

Pompe di calore a CO₂.
Innovazione, acqua calda e
COP record

Pisa - 17 luglio 2014

Pompe di calore a CO₂

Principio di funzionamento, brevetti e
soluzioni impiantistiche

Termal Hot Wave

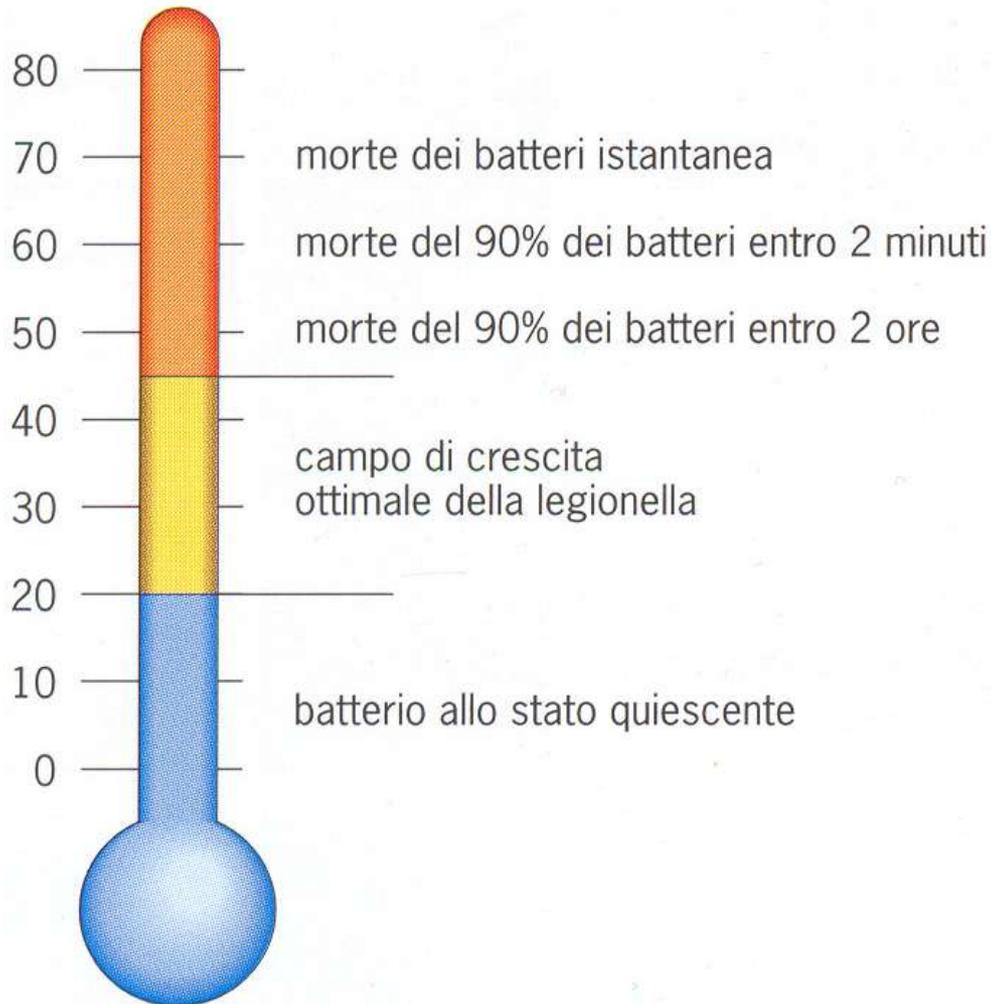
MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES

Pompe di calore per ACS

Requisiti di efficacia e di efficienza:

- acqua calda sanitaria prodotta ad alta temperatura
- acqua calda anche alle basse temperature esterne
- elevata potenza resa, anche alle basse temperature esterne
- buoni COP, anche alle basse temperature esterne
- cicli di sbrinamento rapidi ed efficaci

Problema della legionella



Impianti centralizzati

...in presenza di

sistemi d'accumulo

tener presente il

problema della

LEGIONELLA.

E' necessario quindi:

- Produrre e stoccare acs almeno a **60 °C**
- Sottoporre ciclicamente il sistema a shock termici a **70 °C**

Con le normali pompe di calore non è possibile raggiungere tali temperature, con COP accettabili, e alle basse temperature esterne:
è necessario integrare o con caldaia o con resistenza elettrica.

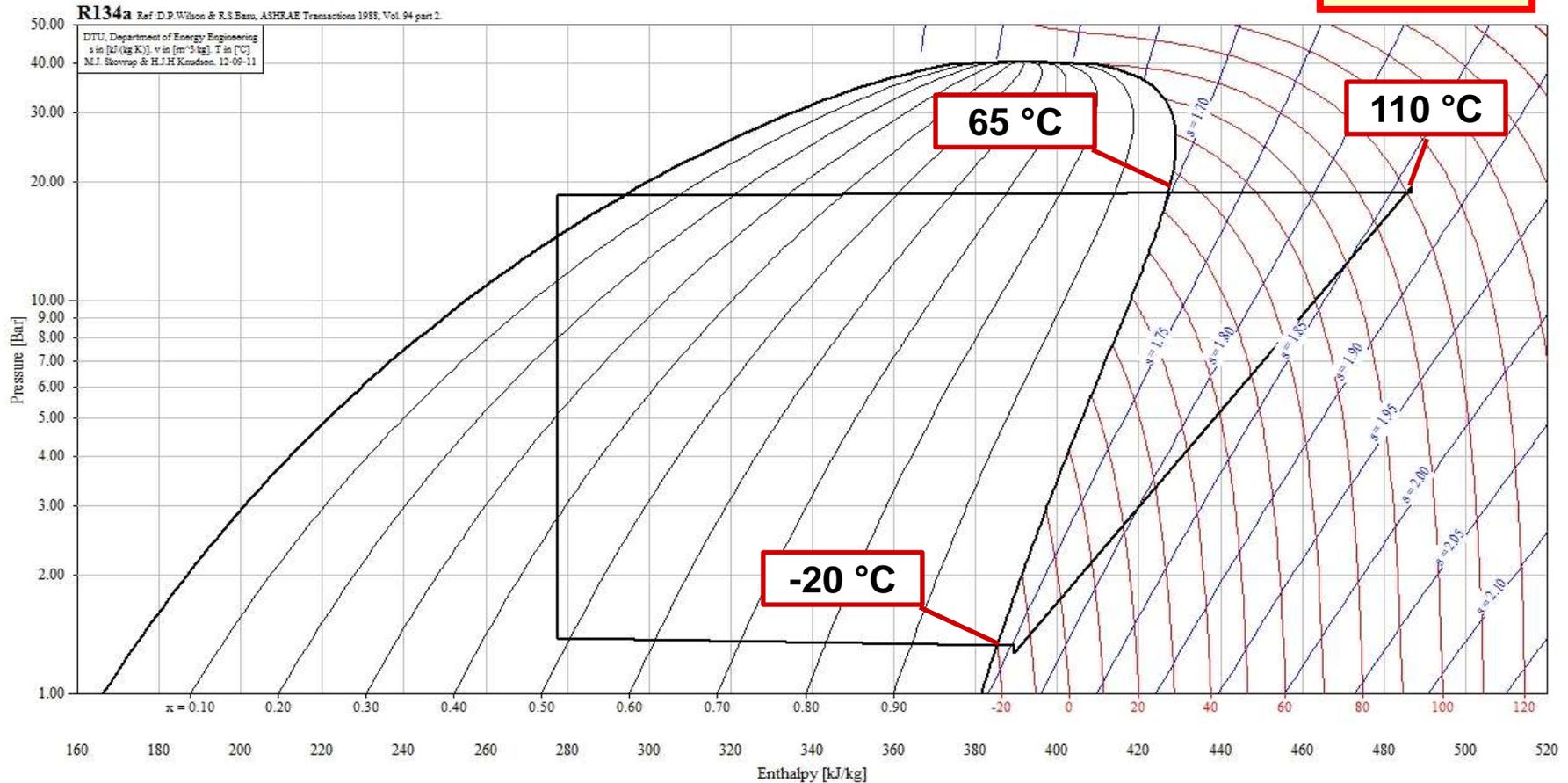
Pompe di calore aria-acqua per ACS

Problematiche

- **COP e Potenza** fortemente dipendenti dalla **temperatura dell'aria esterna**.
- **COP e Potenza** diminuiscono rapidamente a causa della formazione di **brina**.
- Il compressore lavora con **elevati rapporti di compressione** ($\beta > 8$).
- La **temperatura di mandata del compressore è molto** elevata ($T > 100$ °C).

Pompe di calore aria-acqua per ACS

R134a



Pompe di calore aria-acqua per ACS

OBIETTIVI DEL COSTRUTTORE:

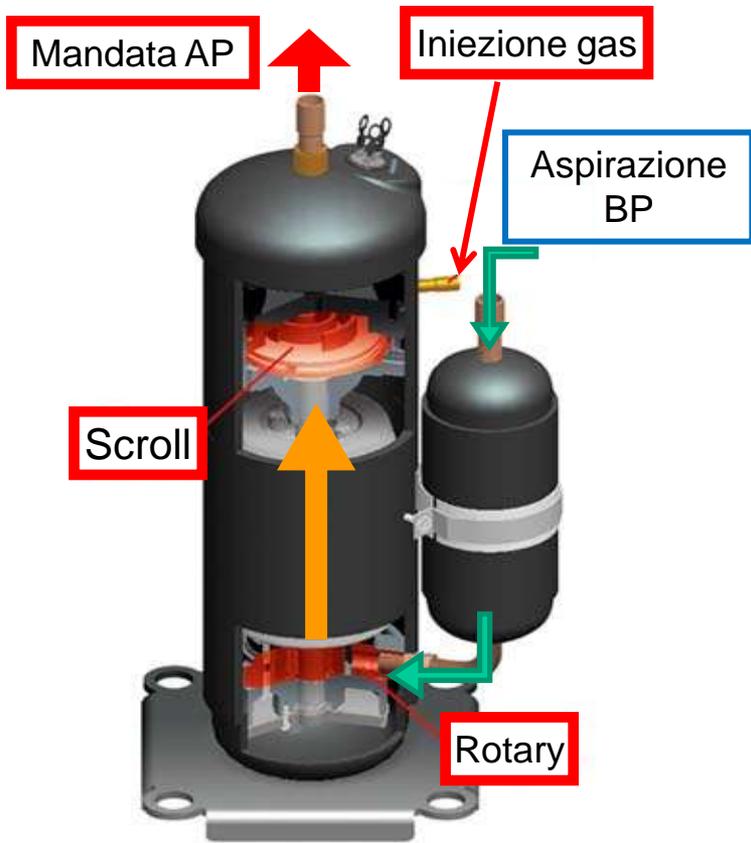
- incrementare il **COP**
- ridurre l'influenza della **temperatura esterna** su COP e Capacity

Strategie per migliorare **efficacia** ed **efficienza**

- ✓ macchina a **doppio stadio** di compressione
- ✓ macchina **in cascata**
- ✓ compressori ad **iniezione di vapore**
- ✓ fluidi frigorigeni differenti, es. **CO₂**.



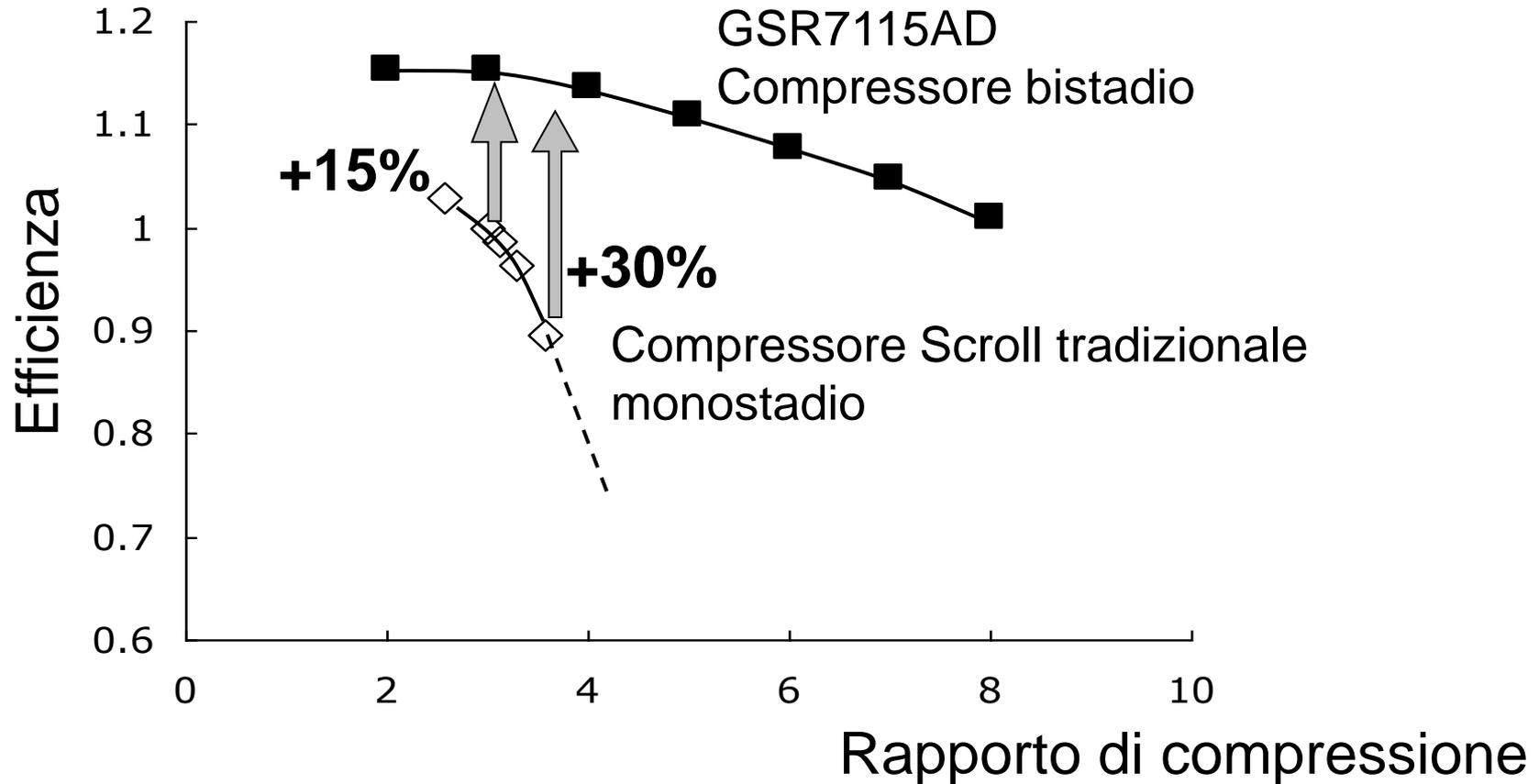
- Pompa di calore aria/acqua
 - Gas frigorigeno CO₂
 - GWP = 1** (R134a = 1.300; R410A = 1.890)
 - Compressore bistadio (scroll + rotary)
 - Iniezione di vapore a media pressione
 - COP nominale **4,7**
-
- Potenza nominale **30 kW**, costante fino a -7° C esterni
 - Produzione ACS da **60° C** a **90° C**, garantiti fino a -25 ° C esterni
 - Adatta anche per climi molto rigidi senza bisogno di back-up
 - Ciclo di sbrinamento rapido ed efficace (gas caldo all'evaporatore)



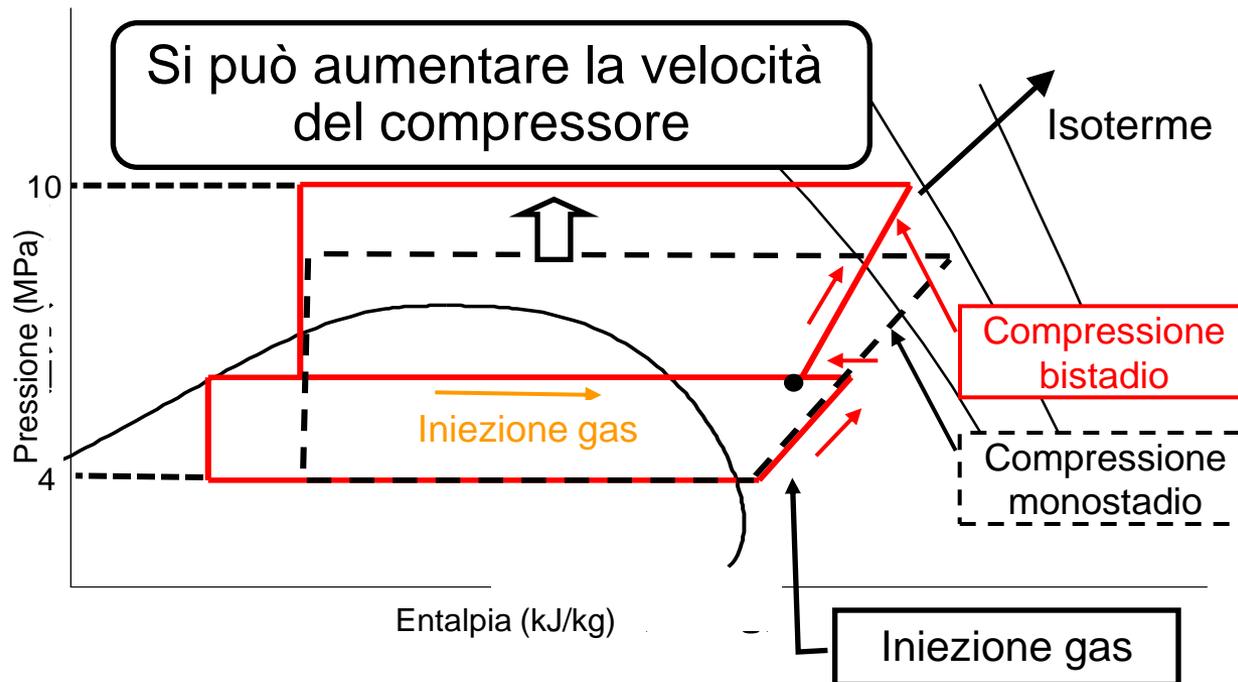
Elevata efficienza in tutte le condizioni operative

- **Controllo inverter**
- **Compressore a doppio stadio brevettato MHI**
- **Rotativo ottimizzato per BP**
- **Scroll ottimizzato per AP**
- **Iniezione di gas a MP**
 - ✓ **ricircolo gas: aumento e modulazione potenza al gas cooler**
 - ✓ **abbassamento temperatura scarico: ampliamento campo di lavoro**

Efficienza del compressore

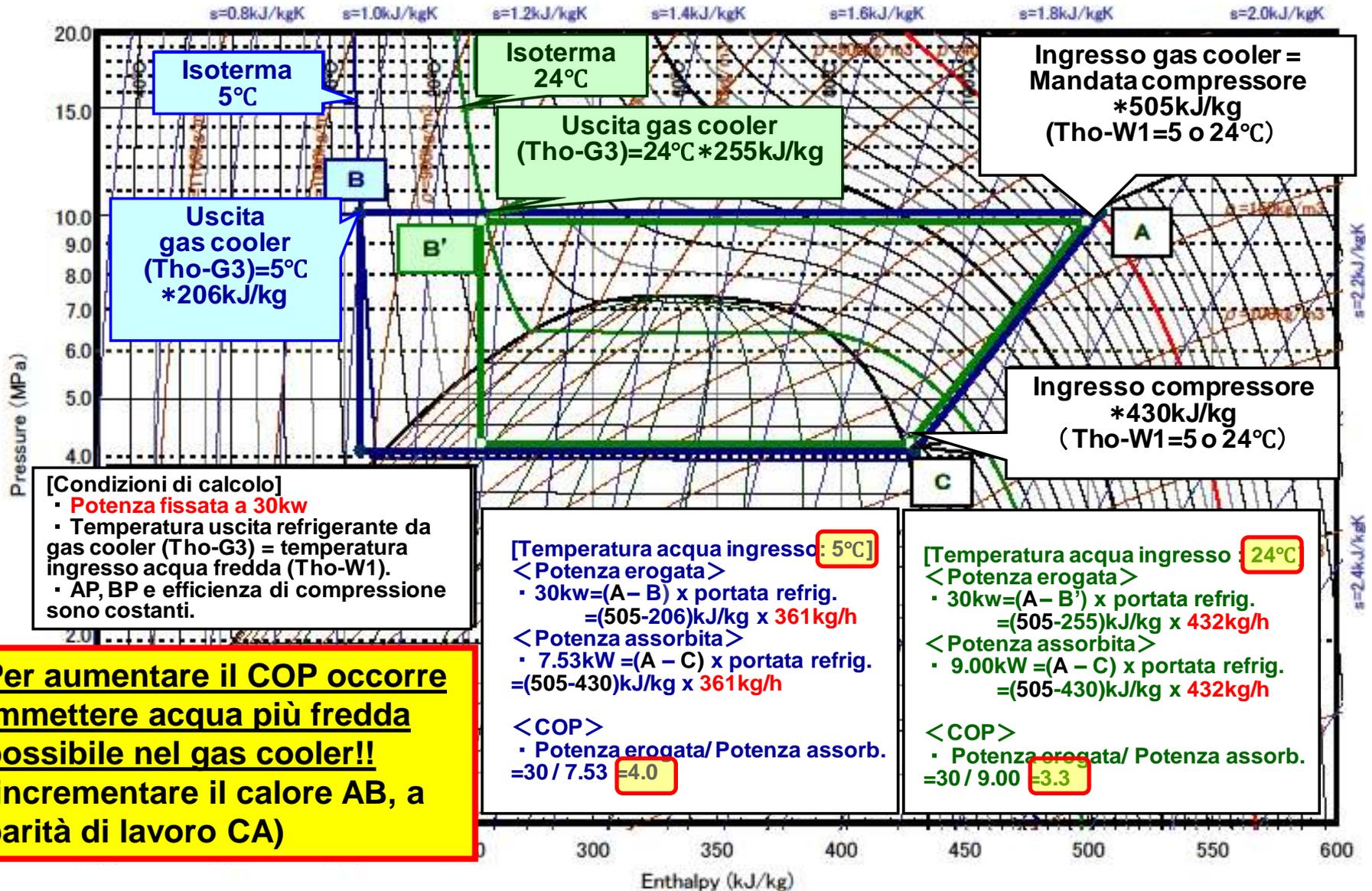


Iniezione gas tra due stadi di compressione



Q-ton: pompa di calore a CO₂ per acs

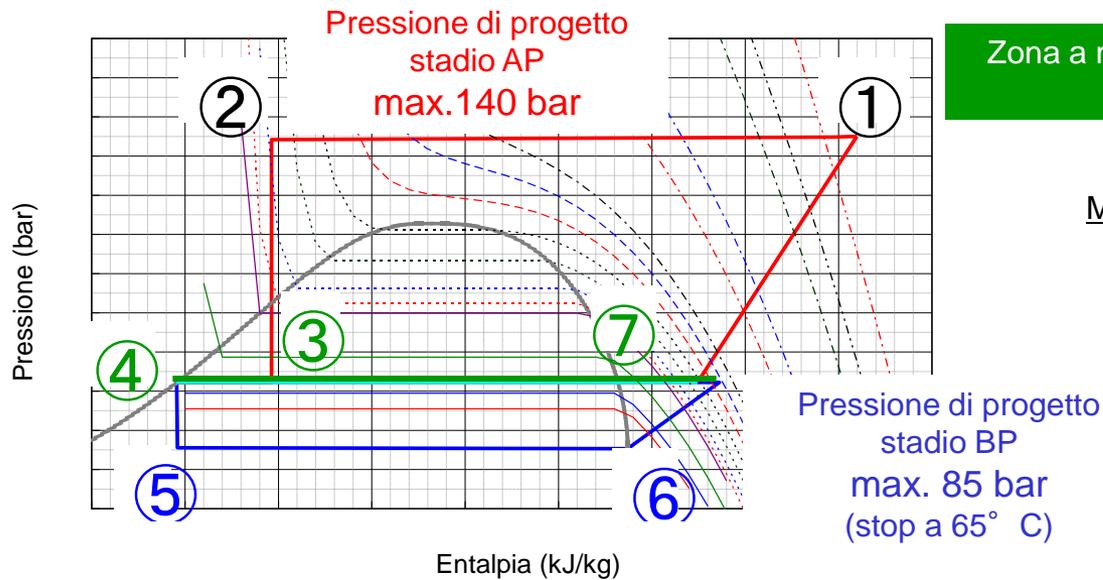
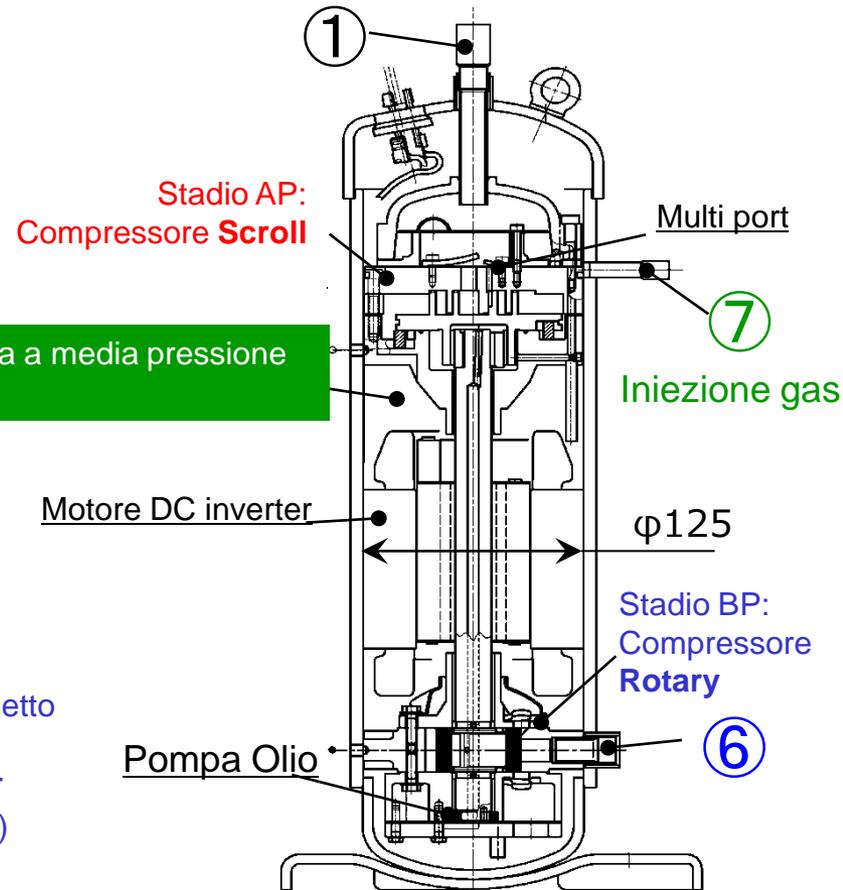
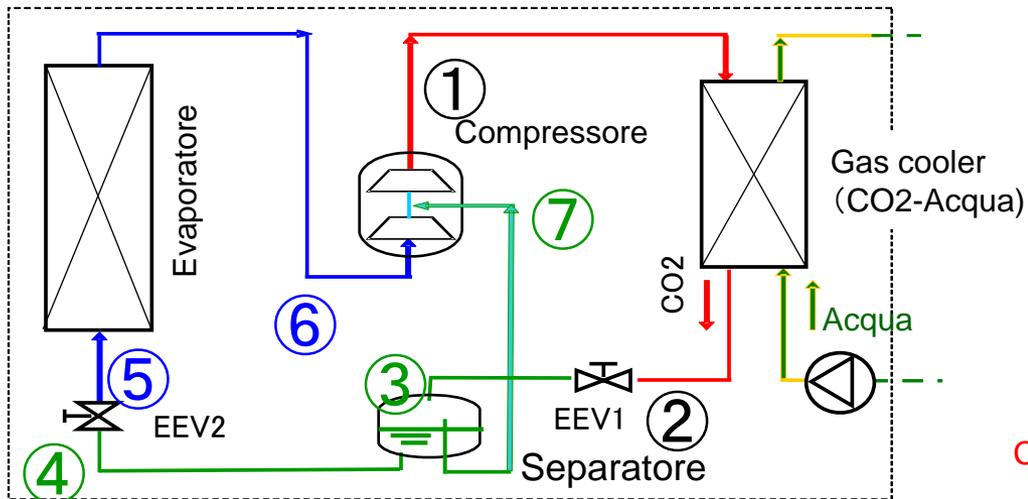
Diagramma P-h della CO₂



Per aumentare il COP occorre immettere acqua più fredda possibile nel gas cooler!! (incrementare il calore AB, a parità di lavoro CA)

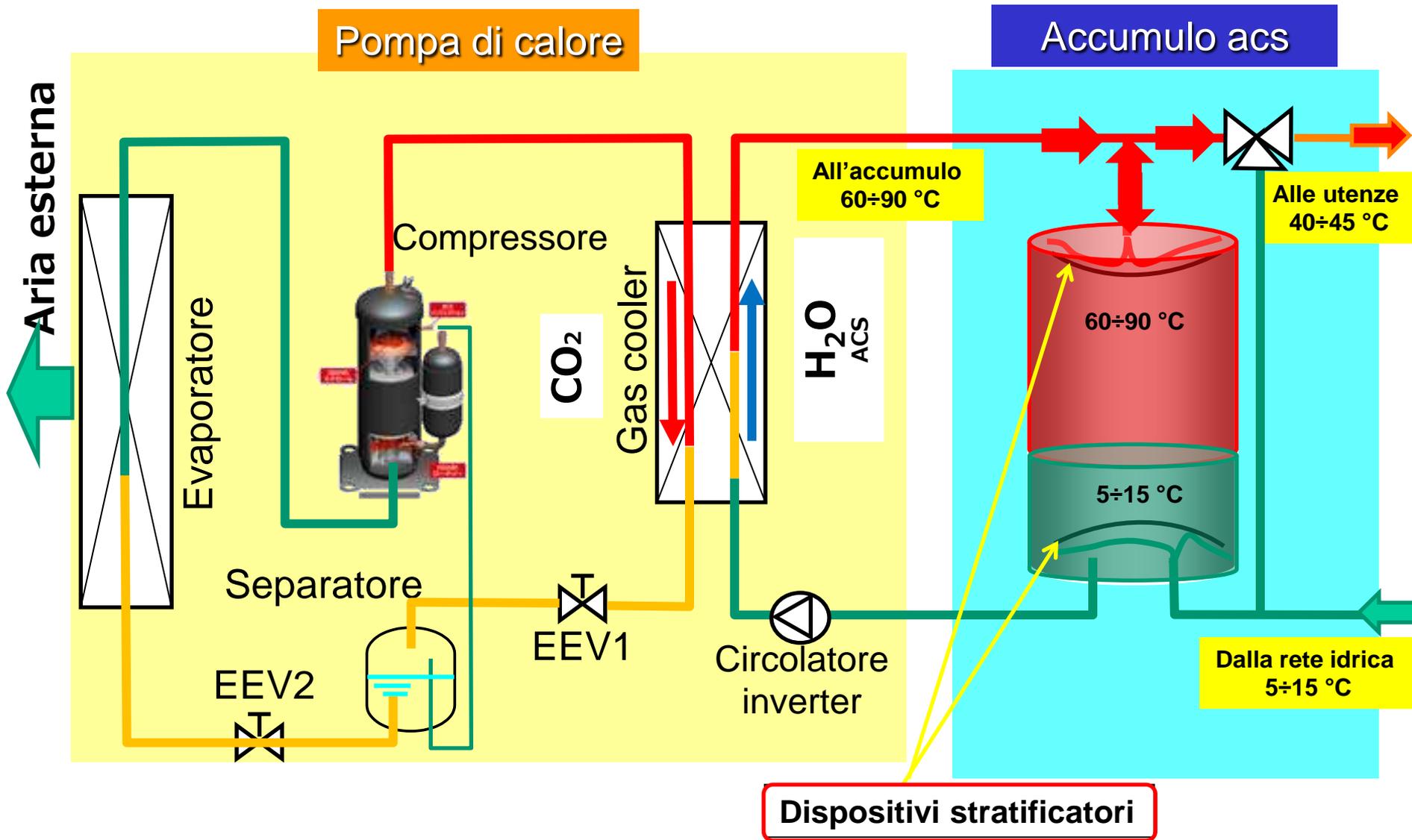
Q-ton: pompa di calore a CO₂ per acs

Compressore bistadio e circuito iniezione gas



Q-ton: pompa di calore a CO₂ per acs

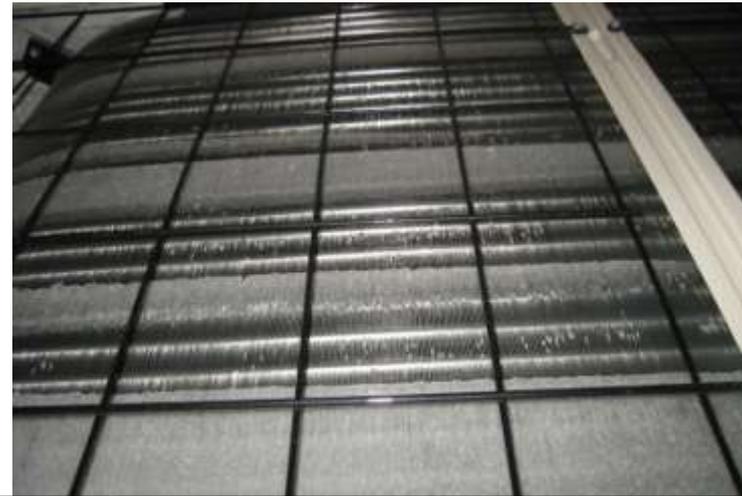
Circuito: componenti principali



Defrost



ore 22:53 prima del defrost



ore 23:00 durante il defrost



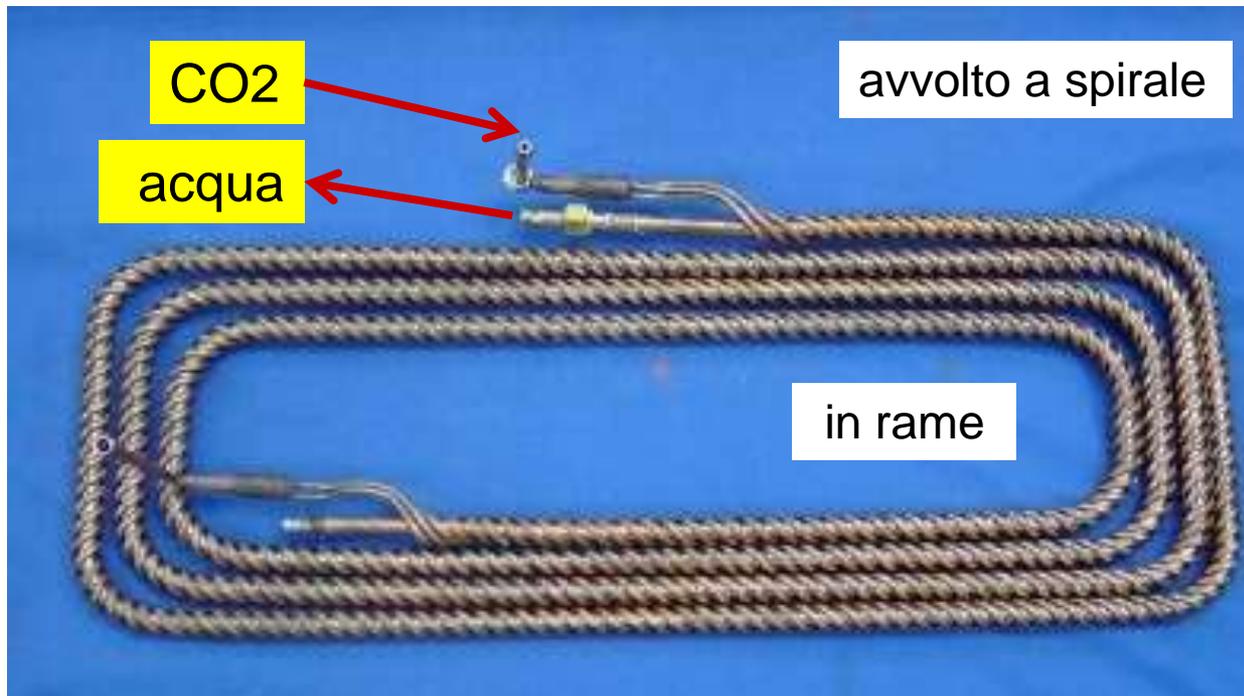
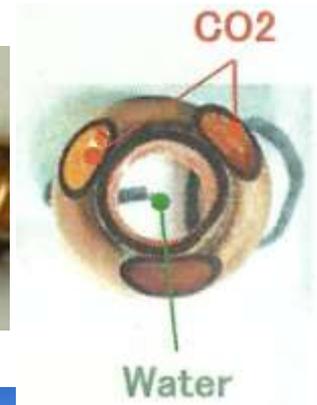
Il defrost termina quando l'evaporatore sarà completamente sbrinato.

Durata massima defrost: 20 minuti

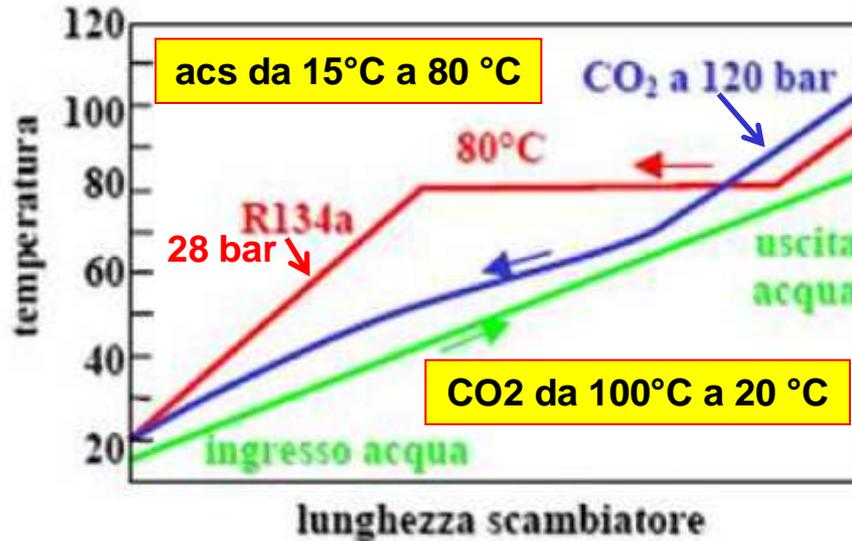
Sorgente di calore per il defrost: compressore a 8-10kW

Gas cooler: scambiatore CO₂-acqua

Flusso acqua turbolento:
alta efficienza di scambio termico



Gas cooler: CO₂ vs R134a



Flussi in controcorrente

A parità di
- calore scambiato
- superficie di scambio termico

CO₂

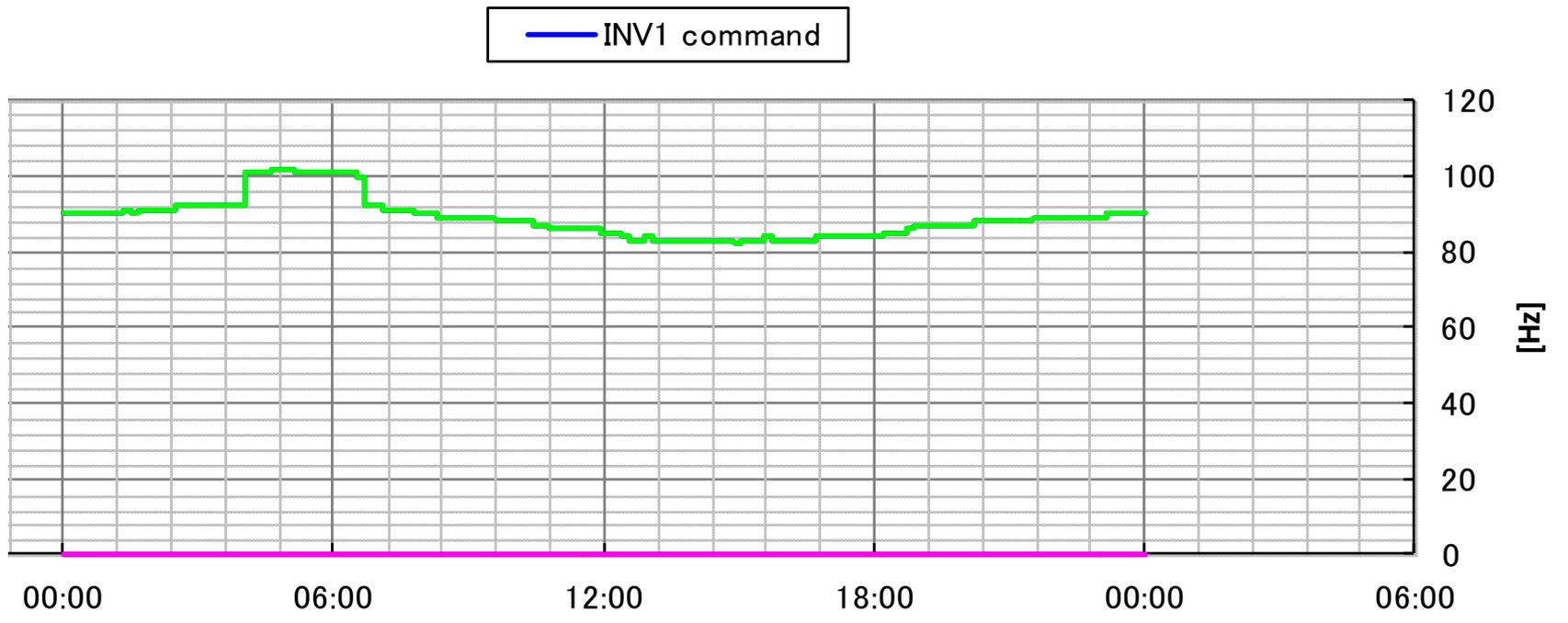
- Raffreddamento del gas (**gas cooler**)
- Coefficiente di scambio termico elevato
- Profili di temperatura bene accordati
- Piccole differenze di temperature tra i fluidi
- Basse perdite di exergia

R134a

- Condensazione del gas (**condensatore**)
- Coefficiente di scambio termico modesto
- Profili di temperatura male accordati
- Alte differenze di temperature tra i fluidi
- Alte perdite di exergia

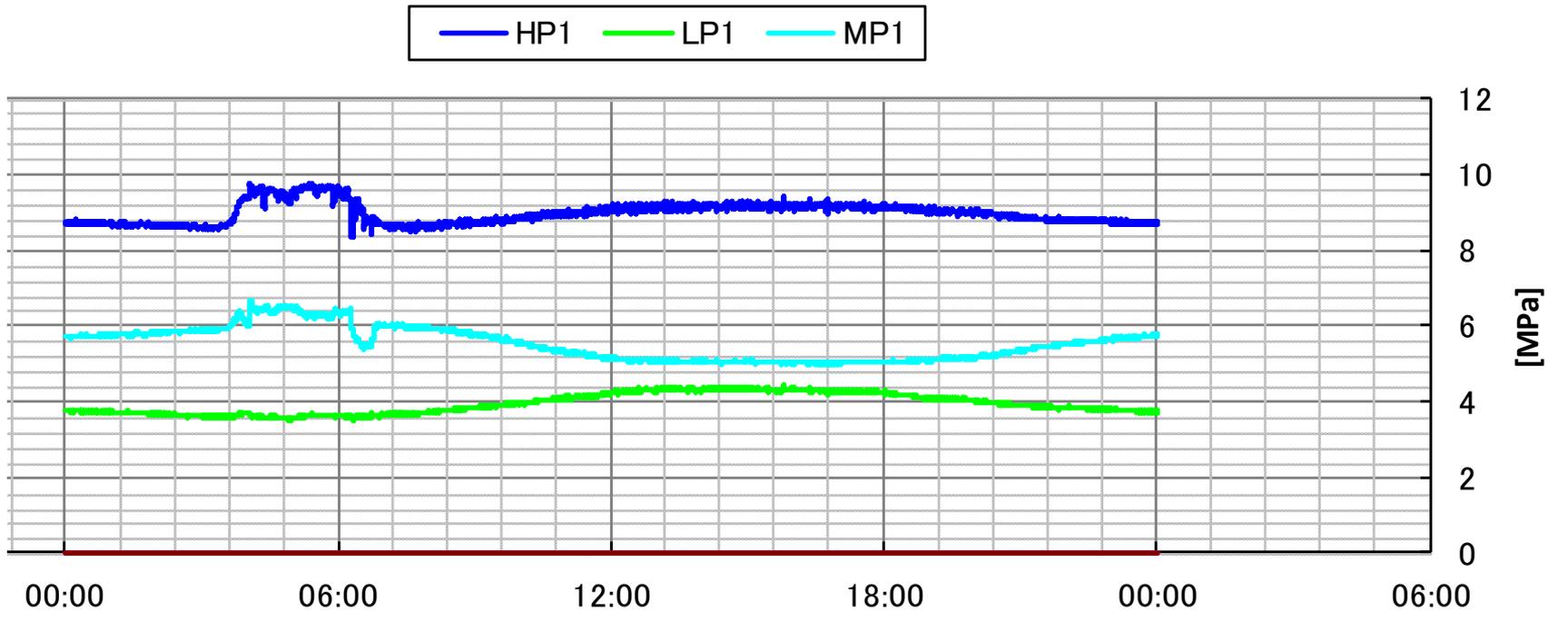
Parametri di funzionamento (30 Marzo 2014 – Verona)

Frequenza compressore



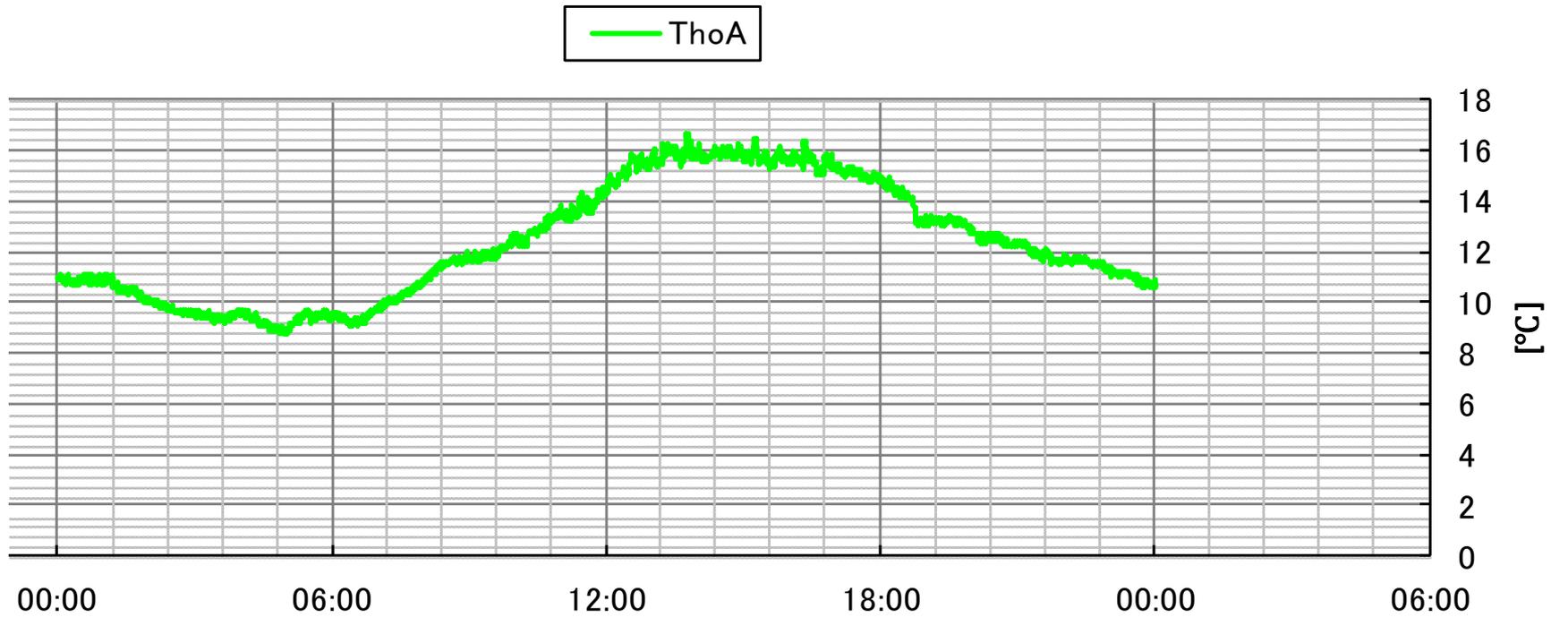
Parametri di funzionamento

Pressioni di lavoro



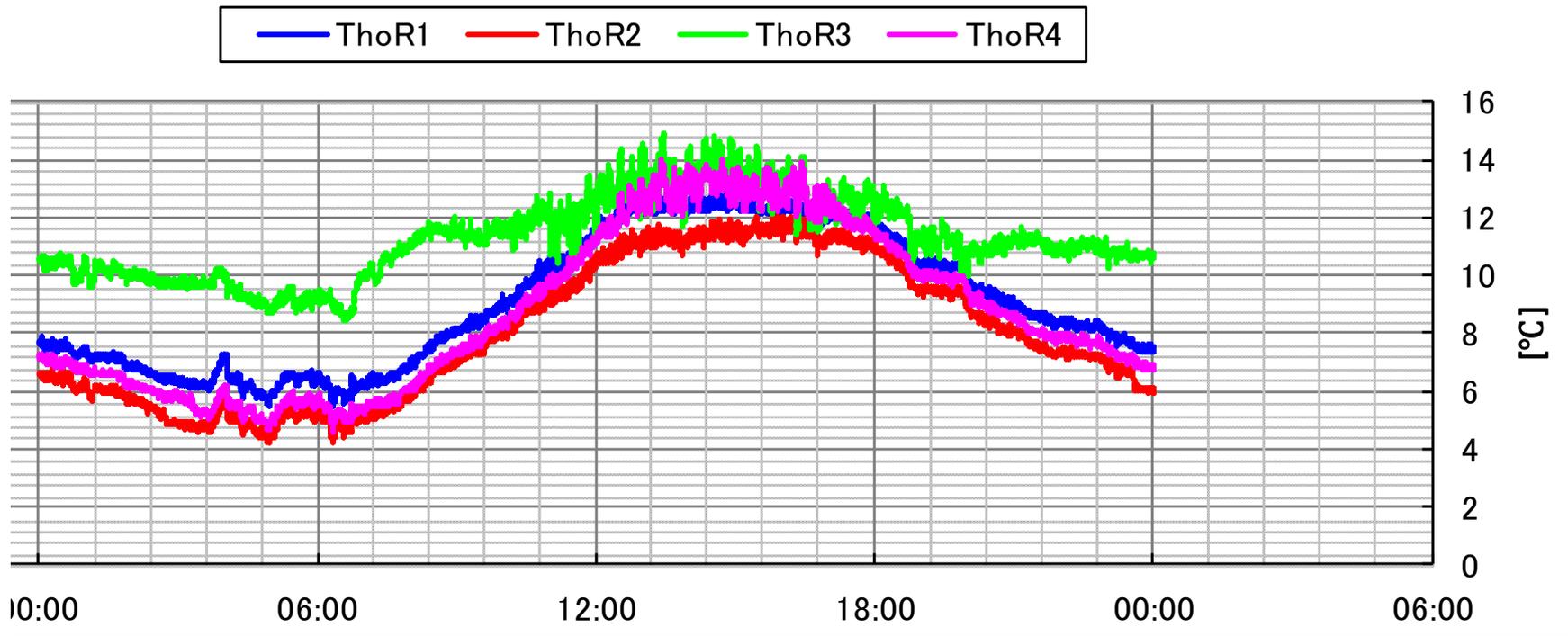
Parametri di funzionamento

Temperatura aria esterna



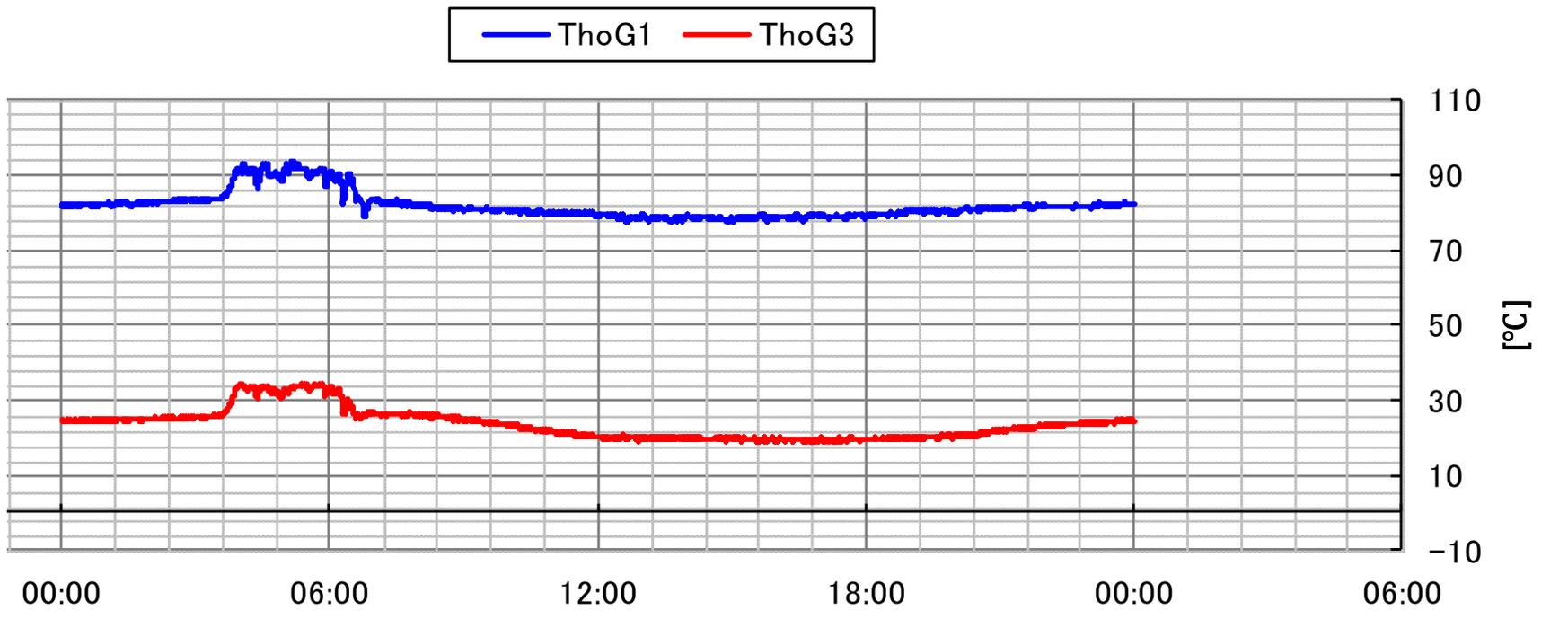
Parametri di funzionamento

Evaporatore



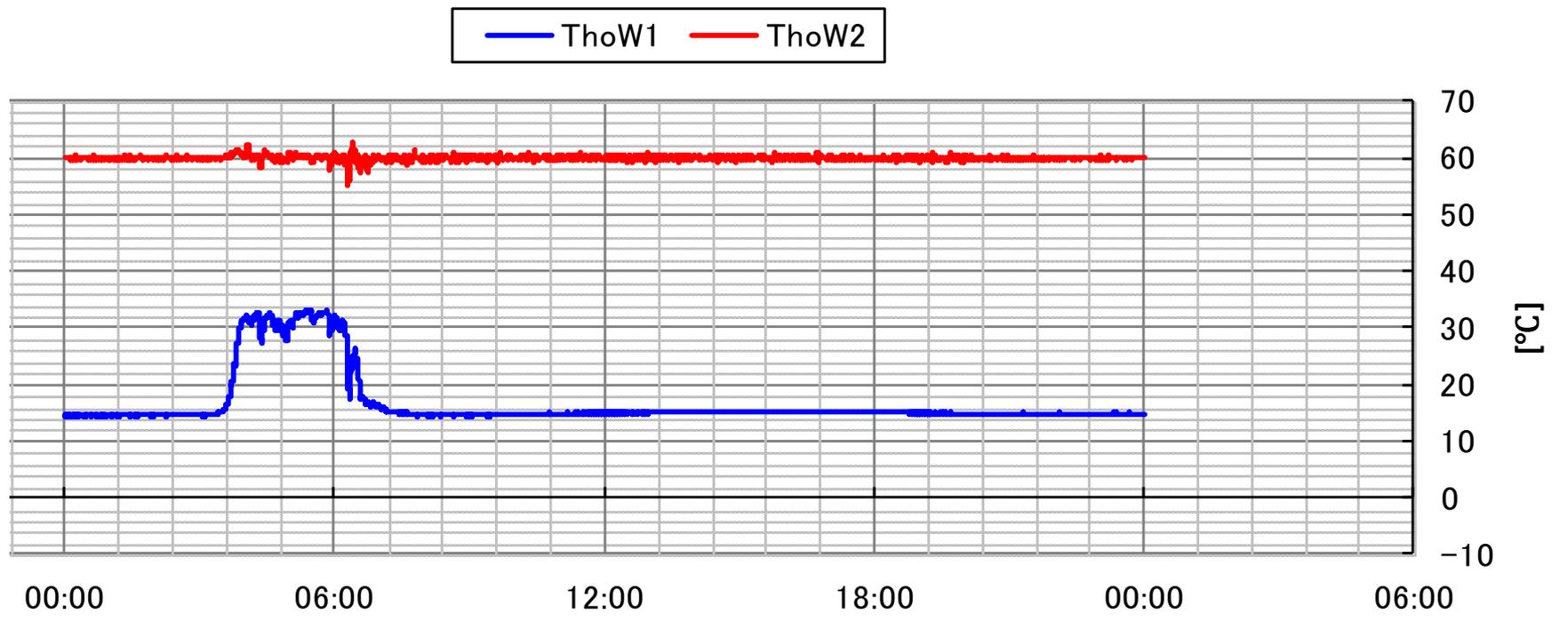
Parametri di funzionamento

Gas Cooler - Refrigerante



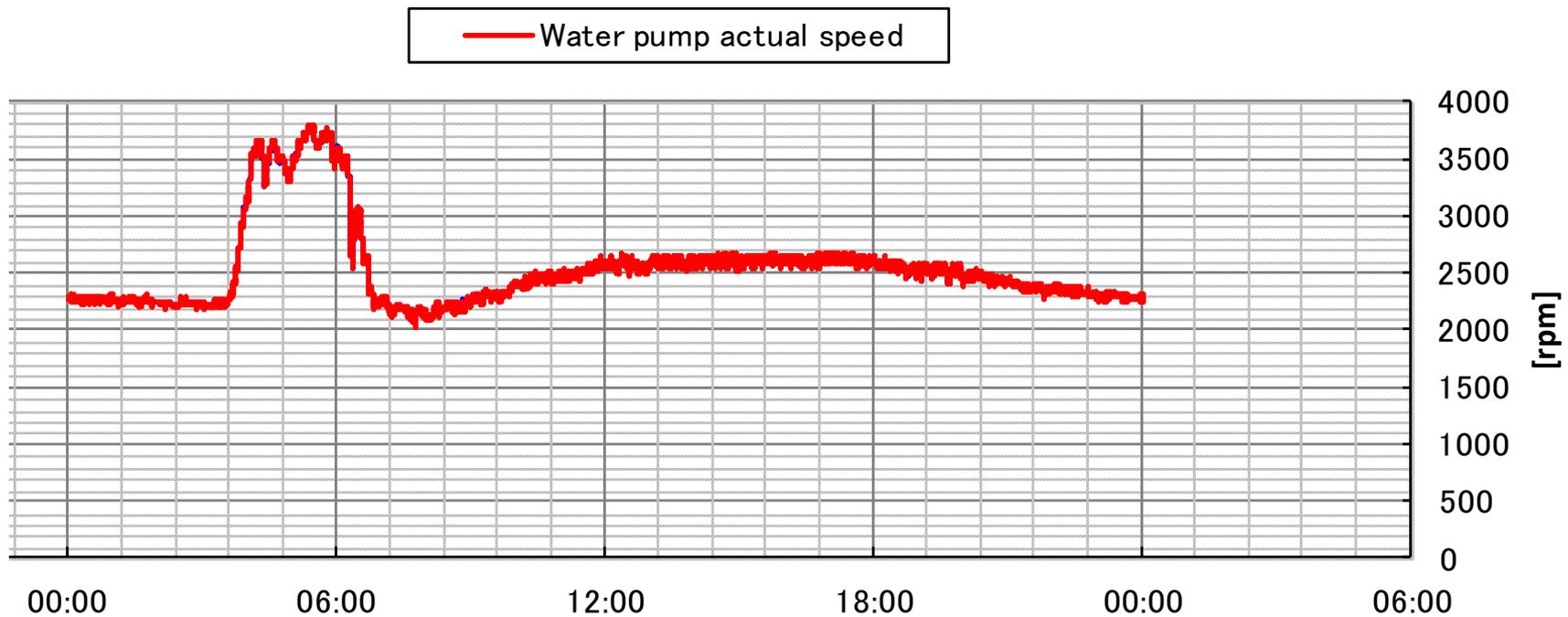
Parametri di funzionamento

Gas Cooler - Acqua



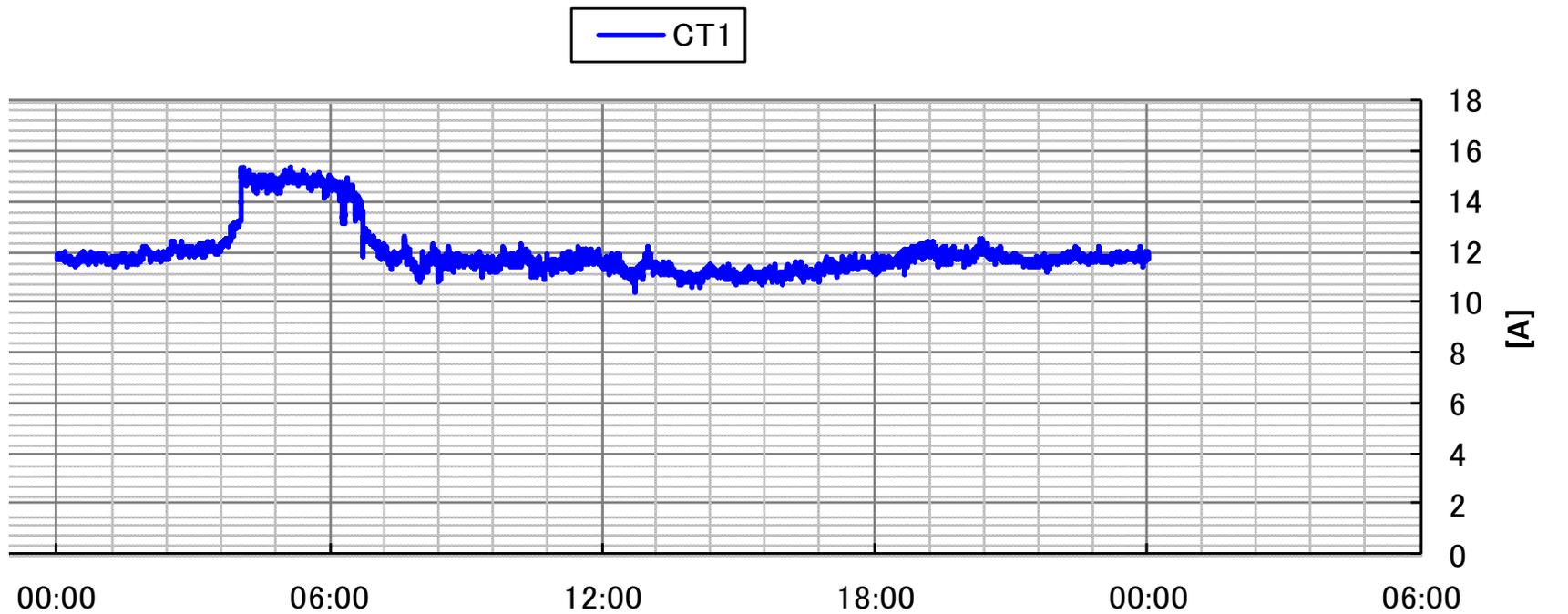
Parametri di funzionamento

Circolatore



Parametri di funzionamento

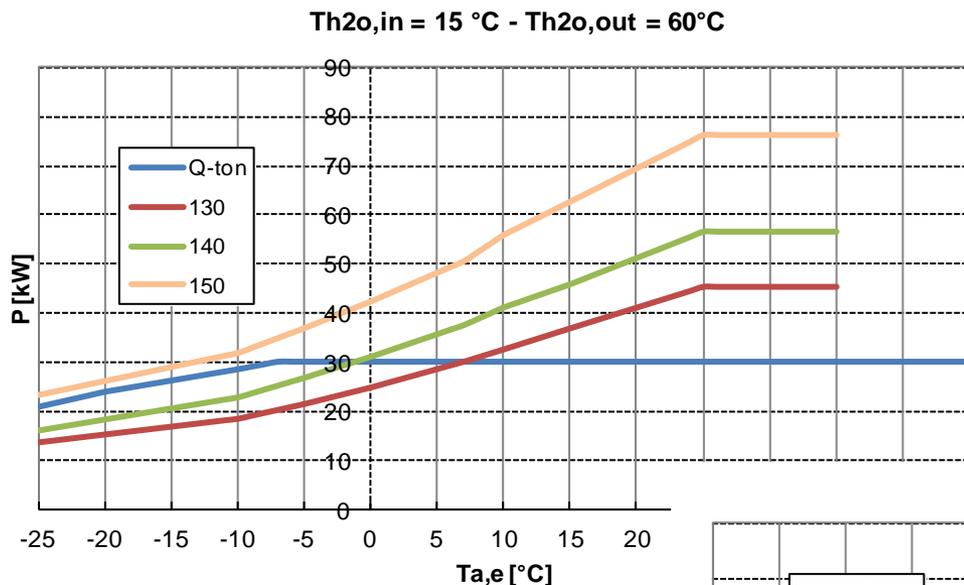
Assorbimento elettrico



Q-ton: pompa di calore a CO₂ per acs

Confronto con PdC a CO₂ ON-OFF

Potenza termica erogata



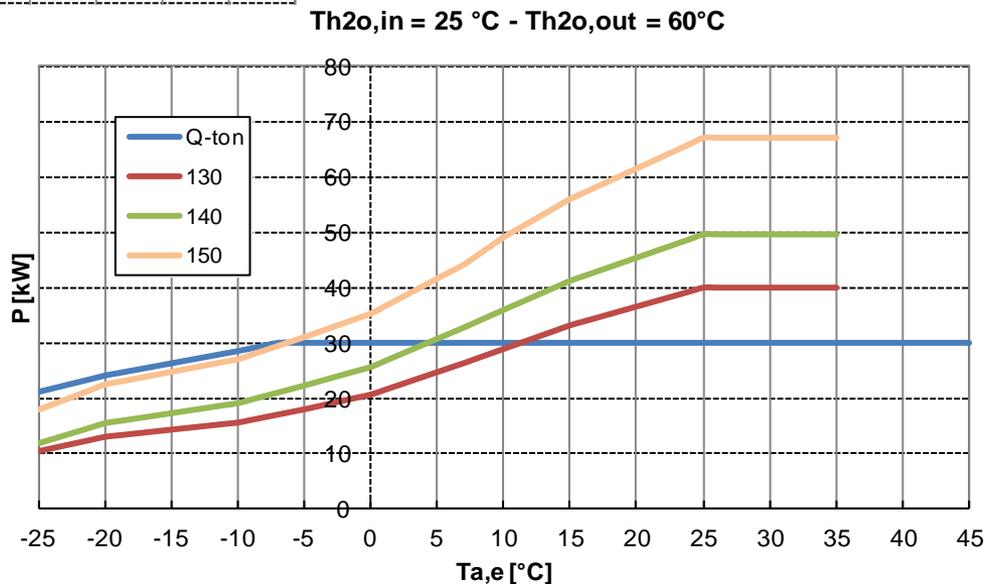
Q-ton “equivale” ad una 50 kW ON-OFF

- Sistema inverter: mantiene costante la potenza erogata fino a -7°C esterni.
- Compressore bistadio con ricircolo di gas: non è influenzato da temperatura acqua in ingresso e in uscita.

Q-ton “equivale” ad una caldaia

Potenza erogata costante:

- no generatore di back-up.
- facilità di dimensionamento sistema accumuli.

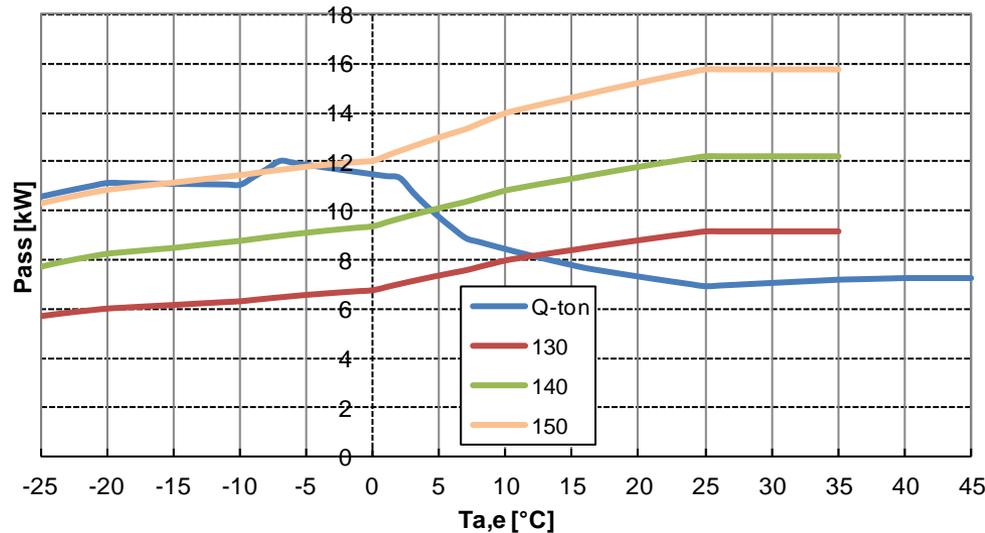


Q-ton: pompa di calore a CO₂ per acs

Confronto con PdC a CO₂ ON-OFF

Potenza elettrica assorbita

Th_{2o,in} = 25 °C - Th_{2o,out} = 60 °C



L'aumento costante
della potenza erogata

è

INUTILE e DANNOSO

- La pompa di calore viene dimensionata per una certa temperatura esterna di progetto, es. -7°C.
- Sopra la temperatura esterna di progetto il fabbisogno termico diminuisce (riscaldamento) o rimane mediamente costante (produzione di acs):
è inutile quindi l'aumento della potenza termica erogata.
- In un sistema ON-OFF dunque devono essere **impegnate potenze elettriche molto elevate!**

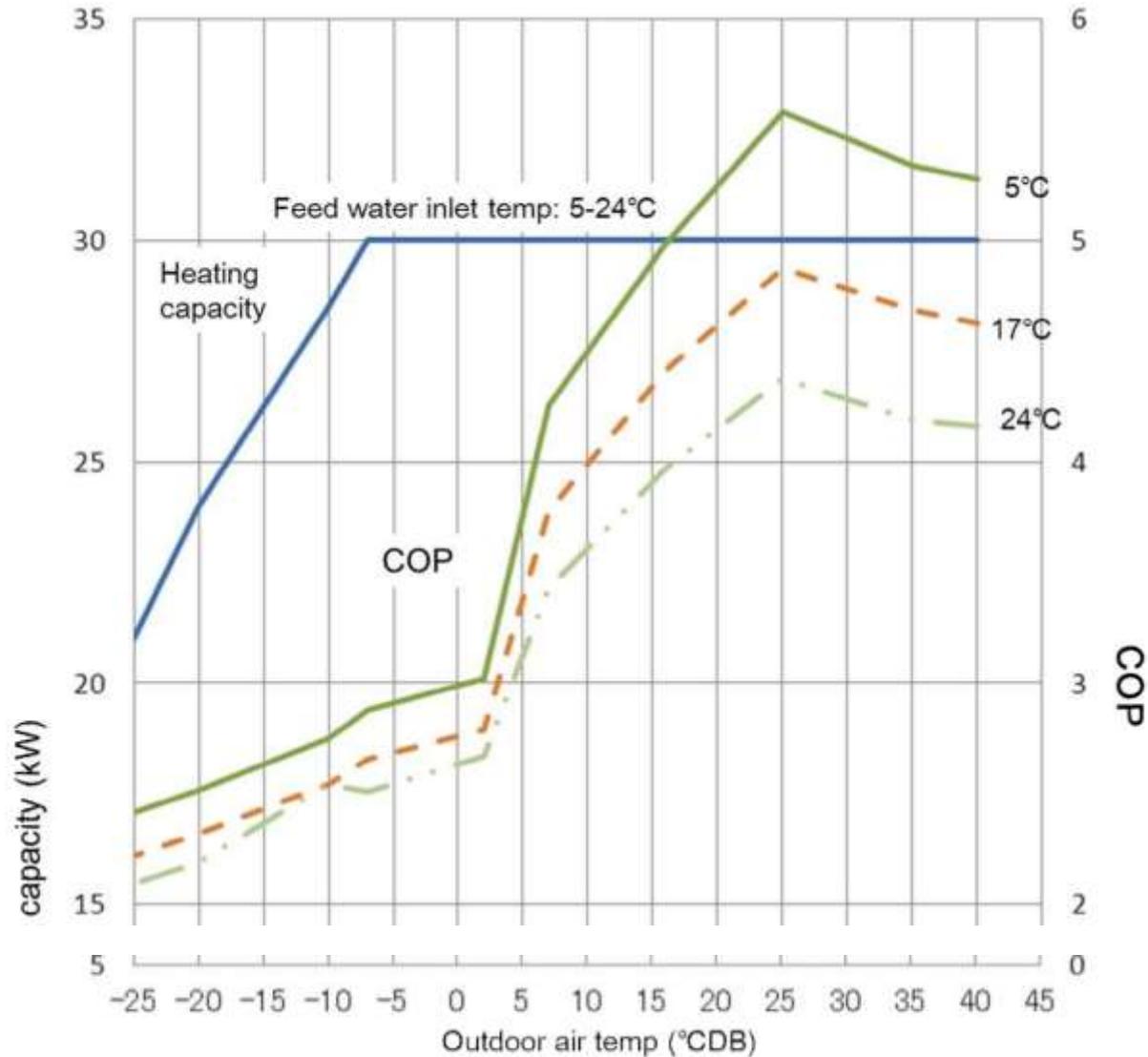
Prestazioni

- Le prestazioni dichiarate per Q-ton (potenza resa e COP) sono conformi a alle direttive **JRA4060** dell'**Associazione dell'Industria giapponese del settore Refrigerazione e Aria condizionata**.
- Q-ton è anche testato secondo la norma **EN 16147** da un laboratorio terzo indipendente del **TUV SUD**



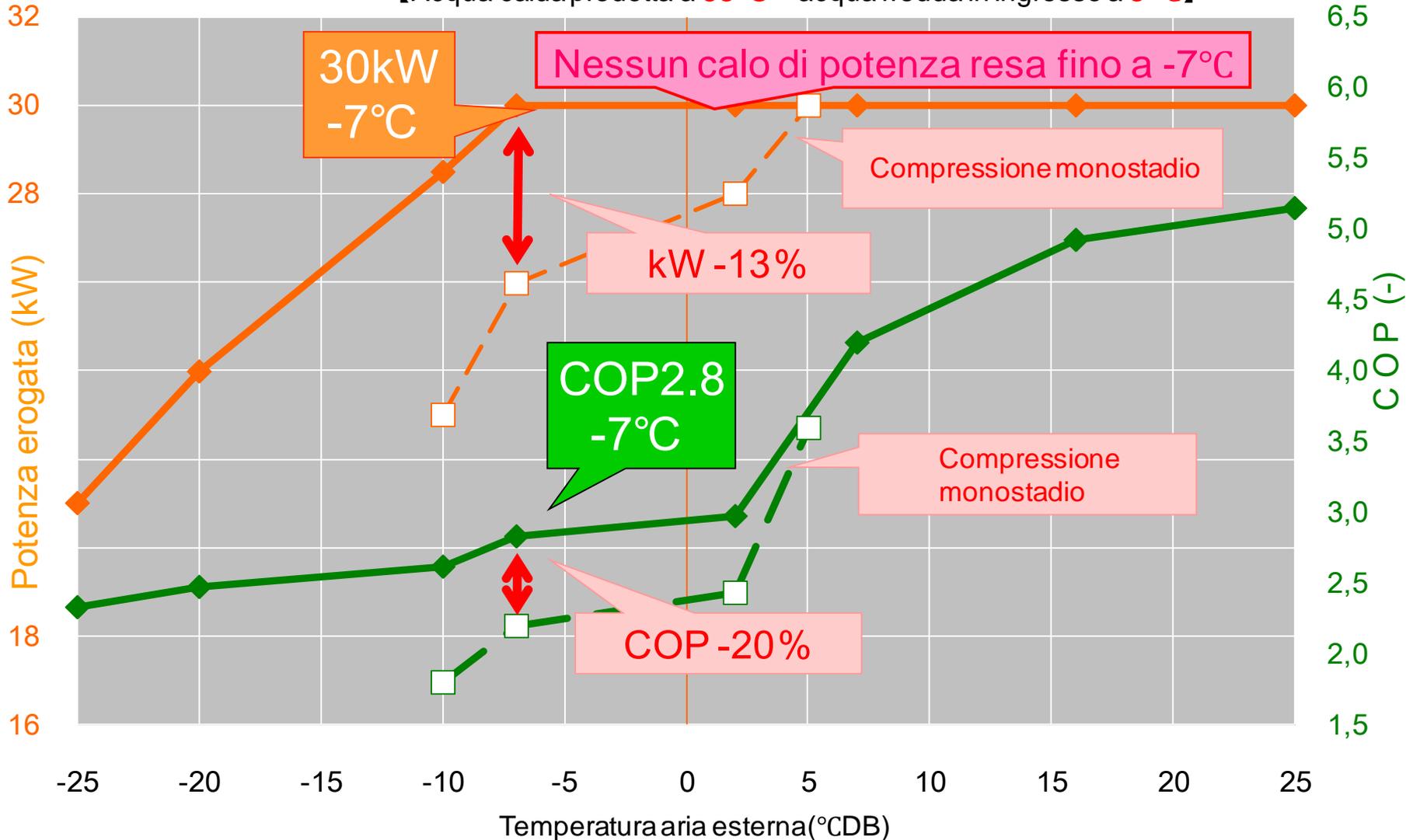
Prestazioni

Acqua prodotta a 60°C



Prestazioni

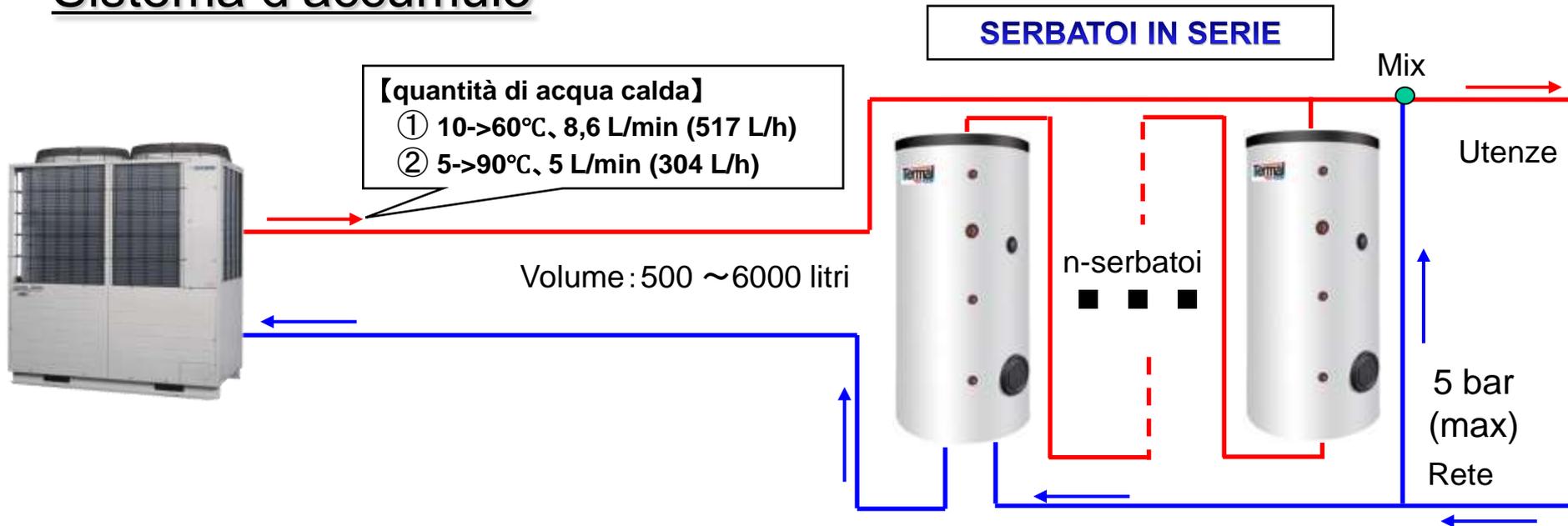
【Acqua calda prodotta a 65°C – acqua fredda in ingresso a 5°C】



Prestazioni

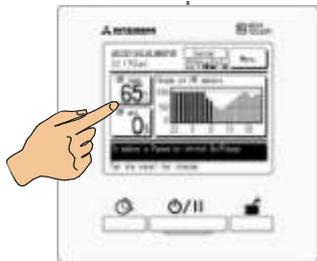
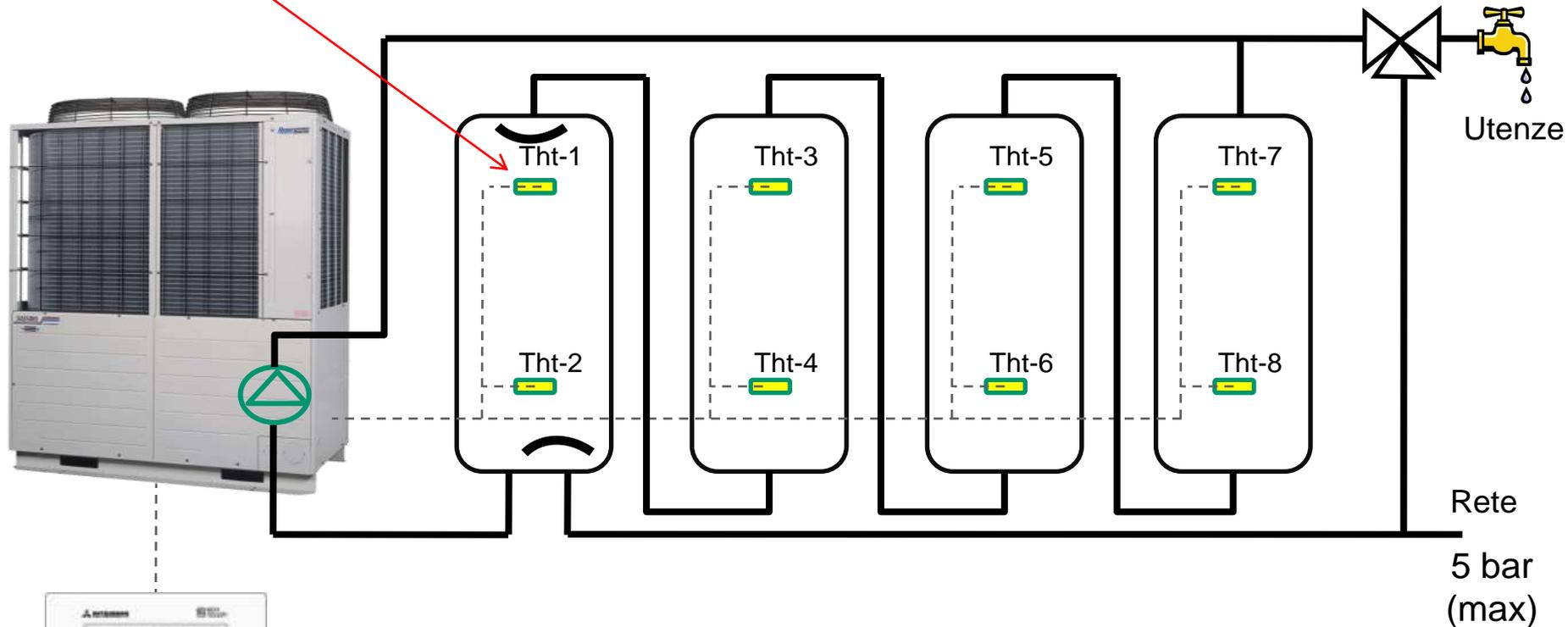
Condizioni	Aria esterna [°C]BD / [°C]WB	16 / 12	16 / 12	16 / 12	-7 / -8	-25 / -24,5
	Acqua in ingresso [°C]	10	13	13	5	5
	Acqua calda prodotta [°C]	60	60	70	60	60
Prestazioni	Potenza erogata [kW]	30	30	30	30	21
	Assorbimento elettrico [kW]	6,33	6,54	7,03	10,42	10,9
	COP	4,74	4,59	4,27	2,88	2,36
	Portata acs prodotta [l/min]	8,62	9,17	7,56	7,84	5,49
	Portata acs prodotta [l/h]	517	550	454	5,06	3,54

Sistema d'accumulo



- Almeno il **primo serbatoio** deve essere dotato di **dispositivi stratificatori**
- Più **serbatoi in serie** consentono di accentuare l'effetto **stratificazione** e far lavorare la PdC con una **migliore efficienza**
- Il volume d'accumulo funge da **volano termico** facendo fronte ai picchi di richiesta delle utenze

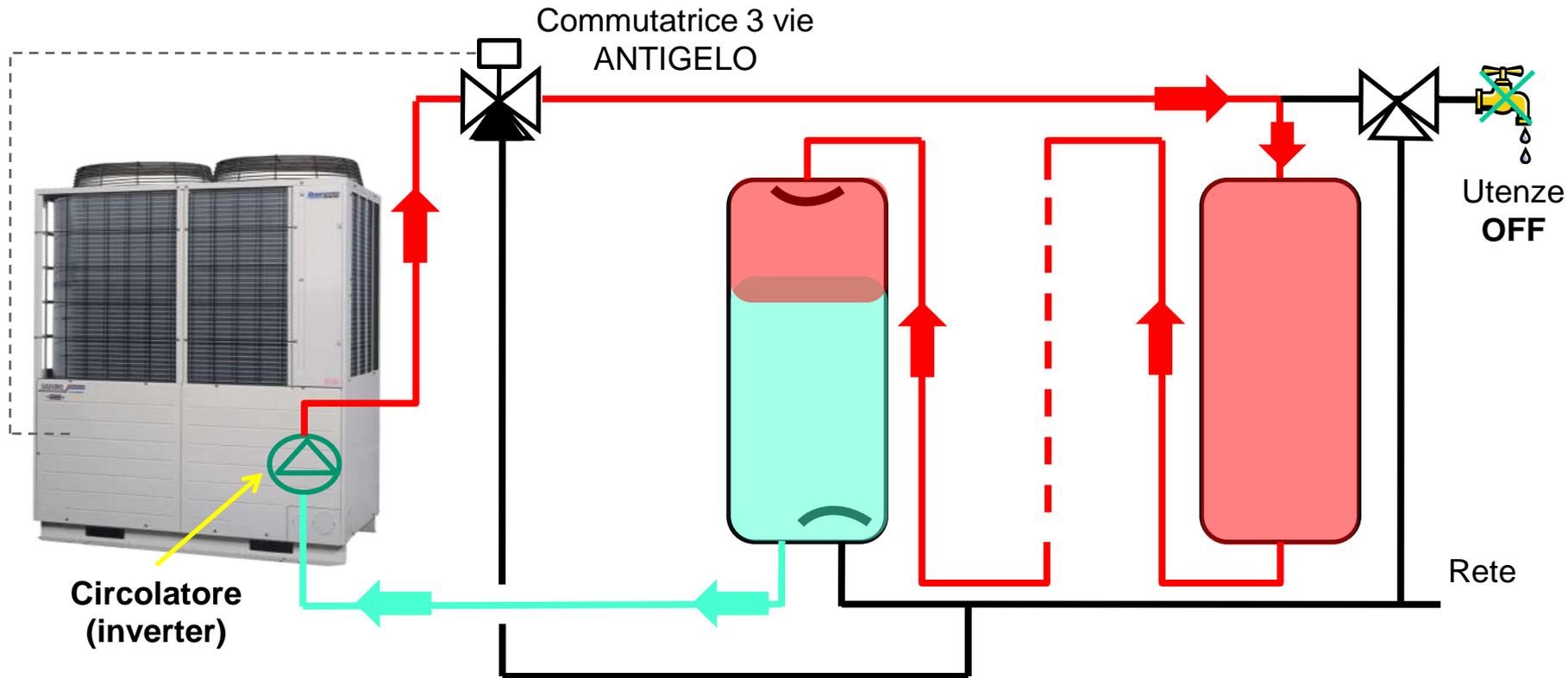
Sensori di temperatura nei serbatoi d'accumulo:



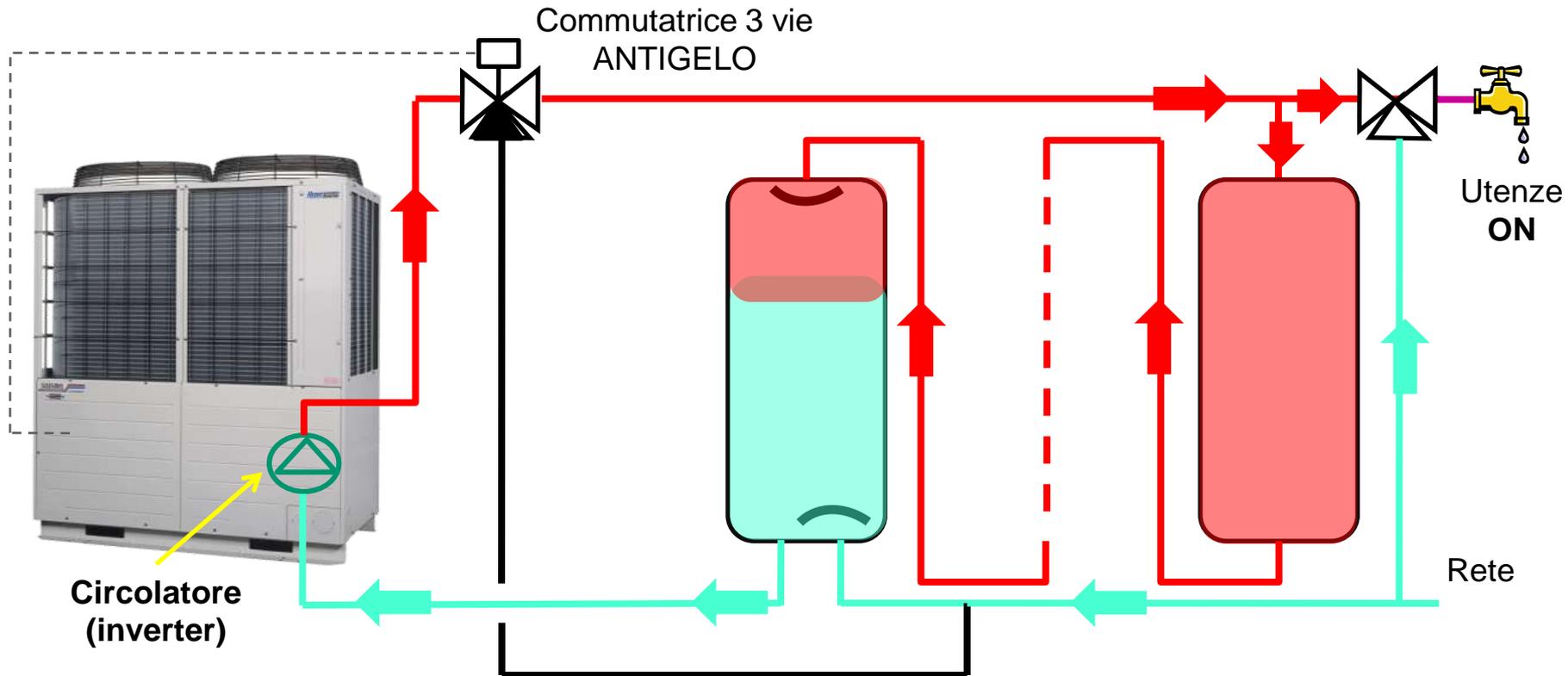
Controllo remoto

- monitoraggio della quantità di energia termica stoccata
- massimo n° 9 sensori gestiti
- consigliato almeno n° 2 sensori per serbatoio

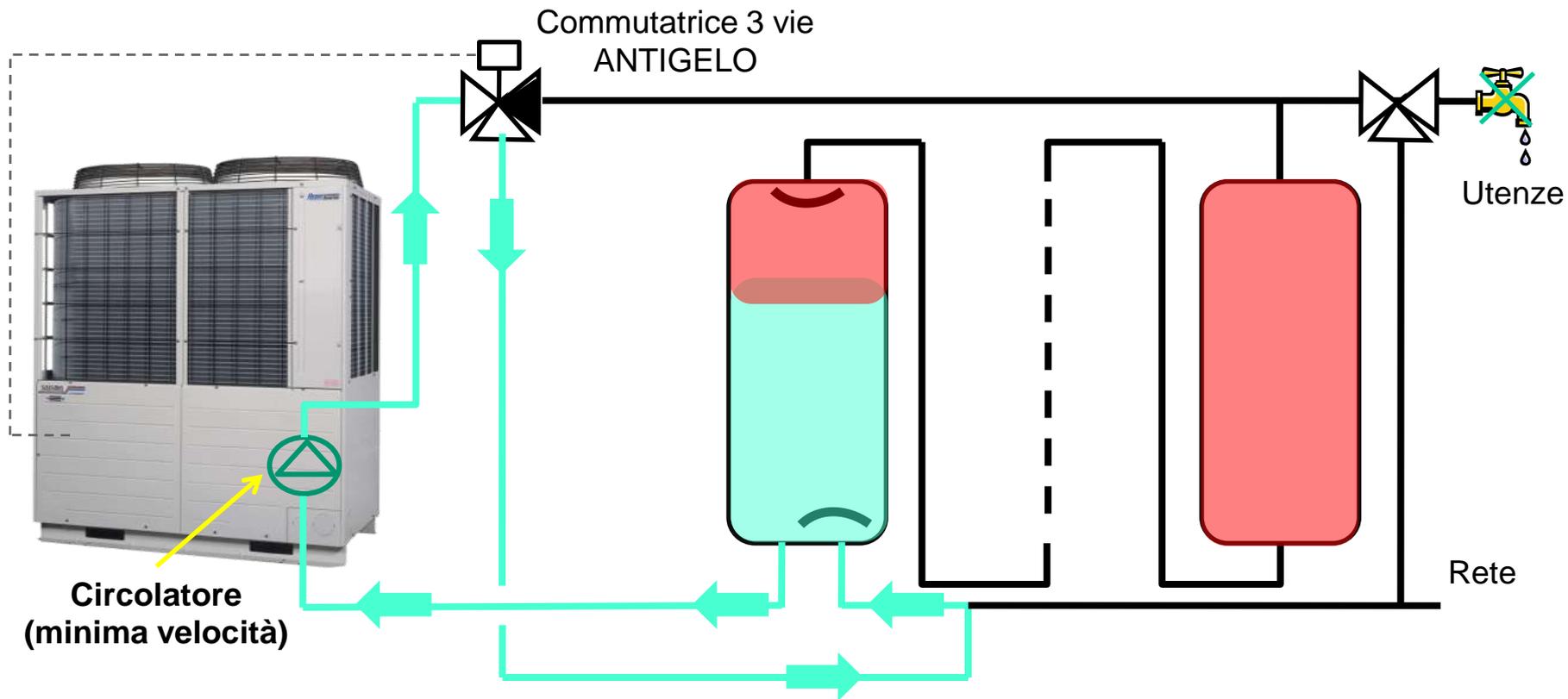
Funzionamento normale: circolazione acqua – utenze OFF



Funzionamento normale: circolazione acqua – utenze ON



Defrost e antigelo: circolazione acqua



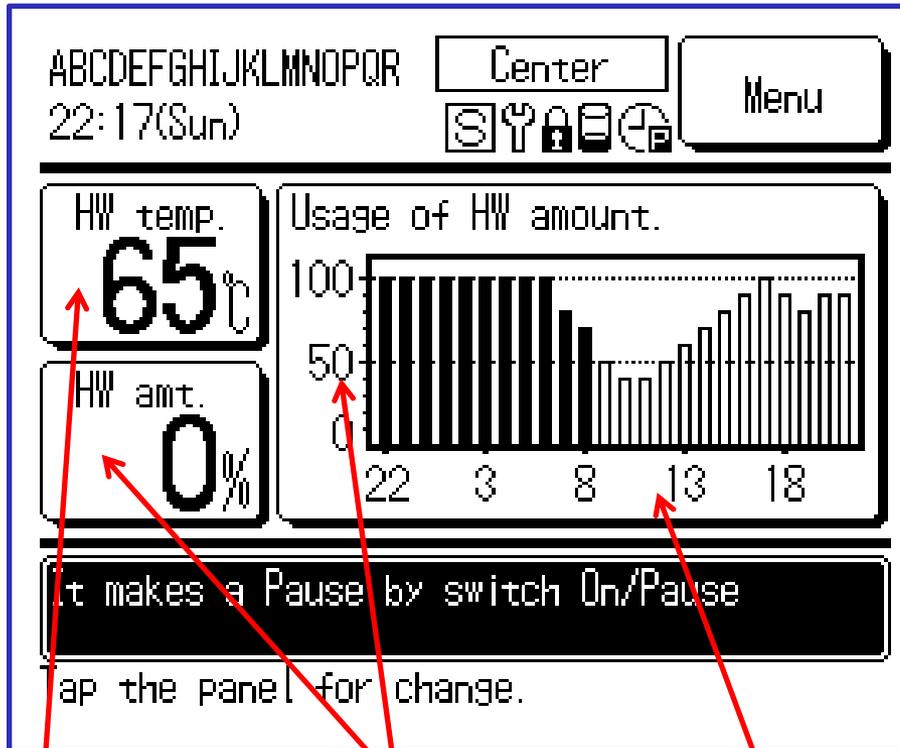
- Circolazione acqua in caso di defrost
- Circolazione acqua in caso di protezione antigelo (macchina spenta e temperatura esterna inferiore a 3 ° C)

Programmazione accumulo

Comando remoto **touch screen**



Funzioni principali



➤ programmazione **settimanale**

✓ personalizzata

✓ modelli preimpostati

➤ riempimento totale manuale 
(bypass programmazione)

➤ gestione fino a 16 unità

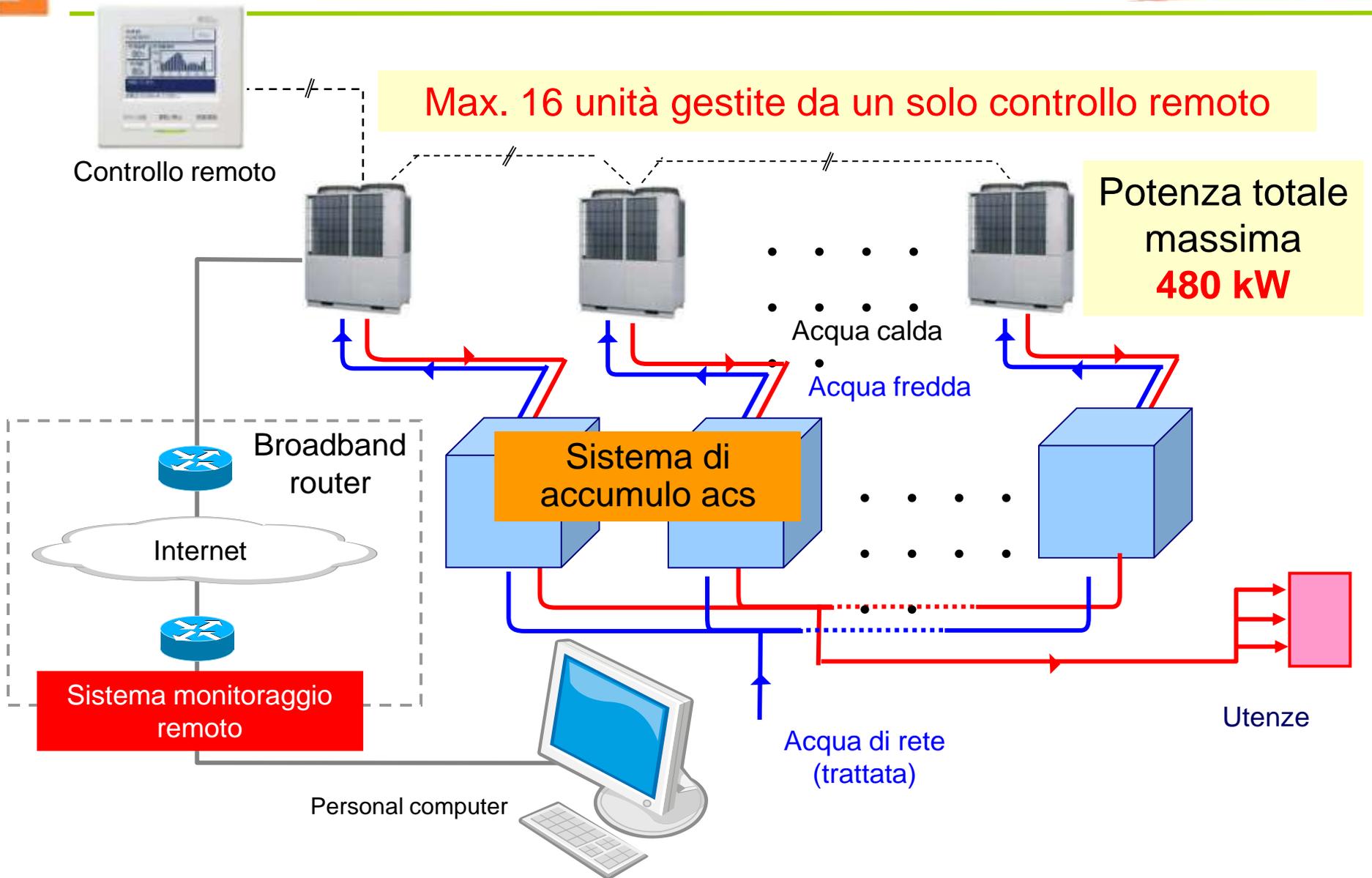
➤ diagnostica

Temperatura
acs prodotta

% riempimento
accumulo

Orario

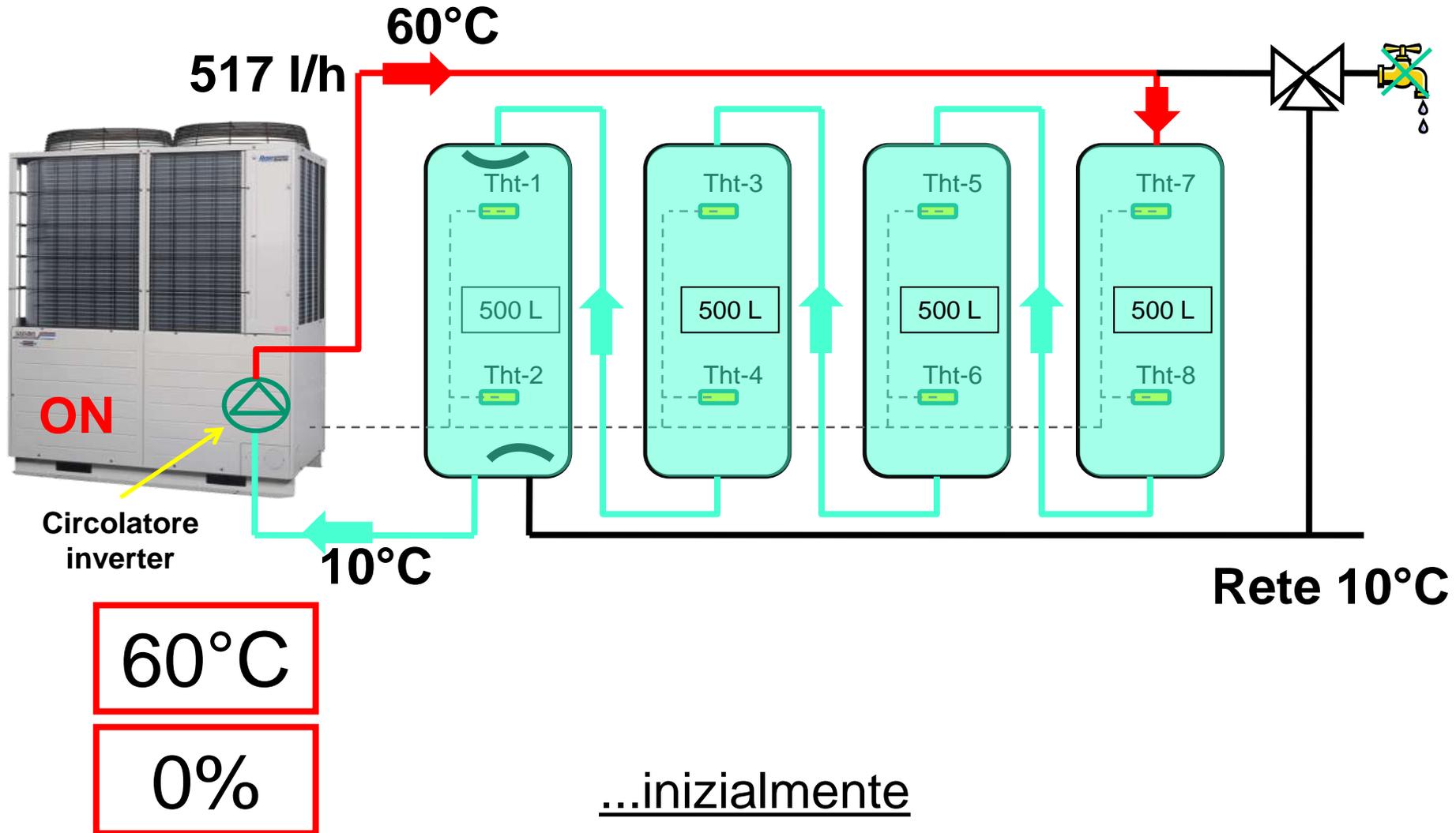
Q-ton: pompa di calore a CO₂ per acs



Q-ton: pompa di calore a CO₂ per acs

Riempimento serbatoi d'accumulo:

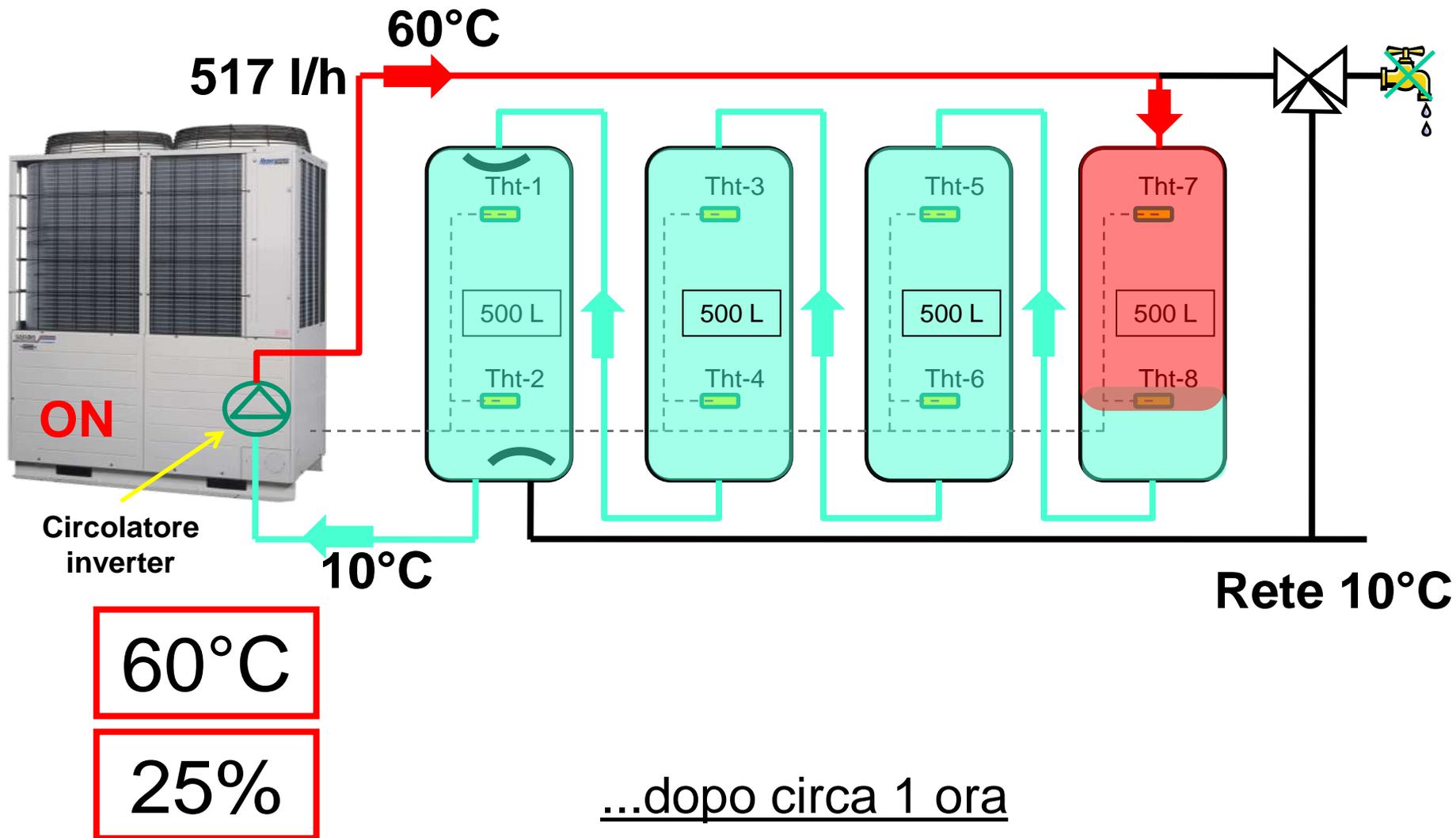
4 x 500 L = 2000 L



Q-ton: pompa di calore a CO₂ per acs

Riempimento serbatoi d'accumulo:

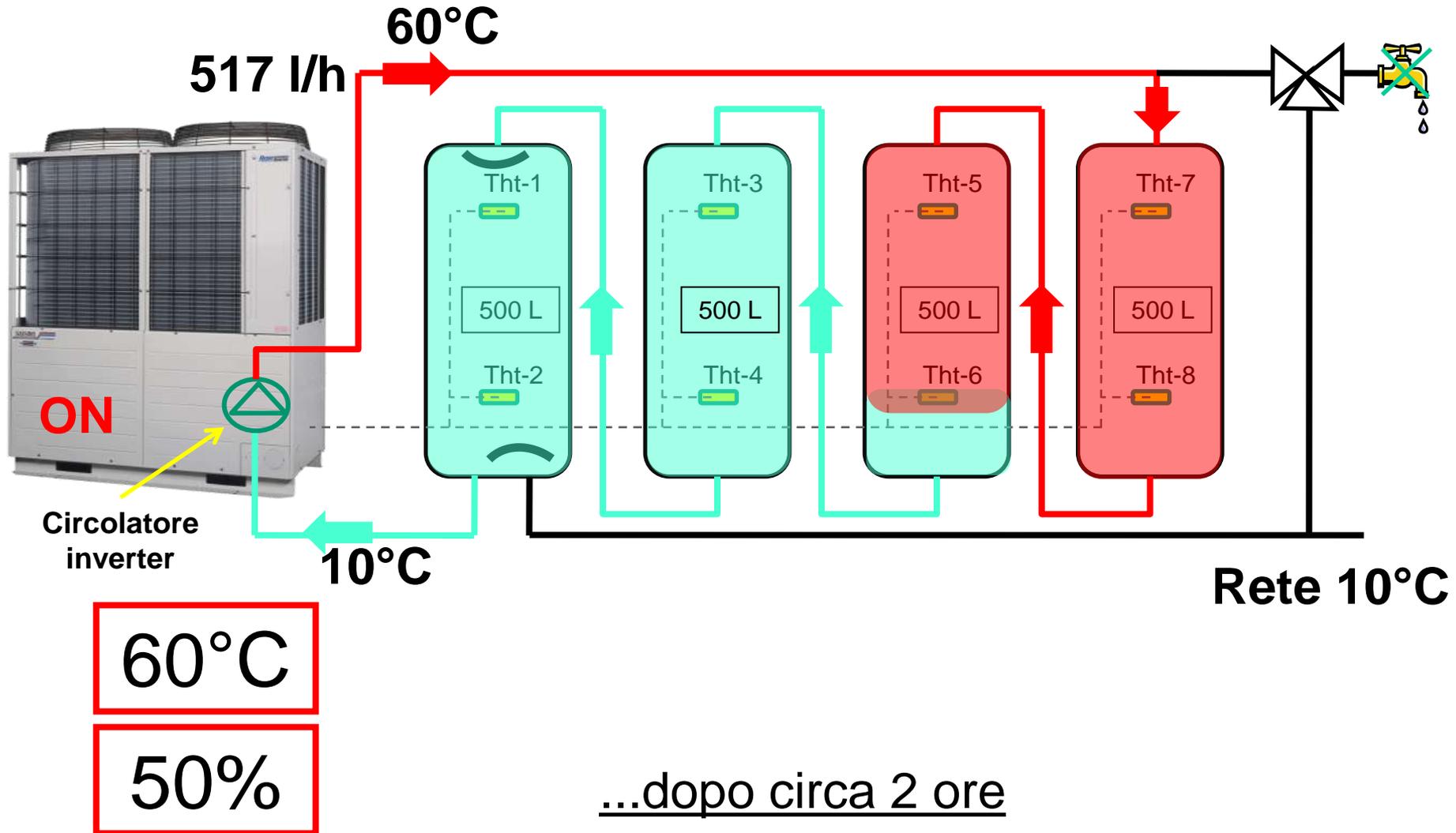
4 x 500 L = 2000 L



Q-ton: pompa di calore a CO₂ per acs

Riempimento serbatoi d'accumulo:

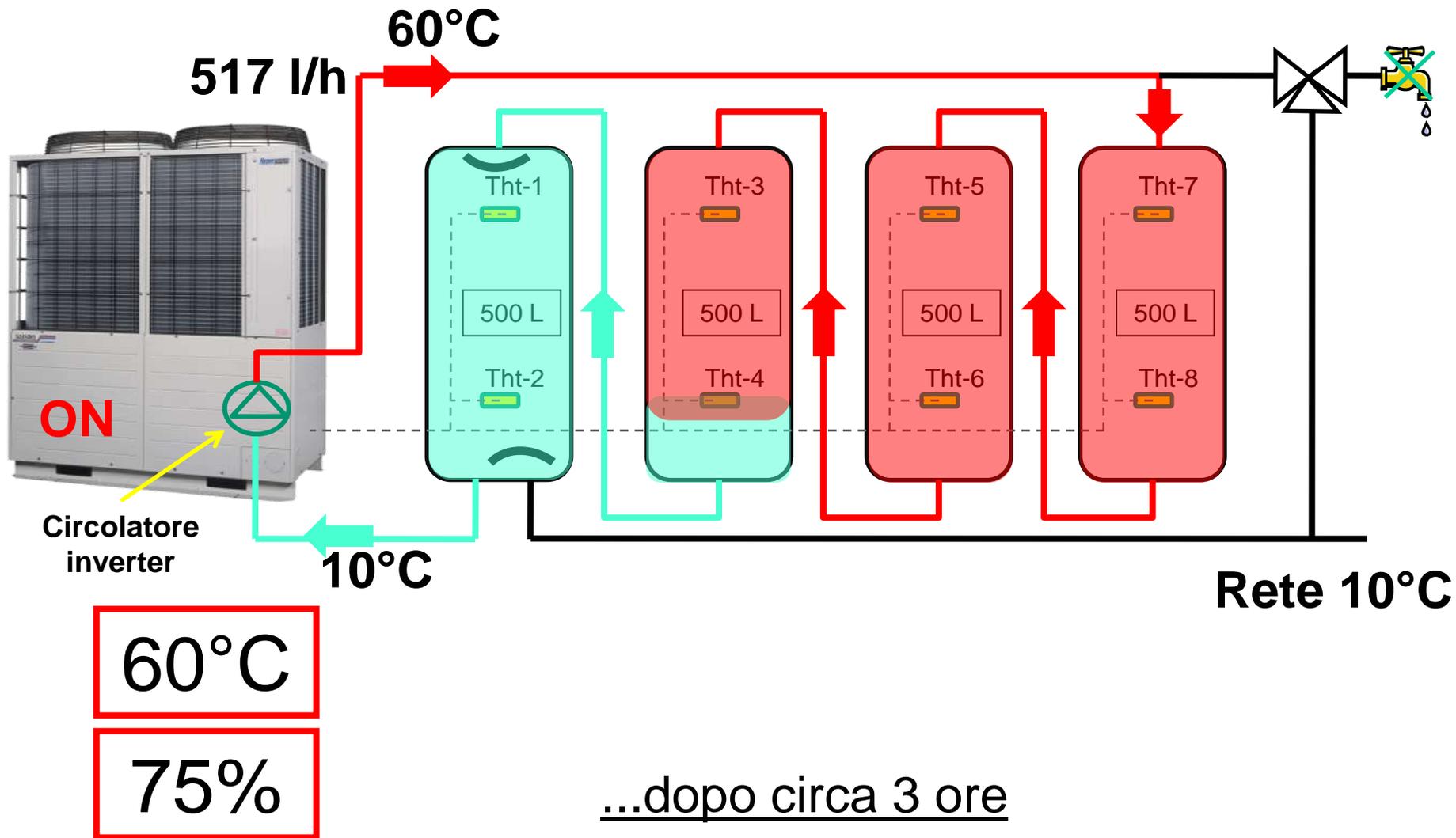
4 x 500 L = 2000 L



Q-ton: pompa di calore a CO₂ per acs

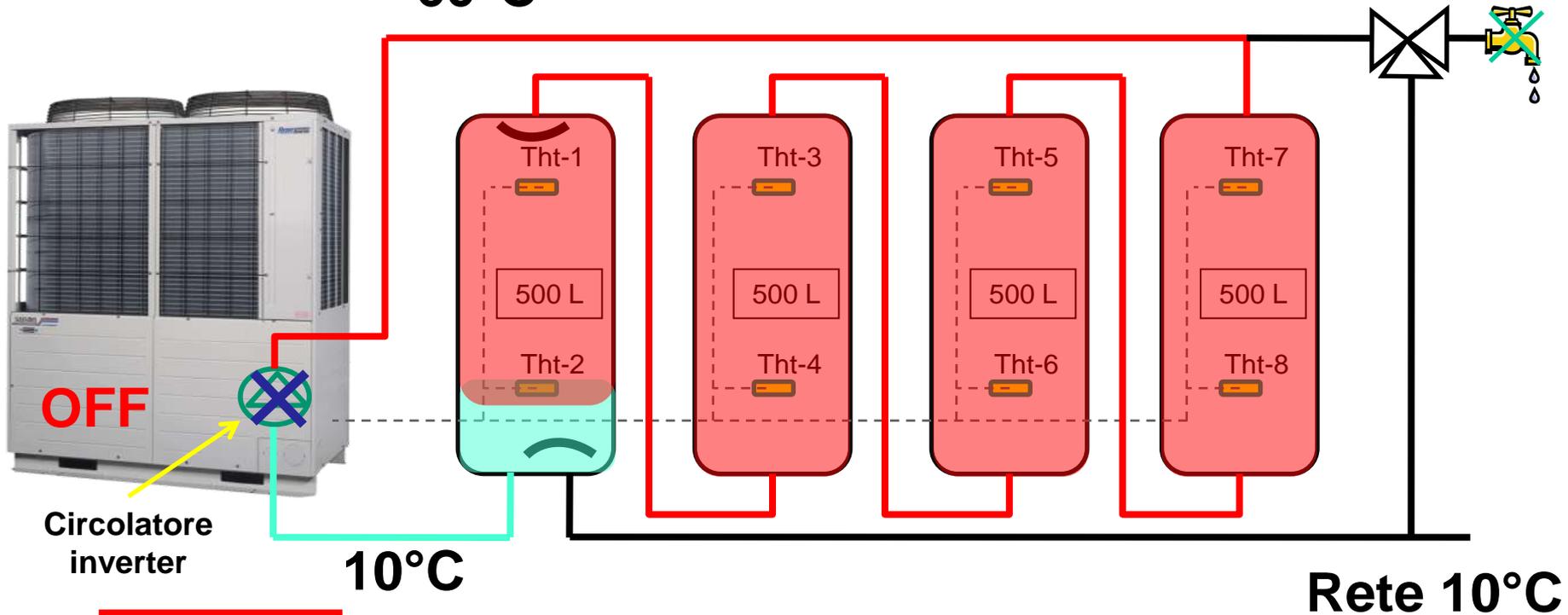
Riempimento serbatoi d'accumulo:

4 x 500 L = 2000 L



Riempimento serbatoi d'accumulo:
60°C

4 x 500 L = 2000 L



60°C

100%

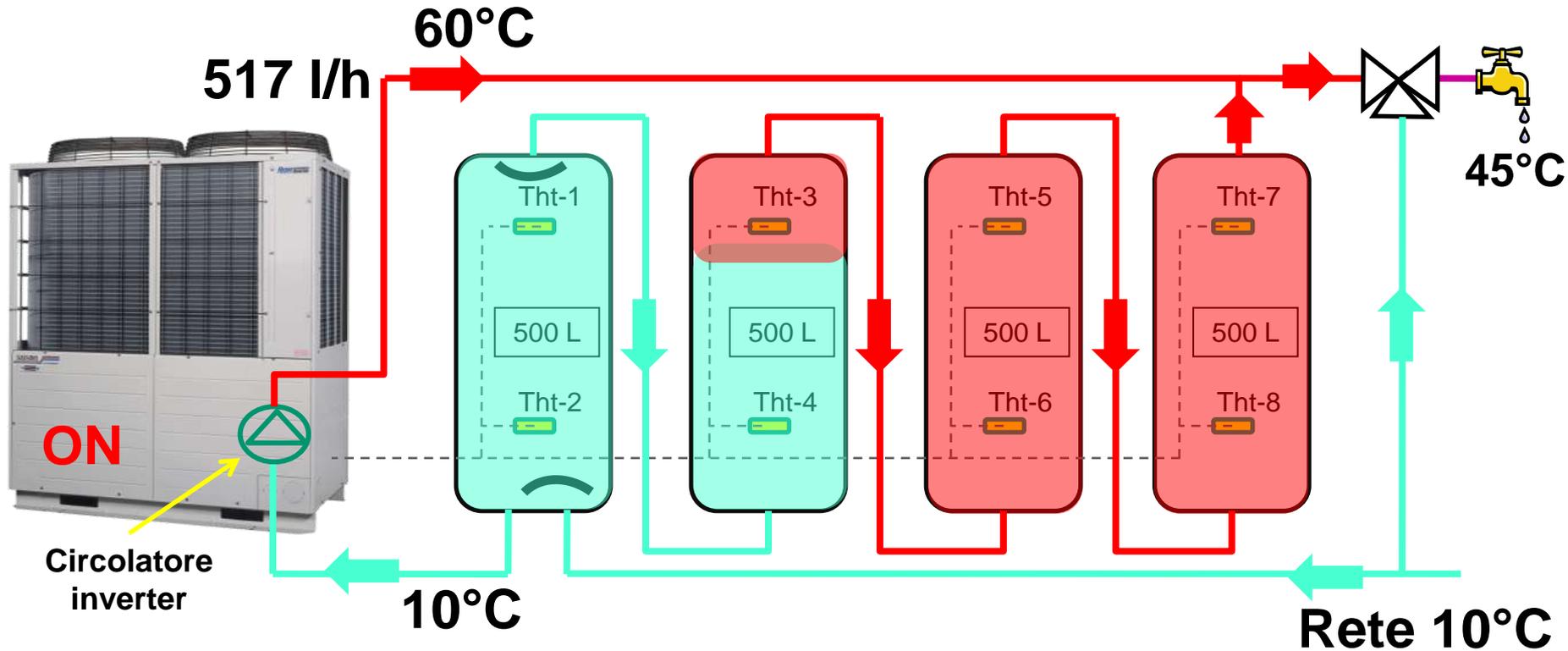
Q-ton termina di lavorare

...dopo circa 4 ore

Q-ton: pompa di calore a CO₂ per acs

Funzionamento con richiesta utenze:

4 x 500 L = 2000 L



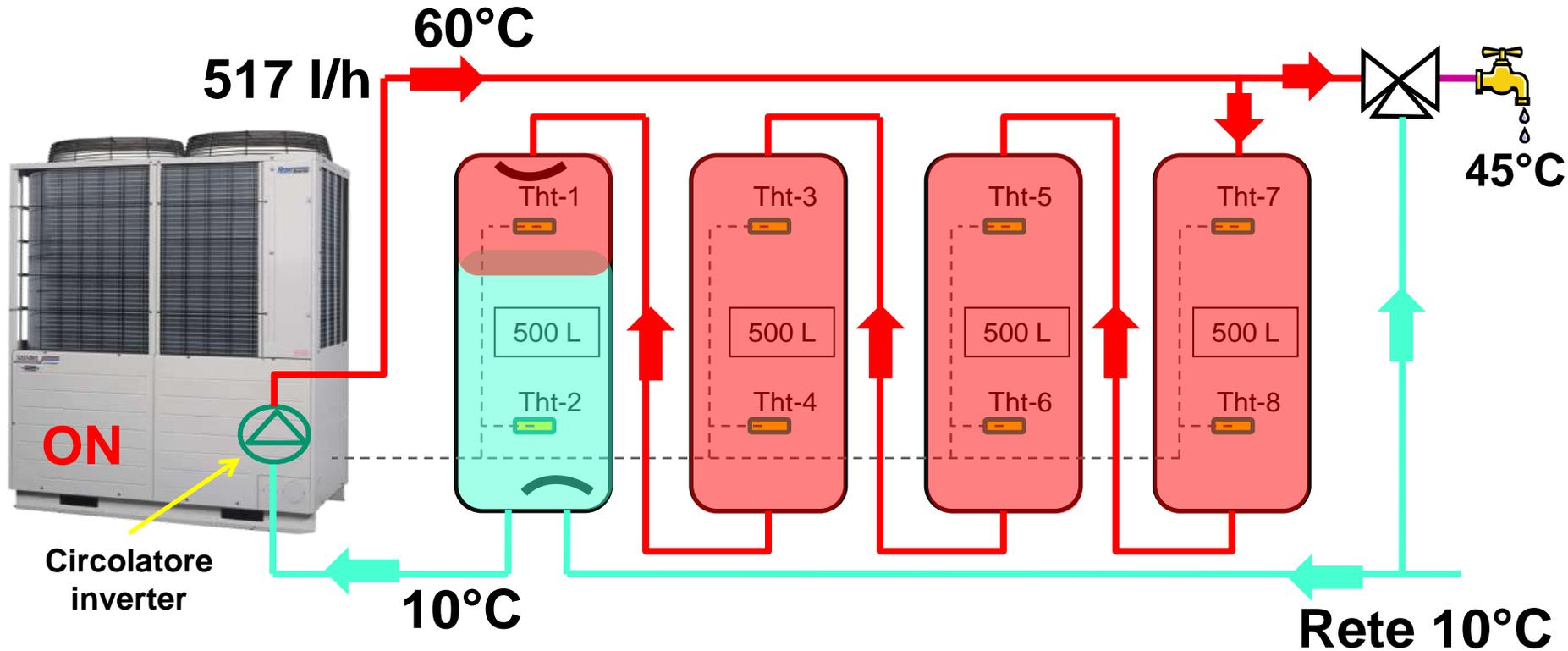
517 l/h per 10→60°C
equivalgono a
739 l/h per 10→45°C

Utenze > 739 l/h
...l'accumulo tende a svuotarsi
...Q-ton riprende a lavorare

Q-ton: pompa di calore a CO₂ per acs

Funzionamento con richiesta utenze :

4 x 500 L = 2000 L

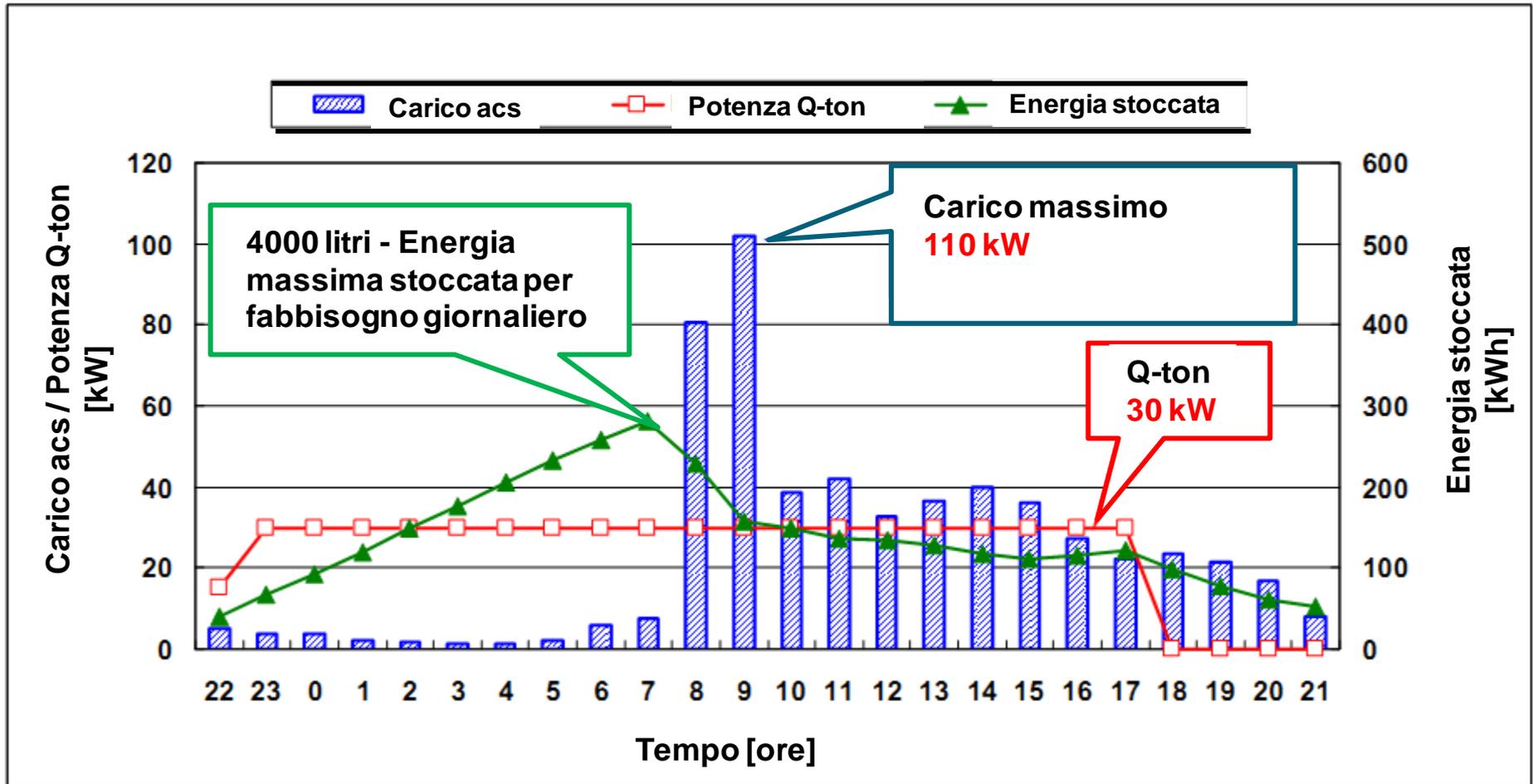


517 l/h per 10→60°C
equivalgono a
739 l/h per 10→45°C

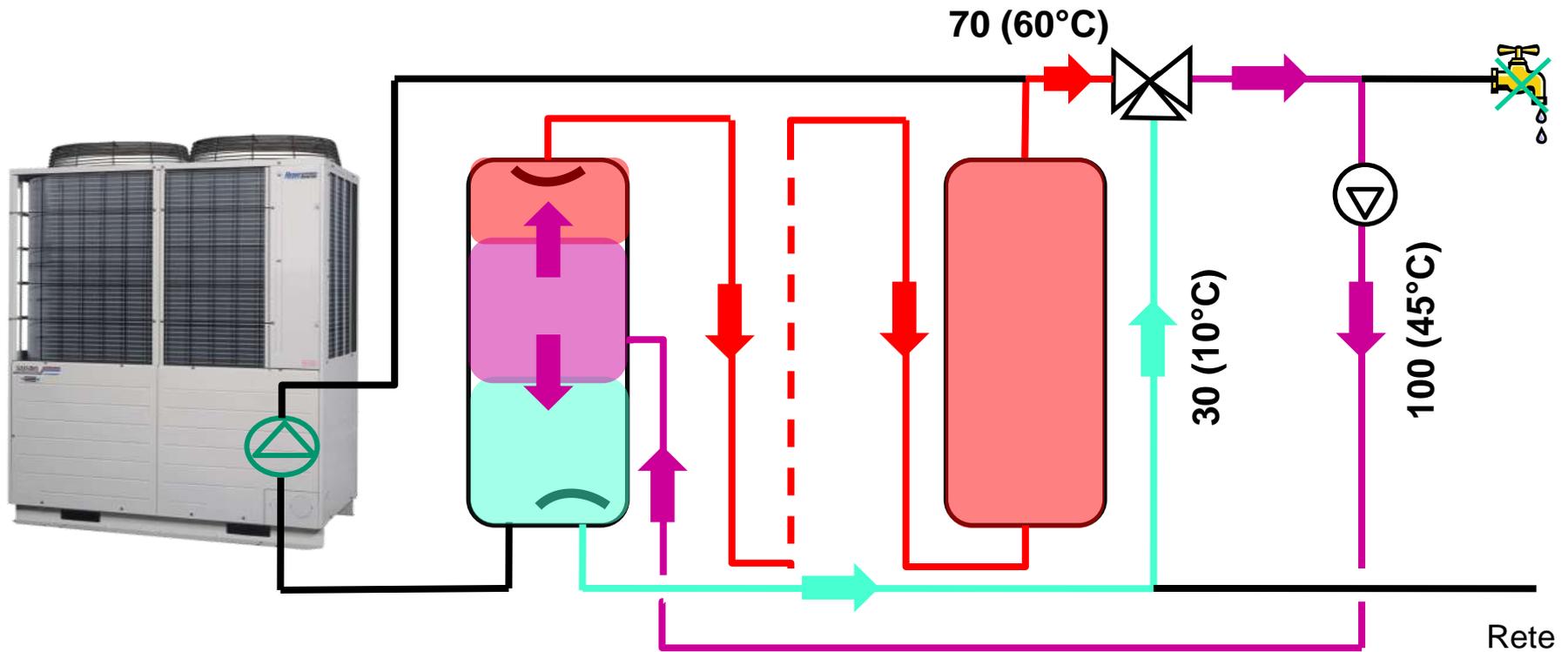
Utenze < 739 l/h
...l'accumulo tende a riempirsi
...Q-ton terminerà di lavorare

Caso standard: nr. 1 Q-ton + 4000 litri di accumulo

Minimo costo iniziale – Massimo periodo di funzionamento

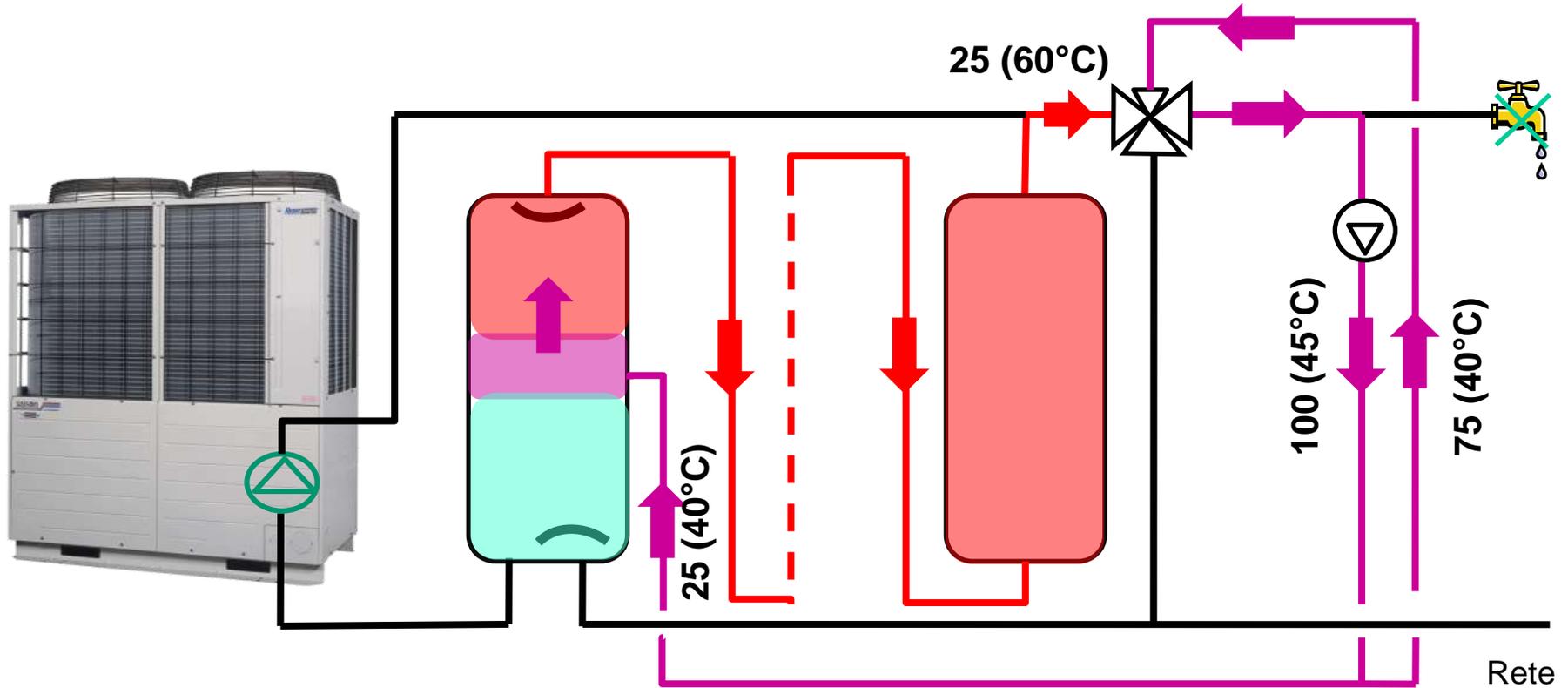


Ricircolo centralizzato: con normale 3 vie miscelatrice



- portata di ricircolo elevata verso gli accumuli
- svuota il fondo con acqua fredda

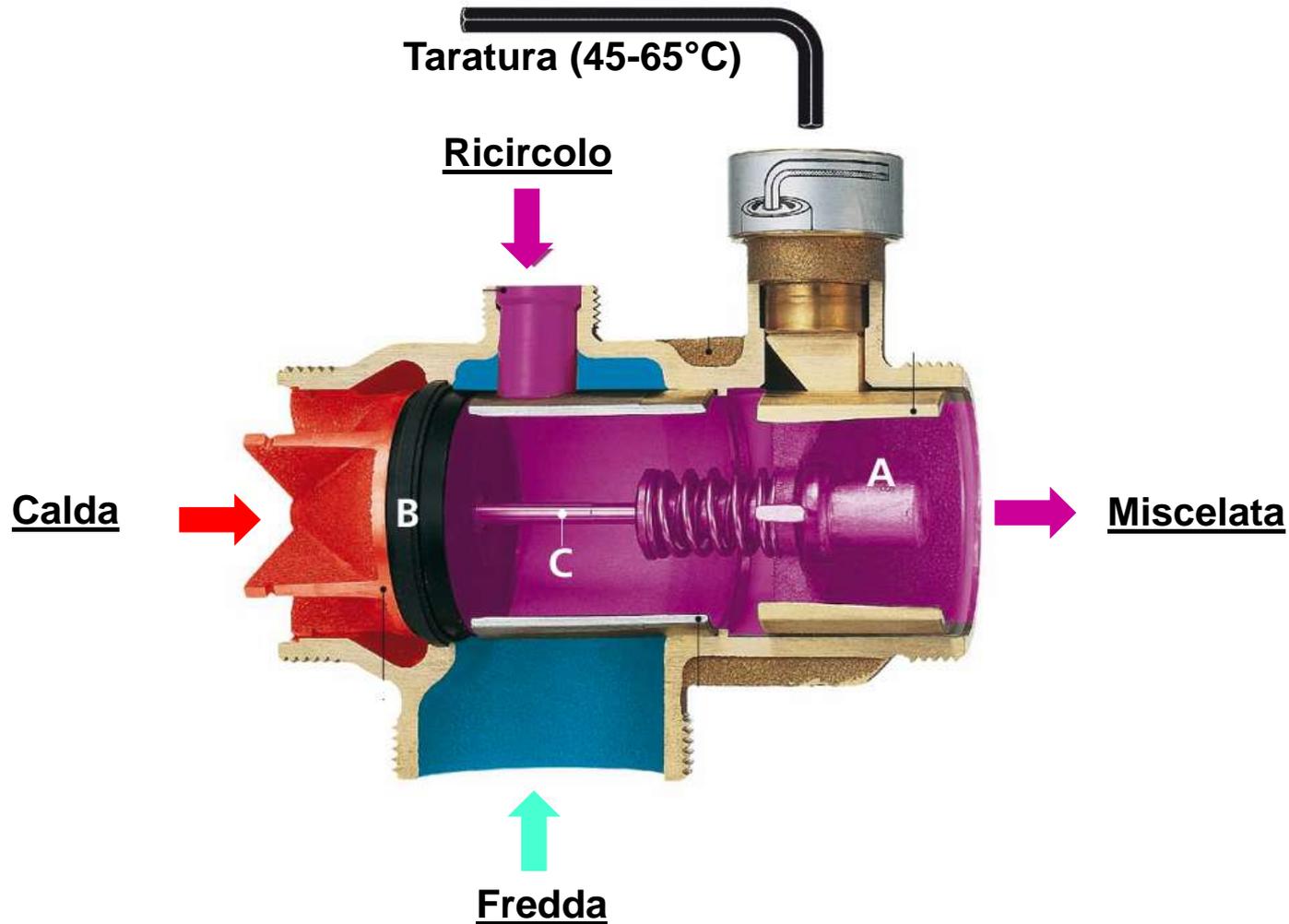
Ricircolo centralizzato: con speciale 4 vie mix+ricircolo



- minimizza il ricircolo verso gli accumuli
- non svuota il fondo con acqua fredda

Q-ton: pompa di calore a CO₂ per acs

Speciale 4 vie miscelatrice + ricircolo (reperibile sul mercato)



Q-ton: pompa di calore a CO₂ per acs



Specifiche Q-ton

		Limiti di utilizzo
Temperatura esterna		-25 ÷ 43°C
Temperatura a acqua	ingresso	"Top up": 5 ÷ 35 °C, "Warm up": 35 ÷ 65 °C
	uscita	60 ÷ 90°C (*Min. 10° C sopra la temperatura di ritorno)
Portata (tra PdC e accumulo)		0 ÷ 17 l/min
Pressione acqua in ingresso		≤ 5 bar
Qualità acqua		Alcuni parametri chimico fisici devono rispettare dei valori limite indicati dal costruttore della PdC

Peso: 365 kg
(in funzione 375 kg)

Livello pressione sonora (massimo)

- 58 dB(A): distanza 1 m
- 50 dB(A): distanza 2,5 m
- 38 dB(A): distanza 10 m

NOTA: rumorosità nella norma ma se richiesto è disponibile un kit di silenziamento.

[Limiti installativi tra PdC e accumulo]

- Lunghezza massima tubazioni: 20 m
- Dislivello massimo: ±20 m

NOTA: limite di distanza dovuto alla lunghezza massima dei cavi sensori di temperatura

Serbatoio
con dispositivi
“**STRATIFICATORI**”
(estraibili)

**Appositamente progettato per
ottimizzare le prestazioni di Q-ton**



D: 790 mm

Peso: 122 kg

-Volume: 500/800 litri

-Materiale: acciaio al carbonio

-Trattamento interno: strato di “Polywarm” (eccellenti caratteristiche di resistenza agli stress termici e alla corrosione)

-Pressione nominale d'esercizio: 8 bar

-Temperatura massima d'esercizio: 90°C

-Spessore coibentazione: 70 mm

- Materiale coibentazione: poliuretano espanso (0,028 W/mK)

Specifiche Serbatoio

Made in Italy

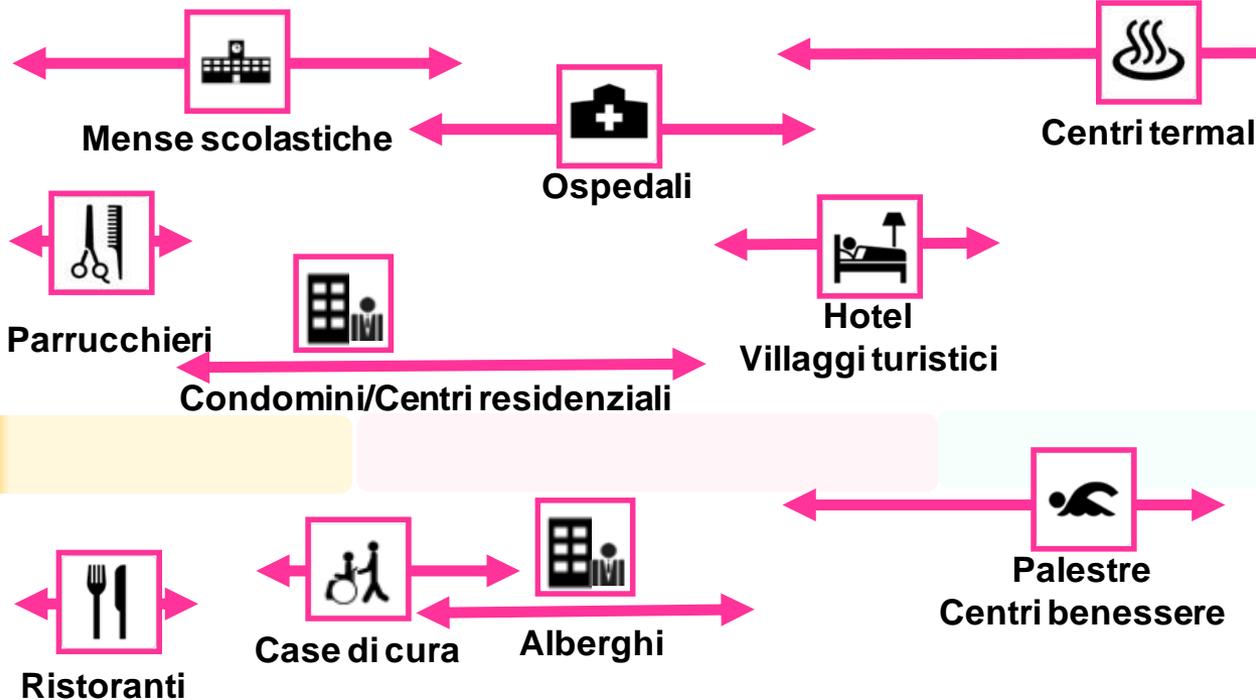
Requisiti dell'acqua in ingresso a Q-ton

pH	7,0-8,0
Conducibilità elettrica (25°C) [mS/m]	≤30
Cloruri [mgCL ⁻ /l]	≤30
Solfato [mgSO ₃ ²⁻ /l]	≤30
Acid consumption (pH4.8) [mgCaCO ₃ /l]	≤50
Sulphate ion / Acid consumption	≤0,5
Durezza totale [mgCaCO ₃ /l]	≤70 (≤ 7 °f)
Durezza [mgCaCO ₃ /l]	≤50
Silice [mgSiO ₂ /l]	≤20
Ferro [mgFe/l]	≤0,3
Rame [mgCu/l]	≤0,1
Ammonio [mgNH ₄ ⁺ /l]	≤0,1
Cloro residuo [mgCl/l]	≤0,3
Anidride carbonica [mgCO ₂ /l]	≤0,4

- Per un ottimale e duraturo funzionamento di Q-ton occorre analizzare l'acqua di rete.
- Solo alcuni parametri sono vincolanti mentre **è determinante il valore di tutti nel complesso**.
- Se necessario l'acqua di rete dovrà essere opportunamente trattata.

Q-ton: pompa di calore a CO₂ per acs

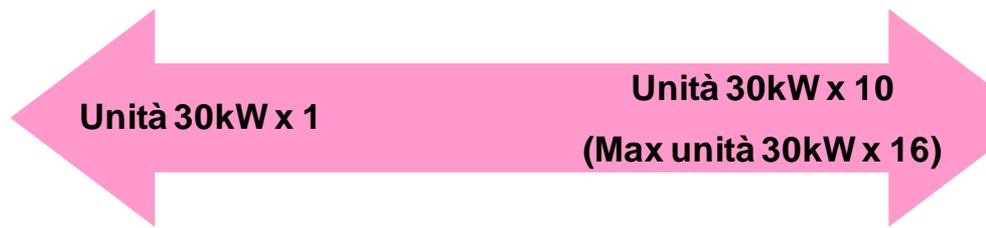
Dove è conveniente installare Q-ton



Grandi centri residenziali o attività con elevato consumo di acqua calda

- ❖ Condomini (> 30 appartamenti)
- ❖ Alberghi (> 80 camere)
- ❖ Palestre e centri sportivi
- ❖ Piscine
- ❖ Ospedali
- ❖ Salumifici
- ❖ Caseifici
- ❖ Concerie
- ❖ Lavanderie industriali

Q-ton copre questa gamma



Impianti testati in Giappone (funzionanti da 4 anni)

- Utilizzo: preriscaldamento acqua per boiler
- Unità installate: 30 kW x 1set + scambiatore di calore
- Località: Hokuriku (bassa temperatura ed alta umidità: **-2°C**)



- Utilizzo: acs per cucina e lavandini
- Unità installate :
30kW x 1set + accumulo acs
- Località : Hokkaido (area molto fredda **-20°C** o meno)



- Utilizzo: acs per cucina e bagni
- Unità installate :
30kW x 1set + accumulo
- Località : North Iwate (area molto fredda: **-5°C**)



Primi impianti pilota testati in condizioni atmosferiche estreme (neve, pioggia, vento) in regioni dal clima rigido

Manutenzione e Service

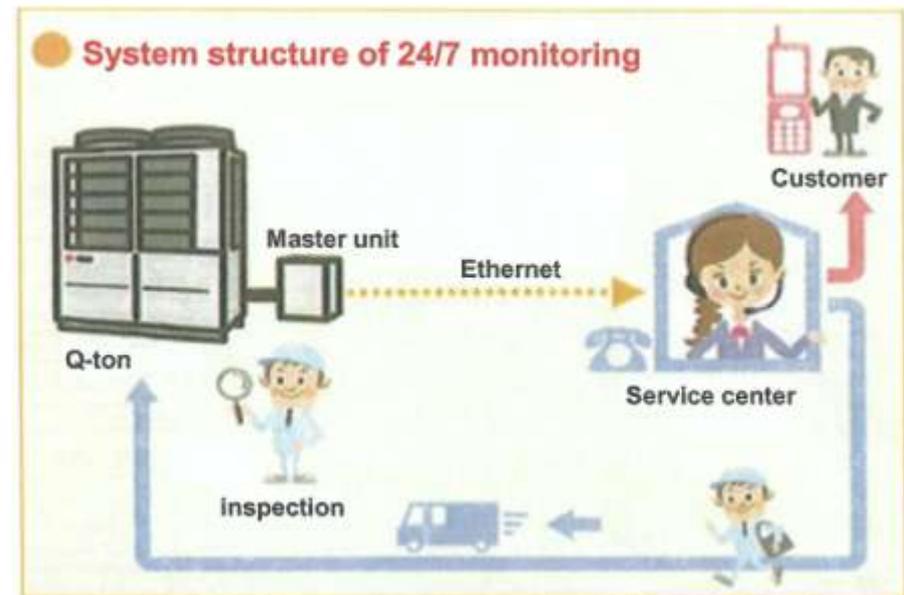


➤ **MONITORAGGIO CONTINUO 24ore/24 – 7giorni/7 via web**

- ✓ Parametri di funzionamento costantemente monitorati direttamente da centro di controllo
- ✓ Connessione Internet necessaria
- ✓ Con funzionamento anomalo, prima dell'eventuale guasto, interviene l'assistenza tecnica

➤ **MANUTENZIONE PERIODICA**

- ✓ Ispezione e manutenzione programmata
- ✓ Intervento su richiesta dell'utente



Scenario legislativo:
il rispetto delle norme vigenti con
pompa di calore a CO₂

Francesco Frau

Termal Hot Wave

MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES

Decreto Rinnovabili (D.Lgs 28/11)

Il decreto legislativo n. 28 del 3 marzo 2011 (entrata in vigore 29 marzo 2011)

- **Recepimento direttiva RES 2009/28/CE**
- **Nuovi obblighi di integrazione delle fonti rinnovabili**
- **Riconosce l'energia aerotermica come rinnovabile termica**
 - ✓ **Energia termica a bassa temperatura presente in atmosfera**
 - ✓ **Può essere sfruttata dalle pompe di calore**

Decreto Rinnovabili (D.Lgs 28/11)

SUPERAMENTO del decreto legislativo n. 192 del 2005

Recepimento direttiva 2002/91/CE
(Efficienza energetica in edilizia)

D.Lgs 28/11: l'obbligo del **50% sull'acs** può essere assolto anche solo mediante **Pompa di Calore** (viene riconosciuto che tali macchine utilizzano energia rinnovabile termica contenuta in atmosfera).

Decreto Rinnovabili (D.Lgs 28/11)

Obblighi sull'energia termica

- Obbligo di utilizzare fonti di **energia rinnovabile** per la copertura di una determinata percentuale minima del fabbisogno di **acqua calda sanitaria, riscaldamento** negli edifici.

Obbligo a.c.s.	Entrata in vigore
50%	31 maggio 2012

Obbligo a.c.s. + riscaldamento	Entrata in vigore
20%	31 maggio 2012 - 31 dicembre 2013
35%	1 gennaio 2014 - 31 dicembre 2016
50%	1 gennaio 2017

Decreto Rinnovabili (D.Lgs 28/11)

Campo d'applicazione

Gli obblighi **si applicano** ai seguenti casi (dal 31 maggio 2012):

- **Edificio di nuova costruzione.** Edificio per il quale la richiesta del relativo **titolo edilizio** è stata presentata successivamente alla data di entrata in vigore del decreto.
- Edificio esistente sottoposto a **ristrutturazione rilevante.** Edificio esistente avente superficie utile superiore a 1000 m², soggetto a ristrutturazione integrale degli elementi edilizi costituenti l'involucro oppure un edificio esistente soggetto a demolizione e ricostruzione anche in manutenzione straordinaria

L'INOSSERVANZA
dell'obbligo comporta il
diniego del rilascio del **titolo edilizio**

Decreto Rinnovabili (D.Lgs 28/11)

Ruolo delle Regioni

Le Regioni possono legiferare, in materia, solo in modo più restrittivo, cioè aumentando le percentuali minime d'obbligo previste e/o anticiparne l'applicazione.

- Attualmente l'unica Regione che ha legiferato in materia successivamente al D.Lgs 28/11 è l'**Emilia Romagna** col **DGR 1366/11**
- Il DGR 1366/11 è molto più restrittivo rispetto al decreto nazionale:
 - ✓ Anticipa la data di entrata in vigore per le percentuali minime di energia rinnovabile da rispettare
 - ✓ Il metodo di calcolo è basato sull'energia primaria; diventa più difficile raggiungere le percentuali minime di energia rinnovabile
 - ✓ Le Regioni che si apprestano a legiferare in materia molto probabilmente adotteranno l'approccio della Regione Emilia Romagna

Decreto Rinnovabili (D.Lgs 28/11)

Confronto con Regione Emilia Romagna

Gli obblighi sono più restrittivi e anticipati nel tempo.

➤ Rinnovabili termiche

✓ *DGR 1366/11 – All. 2 – Com. 21*

Obbligo a.c.s.	Entrata in vigore
50%	31/05/2012
Obbligo a.c.s. + risc.	Entrata in vigore
35%	31/05/2012 ÷ 31/12/2014
50%	01/01/2015

✓ *DLgs. 28/11 – All. 3 – Com. 1*

Obbligo a.c.s.	Entrata in vigore
50%	31/05/2012
Obbligo a.c.s. + risc.	Entrata in vigore
20%	31/05/2012 ÷ 31/05/2013
35%	01/01/2014 ÷ 31/12/2016
50%	01/01/2017

Decreto Rinnovabili (D.Lgs 28/11)

Calcolo dell'energia rinnovabile

Prestazione minima pompa di calore

Ai fini del calcolo dell'energia rinnovabile catturata la pompa di calore elettrica deve avere:

$$SPF > \frac{1,15}{\eta}$$

η : fattore di conversione dell'energia elettrica (parco termoelettrico)

Convenzionalmente si utilizza $\eta = 0,46$, dunque deve essere:

$$SPF > 2,5 \longrightarrow \boxed{SPF_{\min} = 2,5}$$

Decreto Rinnovabili (D.Lgs 28/11)

Calcolo dell'energia rinnovabile

La quantità di energia aerotermica, geotermica o idrotermica catturata dalle pompe di calore da considerarsi energia da fonti rinnovabili è calcolata con la seguente equazione:

$$\boxed{E_{RES}} = Q_{usable} \cdot \left(1 - \frac{1}{SPF}\right) \quad \boxed{\% E_{RES}} = \frac{E_{RES}}{E_{RES} + EP_{NRES}} \cdot 100 \quad \boxed{SPF} \equiv SCOP$$

E_{RES} = [kWh/anno]: energia rinnovabile utilizzata dalla pompa di calore

%E_{RES} = [kWh/anno]: percentuale energia rinnovabile utilizzata dalla pompa di calore

EP_{NRES} = [kWh/anno]: energia primaria non rinnovabile

Q_{usable} = [kWh/anno]: energia termica prodotta dalla pompa di calore

SPF: fattore di rendimento stagionale medio (Seasonal Performance Factor)

SCOP: COP medio stagionale della pompa di calore

Decreto Rinnovabili (D.Lgs 28/11)

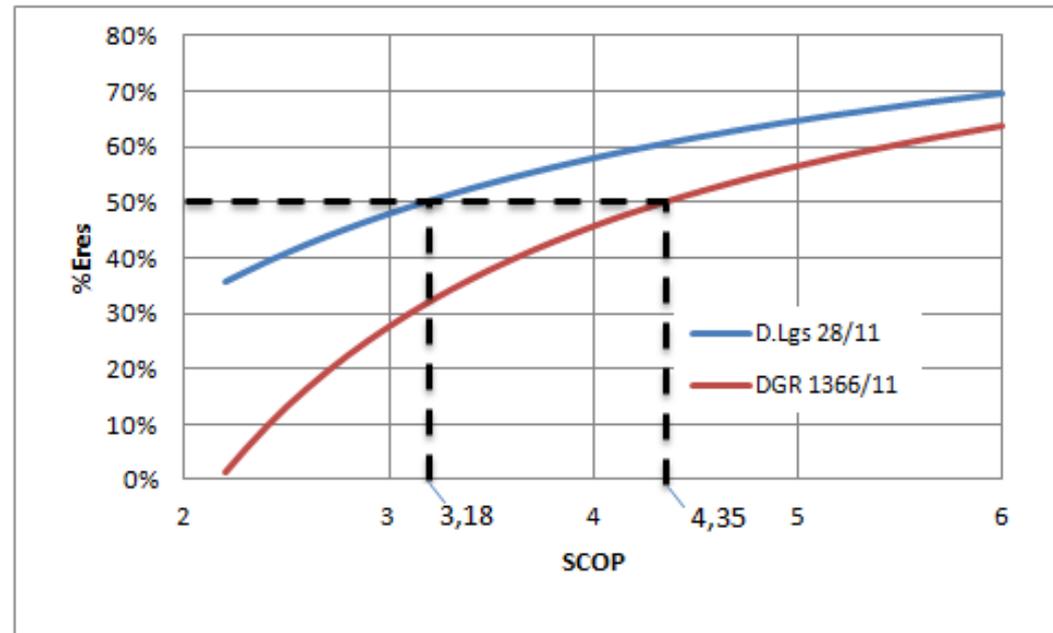
Calcolo dell'energia rinnovabile

Metodo della **Regione Emilia Romagna** DGR 1366/11

E' basato sull'**energia primaria**

$$E_{RES} = Q_{usable} \cdot \left(1 - \frac{1}{SPF}\right) \quad \% E_{RES} = \frac{E_{RES}}{E_{RES} + EP_{NRES}} \cdot 100 \quad \underline{\underline{SPF = \eta \cdot SCOP}}$$

- Secondo la delibera AEEG EEN 3/08 il rendimento del parco termoelettrico italiano, è $\eta = 0,46$
- Per ottenere il 50% di energia rinnovabile il COP medio stagionale deve essere più elevato!



Decreto Rinnovabili (D.Lgs 28/11)

Quota rinnovabile con Q-ton

Programma di simulazione certificato CTI

- Aggiornato alla norma **UNI/TS 11300-4: 2012** (metodo dei “bin mensili”)
- Calcolo quota rinnovabile secondo bozza **Raccomandazione CTI 09**
- Aggiornato al **D.Lgs. 28/2011** (decreto rinnovabili)

Condizioni al contorno

- Condizioni climatiche della località
- Curve caratteristiche prestazioni Q-ton
- Acs prodotta a 60 °C, acqua in ingresso a 10 °C
- Temperatura media di stoccaggio 55 °C, temperatura di utilizzo 40 °C
- Caratteristiche sistema d’accumulo

Decreto Rinnovabili (D.Lgs 28/11)

Quota rinnovabile con Q-ton

<u>Risultati per alcune località</u>		DGR 1366/11	D.Lgs. 28/11
Località	SCOP	%Eres	%Eres
Torino	4,526	52,0%	61,9%
Padova	4,635	53,1%	62,6%
Udine	4,736	54,1%	63,2%
Bologna	4,757	54,3%	63,3%
Pisa	4,941	56,0%	64,4%
Roma	5,164	57,9%	65,7%
Bari	5,176	58,0%	65,8%

**L'obbligo del 50% di rinnovabili per l'ACS è rispettato dovunque
senza l'impiego né di Solare FV né di Solare Termico**

Decreto Rinnovabili (D.Lgs 28/11)

Esempio applicativo

EDIFICIO

- Condominio 30 appartamenti su 5 piani
- Superficie utile singolo appartamento 100 m²
- Superficie in pianta dello stabile 700 m²

FABBISOGNO TERMICO (a parità di involucro)

- Pisa (legislazione nazionale - D.Lgs. 28/11)
 - ✓ Acqua calda sanitaria: **48.533 kWh/anno**
 - ✓ Riscaldamento: **29.369 kWh/anno**
- Bologna (legislazione regionale - DGR 1366/11)
 - ✓ Acqua calda sanitaria: **48.533 kWh/anno**
 - ✓ Riscaldamento: **36.433 kWh/anno**

Decreto Rinnovabili (D.Lgs 28/11)

Esempio applicativo

OBBLIGHI NORMATIVI

➤ Rinnovabili termiche

✓ Pisa: 50 % acs; 35% acs+risc (01/01/14 ÷ 31/12/16)

✓ Bologna: 50 % acs; 35% acs+risc (30/05/12 ÷ 31/12/14)

➤ Fotovoltaico

✓ Pisa: minimo 10,8 kWp (01/01/14 ÷ 31/12/16)

NOTA: l'energia elettrica da FV **non contribuisce** a % rinnovabili termiche

✓ Bologna: minimo 30 kWp

NOTA: l'energia elettrica da FV **contribuisce** a % rinnovabili termiche

Decreto Rinnovabili (D.Lgs 28/11)

Esempio applicativo

CASO A)

- Acqua calda sanitaria con caldaia a metano
 - ✓ Rendimento medio: 90%
- Riscaldamento con caldaia a metano
 - Rendimento medio: 90%

	Pisa	Bologna
E _P tot [kWh/m ² anno]	28,9	31,5
Classe Energetica	A	A
%E _{res,acs}	0,0%	0,0%
%E _{res,tot}	0,0%	0,0%

- Edificio di classe energetica elevata.
- Nessuna fonte di energia rinnovabile termica.
- NO CONCESSIONE EDILIZIA.**

Decreto Rinnovabili (D.Lgs 28/11)

Esempio applicativo

CASO B) Q-ton acs + caldaia riscaldamento

➤ Acqua calda sanitaria con pompa di calore Q-ton

✓ **SCOP: 4,941** (Pisa) - **4,76** (Bologna)

➤ Riscaldamento con caldaia a metano

✓ Rendimento medio: 90%

➤ Solare Fotovoltaico (30 kWp)

✓ Produzione : **34.500 kWh/anno** (Pisa) - **33.900 kWh/anno** (Bologna)

$$E_{RES} = Q_{usable} \cdot \left(1 - \frac{1}{SPF} \right)$$

$$\% E_{RES} = \frac{E_{RES}}{E_{RES} + EP_{NRES}} \cdot 100$$

Pisa (D.Lgs. 28/11)

ET_{ACS} = 48.553 kWh/anno

ET_{RISC} = 29.369 kWh/anno

E_{RES,ACS} = 38.726 kWh/anno

E_{RES,RISC} = 0 kWh/anno

E_{RES} = 38.726 kWh/anno

BOLOGNA (DGR 1366/11)

ET_{ACS} = 48.553 kWh/anno

ET_{RISC} = 36.433 kWh/anno

E_{RES,ACS} = 26.378 kWh/anno

E_{RES,RISC} = 0 kWh/anno

E_{RES} = 26.378 kWh/anno

Decreto Rinnovabili (D.Lgs 28/11)

Esempio applicativo

CASO B) Q-ton acs + caldaia riscaldamento

Pisa (D.Lgs. 28/11)

$$EP_{NRES,ACS} = 21.362 \text{ kWh/anno}$$

$$EP_{NRES,RISC} = 32.632 \text{ kWh/anno}$$

$$EP_{NRES,} = 53.994 \text{ kWh/anno}$$

$$\begin{aligned} \% E_{RES,ACS} &= \\ &= \frac{38.726}{38.726 + 21.362} \cdot 100 = 64,4\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% E_{RES} &= \\ &= \frac{38.726}{38.726 + 53.994} \cdot 100 = 41,8\% \end{aligned}$$

BOLOGNA (DGR 1366/11)

$$EP_{NRES,ACS} = 4.435 \text{ kWh/anno} \text{ (Integrazione da FV)}$$

$$EP_{NRES,RISC} = 40.481 \text{ kWh/anno}$$

$$EP_{NRES,} = 44.916 \text{ kWh/anno}$$

$$\begin{aligned} \% E_{RES,ACS} &= \\ &= \frac{26.378}{26.378 + 4.435} \cdot 100 = 85,6\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% E_{RES} &= \\ &= \frac{26.378}{26.378 + 44.916} \cdot 100 = 37,0\% \end{aligned}$$

Decreto Rinnovabili (D.Lgs 28/11)

Esempio applicativo

CASO B) Q-ton acs + caldaia riscaldamento

	Pisa	Bologna
EPtot [kWh/m ² anno]	12,3	15,0
Classe Energetica	A+	A+
%Eres,acs	64,4%	85,6%
%Eres,tot	41,8%	37,0%

- Rispettate le % minime di FER termica col solo impiego di Q-ton (anche non considerando il FV, nel caso nazionale).**
- Semplicità impiantistica (rispetto ST).**

Decreto Rinnovabili (D.Lgs 28/11)

Esempio applicativo

CASO C) Q-ton acs + Hydrolution riscaldamento

- Acqua calda sanitaria con **pompa di calore Q-ton**
 - ✓ **SCOP: 4,94** (Pisa) - **4,76** (Bologna)
- Riscaldamento con **pompa di calore Hydrolution** (pavimento radiante)
 - ✓ **SCOP: 4,25** (Pisa) - **3,92** (Bologna)
- Solare Fotovoltaico (30 kWp)
 - ✓ Produzione : **34.500 kWh/anno** (Pisa) - **33.900 kWh/anno** (Bologna)

$$E_{RES} = Q_{usable} \cdot \left(1 - \frac{1}{SPF}\right)$$

$$\% E_{RES} = \frac{E_{RES}}{E_{RES} + EP_{NRES}} \cdot 100$$

Pisa (D.Lgs. 28/11)

ET_{ACS} = 48.553 kWh/anno

ET_{RISC} = 29.369 kWh/anno

E_{RES,ACS} = 38.726 kWh/anno

E_{RES,RISC} = 22.459 kWh/anno

E_{RES} = 61.185 kWh/anno

BOLOGNA (DGR 1366/11)

ET_{ACS} = 48.553 kWh/anno

ET_{RISC} = 36.433 kWh/anno

E_{RES,ACS} = 26.378 kWh/anno

E_{RES,RISC} = 16.228 kWh/anno

E_{RES} = 42.607 kWh/anno

Decreto Rinnovabili (D.Lgs 28/11)

Esempio applicativo

CASO C) Q-ton acs + Hydrolution riscaldamento

Pisa (D.Lgs. 28/11)

$$EP_{NRES,ACS} = 21.362 \text{ kWh/anno}$$

$$EP_{NRES,RISC} = 15.023 \text{ kWh/anno}$$

$$EP_{NRES,} = 36.384 \text{ kWh/anno}$$

$$\begin{aligned} \% E_{RES,ACS} &= \\ &= \frac{38.726}{38.726 + 21.362} \cdot 100 = 64,4\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% E_{RES} &= \\ &= \frac{61.185}{61.185 + 36.384} \cdot 100 = 62,7\% \end{aligned}$$

BOLOGNA (DGR 1366/11)

$$EP_{NRES,ACS} = 4.435 \text{ kWh/anno} \quad (\text{Integrazione da FV})$$

$$EP_{NRES,RISC} = 4.041 \text{ kWh/anno} \quad (\text{Integrazione da FV})$$

$$EP_{NRES,} = 8.476 \text{ kWh/anno}$$

$$\begin{aligned} \% E_{RES,ACS} &= \\ &= \frac{26.378}{26.378 + 4.435} \cdot 100 = 85,6\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% E_{RES} &= \\ &= \frac{42.607}{42.607 + 8.476} \cdot 100 = 83,3\% \end{aligned}$$

Decreto Rinnovabili (D.Lgs 28/11)

Esempio applicativo

CASO C) Q-ton acs + Hydrolution riscaldamento

	Pisa	Bologna
EPtot [kWh/m ² anno]	2,4	2,8
Classe Energetica	A+	A+
%Eres,acs	64,4%	85,6%
%Eres,tot	62,7%	83,4%

- Obblighi normativi FER abbondantemente rispettati**
- Col contributo del FV praticamente edificio ZEB.**

Conclusioni

Q-ton: pompa di calore a CO₂

- Obbligo 50% rinnovabile per produzione ACS **rispettato ovunque**
 - ✓ senza impiego di solare termico o fotovoltaico
 - ✓ anche con la normativa **più restrittiva** Emilia Romagna
- Acqua calda fino a 90°C anche a -25°C esterni
- Potenza 30 kW, costante fino a -7 °C esterni
- COP nominale record: 4,7
- Efficienza energetica e risparmi economici
- Facilità di installazione e di gestione

Conclusioni - vantaggi

Q-ton: pompa di calore a CO₂

- **Obbligo 50% rinnovabile per produzione ACS rispettato ovunque**
in Italia senza impiego di solare termico o fotovoltaico
- Acqua calda fino a 90°C anche a -25°C esterni
- Potenza 30 kW, costante fino a -7 °C esterni
- COP nominale molto elevato: 4,7
- Efficienza energetica e risparmi economici
- Facilità di installazione e di gestione

Conclusioni - legislazione

- La legislazione italiana incentiva in maniera chiara e decisa l'impiego di pompe di calore
 - per produrre acs
 - per la climatizzazione
- Decreto Rinnovabili (D.Lgs. 28/11) → OBBLIGO
 - su nuove costruzioni o su ristrutturazioni rilevanti
- Conto Termico (D.M. 28/12/12) → INCENTIVO
 - sostituzione di impianti esistenti

Alcuni casi applicativi

NUOVO

➤ Condominio 10 appartamenti – Ravenna



nZEB
classe A+

ESISTENTE

➤ Circolo Sportivo – Roma (in fase di trattativa)

➤ Condominio 117 appartamenti – Verona (installato e funzionante)

Condominio 10 Appartamenti – Ravenna – nZEB / classe A+

Descrizione

- Condominio 10 appartamenti
- Superficie complessiva: 795 m²
- Produzione ACS centralizzata con PdC a CO₂ Q-ton
- Riscaldamento centralizzato con PdC Hydrolution – Pavimento radiante
- Raffrescamento autonomo: multi split ad espansione diretta
- Ventilazione meccanica controllata con recupero di calore
- Impianto FV: 16 kWp

Condominio 10 Appartamenti – Ravenna – nZEB / classe A+

Cantiere



14 febbraio 2014

Condominio 10 Appartamenti – Ravenna – nZEB / classe A+

Cantiere



14 febbraio 2014

Condominio 10 Appartamenti – Ravenna – nZEB / classe A+

Schema impianto centralizzato ACS

Unità esterna
MHI ESA30

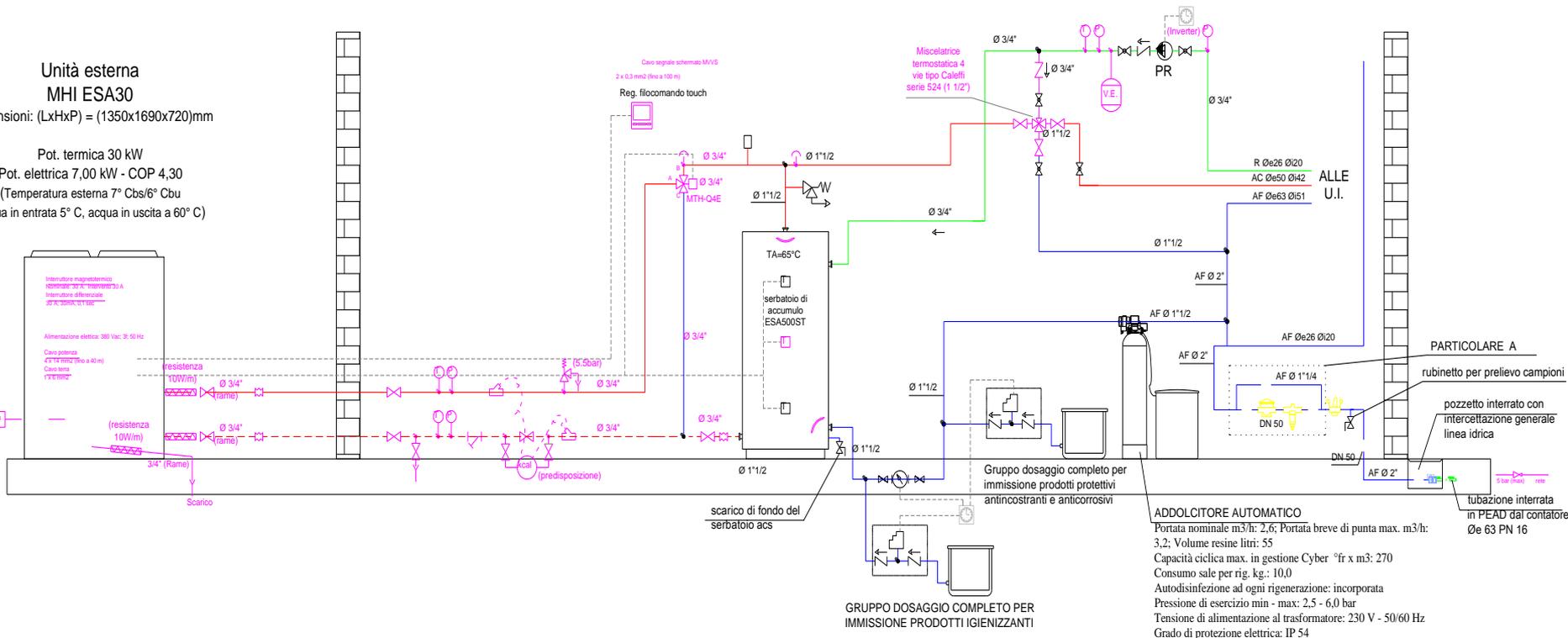
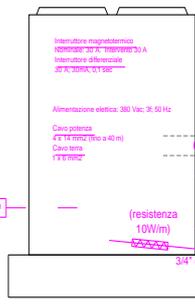
Dimensioni: (LxHxP) = (1350x1690x720)mm

Pot. termica 30 kW

Pot. elettrica 7,00 kW - COP 4,30

(Temperatura esterna 7° Cbs/6° Cbu

Acqua in entrata 5° C, acqua in uscita a 60° C)



Condominio 10 Appartamenti – Ravenna – nZEB / classe A+

Risultati

- Fabbisogno ACS: 13.208 kWh/anno – SCOP 4,85
- Fabbisogno riscaldamento: 17.196 kWh/anno – SCOP 3,9
- EP_{tot} = 15,5 kWh/m²/anno -> Classe A+
- %ER_{acs} = 71,1 %
- %ER_{tot} = 68,7 %

Calcoli secondo normativa regionale Emilia Romagna: DGR 1366/11

- più restrittiva rispetto al decreto nazionale D.Lgs 28/11
- si può considerare un contributo da fonte FV

Circolo Sportivo - Roma

Dati generali

Località: Roma

Tipologia: Circolo Sportivo

Fabbisogno acqua calda sanitaria

Fabbisogno annuo [m³/anno]: **2.190** (fornito da cliente - dichiarato)

Fabbisogno medio giornaliero [l/giorno]: **6.000** (fornito da cliente - dichiarato)

Impianto attuale

Descrizione:

Produzione di acs per docce negli spogliatoi del circolo, a servizio prevalente dei campi da calcio e campi da tennis.

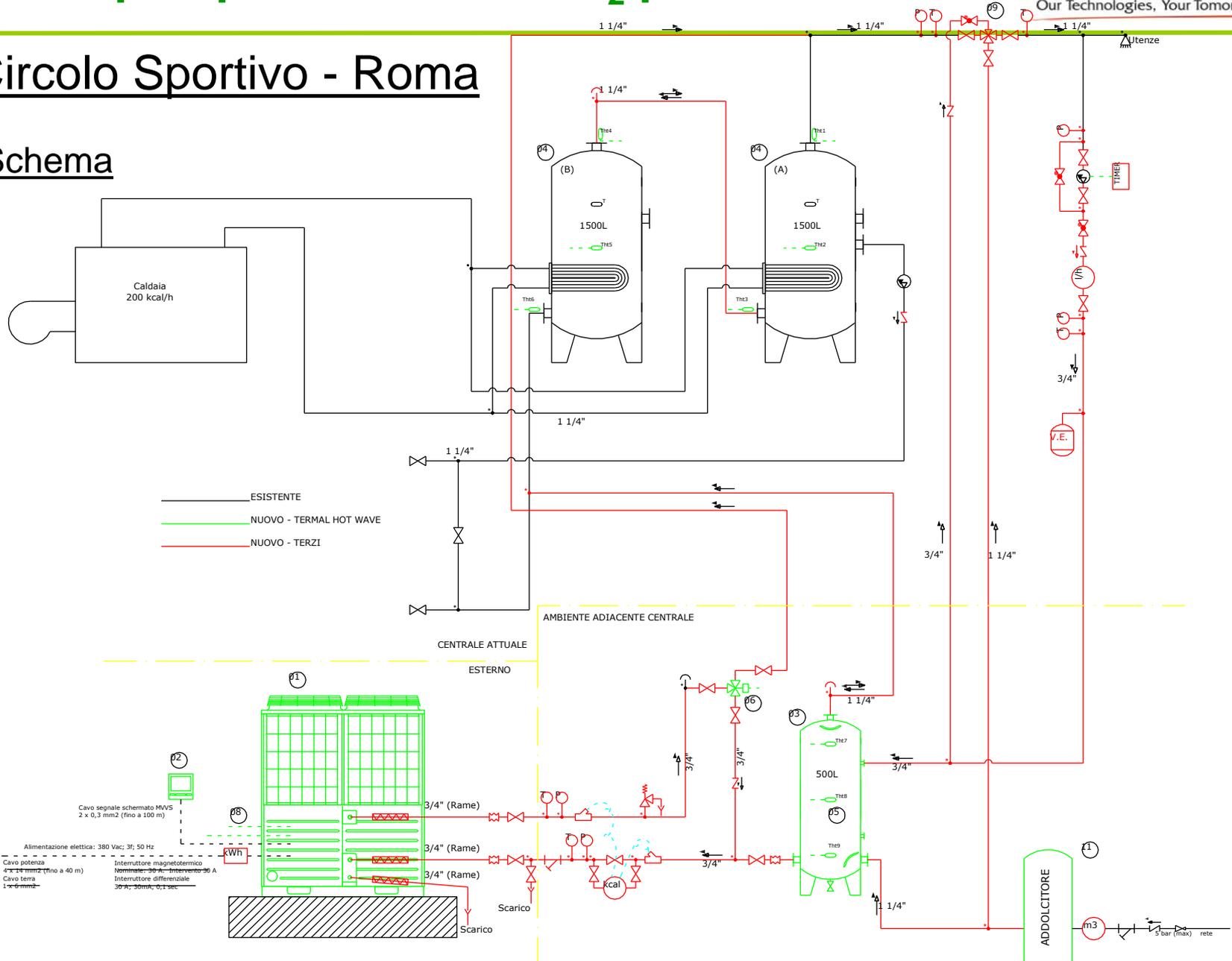
Attualmente l'impianto è costituito da una vecchia caldaia a gasolio da 200 kcal/h azionata manualmente dal gestore che scalda due accumuli da 1.500 litri cadauno. Il ricircolo è anch'esso azionato manualmente.

Temperatura stoccaggio [°C]:	60	(rilevato)
Temperatura mandata utenze [°C]:	48	(presenza di valvola miscelatrice)
Temperatura acqua di rete [°C]:	14	(ipotizzata)
Consumi annui complessivi [€/a]:	18.000	(fornito da cliente)
Costo combustibile [€/litro]:	1,5	(da cliente - alla pompa)
Costo energia elettrica [€/kWh]:	0,25	(IVA compresa) (fornito da cliente - bollette)

Q-ton: pompa di calore a CO₂ per acs

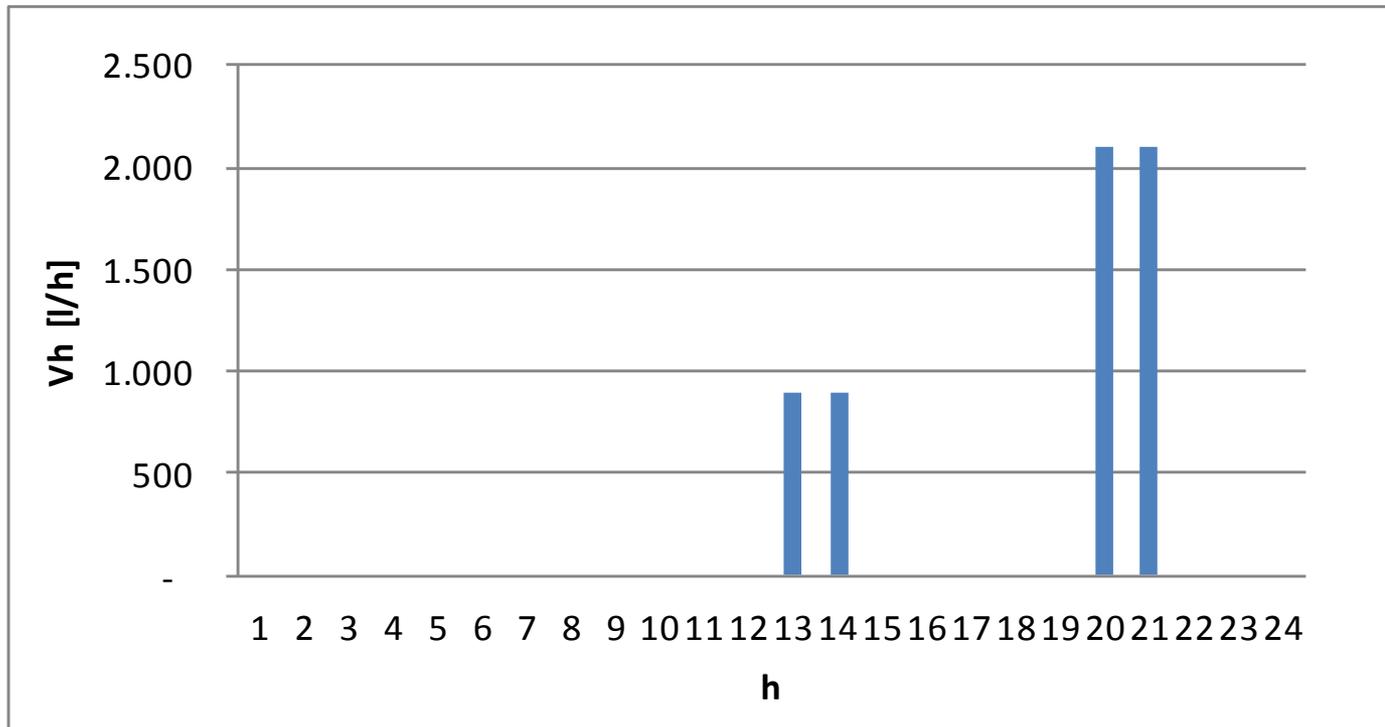
Circolo Sportivo - Roma

Schema



Circolo Sportivo - Roma

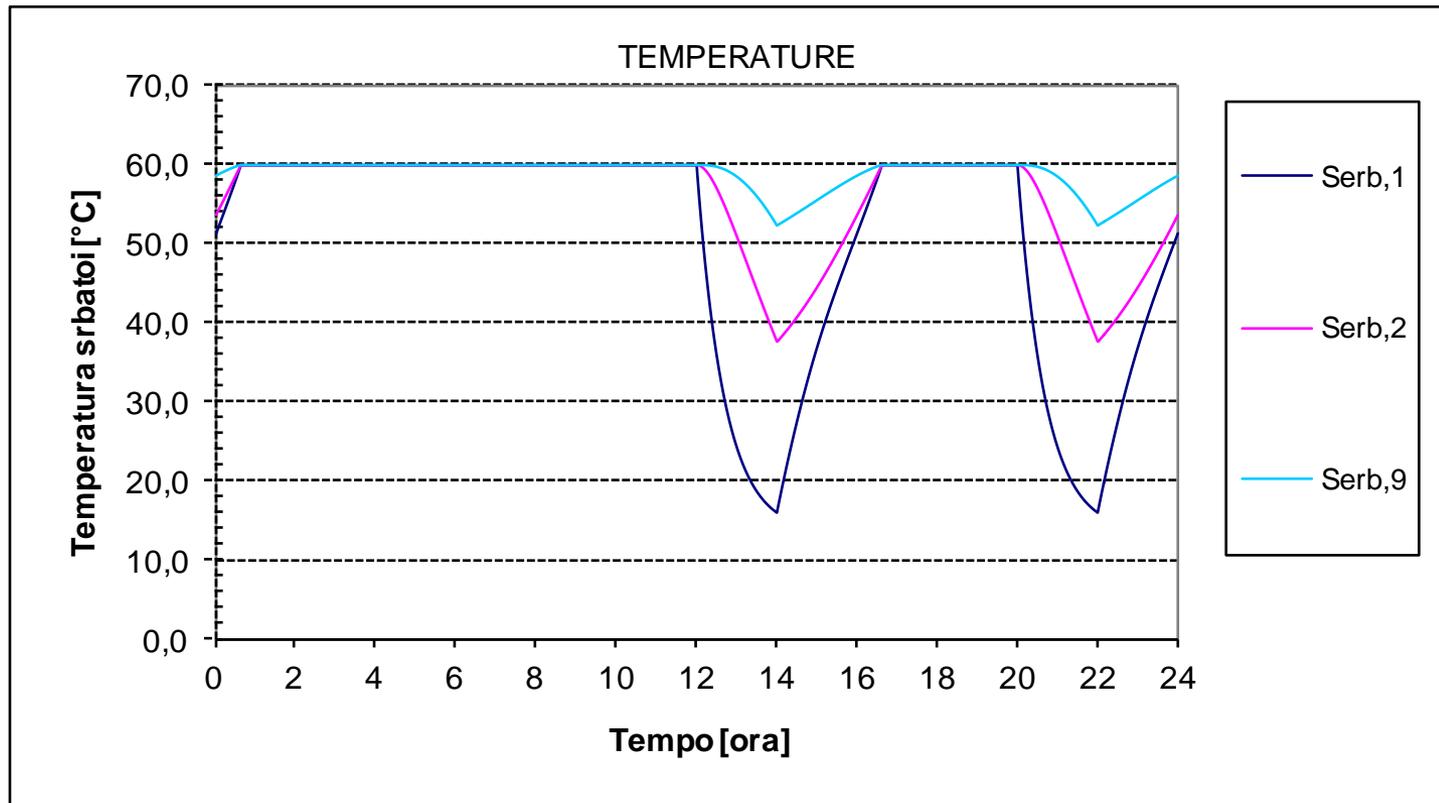
Distribuzione oraria fabbisogno ACS



Circolo Sportivo - Roma

Dimensionamento accumuli

- Acqua prodotta: 60°C
- Acqua utenze: 48°C
- Acqua rete: 14 °C
- Fabbisogno ACS: 7.000 l/g



Circolo Sportivo - Roma

Stime

Pompa di calore Q-ton

$COP_{nom} = 4,74$	[]	COP nominale ($T_{ae} = 16\text{ °C}$, $Th_{2o,out}=60\text{°C}$, $Th_{2o,in}=10\text{°C}$)
$COP_{med} = 4,40$	[]	COP medio ($T_{ae} = 14\text{ °C}$, $Th_{2o,out}=60\text{°C}$, $Th_{2o,in}=14\text{°C}$)
$E_{el} = E_{risc} / COP_{med} = 21.864$	[kWh/anno]	Consumo elettrico stagionale
$c_{el} = 0,25$	[€/kWh]	Costo energia elettrica
$C_{el} = E_{el} * c_{el} = \mathbf{5.466}$	[€]	Spesa stagionale energia elettrica

Caldaia a gasolio

$\eta_{ca} = 0,8$	[]	Efficienza caldaia
$E_{pr} = E_{risc} / \eta_{ca} = 120.251$	[kWh/anno]	Energia primaria consumata
$H_{i,oil} = 9,6$	[kWh/litri]	Potere calorifico inferiore del combustibile
$M_{oil} = 12.526$	[litri/anno]	Quantità metano annua consumata
$c_{oil} = 1,45$	[€/litri]	Costo combustibile
$C_{oil} = E_{pr} * c_{oil} = \mathbf{18.163}$	[€]	Spesa stagionale energia combustibile
Risparmio = 12.697	[€/anno]	

Condominio 117 appartamenti - VERONA

Dati generali

Località: Verona

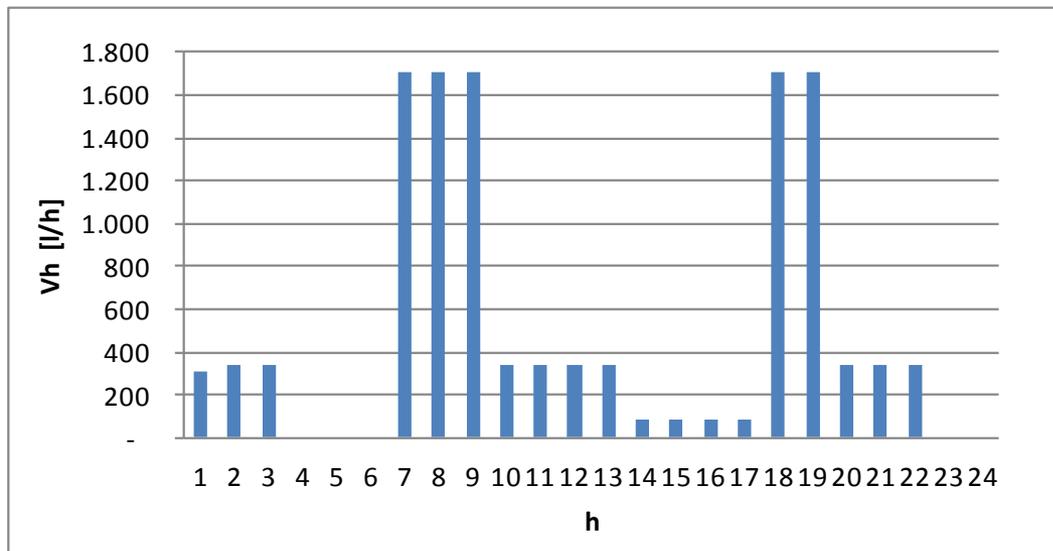
Tipologia: Condominio - 117 appartamenti

Fabbisogno acqua calda sanitaria

Fabbisogno annuo [m³/anno]: **4.490** (fornito da cliente - misurato)

Fabbisogno medio giornaliero [l/giorno]: **12.300** (fornito da cliente - misurato)

Andamento orario fabbisogno acs



Condominio 117 appartamenti - VERONA

Impianto attuale

Descrizione:

Produzione di acs centralizzata mediante caldaia a metano e serbatoio d'accumulo. Il serbatoio d'accumulo esistente da 2000 litri è riscaldato mediante scambiatore di calore a piastre esterno e scambiatore di calore a fascio tubiero a immerso. In centrale sono presenti una caldaia da 560 kW e una da 405 kW sia per la produzione di acs sia per il riscaldamento invernale. Dopo l'intervento le caldaie costituiranno fonte integrativa per produzione di acs, finalizzate a soddisfare il fabbisogno di eventuali picchi eccezionali di richiesta delle utenze e soprattutto le dispersioni di calore per ricircolo.

<u>Temperatura stoccaggio [°C]:</u>	60	(rilevato)
<u>Temperatura mandata utenze [°C]:</u>	50	(presenza di valvola miscelatrice)
<u>Temperatura acqua di rete [°C]:</u>	13	(ipotizzata)
<u>Consumi annui complessivi [MWh/a]:</u>	479	(fornito da cliente - misurato)
<u>Consumi annui acs [MWh/a]:</u>	193	(stima teorica sulla base del fabbisogno annuo)
<u>Costo combustibile [€/m³]:</u>	0,7	(+IVA) (metano - fornito da cliente)
<u>Costo energia elettrica [€/kWh]:</u>	0,16	(+IVA) (fornito da cliente)
<u>Consumi metano dal 20/05 al 17/09 [m³]:</u>	15.499	(fornito da cliente - misurato)
<u>Energia totale dal 20/05 al 17/09 [kWh]:</u>	120.400	(fornito da cliente - misurato)
<u>Energia sola acs dal 20/05 al 17/09 [kWh]:</u>	64.031	(teorico stimato)

Condominio 117 appartamenti - VERONA

Impianto con Q-ton

Analizzati i suddetti dati dichiarati e/o stimati, si intende integrare l'impianto esistente con una pompa di calore a CO₂ (Q-ton) che soddisfi completamente il solo fabbisogno di acqua calda sanitaria con l'obiettivo di ottenere il massimo COP medio stagionale e dunque il massimo risparmio in termini di costi di gestione. L'energia dispersa nel sistema di ricircolo sarà dunque sopperita dalle attuali caldaie. Il nuovo sistema sarà posizionato a monte dell'impianto e la soluzione studiata permetterà di connettersi all'esistente con minime modifiche e la possibilità di completo ripristino della configurazione attuale.

Pompa di calore Q-ton

$COP_{nom} = 4,74$	[]	COP nominale ($T_{ae} = 16\text{ °C}$, $Th_{2o,out}=60\text{ °C}$, $Th_{2o,in}=10\text{ °C}$)
$COP_{med} = 4,30$	[]	COP medio ($T_{ae} = 13\text{ °C}$, $Th_{2o,out}=65\text{ °C}$, $Th_{2o,in}=13\text{ °C}$)
$E_{el} = E_{risc} / COP_{med} = 44.919$	[kWh/anno]	Consumo elettrico stagionale
$C_{el} = 0,16$	[€/kWh]	Costo energia elettrica
$C_{el} = E_{el} * C_{el} = 7.187$	[€]	Spesa stagionale energia elettrica

Caldaia a metano

$\eta_{ca} = 0,9$	[]	Efficienza caldaia
$E_{pr} = E_{risc} / \eta_{ca} = 214.614$	[kWh/anno]	Energia primaria consumata
$H_{i,met} = 9,9$	[kWh/Nm ³]	Potere calorifico inferiore del combustibile
$M_{met} = 21.678$	[Nm ³ /anno]	Quantità combustibile annua consumata
$M_{met} = 1.807$	[Nm ³ /mese]	Quantità combustibile annua consumata
$C_{met} = 0,70$	[€/Nm ³]	Costo combustibile
$C_{met} = E_{pr} * C_{met} = 15.175$	[€]	Spesa stagionale energia combustibile
Risparmio = 7.988	[€/anno]	

Condominio 117 appartamenti - VERONA

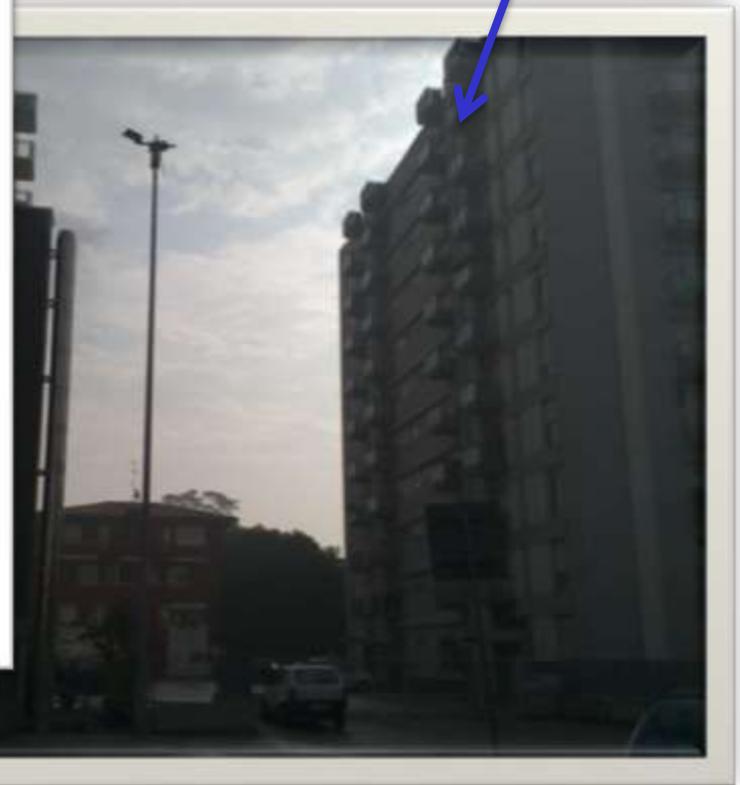
Il condominio



Torre 1

Torre 2

Torre 3



Condominio 117 appartamenti - VERONA

Committente: **SIRAM SpA**

Informazioni sull'utenza

- Tipologia: **condominio case popolari**
- Numero di appartamenti: 117
- Struttura: tre torri da 9 piani ciascuna
- Fabbisogno acs giornaliero medio annuo: 12.300 litri/giorno
- Temperatura di utilizzo: 48 °C
- Ricircolo: dispersioni energia stimate: 40%

Condominio 117 appartamenti - VERONA

Sistema esistente

- Caldaia 1 a gas metano: 560 kW
- Caldaia 2 a gas metano: 400 kW
- Serbatoio d'accumulo: 2.000 litri
- Le caldaie intervengono in cascata
- Entrambe le caldaie contribuiscono sia all'acs sia al riscaldamento

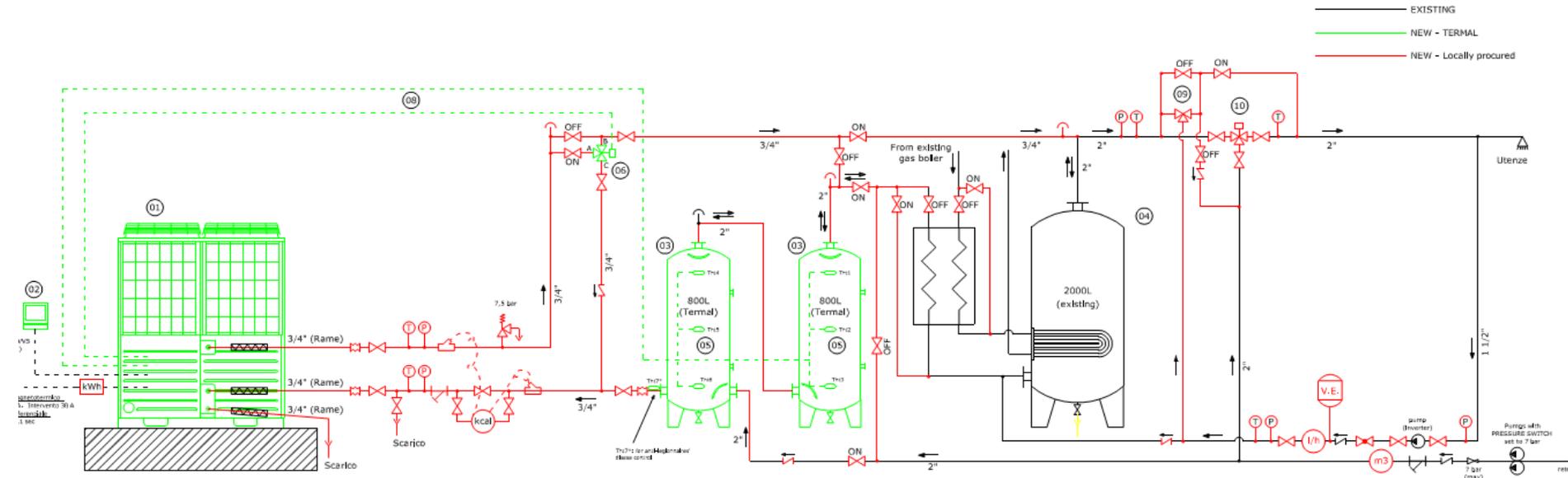
Condominio 117 appartamenti - VERONA

Sistema con Q-ton

- ❑ Q-ton: generatore principale per la produzione di acs
- ❑ **Caldaie: integrazione per acs e dispersioni per ricircolo**
- ❑ Nuovi accumuli Termal ad alta stratificazione: 800 L x 2
- ❑ Accumulo esistente 2000 L: collegato in serie con i 2 nuovi
- ❑ Q-.ton immette acqua calda nell'accumulo da 2000 L
- ❑ Le caldaie immettono energia se necessario nell'accumulo da 2000 L
- ❑ Valvole miscelatarici per utenza e per ricircolo

Condominio 117 appartamenti - VERONA

Sistema con Q-ton



-  Circuito esistente
-  Nuovo Termal
-  Nuovo Installatore

Condominio 117 appartamenti - VERONA

Centrale termica



Condominio 117 appartamenti - VERONA

Centrale termica



Condominio 117 appartamenti - VERONA

Prima dell'installazione



Tank
2000 L
esistente

Caldaia
560 kW

Caldaia
400 kW

Condominio 117 appartamenti - VERONA

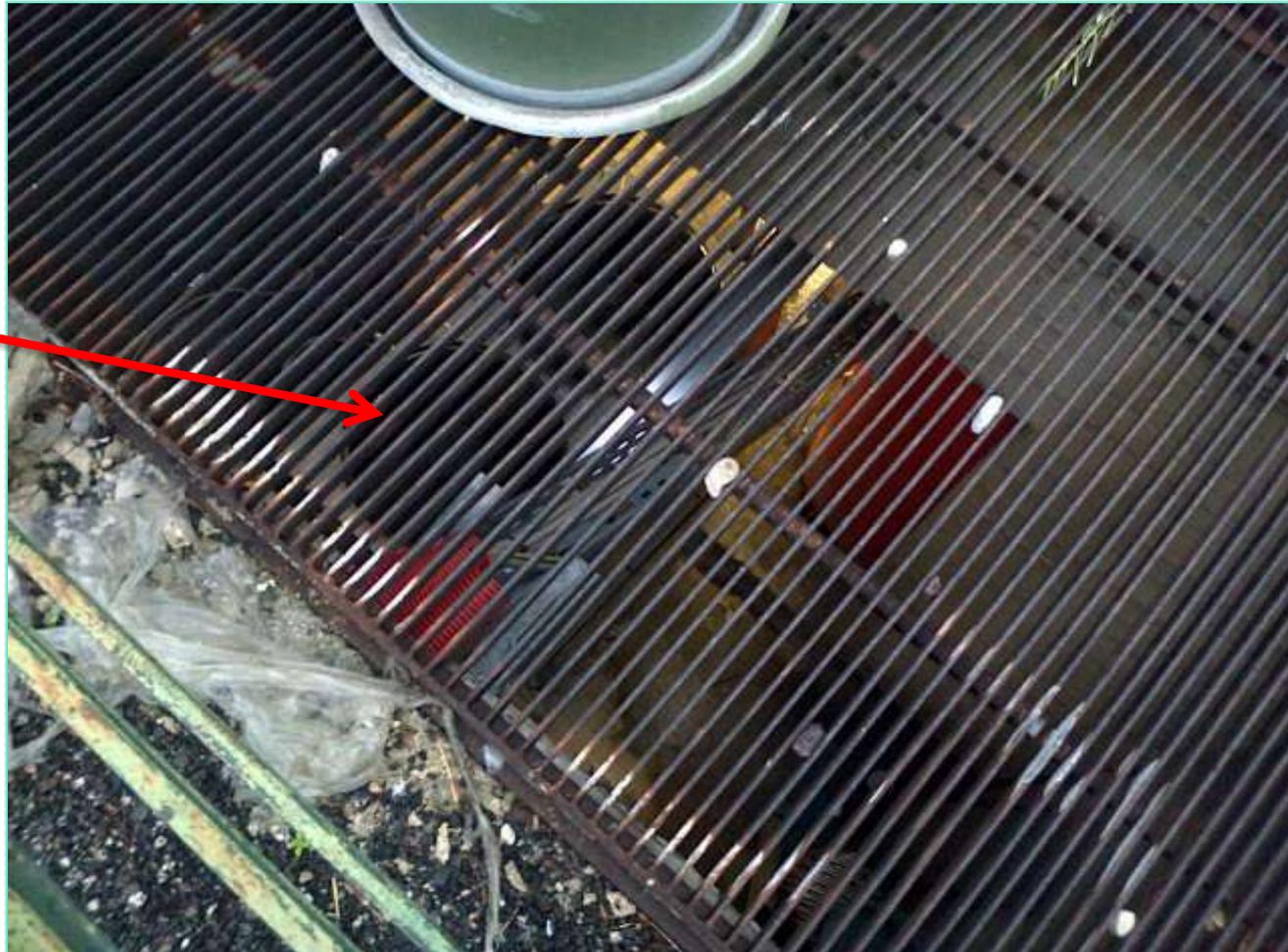
Dopo l'installazione



Q-ton

Condominio 117 appartamenti - VERONA

Dopo l'installazione



Q-ton

Condominio 117 appartamenti - VERONA

Dopo l'installazione

Nuovi accumuli
Termal
800 L x 2

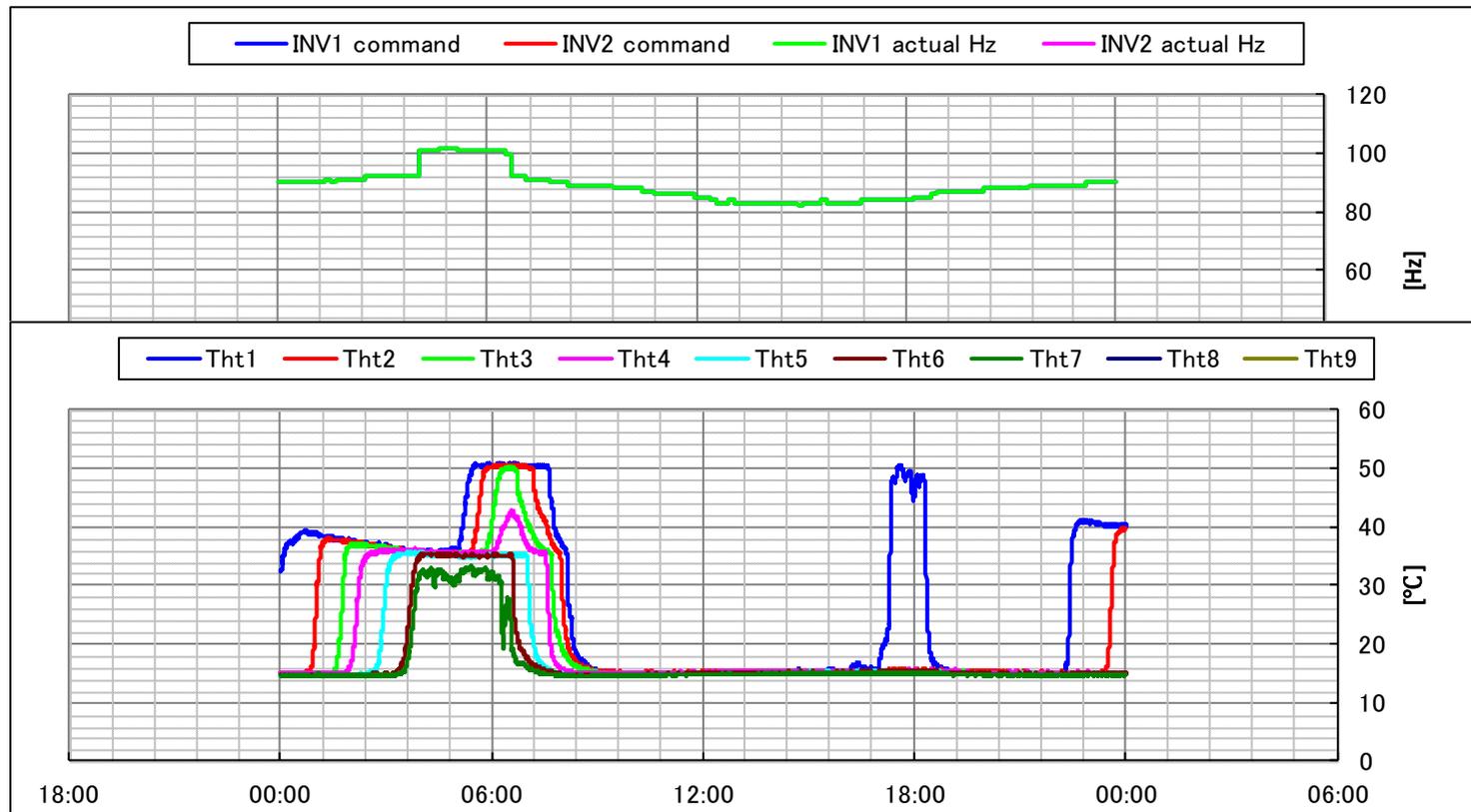


Condominio 117 appartamenti - VERONA

Monitoraggio

Il sistema è costantemente monitorato 24/24h nei parametri principali.

❑ Monitoraggio Q-ton e nuovi tank – mediante WebGateway MHI **RM-FGW**



Condominio 117 appartamenti - VERONA

Il primo Q-ton installato in Europa è stato **collaudato con successo** e funziona in maniera ottimale.

Commissioning

Pre-commissioning: 20 dicembre 2013

Final Commissioning: 15 gennaio 2014

Prestazioni rilevate

Dai rilievi fin qui effettuati si riscontrano prestazioni in linea con le aspettative.

Condominio 117 appartamenti - VERONA

Prestazioni rilevate

COP puntuale (mercoledì 22 gennaio 2014, 11:15)

Temperatura aria esterna: 11 °C

Temperatura acqua in ingresso: 12 °C

Temperatura acqua prodotta: 60°C

Potenza termica erogata: 30 kW

Potenza elettrica assorbita: 7.18 kW

COP: 4.18

COP medio (da 18 gennaio 2014 a 23 maggio 2014)

Temperatura acqua prodotta: **65°C**

Temperatura acqua in ingresso: 15 °C (**20°C** medio)

Energia termica prodotta: 51.510 kWh

Energia elettrica assorbita: 23.502 kWh

COPmedio: 3.94 (SCOP atteso: almeno 4.5)

GRAZIE PER L'ATTENZIONE