

BENVENUTI

IV WEBINAR intitolato

Il recupero termico nelle pompe di calore

Inizierà alle ore 15
e terminerà alle ore 16

relatore

Ing. Romano Santucci

moderatori

Dott. Riccardo Lombardi
Ing. Igor Imbroglini

IL RECUPERO TERMICO NELLE POMPE DI CALORE

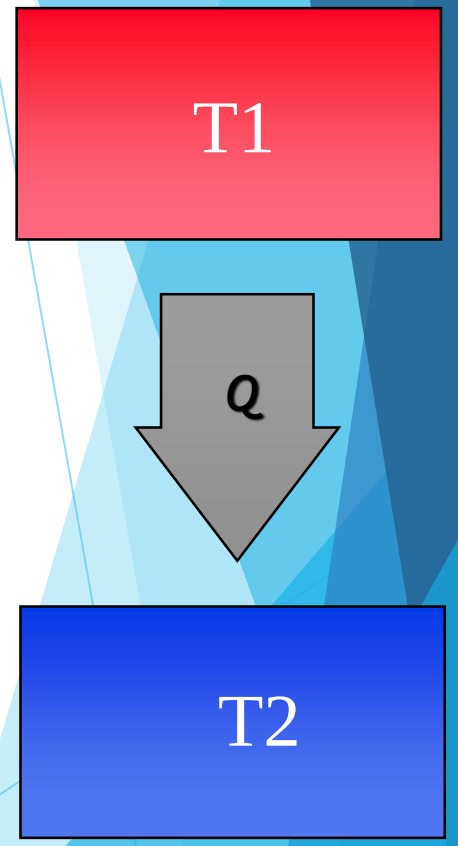
INDICE

- 1. LE MACCHINE FRIGORIFERE
- 2. IL RENDIMENTO DELLE MACCHINE FRIGORIFERE
- 3. LE MACCHINE FRIGORIFERE A COMPRESSIONE
- 4. IL DIAGRAMMA ENTALPICO
- 5. LE POMPE DI CALORE REVERSIBILI
- 6. IL RECUPERO DI CALORE
- 7. PRODUZIONE DI ACS CON PDC
- 8. PRODUZIONE DI ACS CON RECUPERO

fiorini INDUSTRIES

1 - LE MACCHINE FRIGORIFERE

- ***L'energia termica (calore) si trasferisce naturalmente dai corpi a temperatura elevata a quelli a temperatura più bassa***
- Quando due corpi a temperatura diversa sono separati da una parete diatermica, si instaura un flusso di energia termica che va da quello a temperatura più elevata a quello a temperatura più bassa

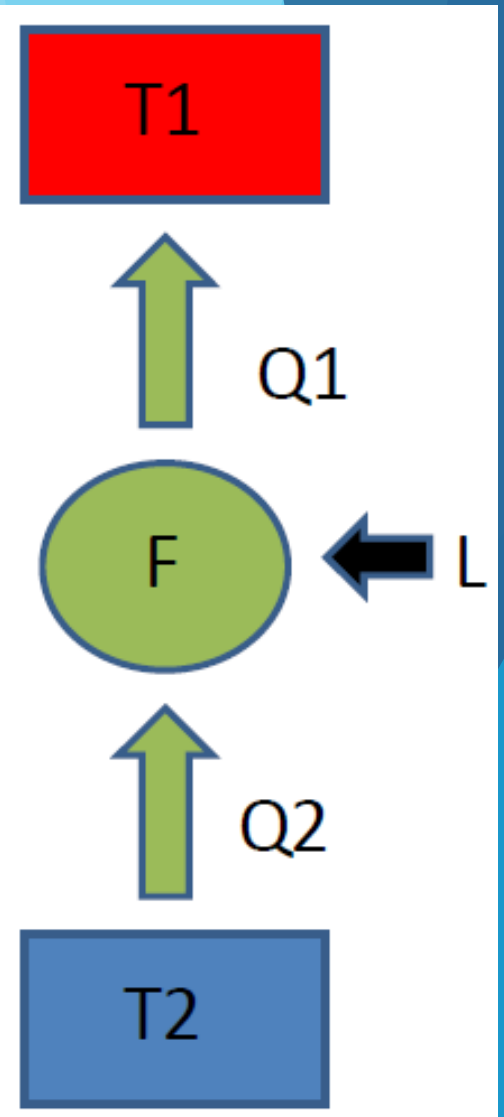


- ***Analogia idraulica***
- Temperatura <-> Livello piezometrico
- Flusso di calore <-> Portata di liquido

Macchina frigorifera

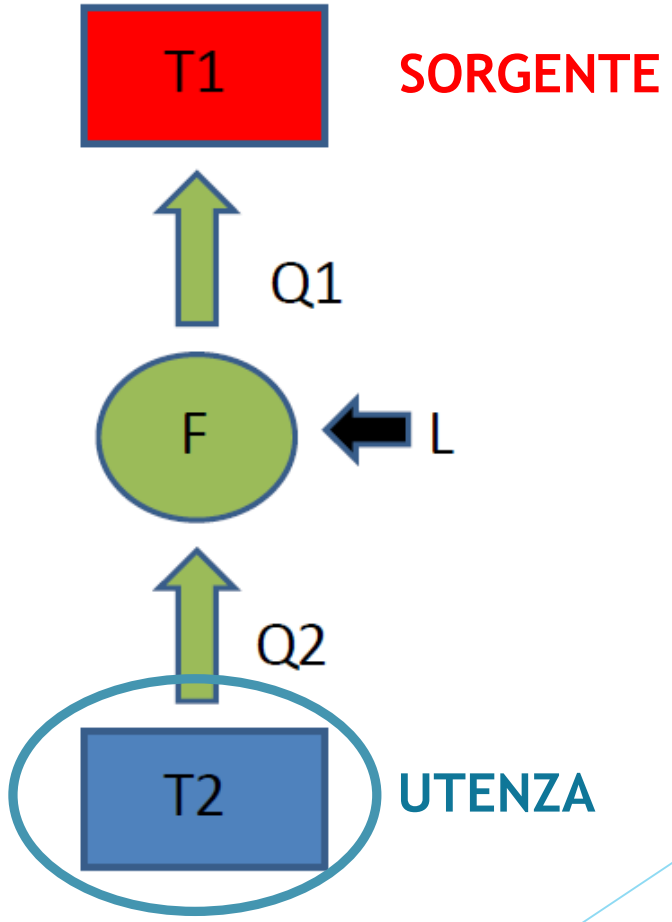
- Trasferisce calore da un ambiente a temperatura inferiore T1 verso uno a temperatura più elevata T2; per fare questo deve assorbire energia dall'esterno
- ***Il bilancio energetico della macchina implica***
- ***Q1 = Q2 + L***

- Le macchine hanno la caratteristica di potere funzionare continuativamente nel tempo, per cui i flussi energetici si possono esprimere in termini di **potenza** o **energia** (Potenza = Energia / tempo)



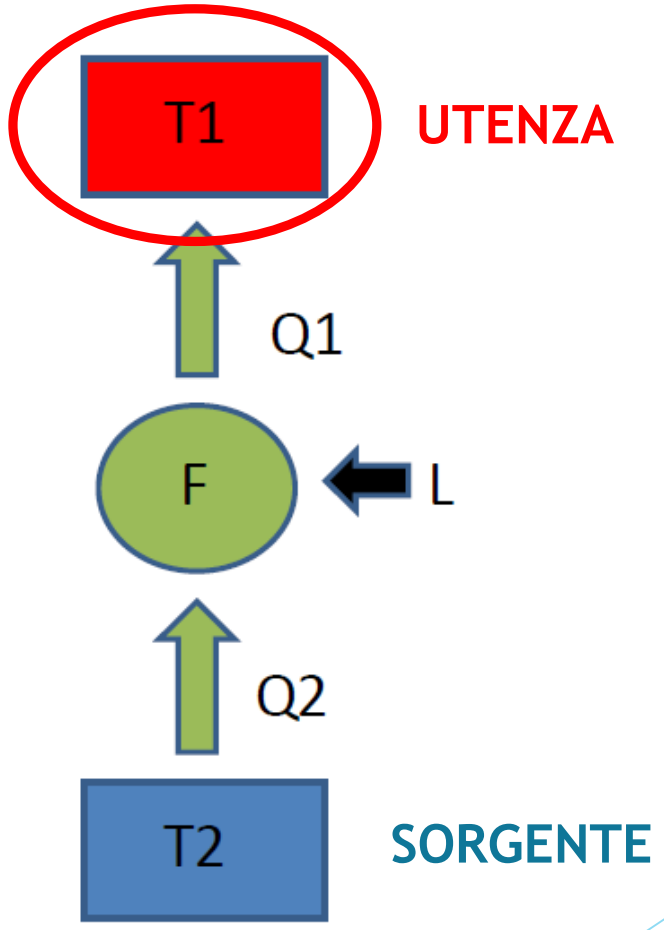
Refrigeratore

- Ha la funzione di asportare il calore Q2 (raffreddare) dall'ambiente a bassa temperatura T2, assorbendo il lavoro L
- Come effetto secondario, viene ceduto il calore Q1 = Q2+L all'ambiente ad alta temperatura T1



Pompa di calore

- Ha la funzione di immettere il calore Q1 (riscaldare) nell'ambiente ad alta temperatura T1 , assorbendo il lavoro L
- Come effetto secondario, viene estratto il calore Q2 dall'ambiente a bassa temperatura T2



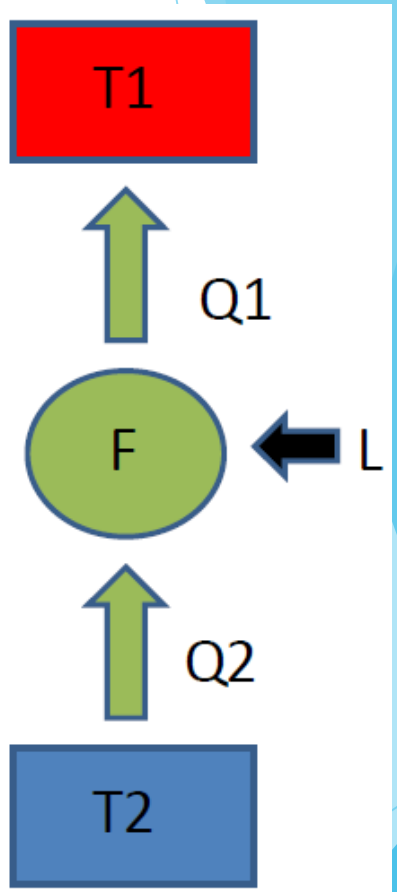
- ***Una macchina frigorifera è una pompa per calore (analogia idraulica)***
- Refrigeratori e pompe di calore differiscono sostanzialmente per la modalità con cui vengono controllati
- **Refrigeratore**: controllo su T2 (**Utenza «fredda»**)
- **Pompa di calore**: controllo su T1 (**Utenza «calda»**)

Pompa di calore reversibile

- E' realizzata in modo da potere funzionare sia come pompa di calore in senso stretto (modalità **riscaldamento**), sia come refrigeratore (modalità **raffreddamento**)

2 - IL RENDIMENTO DELLE MACCHINE FRIGORIFERE

- Rendimento delle macchine frigorifere
  - ***Macchina generica***
  - Rendimento = Effetto utile / Spesa energetica
  - ***Refrigeratore (Energy Efficiency Ratio)***
  - EER = Q2 / L; EER < EERc = T2 / (T1-T2)
  - ***Pompa di calore (Coefficient Of Performance)***
  - COP = Q1 / L = (Q2+L) / L = EER + 1
  - COP < COPc = T1 / (T1-T2)



- Il rendimento delle macchine frigorifere è elevato perché la quota Q2 è prelevata dall'ambiente esterno (**trasferita**, non prodotta)

Decreto legislativo n. 28 del 3/03/2011

- ***Quota di energia termica prodotta dalla pompa di calore, considerata «da fonte rinnovabile»***
- ERES = Qusable * (1 – 1 / SPF)
  - Qusable: calore totale prodotto dalla PdC
  - SPF: fattore di rendimento stagionale medio della PdC (media fra COP ed EER)
- La formula si applica alle PdC per le quali
  - SPF > 1,15 / η
- Nel caso delle PdC elettriche il calcolo per cui SPF > 2,875
  - η: rapporto fra produzione totale lorda e il relativo consumo di energia primaria a livello UE (η = 0,4 in base ai dati Eurostat)

3 - LE MACCHINE FRIGORIFERE A COMPRESSIONE

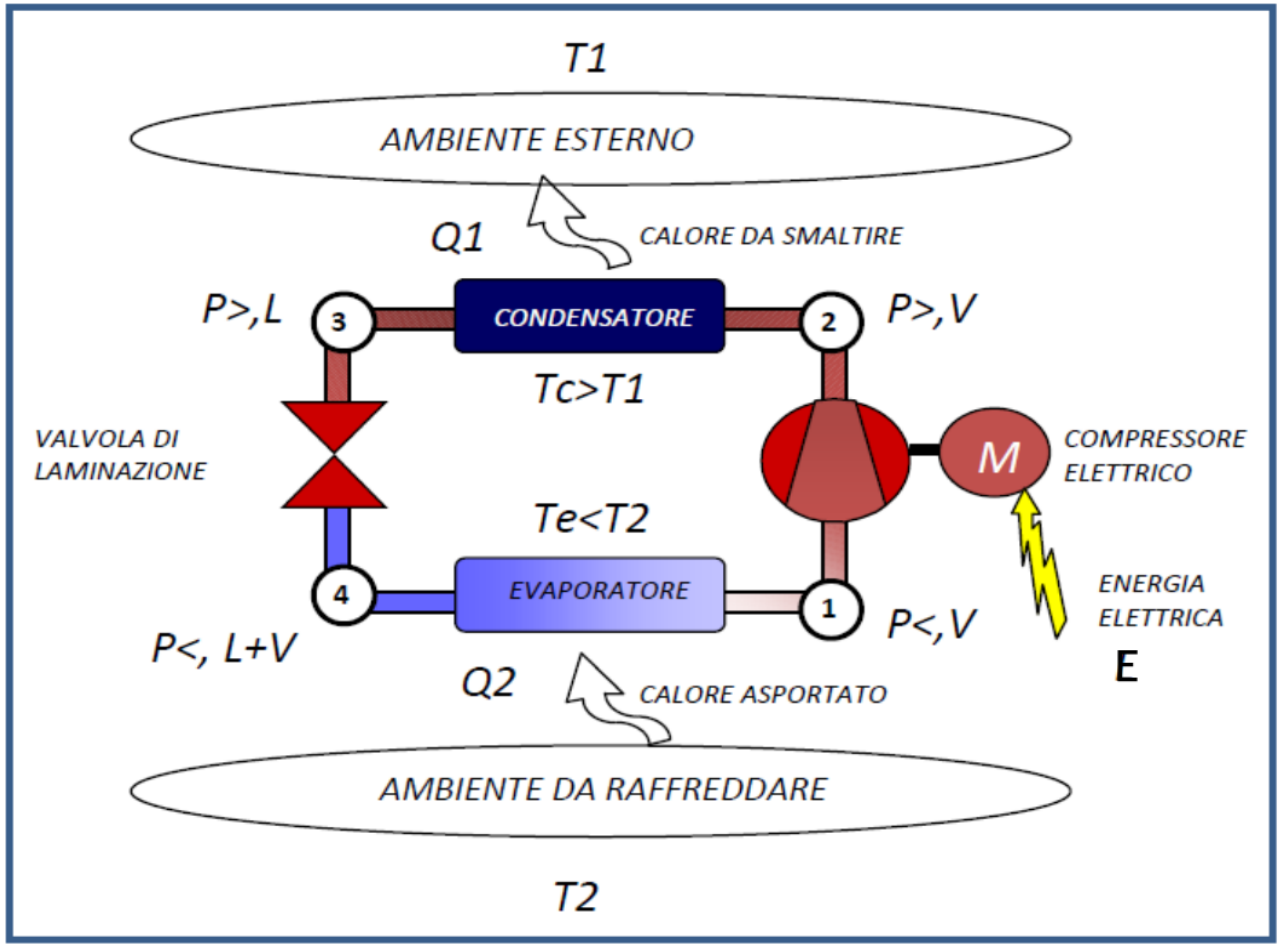
- ***Le considerazioni precedenti sono applicabili a qualunque tipologia di macchina frigorifera***

- ***Per realizzare una macchina frigorifera reale si possono utilizzare processi diversi***
  - Compressione di vapore (o di gas)
  - Assorbimento (ammoniaca, bromuro di litio)
  - Effetto termoelettrico (effetto Peltier)

- La macchina frigorifera a compressione di vapore
  - ***Le macchine a compressione di vapore (con compressore elettrico) sono fra le più diffuse per la loro flessibilità***
  - ***Possono soddisfare le esigenze più disparate (di temperatura, potenza, tipo di applicazione) scegliendo opportunamente***
    - Compressore (a palette, scroll, a pistoni, a vite, centrifugo)
    - Motore (elettrico, endotermico)
    - Refrigerante
    - Circuito frigorifero
    - Soluzioni impiantistiche

fiorini INDUSTRIES

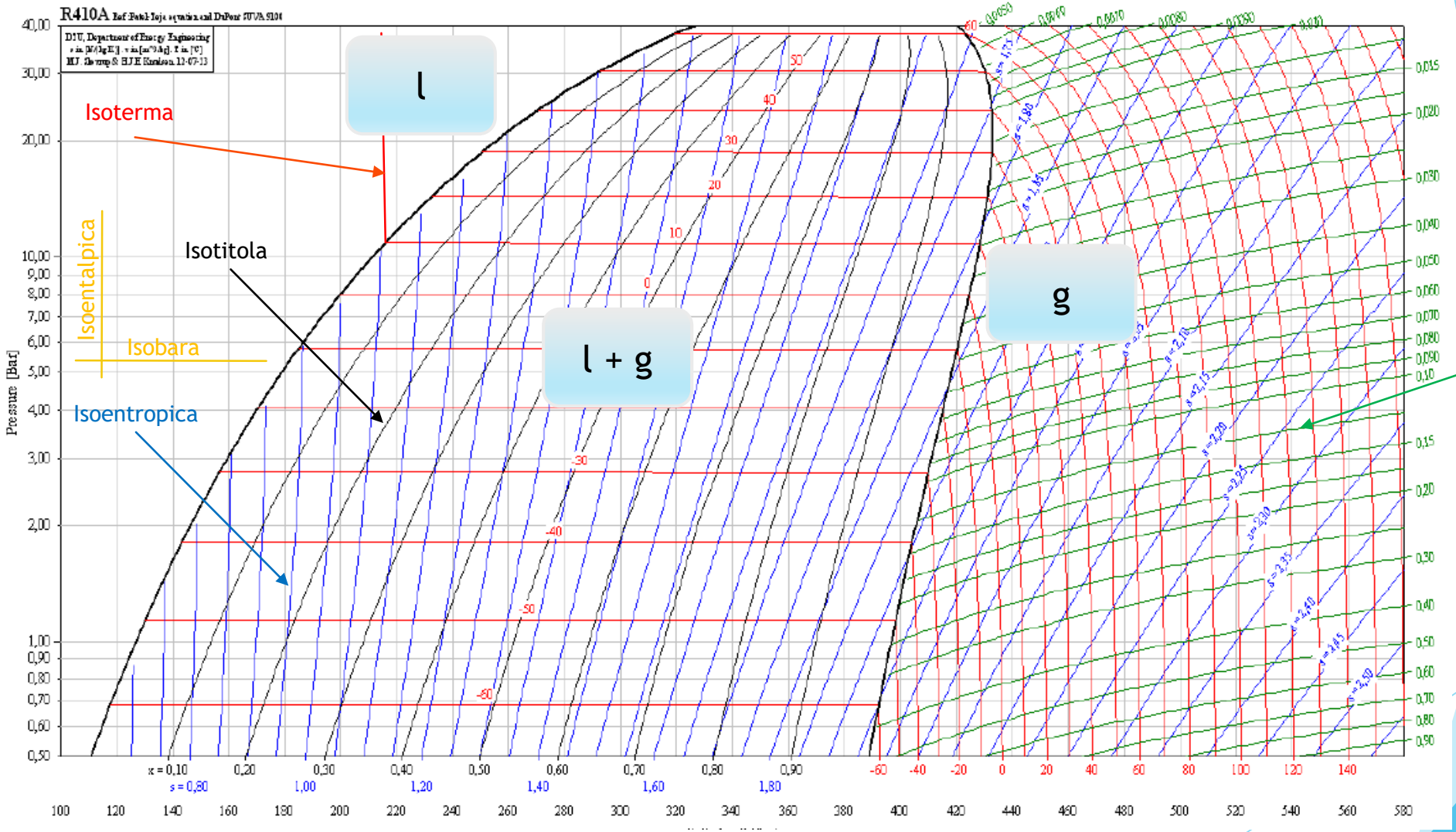
Schema di frigorifero a compressione (compressore elettrico)



- ***I componenti principali di una macchina frigorifera a compressione di vapore sono***
  - Compressore (elettrico o endotermico)
  - Condensatore (ad aria, ad acqua, a glicole)
  - Organo di laminazione (capillare, valvola termostatica meccanica o elettronica)
  - Evaporatore (ad espansione secca, allagato – ad aria, ad acqua, a glicole)
  - Tubazioni e componenti del circuito frigorifero
  - Fluido refrigerante
  - Sistema di regolazione e controllo

fiorini INDUSTRIES

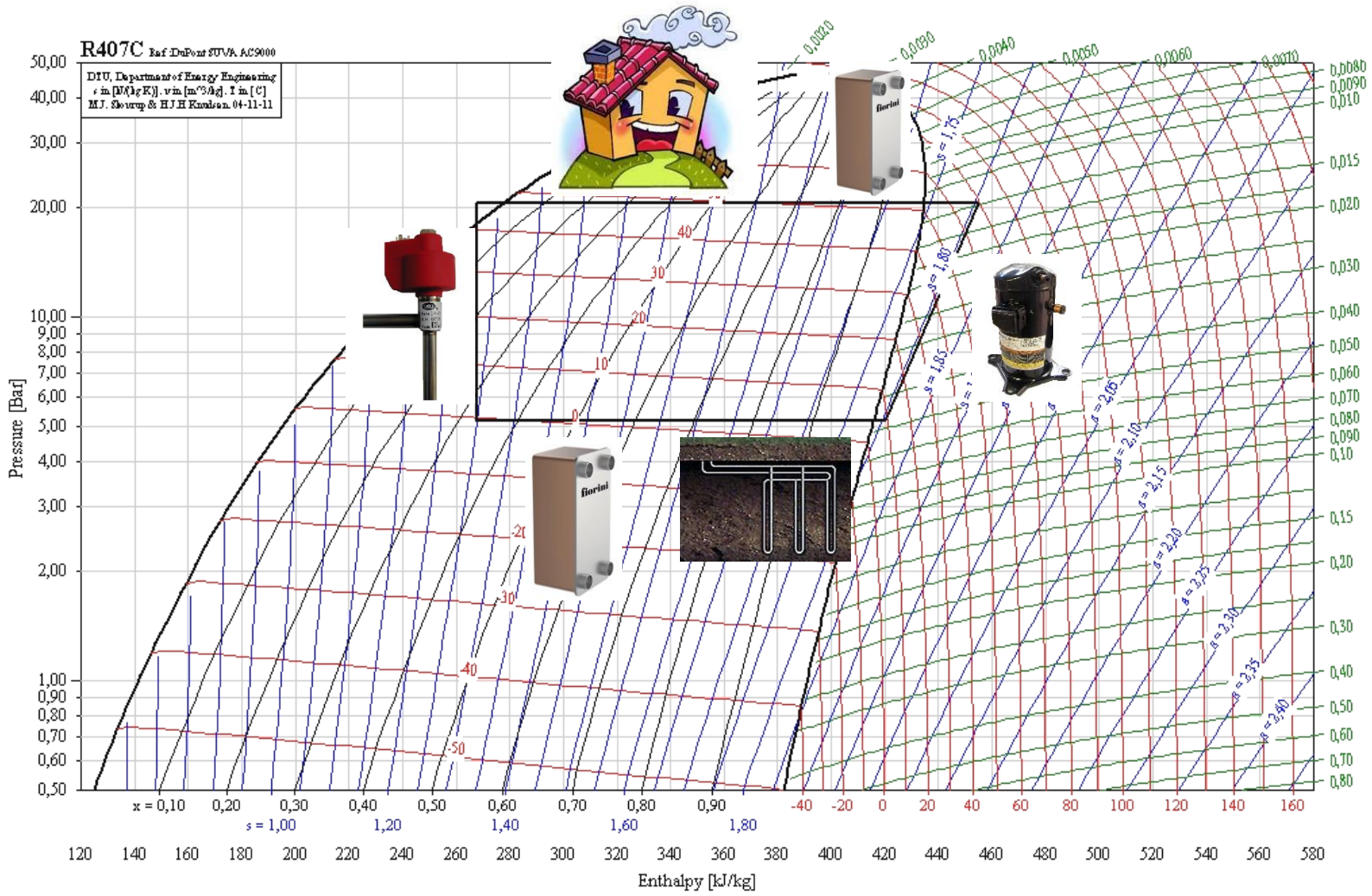
4 - IL DIAGRAMMA ENTALPICO

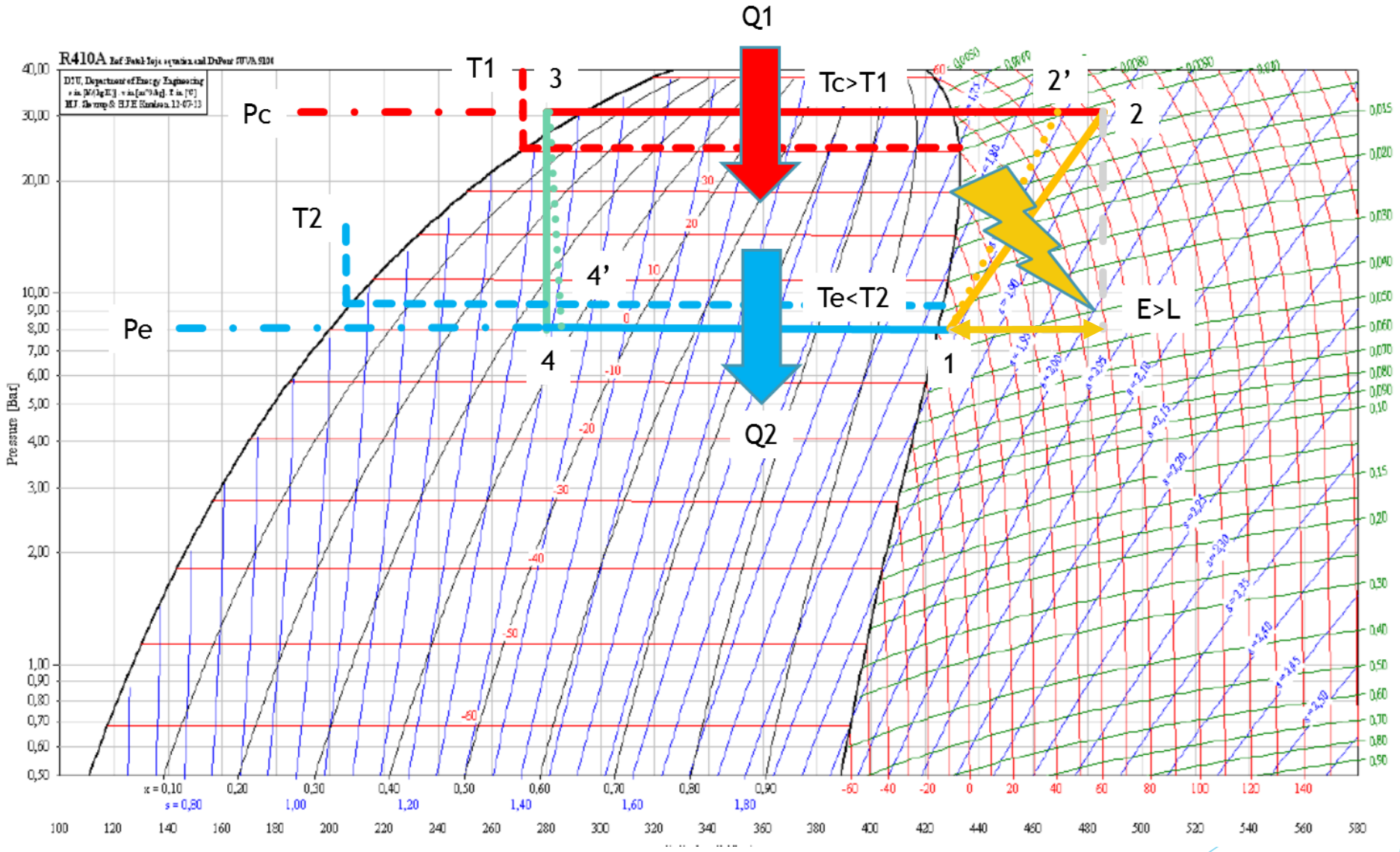


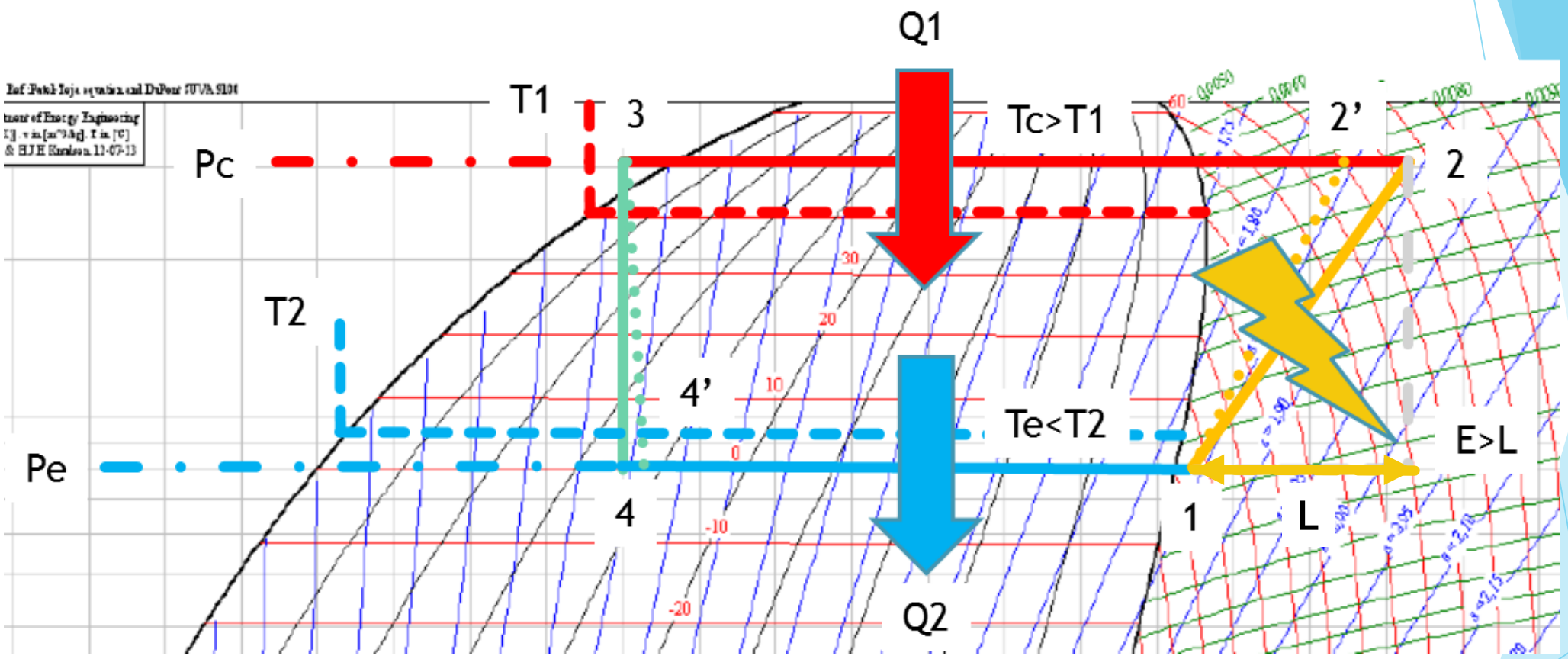
- Il digramma rappresenta gli stati del fluido in funzione di pressione ln(P) e entalpia h
- Il diagramma si riferisce ad 1 kg di sostanza
  - l: zona del liquido
  - g: zona del vapore
  - l+g: miscela bifase di liquido e vapore (vapore umido)
  - Isoterma: stati alla stessa temperatura
  - Isocora: stati con la stessa densità
  - Isoentropica: stati con la stessa entropia)
  - Isotitola: stati con lo stesso titolo di vapore

fiorini INDUSTRIES

Il ciclo frigorifero sul diagramma entalpico




R410A
Q1
T1
3
Tc>T1
2'
Pc
2
T2
4'
Te<T2
E>L
Pe
4
1
Q2
Pressure [Bar]


Q1
T1
3
Tc>T1
2'
2
Pc
T2
4'
Te<T2
E>L
Pe
4
1
L
Q2

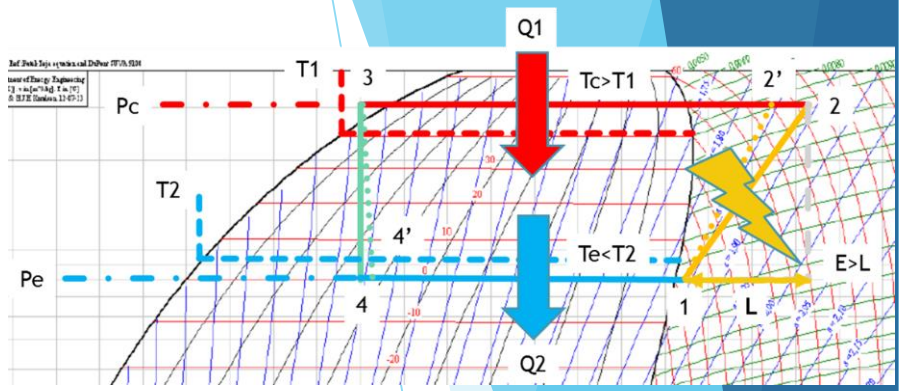
Rappresentazione del ciclo frigorifero sul diagramma entalpico

- Pe/Te: Pressione/temperatura evaporazione (Te < T2)
- Pc/Tc: Pressione/temperatura condensazione (Tc > T1)

- 1 -> (Pe, Te+ΔSH)
- 2 -> (Pc, s1+Δs)
- 3 -> (Pc, Tc+ΔSC)
- 4 -> (Pe, h3)

- m -> portata del fluido circolante

Analisi quantitativa del ciclo frigorifero



- Q1 = m*(h2-h3); Q2 ≈ m*(h1-h4) = m*(h1-h3)
- L = m*(h2-h1); E = L / ηcmp > L

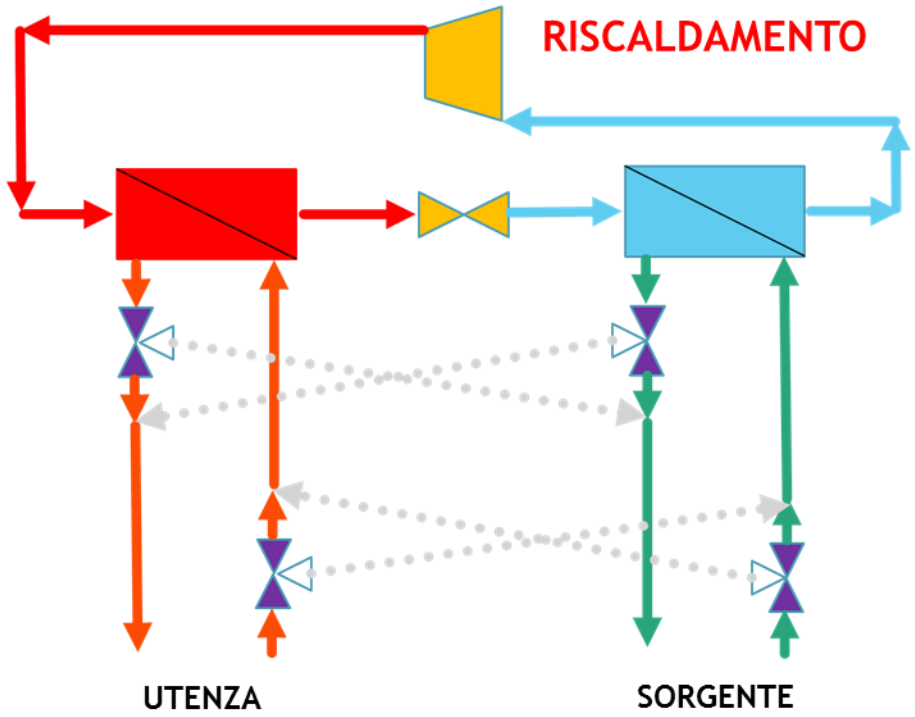
- EER = Q2/E = ηcmp*Q2/L ≈ ηcmp*(h1-h)/(h2-h1) ~
- ~ (h1-h3)/(h2-h1)
- COP = Q1/E = ηcmp*Q1/L = ηcmp*(h2-h3)/(h2-h1) =
- = ηcmp*(h2-h1+h1-h3)/(h2-h1) ≈ ηcmp + EER ~
- ~ 1 + EER

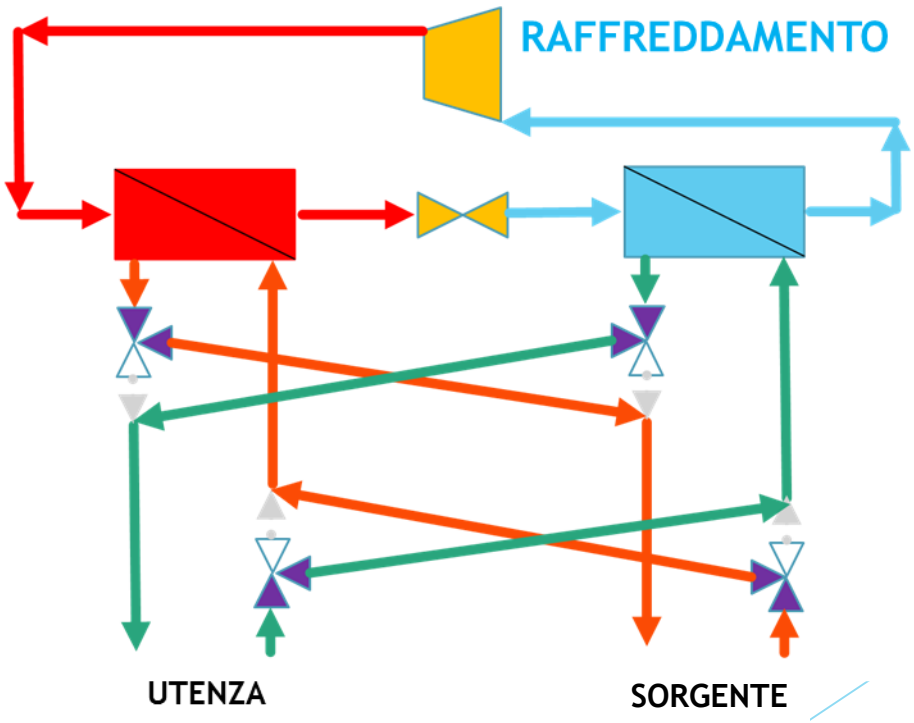
  - Esistono software realizzati per le analisi quantitative

fiorini INDUSTRIES

5 - LE POMPE DI CALORE REVERSIBILI

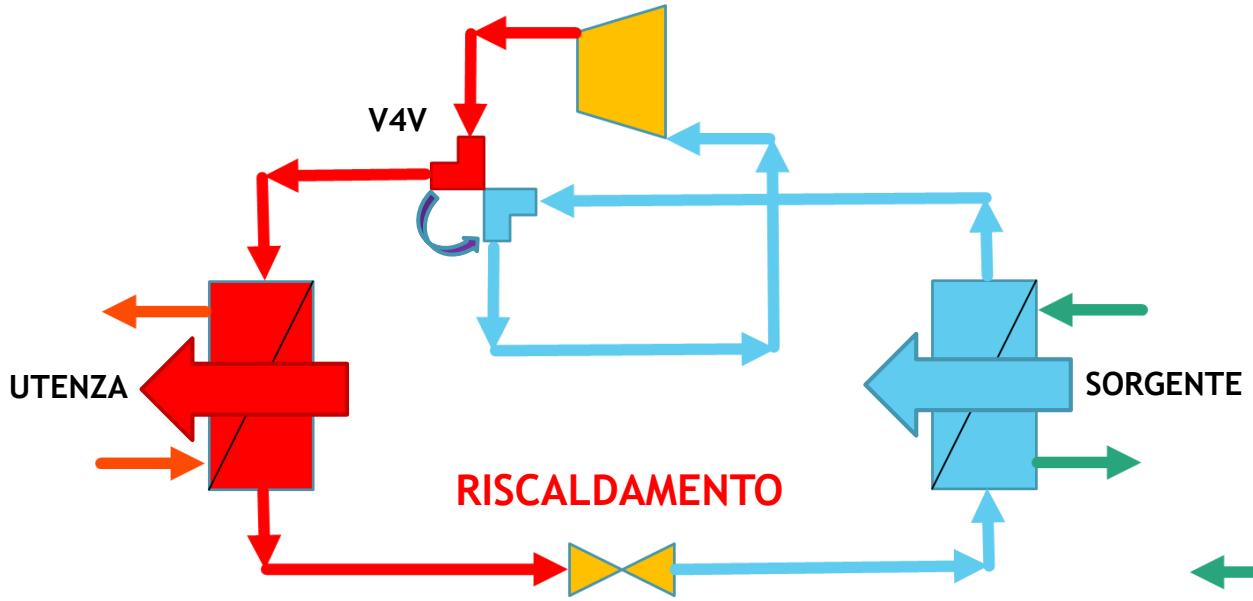
- La pompa di calore a compressione di vapore reversibile
  - ***Inversione sul circuito esterno***

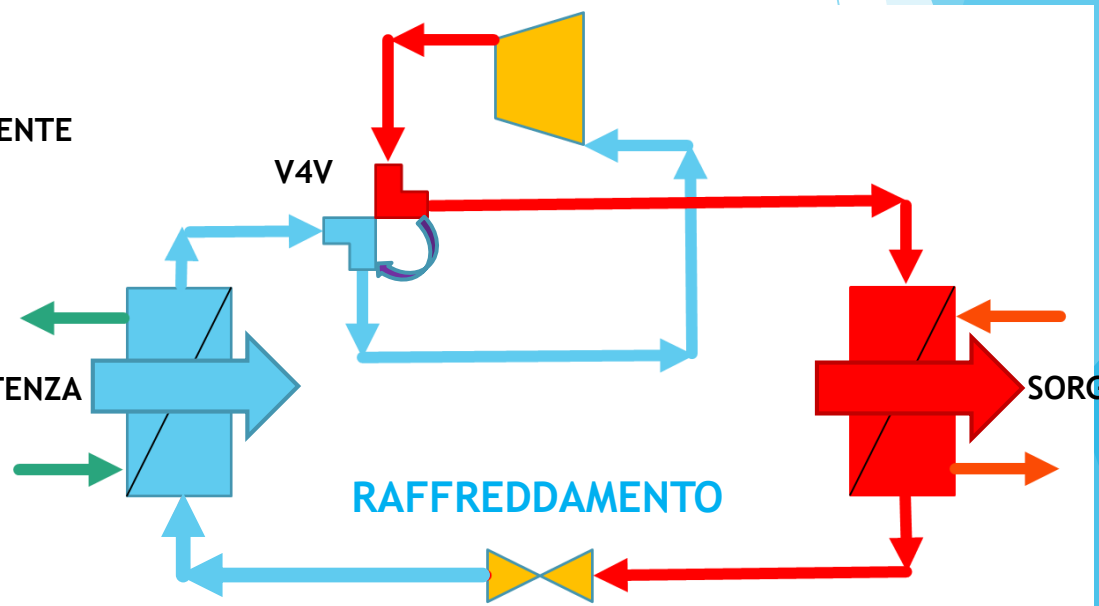




- ***Inversione sul circuito esterno***
  - Si realizza un sistema di valvole grazie al quale
  - Raffreddamento
    - Evaporatore -> Utenza
    - Condensatore -> Sorgente
  - Riscaldamento
    - Evaporatore -> Sorgente
    - Condensatore -> Utenza
  - Fluidi interno ed esterno uguali
  - Complicazione dell'impianto esterno

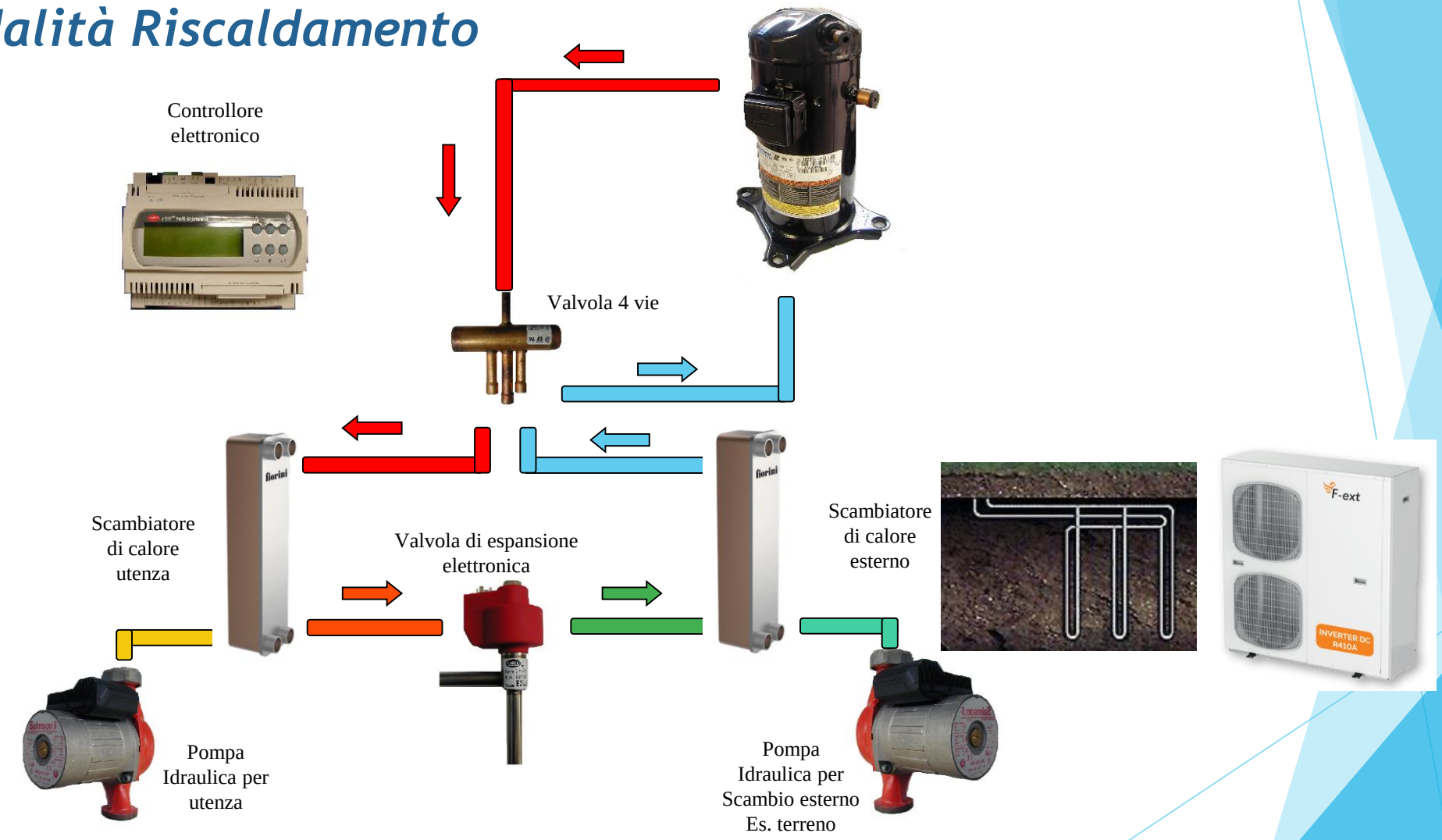
- *Inversione sul circuito frigorifero*



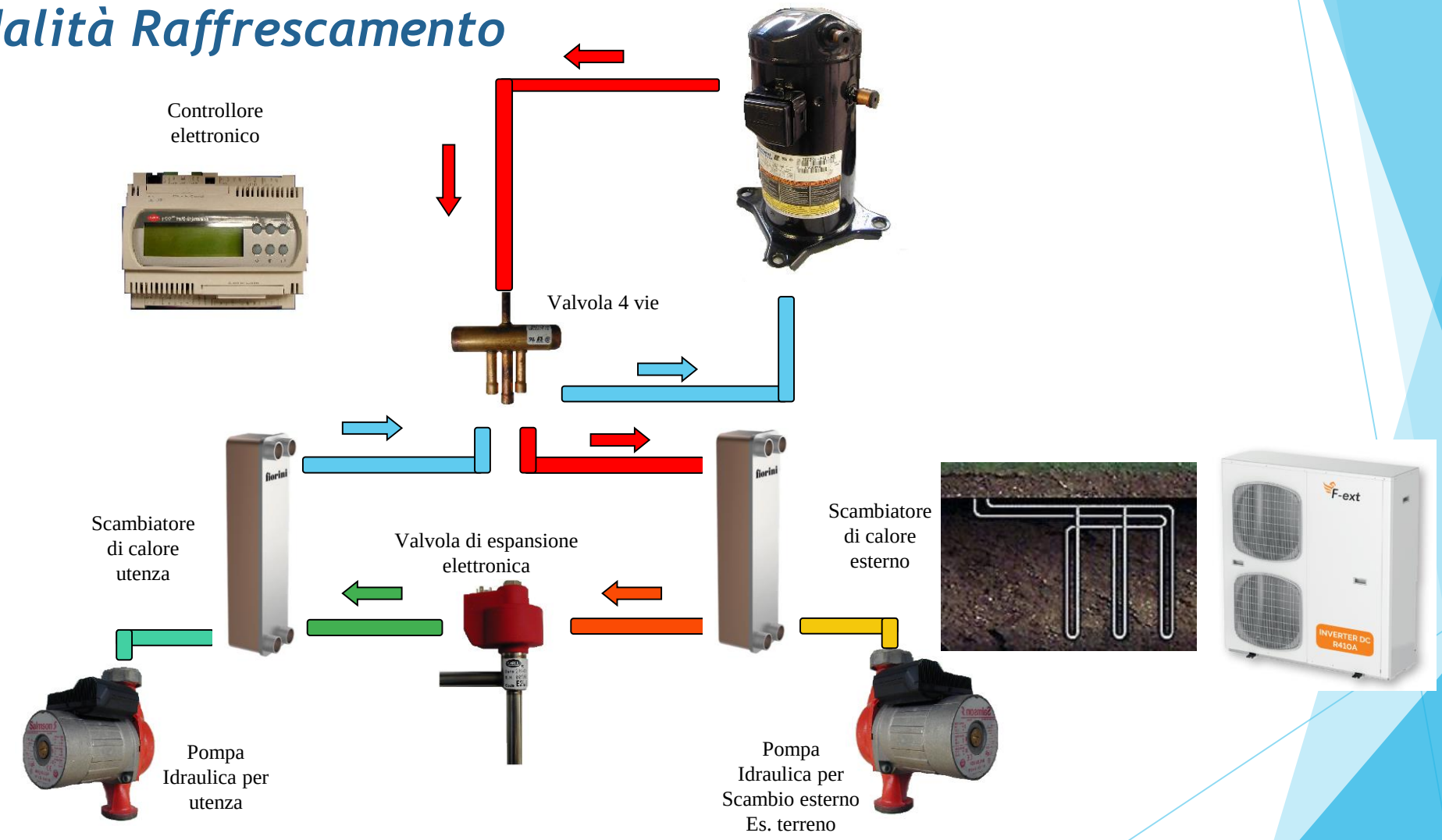


- ***Inversione sul circuito frigorifero***
  - Si inserisce nel circuito frigorifero una serie di dispositivi che consentono di invertire la funzione degli scambiatori di calore della macchina (evaporatore <-> condensatore)
  - Complicazione del circuito frigorifero
  - Differenze di carica refrigerante
  - In una modalità si ha scambio di calore equi-corrente (meno efficiente)
  - E’ il metodo più diffuso e spesso impiega una valvola di inversione a quattro vie

Modalità Riscaldamento



- # *Modalità Raffrescamento*



6 - IL RECUPERO DI CALORE

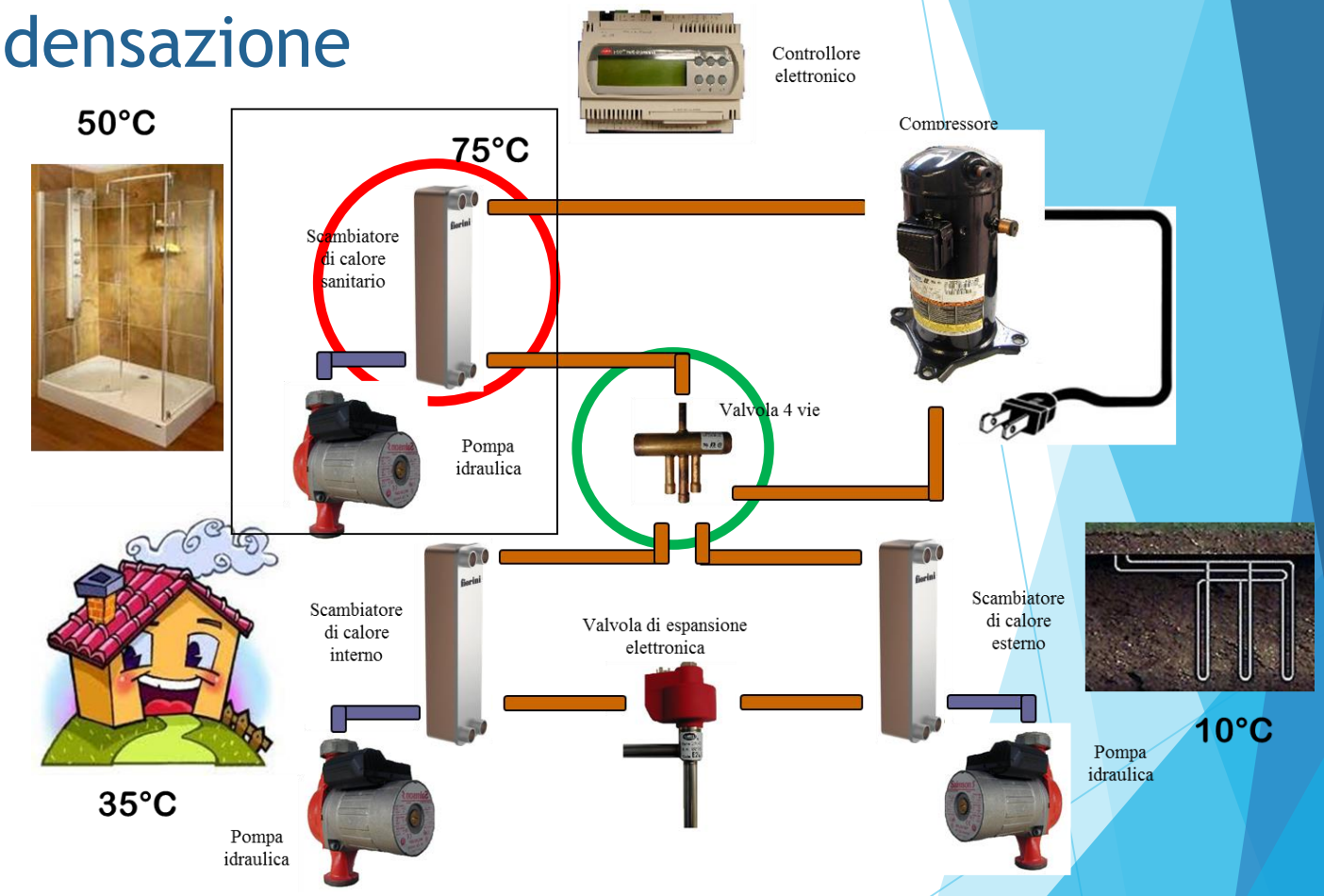
- Il recupero di calore è un processo che consente di utilizzare energia che, altrimenti, verrebbe dissipata nell'ambiente
  - direttamente per l'utenza
  - Internamente, per aumentare l'efficienza del sistema

Recupero termico interno

- E' possibile aumentare l'efficienza del ciclo frigorifero adottando sistemi per trasferire calore fra le varie sezioni del circuito
  - Scambiatore liquido-gas (per sotto-raffreddare il liquido condensato, surriscaldando il gas evaporato)
  - Economizzatore
  - Raffreddatore olio

Recupero del calore di condensazione

- **Recuperatore di calore**: Scambiatore su scarico compressore a monte di valvola inversione
  - **De-surriscaldatore**: scambio termico solo sensibile
  - **Recupero totale**: possibile condensazione



Recupero del calore di condensazione

- Parte del calore Q1 viene utilizzato per riscaldare una seconda utenza
- Il calore recuperato dipende da fattori quali
  - Il dimensionamento del recuperatore
  - Le temperature di scarico e di condensazione del refrigerante
  - Le temperature di ingresso e uscita del fluido secondario
- Il calore non utilizzato nel recuperatore sarà trasferito attraverso lo scambiatore principale

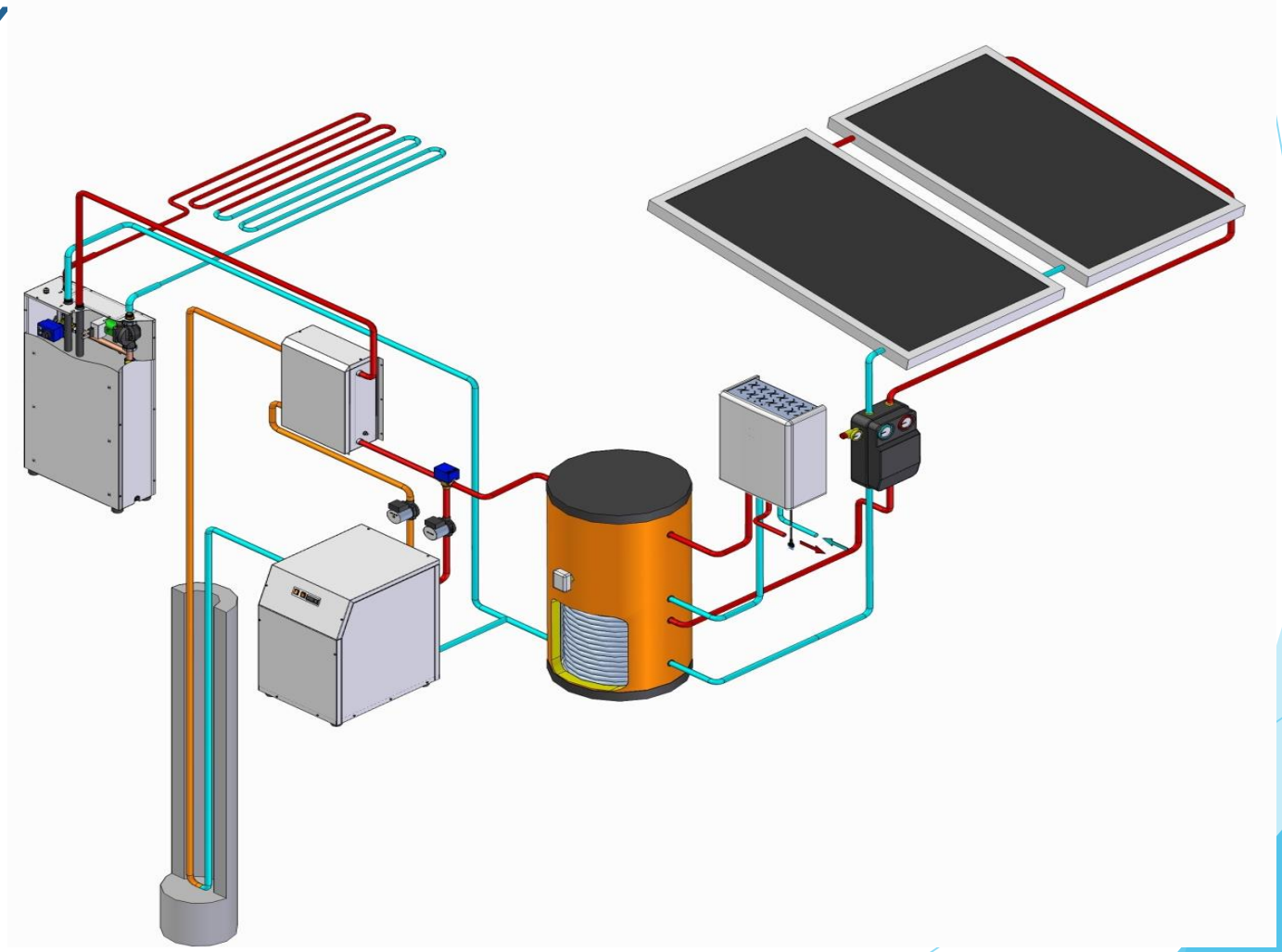
7 - PRODUZIONE DI ACS CON POMPA DI CALORE

- Sistemi senza recupero di calore
  - ***GEO serie EASY***



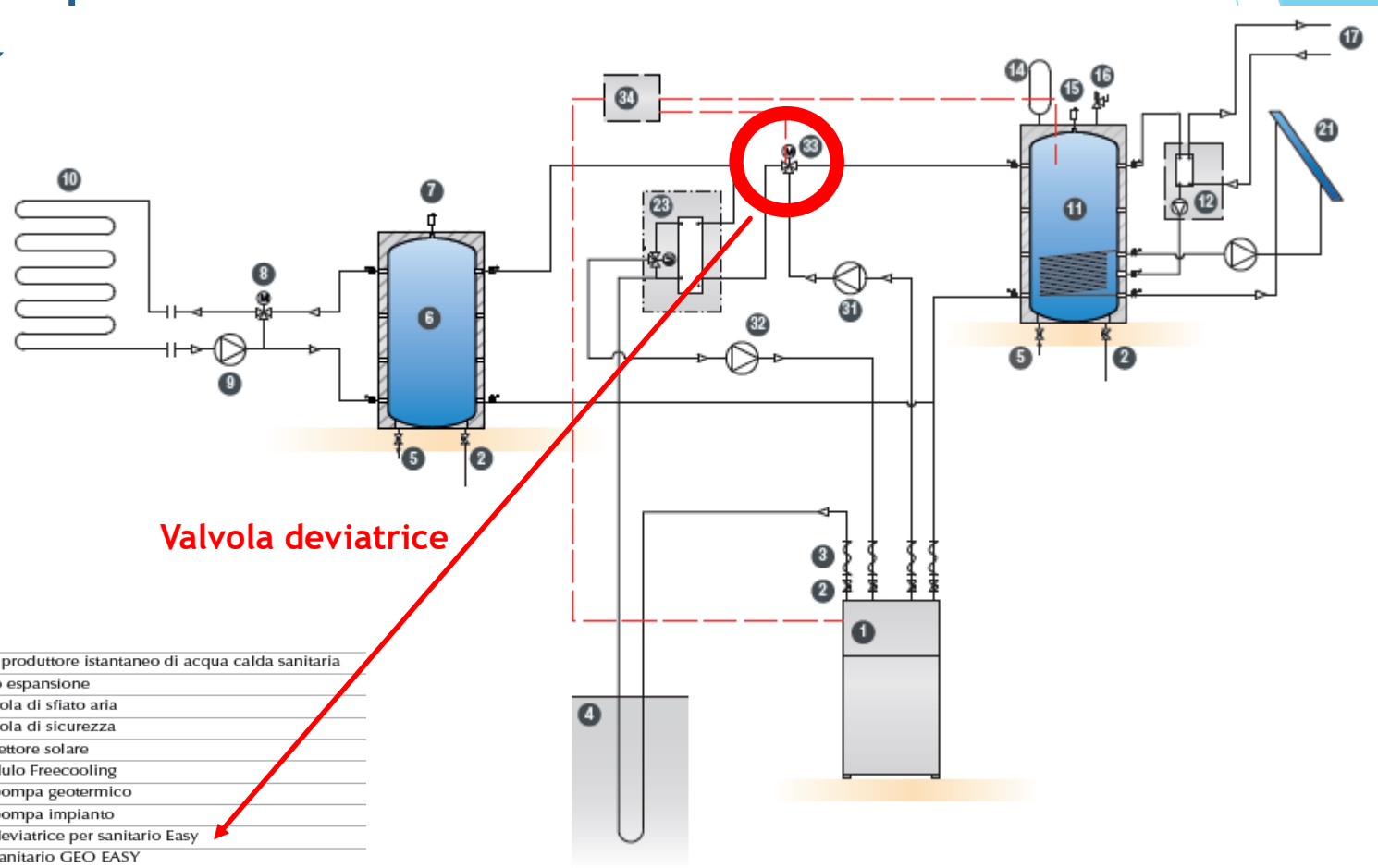


- Sistemi senza recupero di calore
  - ***GEO serie EASY***



Sistemi senza recupero di calore

- ***GEO serie EASY***



1	Pompa di calore GEO
2	Valvola manuale a sfera
3	Giunti flessibili
4	Sonda geotermica
5	Valvola di scarico
6	Accumulo impianto
7	Sfiato aria automatico
8	Valvola a 3 vie miscelatrice
9	Pompa di circolazione
10	Impianto radiante
11	Termoaccumulo sanitario

12	SET: produttore istantaneo di acqua calda sanitaria
14	Vaso espansione
15	Valvola di sfiato aria
16	Valvola di sicurezza
21	Collettore solare
23*	Modulo Freecooling
31	Kit pompa geotermico
32	Kit pompa impianto
33	Kit deviatrice per sanitario Easy
34	Kit sanitario GEO EASY

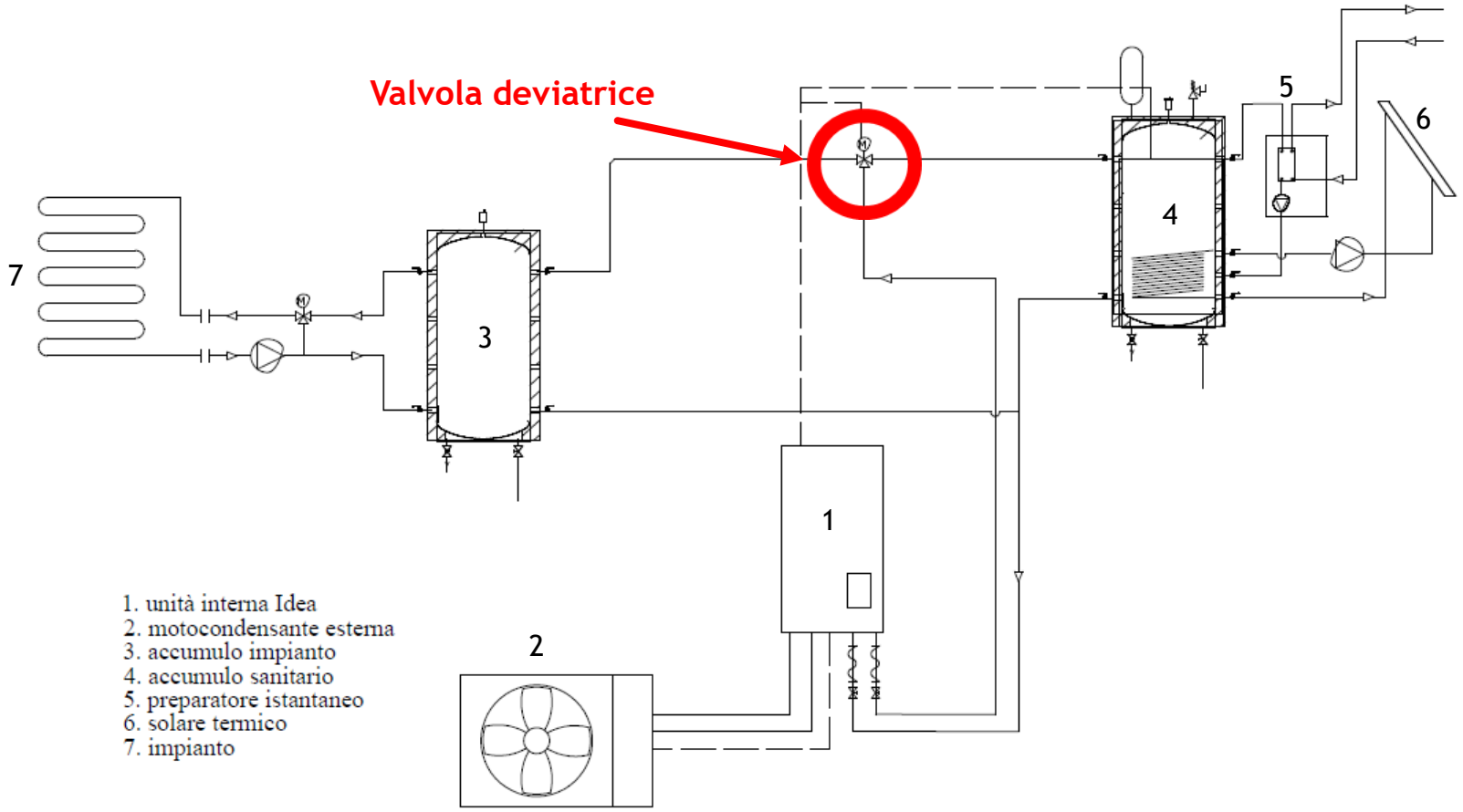
- Sistemi senza recupero di calore
  - ***Sistema IDEA***





Sistemi senza recupero di calore

- ***Sistema IDEA***



Sistemi senza recupero di calore

		Chiamata Impianto	
		No	Sì
Chiamata Sanitario	No	Stand-by	Impianto
	Sì	Sanitario	Sanitario

- Se c'è richiesta Sanitario, unità non lavora su Impianto

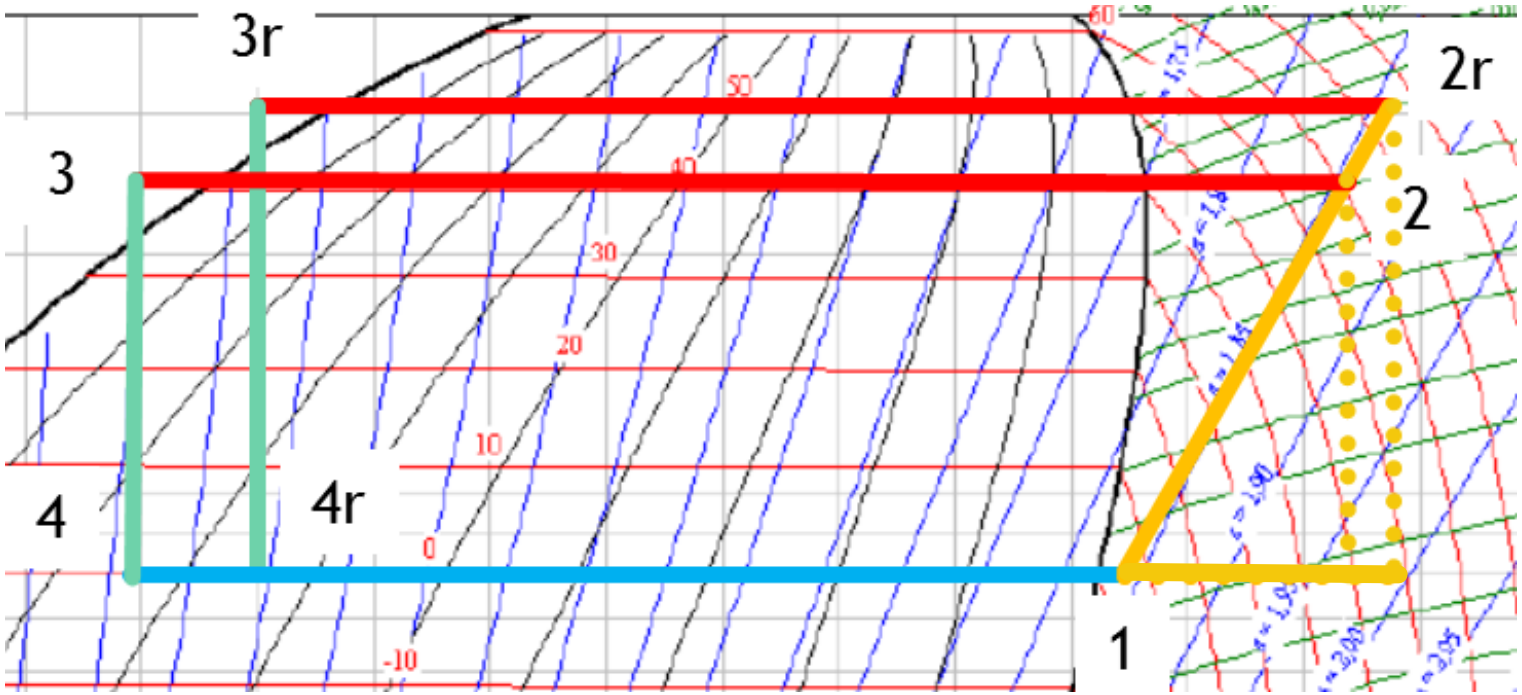
- Sistemi senza recupero di calore
  - ***Chiamata Sanitario o Impianto + Sanitario***
  - valvola deviatrice collega PdC a accumulo sanitario
  - PdC in modalità Riscaldamento
  - set-point = Set Sanitario
  - ***Chiamata solo Impianto***
  - valvola deviatrice collega PdC a accumulo impianto
  - PdC in modalità Riscaldamento o Raffrescamento
  - set-point = Set Impianto

Sistemi senza recupero di calore

- I due casi sono alternativi; modalità Sanitario con priorità
- Sanitario -> Temperatura impianto non controllata

- ***Estate***
- Inversioni di ciclo Raffrescamento <-> Riscaldamento
- Dispersioni termiche
  - miscelazione di acqua fredda e calda
  - scambio termico con parti di impianto
  - trafilamenti valvola

Sistemi senza recupero di calore - Rendimento



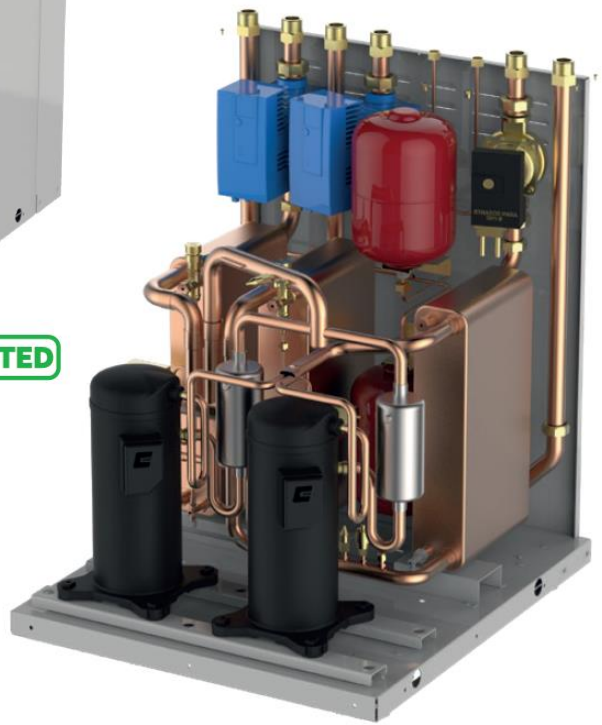
- ***Impianto (Riscaldamento)***
  - Q1 -> h2-h3; Q2 -> h1-h4; E -> h2-h1
  - COP = (h2-h3) / (h2-h1) ~ 5
- ***Sanitario***
  - Q1r -> h2r-h3r; Q2 -> h1-h4r; E -> h2r-h1
  - COP = (h2r-h3r) / (h2r-h1) ~ 4

- Il rendimento in Sanitario è inferiore perché
- Tc,r > Tc => COPr < COP

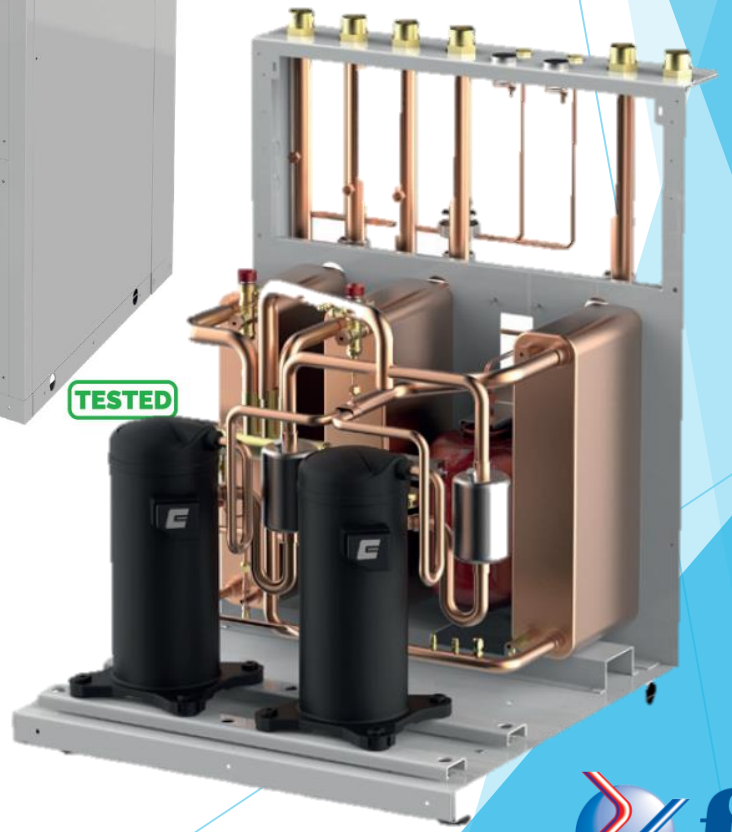
8 - PRODUZIONE DI ACS CON RECUPERO

- Sistemi con recupero di calore
  - ***GEO serie HFE/HFS***





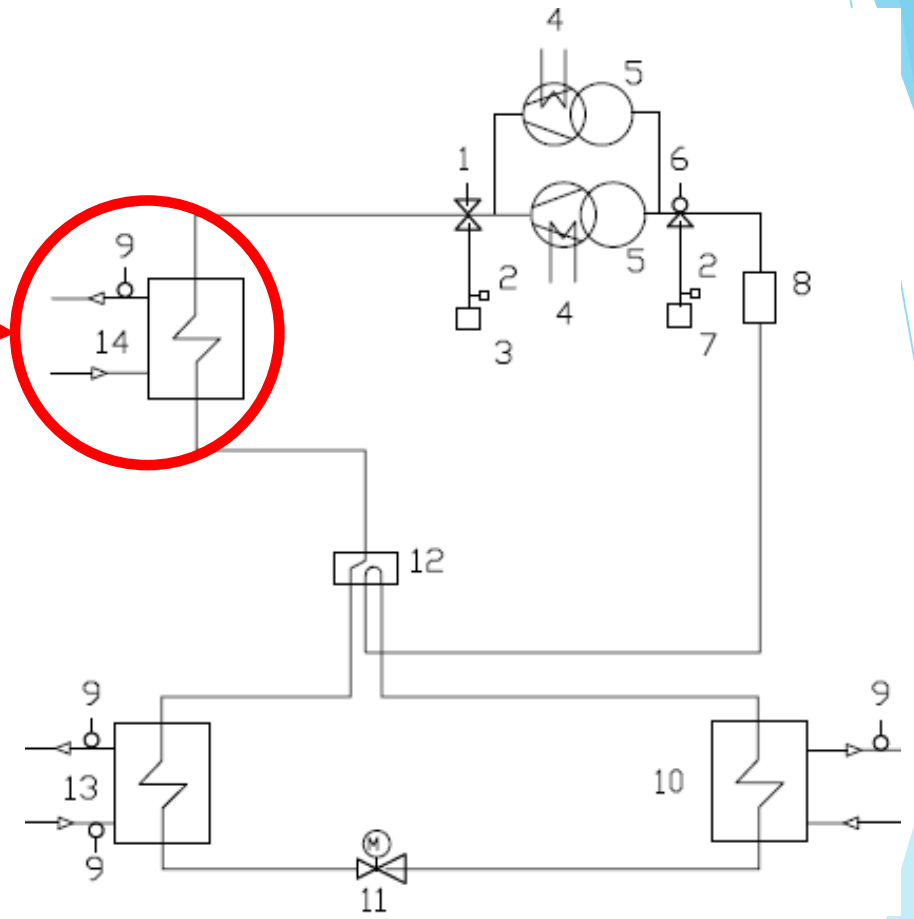




fiorini INDUSTRIES

Sistemi con recupero di calore

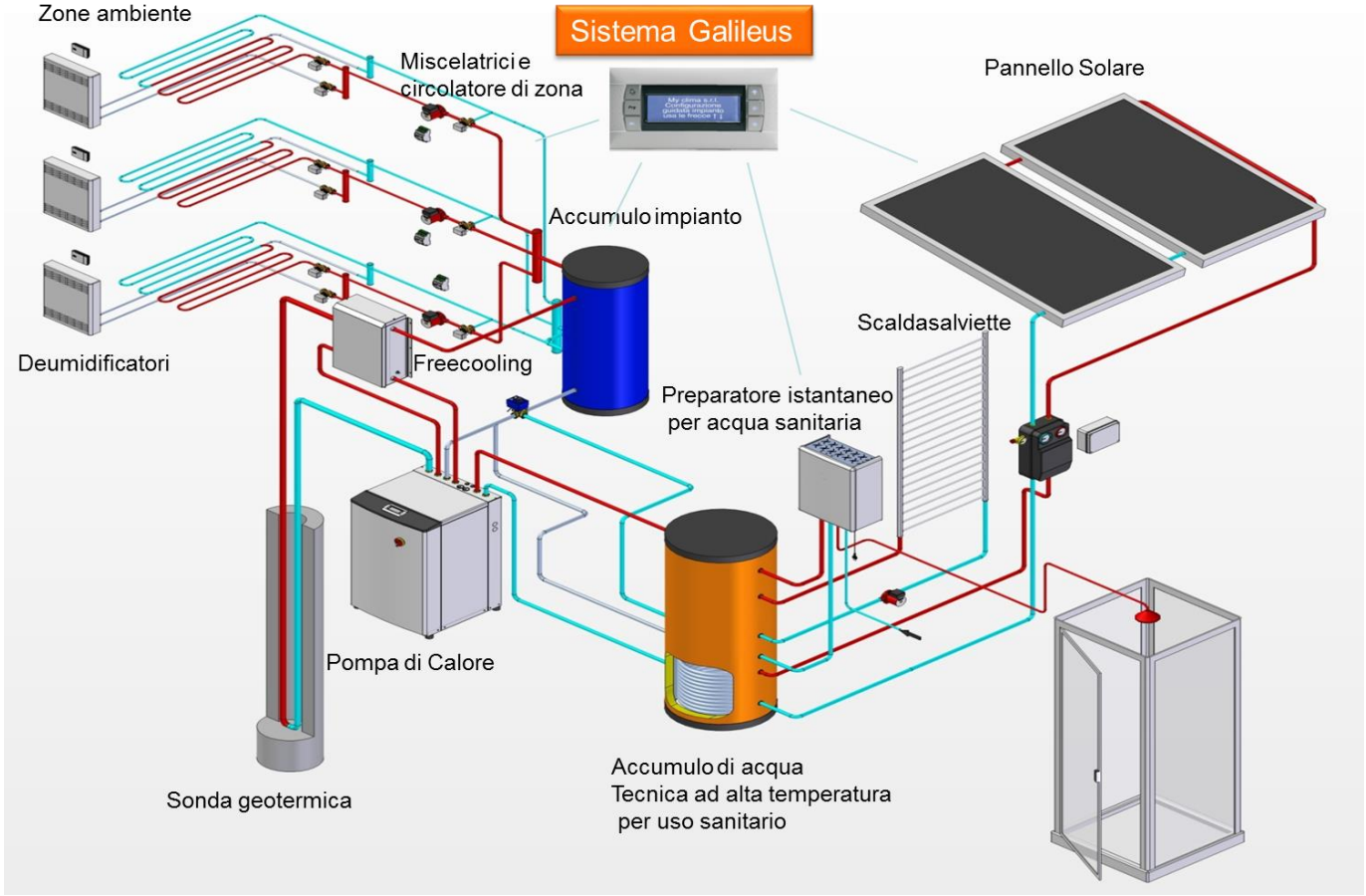
- ***GEO serie HFE/HFS***
- Recuperatore



- Tutti gli scambiatori hanno la stessa superfice =>
- => **Recupero totale**
- Possibile condensazione refrigerante

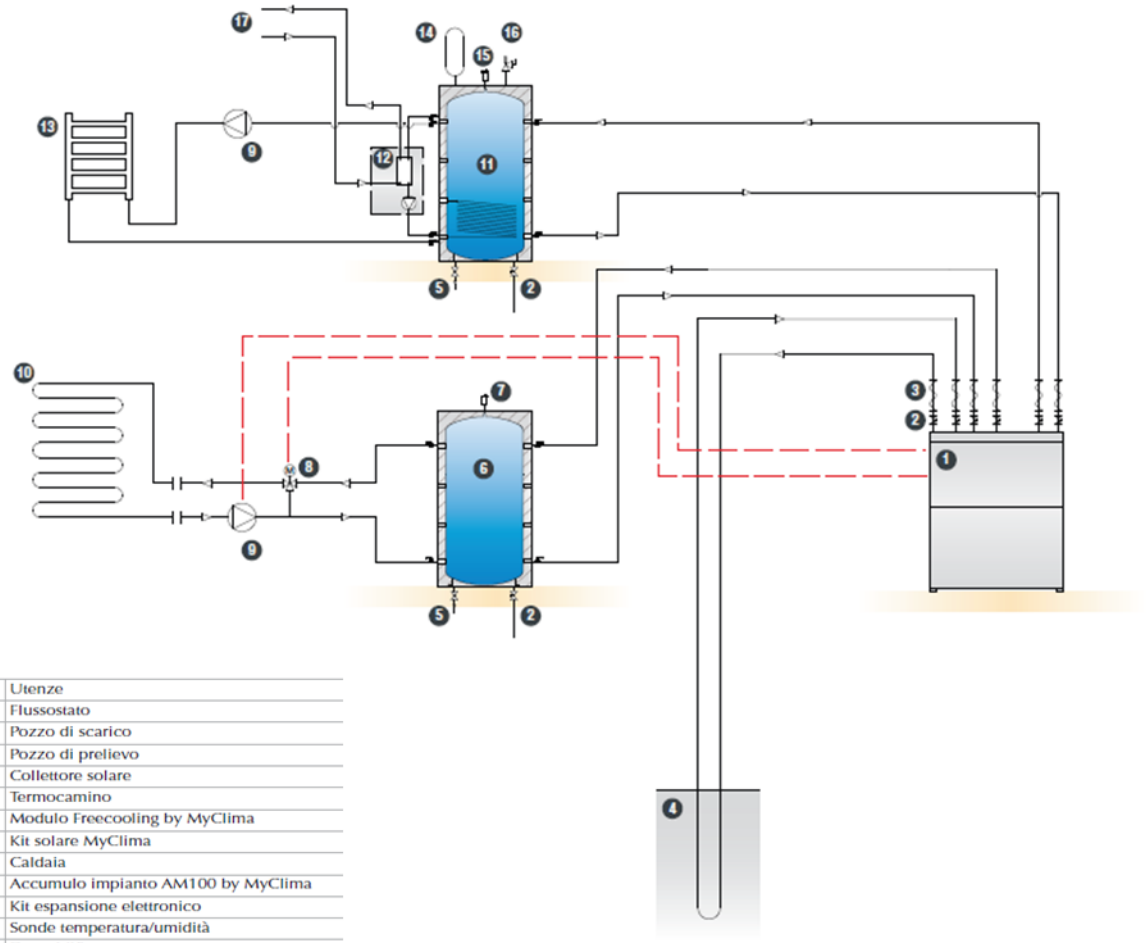
Sistemi con recupero di calore

- ***GEO serie HFE/HFS***



Sistemi con recupero di calore

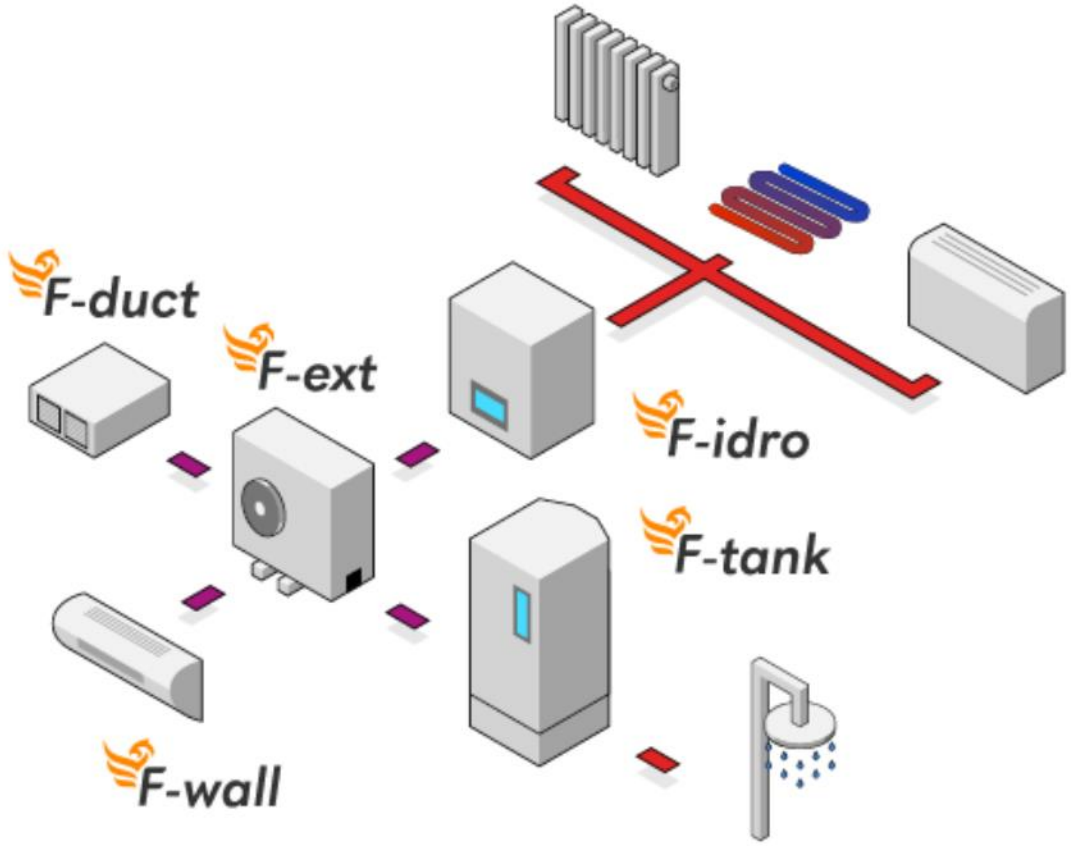
- ***GEO serie HFE/HFS***



1	Pompa di calore GEO
2	Valvola manuale a sfera
3	Giunti flessibili
4	Sonda geotermica
5	Valvola di scarico
6	Accumulo impianto
7	Sfiato aria automatico
8	Valvola a 3 vie miscelatrice
9	Pompa di circolazione
10	Impianto radiante
11	Termoaccumulo sanitario
12	ZOT: produttore istantaneo di acqua calda sanitaria My Clima
13	Scaldasalviette
14	Vaso espansione
15	Valvola di sfiato aria
16	Valvola di sicurezza

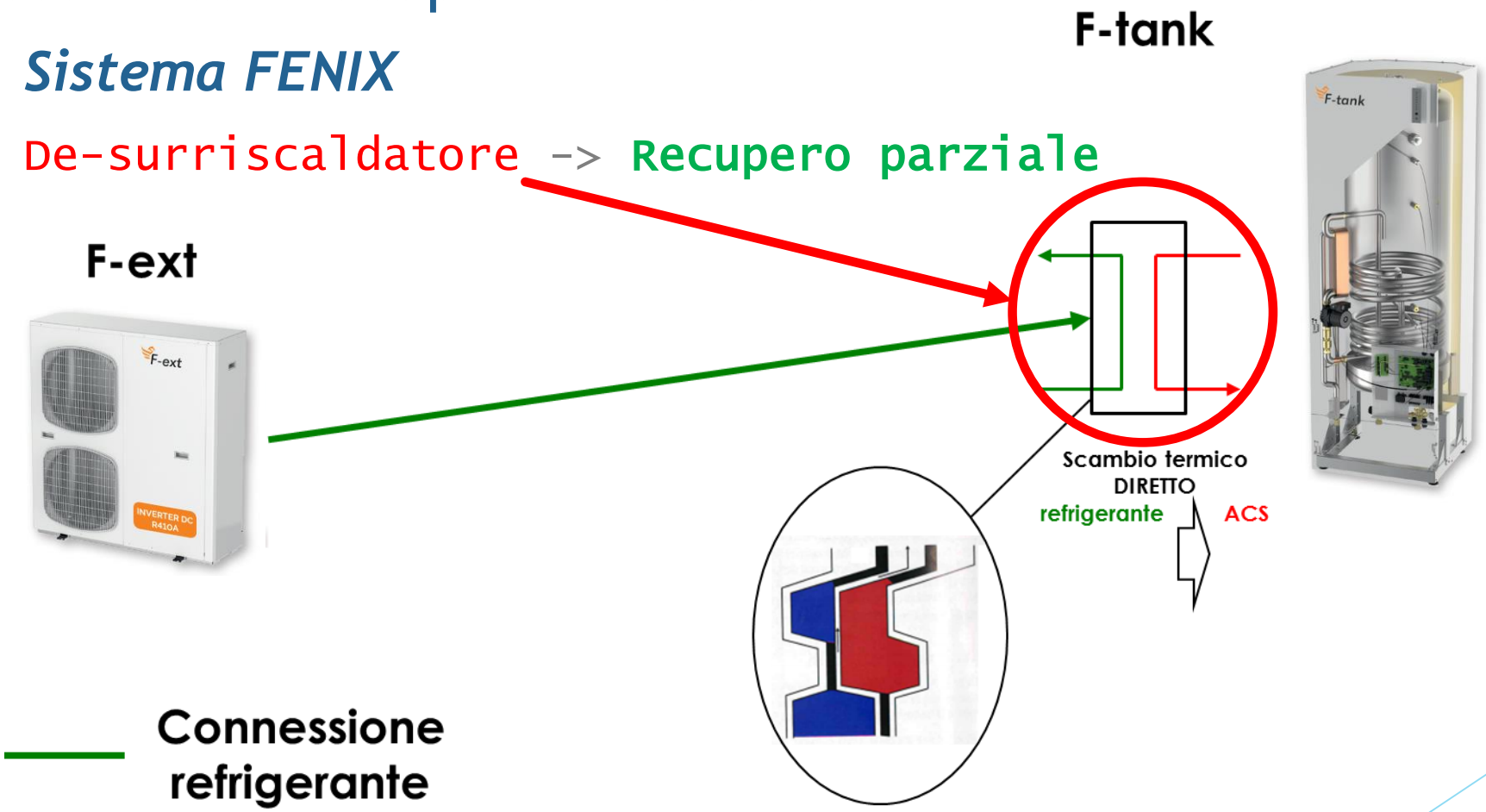
17	Utenze
18	Flussostato
19	Pozzo di scarico
20	Pozzo di prelievo
21	Collettore solare
22	Termocamino
23	Modulo Freecooling by MyClima
24	Kit solare MyClima
25	Caldaia
26	Accumulo impianto AM100 by MyClima
27	Kit espansione elettronico
28	Sonde temperatura/umidità
29	Deumidificatore
30	Pompa di calore Domus
31	Kit pompa geotermico
32	Kit pompa impianto

- Sistemi con recupero di calore
  - ***Sistema FENIX***



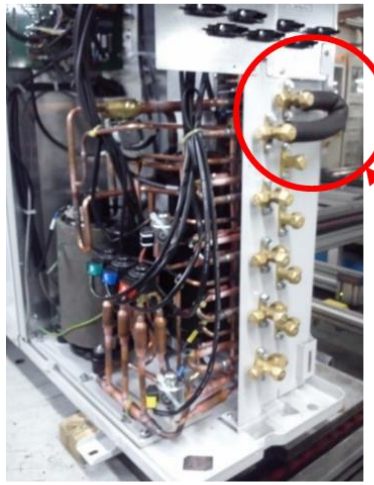
Sistemi con recupero di calore

- ***Sistema FENIX***
- De-surriscaldatore -> Recupero parziale

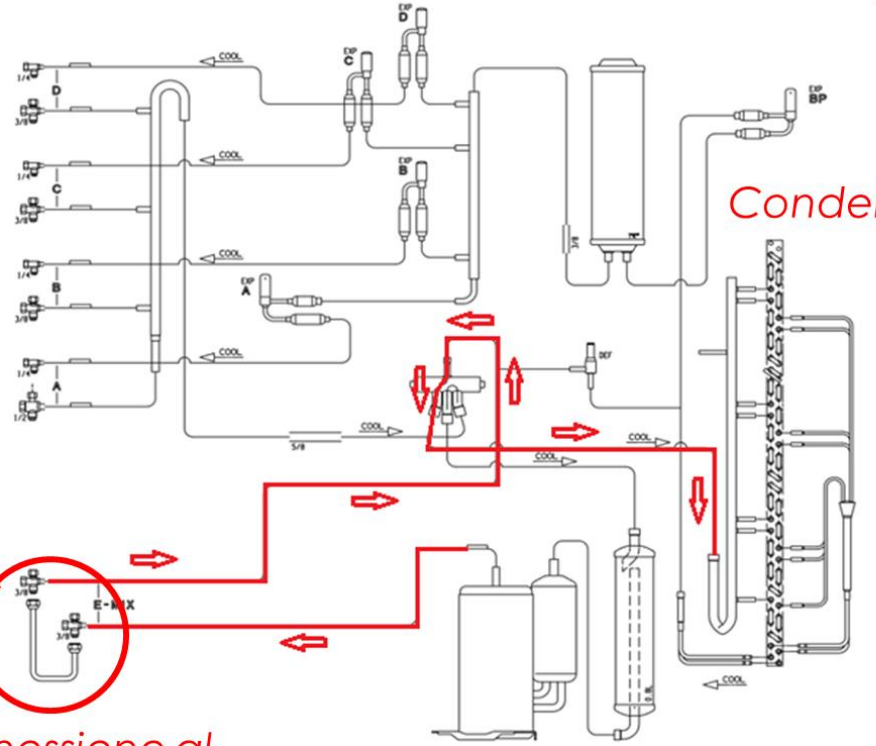


- ***Sistema FENIX***
- De-surriscaldatore per produzione ACS

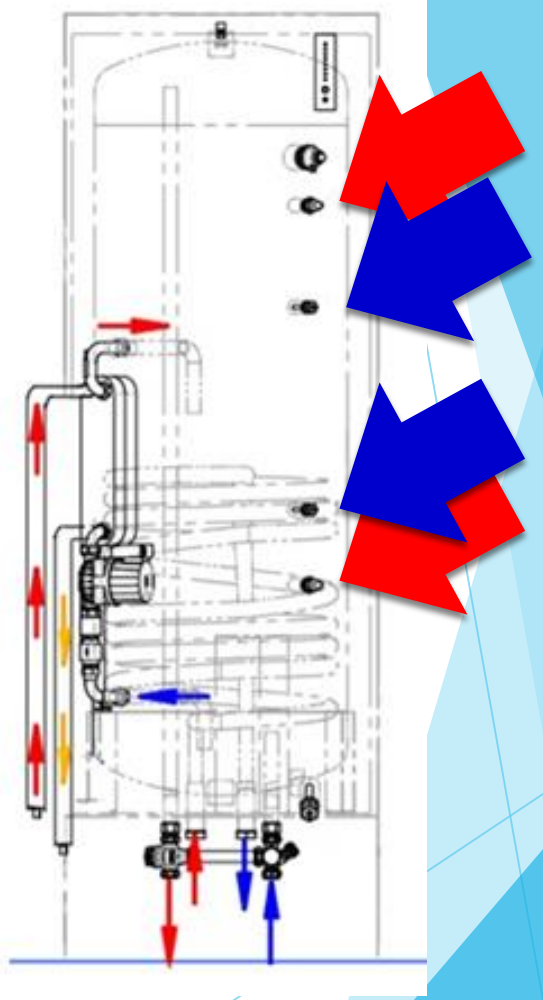
F-ext



CIRCUITO FRIGORIFERO F-ext 80



- ***F-tank***
- Bollitore vetro-porcellanato da 200 o 300 l
- Scambiatore solare e pozzetto per sonda temperatura
- N. 2 **resistenze elettriche** da 1 kW
- N. 2 **sonde temperatura** acqua
- De-surriscaldatore a piastre
- N. 2 sonde temperatura refrigerante
- Circolatore a velocità variabile
- Miscelatore termostatico ACS e valvola di sicurezza (vaso espansione escluso)



Sistemi con recupero di calore

- ***Funzionamento Estivo***

		Chiamata Raffrescamento	
		No	Sì
Chiamata Sanitario	No	Stand-by	Raffrescamento + Recupero
	Sì	Sanitario	Raffrescamento + Recupero

- Mentre l'unità raffredda l'Impianto, il calore di condensazione (**cascame**) può essere recuperato per riscaldare il Sanitario

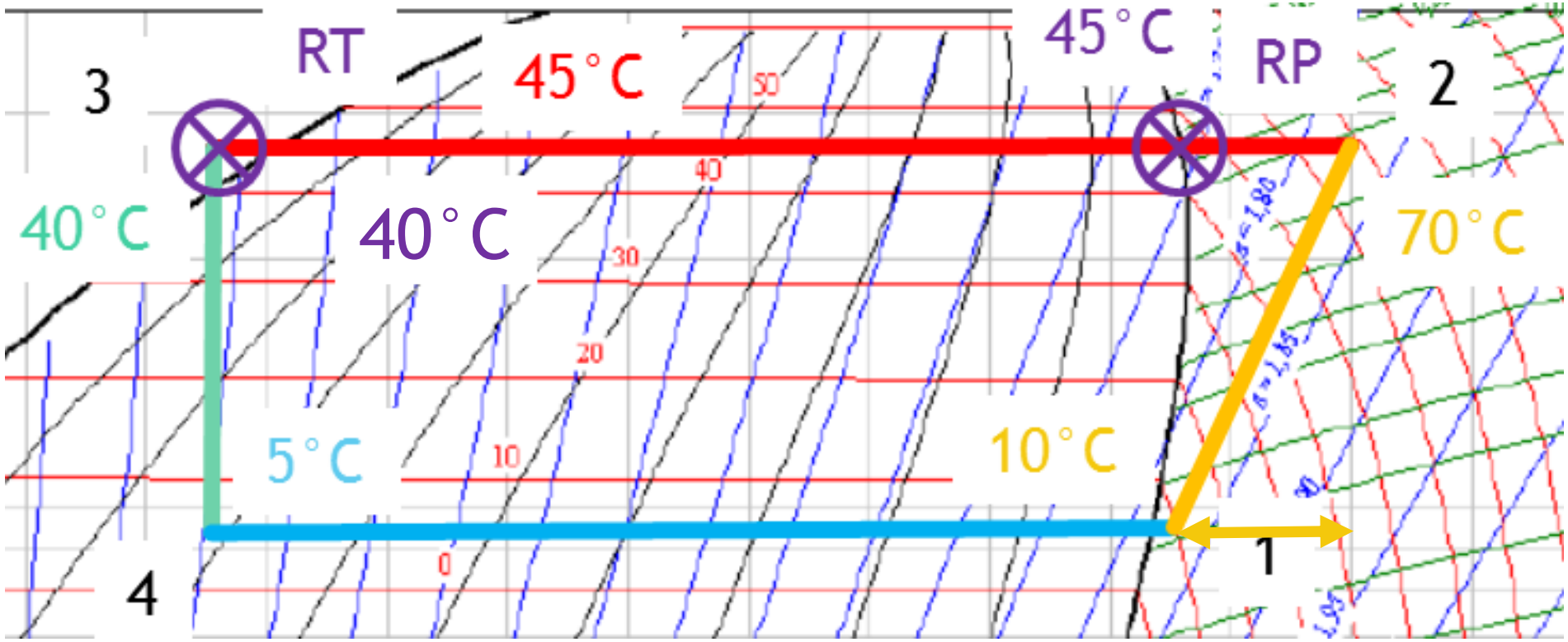
Funzionamento Estivo

- ***Raffrescamento + Recupero***
- PdC in modalità Raffrescamento
- set-point = Set Raffrescamento
- Se Tsca > Tacc => Attivazione Recupero (pompa sanitario)
  - Raffrescamento impianto
  - Riscaldamento accumulo sanitario ACS (**calore da smaltire**)
  - Il calore in eccesso viene smaltito in sorgente
- ***Sanitario***
- PdC in modalità Riscaldamento
- set-point = Set Sanitario

Funzionamento Estivo

- ***Raffrescamento + Recupero***
- Produzione ACS durante il raffrescamento con **calore da dissipare** -> efficienza maggiore
- Raffrescamento + Sanitario -> maggiore disponibilità per Raffrescamento (migliore controllo temperatura impianto)
- Temperatura scarico compressore elevata (fino a 85°C) -> Temperatura accumulo sanitario > Set Sanitario

Sistemi con recupero di calore – Estate / Rendimento



- ***Raffrescamento***
  - Q1 -> h2-h3; Q2 -> h1-h4; E -> h2-h1
  - EER = (h1-h4) / (h2-h1) ~ 5
- ***Recupero***
  - COPrec = ((h1-h4) + (h2-hX)) / (h2-h1)
  - hX variabile (Tc, Tsan, ecc.)
    - Recupero parziale -> COPrec ~ 6 (massimo)
    - Recupero totale -> COPrec ~ 11 (massimo)

- Questi valori si ottengono con Recupero attivo

fiorini INDUSTRIES

Sistemi con recupero di calore

- ***Funzionamento Invernale***

		Chiamata Riscaldamento	
		No	Sì
Chiamata Sanitario	No	Stand-by	Riscaldamento + Sanitario
	Sì	Sanitario	Sanitario

- Mentre l'unità riscalda l'Impianto, parte del calore di condensazione può essere utilizzato per riscaldare il Sanitario

Funzionamento Invernale

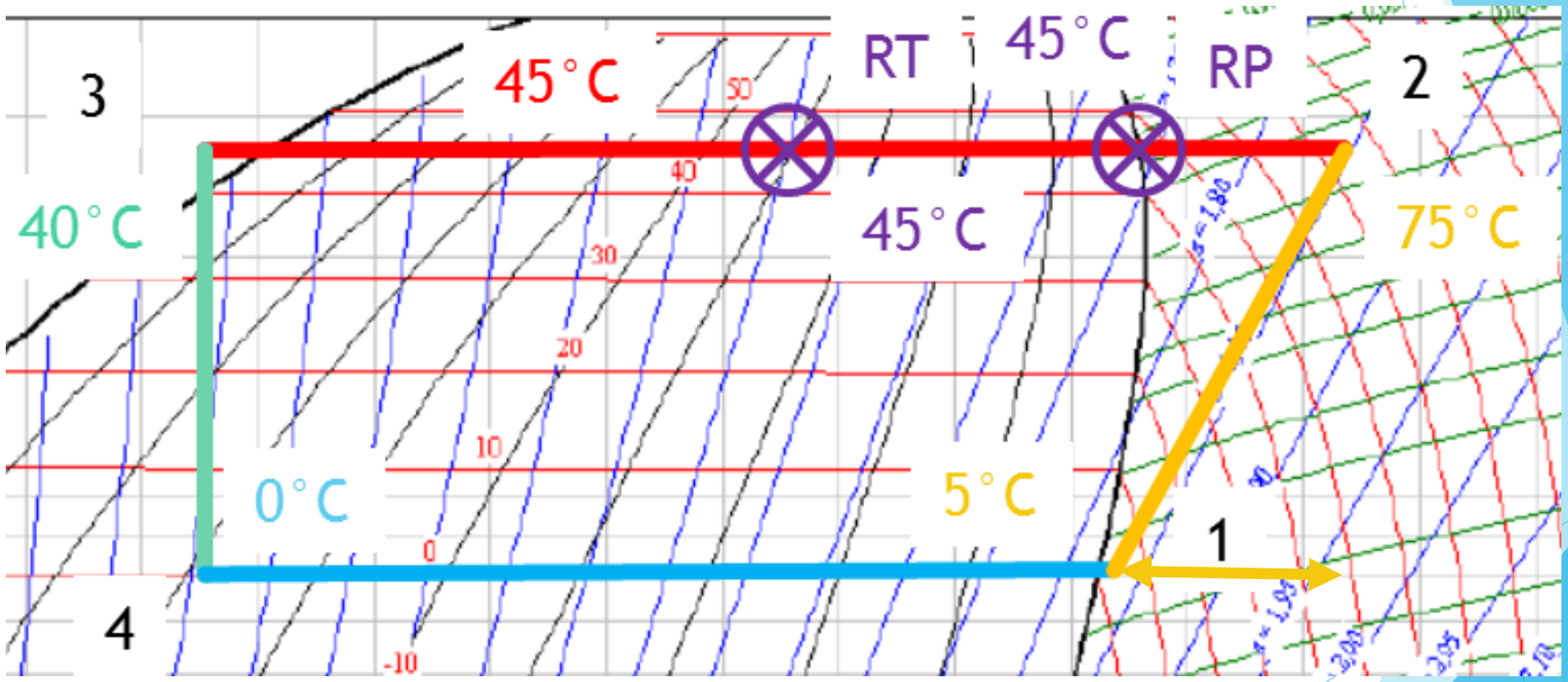
- ***Riscaldamento + Sanitario***
- PdC in modalità Riscaldamento
- set-point = Set Riscaldamento
- Se Tsca > Tacc e Timp ~ Set Riscaldamento => Attivazione pompa sanitario
  - Riscaldamento Impianto
  - Riscaldamento accumulo sanitario ACS (**calore sottratto a Impianto**)
  - Il calore restante continua a scaldare Impianto
- ***Sanitario***
- PdC in modalità Riscaldamento
- set-point = Set Sanitario

fiorini INDUSTRIES

Funzionamento Invernale

- ***Riscaldamento + Sanitario***
- Non è un recupero vero e proprio -> si usa per sanitario calore per Impianto
- Produzione di ACS durante il riscaldamento -> minore apporto all'utenza, ma efficienza maggiore di sanitario
- Riscaldamento + Sanitario -> maggiore disponibilità per Riscaldamento (migliore controllo temperatura impianto)
- Temperatura scarico compressore elevata (fino a 80°C) -> Temperatura accumulo sanitario > Set Sanitario

Sistemi con recupero di calore – Inverno / Rendimento



- ***Riscaldamento***
  - Q1 -> h2-h3; Q2 -> h1-h4; E -> h2-h1
  - COP = (h2-h3) / (h2-h1) ~ 6
- ***Recupero sanitario***
  - COPrec = ((h2-h3) + (h2-hX)) / (h2-h1)
  - hX variabile (Tc, Tsan, ecc.)
  - La potenza in Sanitario è sottratta da quella in Impianto ->
    - -> più tempo in impianto
  - Si riscalda accumulo Sanitario con Tc bassa ->
    - -> COPsan maggiore
  - Superfice condensatore maggiore -> Tc minore (COP maggiore)

fiorini INDUSTRIES



SEGUICI SUI NOSTRI SOCIAL

fiorini-industries.com

linkedin.com/company/fiorini-industries/

Partecipa al nostro prossimo WEBINAR intitolato

ERP - Focus sui Serbatoi (Energy Related Product)

Che si terrà il 21/05, a cura di

Ing. Alberto Franciosi

GRAZIE PER L'ATTENZIONE !