



Misura standardizzata KA-03

Ottimizzazioni dell'esercizio di impianti di refrigerazione mediante riduzione della temperatura di condensazione

Documentazione

Numero della misura

KA-03

Versione

2.0 (11.2025)

Versione	Modifiche rispetto alla versione precedente
1.0	Prima versione
2.0	Calcolo dei risparmi di elettricità computabili in kWh Diverse modifiche testuali



1 Introduzione

Con la legge federale su un approvvigionamento elettrico sicuro con le energie rinnovabili, nella sessione autunnale del 2023 il Parlamento ha fissato l'obbligo per i fornitori di elettricità di adottare misure di miglioramento dell'efficienza energetica. Secondo l'articolo 46b della legge sull'energia (RS 730.0; LEne), i fornitori di elettricità devono realizzare gli obiettivi mediante misure volte a migliorare l'efficienza energetica applicate ad apparecchi, impianti e veicoli elettrici esistenti presso i consumatori finali svizzeri oppure, se le misure vengono realizzate da terzi, devono fornire le relative prove. L'Ufficio federale dell'energia (UFE) definisce ogni anno un elenco di misure standardizzate e i relativi risparmi di elettricità computabili. Le misure non incluse nel catalogo delle misure standardizzate possono essere sottoposte all'UFE per approvazione come cosiddette misure non standardizzate.

Per ogni misura standardizzata, l'UFE fornisce un protocollo di risparmio con cui i fornitori di elettricità possono notificare le misure adottate. Nella documentazione accompagnatoria viene illustrata in modo chiaro la metodologia utilizzata per determinare il risparmio di elettricità computabile. Questa metodologia fornisce una stima generale del risparmio cumulativo di elettricità (energia finale) generato dall'adozione della corrispondente misura di efficienza elettrica per la durata dell'effetto. Si basa su un calcolo ex ante e utilizza ipotesi e fattori che sono stati definiti in base a norme attuali, studi di mercato, letteratura scientifica e contributi di esperti.

La documentazione si rivolge ai fornitori di elettricità, a coloro che adottano misure di miglioramento dell'efficienza energetica ed anche a chiunque altro sia interessato al risparmio di elettricità nell'ambito del miglioramento dell'efficienza energetica in base all'articolo 46b LEne.

2 Obiettivo

L'obiettivo del presente documento è quello di fornire una stima generale del risparmio di elettricità derivante dalla riduzione della temperatura di condensazione di impianti di refrigerazione attraverso varie misure. La presente misura non è adatta a impianti di refrigerazione CO₂ e sistemi in cascata.

3 Simboli, termini e unità di misura

Lettere latine

Simbolo	Termine	Unità
E	Consumo annuo di elettricità	kWh/a
ΔE_{eco}	Risparmio cumulativo di elettricità	kWh
f	Fattore	-
N_s	Durata standard dell'effetto	a
T	Temperatura	°C
\dot{Q}	Potenza di raffreddamento	kW
Q	Fabbisogno annuo di freddo	kWh/a
t	Durata del Bin	h/a
EER	Indice di efficienza energetica	-

Lettere greche

Simbolo	Termine	Unità
η	Coefficiente di sfruttamento	-

Indici

x	Stato (vecchio, nuovo)
i	Categoria di impiego
j	Temperatura esterna



4 Descrizione del calcolo ex ante

4.1 Risparmio computabile

Il risparmio di elettricità computabile ΔE_{eco} della misura è determinato dalla differenza fra il consumo annuale di elettricità attuale (stato attuale) E_{alt} e quello nuovo (stato dopo il rinnovamento) E_{neu} , cumulato nel corso della durata standard dell'effetto N_s .

Per tenere conto del tasso di rinnovamento e ottimizzazione naturale di apparecchi e impianti, che porta a una riduzione del consumo energetico non dovuto a obblighi di legge, il risparmio di elettricità computabile viene ridotto mediante un fattore di riduzione f_{eco} pari a 0.75.

$$\Delta E_{eco} = (E_{alt} - E_{neu}) \cdot f_{eco} \cdot N_s$$

ΔE_{eco}	Risparmio cumulativo di elettricità in kWh
E_{alt}	Consumo annuo di elettricità nel vecchio stato in kWh/a
E_{neu}	Consumo annuo di elettricità nel nuovo stato in kWh/a
f_{eco}	Fattore di riduzione
N_s	Durata standard dell'effetto in anni

4.2 Consumo annuo di elettricità

Il consumo annuo di elettricità è la somma dei quozienti del carico frigorifero annuo e dell'efficienza del sistema, che dipendono a loro volta dall'impiego e dalle condizioni operative.

$$E_x = \sum_{j=1}^n \left(\frac{Q_j}{EER_{x,j}} \right)$$

E_x	Consumo annuo di elettricità in kWh/a
Q_j	Energia di raffreddamento in funzione della temperatura esterna in kWh/a
EER_j	Indice di efficienza energetica in funzione della temperatura esterna

L'energia di raffreddamento dipende dal numero di ore durante le quali è presente la temperatura esterna T_j e dal fabbisogno di potenza frigorifera a una data temperatura esterna T_j .

$$Q_j = t_j \cdot \dot{Q}_j$$

Q_j	Energia di raffreddamento in funzione della temperatura esterna in kWh/a
t_j	Numero di ore del Bin durante le quali è presente la temperatura esterna in h/a
\dot{Q}_j	Fabbisogno di potenza frigorifera alla temperatura esterna in kW

Il numero di ore per anno durante le quali è presente la temperatura esterna T_j viene calcolato mediante il metodo Bin basato sulla norma SN EN 14825. Il fabbisogno di potenza frigorifera in funzione della temperatura esterna si calcola mediante una potenza a una data temperatura esterna e un profilo di carico registrato in funzione dell'applicazione di raffreddamento, conformemente alla tabella 1.

L'indice di efficienza energetica è il risultato della moltiplicazione fra il rendimento di Carnot teorico ed il fattore di degradazione (del rendimento di Carnot). Il rendimento di Carnot teorico dipende dalla temperatura di condensazione T_0 e dalla temperatura di evaporazione T_C , che a seconda delle misure adottate può essere ottimizzata.

$$EER_{x,j} = \frac{T_{0,i} + 273.15}{T_{C,x,j} - T_{0,i}} \cdot \eta_{CG}$$

$EER_{x,j}$	Indice di efficienza energetica in funzione della temperatura esterna
-------------	---



η_{CG}	Fattore di degradazione (del rendimento di Carnot), senza unità di misura
$T_{0,i}$	Temperatura di evaporazione (in funzione dell'applicazione di raffreddamento) in °C
$T_{C,x,j}$	Temperatura di condensazione (in funzione della temperatura esterna) in °C

La temperatura di condensazione $T_{C,j}$ dipende dalla rispettiva temperatura ambiente T_j e dalla differenza di temperatura totale $\Delta T_{tot,c}$.

$$T_{C,x,j} = T_{x,j} + \Delta T_{tot,c,x}$$

Occorre fare attenzione che la temperatura di condensazione non sia mai inferiore alla soglia $T_{C,min,x}$.

$$T_{C,x,j} = \begin{cases} T_{C,x,j}, & T_{C,x,j} \geq T_{C,min,x} \\ T_{C,min,x}, & T_{C,x,j} < T_{C,min,x} \end{cases}$$

Inoltre lo scarto della temperatura di $T_{0,i}$ e $T_{C,j}$ non deve essere mai inferiore a $\Delta T_{0,C,min}$, nemmeno nel caso in cui la temperatura esterna e $T_{C,min}$ lo consentano.

$$T_{C,x,j} = \begin{cases} T_{C,j}, & T_{C,j} - T_{0,i} \geq \Delta T_{0,C,min} \\ T_{0,i} + \Delta T_{0,C,min}, & T_{C,j} - T_{0,i} < \Delta T_{0,C,min} \end{cases}$$

$T_{C,x,j}$	Temperatura di condensazione in °C
$T_{x,j}$	Temperatura esterna in °C
$\Delta T_{tot,c,x}$	Differenza di temperatura totale in K
$T_{C,min}$	Temperatura di condensazione minima in °C
$\Delta T_{0,C,min}$	Differenza di temperatura minima in K

La differenza di temperatura totale $\Delta T_{tot,c,x}$ è costituita da più componenti. Anzitutto occorre distinguere se si tratta di condensazione diretta (aria / condensatore diretto) o raffreddamento del fluido (raffreddatore con circuito secondario).

4.2.1 Condensazione diretta (aria / condensatore diretto)

Nel caso della condensazione diretta (aria) la differenza di temperatura totale è data dal ΔT della temperatura di condensazione e della temperatura esterna (ΔT_{c-j}). In aggiunta a ciò, si sommano le differenze di temperatura dovute all'unità esterna sporca ($\Delta T_{a,sch,x}$) o a un'errata circolazione, a un corto circuito dell'aria o a un irraggiamento solare sull'unità esterna causato da un errato posizionamento ($\Delta T_{b,pos,x}$).

$$\Delta T_{tot,c,x} = \Delta T_{c-j} + \Delta T_{a,sch,x} + \Delta T_{b,pos,x}$$

$\Delta T_{tot,c,x}$	Differenza di temperatura totale in K
ΔT_{c-j}	Differenza fra la temperatura di condensazione e quella esterna in K
$\Delta T_{a,sch,x}$	Differenza di temperatura dovuta a scambiatori di calore sporchi in K
$\Delta T_{b,pos,x}$	Differenza di temperatura fra l'aria di aspirazione e quella ambiente in K

A. L'ulteriore differenza di temperatura dovuta agli scambiatori di calore sporchi è definita tramite un fattore di contaminazione F_S . In questo modo è possibile determinare il $\Delta T_{a,sch}$ nel seguente modo:

- Con raffreddamento a temperatura positiva, raffreddamento a temperatura negativa, server IT, raffreddamenti di processi (condensazione diretta)



$$\Delta T_{a,sch,x,j} = \begin{cases} \left(0.6 + (1 - 0.6) \cdot \left(\frac{T_j - 5}{35 - 5} \right) \right) \cdot f_{sch,x} \cdot \Delta T_{c-j}, & T_j > 5^\circ C \\ 0.6 \cdot f_{sch,x} \cdot \Delta T_{c-j}, & T_j \leq 5^\circ C \end{cases}$$

- Con climatizzazione comfort a evaporazione diretta e climatizzazione comfort tramite fluido di raffreddamento (condensazione diretta)

$$\Delta T_{a,sch,x,j} = \begin{cases} \left(\frac{T_j - 20}{35 - 20} \right) \cdot f_{sch,x} \cdot \Delta T_{c-j}, & T_j > 20^\circ C \\ 0, & T_j \leq 20^\circ C \end{cases}$$

$\Delta T_{a,sch,x,j}$	Differenza di temperatura dovuta a scambiatori di calore sporchi in K
T_j	Temperatura esterna in °C
$f_{sch,x}$	Fattore di contaminazione
ΔT_{c-j}	Differenza fra la temperatura di condensazione e quella esterna in K

- B. A causa dell'irraggiamento solare o di un'errata circolazione dell'aria, la temperatura di aspirazione T_{ans} può essere superiore a quella esterna, il che dà luogo a un'ulteriore differenza di temperatura $\Delta T_{b,pos,x}$.

- Con raffreddamento a temperatura positiva, raffreddamento a temperatura negativa, server IT, freddo di processo (condensazione diretta)

$$\Delta T_{b,pos,x,j} = \begin{cases} \left(0.4 + (1 - 0.4) \cdot \left(\frac{T_j - 5}{35 - 5} \right) \right) \cdot \Delta T_{b,pos,max,x}, & T_j > 5^\circ C \\ 0.4 \cdot \Delta T_{b,pos,max,x}, & T_j \leq 5^\circ C \end{cases}$$

$$\Delta T_{b,pos,max,x} = \frac{\Delta T_{ans-j,mess,x}}{0.4 + 0.6 \cdot \left(\frac{T_{j,mess,x} - 5}{35 - 5} \right)}$$

- Con climatizzazione comfort evaporazione diretta e climatizzazione comfort tramite fluido di raffreddamento (condensazione diretta)

$$\Delta T_{b,pos,x,j} = \begin{cases} \left(0.7 + (1 - 0.7) \cdot \left(\frac{T_j - 20}{35 - 20} \right) \right) \cdot \Delta T_{b,pos,max,x}, & T_j > 20^\circ C \\ 0.7 \cdot \Delta T_{b,pos,max,x}, & T_j \leq 20^\circ C \end{cases}$$

$$\Delta T_{b,pos,max,x} = \frac{\Delta T_{ans-j,mess,x}}{0.7 + 0.3 \cdot \left(\frac{T_{j,mess,x} - 20}{35 - 20} \right)}$$

$\Delta T_{b,pos,x,j}$	Differenza di temperatura fra l'aria di aspirazione e quella ambiente in K
$\Delta T_{b,pos,max,x}$	Differenza di temperatura fra l'aria di aspirazione e quella ambiente a 35°C in K
T_j	Temperatura esterna in °C
$\Delta T_{ans-j,mess,x}$	Differenza di temperatura misurata fra l'aria di aspirazione e quella ambiente in K
$T_{j,mess,x}$	Temperatura esterna alla quale viene eseguita la misurazione, in °C

- C. Se la macchina frigorifera ha registrato un mantenimento del livello della temperatura di condensazione superiore a $T_{c,min}$, è possibile ridurre quest'ultima. La nuova temperatura di condensazione minima, ottimizzata, è espressa nel seguente modo:



$$T_{C,min,x} = T_{C,opt,x}$$

$T_{C,min,x}$	Temperatura di condensazione minima in °C
$T_{C,opt,x}$	Temperatura di condensazione ottimizzata in °C

4.2.2 Raffreddamento del fluido (raffreddatore con circuito secondario)

Nel caso del raffreddatore con circuito secondario, la differenza di temperatura totale è data dal ΔT della temperatura di condensazione e della temperatura di ingresso del circuito secondario del condensatore ($\Delta T_{c-sek,ein}$) e dal ΔT della temperatura di ingresso del circuito secondario del condensatore e della temperatura ambiente ($\Delta T_{sek,ein-j}$). In aggiunta a ciò, si sommano le differenze di temperatura dovute al raffreddatore sporco ($\Delta T_{a,sch}$) o a un'errata circolazione, a un corto circuito dell'aria o a un irraggiamento solare sul raffreddatore causato da un errato posizionamento ($\Delta T_{b,pos}$).

$$\Delta T_{tot,c,x} = \Delta T_{c-sek,ein} + \Delta T_{sek,ein-j} + \Delta T_{a,sch,x} + \Delta T_{b,pos,x}$$

$\Delta T_{tot,c,x}$	Differenza di temperatura totale in K
$\Delta T_{c-sek,ein}$	Differenza fra la temperatura di condensazione e quella di ingresso in K
$\Delta T_{sek,ein-j}$	Differenza fra la temperatura di ingresso e quella ambiente in K
$\Delta T_{a,sch,x}$	Differenza di temperatura dovuta a scambiatori di calore sporchi in K
$\Delta T_{b,pos,x}$	Differenza fra la temperatura dell'aria di aspirazione e quella ambiente in K

A. L'ulteriore differenza di temperatura dovuta agli scambiatori di calore sporchi è definita tramite un fattore di contaminazione F_S . In questo modo è possibile determinare il $\Delta T_{a,sch}$ nel seguente modo:

- Con raffreddamento a temperatura positiva, raffreddamento a temperatura negativa, server IT, freddo di processo (condensazione diretta)

$$\Delta T_{a,sch,x,j} = \begin{cases} \left(0.6 + (1 - 0.6) \cdot \left(\frac{T_j - 5}{35 - 5} \right) \right) \cdot f_{sch,x} \cdot \Delta T_{sek,ein-j}, & T_j > 5^\circ\text{C} \\ 0.6 \cdot f_{sch,x} \cdot \Delta T_{sek,ein-j}, & T_j \leq 5^\circ\text{C} \end{cases}$$

- Con climatizzazione comfort evaporazione diretta e climatizzazione comfort tramite fluido di raffreddamento (condensazione diretta)

$$\Delta T_{a,sch,x,j} = \begin{cases} \left(\frac{T_j - 20}{35 - 20} \right) \cdot f_{sch,x} \cdot \Delta T_{sek,ein-j}, & T_j > 20^\circ\text{C} \\ 0, & T_j \leq 20^\circ\text{C} \end{cases}$$

$\Delta T_{a,sch,x,j}$	Differenza di temperatura dovuta a scambiatori di calore sporchi in K
T_j	Temperatura esterna in °C
$f_{sch,x}$	Fattore di contaminazione
ΔT_{c-j}	Differenza fra la temperatura di condensazione e quella esterna in K

B. A causa dell'irraggiamento solare e di un'errata circolazione dell'aria, la temperatura di aspirazione T_{ans} può essere superiore a quella esterna, il che dà luogo a un'ulteriore differenza di temperatura $\Delta T_{b,pos}$.

- Con raffreddamento a temperatura positiva, raffreddamento a temperatura negativa, server IT, freddo di processo (condensazione diretta)



$$\Delta T_{b,pos,x,j} = \begin{cases} \left(0.4 + (1 - 0.4) \cdot \left(\frac{T_j - 5}{35 - 5} \right) \right) \cdot \Delta T_{b,pos,max,x}, & T_j > 5^\circ\text{C} \\ 0.4 \cdot \Delta T_{b,pos,max,x}, & T_j \leq 5^\circ\text{C} \end{cases}$$

$$\Delta T_{b,pos,max,x} = \frac{\Delta T_{ans-j,mess,x}}{0.4 + 0.6 \cdot \left(\frac{T_{j,mess,x} - 5}{35 - 5} \right)}$$

- Con climatizzazione comfort evaporazione diretta e climatizzazione comfort tramite fluido di raffreddamento (condensazione diretta)

$$\Delta T_{b,pos,x,j} = \begin{cases} \left(0.7 + (1 - 0.7) \cdot \left(\frac{T_j - 20}{35 - 20} \right) \right) \cdot \Delta T_{b,pos,max,x}, & T_j > 20^\circ\text{C} \\ 0.7 \cdot \Delta T_{b,pos,max,x}, & T_j \leq 20^\circ\text{C} \end{cases}$$

$$\Delta T_{b,pos,max,x} = \frac{\Delta T_{ans-j,mess,x}}{0.7 + 0.3 \cdot \left(\frac{T_{j,mess,x} - 20}{35 - 20} \right)}$$

$\Delta T_{b,pos,x,i}$	Differenza di temperatura fra l'aria di aspirazione e quella ambiente in K
$\Delta T_{b,pos,max,x}$	Differenza di temperatura fra l'aria di aspirazione e quella ambiente a 35°C in K
T_j	Temperatura esterna in °C
$\Delta T_{ans-j,mess,x}$	Differenza di temperatura misurata fra l'aria di aspirazione e quella ambiente in K
$T_{j,mess,x}$	Temperatura esterna alla quale viene eseguita la misurazione in °C

- C. Se la macchina frigorifera ha registrato un mantenimento del livello della temperatura di condensazione superiore a $T_{c,min}$, è possibile ridurre quest'ultima. La nuova temperatura di condensazione minima, ottimizzata, è espressa nel seguente modo:

$$T_{c,min,x} = T_{c,opt,x}$$

$T_{c,min,x}$	Temperatura di condensazione minima in °C
$T_{c,opt,x}$	Temperatura di condensazione ottimizzata in °C

4.2.3 Free cooling server IT

Se è presente il free cooling nelle applicazioni di raffreddamento dei *server IT*, il carico frigorifero viene meno a partire da una determinata temperatura esterna (bulbo umido). Questa soglia dipende dalla temperatura dell'applicazione.

$$\dot{Q}_j = \begin{cases} \dot{Q}_j, & T_j > T_{fc,min} \\ 0, & T_j \leq T_{fc,min} \end{cases}$$

\dot{Q}_j	Fabbisogno di potenza frigorifera in kW
T_j	Temperatura esterna in °C
$T_{fc,min}$	Soglia per l'applicazione di free cooling in °C



4.2.4 Numero di ore di servizio del chiller di processo

Poiché determinati *chiller di processo* non sono in funzione 24 ore al giorno, per questa applicazione di raffreddamento si può adeguare il numero di ore di servizio $h_{pr.}$ al giorno. Pertanto si riducono le ore di servizio del Bin.

$$t_j = \begin{cases} t_j, & h_{pr.} = 24 \\ t_j \cdot \frac{t_{pr.}}{24}, & h_{pr.} < 24 \end{cases}$$

t_j Numero di ore del Bin in h/a

$t_{pr.}$ Numero ore di servizio al giorno per i chiller di processo

5 Variabili di ingresso

In generale

- Tipo di applicazione di refrigerazione (*scelta multipla*)
- Tipo di cessione di calore (*scelta tra due opzioni*)
- Fabbisogno di potenza frigorifera, in kW (*numero decimale*)

Secondo l'applicazione

- Presenza di free cooling, con *server IT* (*scelta tra due opzioni*)
- Numero di ore di servizio al giorno, con *chiller di processo* (*numero intero compreso*)

Secondo la misura

- Pulizia del condensatore (*scelta tra due opzioni*)
- Differenza di temperatura misurata fra l'aria di aspirazione e quella ambiente, in °C (*numero decimale*)
- Temperatura ambiente misurata, in °C (*numero decimale*)
- Regolazioni della temperatura di condensazione minima, in °C (*numero decimale*)

6 Ipotesi e dati

In generale

- i. La temperatura esterna, con cui è definito il fabbisogno di potenza frigorifera, è pari a 35 °C.
- ii. La temperatura di condensazione minima $T_{C,min}$ e lo scarto della temperatura $\Delta T_{0,C,min}$ sono pari a 25 °C.
- iii. Le durate del Bin corrispondono ai valori standard della stazione climatologica di Zurigo conformemente al Quaderno tecnico SIA 2028 [2].
- iv. L'efficienza di Carnot η_{CG} è pari a 0.45 [3,4].
- v. Le differenze di temperatura ΔT_{c-j} , $\Delta T_{c-sek,ein}$ e $\Delta T_{sek,ein-j}$ sono definite nella tabella 1 [1].
- vi. Il free cooling si applica quando la temperatura del bulbo umido dell'aria esterna è inferiore di 15 K $T_{fc,min}$ rispetto alla temperatura di applicazione (risp. 21 e 28 °C) [1]. A questo scopo si utilizza come limite per il free cooling la temperatura esterna con un'umidità relativa dell'aria del 50 %.



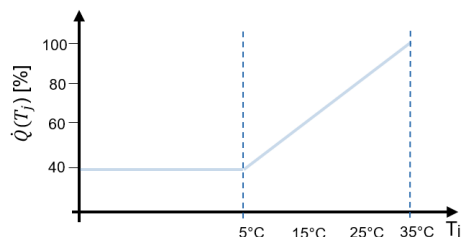
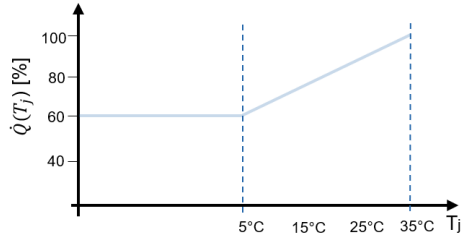
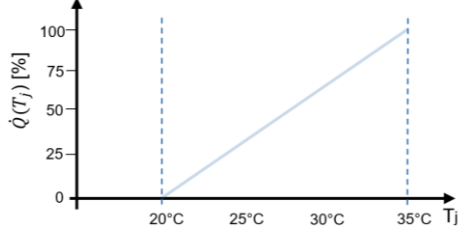
Tabella 1 Determinazione del ΔT_{c-j} , $\Delta T_{c-sek,ein}$ e $\Delta T_{sek,ein-j}$

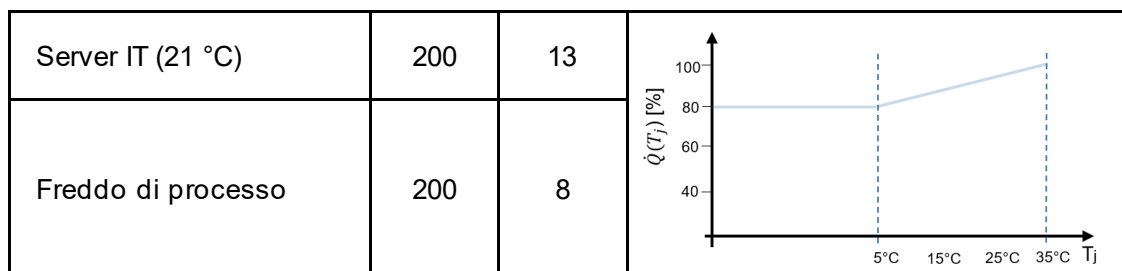
Condensatore / raffreddatore	Calcolo ΔT	ΔT [K]
Aria (condensatore diretto): applicazione raffreddamento a temperatura negativa	$\Delta T_{c-j} = T_c(\text{temperatura di condensazione})$ $- T_{luft}(\text{ingresso condensatore})$	10
Aria (condensatore diretto): applicazioni residue	$\Delta T_{c-j} = T_c(\text{temperatura di condensazione})$ $- T_{luft}(\text{ingresso condensatore})$	13
Acqua (raffreddatore)	$\Delta T_{c-sek,ein}$ $= T_c(\text{temp. condensazione})$ $- T_{vettore termico}(\text{ingresso condensatore})$	9
Acqua (raffreddatore)	$\Delta T_{sek,ein-j} = T_{vettore termico}(\text{ingresso condensatore})$ $- T_j(\text{temp. esterna})$	6

Secondo l'applicazione

- vii. La temperatura di evaporazione $T_{0,i}$ dipende dall'applicazione come da tabella 1. In questo modo viene definito anche il profilo di carico [1].
- viii. Il metodo descritto, in funzione dell'applicazione, è valido solo fino a un determinato fabbisogno di potenza frigorifera \dot{Q}_{max} . I rispettivi valori sono definiti nella tabella 2.

Tabella 2 Temperatura di evaporazione e profilo di carico secondo l'applicazione

Applicazione di raffreddamento	\dot{Q}_{max} [kWh]	$T_{0,i}$ [°C]	Profilo di carico
Raffreddamento a temperatura positiva	40	-10	
Raffreddamento a temperatura negativa	30	-30	
Climatizzazione comfort (evaporazione diretta)	80	7	
Climatizzazione comfort (tramite fluido di raffreddamento)	200	3	
Server IT (28 °C)	200	20	



Secondo la misura

- ix. La durata di utilizzo standard N_s della misura per la pulizia del condensatore (A) è pari a 1 anno.
- x. Le durate di utilizzo standard N_s delle misure di riduzione dei corto circuiti dell'aria (B) e della temperatura di condensazione minima (C) sono pari a 5 anni.
- xi. Il fattore di contaminazione f_{sch} con scambiatori di calore sporchi è pari a 0.35, con quelli puliti è pari a 0 [1].
- xii. Per le misure di riduzione (B) dei corto circuiti dell'aria e (C) della temperatura di condensazione minima, il fattore di contaminazione f_{sch} per lo scambiatore di calore è pari a 0 (ossia considerato pulito).

7 Risultati

Sulla base delle ipotesi e dei dati presentati, il risparmio di elettricità computabile per ogni impianto di refrigerazione è determinato in relazione alle variabili di ingresso definite. A questo scopo si utilizza le liste di monitoraggio KA-03 pubblicamente accessibile.

8 Esempio

Scenario A: migliore posizionamento e/o migliore conduzione dell'aria del condensatore di un impianto di refrigerazione per la climatizzazione comfort tramite una rete di scambio termico (fluido di raffreddamento). La potenza di raffreddamento al punto di progetto (35 °C) è pari a 100 kW. Prima della misura di ottimizzazione, viene misurata una differenza di temperatura di 7.6 K fra la temperatura ambiente e la temperatura di ingresso dell'aria nel condensatore, a una temperatura ambiente di 21 °C. Dopo la misura la stessa differenza di temperatura è pari a 3.2 K, a una temperatura ambiente di 24 °C.

Applicazione	Variabili di ingresso	Valori		Risparmio di elettricità computabile
		Vecchio	Nuovo	[kWh]
Climatizzazione comfort (tramite fluido di raffreddamento)	Mantenimento livello temp. condens., °C	-		
	Fabbisogno di raffreddamento di progetto, kW	75		
	Cessione di calore	Aria (diretta)		
	$\Delta T_{pos} (T_{ein} - T_{amb})$, K	7.6	3.2	
	T_{amb} alla misurazione, °C	21	24	
Totale				2'400

Scenario B: pulizia del raffreddatore di un impianto di refrigerazione per server IT (21 °C). La potenza di raffreddamento al punto di progetto (35 °C) è pari a 160 kW ed è presente il free cooling.



Applicazione	Variabili di ingresso	Valori		Risparmio di elettricità computabile
		Vecchio	Nuovo	[kWh]
Server IT (21 °C)	Mantenimento livello temp. condens., °C	-		
	Fabbisogno di raffreddamento di progetto, kW	160		
	Cessione di calore	Acqua (raffreddatore)		
	Free cooling	Sì		
	Stato di sporcizia del raffreddatore	Sporco	Pulito	
Totale				1'400

9 Fonti

- [1] Workshop di esperti, valori empirici.
- [2] Società svizzera degli ingegneri e degli architetti, *Dati climatici per la fisica della costruzione, per l'energia e per l'impiantistica degli edifici*, SIA 2028, 2010.
- [3] BITZER Kühlmaschinenbau GmbH, *Programma online per la scelta dei compressori Bitzer - Bitzer Software Versione 6.5.0*, <https://www.bitzer.de/websoftware/Default.aspx> (consultato da ultimo il: 12 agosto 2024)
- [4] Tecumseh Products Company LLC, *Programma online per la scelta dei compressori Tecumseh*