

**I SISTEMI VRF AD ALTA EFFICIENZA APPLICATI ALLA PRODUZIONE
SIMULTANEA DI ACQUA CALDA SANITARIA, CLIMATIZZAZIONE E AL
TRATTAMENTO DELL'ARIA PRIMARIA**

Le pompe di calore come fonte rinnovabile

ing. Giuseppe Starace

Università del Salento – LECCE (I)

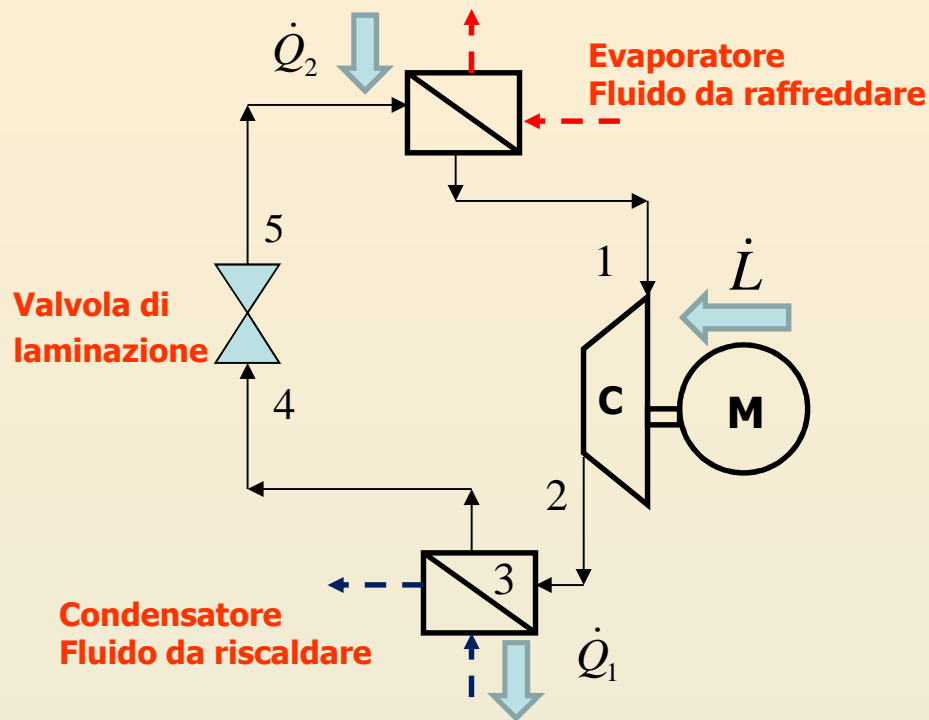
Dipartimento di ingegneria dell'Innovazione

CREA – Centro ricerche energia e ambiente

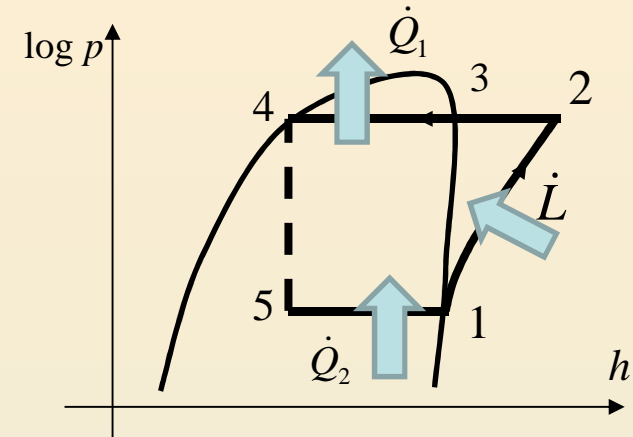
INCONTRO TECNICO CON LE AZIENDE DELLA CONSULTA INDUSTRIALE

LECCE, 31 marzo 2011 – Grand Hotel Tiziano

Il ciclo inverso a compressione di vapore



Il ciclo inverso a compressione di vapore nobilita una quantità l'energia disponibile presso una sorgente a bassa temperatura. Per farlo utilizza energia meccanica. I coefficienti di prestazione sono necessariamente superiori all'unità.



Al condensatore $\dot{Q}_1 = \dot{m}_R (h_4 - h_2)$

All'evaporatore $\dot{Q}_2 = \dot{m}_R (h_1 - h_5)$

Al compressore $\dot{L} = \dot{m}_R (h_1 - h_2)$

Alla valvola $h_4 = h_5$

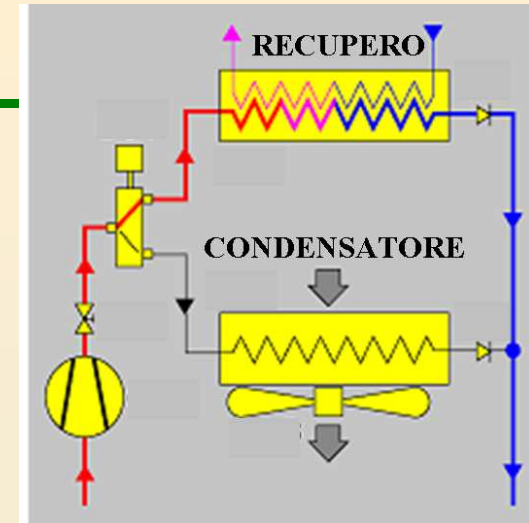
Primo principio $\dot{L} + \dot{Q}_2 = \dot{Q}_1$

Coefficiente di prestazione per la Pdc
$$COP_{PdC} = \frac{(h_2 - h_4) \dot{m}_R}{(h_2 - h_1) \dot{m}_R}$$

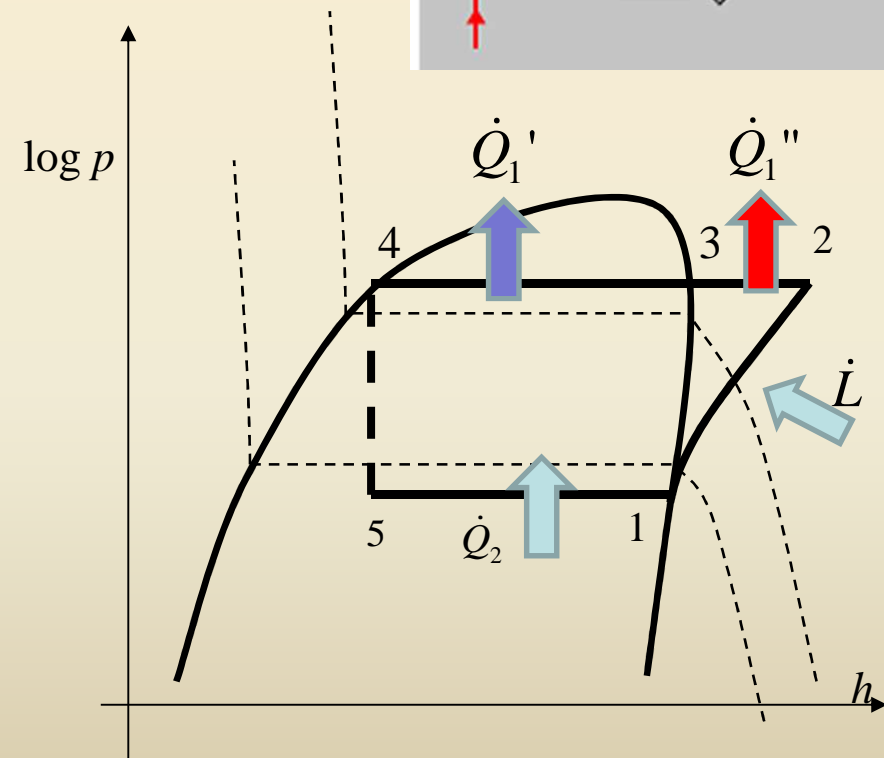
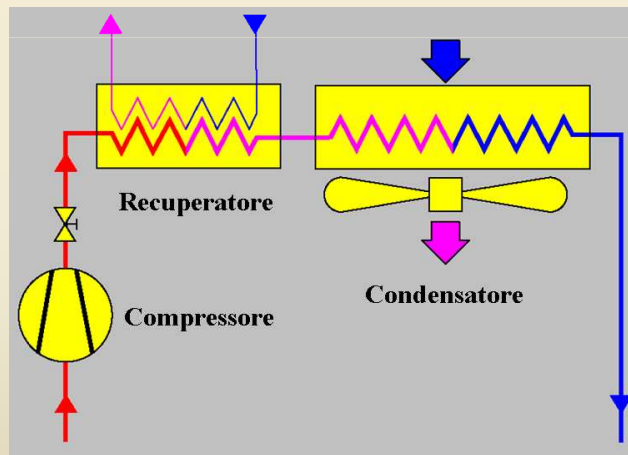
Il recupero nelle macchine frigorifere

Se \dot{Q}_1 è integralmente effetto utile (oltre alla potenza termica rimossa alla sorgente fredda) si indica il ciclo come a **RECUPERO TOTALE**

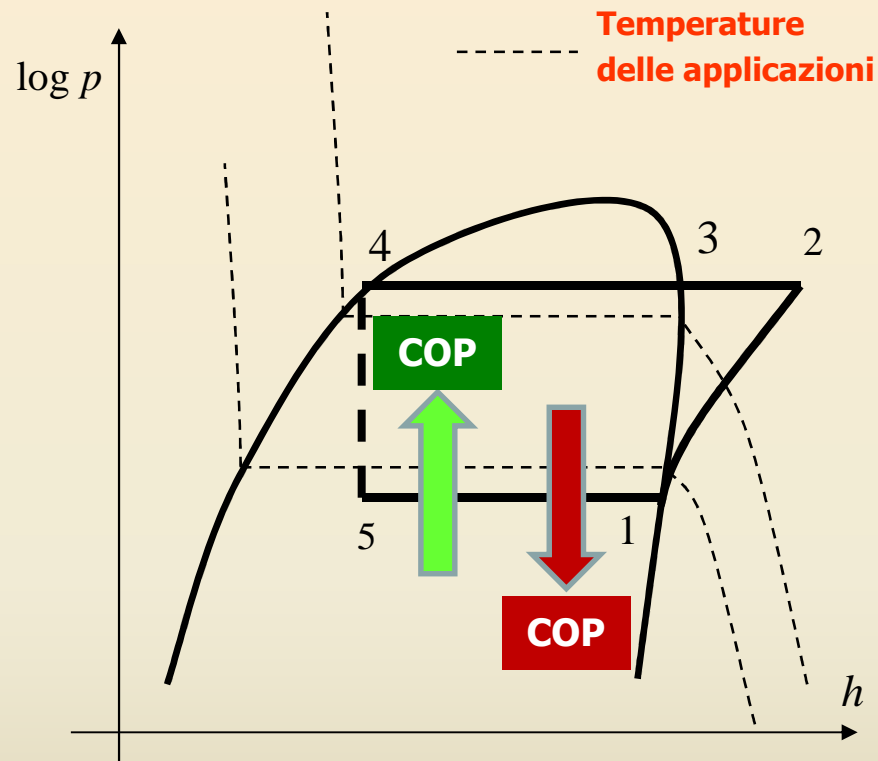
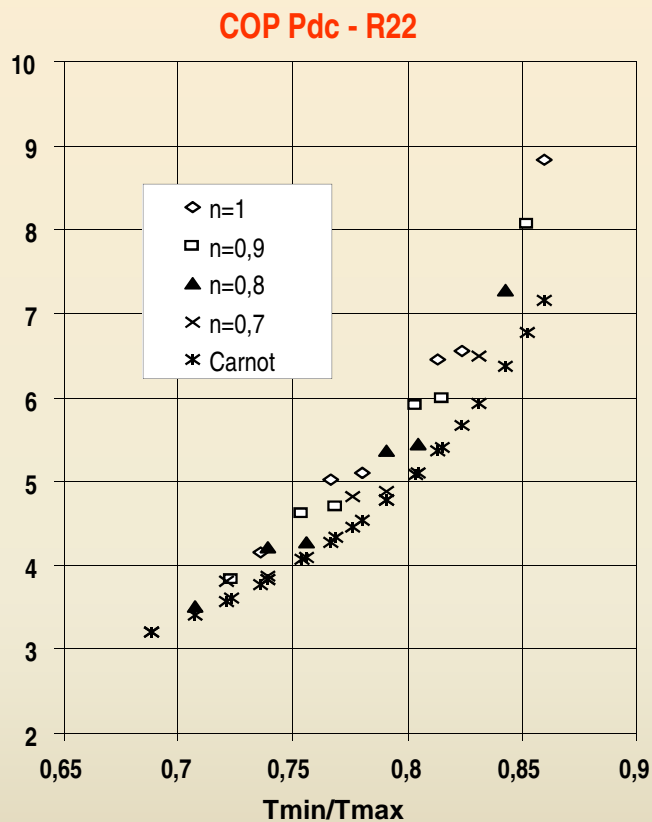
Se è solo \dot{Q}_1'' a costituire effetto utile (oltre alla potenza termica rimossa alla sorgente fredda) si indica il ciclo come a **RECUPERO PARZIALE**



$$\dot{Q}_1 = \dot{Q}_1' + \dot{Q}_1''$$



Il COP varia con le temperature di lavoro



Il COP varia con le temperature di lavoro. I parametri stagionali SEER e IPLV

Seasonal energy efficiency ratio

$$SEER = a \times EER_{35^{\circ}\text{C}} + b \times EER_{30^{\circ}\text{C}} + c \times EER_{25^{\circ}\text{C}} + d \times EER_{20^{\circ}\text{C}}$$

Integrated part load value

$$IPLV = a_1 \times EER_{35^{\circ}\text{C}} + b_1 \times EER_{30^{\circ}\text{C}} + c_1 \times EER_{25^{\circ}\text{C}} + d_1 \times EER_{20^{\circ}\text{C}}$$

$$a = 3\%$$

$$a_1 = 1\%$$

$$b = 33\%$$

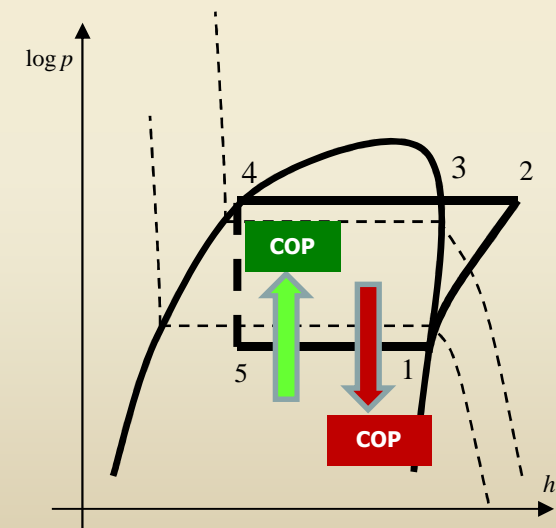
$$b_1 = 42\%$$

$$c = 41\%$$

$$c_1 = 45\%$$

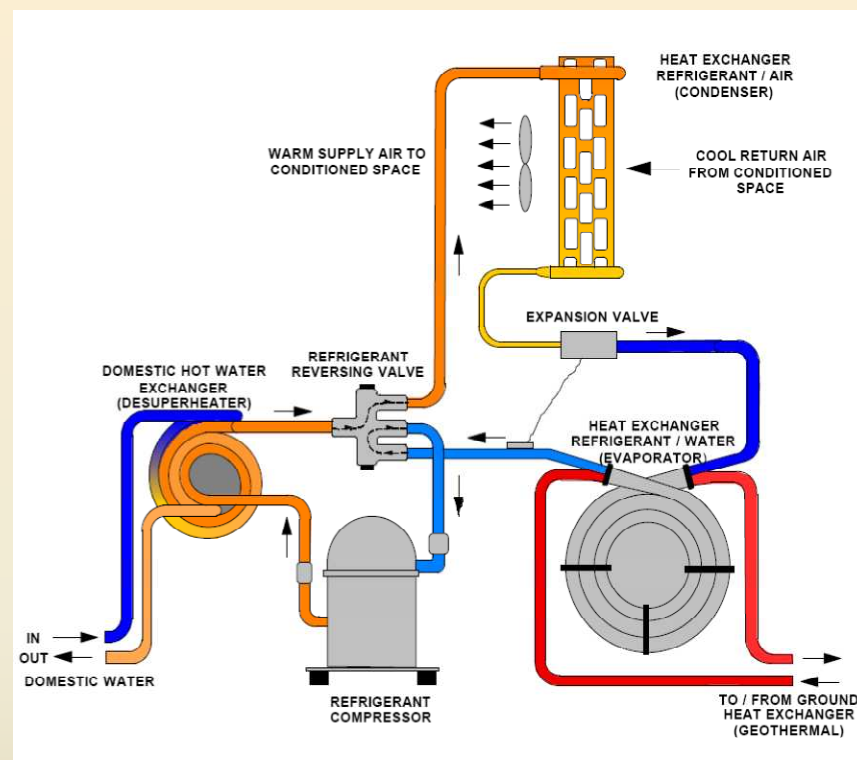
$$d = 23\%$$

$$d_1 = 12\%$$



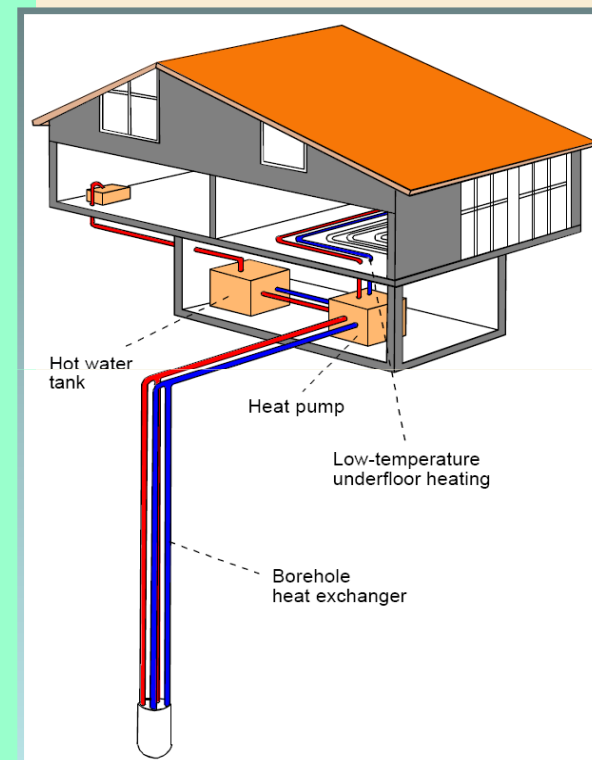
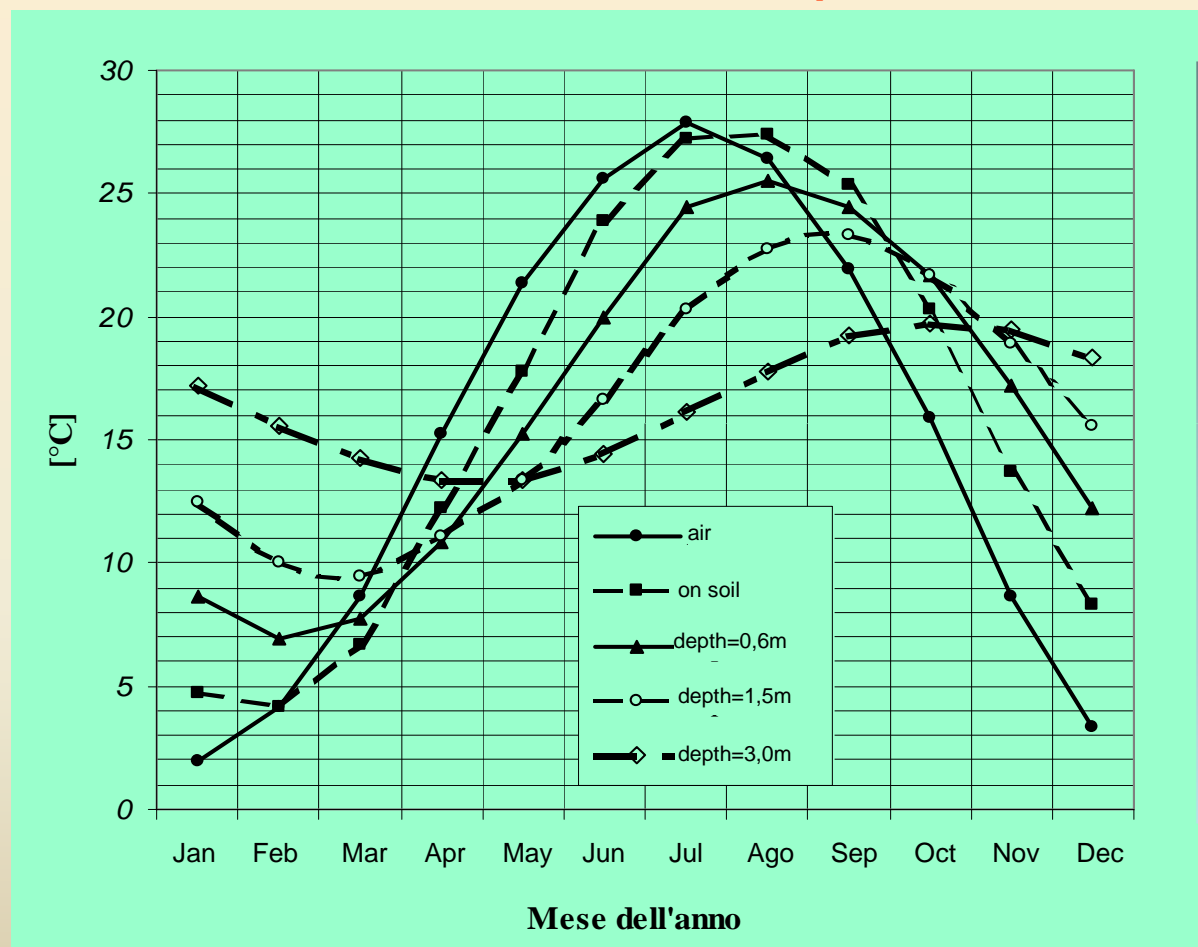
Le sorgenti di energia termica disponibili

- **Aria atmosferica**
in inverno (quando l'esigenza di riscaldamento degli ambienti è sentita) è a bassa temperatura
- **Il terreno**
mantiene una temperatura sempre più costante lungo l'arco dell'anno quanto maggiore è la profondità (nell'ambito dei valori di interesse per le applicazioni di questo tipo)
- **Corpi d'acqua**
possono essere profondi o superficiali con variazioni di temperatura non eccessive su base annuale
- **Energia di scarto da processi qualsiasi**
hanno caratteristiche e temperature diverse a seconda delle applicazioni



La sorgente geotermica

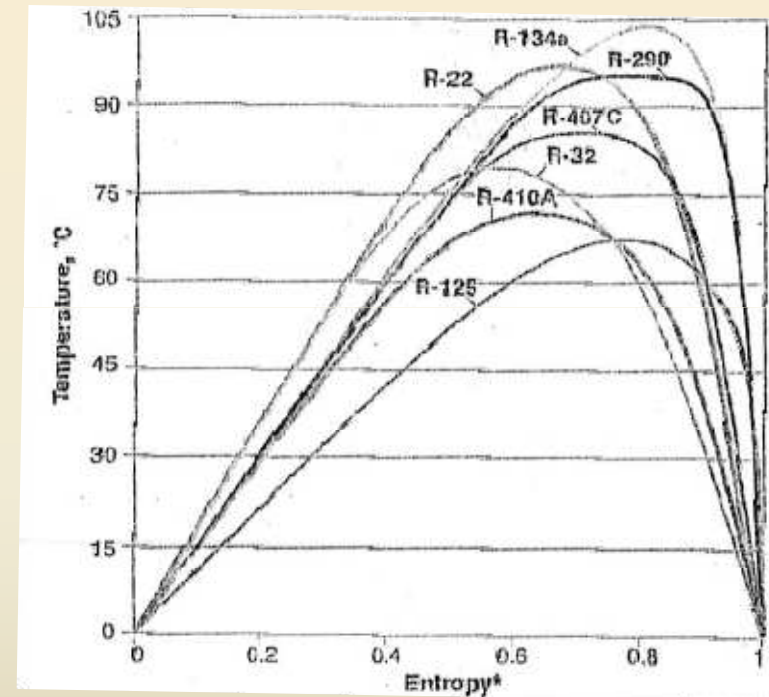
Temperatura in funzione del tempo per aria ambiente e terreno a differenti profondità



ing. Giuseppe Starace - **Le pompe di calore come fonte rinnovabile**
Incontro tecnico con le aziende della consulta industriale - Lecce, 31 marzo 2011 – Grand Hotel Tiziano

L'efficienza dello scambio termico

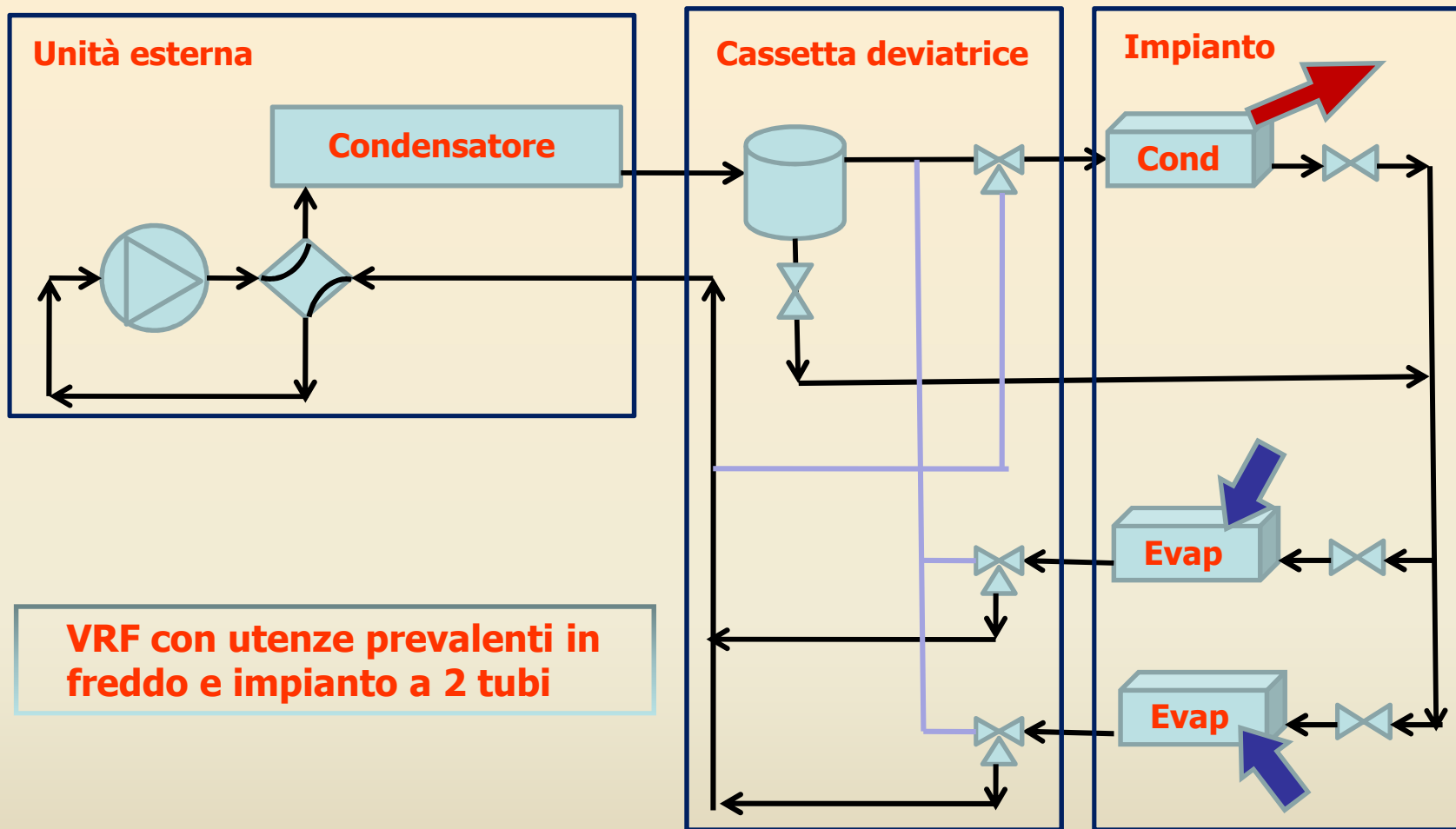
- **Superfici incrementate**
l'effetto è la riduzione della differenza di temperatura tra fluido e refrigerante con l'effetto di un maggiore coefficiente di prestazione
- **Regimi fluidodinamici favorevoli**
l'opportuno equilibrio tra perdite di carico e coefficienti di scambio termico (entrambe grandezze fortemente dipendenti dalla velocità del fluido) è necessario per ottimizzare le prestazioni complessive. *I cambiamenti di fase aiutano lo scambio termico in maniera importante.*
- **Scelta del fluido refrigerante**
l'opportuna considerazione di un fluido frigorifero performante sotto il profilo del coefficiente di scambio termico, con ampi valori di entalpia di vaporizzazione e con favorevoli coppie temperatura-pressione rispetto all'applicazione è decisiva ai fini dell'efficienza complessiva del ciclo.



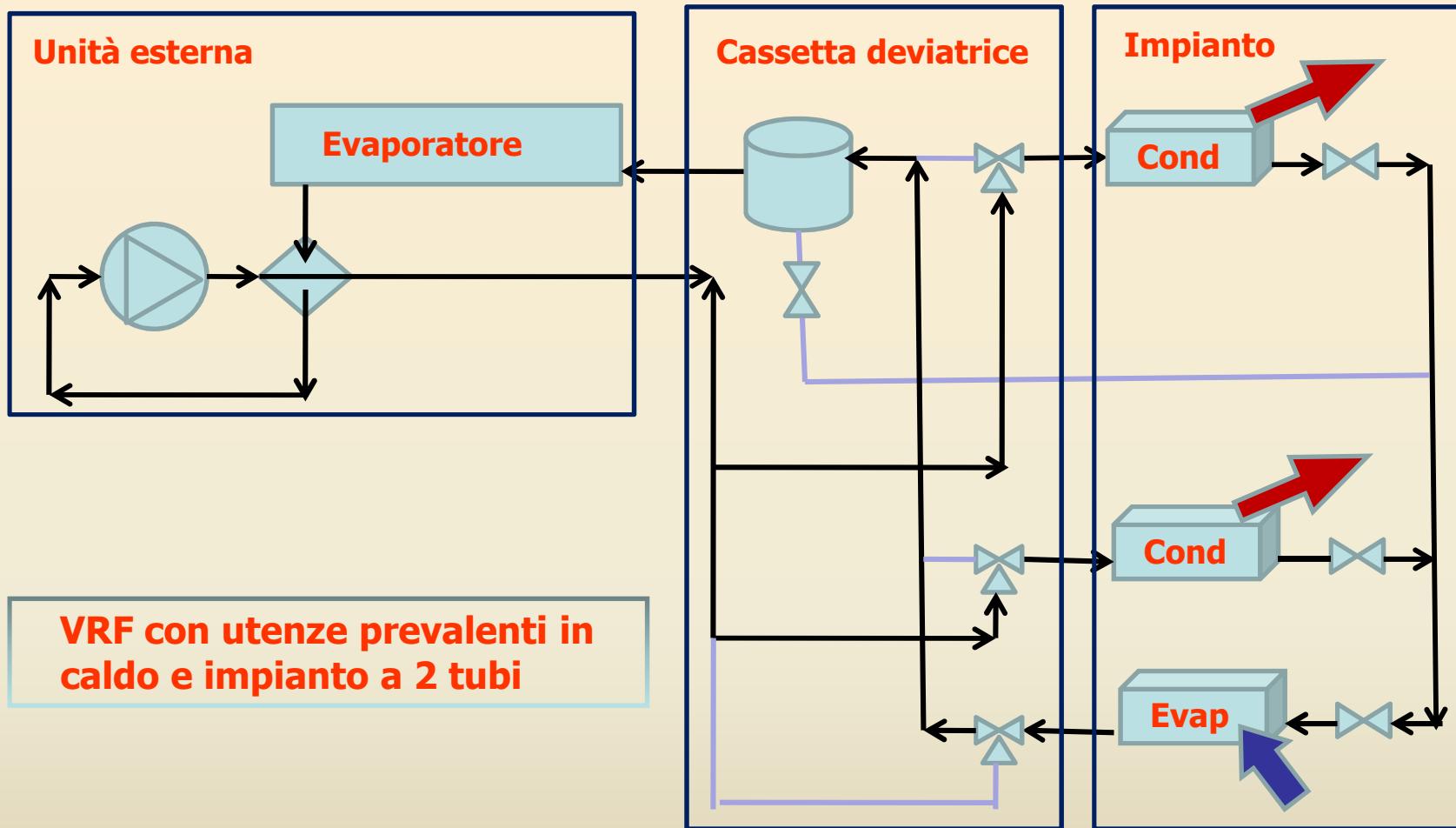
Alcune osservazioni sulle macchine frigorifere

- **La natura delle utenze influenza l'efficienza**
di qui la necessità di accoppiare alle pompe di calore impianti termici in grado di sfruttare tutti i vantaggi energetici che dal loro utilizzo possono derivare
- **Le utenze calde e fredde possono essere contemporanee**
fluidi o ambienti diversi possono essere alternativamente o contestualmente scaldati o raffreddati con riguardo alle temperature di condensazione e di evaporazione. Sono possibili configurazioni di impianto diverse (a 2 o a 4 tubi, ad espansione diretta – VRF – o idronici, etc.) per sfruttare al massimo questa possibilità.
- **Le utenze calde possono essere anche a temperature diverse**
si pensi a acqua calda per uso sanitario e a acqua calda a servizio di un impianto di riscaldamento a bassa temperatura
- **Si hanno efficienze diverse se interfacciate con sorgenti a temperatura variabile nell'anno**
di qui scaturisce la necessità di identificare parametri di giudizio ai carichi parziali in considerazione degli utilizzi delle macchine frigorifere

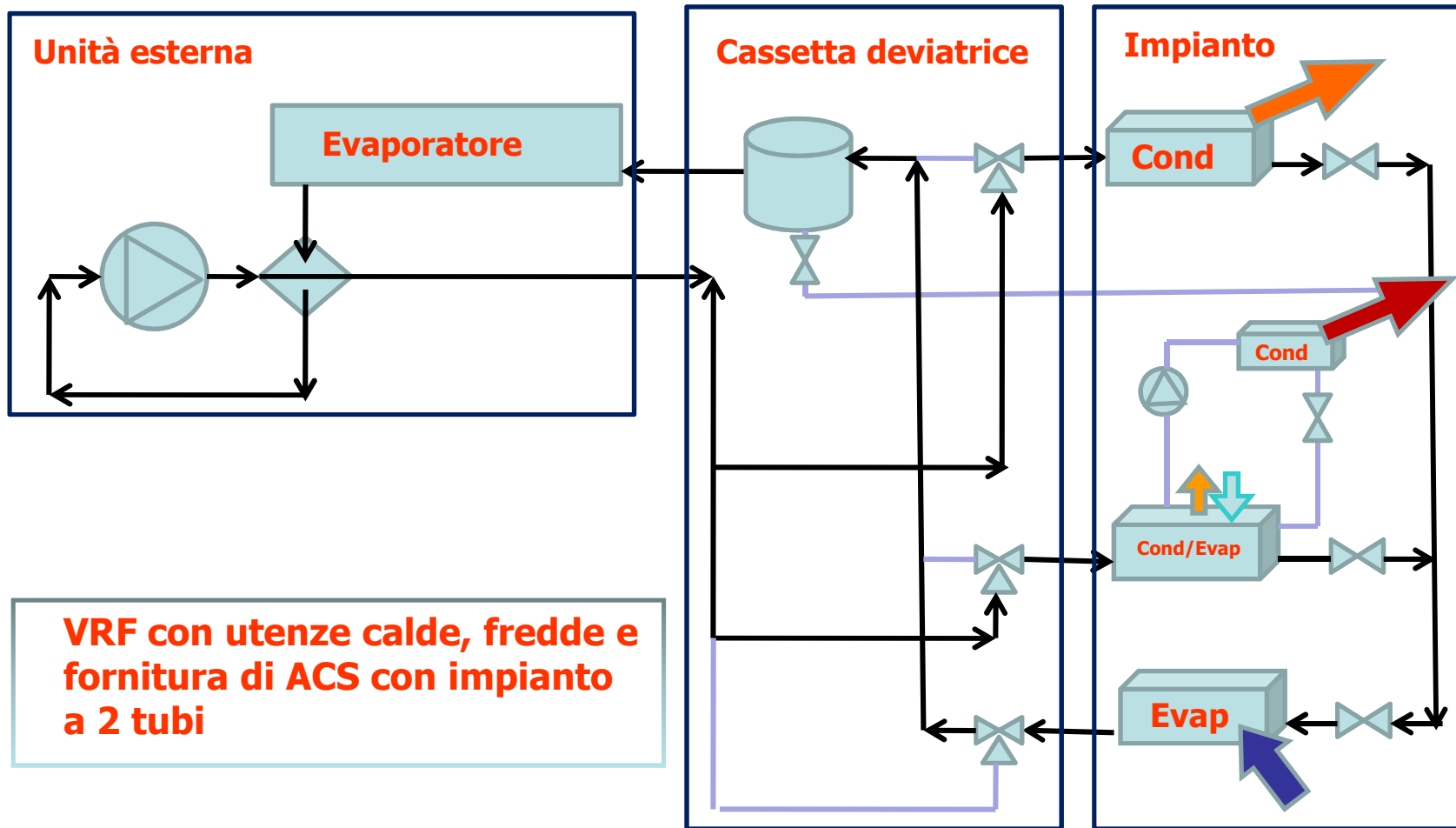
Il caso del VRF con utenze diverse e contemporanee (1)



Il caso del VRF con utenze diverse e contemporanee (2)



Il caso del VRF con utenze diverse e contemporanee (3)



La pompa di calore come macchina da fonte rinnovabile

Attinge in massima parte ad una sorgente energetica gratuita e disponibile

Le sorgenti di energia termica sono quasi sempre aria e terreno, le cui temperature sono determinate dai cicli naturali.

La sorgente ritorna al suo livello termico spontaneamente

Le temperature originarie si ristabiliscono al cessare dell'azione della pompa di calore per effetto della naturale tendenza dei corpi più caldi a cedere calore verso i corpi più freddi.

L'unico effetto sull'ambiente deriva dalla necessità di fornire energia meccanica prodotta da risorse tradizionali (combustibili).

Ciò avviene, però, con un sensibile "effetto moltiplicatore". Rispetto all'energia necessaria per il riscaldamento tradizionale, la pompa di calore consente di consumare una quantità di energia sensibilmente inferiore. *Non resta affatto esclusa la possibilità di integrare le macchine frigorifere con altre fonti rinnovabili.*

Rende possibile soddisfare contemporaneamente esigenze di caldo e di freddo nell'ambito di utenze complesse e diverse

I benefici dell'azione della pompa di calore possono trarsi sia al condensatore, sia all'evaporatore in maniera alternata o contemporanea.