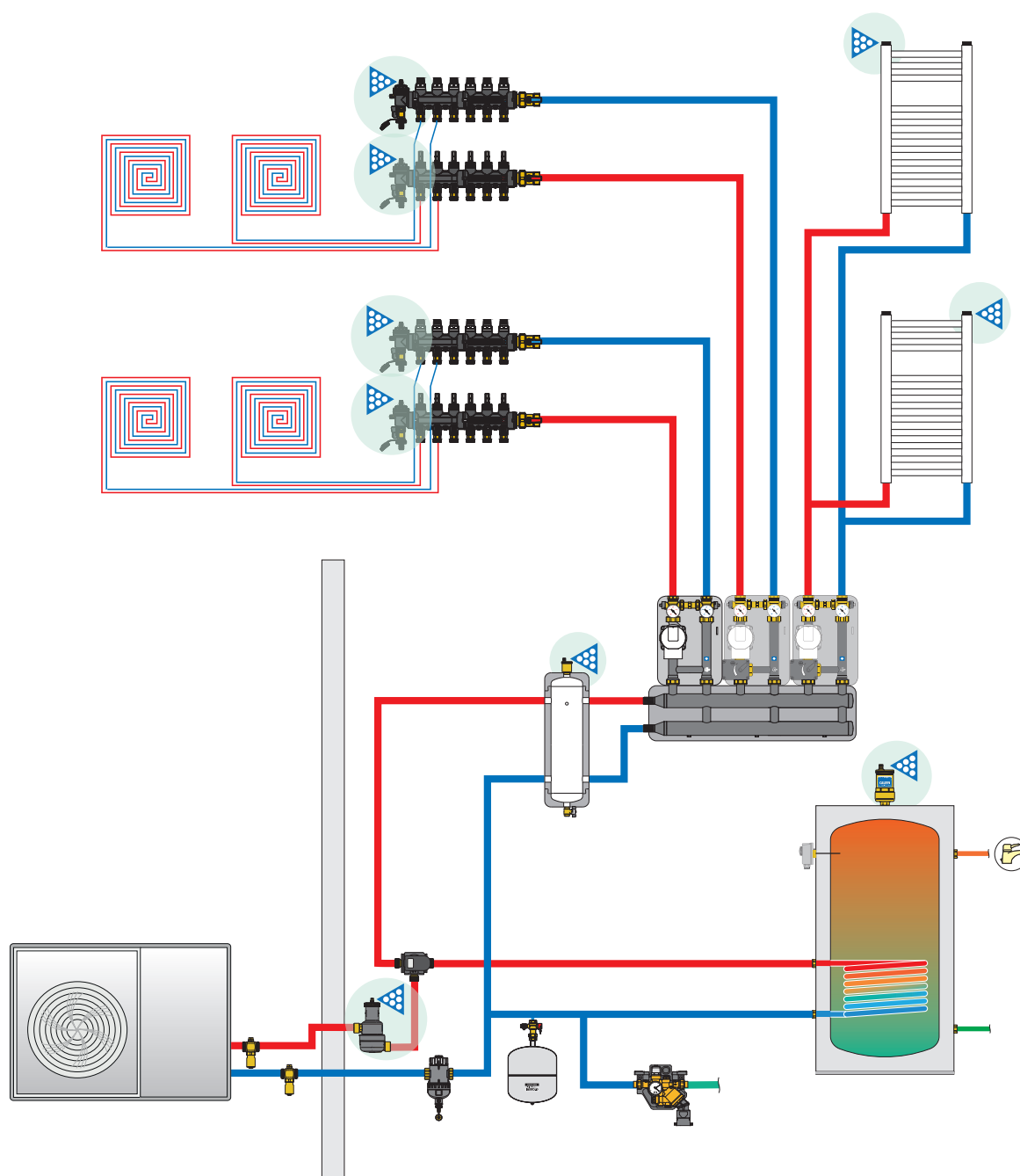


# SCHEMI APPLICATIVI

## SCHEMA 1

### IMPIANTO DI RISCALDAMENTO CON POMPA DI CALORE

Lo schema rappresenta un impianto di riscaldamento di piccole dimensioni alimentato da una pompa di calore. I terminali di emissione del calore sono costituiti da pannelli radianti a pavimento e da radiatori progettati per funzionare a bassa temperatura. Per garantire un'efficace eliminazione dell'aria presente nell'impianto, è prevista l'installazione di un disaeratore automatico ad alta efficienza progettato per sistemi con pompa di calore. Inoltre, sono presenti valvole di sfogo aria automatiche sui collettori dei circuiti a pavimento e sfiati manuali sui radiatori, al fine di assicurare un corretto funzionamento e una distribuzione uniforme del calore.

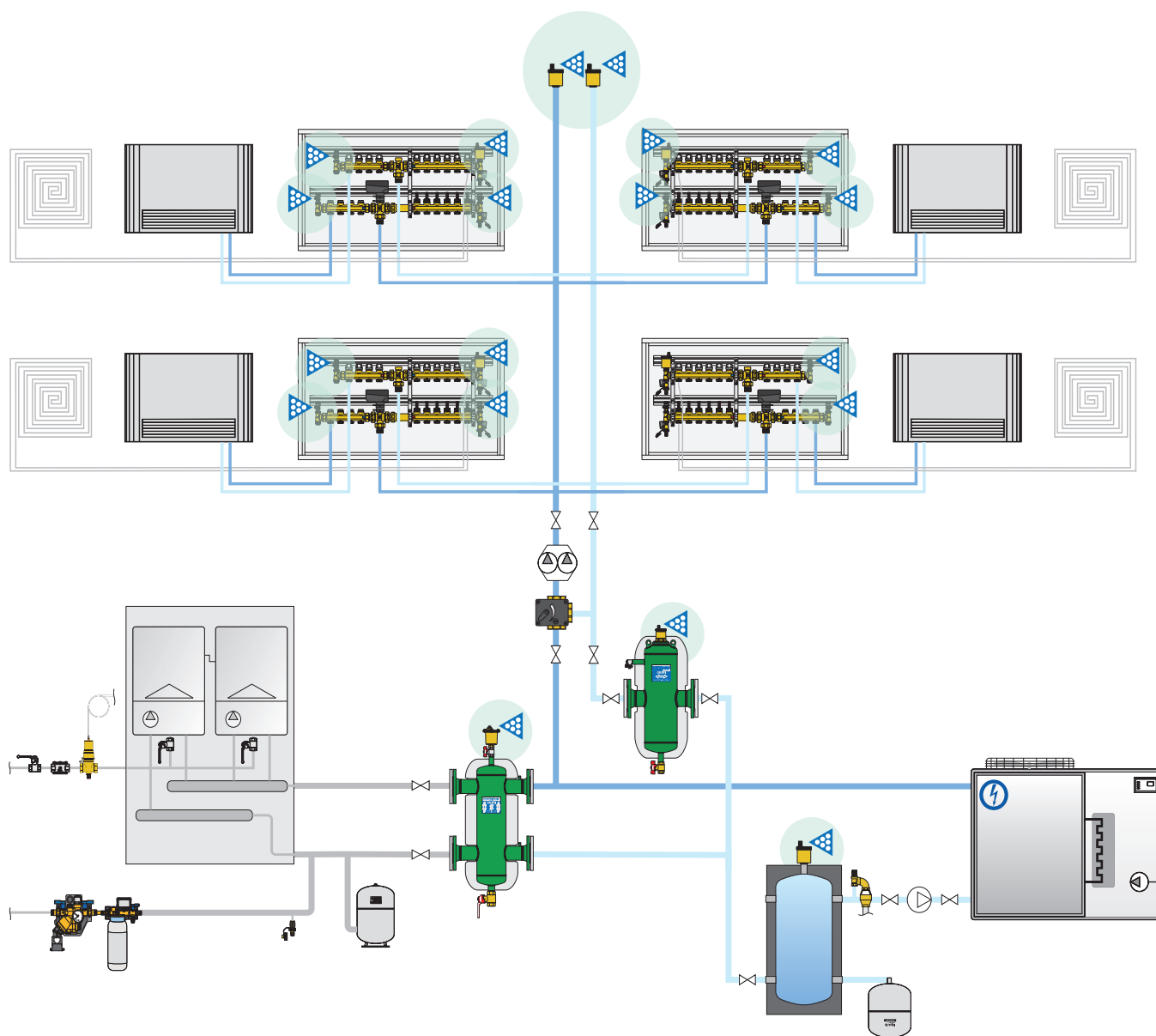


## IMPIANTO CENTRALIZZATO PER RISCALDAMENTO E CONDIZIONAMENTO

Lo schema illustra un impianto centralizzato per la climatizzazione invernale ed estiva. La produzione di calore è affidata a un gruppo di caldaie a condensazione installate in cascata, mentre la generazione del freddo è garantita da un chiller ad aria condensata. Questa configurazione rappresenta una soluzione tipica negli impianti centralizzati esistenti.

La distribuzione è del tipo a due tubi, a servizio di terminali di emissione costituiti da pannelli radianti a pavimento per il riscaldamento invernale e da ventilconvettori per il raffrescamento estivo. L'inversione estate-inverno è gestita da un gruppo di commutazione e distribuzione specifica.

L'eliminazione dei gas presenti nel circuito è gestita da un disaeratore-defangatore installato in centrale termica. La rete di distribuzione primaria è dotata di sfiati automatici posizionati in testa alle colonne montanti. I collettori dei circuiti radianti a pavimento sono anch'essi equipaggiati con sfiati automatici, mentre i ventilconvettori sono dotati di sfiati manuali per consentire una corretta manutenzione e gestione dell'aria residua.





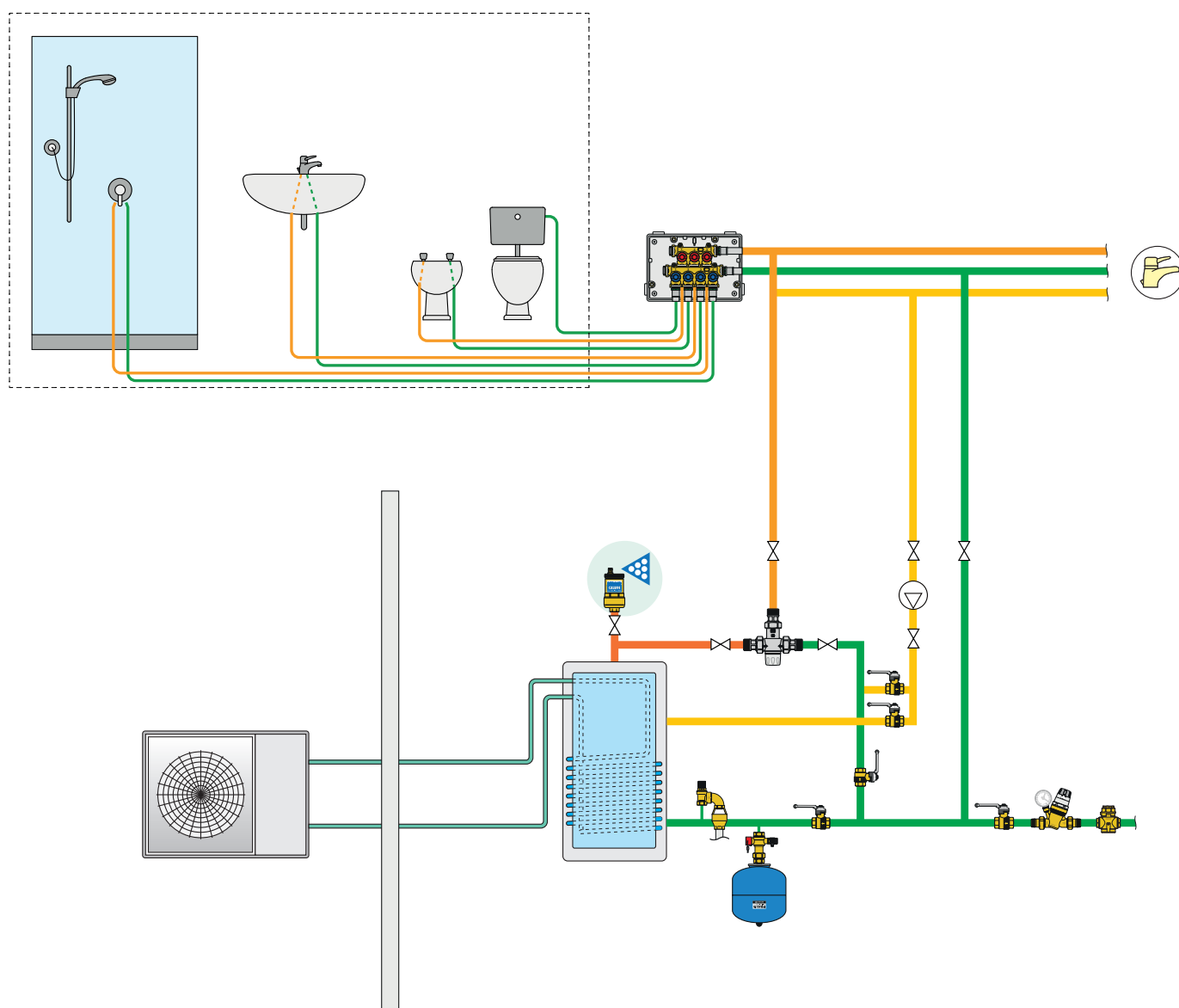
### SCHEMA 3

## IMPIANTO COMPATTO PER LA PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA CON POMPA DI CALORE

Lo schema rappresenta un impianto di piccole dimensioni dedicato alla produzione di acqua calda sanitaria (ACS), realizzato mediante un bollitore abbinato a una pompa di calore con motocondensante a espansione diretta.

La distribuzione dell'acqua calda sanitaria è dotata di un miscelatore termostatico per il controllo della temperatura in uscita e di un circuito di ricircolo per garantire la disponibilità immediata dell'acqua calda ai terminali. Questi ultimi sono alimentati tramite un sistema a collettori.

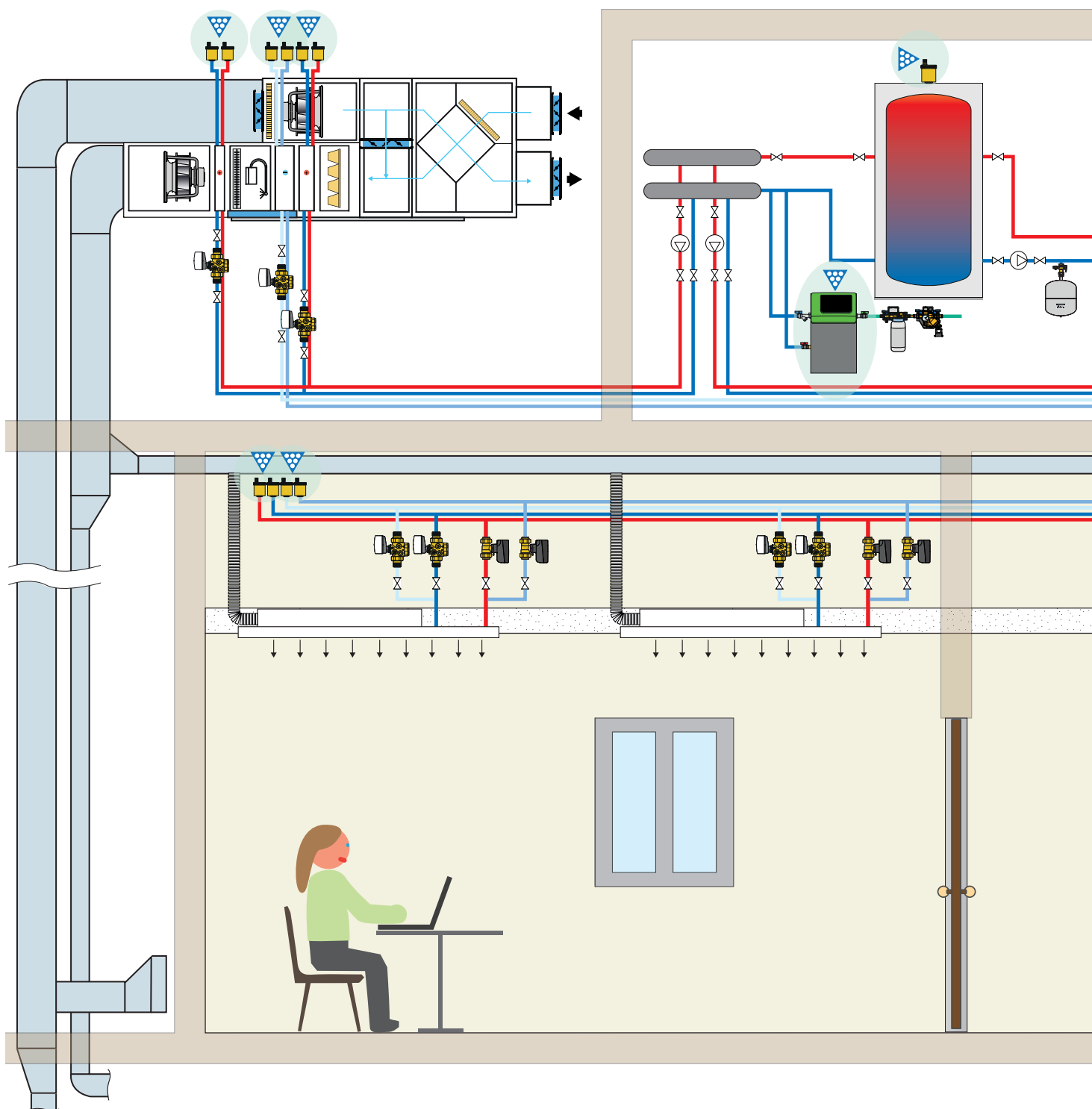
Per quanto riguarda la gestione dell'aria all'interno del circuito, è previsto un unico punto di disaerazione automatica, posizionato nel punto più alto del bollitore, dove è più probabile la formazione e l'accumulo di sacche d'aria.



## IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE PER COMPLESSO TERZIARIO CON MACCHINA POLIVALENTE

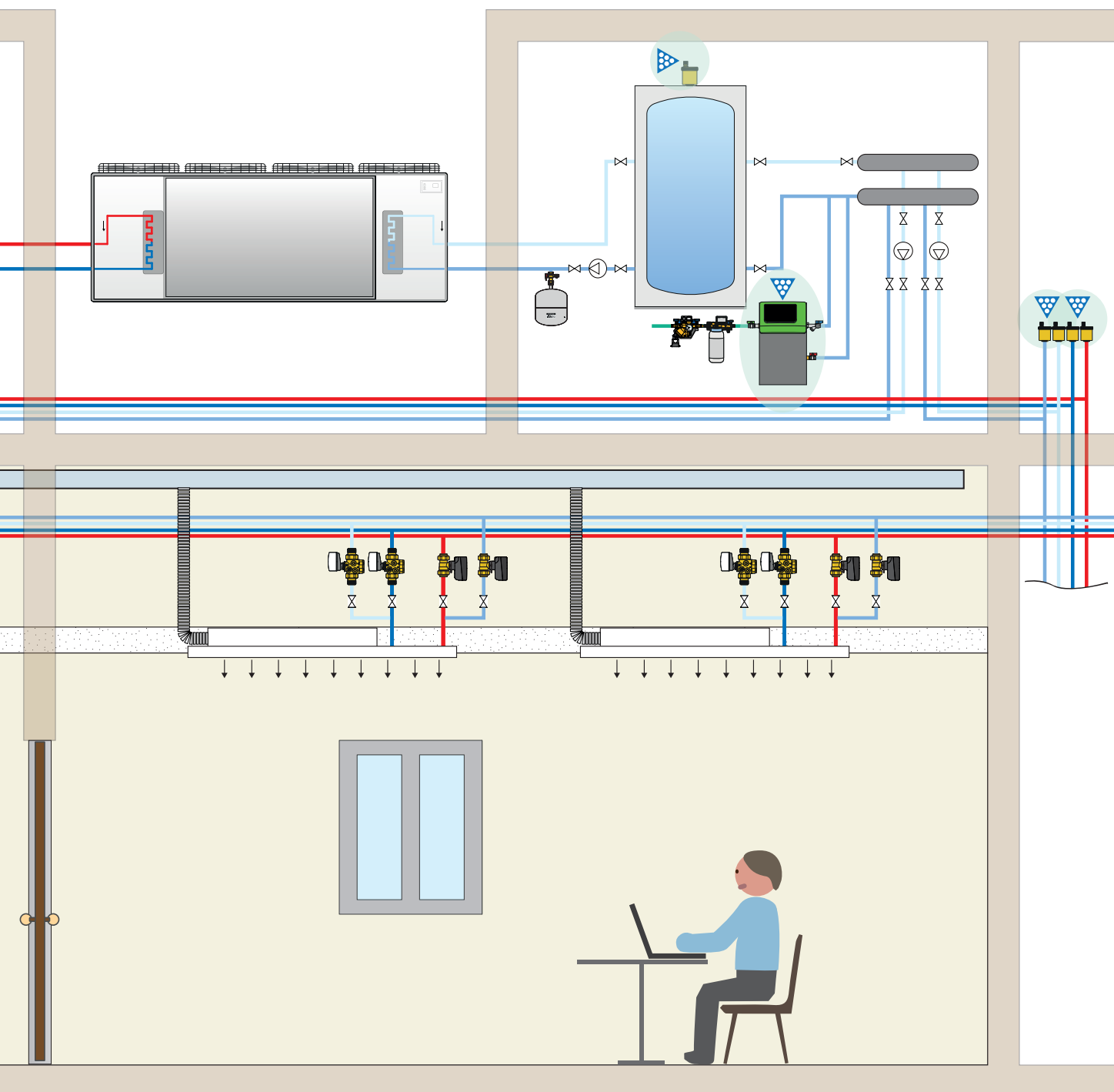
Lo schema rappresenta un impianto di climatizzazione di grandi dimensioni, destinato a un complesso terziario. La generazione termica e frigorifera è affidata a una macchina polivalente condensata ad aria, in grado di fornire simultaneamente caldo e freddo in funzione delle esigenze stagionali.

La distribuzione primaria è del tipo a quattro tubi, soluzione che consente l'erogazione contemporanea di acqua calda e refrigerata. I terminali di emissione sono costituiti da travi fredde, che provvedono sia al raffrescamento estivo sia all'immissione dell'aria primaria.



A completamento dell'impianto è presente un'unità di trattamento aria (UTA) dedicata, responsabile della preparazione e distribuzione dell'aria primaria che viene veicolata attraverso le travi fredde.

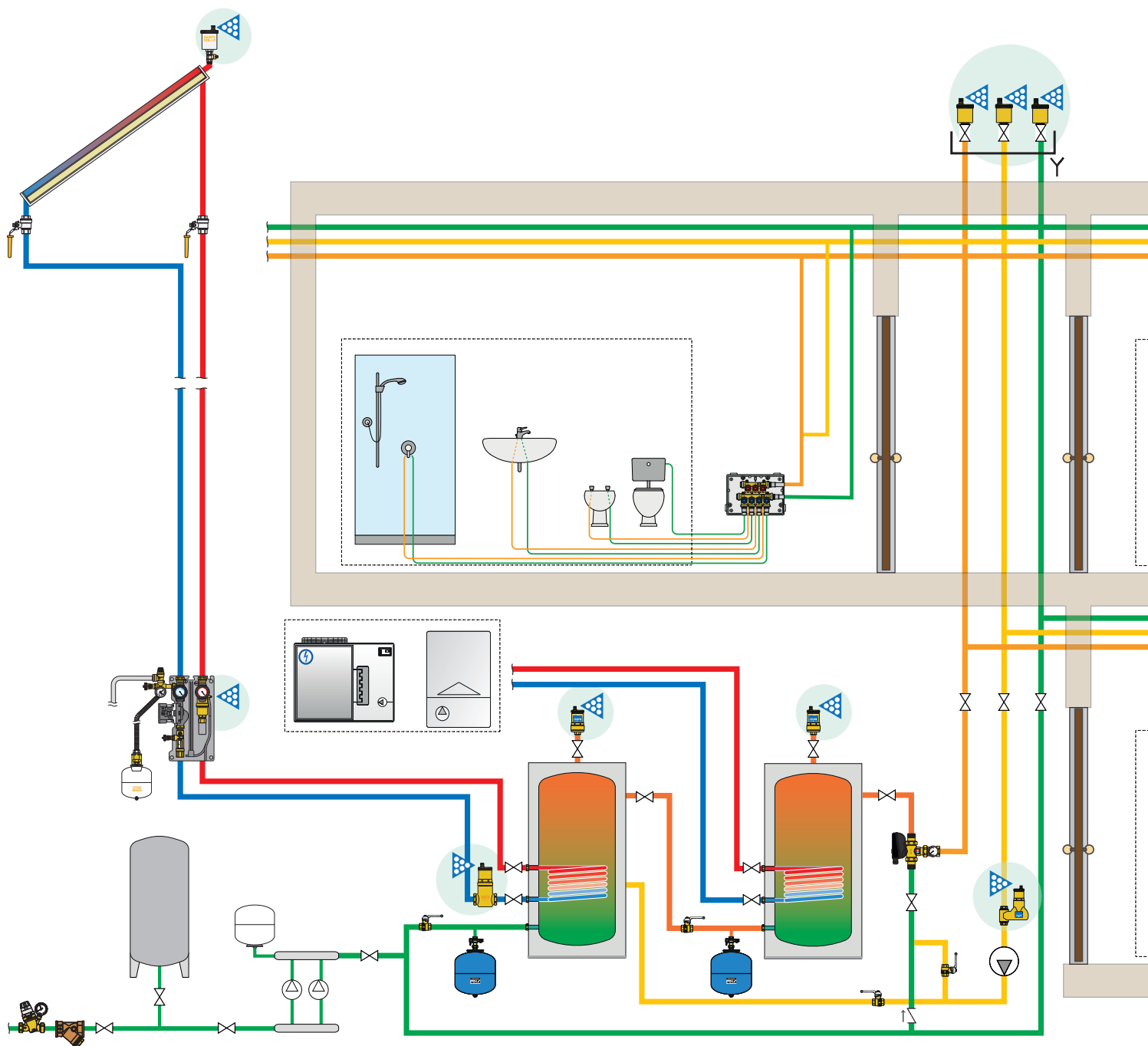
Data la complessità dell'impianto, la degasazione è affidata a due degasatori sottovuoto, uno dedicato al circuito caldo e l'altro al circuito freddo. L'eliminazione dell'aria residua è ulteriormente garantita da sfiati automatici posizionati in testa alle colonne montanti e sopra le batterie dell'UTA, collocata in copertura, che rappresenta uno dei punti più alti dell'impianto. Sono inoltre presenti sfiati automatici sulle distribuzioni orizzontali di piano. Non sono previsti sfiati sulle travi fredde, in quanto queste sono installate al di sotto della rete di distribuzione orizzontale.



## IMPIANTO SANITARIO CENTRALIZZATO PER STRUTTURA RICETTIVA CON PRERISCALDAMENTO SOLARE

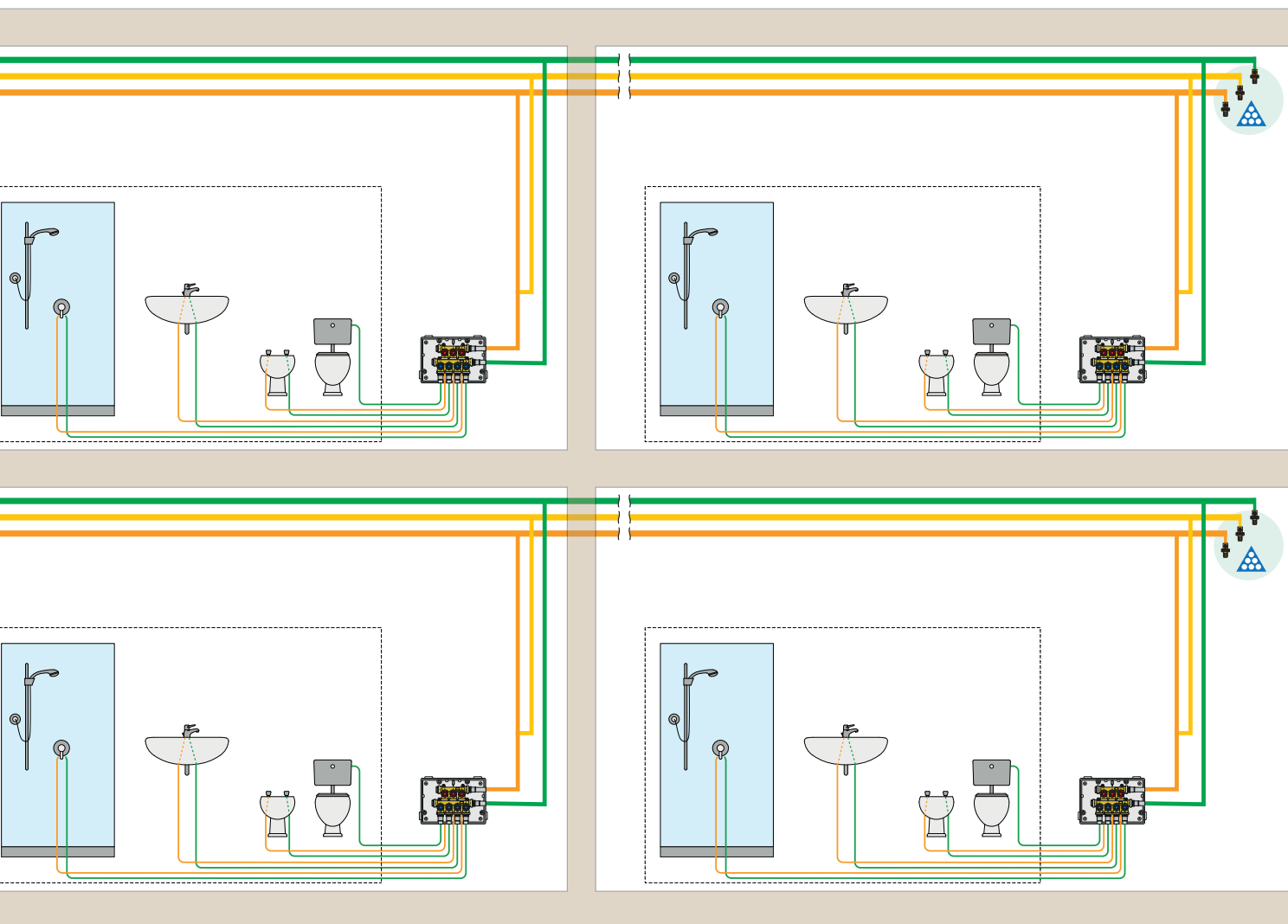
Lo schema rappresenta un impianto di produzione di acqua calda sanitaria (ACS) di grandi dimensioni, progettato per una struttura ricettiva complessa, come un hotel. La produzione dell'ACS è affidata a due bollitori installati in serie: il primo funge da preriscaldatore ed è alimentato da un impianto solare termico, mentre il secondo è riscaldato da un generatore dedicato, garantendo la copertura della domanda anche in condizioni di bassa irradiazione.

L'adduzione dell'acqua fredda sanitaria è dotata di un gruppo di pressurizzazione in ingresso, composto da una pompa e da un'autoclave a membrana, per assicurare una pressione costante e adeguata alla distribuzione. Quest'ultima è articolata in montanti verticali e reti orizzontali che servono le utenze delle diverse stanze. È presente un miscelatore elettronico con funzione di controllo della temperatura e gestione del rischio legionella, oltre a un circuito di ricircolo per garantire la disponibilità immediata di ACS.



Data la complessità dell'impianto, la gestione dell'aria è affidata a diversi dispositivi di sfiato. Le valvole sfogo aria sono dedicate ai bollitori, mentre ulteriori sfiati sono posizionati in testa alle colonne montanti, secondo le buone pratiche impiantistiche. Inoltre, come spiegato in precedenza, è stato inserito un disaeratore sul ricircolo.

Tutti gli sfiati automatici sono intercettabili e convogliati verso gli scarichi, in conformità alle buone tecniche per gli impianti sanitari. Sono inoltre presenti sfiati manuali sulle distribuzioni orizzontali, utili durante le operazioni di manutenzione per evitare la formazione di sacche d'aria.







www.caleffi.com

**CALEFFI**  
Hydronic Solutions

# CALEFFI eCAL® UNICO CONTRO IL CALCARE



PROTEZIONE DELL'ACQUA E DELLA SALUTE DELLE PERSONE  
**IMPIANTI  
SANITARI**

Il nuovo dispositivo anticalcare elettrolitico con filtro e magnete **CALEFFI eCAL® serie 5377** protegge gli impianti, i generatori, gli elettrodomestici e la rubinetteria dai depositi di calcare. Non altera la qualità dell'acqua sanitaria, garantisce all'utente un comfort ottimale e riduce le spese di manutenzione. **GARANTITO CALEFFI.**

