Free Cooling

Per le buone soluzioni
ci vuole testa



svizzeraenergia.ch

svizzeraenergia

Free Cooling

Nella climatizzazione, il free cooling è una buona cosa. Per far sì che il raffreddamento libero possa soddisfare le (elevate) aspettative, al momento della progettazione vanno vagliati attentamente il sistema nel suo complesso, il bilancio energetico dell'edificio e l'aspetto economico.

Nel settore della tecnica degli edifici, il termine «free cooling» ha una connotazione positiva. «Raffreddamento libero» dà l'impressione che il raffreddamento non costi niente, richieda poca o nessuna energia e rispetti l'ambiente. È per questo che, sovente, progettisti, committenti e enti pubblici attenti chiedono l'applicazione del free cooling.

Gli esperti della tecnica della costruzione sospettano però da tempo che l'apparenza possa essere ingannevole. Raffreddare un edificio con il free cooling potrebbe non essere la soluzione migliore in tutte le situazioni, né dal punto di vista energetico né da quello economico. Nel peggiore dei casi il free cooling potrebbe anche comportare elevati costi aggiuntivi, peggiorando nel contempo il bilancio energetico totale di un edificio.

L'UFE e l'Università di Scienze applicate Zurigo (ZHAW) hanno voluto vederci chiaro. Su incarico dell'UFE la ZHAW ha quindi individuato sia le premesse, sia le soluzioni tecniche appropriate per un free cooling vantaggioso. Questo foglio informativo presenta le riflessioni e le conclusioni più importanti emerse dallo studio della ZHAW.

Free cooling ad aria esterna

Raffreddare con il freddo ambientale

Quando un edificio viene raffreddato in modo naturale, cioè senza impianto di refrigerazione, si parla di free cooling. Come sorgente del freddo si possono utilizzare l'aria esterna, l'acqua di falda, di fiume o di lago oppure il terreno. In questo documento informativo vengono descritti solo i sistemi con aria esterna1, per i quali vien fatta la distinzione tra free cooling diretto e indiretto.

Free cooling diretto

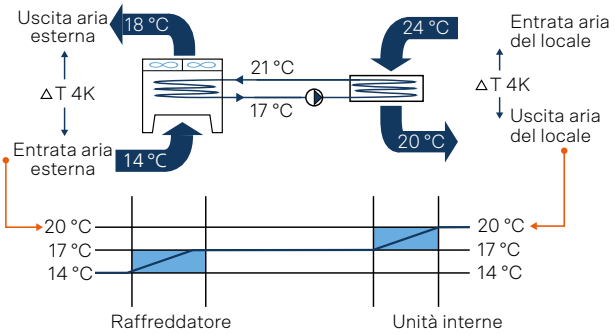
Il caso più comune è il raffreddamento libero con aria esterna, la quale, nelle fresche ore notturne, può offrire un valido contributo al raffreddamento dei locali. Si parla di free cooling diretto quando nella notte viene immessa aria fredda nell'edificio e la temperatura esterna è inferiore a 18 °C (in estate, di norma è così tra le 24:00 e le 6:00). Il free cooling si può ottenere tenendo semplicemente le finestre aperte o con un impianto di ventilazione, soluzioni semplici ed efficienti dal profilo energetico.

Con il free cooling diretto, nel breve tempo a disposizione nelle notti estive, sovente non si riesce però ad asportare tutto il calore accumulato durante il giorno. L'inerzia delle masse e la ridotta differenza di temperatura tra interno ed esterno rallentano notevolmente il processo. Servirebbero flussi d'aria molto consistenti e parecchia «aria fredda» per abbassare la temperatura in modo significativo. Inoltre, le notti «tropicali», con temperature esterne superiori a 20 °C, sono sempre più frequenti. Se queste durano giorni o settimane, un free cooling diretto è praticamente inefficiente.

Free cooling indiretto

Nel free cooling indiretto per asportare il calore si utilizza la rete dell'acqua fredda dell'impianto di climatizzazione. Il refrigeratore rimane spento oppure interviene solo quando il free cooling risulta insufficiente.

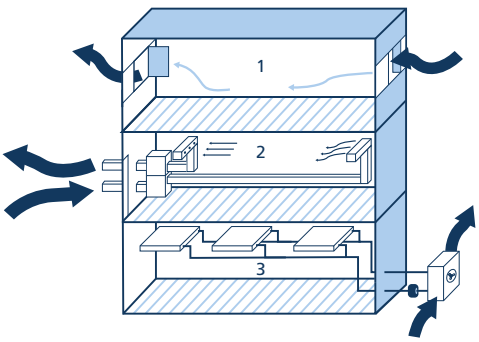
Per funzionare il free cooling indiretto necessita di almeno due scambiatori di calore: quello delle unità interne e uno per dissipare il calore all'esterno. I maggiori vantaggi dal punto di vista economico si ottengono con differenze di temperatura sugli scambiatori di 3/4 K.



Questo significa che, per poter raffreddare a 20 °C l'aria interna, quella esterna non deve superare i 14 °C. Situazione che, purtroppo, riduce il numero di giorni nei quali si può lavorare con un free cooling indiretto.

1 Maggiori informazioni sul free cooling con acque di falda, di fiume, di lago o tramite il terreno, sono disponibili nel libro «Klimakälte heute» (2019)

2. Raffreddamento con ventilazione
Con temperature esterne inferiori a 18 °C qualsiasi impianto meccanico di ventilazione (con un bypass sul recuperatore di calore) permette un «free cooling», visto che è sempre possibile immettere «aria fredda» nei locali.



1. Raffreddamento con finestre
Creazione di una corrente d'aria fredda attraverso le finestre aperte. Da considerare la protezione dalla pioggia, dal vento e da possibili intrusioni.

3. Raffreddamento tramite il circuito
L'acqua del circuito di raffreddamento viene raffreddata dall'aria esterna nel raffreddatore e ricondotta direttamente nei locali, con il refrigeratore spento.

Uno sguardo al sistema complessivo

Considerare caldo-freddo come un tutt'uno

Con il free cooling si asporta calore (energia termica) dall'edificio. Se, contemporaneamente, c'è bisogno di calore nell'edificio, è ovviamente opportuno utilizzare a tale scopo il calore dell'edificio stesso. L'utilizzo del free cooling è interessante soprattutto nelle mezze stagioni (primavera e autunno) e in inverno, quando, grazie alle basse temperature esterne, è possibile raffreddare in modo efficiente. Ma proprio questi sono i periodi nei quali gli edifici hanno anche bisogno di calore per il riscaldamento o per la produzione dell'acqua calda sanitaria.

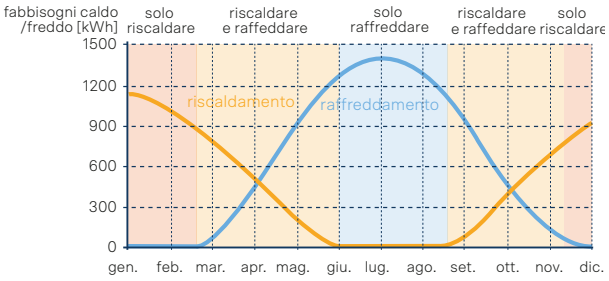


Grafico: le curve dei fabbisogni mensili di caldo e freddo indicano che, negli stabili con uffici riscaldati, il periodo in cui c'è solo un fabbisogno di freddo si può ridurre a poche settimane. Sono rappresentati gli andamenti dei carichi, che dipendono unicamente dal clima esterno. Non sono considerati carichi interni e il fabbisogno di calore per il postriscaldamento (deumidificazione).

Per valutare l'opportunità del free cooling è quindi indispensabile considerare, oltre al fabbisogno di freddo, anche quello di calore dell'edificio. Per molti stabili il periodo in cui l'utilizzo del free cooling è davvero conveniente può essere molto ridotto.

Requisiti per la temperatura ambiente

Contrariamente a un impianto di climatizzazione, il solo free cooling d'estate non permette di garantire una temperatura ambiente costante, ma unicamente di «mitigare la temperatura» dei locali. Quando non è necessario garantire una determinata temperatura, un condizionamento con free cooling può rappresentare una valida soluzione.

Tenere conto dell'umidità dell'aria

Il free cooling indiretto abbassa la temperatura ambiente e, di conseguenza, fa salire l'umidità relativa dell'aria. Sulle superfici fredde può quindi formarsi della condensa con possibilità di corrosione e gocciolamenti. Questo può essere evitato deumidificando (parzialmente) l'aria prima che venga immessa. Per la deumidificazione servono però temperature dell'acqua più basse (p. es. 14 °C) rispetto a quanto normalmente possibile con il free cooling. Può quindi essere necessario accendere l'impianto di climatizzazione oltre al raffreddamento libero, poter disporre per il free cooling di temperature esterne molto più basse (p. es. 12 °C) o, ancora, attivare la ventilazione meccanica. Bisogna comunque tener conto del benessere delle persone.

Oltre al raffreddamento, bisogna considerare anche l'umidità dell'aria dell'ambiente.

Collegamento idraulico

Il collegamento idraulico del free cooling può essere fatto in parallelo o in serie.

Collegamento in parallelo
Nel collegamento in parallelo (di seguito nelle varianti 1, 2 e 4) è possibile un funzionamento bivalente solo alternativo («o … o»). Il calore dei locali viene smaltito direttamente attraverso un raffreddatore dedicato al free cooling o dall'impianto di refrigerazione. Quando è attivo il free cooling, l'impianto di refrigerazione è spento.

Collegamento in serie
Nel collegamento in serie (varianti 3 e 5) è possibile un funzionamento bivalente parallelo («sia … sia»). Il calore può essere quindi evacuato in tre modi diversi.

A: Il refrigeratore è spento e il calore viene smaltito esclusivamente attraverso il raffreddatore del free cooling (free cooling al 100%)

B: L'acqua che si riscalda nei locali viene fatta passare attraverso lo scambiatore di calore del free cooling e in questo modo parzialmente raffreddata. L'impianto di refrigerazione le sottrae poi il calore rimanente e lo espelle tramite il proprio raffreddatore (preraffreddamento)

C: Tutto il calore viene sottratto dall'impianto di refrigerazione (senza free cooling)

Il collegamento in serie del free cooling con l'impianto di refrigerazione è impegnativo dai punti di vista idraulico e di regolazione, poiché i refrigeratori sono molto sensibili alle variazioni della temperatura.

Collegamento ibrido parallelo/serie
Con una combinazione dei collegamenti in parallelo e in serie si possono unire i vantaggi di entrambi i sistemi e ottenere soluzioni energeticamente valide. Dal punto di vista della regolazione, questi sistemi sono però complessi e non vengono pertanto trattati in questo foglio informativo.

Quando conviene il free cooling?

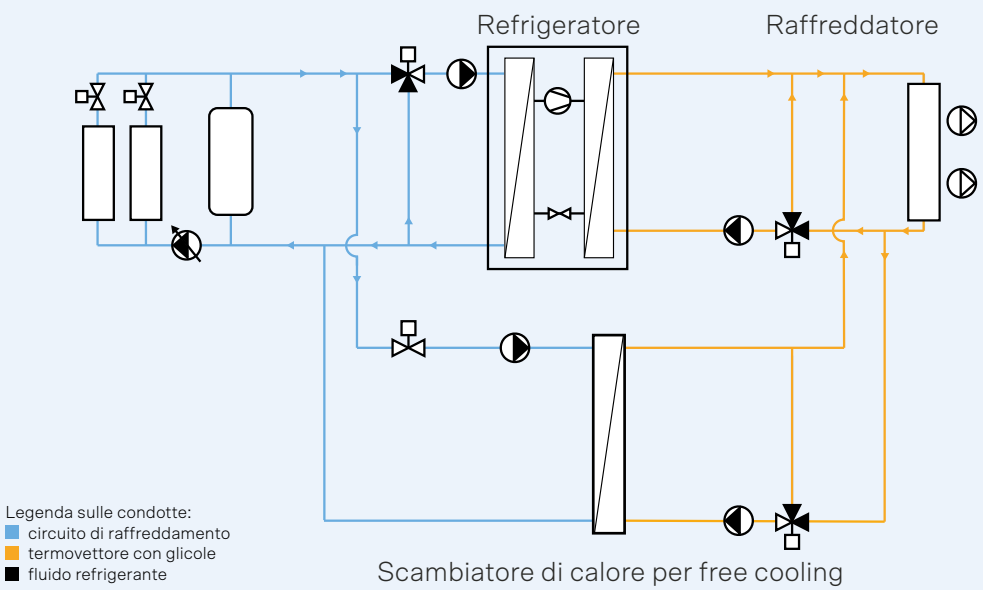
Lo studio della ZHAW sul tema del free cooling nella climatizzazione, «Free-Cooling in der Klimakälte», ha investigato il potenziale del free cooling indiretto (che sfrutta il circuito di raffreddamento) e definisce «potenziale di free cooling» il possibile contributo di questo al fabbisogno complessivo di freddo dell'edificio.

Lo studio della ZHAW evidenzia il potenziale di cinque diversi tipi di collegamento idraulico del free cooling, qui di seguito illustrati. Le temperature di mandata esposte per il circuito di raffreddamento sono valori indicativi, riferiti alla località Zurigo-Kloten.

Free cooling con chiller 1

Variante 1: Free cooling con il raffreddatore dell'impianto di refrigerazione

Funzionamento: bivalente-alternativo («o … o»)



Scambiatore di calore per free cooling

Adatto in particolare per impianti con consumatori del freddo che lavorano con la seguente temperatura di mandata nel circuito di raffreddamento:

Temperatura di mandata circuito di raffreddamento
con raffreddatore a secco: superiore a 22 °C
con raffreddatore umido: superiore a 20 °C

Quando è attivo il free cooling il refrigeratore è spento.

Vantaggi
- la variante più economica

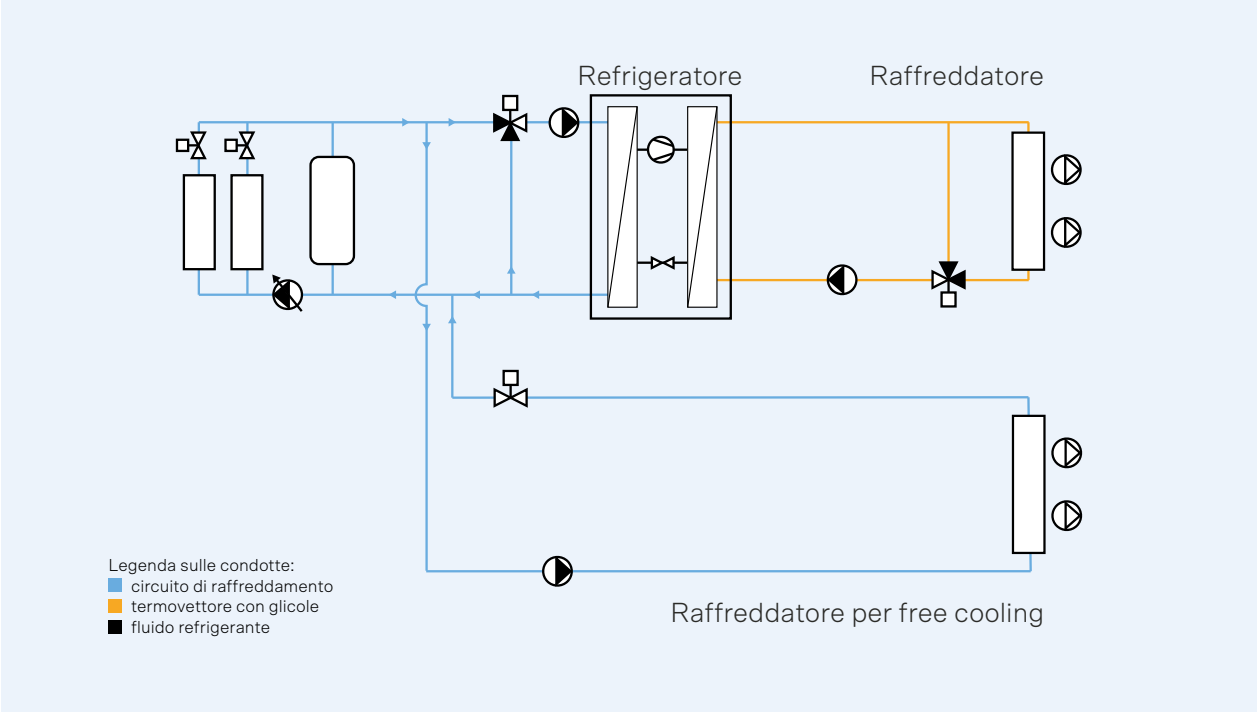
Svantaggi
- la meno efficiente di tutte le varianti
- le differenze di temperatura sugli scambiatori di calore riducono il potenziale.

Nota
Se lo scambiatore di calore per il free cooling si trova all'esterno, si può rinunciare al glicole nel circuito dell'acqua fredda isolando molto bene le condotte dell'acqua e lo scambiatore a piastre e proteggendoli dal gelo con un cavo riscaldante elettrico (2 °C).

Free cooling con chiller 2

Variante 2: Free cooling con raffreddatore aggiuntivo collegato in parallelo

Funzionamento: bivalente-alternativo («o … o»)



Adatto in particolare per impianti con consumatori del freddo che lavorano con la seguente temperatura di mandata nel circuito di raffreddamento:

Temperatura di mandata circuito di raffreddamento
con raffreddatore a secco: superiore a 22 °C
con raffreddatore umido: superiore a 18 °C

Quando è attivo il free cooling il refrigeratore è spento.

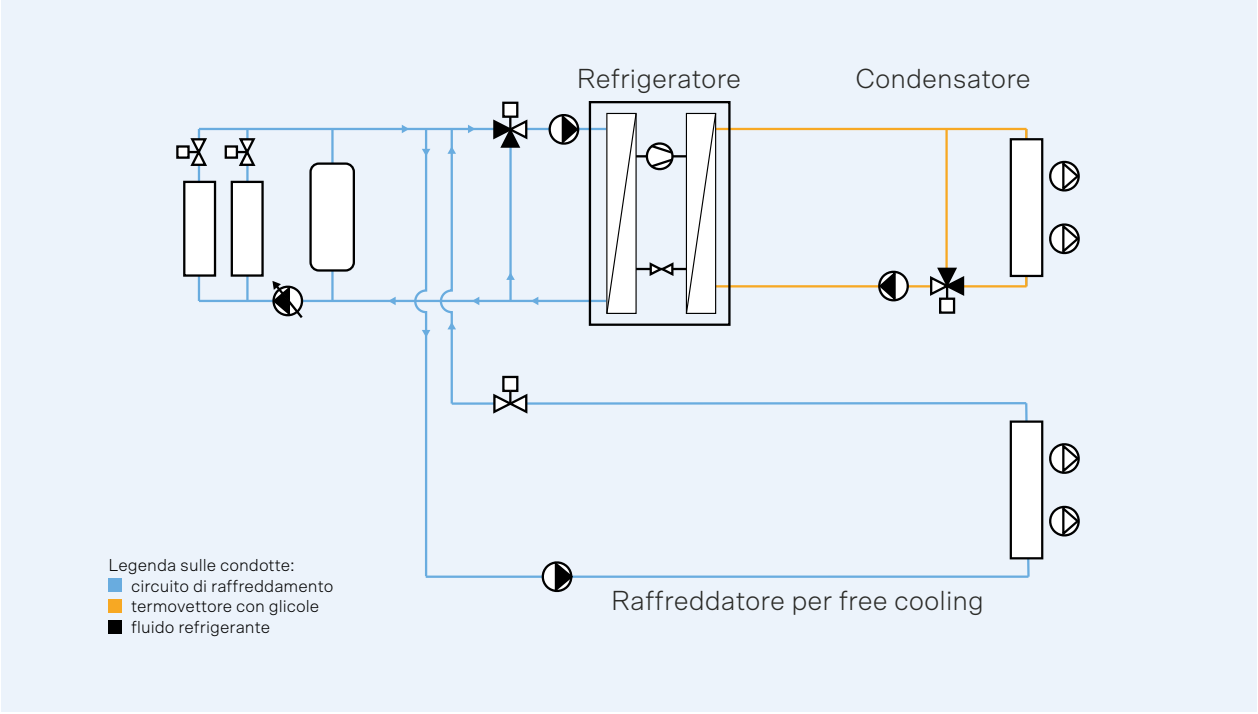
Vantaggi
- più efficiente della variante 1

Svantaggi
- integrazione più complessa
- meno efficiente delle varianti 3 e 5
- tutto il circuito refrigerante va riempito con acqua glicolata per proteggerlo dal gelo. Altrimenti va installato un raffreddatore per il free cooling che, in caso di pericolo di gelo, si svuota da solo.

Free cooling con chiller 2

Variante 3: Free cooling con raffreddatore aggiuntivo collegato in serie

Funzionamento: bivalente-parallelo («sia … sia»)



Adatto in particolare per impianti con consumatori del freddo che lavorano con la seguente temperatura di mandata nel circuito di raffreddamento:

Temperatura di mandata circuito di raffreddamento
con raffreddatore a secco: superiore a 18 °C
con raffreddatore umido: superiore a 14 °C

Quando è attivo il free cooling il refrigeratore può avere una funzione di supporto.

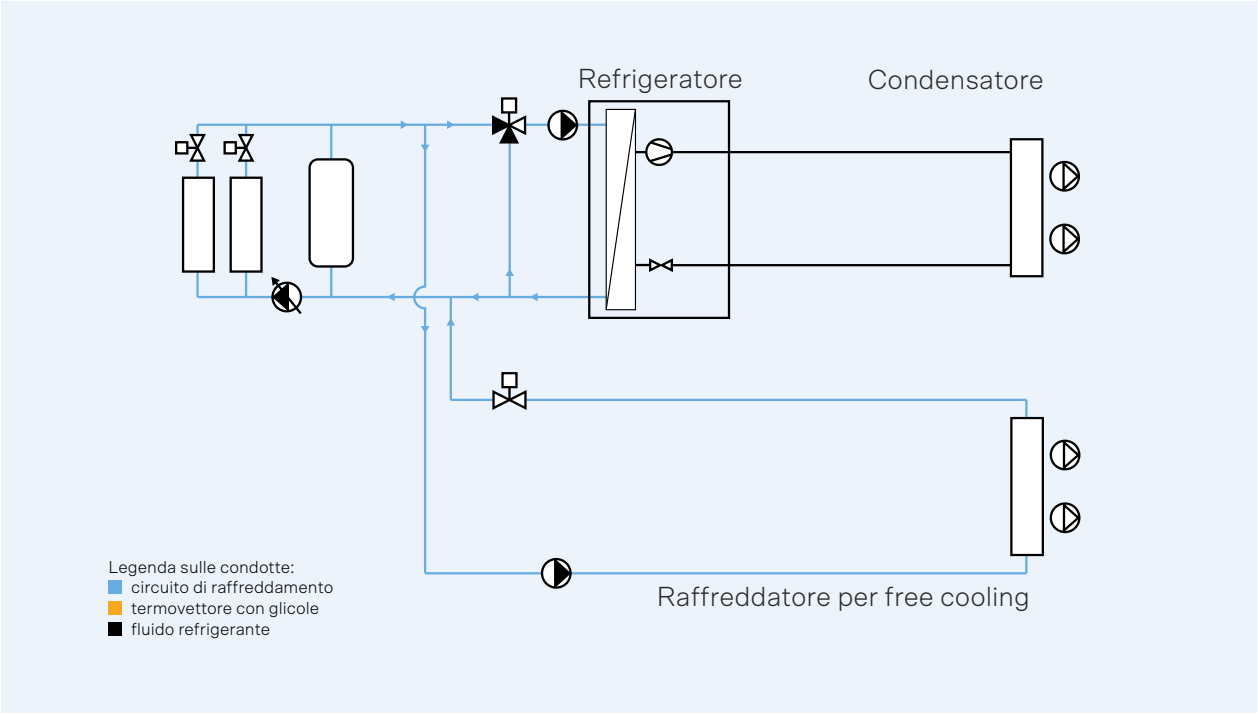
Vantaggi
- la variante più efficiente assieme alla 5

Svantaggi
- integrazione più complessa
- tutto il circuito refrigerante va riempito con acqua glicolata per proteggerlo dal gelo. Altrimenti va installato un raffreddatore per il free cooling che, in caso di pericolo di gelo, si svuota da solo.

Free cooling con condensatore remoto

Variante 4: Refrigeratore con condensatore remoto e con free cooling tramite raffreddatore collegato in parallelo

Funzionamento: bivalente-alternativo («o … o»)



Adatto in particolare per impianti con consumatori del freddo che lavorano con la seguente temperatura di mandata nel circuito di raffreddamento:

Temperatura di mandata circuito di raffreddamento
con raffreddatore a secco: superiore a 22 °C
con raffreddatore umido: superiore a 18 °C

Quando è attivo il free cooling il refrigeratore è spento.

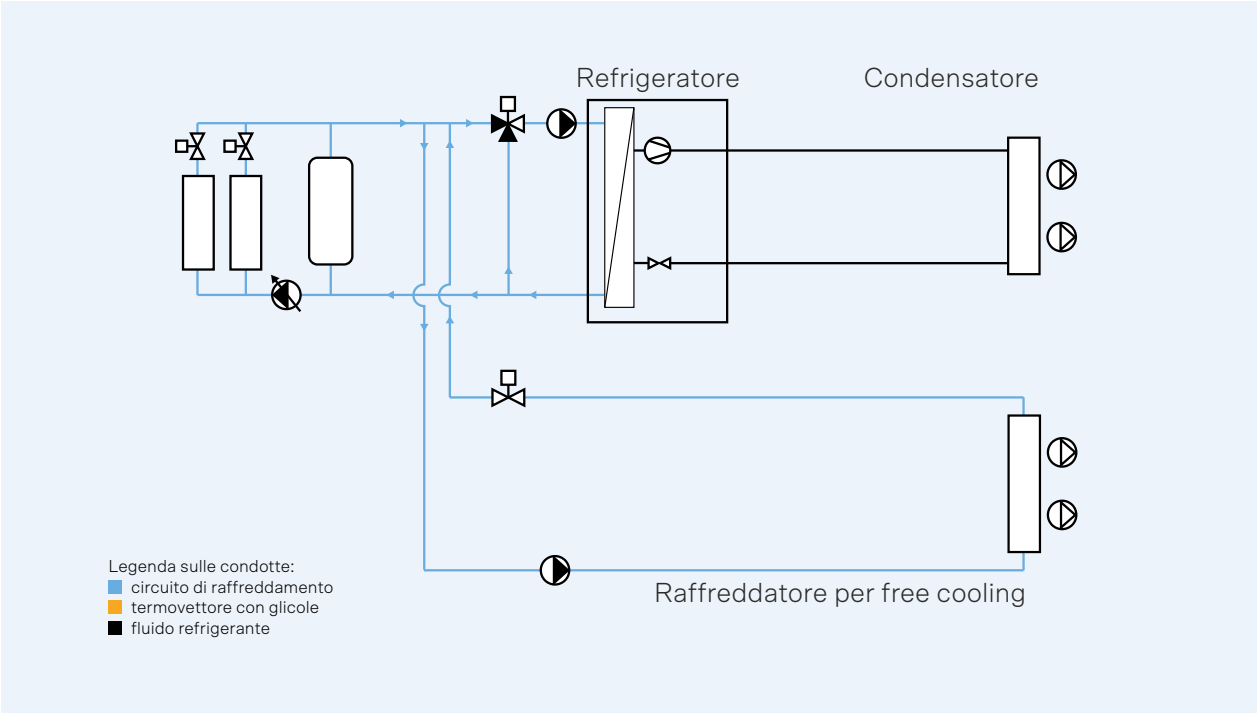
Vantaggi
- più efficiente della variante 1

Svantaggi
- integrazione più complessa
- meno efficiente delle varianti 3 e 5
- tutto il circuito refrigerante va riempito con acqua glicolata per proteggerlo dal gelo. Altrimenti va installato un raffreddatore per il free cooling che, in caso di pericolo di gelo, si svuota da solo.

Free cooling con condensatore remoto

Variante 5: Refrigeratore con condensatore remoto e free colling tramite raffreddatore collegato in serie

Funzionamento: bivalente-parallelo («sia ... sia»)



Adatto in particolare per impianti con consumatori del freddo che lavorano con la seguente temperatura di mandata nel circuito di raffreddamento:

Temperatura di mandata circuito di raffreddamento
con raffreddatore a secco: superiore a 18 °C
con raffreddatore umido: superiore a 14 °C

Quando è attivo il free cooling il refrigeratore può avere una funzione di supporto.

Vantaggi
- la variante più efficiente insieme alla 3
- soluzione valida per sistemi con fluidi refrigeranti appartenenti a una classe richiedente maggiori misure di sicurezza (refrigeranti naturali)
- ideale per installazioni all'esterno.

Svantaggi
- integrazione più complessa
- tutto il circuito refrigerante va riempito con acqua glicolata per proteggerlo dal gelo. Altrimenti va installato un raffreddatore per il free cooling che, in caso di pericolo di gelo, si svuota da solo.

Nota
Ci sono prodotti con integrato, assieme al condensatore, uno scambiatore per il free cooling. Questi prodotti non hanno bisogno di ventilatori aggiuntivi, sono quindi più convenienti e richiedono meno spazio.

I risultati dello studio

Dove conviene il free cooling

Lo studio della ZHAW mostra che l'elemento determinante per capire se un free cooling indiretto è conveniente o meno è innanzitutto la temperatura di mandata del circuito di raffreddamento. Sono poi i sistemi collegati in serie (varianti 3 e 5) ad avere il maggior potenziale.

Se sono necessarie temperature di mandata inferiori a 14 °C, il potenziale complessivo di free cooling si riduce a una percentuale molto ridotta dell'energia per il raffreddamento dei locali per cui, nella maggior parte dei casi, non è economicamente conveniente. In stabili con uffici, a partire da una temperatura di mandata dell'acqua fredda di 18 °C, il free cooling diventa economicamente interessante e andrebbe preso in considerazione (attenzione: tenere conto dell'umidità dell'aria).

Quando il free cooling è «economico»?
In base a calcoli sulla redditività, la ZHAW ha stimato quanto deve essere grande il potenziale di free cooling rispetto all'energia di raffreddamento totale per essere conveniente, evidenziando tre livelli:

- potenziale superiore a 40%: consigliato
- potenziale tra 10% e 40%: economicità da verificare
- potenziale inferiore a 10%: sconsigliato

Il potenziale di free cooling è il possibile contributo del free cooling al fabbisogno complessivo di freddo dell'edificio.

ⓘ 7 punti da considerare per il free cooling

1. Se l'edificio ha un fabbisogno sia di calore sia di freddo, all'interno dell'edificio si dovrebbe utilizzare innanzi tutto il calore dell'impianto di raffreddamento. Una volta esaurito questo potenziale, il free cooling può asportare dall'edificio il calore in eccesso.

2. Con il funzionamento del free cooling bisogna verificare quali sono gli effetti sull'umidità dell'aria ambiente. Con impianti dotati di deumidificazione parziale potrebbe essere necessario attivare la ventilazione.

3. I sistemi di accumulo del calore come le masse inerziali termoattive (TABS) e i soffitti raffreddanti, che funzionano con alte temperature di mandata dell'acqua fredda, sono particolarmente adatti per il free cooling.

4. I raffreddatori umidi raggiungono temperature di raffreddamento più basse e permettono un maggiore contributo del free cooling al raffreddamento complessivo.

5. Più freddo è il clima locale (p. es. sulle Alpi), maggiore è il contributo del free cooling al fabbisogno complessivo di freddo. Più caldo è il clima locale (p. es. in Ticino), minore è il contributo del free cooling al fabbisogno complessivo di freddo.

6. Con raffreddatori per il free cooling collegati in serie si ottengono sistemi più efficienti (varianti 3 e 5).

7. Gli impianti a espansione diretta per il free cooling non sono migliori dal punto di vista energetico rispetto a quelli che utilizzano il circuito dell'acqua.

1. Stabile con uffici sull'altopiano svizzero

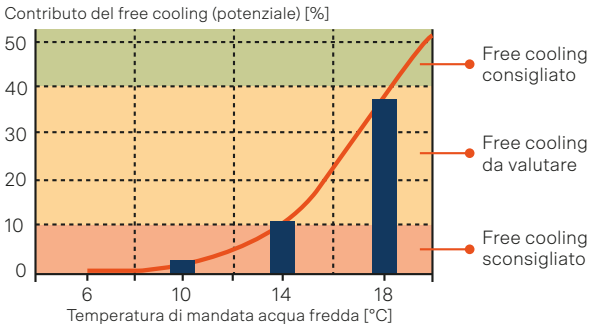


Grafico: Potenziale di free cooling per impianti di climatizzazione con raffreddatore aggiuntivo collegato in serie (variante 3) in stabili con uffici (impianti di climatizzazione comfort) con diverse temperature di mandata del circuito di raffreddamento.

La percentuale di free cooling in grandi magazzini, commerci e case di cura (ospedali, studi medici) è paragonabile a quella degli stabili per uffici.

2. Centro di calcolo sull'altopiano svizzero

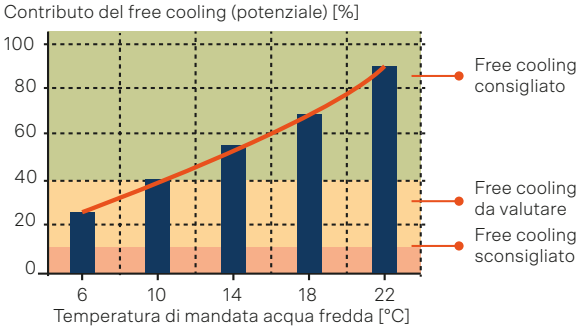


Grafico: Potenziale di free cooling per impianti di climatizzazione con un raffreddatore aggiuntivo collegato in serie (variante 3) in un centro di calcolo (24 ore su 24, 365 giorni all'anno) con diverse temperature di mandata del circuito di raffreddamento.

Il potenziale di free cooling nei centri di calcolo è interessante, poiché devono essere raffreddati tutto l'anno.

Scelta del raffreddatore

La scelta del raffreddatore per il free cooling ha un forte impatto sulle temperature. Raffreddatori ibridi (bagnati, a spruzzo, a umido) arrivano a temperature di 3–4 °C più basse rispetto ai raffreddatori a secco. Questo rende il sistema più efficiente permettendo di raggiungere temperature di mandata dell'acqua fredda inferiori. Gli svantaggi dei sistemi ibridi sono i maggiori costi d'investimento, di manutenzione e di gestione.

Tra l’altro …

Free cooling o impianto fotovoltaico?

Nel caso di edifici con un basso potenziale di free cooling conviene valutare se, al posto di un’installazione supplementare per il free cooling (raffreddatore, condotte, raccordi e regolazioni), non sia più opportuno installare un impianto fotovoltaico. Gli impianti di climatizzazione e quelli fotovoltaici, infatti, si integrano molto bene.

Entrambi i sistemi funzionano al massimo delle loro prestazioni in piena estate: la climatizzazione dei locali registra registra i maggiori consumi di energia elettrica, mentre l’impianto fotovoltaico produce elettricità al massimo. Dal punto di vista del consumo totale di energia dell’edificio sull’arco di un anno e con un investimento comparabile, una soluzione del genere presenta sovente un bilancio globale migliore rispetto all’installazione aggiuntiva di un free cooling.

Fonti

Free Cooling in der Klimakälte
Rohrer, König, Tillenkamp ZHAW,
2018 www.efficienzaperilfreddo.ch (studio commissionato dall’UFE)

Klimakälte heute
Brunner, Kriegers, Prochaska,
Tillenkamp
Faktor-Verlag 2019

SvizzeraEnergia
Ufficio federale dell’energia UFE
Pulverstrasse 13
CH-3063 Ittigen
Indirizzo postale: CH-3003 Berna

Infoline 0848 444 444
infoline.svizzeraenergia.ch

svizzeraenergia.ch
energieschweiz@bfe.admin.ch
ch.linkedin.com/company/energieschweiz

09.2024