



BUONGIORNO



RICORDA:
sono **importante** per l'esame



SOMMARIO

Unità di misura e grandezze fisiche

Il ciclo frigorifero

Esempio di circuito frigorifero e componenti

Gas refrigeranti

Normativa

Attrezzature e loro impiego



Unità di misura e grandezze fisiche

Misurare: confrontare, secondo un dato criterio la grandezza in esame con un'altra grandezza della stessa specie scelta come unità

Attraverso le **leggi fisiche** che definiscono e legano le varie grandezze fisiche, si possono costruire legami tra le unità di misura; si avranno così una serie di **unità di misura FONDAMENTALI**, scelte arbitrariamente secondo criteri concordati a livello locale, nazionale, internazionale dalle quali ricavare poi tutte le altre **unità di misura DERIVATE** proprio attraverso le leggi fisiche.

Si realizza così un **SISTEMA** di **UNITA'** di **MISURA** che sarà definito da:

- Grandezze fisiche fondamentali (tra loro indipendenti);
- Unità di misura assunte per le grandezze fondamentali;
- Relazioni di definizione (leggi fisiche) delle grandezze fisiche derivate (tra loro dipendenti);
- Relazioni di definizione (relazioni dimensionali formalmente identiche alle relative leggi fisiche) delle unità di misura.



Unità di misura e grandezze fisiche

SISTEMI di UNITA' di MISURA

- **SCIENTIFICI**; assumono come grandezze fondamentali:

lunghezza, tempo, massa, temperatura

Appartiene a questa categoria il **SISTEMA INTERNAZIONALE (SI)** delle unità di misura, deliberato nel 1960 dalla XI Conferenza Generale dei Pesi e Misure come unico sistema di unità di misura cui riferirsi in sede nazionale ed internazionale da parte degli Stati aderenti; nel SI si aggiungono alle unità fondamentali sopra richiamate le seguenti: *intensità di corrente elettrica, intensità luminosa, quantità di sostanza*; si aggiungono inoltre due grandezze supplementari: angolo piano, angolo solido.

- **TECNICI**; assumono come grandezze fondamentali:

lunghezza, tempo, forza, temperatura

Appartengono a questa categoria i molteplici sistemi di unità impiegati per lunga consuetudine ed abitudine nella pratica e tecnica impiantistica. Il loro utilizzo è però oggi sempre più raro poiché l'impiego della forza come grandezza fondamentale pone non pochi problemi di correttezza ed esattezza delle misure soprattutto quanto sono richieste elevate precisioni.



Unità di misura e grandezze fisiche

SISTEMI di UNITA' di MISURA

In Italia con il DPR 12/08/1982 n. 802 è stato reso **obbligatorio** l'impiego del solo **SI**, qualificandolo come unico sistema di unità di misura avente valore legale (attuazione direttiva CE 71/354/CEE del 18/10/1971 come modificata dalle direttiva CE 76/770/CEE del 17/07/1976 e 80/181/CEE del 29/10/1979).

Le unità di misura appartenenti ad altri sistemi erano validamente utilizzabili in via transitoria sino al 31/12/1999 (poi prorogato al 31/12/2009 con Direttiva CE 1999/103/CEE del 24/01/2000) solo se in aggiunta a quelle del SI.

Pertanto le unità di misura dei sistemi NON SI, ancora largamente impiegate nell'uso pratico corrente, sono formalmente NON LEGALI e NON dovrebbero essere quindi utilizzate in alcun contesto, specialmente se all'interno di documentazione tecnica e/o legale.

Unità di misura e grandezze fisiche

SISTEMA INTERNAZIONALE (SI) di unità di misura

Grandezza	Unità	Simbolo
Lunghezza ^(f)	metro	m
Massa ^(f)	kilogrammo	kg
Tempo ^(f)	secondo	s
Temperatura ^(f)	kelvin	K
Forza ^(d)	newton	$N = \text{kg} \cdot \text{m} / \text{s}^2$
Pressione ^(d)	pascal	$\text{Pa} = \text{N} / \text{m}^2$
Energia (calore, lavoro) ^(d)	joule	$J = \text{N} \cdot \text{m}$
Potenza ^(d)	watt	$W = \text{J} / \text{s}$



f = fondamentale - d = derivata

Unità di misura e grandezze fisiche

SISTEMA TECNICO (ST) di unità di misura



Grandezza	Unità	Simbolo
Lunghezza ^(f)	metro	m
Tempo ^(f)	secondo	s
Forza ^(f)	Kilogrammo forza	kg _f
Temperatura ^(f)	grado celsius, fahrenheit, rankine	°C, °F, °R
Massa ^(d)	unità tecnica di massa	U.T.M.
Pressione ^(d)	atmosfera fisica, atmosfera tecnica, bar, torricelli (o millimetri mercurio), millimetri colonna H ₂ O	atm, at, bar, Torr (mm Hg), mm H ₂ O
Energia (calore, lavoro) ^(d)	caloria, wattora, british thermal unit	cal, Wh, Btu
Potenza ^(d)	caloria/ora, watt	cal/h, W, Btu/h

f = fondamentale - d = derivata



Unità di misura e grandezze fisiche

CONVERSIONE tra unità di misura MASSA - FORZA

1 kg	0,10197 U.T.M.
1 U.T.M.	9,80665 kg

1 N	0,10197 kg _f
1 kg _f	9,80665 N

Unità di misura e grandezze fisiche

CONVERSIONE tra unità di misura - **PRESSIONE**

1 Pa	0,00001 bar	0,0000987 atm	0,0075 mm Hg	0,102 mm H ₂ O	0,00001 at
1 bar	100.000 Pa	0,9869 atm	750 mm Hg	10.793 mm H ₂ O	1,02 at
1 atm	1,013 bar	101.325 Pa	760 mm Hg	10.333 mm H ₂ O	1,033 at
1 mm Hg (Torr)	0,00133 bar	0,00131 atm	133,3 Pa	13,6 mm H ₂ O	0,00136 at
1 mm H ₂ O	0,0000981 bar	0,0000968 atm	7,356 mm Hg	9,806 Pa	0,0001 at
1 at	0,9806 bar	0,9678 atm	735,6 mm Hg	10.000 mm H ₂ O	98.066 Pa



Unità di misura e grandezze fisiche

CONVERSIONE tra unità di misura - ENERGIA

1 J	0,239 cal	0,000948 Btu	0,000278 Wh
1 cal	4,187 J	0,003968 Btu	0,001163 Wh
1 Btu	252 cal	1055 J	0,294 Wh
1 Wh	860 cal	3,412 Btu	3.600 J
1 kcal	4,184 kJ	3,968 Btu	1,162 Wh

CONVERSIONE tra unità di misura - POTENZA

1 W	860 cal/h	3,412 Btu/h
1 cal/h	0,001162 W	0,003968 Btu/h
1 Btu/h	252 cal/h	0,293 W
1 kcal/h	1,162 W	3,968 Btu/h

Unità di misura e grandezze fisiche

NOTA: da un punto di vista rigorosamente scientifico, la **temperatura** NON è una GRANDEZZA FISICA bensì un **INDICE** di **STATO FISICO**; la sua misura si esprime pertanto fissando una **SCALA TERMOMETRICA** e NON un'unità di misura. *Nel seguito tale rigore verrà dato per scontato.*

CONVERSIONE tra unità di misura - TEMPERATURA

Scala KELVIN (<i>assoluta</i>)	 Scala CELSIUS (relativa)	Scala FAHRENHEIT (relativa)	Scala RANKINE (<i>assoluta</i>)
0 K	-273,15 °C	-459,67 °F	0 °R
273,15 K	0 °C	32 °F	491,67 °R
323,15 K	50 °C	122 °F	581,67 °R
373,15 K	100 °C	212 °F	671,67 °R

$$1\text{ °C} = 1\text{ K} \text{ -- } 1\text{ °F} = 1\text{ °R}$$

$$1\text{ °C} = 9/5\text{ °F} \text{ -- } 1\text{ K} = 9/5\text{ °R}$$

$$\text{°C} = (\text{°F} - 32) / 1,8 \text{ -- } \text{°F} = \text{°C} \times 1,8 + 32$$

$$\text{K} = (\text{°F} + 459,67) / 1,8 \text{ -- } \text{°F} = \text{K} \times 1,8 - 459,67$$

Unità di misura e grandezze fisiche

CONVERSIONE tra unità di misura - LUNGHEZZA

mm	" (pollici)
6,35	1/4
9,52	3/8
12,7	1/2
15,87	5/8
19,05	3/4
22,22	7/8
25,39	1

Unità di misura e grandezze fisiche

CONVERSIONE tra unità di misura - PREFISSI

10^9	Giga	G	1 000 000 000
10^6	Mega	M	1 000 000
10^3	Chilo - Kilo	k	1 000
10^2	Etto	h	100
10^1	Deca	da	10
10^{-1}	deci	d	0,1
10^{-2}	centi	c	0,01
10^{-3}	milli	m	0,001
10^{-6}	micro	μ	0,000 001
10^{-9}	nano	n	0,000 000 001

Unità di misura e grandezze fisiche

TEMPERATURA: è una grandezza fisica che esprime una proprietà fisica di un corpo: lo **stato termico**. A livello microscopico essa esprime lo stato di **agitazione termica** delle **molecole** di una sostanza.

Le unità di misura della **temperatura** (simbolo T) sono:

- SISTEMA INTERNAZIONALE: **K (kelvin)**.
- SISTEMA TECNICO: **°C (grado celsius)**.

Le **scale termometriche** Kelvin e Celsius differiscono solo per una costante:

$$T[\text{K}] = T[^\circ\text{C}] + 273,15$$

Alla temperatura di **0 K** (-273 °C) corrisponde lo **ZERO ASSOLUTO**.

Se due corpi hanno la medesima temperatura, si dice che sono in **EQUILIBRIO TERMICO**.





Unità di misura e grandezze fisiche

E' esperienza comune che fornendo calore la temperatura di un corpo aumenta (viceversa sottraendo calore). **Ci sono casi in cui è possibile fornire o sottrarre calore senza variazione della temperatura**, poiché il calore fornito o sottratto causa la variazione delle altre proprietà termodinamiche del sistema (pressione, volume, etc.) oppure il passaggio di stato (transizione di fase). Analogamente è possibile aumentare o diminuire la temperatura di un sistema senza fornire o sottrarre calore, variandone pressione e/o volume.

Tutti questi fatti vengono opportunamente sfruttati nei cicli frigoriferi.

NOTA: i **passaggi di stato** sono trasformazioni a **T, p e V costanti (isoterme, isobare, isocore).**

Unità di misura e grandezze fisiche

Parlando di **ARIA** (ambiente) si distingue:



TEMPERATURA a BULBO SECCO (T_{bs}): è la temperatura dell'aria misurata e misurabile con un comune termometro a bulbo. Misura lo **stato termico** dell'aria legato allo scambio di solo **calore sensibile**.

TEMPERATURA a BULBO UMIDO (T_{bu}): è la temperatura dell'aria misurata con un termometro il cui bulbo è mantenuto umido con acqua in condizioni equilibrio termodinamico nello scambio termico convettivo con una massa d'aria in moto turbolento. Misura lo **stato termico** dell'aria legato allo scambio di solo **calore latente** (per evaporazione). Tale temperatura è pertanto influenzata dall'**umidità relativa** dell'aria. Si misura con lo PSICROMETRO.

Dal confronto di queste due temperature si può determinare univocamente l'**umidità assoluta/relativa** ambientale utilizzando il **DIAGRAMMA PSICROMETRICO** (*diagramma aria-vapore a pressione costante*).

Unità di misura e grandezze fisiche

Parlando di **ARIA** (ambiente) si definisce:

UMIDITA': misura della quantità (massa) di vapore acqueo presente nell'aria umida (*miscela aria secca - vapore acqueo*) nelle condizioni [termodinamiche] (T, p) date [se si parla di *aria ambiente* la *pressione* è quella *atmosferica standard*].

Si definiscono:

UMIDITA' ASSOLUTA (U_{ass}): quantità (*massa*) di vapore acqueo contenuto in un volume di aria umida nelle condizioni (T, p) date.



L'unità di misura della **umidità assoluta** è:

$$- \mathbf{g_{\text{vapore}}/m^3_{\text{aria}}}$$

UMIDITA' RELATIVA (U_{rel}): rapporto (*percentuale*) tra la densità del vapore presente nell'aria umida nelle condizioni (T, p) date e la densità del vapore saturo alle medesime condizioni (T, p) [condizione limite].

Unità di misura e grandezze fisiche

UMIDITA' SPECIFICA (X, Titolo): quantità (in massa) di vapore acqueo contenuto rispetto la massa di aria **secca** nelle condizioni (T, p) date. (*NOTA:* l'aria secca è una porzione dell'aria umida di cui vogliamo conoscere il contenuto di vapore acqueo ...).

L'unità di misura della **umidità specifica** è:

- $g_{\text{vapore}} / \text{kg}_{\text{aria secca}}$

Tale grandezza può essere definita in modo analogo in relazione alla massa di aria **umida**.

In questo caso l'unità di misura della **umidità specifica** è:

- $g_{\text{vapore}} / \text{kg}_{\text{aria umida}}$

In termodinamica la prima definizione è preferita.





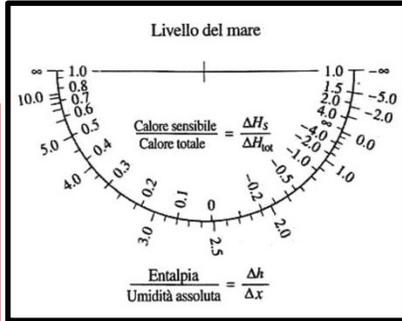
Unità di misura e grandezze fisiche

Diagramma Psicrometrico

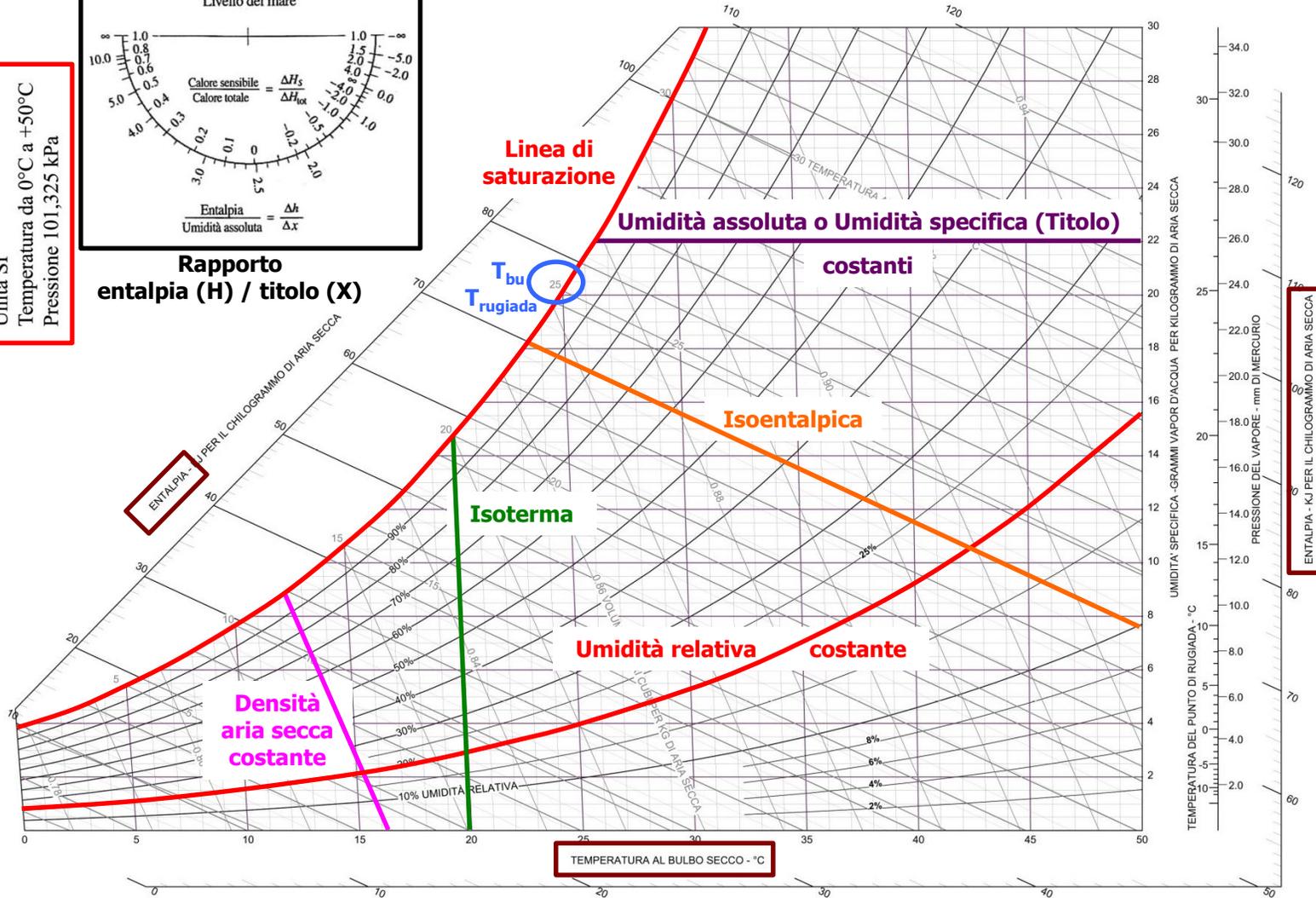
Unità SI

Temperatura da 0°C a +50°C

Pressione 101,325 kPa



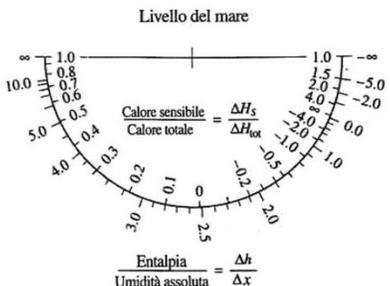
Rapporto entalpia (H) / titolo (X)





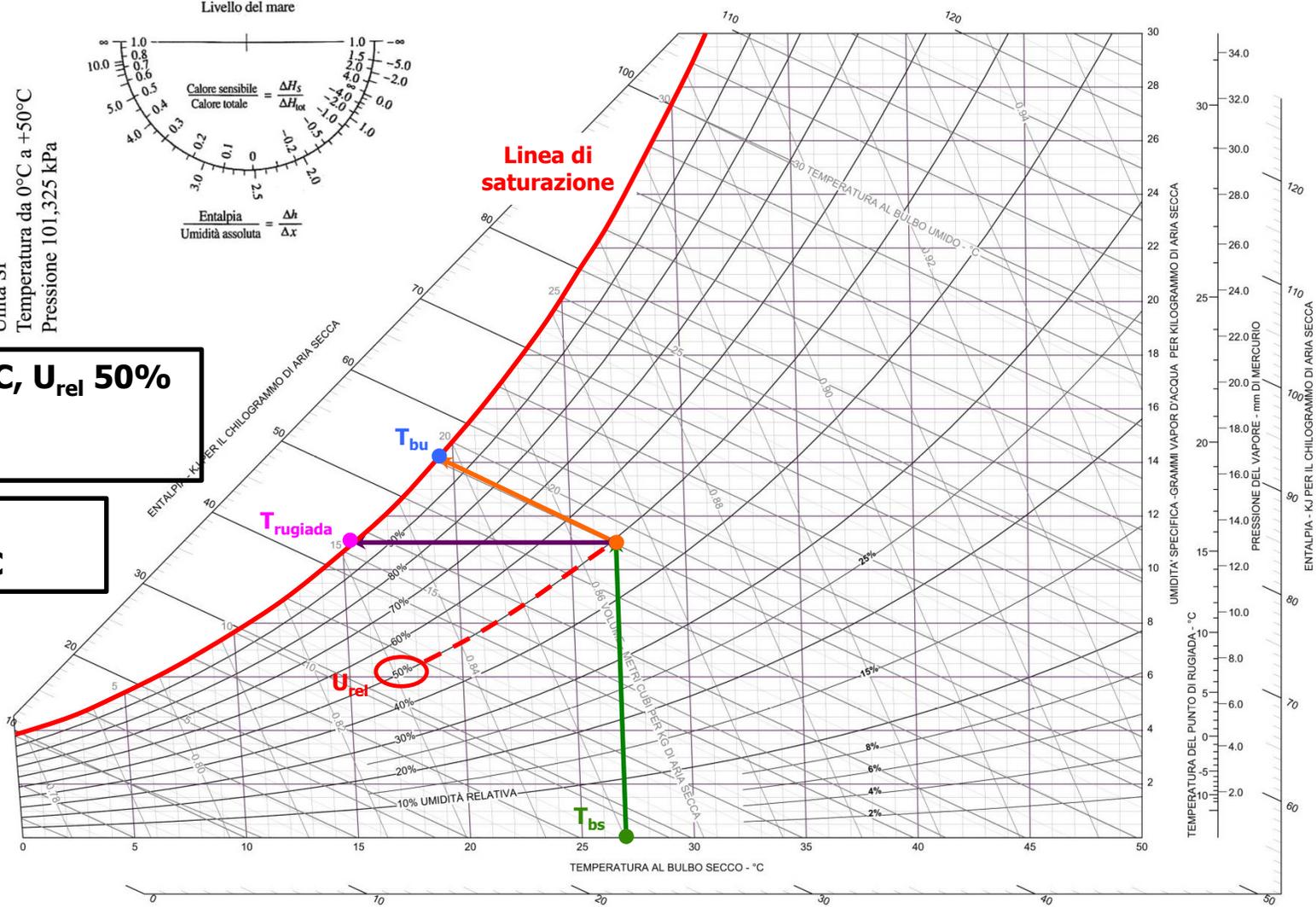
Unità di misura e grandezze fisiche

Diagramma Psicrometrico
Unità SI
Temperatura da 0°C a +50°C
Pressione 101,325 kPa



Es.: T_{bs} 27 °C, U_{rel} 50%
 T_{bu} ?
 $T_{rugiada}$?

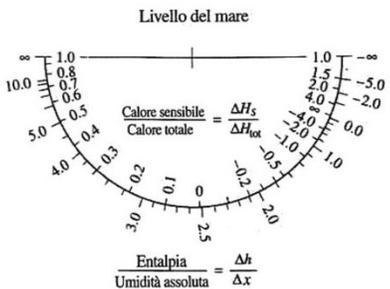
T_{bu} 19 °C
 $T_{rugiada}$ 16 °C





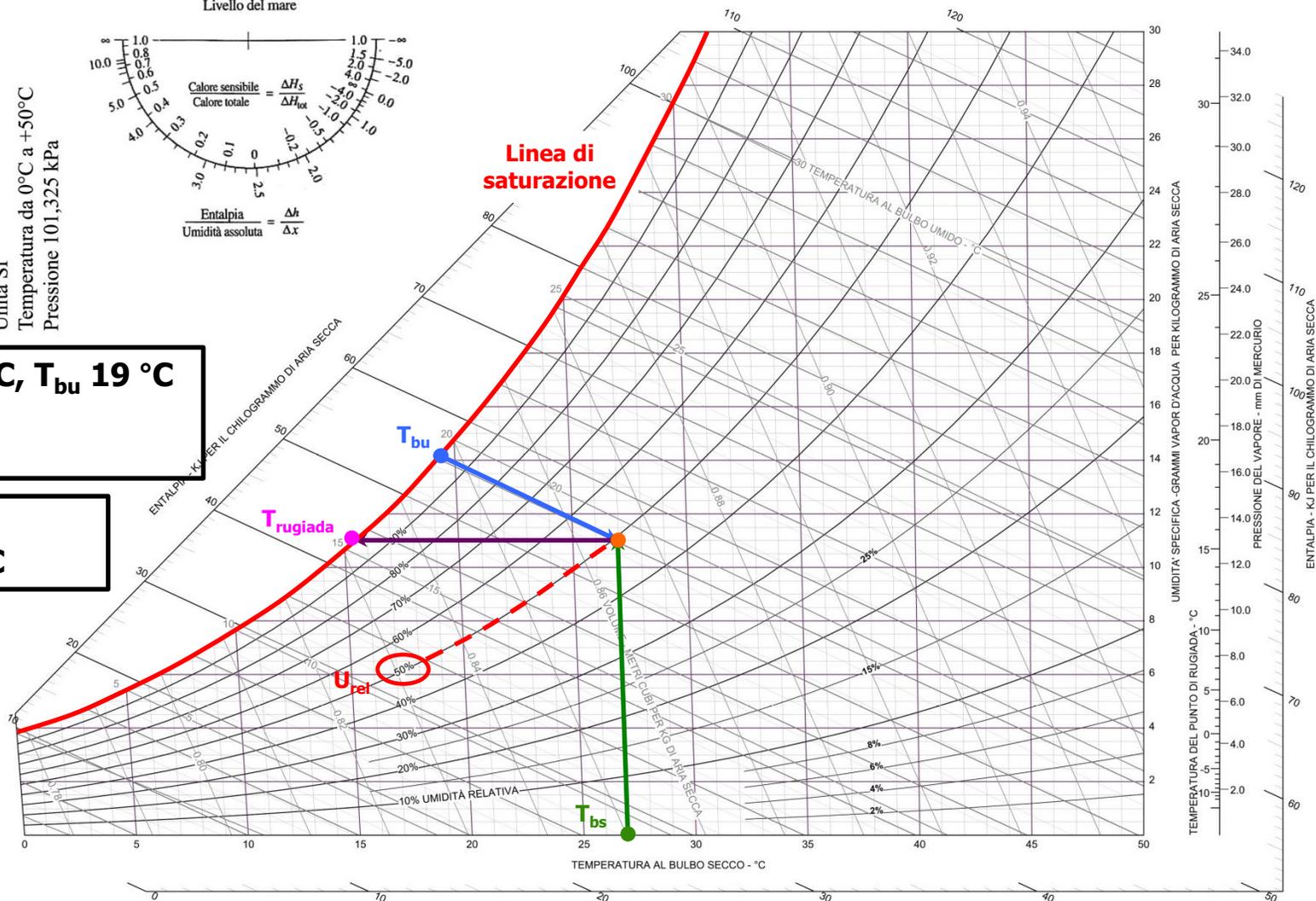
Unità di misura e grandezze fisiche

Diagramma Psicrometrico
Unità SI
Temperatura da 0°C a +50°C
Pressione 101,325 kPa



Es.: T_{bs} 27 °C, T_{bu} 19 °C
 U_{rel} ?
 $T_{rugiada}$?

U_{rel} 50%
 $T_{rugiada}$ 16 °C



Unità di misura e grandezze fisiche

CONDIZIONI DI COMFORT:

Parlando di **ARIA** (ambiente):

L'organismo umano rileva **condizioni ideali** quando l'ambiente in cui si trova è caratterizzato dalle seguenti grandezze termo-igrometriche:



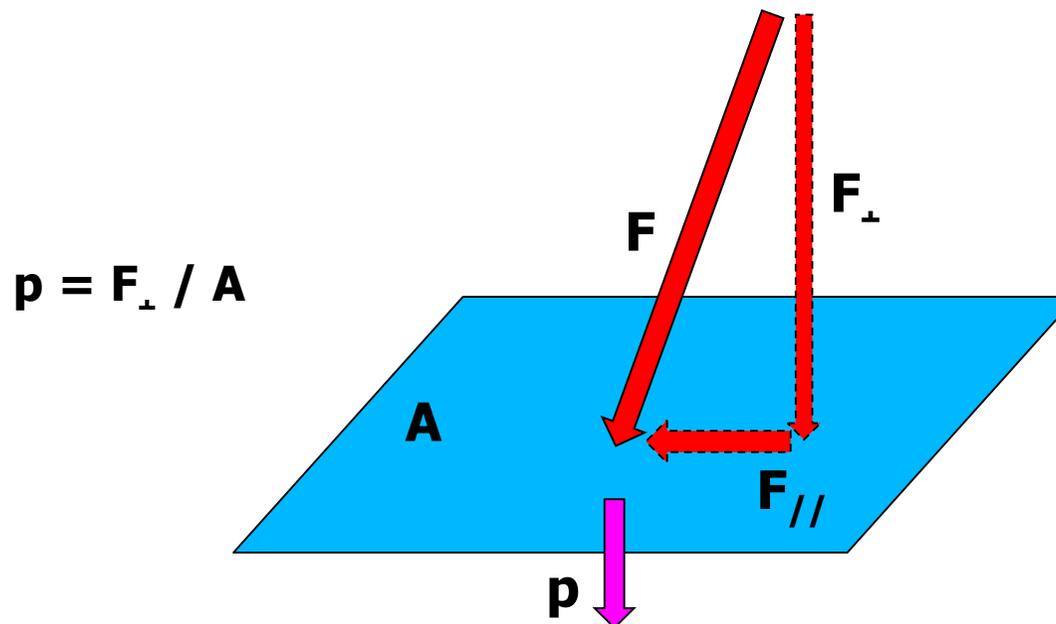
	T	U_{rel}
ESTATE	24 – 26 °C	40 – 60 %
INVERNO	18 – 22 °C	40 – 60 %

Unità di misura e grandezze fisiche

PRESSIONE: rapporto tra l'**intensità** della **forza** agente ortogonalmente su una superficie e la sua **area**.

Le unità di misura della **pressione** (simbolo p) sono:

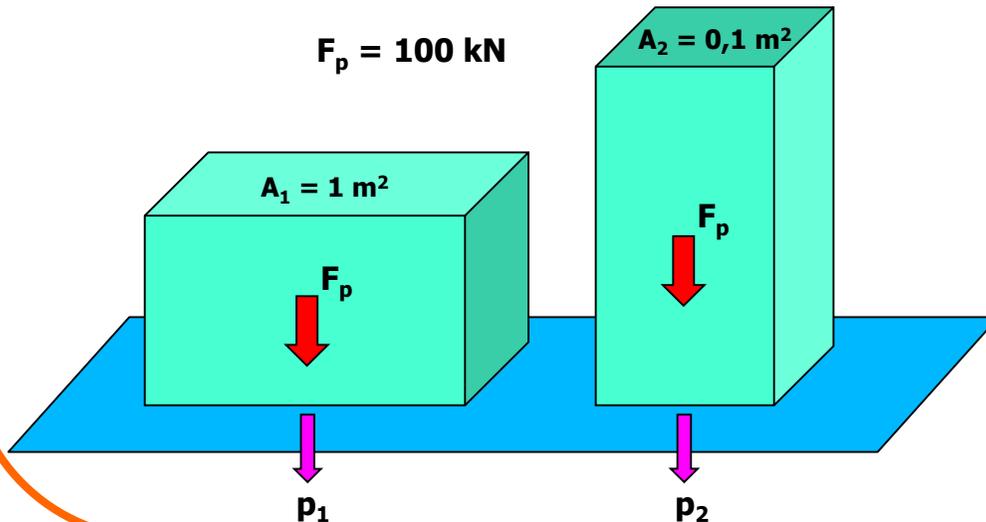
- SISTEMA INTERNAZIONALE: **Pa (pascal)**.
- SISTEMA TECNICO: **bar, atm, mm Hg, Torr**.



Unità di misura e grandezze fisiche

Si noti che a **parità** di forza **F** applicata, la **pressione p** varia in modo **INVERSAMENTE PROPORZIONALE** alla **estensione** della **superficie A** interessata.

Per esempio: uno **stesso peso F_p** che si distribuisce su aree di **diversa estensione A**, determina **pressioni p diverse** in ragione di **$1/A$** .



$$P_1 = F_p / A_1 = 100 \text{ kN} / 1 \text{ m}^2 = \\ = 100.000 \text{ Pa} = 0,1 \text{ MPa} = 1 \text{ bar}$$

$$P_2 = F_p / A_2 = 100 \text{ kN} / 0,1 \text{ m}^2 = \\ = 1.000.000 \text{ Pa} = 1 \text{ MPa} = 10 \text{ bar}$$

Unità di misura e grandezze fisiche

Si definiscono inoltre:

PRESSIONE ASSOLUTA (p_{ass}): pressione misurata assumendo come riferimento il **vuoto**. E' sempre usata nelle formule e nei calcoli. Sui manometri assoluti la scala ha valori solo ≥ 0 .

PRESSIONE RELATIVA (p_{rel}): pressione misurata assumendo come riferimento un'altra **pressione** (tipicamente quella atmosferica). Sui manometri la scala può avere valori anche < 0 .



Se ci riferiamo alla **pressione atmosferica (p_{atm})** vale la seguente relazione:

$$p_{\text{ass}} = p_{\text{rel}} + p_{\text{atm}}$$



Unità di misura e grandezze fisiche

La **pressione atmosferica** è dovuta al **peso** della **colonna d'aria** che insiste **sulla superficie** di ogni **corpo** presente in atmosfera.

Essa varia con la quota a cui viene misurata oltre che con le condizioni meteorologiche.

Il **valore standard** di p_{atm} , misurato alla latitudine di 45° e sul livello del mare, è **101.332 Pa (1,013 bar)**.



Unità di misura e grandezze fisiche

Le grandezze **temperatura**, **pressione** e **volume** sono tra loro legate da relazioni (equazioni di stato).

Equazione di stato dei gas (ideali):

$$p V = n R T$$

ovvero (fissata la quantità di gas):

$$(p V) / T = \text{cost}$$

n = numero di moli di gas

R = costante dei gas (ideali)

Per i fluidi (ideali) che sono incompressibili (**$V = \text{cost}$**), tale equazione si semplifica ulteriormente:

$$p / T = \text{cost}$$

Unità di misura e grandezze fisiche

Per precisare alcune terminologie (da norme UNI):

Riscaldamento: regolazione della ***SOLA TEMPERATURA*** così che sia: $T_{amb} \geq T_{set}$

Una eventuale ripercussione sull'**umidità non** è controllabile in modo **indipendente**.

Raffrescamento: regolazione della ***SOLA TEMPERATURA*** così che sia: $T_{amb} \leq T_{set}$

Una eventuale ripercussione sull'**umidità non** è controllabile in modo **indipendente**.



Climatizzazione: regolazione di **TEMPERATURA** ed **UMIDITA'** in modo **indipendente** così che sia:

$$\begin{aligned} T_{setlow} &\leq T_{amb} \leq T_{sethigh} \\ U_{setlow} &\leq U_{amb} \leq U_{sethigh} \end{aligned}$$

Unità di misura e grandezze fisiche

CALORE: **energia** che si **trasferisce** tra due corpi, o tra due parti dello stesso corpo, a causa delle **differenti condizioni termiche** (*temperatura*), oppure energia **prodotta** o **consumata** in una reazione chimica o nucleare.

NON è una energia **posseduta** dal corpo bensì una **ENERGIA in TRANSITO** che **FLUISCE**, in modo naturale, dai punti a temperatura maggiore verso quelli a temperatura minore.



Le unità di misura del **calore** (energia, simbolo Q) sono:

- SISTEMA INTERNAZIONALE: **J (joule)**: joule è il lavoro svolto esercitando la forza di 1 N per una distanza di 1 m (definizione meccanica).
- SISTEMA TECNICO: **cal (caloria)**: l'energia necessaria per innalzare da 14,5 a 15,5 °C la temperatura di 1 g di acqua distillata al livello del mare (pressione di 1 atm).

Unità di misura e grandezze fisiche

Il **trasferimento di calore** può avere due effetti:



- **VARIAZIONE DELLA TEMPERATURA:** allora parliamo di **CALORE SENSIBILE**
- **PASSAGGIO DI STATO** di aggregazione della materia (*cambiamento di fase: solido-liquido-aeriforme*): allora parliamo di **CALORE LATENTE**

Il calore scambiato per un passaggio di stato (**calore latente**) è sempre **molto maggiore** di quello scambiato per una variazione di temperatura (**calore sensibile**); è per questo motivo che i cicli frigoriferi sfruttati nelle macchine frigorifere (così come nelle pompe di calore) si basano sui cambiamenti di stato dei gas impiegati.

Il **calore scambiato** (ceduto, assorbito) durante i **passaggi di stato** serve **esclusivamente** a far avvenire tale **cambiamento di fase** (modificazione dello stato di coesione molecolare); se si aumenta il calore scambiato il passaggio di stato diventa più **rapido** (si conclude in meno tempo).

Unità di misura e grandezze fisiche

I **passaggi di stato** sono trasformazioni che *se* avvengono a *pressione costante (isobare)* sono anche a **TEMPERATURA COSTANTE (isoterme)** fino al completamento del passaggio per tutte le molecole della sostanza. La temperatura del passaggio di stato dipende dalla pressione ed è una caratteristica di ogni sostanza. Nei passaggi di stato **VARIA** il **VOLUME** della sostanza.

Le **temperature** a cui avvengono i **passaggi di stato** dipendono dalla **sostanza** e dalla **pressione** esistente.

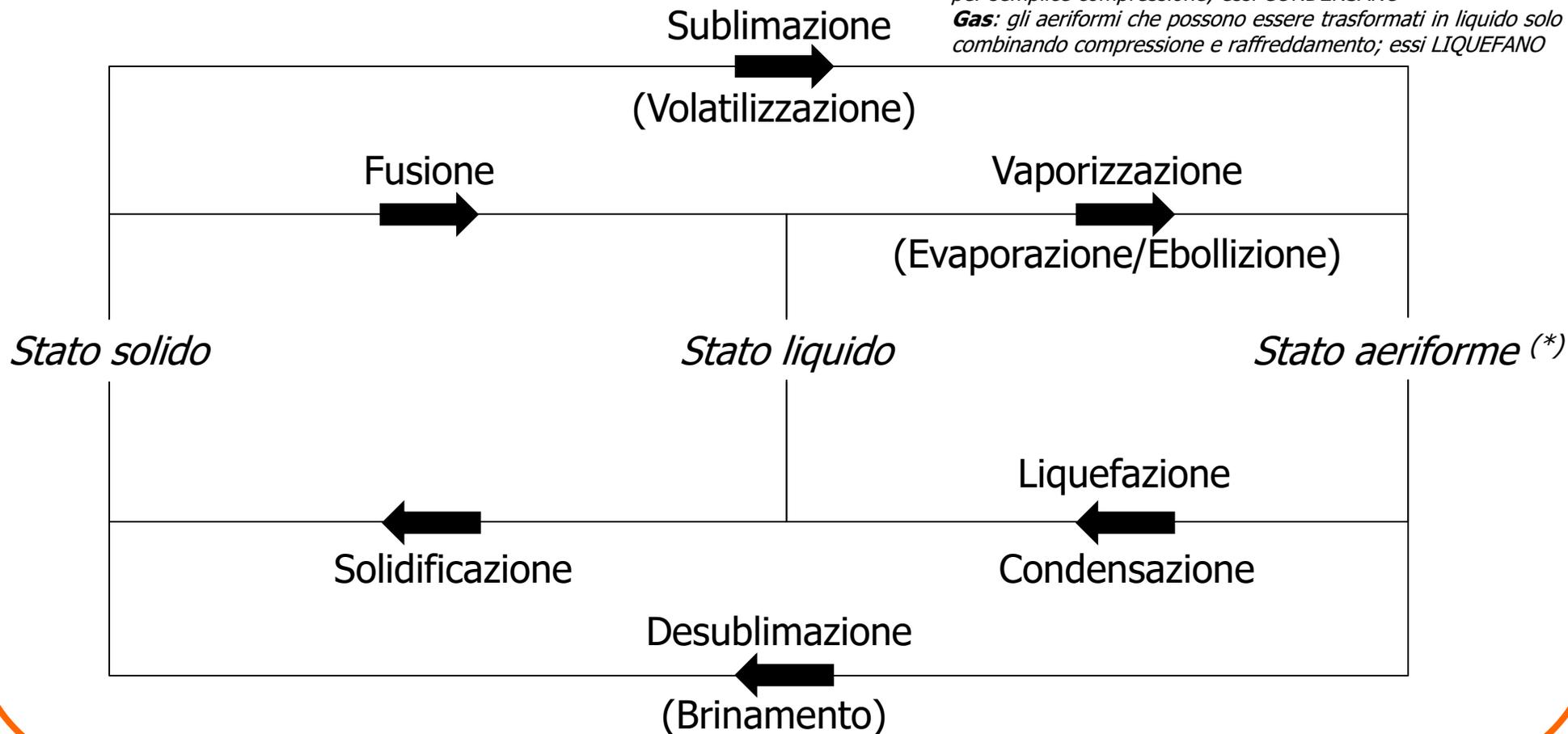


Fissata la sostanza e la pressione si ha che:

$$\begin{aligned}T_{\text{fus}} &= T_{\text{solid}} \\ T_{\text{vaporiz}} &= T_{\text{cond/liquef}}\end{aligned}$$

Unità di misura e grandezze fisiche

I **passaggi** (*cambiamenti*) di **stato** sono così schematizzabili:



Unità di misura e grandezze fisiche

CALORE LATENTE (totale) (fusione-solidificazione, ebollizione-condensazione): **energia** necessaria al compimento di un **passaggio di stato** (transizione di fase solido-liquido-vapore o viceversa) per una determinata sostanza.

Il **CALORE LATENTE totale** assorbito/ceduto durante un passaggio di stato per una massa m di sostanza vale:

$$Q = \lambda * m$$



Dove si definisce **calore latente specifico** la quantità λ .

Le unità di misura del **calore latente specifico** (simbolo λ) sono:

- SISTEMA INTERNAZIONALE: **J/kg**.
- SISTEMA TECNICO: **cal/kg**.

Unità di misura e grandezze fisiche

CALORE SENSIBILE (totale): **energia** necessaria ad una **variazione di temperatura** per una determinata sostanza.

Il **CALORE SENSIBILE totale** assorbito/ceduto durante una variazione di temperatura ($\Delta T = T_f - T_i$) per una massa m di sostanza vale:

$$Q = q * m = c * \Delta T * m = c * (T_f - T_i) * m$$

Dove si definisce **calore sensibile specifico** la quantità q .



Le unità di misura del **calore sensibile specifico** (simbolo q) sono:

- SISTEMA INTERNAZIONALE: **J/kg**.
- SISTEMA TECNICO: **cal/kg**.

Il **calore sensibile specifico** dipende dalla variazione di temperatura attraverso un coefficiente di proporzionalità detto ...

Unità di misura e grandezze fisiche

... **calore specifico** così definito: energia necessaria per variare di 1 K la temperatura di una massa di 1 kg.

$$q = c * \Delta T = c * (T_f - T_i)$$

Le unità di misura del **calore specifico** (simbolo c) sono:

- SISTEMA INTERNAZIONALE: **J/(kg*K)**.
- SISTEMA TECNICO: **cal/(kg*°C)**.

Il prodotto del **calore specifico** per la **massa** è detto **capacità termica** di una sostanza; essa è anche definita come il rapporto tra il **calore scambiato** e la relativa **variazione di temperatura**:

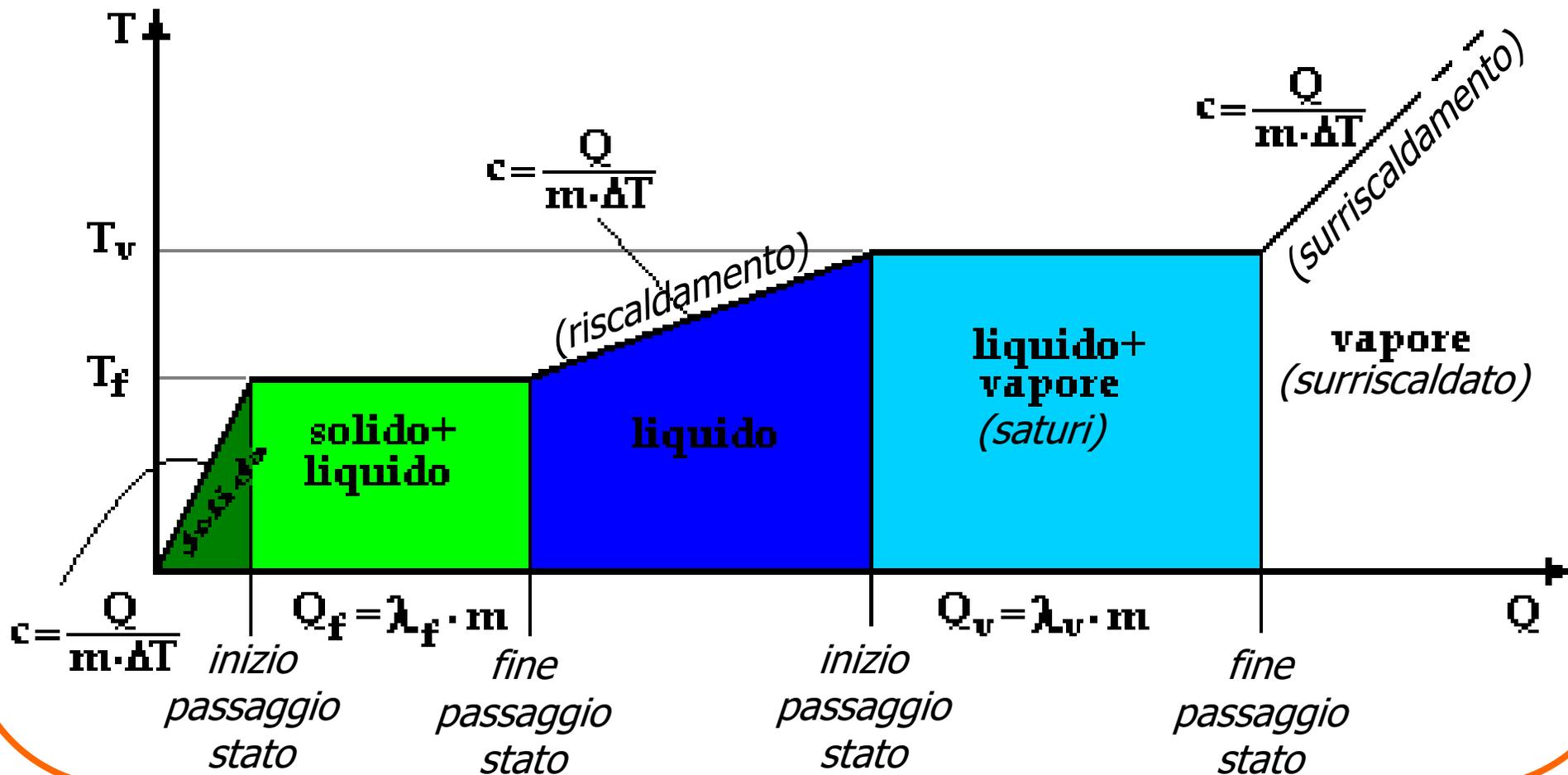
$$C = c * m = Q / \Delta T$$

Le unità di misura della **capacità termica** (simbolo C) sono:

- SISTEMA INTERNAZIONALE: **J/K**.
- SISTEMA TECNICO: **cal/°C**.



Unità di misura e grandezze fisiche



Unità di misura e grandezze fisiche

Abbiamo affermato che il calore fluisce in modo naturale dal corpo a temperatura maggiore verso quello a temperatura minore. La **trasmissione del calore** può avvenire in tre modi (anche combinati):

CONDUZIONE

CONVEZIONE

IRRAGGIAMENTO



Un esempio: il calorifero.



Unità di misura e grandezze fisiche

CONDUZIONE: lo scambio di calore avviene per **interazione diretta** (**CONTATTO**) tra le molecole di un mezzo (fase unica) o tra mezzi diversi nella medesima fase (due o più solidi, due o più liquidi, due o più gas).

CONVEZIONE: lo scambio di calore avviene per in **modo combinato** per **contatto** e **movimento reciproco** tra un fluido (liquido o gas) ed un altro mezzo (solido, liquido, gas); le molecole di fluido che vengono in contatto col l'altro mezzo vengono *sostituite* in continuazione a causa del moto; lo scambio di calore è quindi più intenso. Il moto può essere:

- **NATURALE:** causato dalla sola differenza di temperatura presente nel fluido.
- **FORZATO:** causato all'azione di un qualche dispositivo di circolazione.



Unità di misura e grandezze fisiche

IRRAGGIAMENTO: lo scambio di calore avviene tra due o più **corpi affacciati** attraverso la **radiazione elettromagnetica** che si origina dai corpi stessi a causa delle reciproche differenti temperature.

---000---

Normalmente lo scambio di calore tra corpi coinvolge tutti e tre i modi; di volta in volta potrà essere possibile considerarne uno come prevalente e quindi semplificare l'analisi del fenomeno.



Un esempio: il calorifero.



Unità di misura e grandezze fisiche

ENTALPIA: *funzione di stato* che esprime la somma dell'**energia interna** (U) e del **prodotto pressione-volume** di un sistema (**energia totale**):

$$H = U + p V$$

Le unità di misura dell'**entalpia** (simbolo H) sono:

- SISTEMA INTERNAZIONALE: **J**.
- SISTEMA TECNICO: **cal**.

ENTALPIA SPECIFICA: entalpia normalizzata rispetto alla massa.



Le unità di misura dell'**entalpia specifica** (simbolo h) sono:

- SISTEMA INTERNAZIONALE: **J/kg**.
- SISTEMA TECNICO: **cal/kg**.

Nei passaggi di stato, essendo $p = \text{cost}$, abbiamo che la variazione di **entalpia** è **uguale** al **calore scambiato**:

$$\Delta H = Q$$

Unità di misura e grandezze fisiche

ENTROPIA: *funzione di stato* che esprime lo stato di **disordine** di un sistema.

Le unità di misura dell'**entropia** (simbolo S) sono:

- SISTEMA INTERNAZIONALE: **J/K**.
- SISTEMA TECNICO: **cal/°C**.

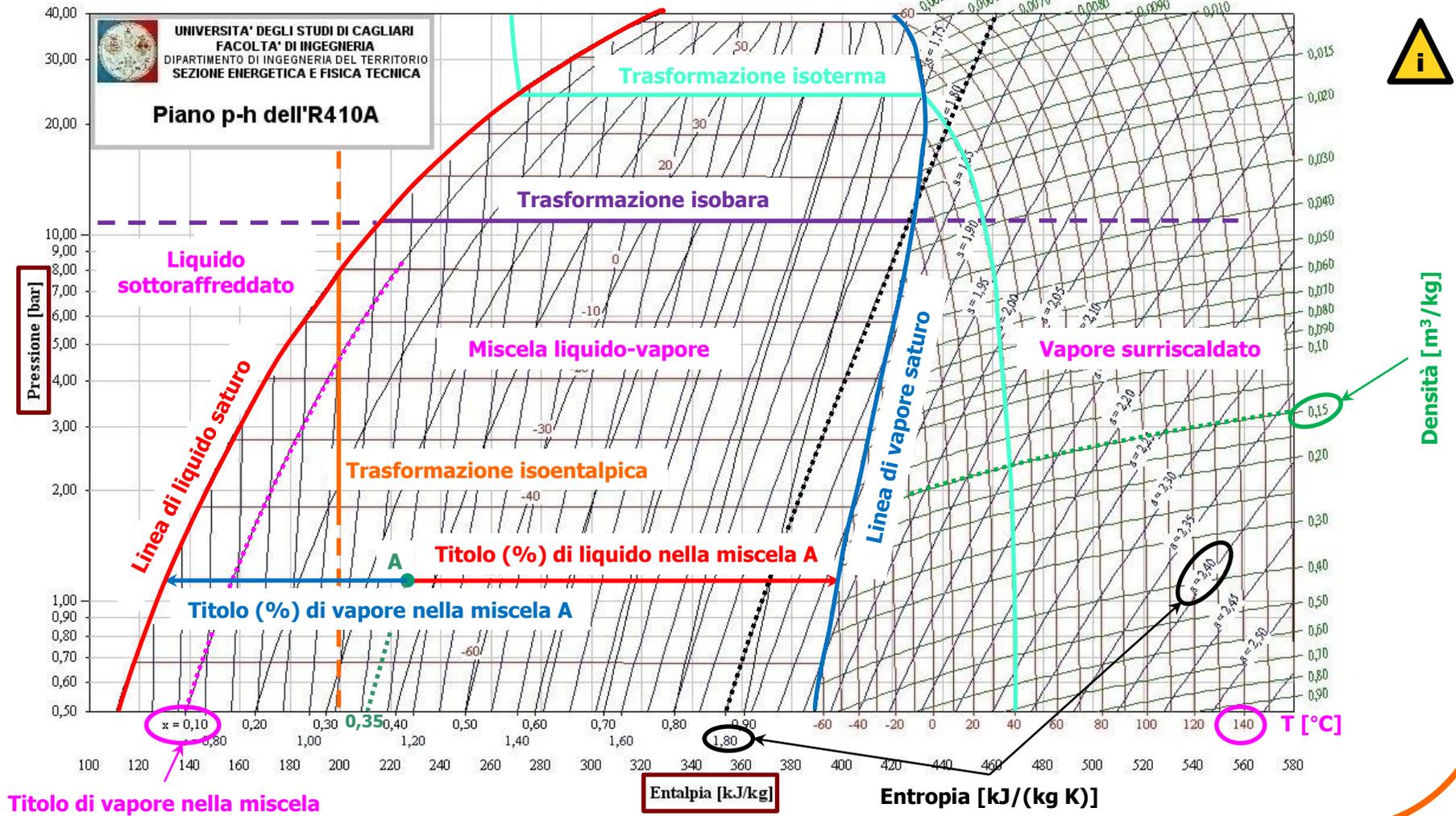
Un sistema evolve in modo naturale in modo che l'entropia aumenti sempre, evolve cioè verso stati più disordinati.



Un esempio: nella **compressione** di un **refrigerante**, attraverso il lavoro del compressore **innalziamo** la **pressione** e la **temperatura** del **gas** (quindi il **lavoro del compressore** si trasforma in **calore ceduto al refrigerante**). La temperatura più alta implica **maggiore agitazione molecolare** e quindi **più "disordine"**. L'**entropia** è quindi **aumentata**.

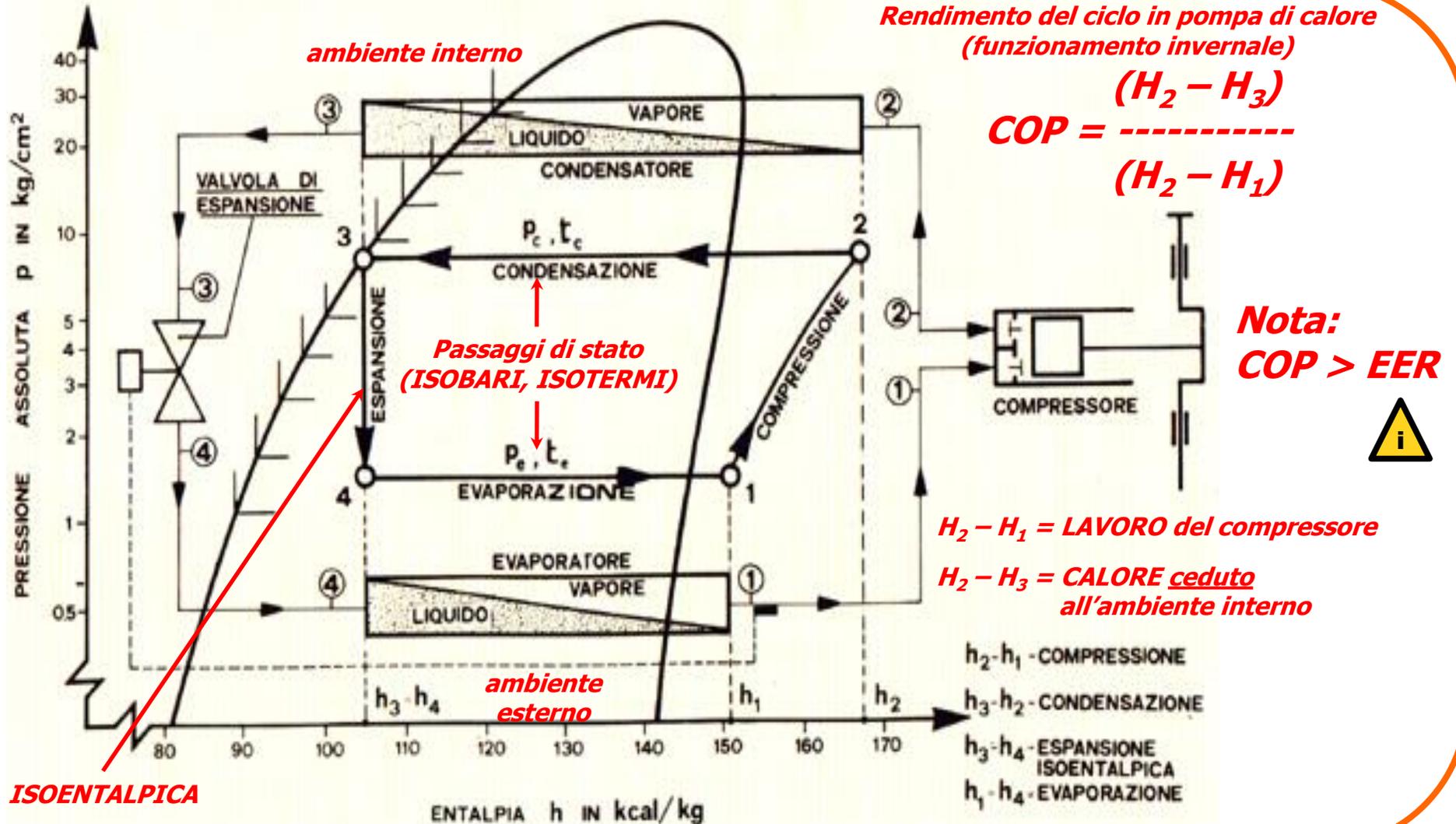
Il ciclo frigorifero

Diagramma p-h gas R410A

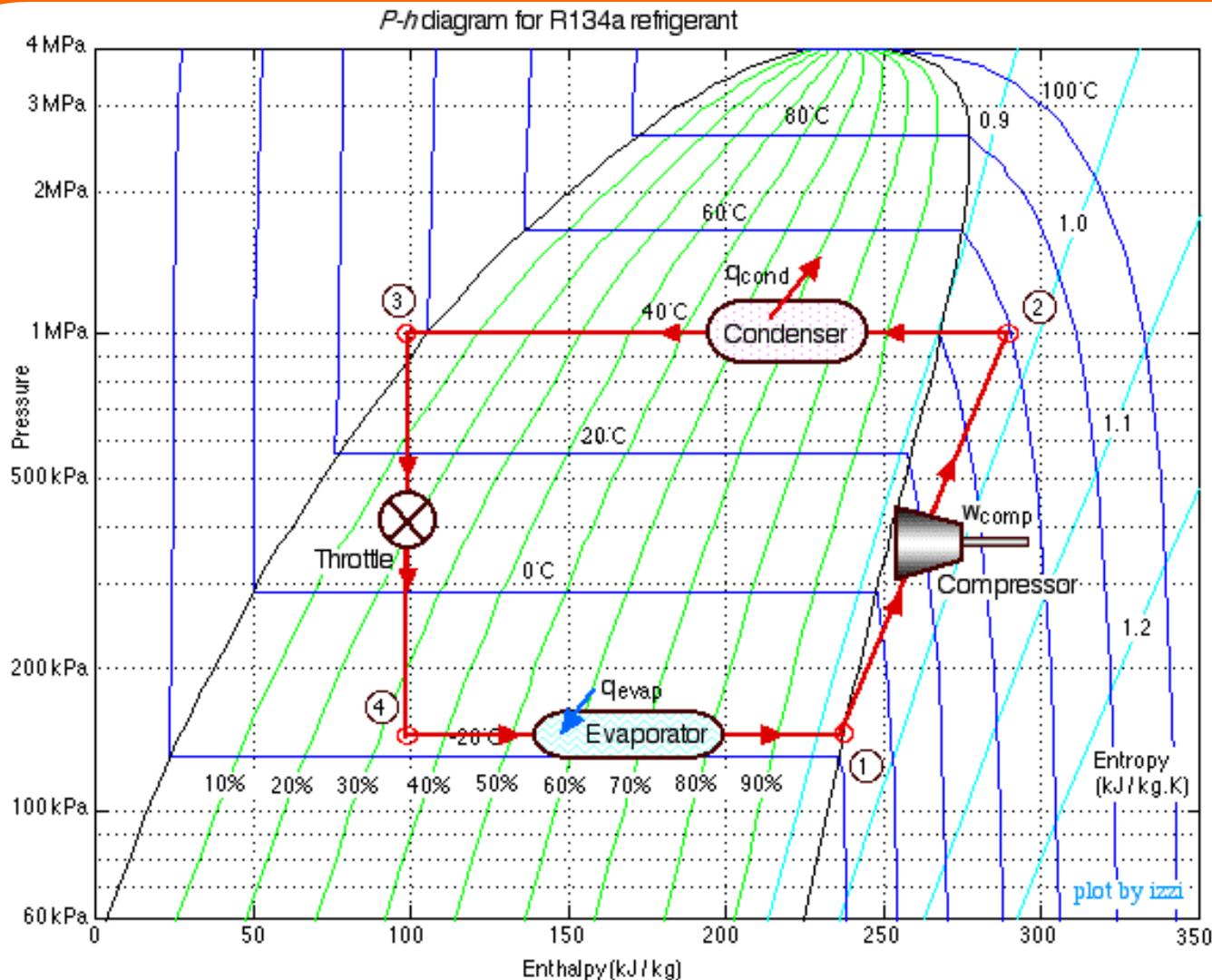


Densità [m³/kg]

Il ciclo frigorifero



Il ciclo frigorifero



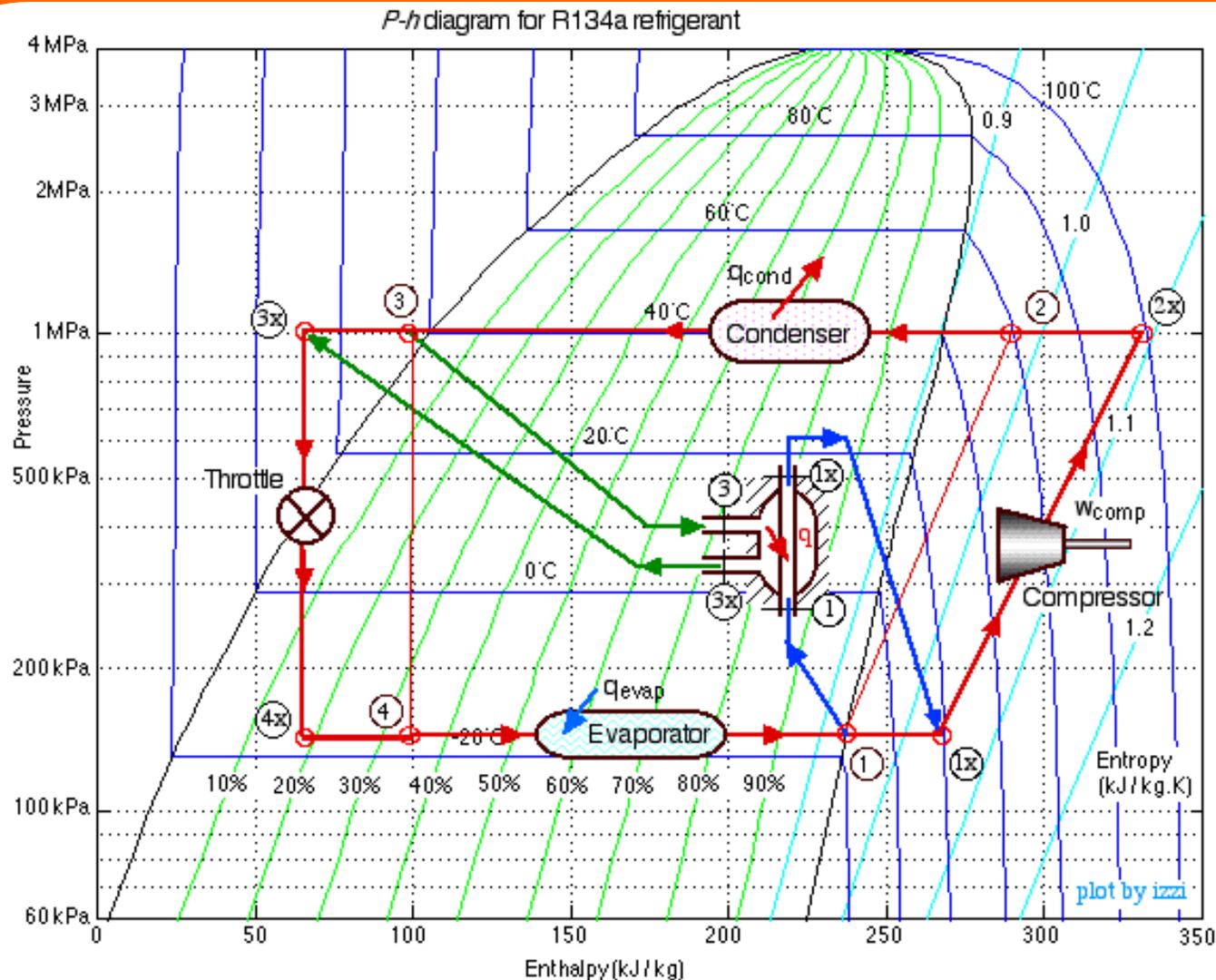
Caratteristiche del ciclo:

$$EER = (H_1 - H_4) / (H_2 - H_1) = 2,8$$

Assenza surriscaldamento vapore.

Assenza sottoraffreddamento liquido.

Il ciclo frigorifero



Caratteristiche del ciclo:

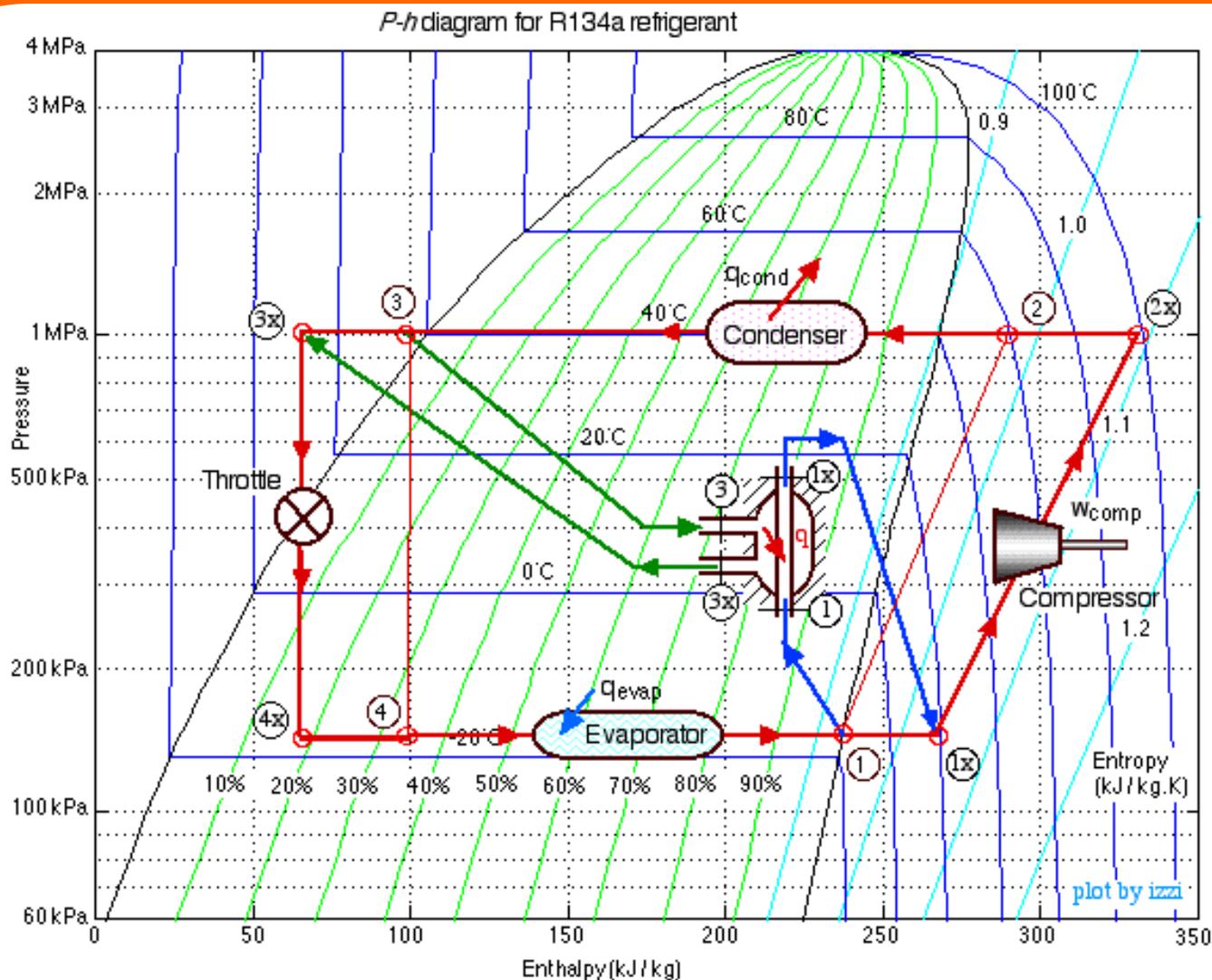
$$EER = (H_{1x} - H_{4x}) / (H_{2x} - H_{1x}) = 3,3$$

Presenza surriscaldamento vapore (tratto 1 - 1x).

Presenza sottoraffreddamento liquido (tratto 3 - 3x).

Aumento calore sottratto all'ambiente dall'evaporatore (tratto 4 - 4x).

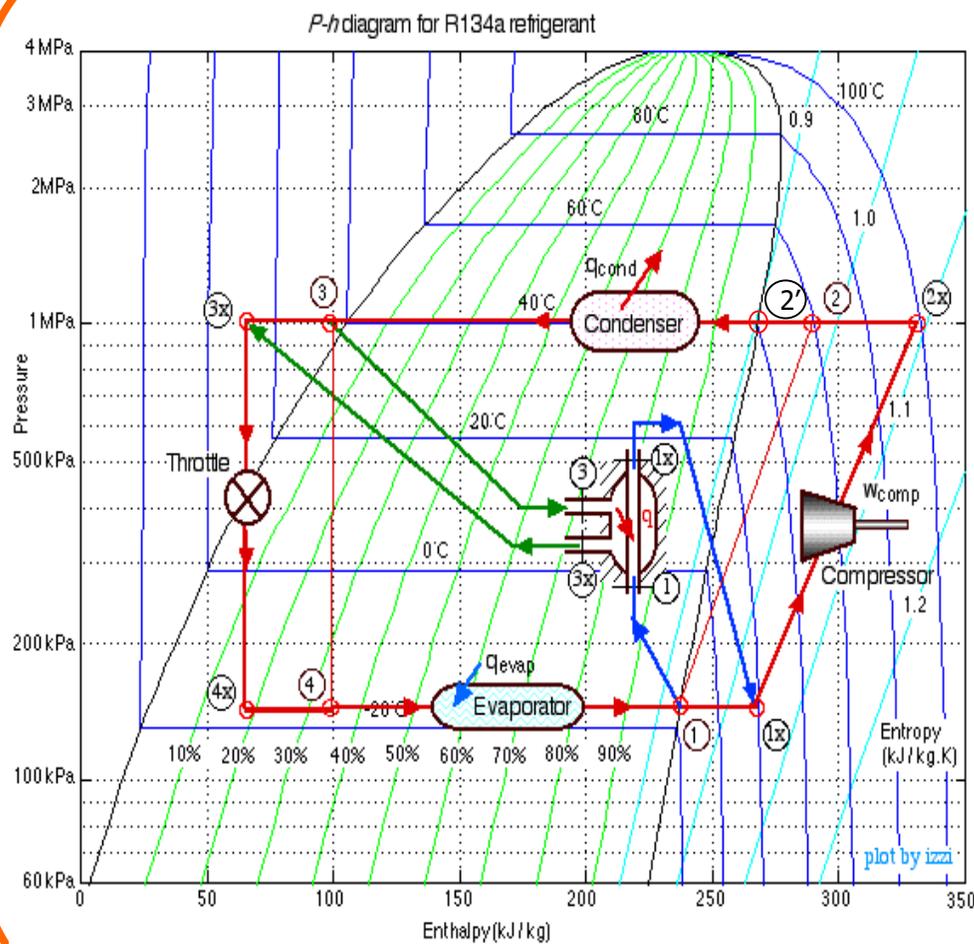
Il ciclo frigorifero



Surriscaldamento vapore
(tratto 1 - 1x):
serve a **GARANTIRE** che non arrivino particelle di refrigerante allo stato liquido al compressore (ne verrebbe irrimediabilmente danneggiato).

Sottoraffreddamento liquido
(tratto 3 - 3x):
serve ad **EVITARE** che alla valvola di laminazione possano arrivare bolle di refrigerante allo stato gassoso ma soprattutto porta l'evaporatore a **SCAMBIARE** (sottrarre) **MAGGIORE CALORE** all'ambiente (tratto 4- 4x).

Il ciclo frigorifero



Compressione vapore (tratto 1x - 2x): aumentano T e p del vapore attraverso il LAVORO del compressore; scambio di calore sensibile.
 $Q = H_{2x} - H_{1x}$

Desurriscaldamento vapore (tratto 2x - 2'): cala T , p costante; cessione di calore sensibile (all'ambiente esterno) per arrivare alle condizioni di condensazione.
 $Q = H_{2x} - H_{2'}$

Condensazione vapore (tratto 2' - 3): T e p costanti; cessione di calore latente (all'ambiente esterno); cambio di stato del refrigerante da vapore a liquido.
 $Q = H_{2'} - H_3$

Sottoraffreddamento liquido (tratto 3 - 3x): cala T , p costante; cessione di calore sensibile (all'ambiente esterno) per migliorare le condizioni delle successive espansione ed evaporazione.
 $Q = H_3 - H_{3x}$

Espansione liquido (laminazione isoentalpica) (tratto 3x - 4x): riduzione T e p del liquido attraverso una espansione; assenza di scambio di calore; si arriva in una condizione in cui si ha liquido (80% - 95%) con presenza di vapore (20% - 5%).
 $Q = H_{4x} - H_{3x} = 0$

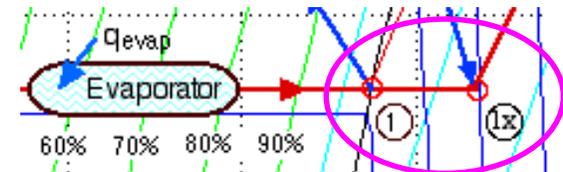
Evaporazione liquido (tratto 4x - 1): T e p costanti; assorbimento di calore latente (dall'ambiente interno); cambio di stato del refrigerante da liquido a vapore.
 $Q = H_1 - H_{4x}$

Surriscaldamento vapore (tratto 1 - 1x): aumenta T , p costante; assorbimento di calore sensibile (dall'ambiente interno) per arrivare alle condizioni di ottimali di compressione (totale assenza di liquido).
 $Q = H_{1x} - H_1$

Il ciclo frigorifero

SURRISCALDAMENTO: differenza tra la temperatura del refrigerante (vapore) all'uscita dell'evaporatore (misurata con termometro sul tubo di aspirazione del compressore) e la temperatura di evaporazione (valutata sul manometro [bassa pressione] posizionato sul tubo di aspirazione del compressore [indica p_{evap} e T_{evap} con scala specifica per ciascun gas]):

$$\Delta T_{\text{surrisc}} = T_{\text{gas}} - T_{\text{evap}}$$



A COSA SERVE:

- Evitare liquido nel compressore.
- Comandare l'organo di laminazione (se regolabile).



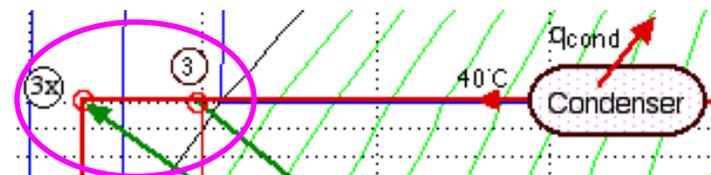
COME USARLO:

- Valore **STANDARD: 5 °C – 7 °C.**
- Se **inferiore: diminuire** la **portata** di refrigerante all'evaporatore (azione di regolazione su organo di laminazione) [eccesso carica].
- Se **superiore: aumentare** la **portata** di refrigerante all'evaporatore (azione di regolazione su organo di laminazione) [carenza carica].

Il ciclo frigorifero

SOTTORAFFREDDAMENTO: differenza tra la temperatura del refrigerante (liquido) all'uscita del condensatore (misurata con termometro sul tubo di aspirazione dell'organo di laminazione) e la temperatura di condensazione (valutata sul manometro [alta pressione] posizionato sul tubo di mandata del compressore [indica p_{cond} e T_{cond} con scala specifica per ciascun gas]):

$$\Delta T_{\text{sottoraf}} = T_{\text{cond}} - T_{\text{liq}}$$



A COSA SERVE:

- Evitare bolle all'ingresso della valvola di laminazione.
- Aumentare resa dell'evaporatore.

COME USARLO:

- Valore **STANDARD**: **5 °C – 7 °C** (batterie alettate), **3 °C – 4 °C** (condensatori ad acqua).
- Se **inferiore**: **eccesso** di **carica** refrigerante.
- Se **superiore**: **carenza** di **carica** refrigerante.

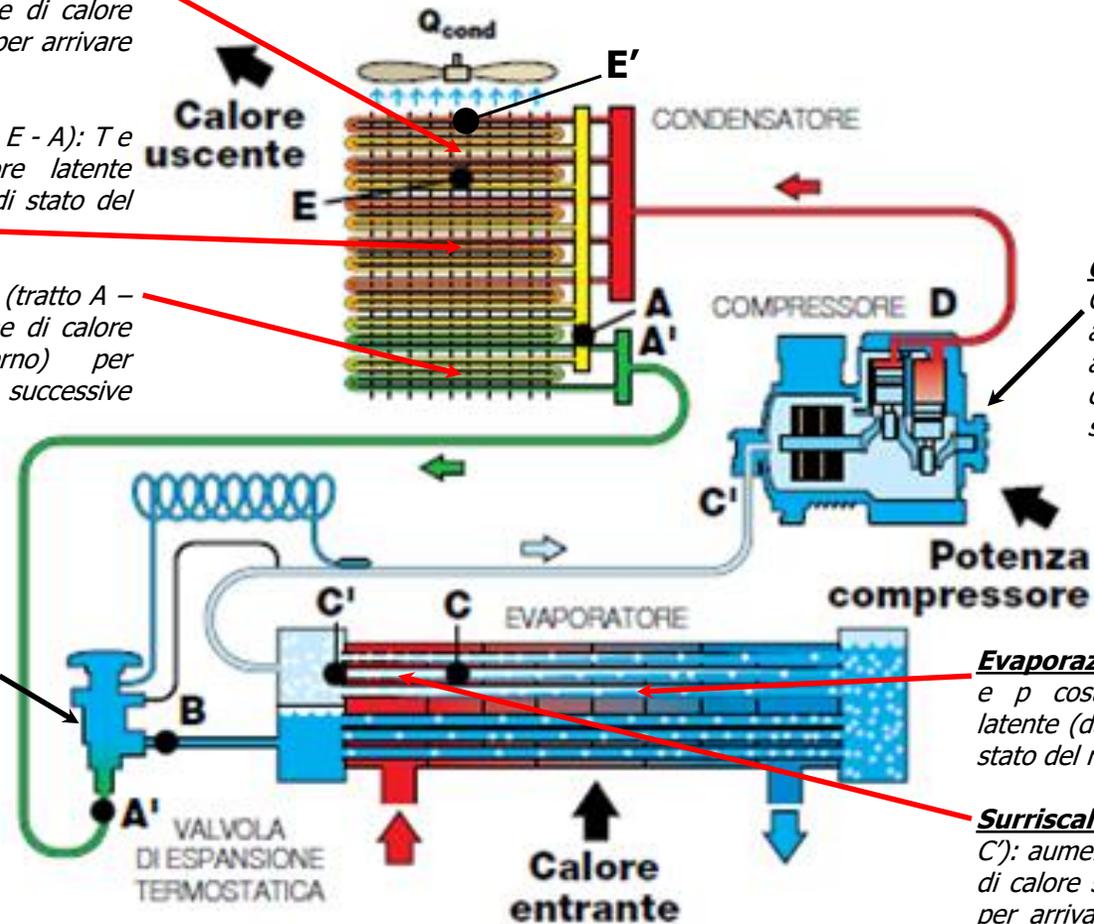
Esempio di circuito frigorifero e componenti

Desurriscaldamento vapore (tratto $E' - E$): cala T , p costante; cessione di calore sensibile (all'ambiente esterno) per arrivare alle condizioni di condensazione.

Condensazione vapore (tratto $E - A$): T e p costanti; cessione di calore latente (all'ambiente esterno); cambio di stato del refrigerante da vapore a liquido.

Sottoraffreddamento liquido (tratto $A - A'$): cala T , p costante; cessione di calore sensibile (all'ambiente esterno) per migliorare le condizioni delle successive espansione ed evaporazione.

Espansione liquido (laminazione isoentalpica) (tratto $A' - B$): riduzione T e p del liquido attraverso una espansione; assenza di scambio di calore; si arriva in una condizione in cui si ha liquido (80% - 95%) con presenza di vapore (20% - 5%).



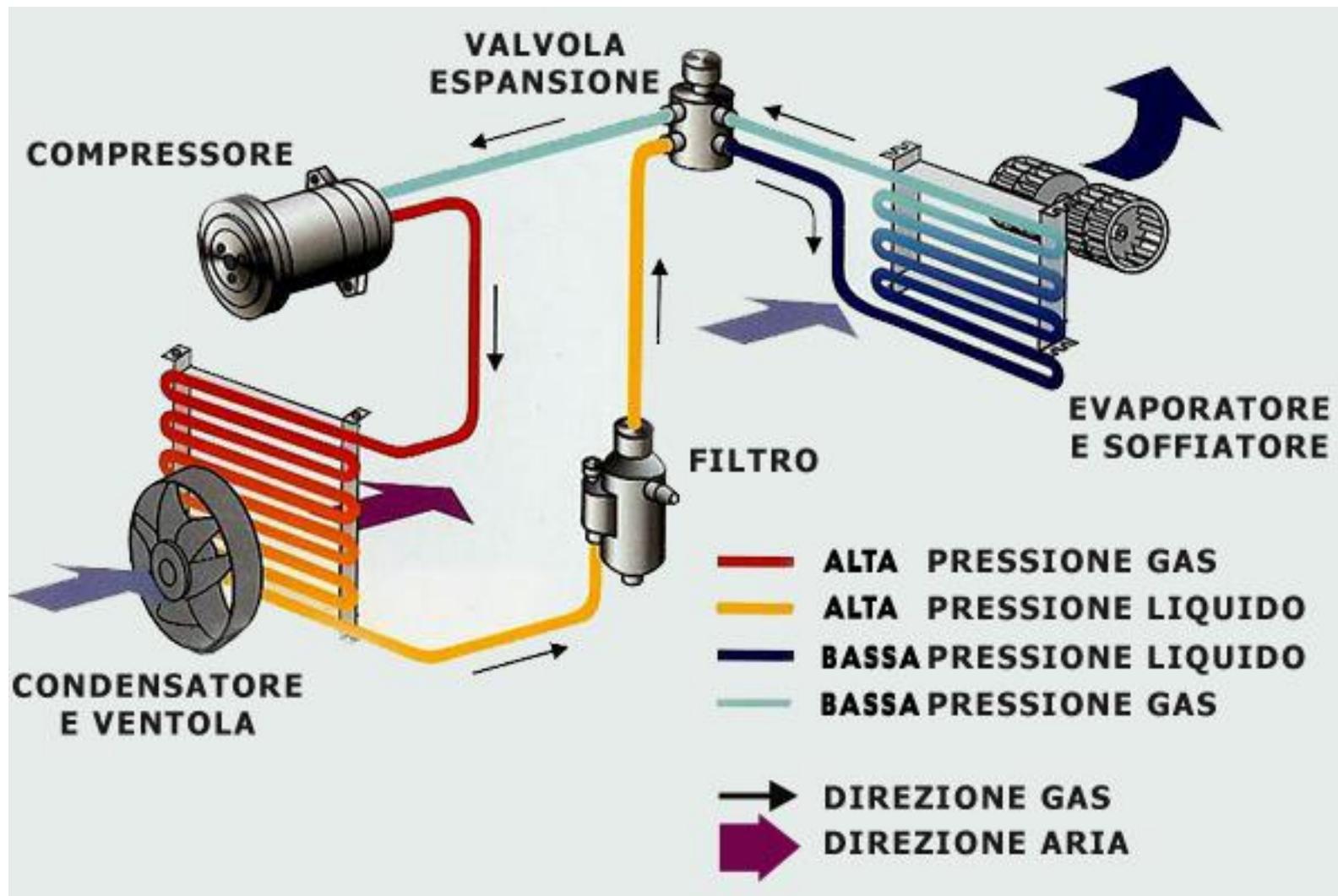
Compressione vapore (tratto $C' - D$): aumentano T e p del vapore attraverso il LAVORO del compressore; scambio di calore sensibile.

Evaporazione liquido (tratto $B - C$): T e p costanti; assorbimento di calore latente (dall'ambiente interno); cambio di stato del refrigerante da liquido a vapore.

Surriscaldamento vapore (tratto $C - C'$): aumenta T , p costante; assorbimento di calore sensibile (dall'ambiente interno) per arrivare alle condizioni di ottimali di compressione (totale assenza di liquido).



Esempio di circuito frigorifero e componenti



Esempio di circuito frigorifero e componenti

CONDENSATORE



Riceve **VAPORE** ad **ALTA T** ed **ALTA p** dal compressore; scambiando (**CESSIONE**) **calore** con l'ambiente (esterno) porta il vapore alle condizioni di **CONDENSAZIONE (passaggio di stato)**; all'uscita abbiamo **LIQUIDO** a **MEDIA T** ed **ALTA p** (liquido sottoraffreddato).

PRESSOSTATO di MINIMA



La sua funzione è di **evitare** che, a causa di perdite di refrigerante (impianto vuoto), il **compressore** continui a **lavorare senza gas** (si surriscalderebbe fino a rompersi).

E' posizionato subito prima del compressore sul tubo di aspirazione dall'evaporatore.



EVAPORATORE



Riceve **LIQUIDO** a **BASSA T** e **BASSA p** dall'organo di laminazione; scambiando (**ASSORBIMENTO**) **calore** con l'ambiente (interno) porta il liquido alle condizioni di **EVAPORAZIONE (passaggio di stato)**; all'uscita abbiamo **VAPORE** a **MEDIA T** ed **BASSA p** (vapore surriscaldato).



PRESSOSTATO di MASSIMA

La sua funzione è di **evitare** che, a causa di anomalo funzionamento dell'impianto, il **compressore** continui a **lavorare a pressioni troppo elevate**.

E' posizionato subito dopo il compressore sul tubo di mandata al condensatore.

Esempio di circuito frigorifero e componenti

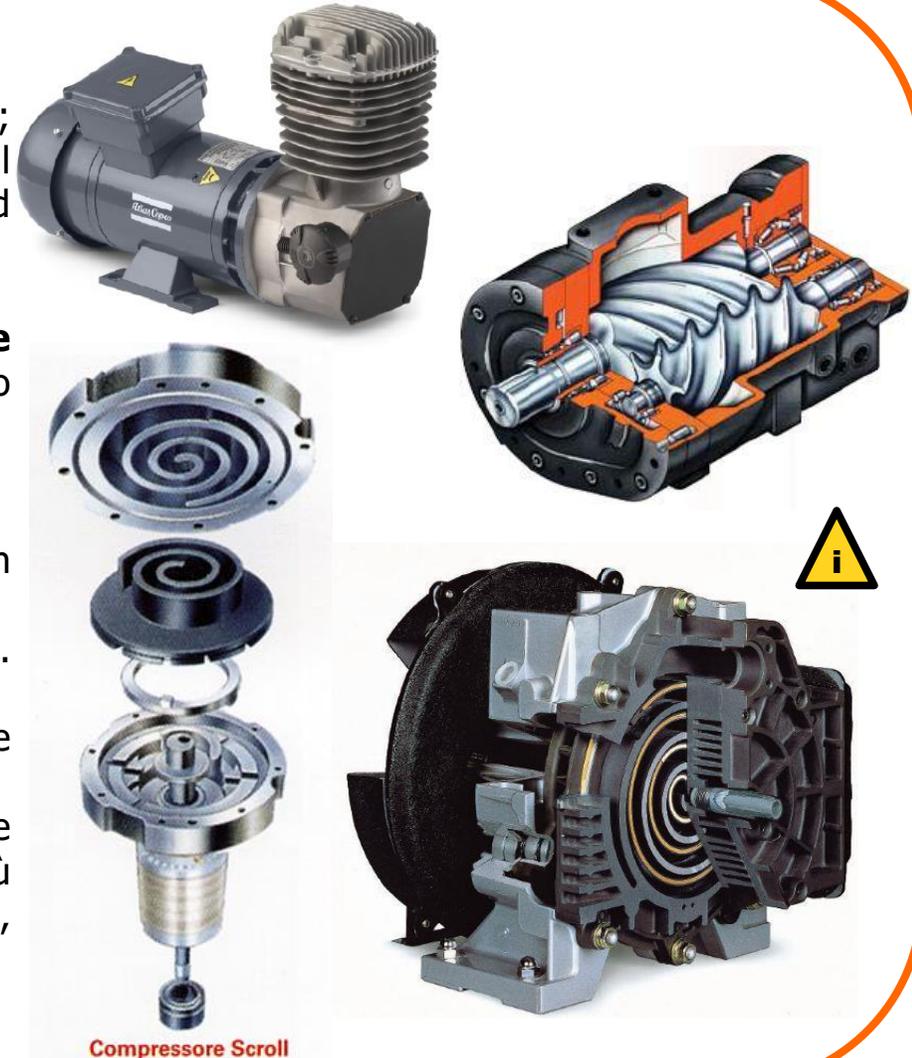
COMPRESSORE

Riceve **VAPORE** ad **MEDIA T** e **BASSA p** dall'evaporatore; attraverso il **lavoro** meccanico (compressione) cede energia al refrigerante (calore/lavoro); all'uscita abbiamo **VAPORE** ad **ALTA T** ed **ALTA p** (vapore surriscaldato).

La **compressione** è un metodo con cui **innalzare notevolmente** la **temperatura** di un vapore impiegando molta **meno energia** che fornendo **solo calore sensibile**.

Ne esistono diverse tipologie; le principali:

- **ALTERNATIVO**: basati sul funzionamento di un motore alternativo. Medie e grandi potenze.
- **A VITE**: basati sul funzionamento delle viti elicoidali. Grandi potenze.
- **ROTATIVO**: basato sul funzionamento di un motore elettrico. Medie e piccole potenze (split).
- **SCROLL**: basato sul funzionamento rotativo di due elementi elicoidali tra loro eccentrici. E' sempre più diffuso grazie alla silenziosità, bassi consumi, efficienza complessiva. Per tutti i tipi di applicazioni.



Compressore Scroll

Esempio di circuito frigorifero e componenti

ORGANO DI LAMINAZIONE

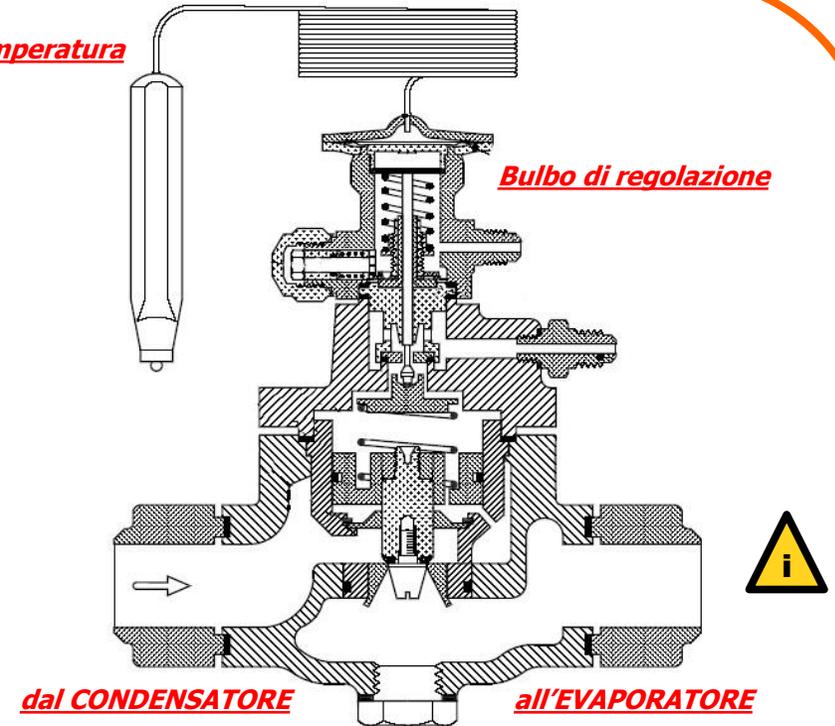
Riceve **LIQUIDO** ad **BASSA T** ed **ALTA p** dal condensatore; lascia espandere il liquido senza scambio di energia (calore/lavoro); all'uscita abbiamo **LIQUIDO** a **BASSA T** e **BASSA p** con presenza di una piccola parte (titolo) di vapore (liquido saturo).

L'espansione (laminazione isoentalpica) è un metodo con cui **abbassare notevolmente** la **temperatura** e la **pressione** di un liquido **senza** necessità di **impiegare energia**. Il liquido alla fine sarà nelle condizioni di **liquido saturo** (in equilibrio con un certo titolo di vapore).

Ne esistono sostanzialmente due tipologie:

- **VALVOLA TERMOSTATICA:** permette la **regolazione** della **portata** di **refrigerante** all'evaporatore; la regolazione avviene tramite un bulbo con **sonda di temperatura** sul tubo di **aspirazione** del **compressore** (uscita evaporatore).
- **CAPILLARE:** **NON** permette alcun tipo di **regolazione** sulla **portata** di refrigerante all'evaporatore; è impiegato nelle macchine più semplici ed economiche.

Sonda di temperatura



VALVOLA TERMOSTATICA

CAPILLARE



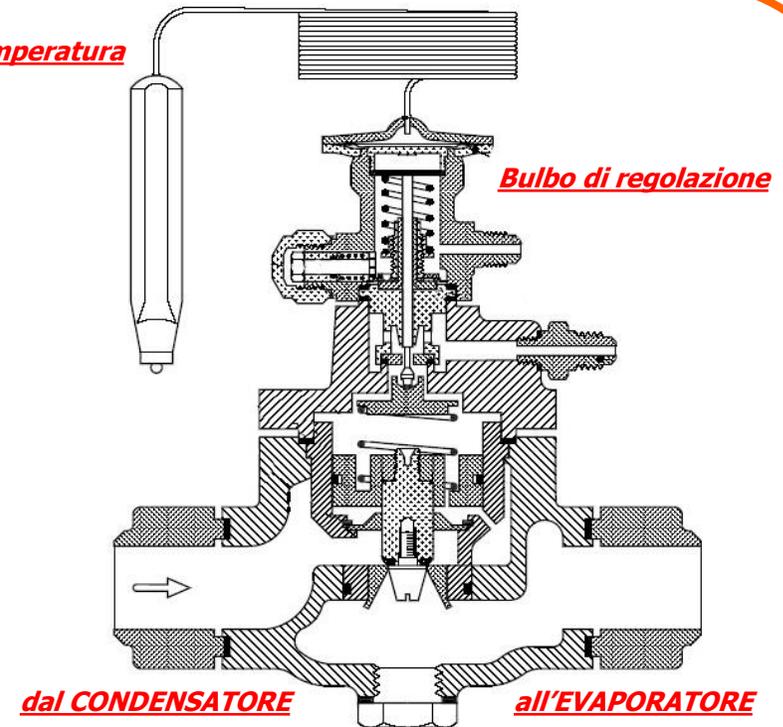
Esempio di circuito frigorifero e componenti

VALVOLA TERMOSTATICA

La sua **regolazione** avviene in questo modo:

- Se all'evaporatore arriva una **quantità di refrigerante inferiore** rispetto al necessario in quel momento, la temperatura all'uscita dell'evaporatore stesso si innalza e la sonda di temperatura la trasmette al bulbo; la pressione interna la bulbo aumenterà spingendo così lo spillo di regolazione ad aprire di più la sezione di passaggio del refrigerante.
- Se la **pressione all'interno dell'evaporatore diminuisce**, lo spillo di regolazione sentirà una pressione di contrasto inferiore andando così ad aprire di più la sezione di passaggio del refrigerante.
- **Viceversa** in caso di eccesso di portata di refrigerante o di pressione nell'evaporatore, si avrà una riduzione della sezione di passaggio del refrigerante.

Sonda di temperatura



VALVOLA TERMOSTATICA

Esempio di circuito frigorifero e componenti

**FILTRO
DISIDRATATORE**



Filtra il refrigerante in fase liquida con lo scopo di **deumidificare** e **deacidificare** il refrigerante stesso nonché eliminare eventuali **particelle solide** (incondensabili).

E' posizionato tra il condensatore e l'organo di laminazione.

INDICATORE passaggio fluido e di umidità



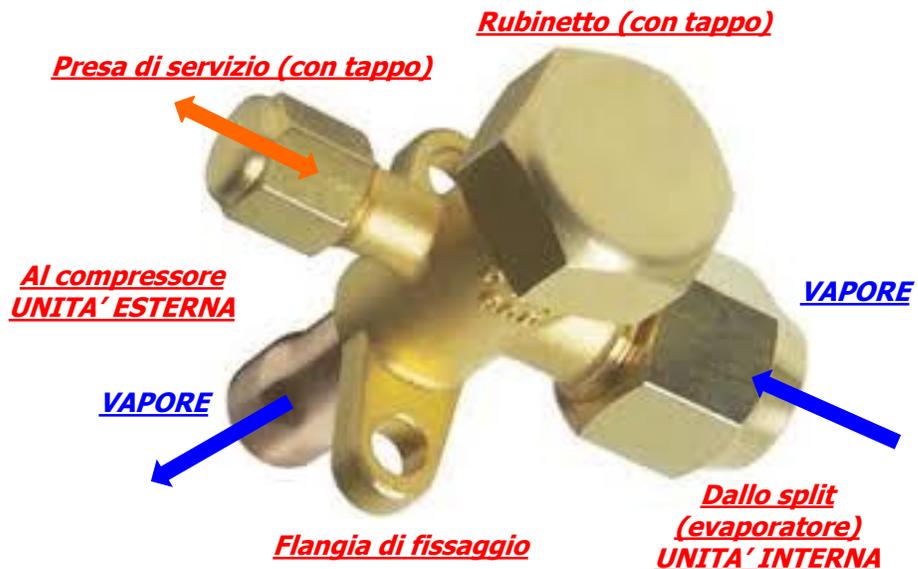
Permette di verificare che il refrigerante che vi transita sia **completamente** in **fase liquida** (condizione di funzionamento dell'impianto corretta). Inoltre è dotato di un **indicatore** di **umidità**:

- Se il colore è **verde: OK.**
- Se verde "**Chartreuse**" (ingiallito): **ATTENZIONE.**
- Se **giallo**: troppa **UMIDITA'**; sostituire il filtro.

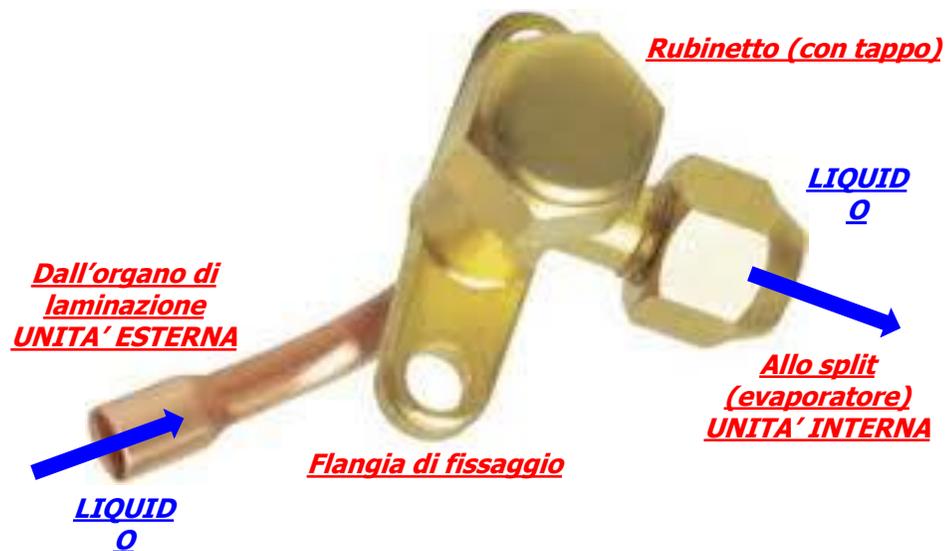
E' posizionato tra il condensatore e l'organo di laminazione, dopo il filtro.

Esempio di circuito frigorifero e componenti

VALVOLA TRE VIE per SPLIT

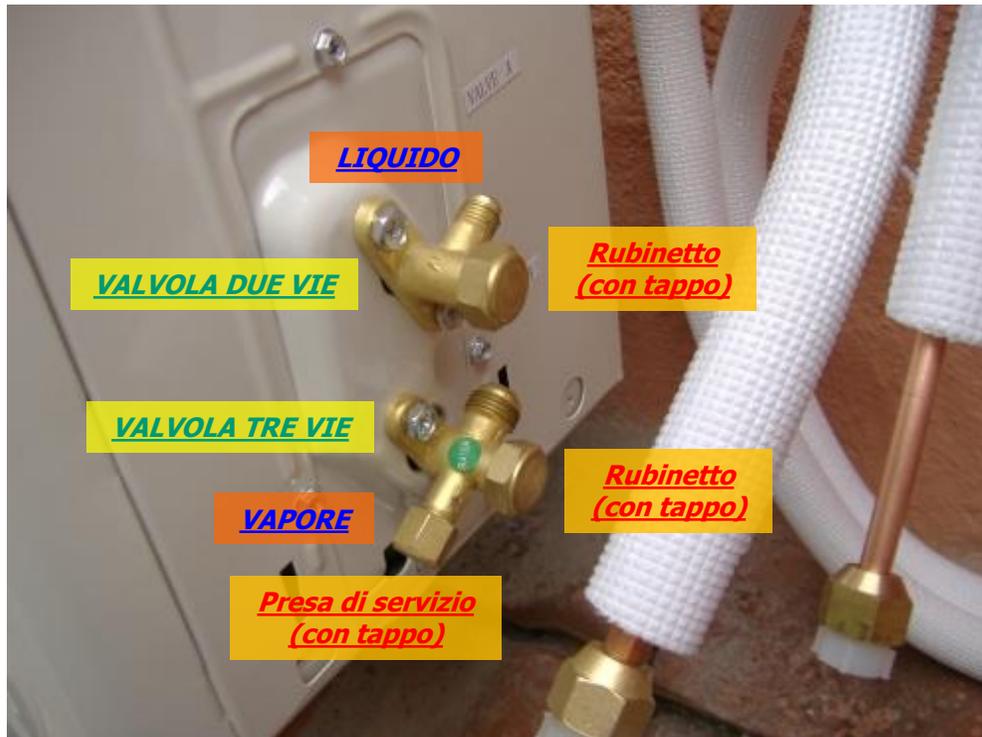


VALVOLA DUE VIE per SPLIT

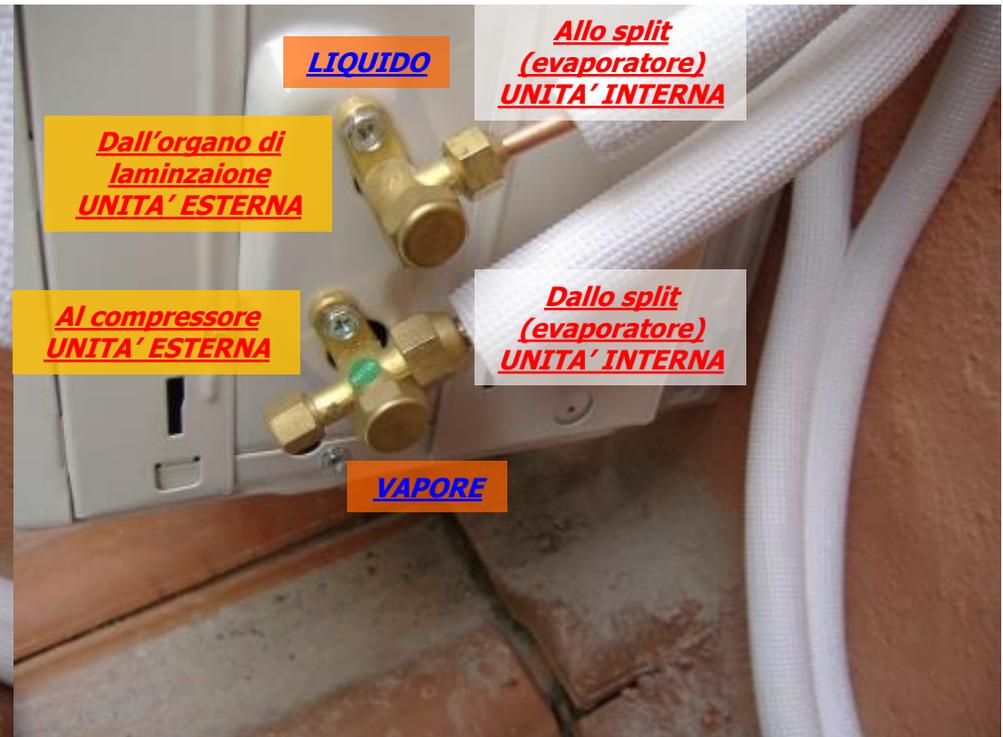


Esempio di circuito frigorifero e componenti

PRIMA del COLLEGAMENTO



DOPO il COLLEGAMENTO



Esempio di circuito frigorifero e componenti

OLII per LA REFRIGERAZIONE

La loro funzione è quella di **ridurre** al **minimo** gli **attriti** e l'**usura** negli organi in movimento reciproco (nel **compressore**) e garantirne quindi un **regolare** ed **affidabile funzionamento** nel tempo.

Devono essere impiegati lubrificanti che siano **compatibili** con il **refrigerante** utilizzato, per evitare che quest'ultimo venga **irrimediabilmente inquinato** durante il funzionamento (olio e refrigerante vengono per forza a contatto), che possano **sopportare** correttamente le **condizioni di lavoro** in compressione (T, p) e che siano idonei per il **tipo di compressore** in uso.

Peraltro all'interno del compressore è previsto l'impiego di **sistemi di separazione dell'olio** dal refrigerante prima che quest'ultimo, in fase gassosa, vada in circolo all'uscita del compressore (i separatori di olio sono posti sul tubo di mandata del compressore e riportano l'olio nel carter del compressore stesso).

viscosità ISO	tipologia			refrigeranti		
	MINERALE	POE	AB	CFC	HCFC	HFC
	SINTETICO	AlchilBenzene	R12 / R502	R22	R407C - R410A	R134a - R404A
30	●			❄	❄	
55	●			❄	❄	
32	●			❄	❄	
68	●			❄	❄	
32			●		❄	
46			●		❄	
22		●				❄
32		●				❄
46		●				❄
68		●				❄

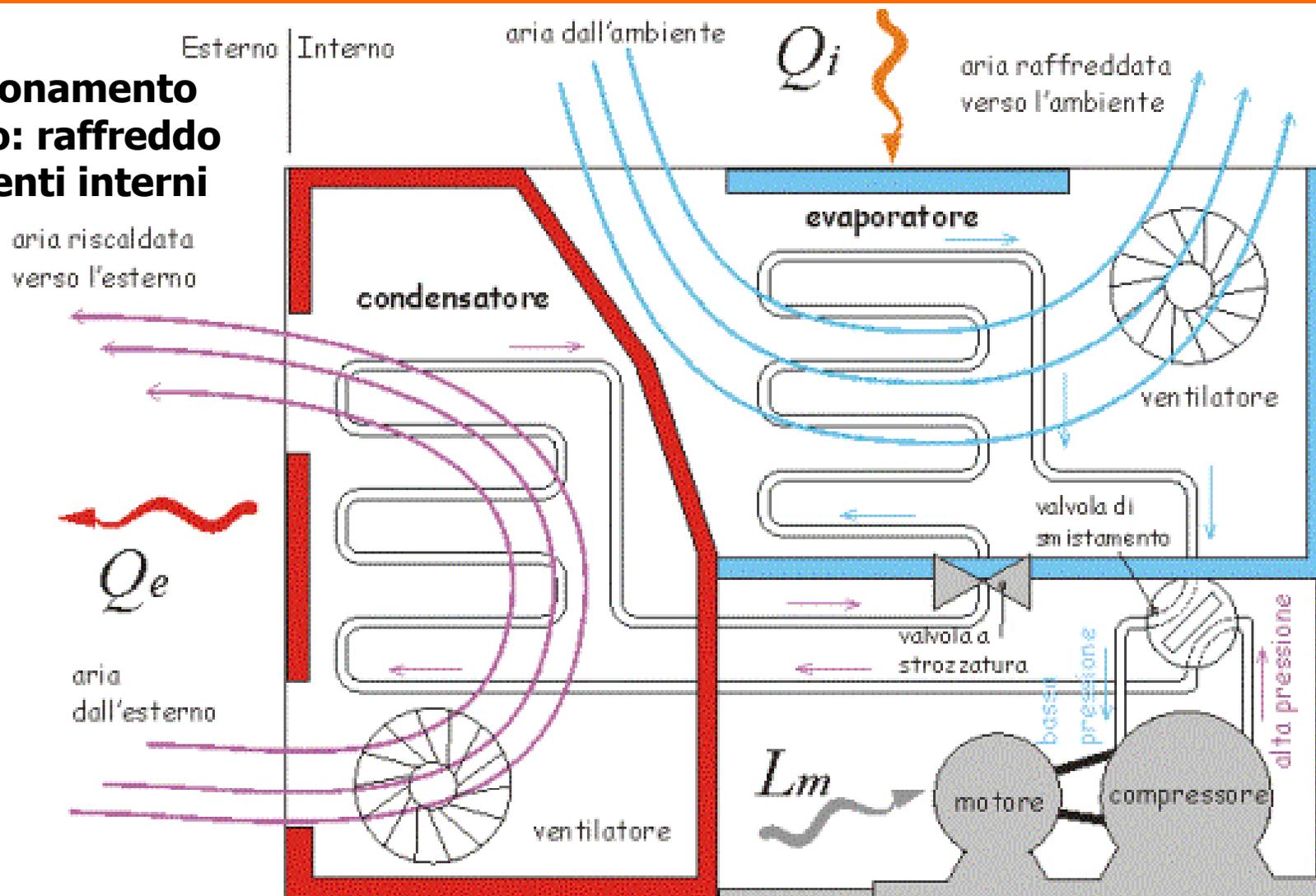


Come indicazione generale vale:

- Refrigeranti datati (**CFC**, **HCFC**): si impiegano **oli minerali** oppure **sintetici**.
- Refrigeranti nuova generazione (**HFC**): si impiegano solo **oli sintetici (PoliOliEtere) POE**.

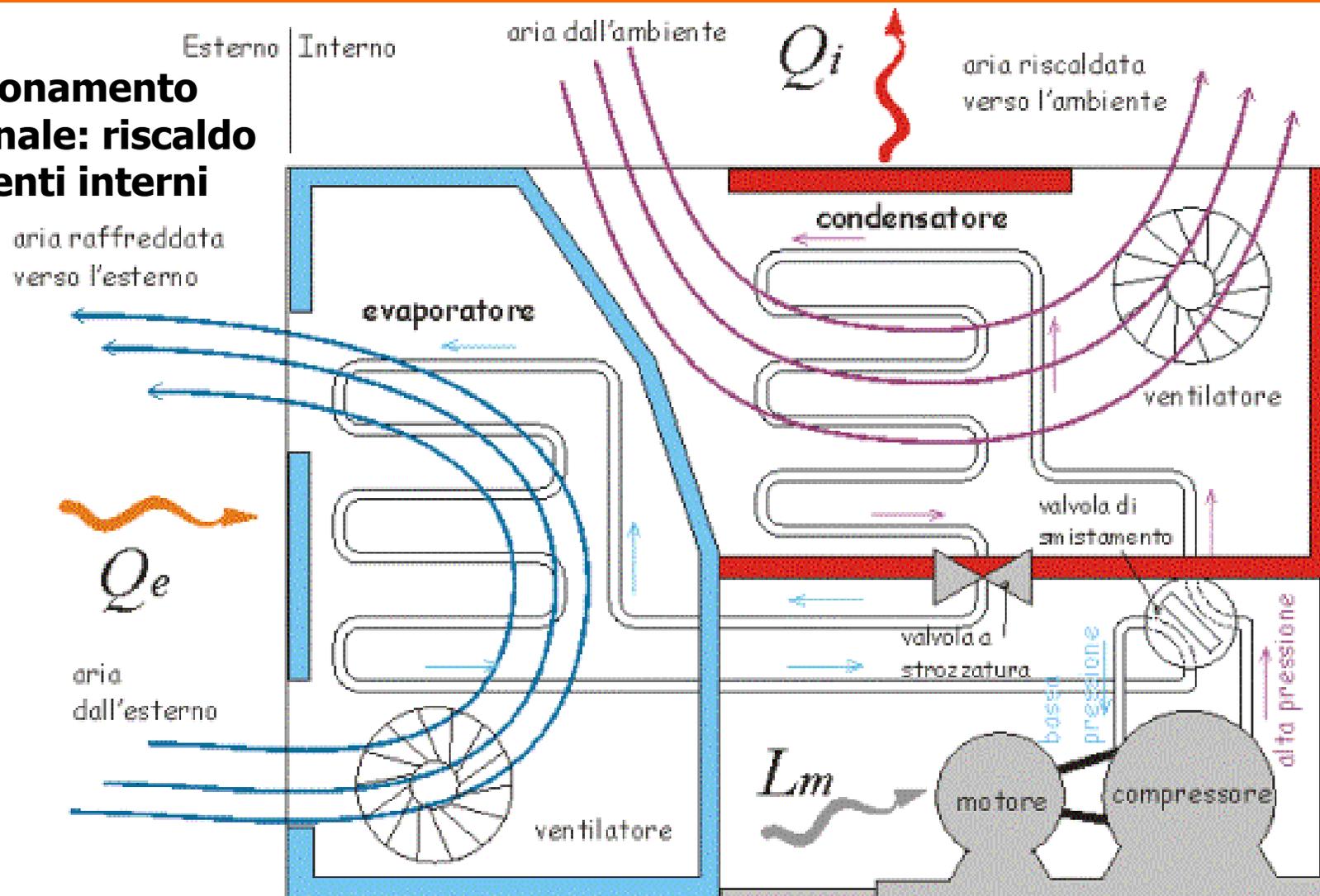
Esempio di circuito frigorifero e componenti

Funzionamento estivo: raffreddo ambienti interni



Esempio di circuito frigorifero e componenti

Funzionamento invernale: riscaldamento ambienti interni



Gas refrigeranti

CLASSIFICAZIONI

Dal punti di vista tecnico:

- **Gas puri** (es. R22).
- **Miscela** (es. R407C, R410A).

Si possono poi classificare in base alla famiglia chimica caratteristica:

- **Cloro-Fluoro-Carburi (CFC)**: vietati (es. R11).
- **Idro-Cloro-Fluoro-Carburi (HCFC)**: vietati, in dismissione (es. R22).
- **Idro-fluoro-Carburi (HFC)**: in uso (es. R410A).
- **Idro-Carburi (HC)**: in uso (R744).



Le **miscela** di gas sono poi caratterizzate da una proprietà definita **EFFETTO GLIDE (SCORRIMENTO)**: **differenza** tra le **temperature** di **saturatione** dei vari componenti della miscela.

Gas refrigeranti

CLASSIFICAZIONI

Sulla base di tale proprietà le miscele sono così classificate:

- **AZEOTROPICHE**: hanno **GLIDE = 0** cioè un'unica temperatura di saturazione; si comportano quindi come un gas puro.
- **QUASI-AZEOTROPICHE**: hanno **GLIDE molto piccolo**; la differenza tra le temperature di saturazione è così piccola da non avere ripercussioni apprezzabili sul funzionamento del circuito frigorifero (es. R410A).
- **ZEOTROPICHE**: hanno **GLIDE pronunciato**; la differenza tra le temperature di saturazione è marcata e si possono avere ripercussioni apprezzabili sul funzionamento del circuito frigorifero (es. R407C).



Le miscele **zeotropiche** pongono **problemi** anche in caso di **piccole perdite** poiché a causa del GLIDE marcato si avrà che le proporzioni di miscela nel refrigerante residuo non saranno più quelle originali. In tal caso il refrigerante **NON** va **reintegrato MA sostituito completamente**.



Gas refrigeranti

Unità di misura in Bar
1 Bar = 14.504 Psig = 100 kPa

Tabella di Pressione / Temperatura

REFRIGERANTS
EUROPE

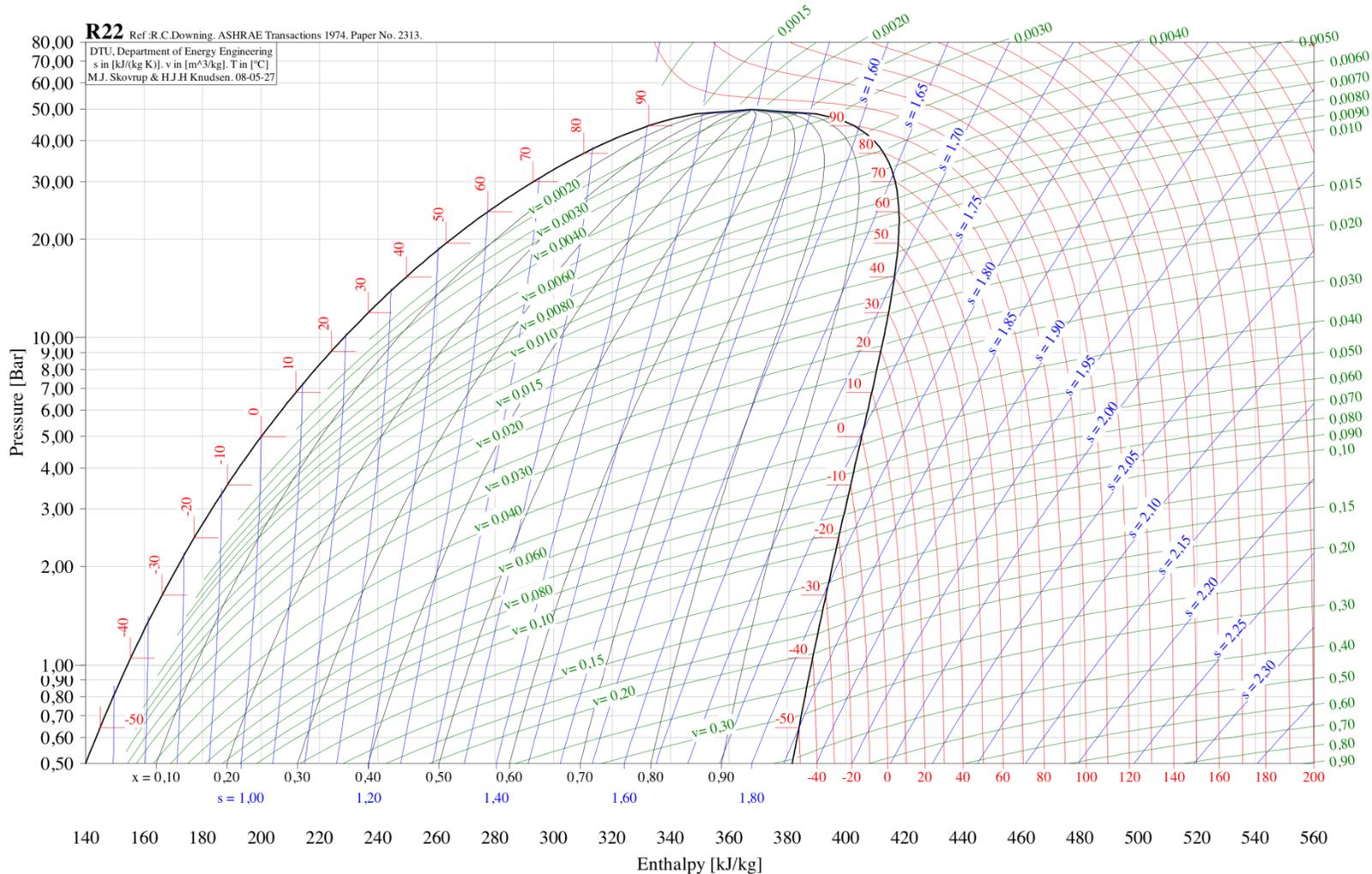
Fluido ZEOTROPICO – effetto GLIDE

Temp °C	R-124		R-134a	R-12		Punto di Bolla Rugliada (liq) (vap) R-401A R-401A		R-500		Punto di Bolla Rugliada (liq) (vap) R-401B R-401B		Punto di Bolla Rugliada (liq) (vap) R-409A R-409A		R-22	Punto di Bolla Rugliada (liq) (vap) R-407C R-407C		Punto di Bolla Rugliada (liq) (vap) R-408A R-408A		R-502	Punto di Bolla Rugliada (liq) (vap) R-404A R-404A		Punto di Bolla Rugliada (liq) (vap) R-402B R-402B		R-507A	Punto di Bolla Rugliada (liq) (vap) HP80 HP80		R-402A		AZ-20 R-410A
	-40	-0.75	-0.50	-0.37	-0.28	-0.45	-0.25	-0.22	-0.40	-0.19	-0.46	0.04	0.20	-0.15	0.29	0.27	0.26	0.36	0.32	0.40	0.26	0.40	0.53	0.40	0.75				
-36	-0.68	-0.38	-0.24	-0.12	-0.32	-0.10	-0.06	-0.27	-0.03	-0.34	0.25	0.44	0.04	0.54	0.51	0.63	0.58	0.66	0.51	0.67	0.82	0.67	1.09						
-32	-0.61	-0.24	-0.09	0.05	-0.18	0.08	0.13	-0.11	0.16	-0.20	0.49	0.72	0.26	0.83	0.80	0.79	0.93	0.87	0.97	0.80	0.98	1.15	0.99	1.48					
-28	-0.52	-0.08	0.08	0.26	-0.01	0.28	0.34	0.07	0.38	-0.03	0.77	1.03	0.51	1.16	1.12	1.10	1.27	1.21	1.31	1.13	1.33	1.52	1.34	1.92					
-24	-0.42	0.10	0.28	0.49	0.19	0.51	0.59	0.28	0.62	0.16	1.09	1.39	0.81	1.52	1.49	1.46	1.66	1.59	1.70	1.50	1.72	1.94	1.75	2.42					
-20	-0.30	0.32	0.50	0.75	0.41	0.77	0.87	0.52	0.90	0.38	1.44	1.80	1.14	1.94	1.90	1.86	2.09	2.02	2.14	1.91	2.17	2.41	2.20	2.99					
-16	-0.16	0.56	0.75	1.05	0.67	1.06	1.18	0.80	1.21	0.63	1.84	2.25	1.52	2.40	2.36	2.31	2.58	2.50	2.63	2.38	2.67	2.93	2.71	3.62					
-12	0.00	0.84	1.03	1.38	0.96	1.39	1.54	1.11	1.56	0.91	2.29	2.76	1.96	2.92	2.87	2.82	3.13	3.04	3.17	2.91	3.22	3.52	3.28	4.33					
-8	0.18	1.16	1.34	1.76	1.29	1.76	1.93	1.46	1.95	1.23	2.80	3.33	2.44	3.50	3.45	3.37	3.73	3.64	3.78	3.49	3.84	4.17	3.91	5.12					
-4	0.39	1.52	1.69	2.18	1.66	2.17	2.38	1.85	2.38	1.59	3.35	3.97	2.99	4.14	4.08	3.99	4.40	4.30	4.45	4.14	4.52	4.88	4.61	5.99					
0	0.62	1.92	2.07	2.64	2.07	2.63	2.87	2.29	2.86	1.99	3.97	4.67	3.60	4.84	4.78	4.67	5.14	5.03	5.18	4.86	5.28	5.67	5.38	6.96					
4	0.88	2.37	2.50	3.16	2.54	3.13	3.41	2.78	3.39	2.43	4.65	5.44	4.28	5.62	5.55	5.41	5.95	5.84	5.99	5.64	6.10	6.53	6.23	8.02					
8	1.17	2.87	2.97	3.73	3.05	3.68	4.01	3.32	3.98	2.93	5.40	6.29	5.03	6.46	6.39	6.23	6.84	6.72	6.88	6.51	7.01	7.48	7.16	9.19					
12	1.50	3.42	3.48	4.35	3.61	4.29	4.67	3.92	4.62	3.48	6.22	7.22	5.87	7.39	7.32	7.12	7.81	7.68	7.84	7.45	8.00	8.51	8.17	10.46					
16	1.86	4.03	4.04	5.04	4.24	4.95	5.39	4.58	5.32	4.08	7.11	8.24	6.78	8.40	8.32	8.08	8.86	8.73	8.89	8.48	9.08	9.63	9.28	11.86					
20	2.26	4.71	4.65	5.79	4.93	5.68	6.18	5.31	6.08	4.74	8.09	9.35	7.79	9.50	9.42	9.14	10.01	9.88	10.03	9.60	10.25	10.84	10.48	13.37					
24	2.70	5.45	5.32	6.60	5.68	6.47	7.03	6.11	6.90	5.47	9.15	10.55	8.89	10.69	10.60	10.28	11.26	11.12	11.27	10.82	11.53	12.16	11.78	15.02					
28	3.18	6.26	6.04	7.49	6.50	7.32	7.97	6.97	7.80	6.26	10.30	11.86	10.09	11.97	11.89	11.51	12.61	12.46	12.60	12.14	12.90	13.58	13.19	16.81					
32	3.71	7.14	6.83	8.45	7.40	8.24	8.98	7.92	8.77	7.12	11.54	13.27	11.41	13.36	13.27	12.83	14.06	13.92	14.04	13.56	14.39	15.11	14.71	18.75					
36	4.29	8.11	7.67	9.50	8.38	9.24	10.07	8.95	9.81	8.06	12.88	14.79	12.83	14.86	14.76	14.26	15.63	15.48	15.59	15.09	15.99	16.76	16.35	20.84					
40	4.92	9.16	8.58	10.62	9.44	10.32	11.24	10.06	10.94	9.08	14.33	16.44	14.38	16.47	16.37	15.80	17.33	17.17	17.25	16.74	17.72	18.53	18.12	23.09					
44	5.61	10.29	9.56	11.83	10.58	11.48	12.51	11.26	12.15	10.18	15.88	18.20	16.06	18.20	18.10	17.45	19.14	18.99	19.04	18.51	19.57	20.43	20.01	25.52					
48	6.35	11.52	10.60	13.13	11.82	12.72	13.87	12.56	13.44	11.37	17.54	20.10	17.87	20.05	19.95	19.22	21.09	20.94	20.95	20.41	21.57	22.47	22.05	28.14					
52	7.16	12.84	11.73	14.52	13.15	14.05	15.32	13.96	14.82	12.65	19.32	22.13	19.83	22.04	21.93	21.11	23.19	23.04	23.00	22.45	23.71	24.65	24.23	30.96					
56	8.03	14.27	12.93	16.01	14.58	15.48	16.88	15.46	16.29	14.02	21.23	24.30	21.95	24.16	24.05	23.13	25.44	25.29	25.18	24.63	26.00	26.99	26.57	33.99					
60	8.96	15.81	14.21	17.60	16.12	17.00	18.54	17.07	17.86	15.50	23.26	26.62	24.23	26.43	26.32	25.29	27.85	27.70	27.51	26.96	28.47	29.48	29.07	37.24					
64	9.96	17.46	15.58	19.30	17.76	18.63	20.31	18.80	19.53	17.08	25.44	29.09	26.69	28.86	28.75	27.60	30.43	30.30	30.00	29.46	31.13	32.15	31.76	40.75					



Gas refrigeranti

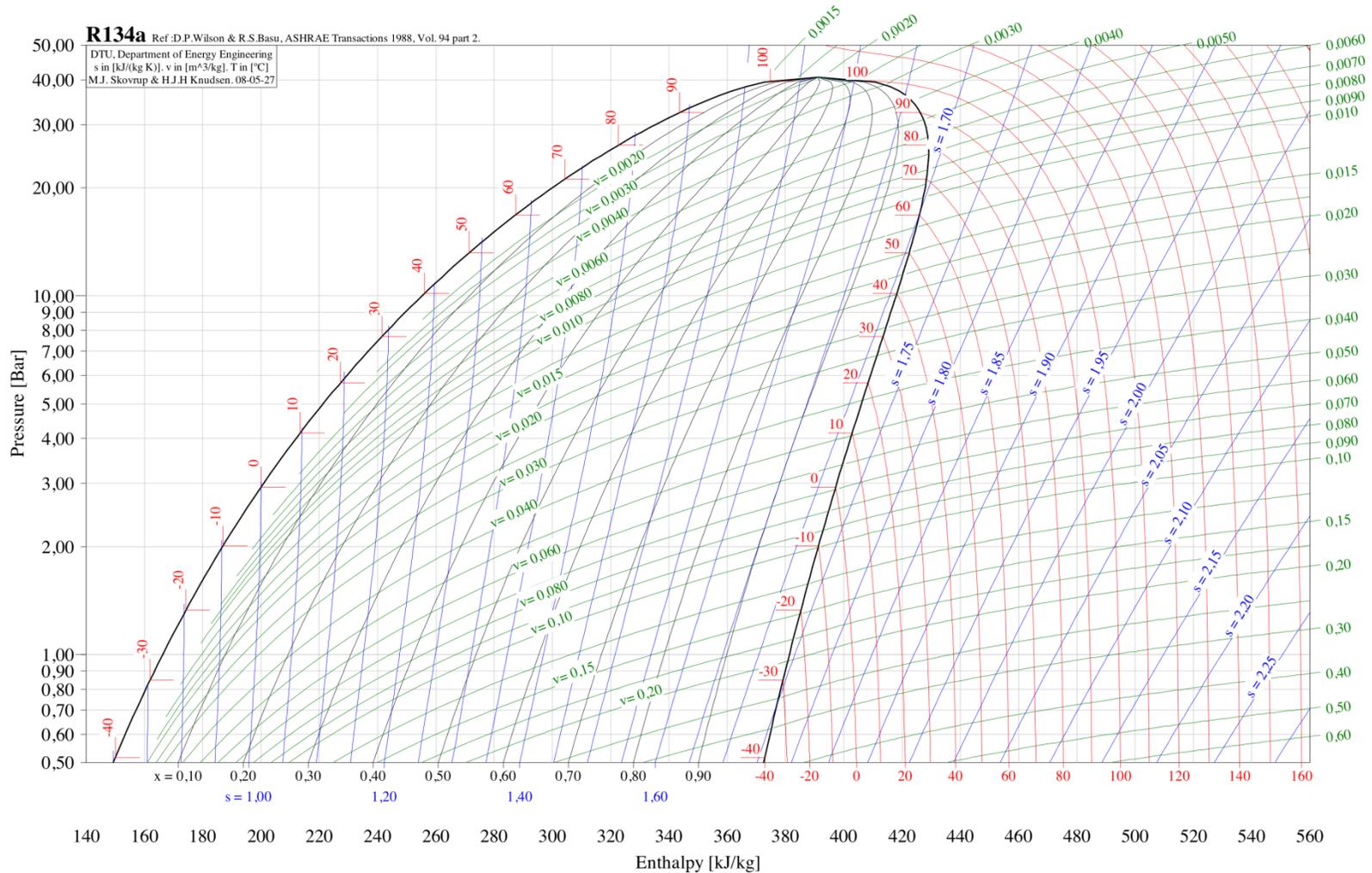
Diagramma p-H gas R22





Gas refrigeranti

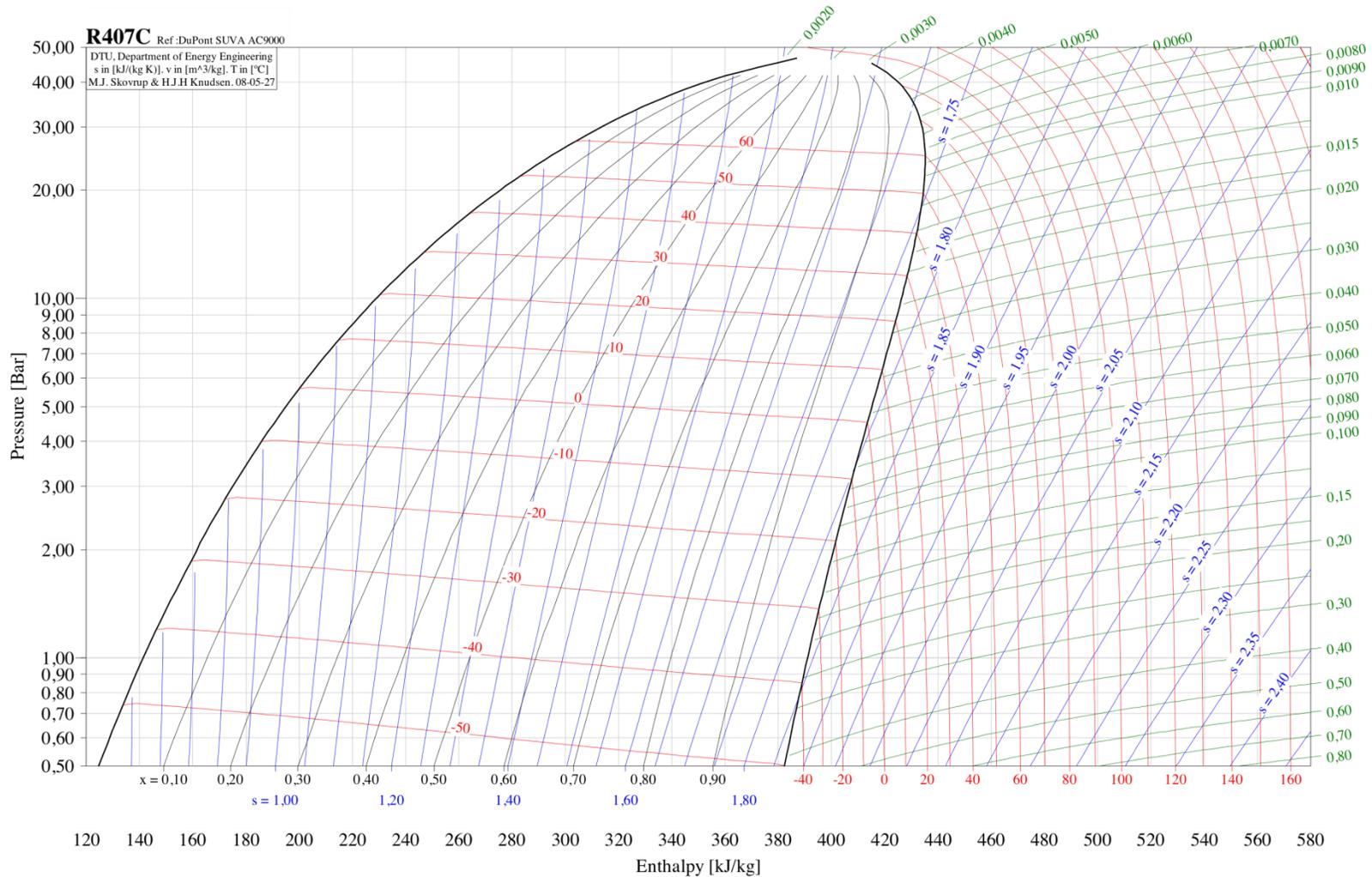
Diagramma p-H gas R134A





Gas refrigeranti

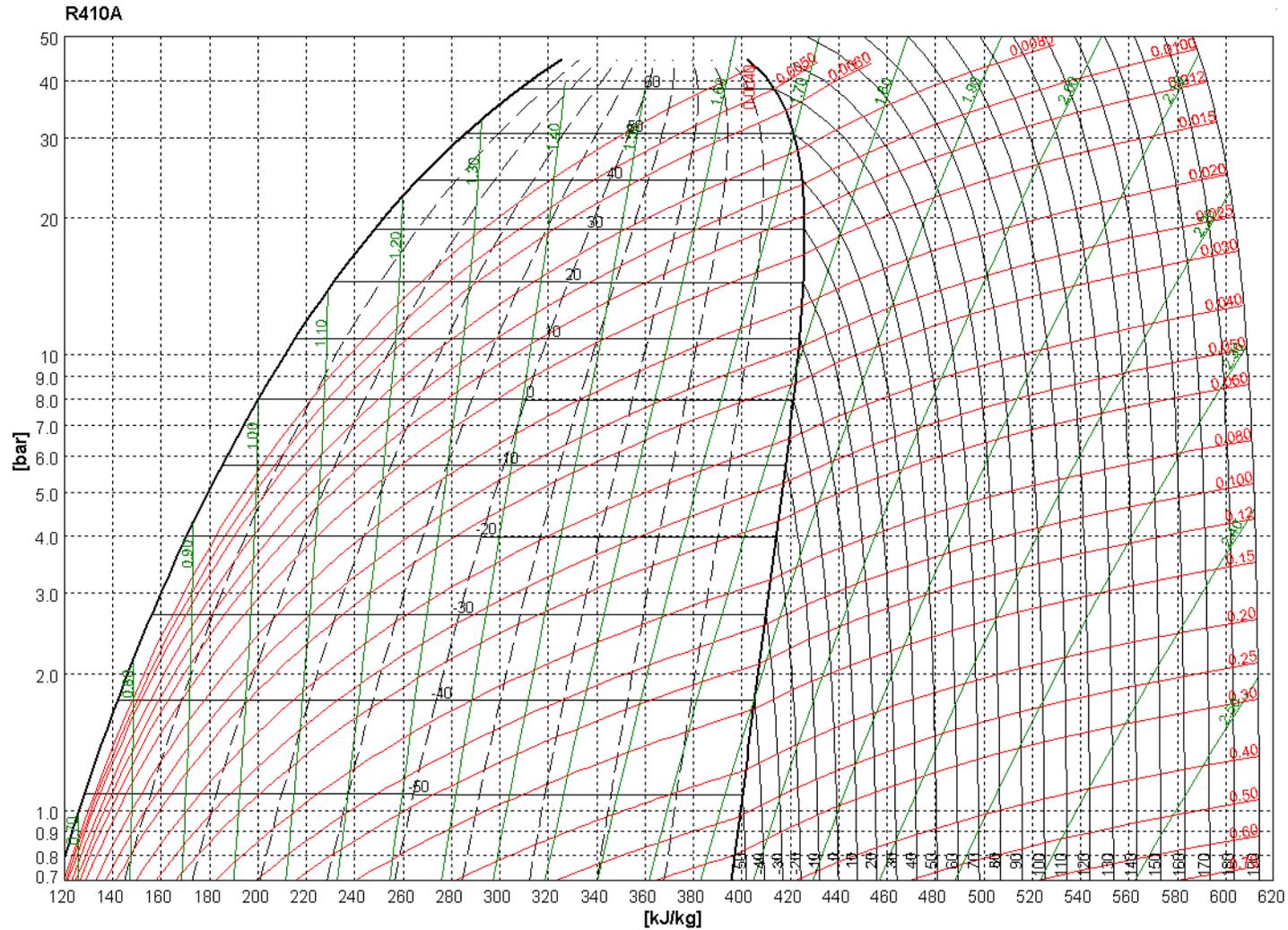
Diagramma p-H gas R407C





Gas refrigeranti

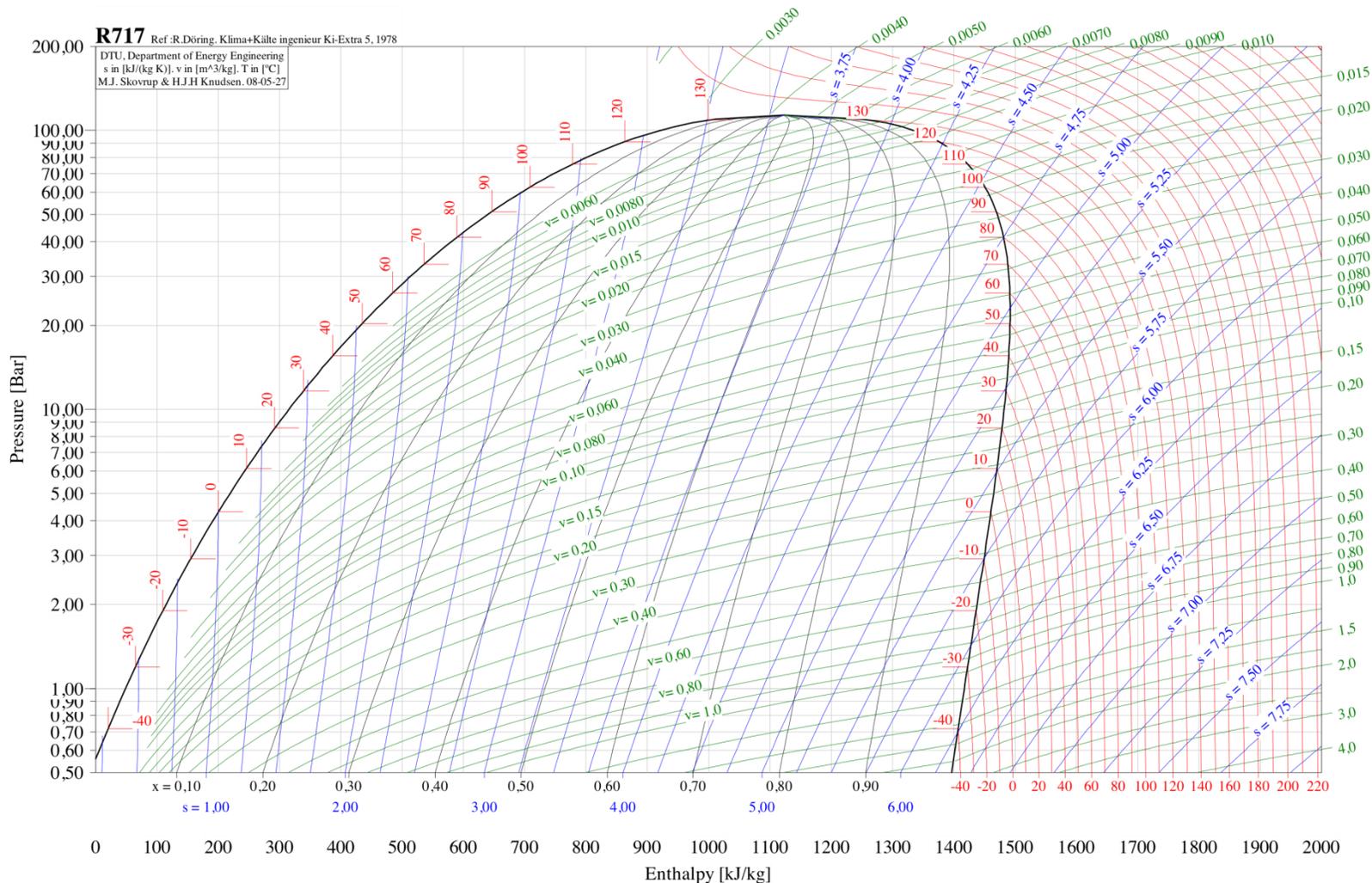
Diagramma p-H gas R410A





Gas refrigeranti

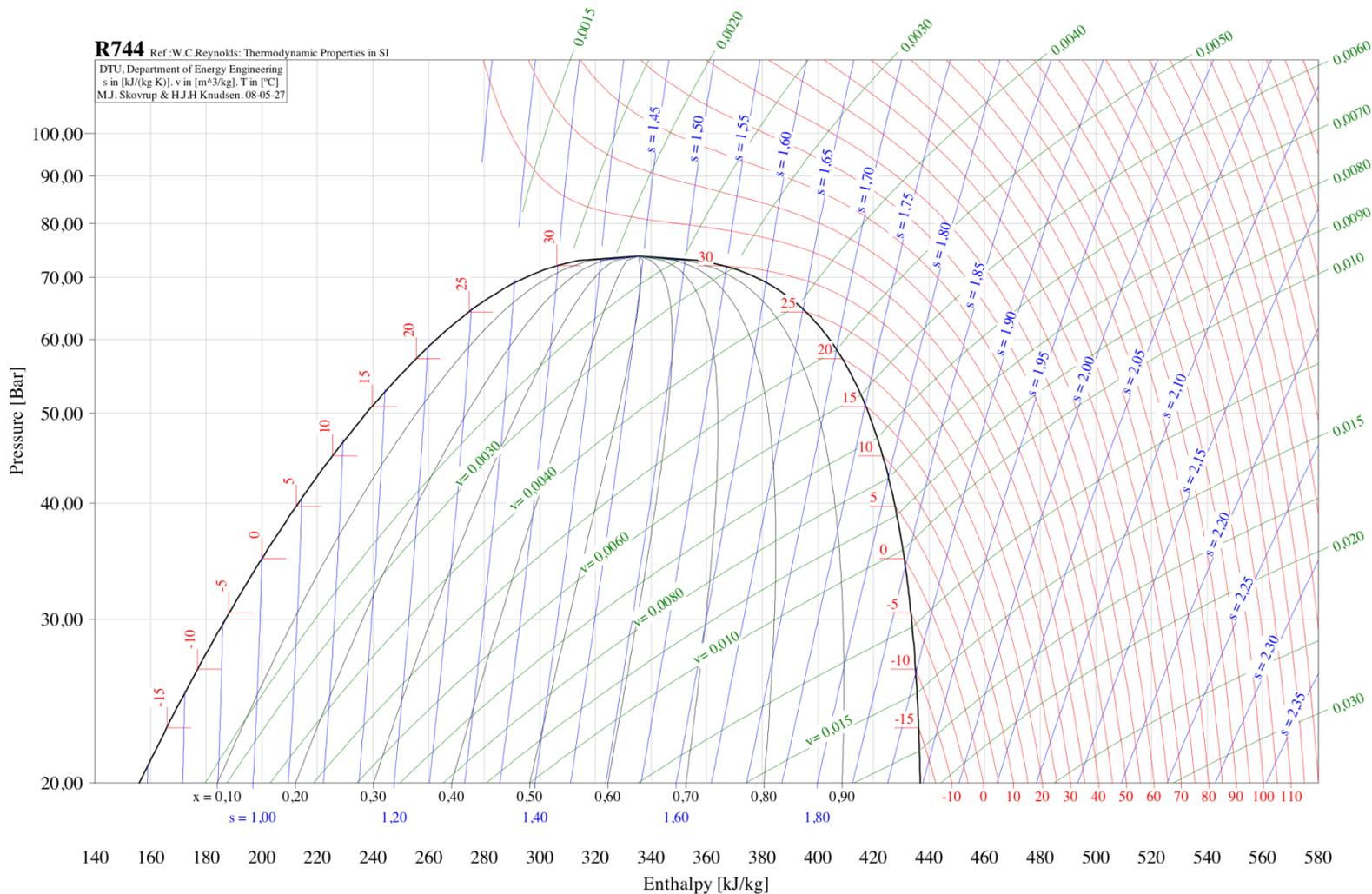
**Diagramma p-H gas R717
(ammoniaca)**





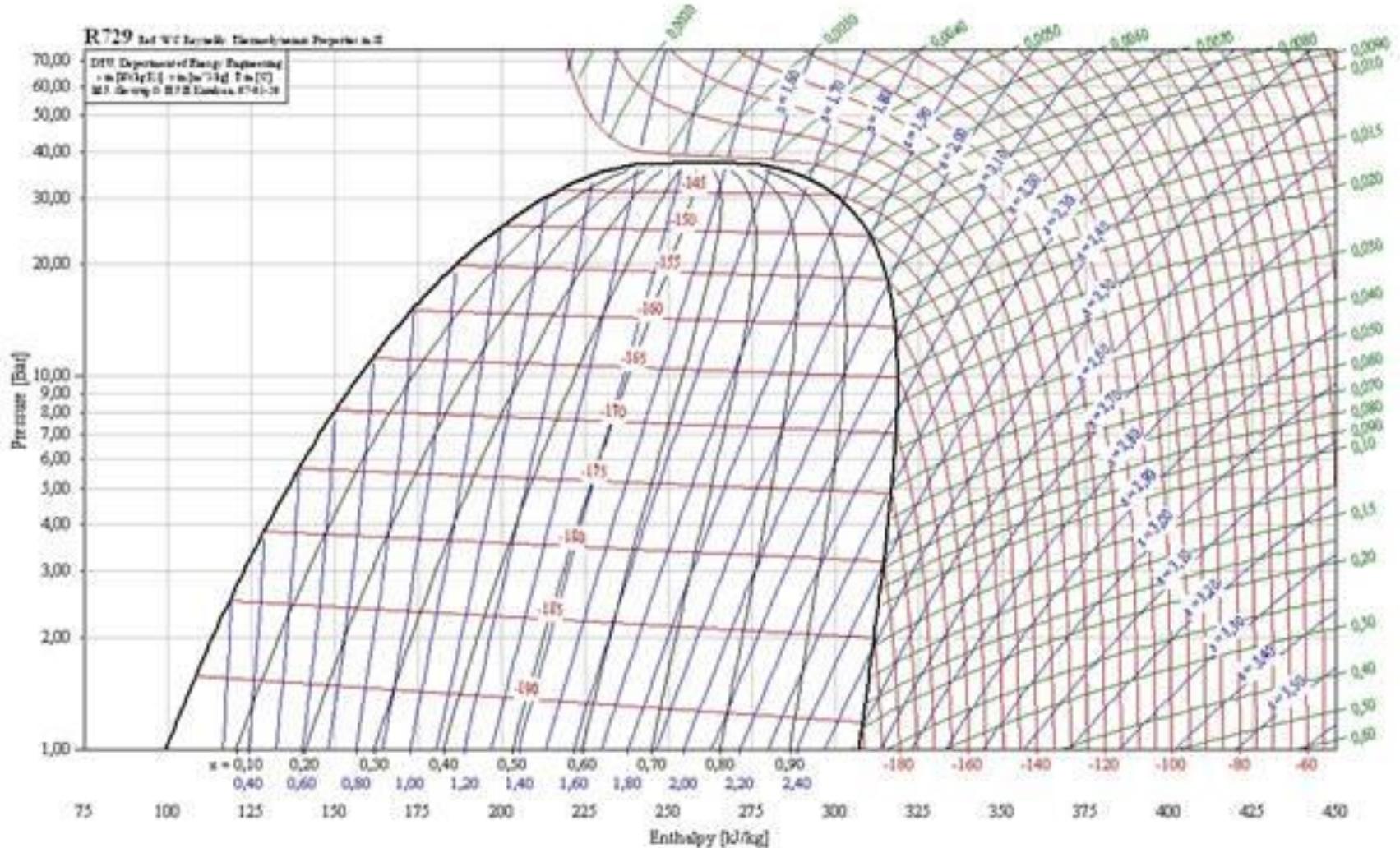
Gas refrigeranti

Diagramma p-H gas R744 (CO₂)



Gas refrigeranti

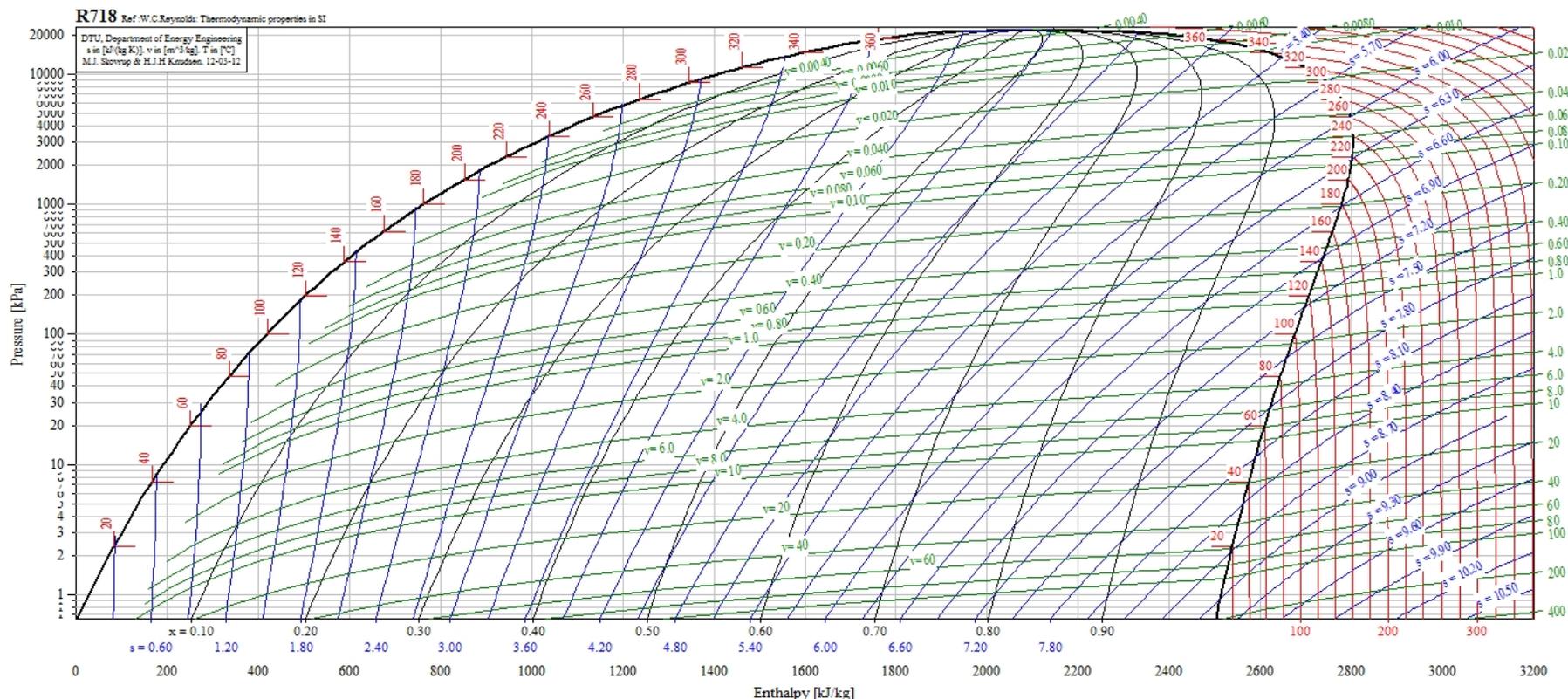
Diagramma p-H gas R729
(ARIA)





Gas refrigeranti

Diagramma p-H gas R718 (H₂O)



Gas refrigeranti

CONFRONTO

Gruppo	Sigla	Tipo	GLIDE	note
CFC	R11	puro	--	molto dannoso ozono, elevatissimo effetto serra
HCFC	R22	puro	--	dannoso ozono, elevato effetto serra
HFC	R407C	zeotropico	5,4 °C	elevato effetto serra
HFC	R410A	quasi azeotropico	0,11 °C	elevato effetto serra



Gas refrigeranti

CONFRONTO

<i>Fissate le temperature</i>					
Gruppo	Sigla	$T_{ev/cond}$ [°C]	$p_{ev/cond}$ [bar]	$T_{ev/cond}$ [°C]	$p_{ev/cond}$ [bar]
HCFC	R22	+ 2	4,31	+ 50	18,42
HFC	R407C	+ 2	4,91	+ 50	21,24
HFC	R410A	+ 2	7,57	+ 50	30,75

<i>Fissate le pressioni</i>					
Gruppo	Sigla	$p_{ev/cond}$ [bar]	$T_{ev/cond}$ [°C]	$p_{ev/cond}$ [bar]	$T_{ev/cond}$ [°C]
HCFC	R22	1	- 40,0
HFC	R407C	1	- 43,6
HFC	R410A	1	-51,5

VISIONE GENERALE

Protocollo di MONTREAL (ultima revisione nel 1999): accordo internazionale sul controllo dei **gas CLORURATI (CFC, HCFC)** che **danneggiano** lo strato di **OZONO ATMOSFERICO**.

↳ **Regolamento CE 2037/2000**: recepimento indicazioni protocollo Montreal.



↳ **DPR 147/2006**: libretto impianti contenenti CFC.

↳ **Regolamento CE 1005/2009**: modifiche ed integrazioni Reg. CE 2037/2000.

Registro apparecchiature contenenti **refrigeranti CFC-HCFC**

Normativa

VISIONE GENERALE

Protocollo di KYOTO (in vigore dal 2005): accordo internazionale sul controllo dei **gas EFFETTO SERRA**.

↳ **Regolamento CE 842/2006**: recepimento indicazioni protocollo Kyoto in relazione ai **gas FLUORURATI (HFC, PFC, SF6)** che contribuiscono all'**EFFETTO SERRA**.

↳ **Regolamento CE 1516/2007**: requisiti controllo perdite gas fluorurati refrigeranti.

↳ **Regolamento CE 303/2008**: certificazione personale ed imprese che operano con gas fluorurati refrigeranti.

↳ **DPR 43/2012**: attuazione Reg. CE 842/2006 - patentino frigoristi.

↳ **DLgs 26/2013**: sanzioni DPR 43/2012.



VISIONE GENERALE

Aggiornamenti:

Regolamento CE 842/2006: aggiornamento con il **Regolamento CE 517/2014**.

Regolamento CE 303/2008: aggiornamento con il **Regolamento CE 2067/2015**.



Recepimento a livello Italiano:

DPR 146/2018: attuazione Reg. CE 517/2014 - patentino frigoristi.

Normativa

VISIONE GENERALE

Con l'entrata in vigore del **Reg. CE 842/2006** e il successivo **aggiornamento** col **Reg. CE 517/2014** sono stati integrati e redatti e poi aggiornati **altri regolamenti specifici** per i gas fluorurati ad effetto serra.

1493/2007/CE	Formato della relazione da presentare alla commissione per produttori, importatori, esportatori.
1494/2007/CE	Forma e requisiti per etichettare i prodotti e le apparecchiature.
1497/2007/CE	Requisiti standard per il controllo delle perdite per i sistemi di protezione antincendio fissi contenenti taluni ...
1516/2007/CE	Requisiti standard per il controllo delle perdite per le apparecchiature fisse di refrigerazione, condizionamento d'aria e pompe di calore contenenti taluni ...
2067/2015	Requisiti minimi ... certificazione delle imprese e del personale per quanto concerne le apparecchiature fisse di refrigerazione, condizionamento d'aria e pompe di calore contenenti taluni ...
...	Requisiti minimi ... certificazione delle imprese e del personale per quanto concerne gli impianti fissi di protezione antincendio e gli estintori contenenti taluni ...
...	Requisiti minimi ... certificazione del personale per il recupero su commutatori ad alta tensione contenenti taluni ...
...	Requisiti minimi ... certificazione del personale addetto al recupero dalle apparecchiature di taluni solventi a base di ...
...	Requisiti minimi per i programmi di formazione ... attestati di formazione del personale per quanto concerne gli impianti di condizionamento d'aria in determinati veicoli a motore contenenti taluni ...
...	Formato della notifica dei programmi di formazione e certificazione.

Normativa

PROTOCOLLO DI MONTREAL

Questo protocollo internazionale ha fissato i **criteri generali** per l'**abolizione** della **produzione** ed **uso** delle sostanze gassose **dannose** per lo strato di **OZONO ATMOSFERICO** (stratosfera). Il componente incriminato è il **CLORO** che costituisce elemento fondamentale per i gas **CFC (Cloro-Fluoro-Carburi)** ed **HCFC (Idro-Cloro-Fluoro-Carburi)**.



La **dannosità** di un gas nei confronti dell'ozono è classificata per mezzo dell'**INDICE ODP** (Ozone Depletion Potential – **Potenziale di Dannosità per l'Ozono**).

Il gas **R11** è quello con l'azione più potente e viene assunto convenzionalmente come **punto di riferimento: ODP = 1** (per una massa di 1 kg).

Tutti gli **altri gas** hanno quindi **ODP < 1**.

Se **ODP = 0** allora il **gas non è dannoso per l'ozono** (sono tali i gas che **NON** contengono **CLORO**).

PROTOCOLLO DI KYOTO

Questo protocollo internazionale ha fissato i **criteri generali** per la **riduzione** delle **emissioni** delle sostanze gassose di **origine antropica** ad **EFFETTO SERRA (gas-serra)**.

I principali gas-serra di origine antropica disciplinati dal protocollo sono:

- **Biossido di carbonio (CO₂)**.
- **Metano (CH₄)**.
- **Protossido di azoto (N₂O)**.
- **Gas fluorurati (HFC [Idro-Fluoro-Carburi], PFC [Per-Fluoro-Carburi], SF₆ [Esafluoruro di zolfo])**.
- **Gas dannosi per l'ozono (CFC ed HCFC già disciplinati dal protocollo di Montreal)**.



PROTOCOLLO DI KYOTO



La **dannosità** di un gas-serra è classificata per mezzo dell'**INDICE GWP** (Global Warming Potential – **Potenziale di Riscaldamento Globale**).

Il gas **CO₂**, quello maggiormente presente sulla terra tra quelli ad effetto serra, viene assunto convenzionalmente come **punto di riferimento: GWP = 1**.

Il GWP è definito in termini di **massa equivalente di CO₂** per produrre il medesimo effetto serra nel medesimo arco di tempo (100 anni).

Tutti gli **altri gas** hanno quindi **GWP > 1**.

Se **GWP = 0** allora il **gas non è ad effetto serra**.



Normativa

ODP - GWP

Refrigerante	ODP	GWP
CFC		
R11	1	3500
R12	1	8100
HCFC		
R22	0,05	1700
R123	0,02	250
HFC		
R125	0	3500
R134A	0	1430
R404A	0	3922
R407C	0	1774
R410A	0	2088
HC		
R290 propano	0	3
R600 butano	0	3
R717 ammoniaca	0	0,1
R744 CO ₂	0	1
R718 acqua	0	0

REGOLAMENTO CE 517/2014

Questo regolamento europeo ha fissato i **criteri generali** per la **riduzione** delle **emissioni** dei **gas FLUORURATI** ad **EFFETTO SERRA (F-gas)**.



Gli F-gas disciplinati sono:

- **HFC (Idro-Fluoro-Carburi)**: sono refrigeranti utilizzati negli impianti di refrigerazione e condizionamento d'aria e pompe di calore, come agenti espandenti per schiume e propellenti per aerosol e solventi, come agenti estinguenti in sistemi antincendio.
- **PFC (Per-Fluoro-Carburi)**: sono gas normalmente impiegati nel settore elettronico, nell'industria farmaceutica e cosmetica.
- **SF₆ (Esfluoruro di zolfo)**: è un gas utilizzato principalmente come isolante ed estinguente dell'arco negli organi di manovra per l'alta tensione.

Normativa

REGOLAMENTO CE 517/2014

Questo regolamento è stato **recepito** ed **applicato** in **Italia** attraverso il **DPR 43/2012** entrato in **vigore** il **5 maggio 2012**.

Il **decreto impone** la **certificazione** per il *personale* e le *imprese* che svolgono:

- **Controllo delle perdite.**
- **Recupero gas e solventi.**
- **Manutenzione e riparazione.**
- **Installazione.**



di **apparecchiature** (condizionatori d'aria, pompe di calore), **impianti** (frigoriferi, refrigerazione, antincendio, condizionamento) e **dispositivi** (organi di manovra per alta tensione) che impiegano **gas refrigeranti** contenenti **FLUORO (F-GAS)**.

Se un gas **NON** contiene **FLUORO**, allora allo stesso **NON** si applica il **DPR**.

Normativa

REGOLAMENTO CE 517/2014

Il regolamento si **applica anche** a produttori, importatori ed esportatori di F-gas nonché a fabbricatori ed importatori che mettano in commercio nella UE apparecchiature contenenti F-gas.

Le **apparecchiature interessate** sono:

- Dispositivi **fissi** di **refrigerazione** ($T < T_{amb}$).
- Dispositivi **fissi** di **condizionamento d'aria** (**controllo** T_{amb}).
- **Pompe di calore fisse** (forniscono calore impiegando un ciclo frigorifero).



Normativa

REGOLAMENTO CE 517/2014

I **gas refrigeranti interessati**, impiegati nelle apparecchiature di cui sopra, sono:

- **Gas FLUORURATI (HFC, PFC, SF₆)** puri o miscele.
- ***Se miscela*: almeno un componente sia F-gas e $GWP_{misc} > 150$.**

Esempio di calcolo del **GWP_{misc}** :

Gas: *R410A*

Composizione: *HFC-R32 (50%) + HFC-R125 (50%)*

GWP gas componenti: *R32 (GWP 675), R125 (GWP 3500)*

Risultato: $GWP_{misc} = (50\% * 675) + (50\% * 3500) = 2087,5 = 2088$
(arrotondato)



Normativa

REGOLAMENTO CE 517/2014

Per **individuare** il **tipo** di **refrigerante** impiegato nella macchina occorre riferirsi alla **targhetta** della stessa (dal 1° aprile 2008 essa deve **obbligatoriamente** riportare **tipo** e **quantità** di **refrigerante** impiegato nonché la **dicitura** "*Contiene gas fluorurati ad effetto serra disciplinati dal protocollo di Kyoto*").



Se l'etichetta non è disponibile occorre consultare il **libretto di uso e manutenzione** ovvero, dove previsto, il **registro dell'apparecchiatura**.

Si può inoltre richiedere tali informazioni al **produttore** od al **manutentore** della macchina.

Normativa

REGOLAMENTO CE 517/2014

Per **individuare** la **quantità** di **refrigerante** impiegato nella macchina occorre riferirsi alla **targhetta** della stessa ed all'**applicazione**.

Se l'etichetta non è disponibile occorre consultare il **libretto di uso e manutenzione** ovvero, dove previsto, il **registro dell'apparecchiatura**.

Si può inoltre richiedere tali informazioni al **produttore** od al **manutentore** della macchina.



Per **applicazione** si definisce come: “*una serie di **componenti** e **tubazioni** che formano una **struttura continua** attraverso la quale i gas fluorurati possono **fluire da un punto ad un altro**”.* Questi due punti fanno quindi parte di un'unica applicazione.

REGOLAMENTO CE 517/2014

Per **sistema ermeticamente sigillato** si intende: *“una applicazione in cui **tutte** le parti contenenti refrigerante sono **solidamente fissate** mediante **saldatura, brasatura, o altra connessione permanente analoga ...**”*.

Questi sistemi devono **obbligatoriamente** riportare sulla targhetta la **dicitura** *“sistema ermeticamente sigillato”*.



In tal caso si possono applicare prescrizioni normative meno forti per contenuti di refrigerante **< 6 kg (10 Ton CO₂eq)**.

Normativa

REGOLAMENTO CE 517/2014

SPLIT TYPE AIR CONDITIONER				
INDOOR UNIT		OS-SENDH09EI		
COOLING CAPACITY(KW)		2.60		
HEATING CAPACITY(KW)		2.80		
REFRIGERANT		R410A/0.660 Kg		
MAX OPERATING PRESSURE		4.2MPa		
WEIGHT (INDOOR)		7.5 Kg		
POWER SOURCE		230V-1ph- 50 Hz		
MAX CURRENT	7.5A			
MAX POWER INPUT	1650W			
RATED CURRENT	COOLING 3.6A	HEATING	3.6A	
RATED POWER INPUT	COOLING 722W	HEATING	718W	
Serial no.		3231M0160445		
Contains fluorinated greenhouse gases covered by the Kyoto Protocol				



Normativa

REGOLAMENTO CE 517/2014

Il regolamento afferma che la **responsabilità** del **rispetto** della **normativa** ricade sull'**operatore** dell'**apparecchiatura**.

L'**operatore** è: *“persona fisica o giuridica che eserciti un effettivo controllo sul funzionamento tecnico delle apparecchiature e degli impianti”*.

Nella **pratica** possiamo **affermare** che:

- Per **piccoli impianti** (domestici, commerciali): il **proprietario**.
- Per **grandi impianti** (commerciali, industriali): il **manutentore** incaricato con **specifico contratto** di **assunzione di responsabilità** (tipo *“terzo responsabile”*).





Normativa

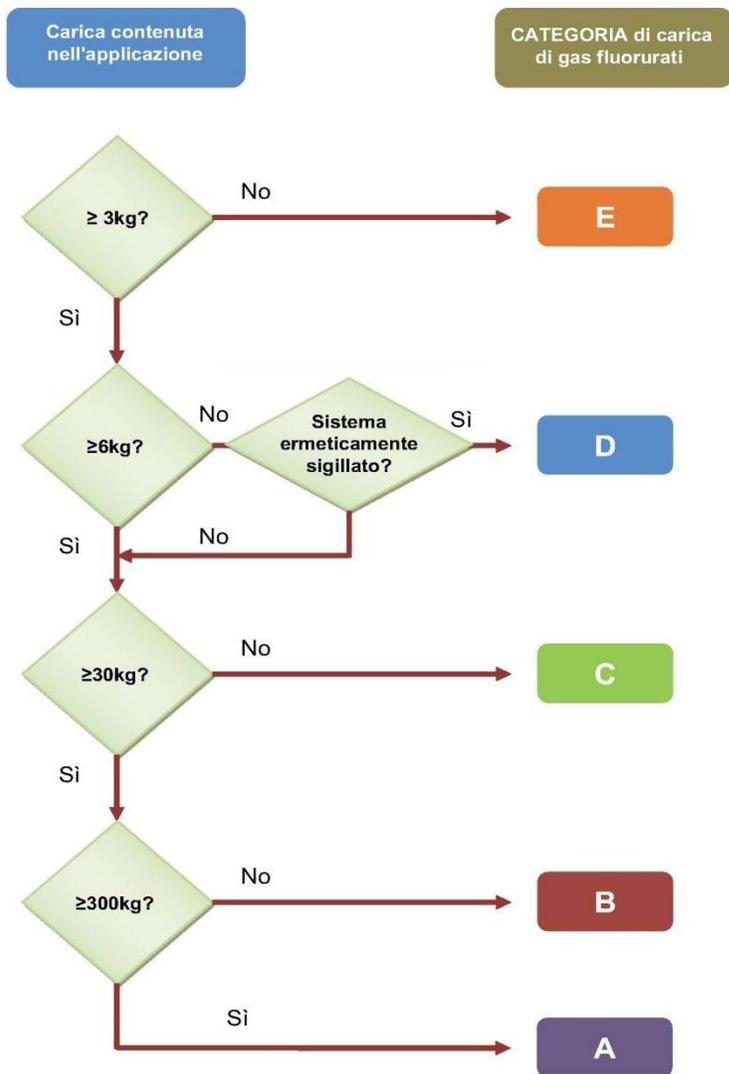
REGOLAMENTO CE 842/2006 + CE 517/2014

Aggiornamento secondo il nuovo:
[REGOLAMENTO CE 517/2014](#)



Normativa

REGOLAMENTO CE 842/2006 + CE 517/2014



<i>Categoria quantitativa di gas fluorurati</i>	A (≥300kg)	B (≥30kg e <300kg)	C (≥3kg e <30kg; ermeticamente sigillati e sigillati ≥6kg e <30kg)	D (ermeticamente sigillati ≥3kg e <6kg)	E (<3kg)
<i>Obblighi per l'operatore</i>					
Installazione ¹¹ , manutenzione o riparazione del sistema da parte di personale e imprese certificati, articolo 5, paragrafo 3 ¹²	✓	✓	✓	✓	✓
Prevenzione delle perdite e riparazione delle perdite rilevate non appena possibile, articolo 3, paragrafo 1 ¹²	✓	✓	✓	✓	✓
Regolari controlli delle perdite da parte di personale certificato, articolo 3, paragrafo 2 ¹²	✓	✓	✓		
Installazione di un sistema di rilevamento delle perdite che deve essere controllato come minimo ogni 12 mesi, articolo 3, paragrafo 3 ¹²	✓				
Tenuta di un registro, articolo 3, paragrafo 6 ¹²	✓	✓	✓	✓	
Recupero dei gas fluorurati prima della distruzione definitiva e, se del caso, durante la riparazione e manutenzione da parte di personale certificato, articolo 4, paragrafi 1 e 4 ¹²	✓	✓	✓	✓	✓



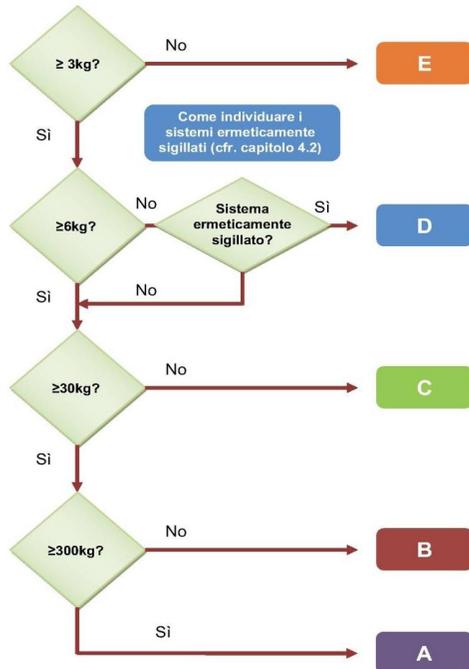
Normativa

REGOLAMENTO CE 842/2006 + CE 517/2014

(≥ 5 Ton CO₂eq e < 50 Ton CO₂eq);
(≥ 10 Ton CO₂eq e
 < 50 Ton CO₂eq se ermet. sig.)

Carica contenuta nell'applicazione

CATEGORIA di carica di gas fluorurati



Categoria quantitativa di gas fluorurati Obblighi per l'operatore	A ($\geq 300\text{kg}$) (≥ 50 Ton CO ₂ eq)	B ($\geq 30\text{kg}$ e $< 300\text{kg}$) (≥ 50 Ton CO ₂ eq < 500 Ton CO ₂ eq)	C ($\geq 3\text{kg}$ e $< 30\text{kg}$; ermeticamente sigillati e sigillati $\geq 6\text{kg}$ e $< 30\text{kg}$)	D (ermeticamente sigillati $\geq 3\text{kg}$ e $< 6\text{kg}$) (≥ 5 Ton CO ₂ eq < 10 Ton CO ₂ eq ermet. sig.)	E ($< 3\text{kg}$) (< 5 Ton CO ₂ eq)
Installazione ¹¹ , manutenzione o riparazione del sistema da parte di personale e imprese certificati, articolo 5, paragrafo 3 ¹²	✓	✓	✓	✓	✓
Prevenzione delle perdite e riparazione delle perdite rilevate non appena possibile, articolo 3, paragrafo 1 ¹²	✓	✓	✓	✓	✓
Regolari controlli delle perdite da parte di personale certificato, articolo 3, paragrafo 2 ¹²	✓	✓	✓		
Installazione di un sistema di rilevamento delle perdite che deve essere controllato come minimo ogni 12 mesi, articolo 3, paragrafo 3 ¹²	✓				
Tenuta di un registro, articolo 3, paragrafo 6 ¹²	✓	✓	✓	✓	
Recupero dei gas fluorurati prima della distruzione definitiva e, se del caso, durante la riparazione e manutenzione da parte di personale certificato, articolo 4, paragrafi 1 e 4 ¹²	✓	✓	✓	✓	✓



Normativa

REGOLAMENTO CE 842/2006 + CE 517/2014

<p>A (≥300kg) (≥500 Ton CO₂eq)</p>	<p>B (≥30kg e <300kg) (≥50 Ton CO₂eq <500 Ton CO₂eq)</p>	<p>C (≥3kg e <30kg; ermeticamente e sigillati ≥6kg e <30kg)</p>	<p>D (ermeticamente sigillati ≥3kg e <6kg) (≥5 Ton CO₂eq <10 Ton CO₂eq ermet. sig.)</p>	<p>E (<3kg) (<5 Ton CO₂eq)</p>
---	--	--	---	---



(≥5 Ton CO₂eq e <50 Ton CO₂eq);
 (≥10 Ton CO₂eq e <50 Ton CO₂eq se ermet. sig.)

Normativa

REGOLAMENTO CE 1516/2007

Questo regolamento indica i **requisiti** e le **metodologie** da impiegare per il **controllo delle perdite**, nel rispetto di quanto sancito dal Reg. 842/2006/CE, in impianti che contengono **F-gas** se il **contenuto** è $\geq 3 \text{ kg}$ (**5 Ton CO₂eq**).

Il regolamento **NON** si applica alle apparecchiature con **impianti ermeticamente sigillati** (specifica indicazione in **etichetta**) e con **contenuto** di F-gas $< 6 \text{ kg}$ (**10 Ton CO₂eq**).



Per la **ricerca** e **determinazione** di una **perdita** di **refrigerante** si possono adottare **metodi** di misurazione:

- **DIRETTI: sempre applicabili.**
- **INDIRETTI:** applicabili solo se i parametri di funzionamento della macchina forniscono **informazioni affidabili** sullo stato di carica dell'impianto e sulle probabilità di perdita.

Normativa

REGOLAMENTO CE 1516/2007

METODI DIRETTI:

- Utilizzo di **dispositivi di rilevazione fughe F-gas** (rilevatori elettronici tarati): **taratura ogni 12 mesi, sensibilità ≤ 5 g/anno.**
- Impiego di **fluidi di rilevazione UV** o **coloranti** (se approvati dal costruttore della macchina).
- Impiego di **soluzioni schiumose/saponose.**



Normativa

REGOLAMENTO CE 1516/2007

METODI **INDIRETTI**:

Controllo **visivo** e **manuale** dell'apparecchiatura ed **analisi** dei **parametri** di **funzionamento**: pressioni, temperature, livelli dei liquidi, volume di carica, corrente assorbita dal compressore.

Una o più delle seguenti **situazioni** possono far **presumere** la sussistenza di una **perdita**:

- Un sistema fisso di segnalazione perdite indica una perdita.
- L'apparecchiatura produce vibrazioni e/o rumori anomali, vi è formazione di ghiaccio o scarsa capacità di raffreddamento.
- Vi sono segni di corrosione, perdita d'olio, danni a componenti nel punto di possibile perdita.
- Indicazione di perdita da indicatori di livello o sistemi visivi appositi.
- Segni di danni ai dispositivi di sicurezza (pressostati, manometri, interruttori) e sensori.
- Parametri di funzionamento rilevati con valori anomali.



Normativa

REGOLAMENTO CE 1516/2007

Nell'intervento di **riparazione** della **perdita**:

- Interviene **personale qualificato e certificato**.
- Se necessario si provvede allo **svuotamento** dell'**impianto** od al **recupero** del **refrigerante**.
- A riparazione avvenuta si esegue una **prova di tenuta con azoto**. 
- Se possibile si **elimina la causa della perdita** così che la stessa non si ripresenti.
- Si **compila** il **REGISTRO** dell'**APPARECCHIATURA** con i dati dell'operatore intervenuto e l'indicazione di quanto svolto.

Normativa

REGOLAMENTO CE 1516/2007

(≥ 5 Ton CO₂eq
< 50 Ton CO₂eq);
(≥ 10 Ton CO₂eq
< 50 Ton CO₂eq se ermet. sig.)



I **controllo** delle **perdite** vanno svolti rispettando le seguenti **tempistiche**:

<i>Categoria quantitativa di gas fluorurati</i>	A (≥ 300 kg)	B (≥ 30 kg e < 300kg)	C (≥ 3 kg e < 30kg; ≥ 6 kg e < 30kg ermeticamente sigillati)
<i>Frequenza minima dei controlli delle perdite</i>	(≥ 500 Ton CO ₂ eq)	(≥ 50 Ton CO ₂ eq < 500 Ton CO ₂ eq)	
Senza l'installazione di un appropriato sistema di rilevamento delle perdite correttamente funzionante	ogni 3 mesi (*)	ogni 6 mesi	ogni 12 mesi
Con l'installazione di un appropriato sistema di rilevamento delle perdite correttamente funzionante	ogni 6 mesi	ogni 12 mesi	ogni 12 mesi

(*) Un sistema di rilevamento di perdite che avverta l'operatore in caso di perdita è obbligatorio per applicazioni contenenti una carica di 300 kg o più.

Se è installato un **sistema di rilevamento** delle **perdite** correttamente funzionante, la **frequenza** dei controlli viene **dimezzata**, ma **NON** è mai > **12 mesi**.

Normativa

REGOLAMENTO CE 2067/2015



Questo regolamento stabilisce i **requisiti minimi** per la **certificazione** del **personale** e delle **imprese** che operano nel rispetto del **Reg. 517/2014/CE** per quanto riguarda le **apparecchiature fisse di refrigerazione, condizionamento d'aria e pompe di calore** che impieghino **F-gas**.

Attività	Certificazione PERSONALE OPERANTE	Certificazione DITTA OPERANTE
Installazione	Sì	Sì
Manutenzione o riparazione	Sì	Sì
Controllo delle perdite per applicazioni con contenuto F-gas ≥ 3 kg [5 Ton CO ₂ eq] (6 kg [10 Ton CO ₂ eq] se ermeticamente sigillate ed etichettate come tali)	Sì	--
Recupero F-gas	Sì	--

Normativa

REGOLAMENTO CE 2067/2015

I **certificati** sono **validi** in **tutti** gli **stati membri** e riportano:



- Nome dell'organismo certificatore.
- Dati completi titolare.
- Numero del certificato e scadenza.
- **Categoria** di certificazione del **personale** (**attività** [installazione, manutenzione /riparazione, entrambe] per le **ditte**).
- Attività che il titolare è autorizzato a svolgere.
- Data di rilascio e firma del rilasciante.

per il personale

Attività Certificato	Categorie quantitative D, E			Categorie quantitative A, B, C				
	R	I	M	L1	L2	R	I	M
Categoria I	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Categoria II	✓	✓	✓		✓			
Categoria III	✓							
Categoria IV					✓			

L1 = Controllo delle perdite con intervento sul circuito di refrigerazione

L2 = Controllo delle perdite senza intervento sul circuito di refrigerazione

R = Recupero I = Installazione M = Manutenzione o riparazione

Nel contesto del regolamento sui gas fluorurati

Installazione significa

l'assemblaggio di due o più pezzi di apparecchiatura o circuiti contenenti o destinati a contenere gas fluorurati refrigeranti ad effetto serra, ai fini del montaggio di un sistema nel luogo stesso in cui sarà utilizzato.

Include altresì l'assemblaggio dei componenti del sistema per completare un circuito frigorifero, indipendentemente dall'esigenza di caricare o meno il sistema dopo l'assemblaggio.

La manutenzione o riparazione comprende

tutte le attività che implicano un intervento sui circuiti contenenti o destinati a contenere gas fluorurati ad effetto serra, tranne il recupero dei gas e i controlli per individuare le perdite. Ciò comprende in particolare:

- immettere nel sistema gas fluorurati ad effetto serra
- rimuovere uno o più pezzi del circuito o dell'apparecchiatura
- riassemblare due o più pezzi del circuito o dell'apparecchiatura
- riparare le perdite

per le ditte

Normativa

REGOLAMENTO CE 2067/2015

per il personale

Attività / Certificato	Categorie quantitative D, E			Categorie quantitative A, B, C				
	R	I	M	L1	L2	R	I	M
Categoria I	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Categoria II	✓	✓	✓		✓			
Categoria III	✓							
Categoria IV					✓			



L1 = Controllo delle perdite con intervento sul circuito di refrigerazione

L2 = Controllo delle perdite senza intervento sul circuito di refrigerazione

R = Recupero I = Installazione M = Manutenzione o riparazione

Normativa**REGOLAMENTO CE 2067/2015****Nel contesto del regolamento sui gas fluorurati****Installazione significa**

l'assemblaggio di due o più pezzi di apparecchiatura o circuiti contenenti o destinati a contenere gas fluorurati refrigeranti ad effetto serra, ai fini del montaggio di un sistema nel luogo stesso in cui sarà utilizzato.

Include altresì l'assemblaggio dei componenti del sistema per completare un circuito frigorifero, indipendentemente dall'esigenza di caricare o meno il sistema dopo l'assemblaggio.

La manutenzione o riparazione comprende

tutte le attività che implicano un intervento sui circuiti contenenti o destinati a contenere gas fluorurati ad effetto serra, tranne il recupero dei gas e i controlli per individuare le perdite. Ciò comprende in particolare:

- immettere nel sistema gas fluorurati ad effetto serra
- rimuovere uno o più pezzi del circuito o dell'apparecchiatura
- riassemblare due o più pezzi del circuito o dell'apparecchiatura
- riparare le perdite

per le ditte



Normativa

REGOLAMENTO CE 2067/2015

Registro dell'apparecchiatura					
Nome dell'operatore dell'apparecchiatura					
Indirizzo postale					
Numero di telefono					
Designazione dell'apparecchiatura ¹		N. di riferimento			
Descrizione		Ermeticamente sigillata?	Si / No		
Luogo di utilizzo		Data di installazione			
Tipo di refrigerante		Carica di refrigerante [kg]			
Aggiunta di refrigerante					
Data	Tecnico/impresa di assistenza ² (compreso n. di certificato)	Tipo di refrigerante	Quantità aggiunta [kg]	Motivo dell'aggiunta	
Recupero / eliminazione di refrigerante					
Data	Tecnico/impresa di assistenza ² (compreso n. di certificato)	Tipo di refrigerante	Quantità eliminata [kg]	Motivo del recupero / eliminazione	
Controlli delle perdite (compresi i controlli di verifica)					
Data	Tecnico/impresa di assistenza ² (compreso n. di certificato)	Aree controllate	Risultato	Azioni adottate	È necessario un controllo di verifica?
Attività di manutenzione o riparazione					
Data	Tecnico/impresa di assistenza ² (compreso n. di certificato)	Aree interessate	Operazioni di manutenzione o di riparazione effettuate	Osservazioni	
Prova del sistema automatico di rilevamento delle perdite (se presente)					
Data	Tecnico/impresa di assistenza ² (compreso n. di certificato)	Risultato	Osservazioni		
Altre informazioni importanti					
Data					

¹ Identificazione tecnica.

² Compresi nome, indirizzo postale e numero di telefono del tecnico e dell'impresa.

Normativa

REGOLAMENTO CE 2067/2015

Registro dell'apparecchiatura				
Nome dell'operatore dell'apparecchiatura				
Indirizzo postale				
Numero di telefono				
Designazione dell'apparecchiatura¹		N. di riferimento		
Descrizione		Ermeticamente sigillata?		Sì / No
Luogo di utilizzo		Data di installazione		
Tipo di refrigerante		Carica di refrigerante [kg]		
Aggiunta di refrigerante				
Data	Tecnico/impresa di assistenza ² (compreso n. di certificato)	Tipo di refrigerante	Quantità aggiunta [kg]	Motivo dell'aggiunta
Recupero / eliminazione di refrigerante				
Data	Tecnico/impresa di assistenza ² (compreso n. di certificato)	Tipo di refrigerante	Quantità eliminata [kg]	Motivo del recupero / eliminazione



Normativa

REGOLAMENTO CE 2067/2015

Controlli delle perdite (compresi i controlli di verifica)					
Data	Tecnico/impresa di assistenza ² (compreso n. di certificato)	Aree controllate	Risultato	Azioni adottate	È necessario un controllo di verifica?
Attività di manutenzione o riparazione					
Data	Tecnico/impresa di assistenza ² (compreso n. di certificato)	Aree interessate	Operazioni di manutenzione o di riparazione effettuate	Osservazioni	
Prova del sistema automatico di rilevamento delle perdite (se presente)					
Data	Tecnico/impresa di assistenza ² (compreso n. di certificato)	Risultato	Osservazioni		
Altre informazioni importanti					
Data					



¹ Identificazione tecnica.

² Compresi nome, indirizzo postale e numero di telefono del tecnico e dell'impresa.

Attrezzature e loro impiego

Per poter correttamente svolgere le attività di **installazione, manutenzione, controllo perdite e riparazione** di macchinari ed impianti che impiegano **refrigeranti fluorurati (HFC, ovvero F-gas)** è necessario avere a disposizione e saper correttamente impiegare alcune **attrezzature**.

Ecco i principali:

!?! Taratura / verifica / revisione !?!

TERMO-IGROMETRO



Gruppo MANOMETRI



KIT AZOTO

POMPA del VUOTO



RILEVATORE FUGHE



STAZIONE di CARICA



BILANCIA



SALDATORE



RECUPERATORE



Attrezzature e loro impiego

Realizzazione del VUOTO

Questa operazione fondamentale viene svolta dopo aver completato tutti i collegamenti idraulici ed aver provato la tenuta dell'impianto.

Il **VUOTO** serve:

- **Eliminare aria ed umidità.**
- **Eliminare elementi incondensabili.**

Se **aria** ed **incondensabili** sono presenti all'intero dell'impianto possono causare **aumento** delle **pressioni** e **temperature** di lavoro del sistema con conseguenti **malfunzionamenti** e/o **danneggiamenti**.

Se è presente **umidità** questo può comportare il **congelamento** del circuito nei punti più freddi nonché l'**acidificazione** di **olio** e **refrigerante**.



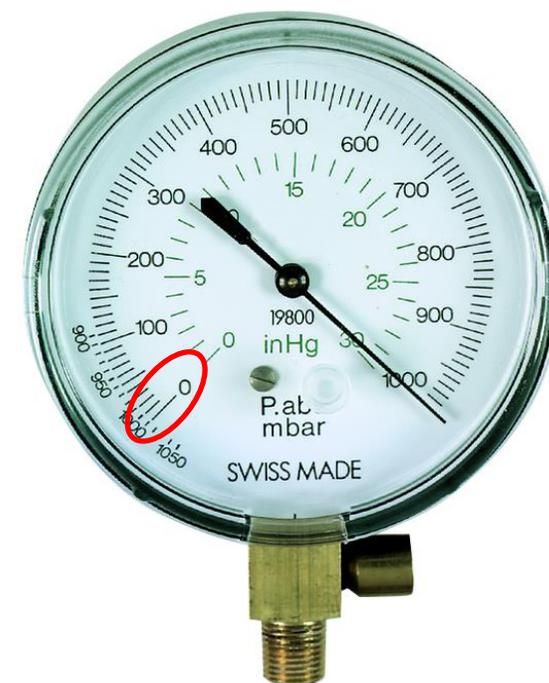
Attrezzature e loro impiego

Realizzazione del VUOTO

METODO "ALTO VUOTO"

1. Si porta il circuito alla **pressione assoluta** di **6,66 mbar** utilizzando la pompa del vuoto opportunamente collegata.
2. Si mantiene la pompa attiva per **1 ora**.
3. Si spegna la pompa e si attende **1 ora** tenendo sotto controllo il **manometro (VACUOMETRO)**.
4. Si verifica trascorso il tempo prestabilito l'indicatore del manometro non si sia spostato (ovvero non vi è stata una "**perdita di vuoto**").

E' il metodo che si applica su **impianti nuovi**.



6,66 mbar = 0,00666 bar = 5 Torr = 0,66 kPa)



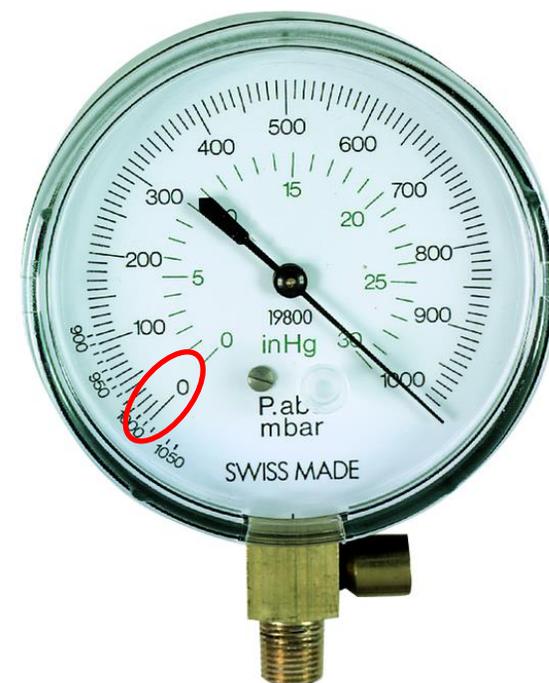
Attrezzature e loro impiego

Realizzazione del VUOTO

METODO "TRIPLICE EVACUAZIONE"

1. Si porta il circuito alla **pressione assoluta** di **6,66 mbar** utilizzando la pompa del vuoto opportunamente collegata.
2. Carico con **AZOTO** alla pressione assoluta di **0,5-1,0 bar** (rottura del vuoto con gas *disidratante*).
3. Scarico l'impianto.
4. Ripeto i punti 1 – 2 – 3.
5. Applico il metodo "**ALTO VUOTO**".

E' il metodo che si applica su **impianti usati**, **DOPO** che si è proceduto a **lavarne** le **tubazioni** (*specifiche macchine*), sfruttando l'azione profondamente **disidratante** dell'azoto e delle operazioni di scarico dell'impianto così da **eliminare** ogni **residuo**.



6,66 mbar = 0,00666 bar = 5 Torr = 0,66 kPa)

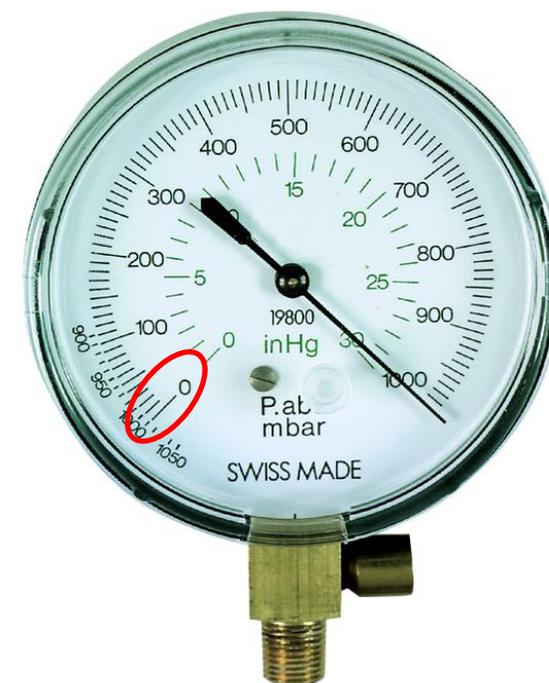


Attrezzature e loro impiego

Realizzazione del VUOTO

Il **vuoto** che si deve raggiungere è ad un **valore** che garantisce al **TOTALE evaporazione** dell'**umidità** contenuta nell'**aria**, così che sia possibile poi estrarla dalle tubazioni proprio attraverso la pompa del vuoto. Vuoti più spinti sarebbero troppo onerosi.

Pressione (Torr)	Pressione (mbar)	T. di evaporazione (°C)
760	1013	100
49,5	66	38
9,75	13	11
5	6,66	0
1	1,33	-17

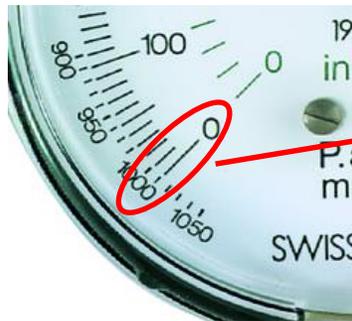
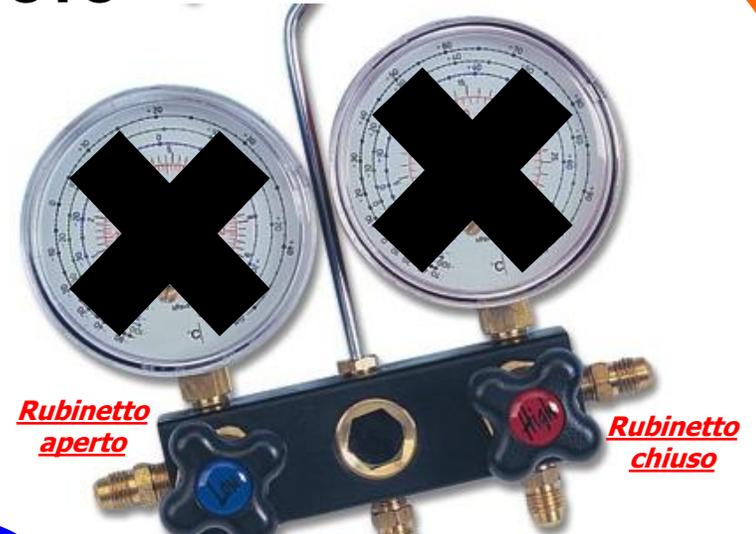
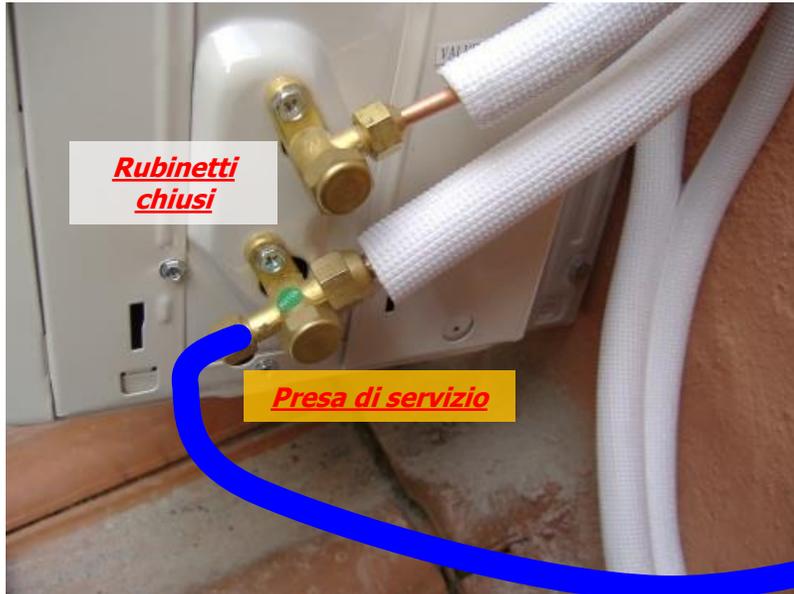


6,66 mbar = 0,00666 bar = 5 Torr = 0,66 kPa)



Attrezzature e loro impiego

Realizzazione del VUOTO



6,66 mbar = 0,00666 bar = 5 Torr = 0,66 kPa)



Attrezzature e loro impiego

CARICA del REFRIGERANTE

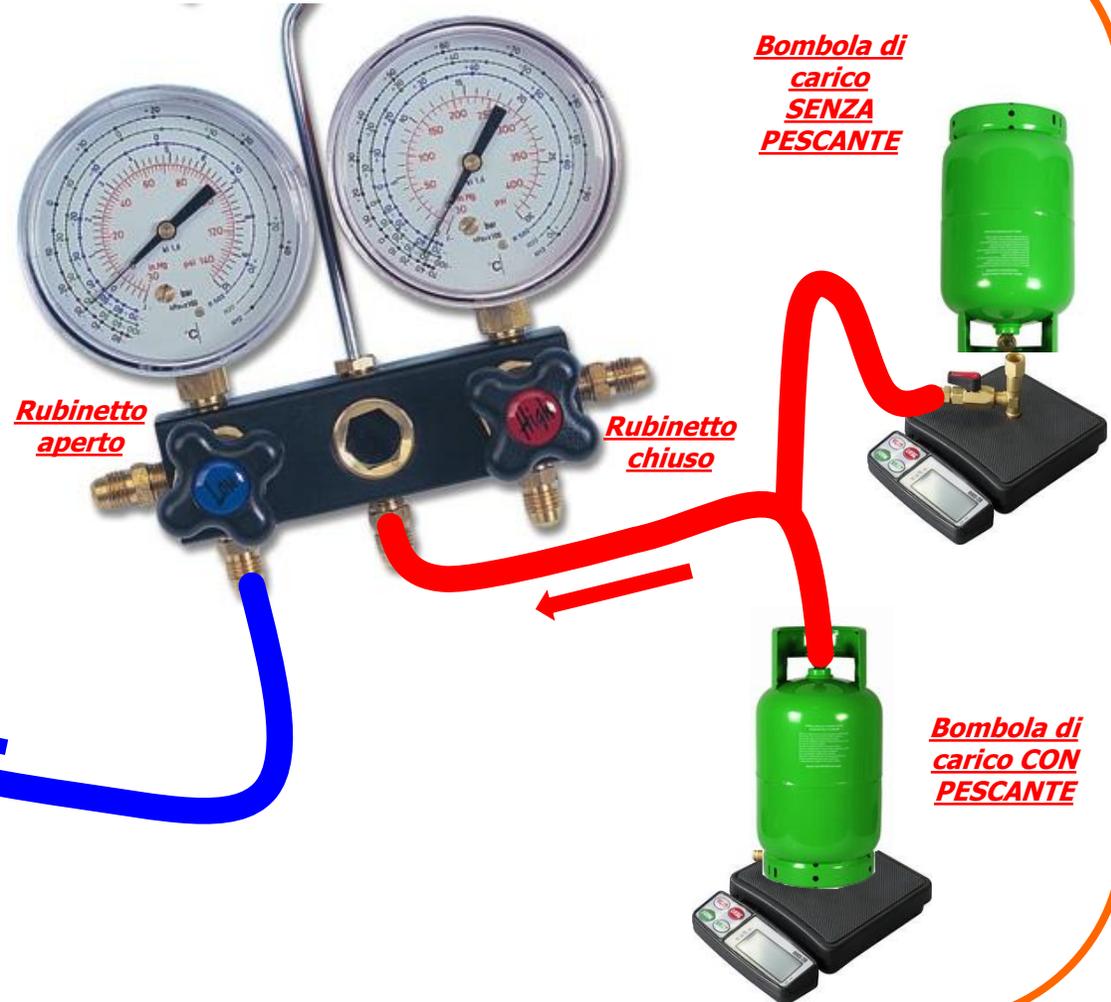
Qualora sia necessario **caricare l'impianto** con refrigerante (carica insufficiente, sostituzione refrigerante, ecc ...) trattando i nuovi prodotti (HFC) che sono **MISCELE** di gas differenti, l'operazione va condotta mantenendo il **nuovo refrigerante** allo **stato liquido**, facendolo vaporizzare nella tubazione di del vapore (dallo split), così da essere certi che **non** giunga ancora **liquido** al **compressore**.

Per determinare con esattezza la **quantità** di **refrigerante caricato**, è importante impiegare una **bilancia**, su cui posizionare la bombola di carica durante l'operazione, e fare la tara prima di aprire i rubinetti.



Attrezzature e loro impiego

CARICA del REFRIGERANTE



Attrezzature e loro impiego

CARICA del REFRIGERANTE

Le moderne **stazioni di carica** integrano vari **componenti**: manometri, tubazioni, raccordi, rubinetti, pompa vuoto, bilancia, orologio, vacuometro.



Attrezzature e loro impiego

PRESSATURA con AZOTO



Questa operazione serve a **verificare l'integrità del circuito** la **tenuta dell'impianto** una volta che sarà in **pressione**.

E' **obbligatoria** nell'installazione di un **nuovo impianto** ovvero se si esegue un intervento di **riparazione** a seguito dell'evidenziazione di una **perdita** od un qualunque intervento che coinvolga le tubazioni in cui circola il refrigerante.



Attrezzature e loro impiego

PRESSATURA con AZOTO

Si svolge in **due fasi**:

A. PROVA DI RESISTENZA:

1. Si carica l'impianto con **AZOTO** alla **p_{max}** **consentita** per l'impianto (vedere dati targa macchina frigorifera) **+ 10%**.
2. Si mantiene tale pressione per **15 – 60 minuti**.
3. Si **verifica** l'integrità del circuito (**giunzioni**) con soluzione saponosa.

B. PROVA DI TENUTA:

1. Si carica l'impianto con **AZOTO** alla **p_{max}** **consentita** per l'impianto (vedere dati targa macchina frigorifera).
2. Si mantiene tale pressione per **24 ore**.
3. Si **verifica** che l'**indicazione** del **manometro non vari** alla fine del periodo di mantenimento.



SPLIT TYPE AIR CONDITIONER			
INDOOR UNIT		OS-SENDH09EI	
COOLING CAPACITY(KW)		2.60	
HEATING CAPACITY(KW)		2.80	
REFRIGERANT		R410A/0.660 Kg	
MAX OPERATING PRESSURE		4.2MPa	
WEIGHT (INDOOR)		7.5 Kg	
POWER SOURCE		230V-1ph- 50 Hz	
MAX CURRENT	7.5A		
MAX POWER INPUT	1650W		
RATED CURRENT	COOLING 3.6A	HEATING	3.6A
RATED POWER INPUT	COOLING 722W	HEATING	718W
Serial no. 3231M0160445			

Attrezzature e loro impiego

PRESSATURA con AZOTO



In caso di variazione della temperatura esterna/ambiente, anche la pressione varierà con rapporto 1:3: se la T varia di 1 °C la pressione varierà di 0,33 bar.

Esempio:

$$T_{\text{attuale}} = 30 \text{ °C} \rightarrow \text{Pressione} = 40 \text{ bar}$$

$$T_{\text{domani}} = 24 \text{ °C} \rightarrow \Delta\text{Pressione} = \Delta T * 0,33 = -2 \text{ bar}$$

Sul manometro leggero 38 bar senza timore che ci siano state perdite.

Attrezzature e loro impiego

PRESSATURA con AZOTO



Riduttore di pressione



Attrezzature e loro impiego

PRESSATURA con AZOTO



Riduttore di pressione



Rubinetto aperto



Rubinetto chiuso



Attrezzature e loro impiego

RECUPERO REFRIGERANTE

Qualora sia necessario **intervenire sull'impianto** per effettuare una **riparazione**, per esempio del **compressore**, non legata ad una perdita di refrigerante, ovvero si deve **smantellare l'impianto** stesso, diventa necessario procedere al **recupero del refrigerante** in esso contenuto ed il suo **stoccaggio**, in **bombole**, fino allo smaltimento (il riciclo dei refrigeranti è molto raro (*)).



(*) I CFC ed HCFC devono essere smaltiti presso centri autorizzati; gli HFC sono difficilmente riciclabili a causa delle loro composizioni come miscele; per lo smaltimento rivolgersi a centri autorizzati.

Attrezzature e loro impiego

RECUPERO REFRIGERANTE

Per svolgere tale operazione si impiegano **specifiche macchine** che provvedono, tra l'altro, a **separare il refrigerante** recuperato dall'**olio lubrificante** del compressore. Per determinare con esattezza la **quantità di refrigerante recuperato**, è importante impiegare una **bilancia**, su cui posizionare la bombola di recupero durante l'operazione, e fare la tara prima di aprire i rubinetti.

E' peraltro fondamentale consultare i **dati di targa** della **macchina frigorifera**, ovvero del **registro** della **macchina**, per conoscere **tipo e quantità di refrigerante** che si andrà a recuperare (scelta del **tipo di filtro** e **capacità della bombola**).



Filtro (ne serve uno differente per ciascun tipo di refrigerante che si andrà a trattare)

Attrezzature e loro impiego

RECUPERO REFRIGERANTE



MODELLO		12000 BTU x 3
CALDO / FREDDO	X OGNI 9000 ACCESO	
	Capacità (BTU/H)	X OGNI 12000 ACCESO 12000
Voltaggio V / Ph fasi / freq.Hz		220 / 240 / 1 / 50
POTENZA (w)	X OGNI 9000 ACCESO FREDDO/CALDO	
	X OGNI 12000 ACCESO FREDDO/CALDO	1280
CORRENTE INTENSITA' (A)	X OGNI 9000 ACCESO FREDDO/CALDO	4 / 4.2
	X OGNI 12000 ACCESO FREDDO/CALDO	6.15
Rumorosità interna / esterna (DB(A))		20 / 40
Refrigerante quantità R407C (Kg)		0.900 + 0.900 + 0.900
PESO NETTO	Unità Interna (Kg)	10+10+10
	Unità Esterna (Kg)	85
DIMENSIONI	Unità Interna (Kg)	800 x 280 x 200
	Unità Esterna (Kg)	950 x 860 x 340
Gas tubi diametro (inch)		1/2
Liquido tubi diametro (inch)		1/4

Attrezzature e loro impiego

RECUPERO REFRIGERANTE



*Bombola di recupero
SENZA
PESCANTE*



*Bombola di recupero
CON
PESCANTE*





NOVITA' Reg. CE 517/2014 + DPR 146/2018

Il **nuovo regolamento europeo**, finalmente pienamente recepito dalla normativa italiana, pone l'attenzione su alcuni **aspetti focali**:

- drastica **riduzione** dell'impiego di **gas refrigeranti ad elevato GWP** (fino al 79% entro il 2030)
- sostegno alla **sostituzione** dei **gas refrigeranti ad alto GWP** con gas a **basso GWP (refrigeranti alternativi)** con specifiche **scadenze temporali**
- rivalutazione dei **gas refrigeranti naturali** come alternativa a basso GWP
- **aggiornamento formativo** per l'impiego di alcuni **refrigeranti alternativi** a basso GWP ma con altre pericolosità
- trattamento dei gas refrigeranti: **recupero, riciclaggio, rigenerazione, distruzione**
- attività di **manutenzione** sulle **apparecchiature** con riferimento al possibile **trattamento dei refrigeranti recuperati**
- **retrofit e dismissione** degli **impianti**

Aggiornamenti 2019: DPR 146/2018

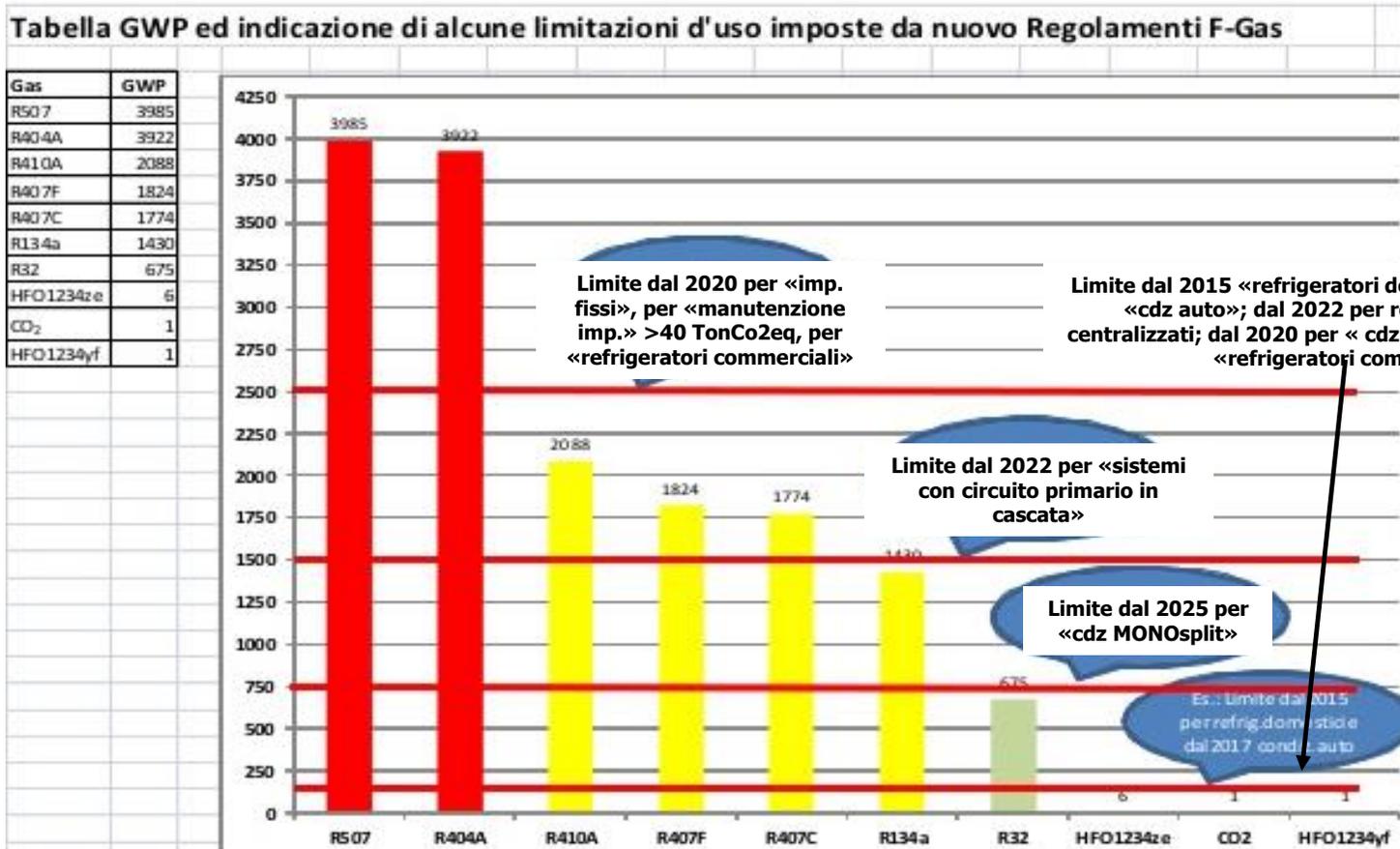
NOVITA' Reg. CE 517/2014 + DPR 146/2018

Tipo	Refrigeranti comuni	Refrigeranti meno comuni
Disciplinati dal regolamento sugli F-gas		
HFC - fluidi puri	R-134a	R-23, R-32, R-125, R-143a
Miscele contenenti HFC	R-403 (A,B), R-404A, R-407C, R-408A, R-410A, R-413A, R-417A, R-419A, R-507A	R-401 (A,B,C), R-402 (A,B), R-405A, R-407 (A,B,D), R-411B, R-416A, R-422 (A,D), R-423A, R-508A
Altri refrigeranti – non disciplinati dal regolamento sugli F-gas bensì dal regolamento sulle ODS⁷		
HCFC - fluidi puri	R-22	R-123, R-124
HCFC - miscele		R-406A, R-409 (A,B)
CFC - fluidi puri e miscele	R-11, R-12, R-502	R-13
Altri refrigeranti – non disciplinati dal regolamento sugli F-gas né dal regolamento sulle ODS		
Alternative	R-717 (ammoniaca), R-290 (propano), R-600a (isobutano), R-1270 (propilene), miscele di idrocarburi (HC)	R-744 (CO ₂)

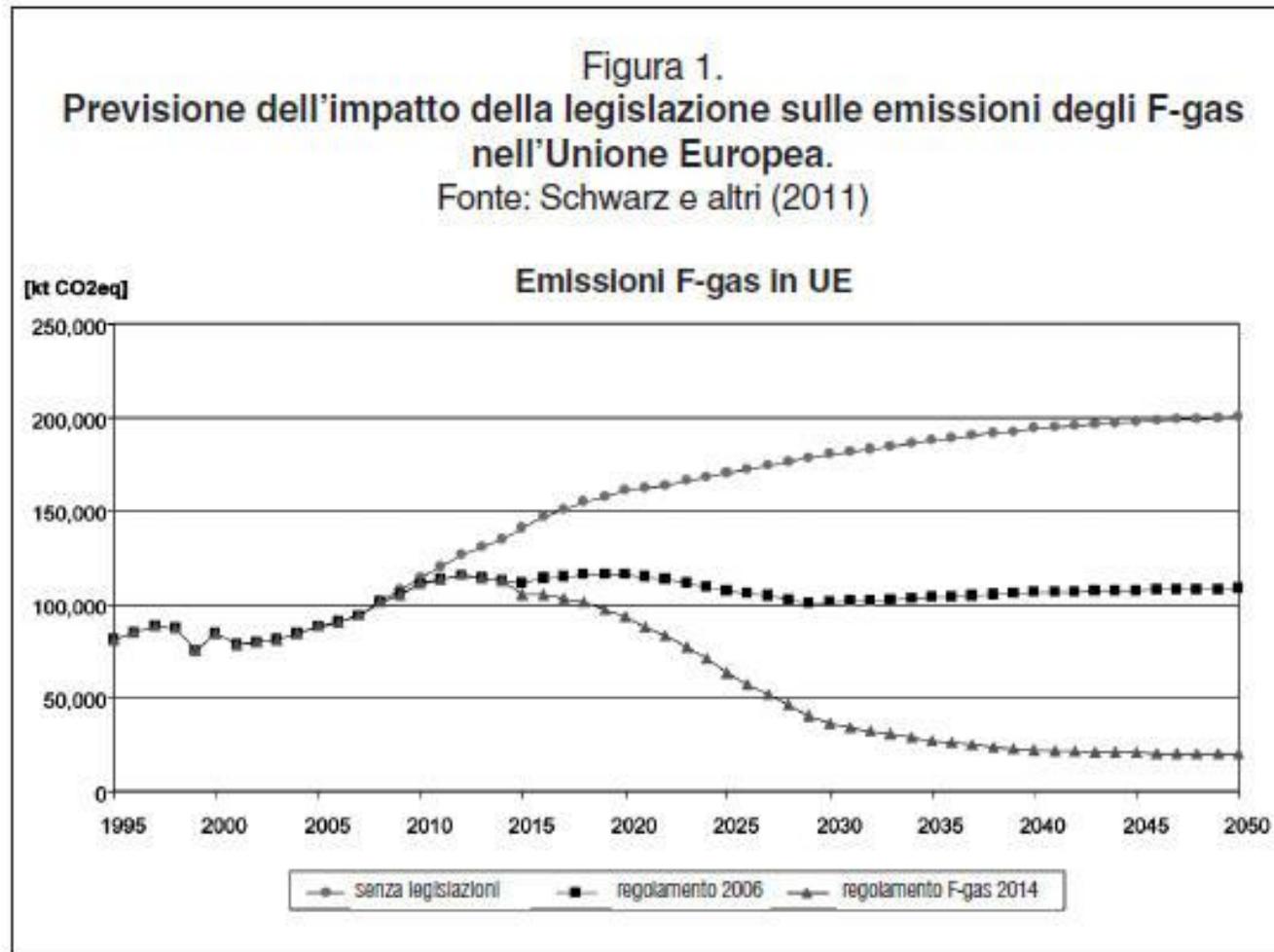
Aggiornamenti 2019: DPR 146/2018

NOVITA' Reg. CE 517/2014 + DPR 146/2018

Il nuovo regolamento prevede che i **gas refrigeranti ad elevato GWP** vengano progressivamente **abbandonati** in favore di nuovi refrigeranti a basso impatto.



NOVITA' Reg. CE 517/2014 + DPR 146/2018



Aggiornamenti 2019: DPR 146/2018

NOVITA' Reg. CE 517/2014 + DPR 146/2018

Esempi di **gas refrigeranti alternativi** e principali caratteristiche:

FORMULA & TIPO	PRODOTTO NUMERO-R	ODP		GWP		TOSSICITÀ	INFIAMMABILITÀ	ODORE	COLORE	LIMITAZIONI	ALTRE CARATTERISTICHE RILEVANTI
		VALORE	FASCIA	VALORE	FASCIA						
NH ₃ , AMMONIACA	R717	0	Zero	0	Bassa	ALTA	BASSA	FORTE	NO	Vietato l'uso all'interno di spazi pubblici, ma può essere utilizzata in aree libere o all'aperto	Grazie al forte odore è più facile rilevare delle perdite.
CO ₂ , ANIDRIDE CARBONICA	R744	0	Zero	1	Bassa	BASSA	NO	NO	NO	Compatibile con alcuni, ma non con tutti i lubrificanti normalmente utilizzati negli impianti frigoriferi	In generale, è considerato un refrigerante economico e facilmente disponibile.
HC, IDROCARBURI: PROPANO ISOBUTANO PROPILENE ETILENE	R290	0	Zero	3	Bassa	BASSA	ALTA	NO	NO		Il maggior potenziale per gli HC risiede nei nuovi impianti
	R600a	0	Zero	4	Bassa						
	R1270	0	Zero	2	Bassa						
	R1150	0	Zero		Bassa						
H ₂ O, ACQUA	R718	0	Zero	0	Bassa	NO	NO	NO	NO		H ₂ O e l'ARIA sono imbattibili in termini di credenziale ambientale; inoltre sono ampiamente
ARIA	R729	0	Zero	0	Bassa						

FASCIA ODP

- Alta = Divieto assoluto di produzione e consumo
- Media = Progressiva eliminazione del consumo
- Zero = Nessuna limitazione

FASCIA GWP

- Alta = Maggiore di 2.500
- Media = 150 ÷ 2.500
- Bassa = Inferiore a 150



Aggiornamenti 2019: DPR 146/2018

NOVITA' Reg. CE 517/2014 + DPR 146/2018

I **refrigeranti alternativi** sono quindi così suddivisibili:

- **naturali**: CO₂ (anidride carbonica), aria, NH₃ (ammoniaca), H₂O (acqua)
- **naturali idrocarburi**: puri e miscele
- **sintetici**: HFO (idro-fluoro-olefine)

L'**anidride carbonica** e l'**ammoniaca** sono peraltro già **impiegate con successo**, anche se hanno delle **criticità** insieme a indiscussi **vantaggi**:

- **CO₂**: pressioni di lavoro molto elevate (costi impianto); costo irrisorio del gas
- **NH₃**: tossicità (sicurezza impianto); elevate prestazioni termodinamiche

L'**aria** e l'**acqua**, che offrono dal punto di vista **ambientale** le **migliori performance** in assoluto e sono praticamente senza costo, sono però dei **pessimi refrigeranti** dal punto di vista termodinamico.

Gli **idrocarburi**, anch'essi già **molto utilizzati** nella **refrigerazione domestica**, presentano il **problema** dell'**infiammabilità** che pone non poche **criticità d'impiego**.

Aggiornamenti 2019: DPR 146/2018

NOVITA' Reg. CE 517/2014 + DPR 146/2018

E' possibile che i fluidi "naturali" possano essere utilizzati in tutte le applicazioni di refrigerazione?

NON E' POSSIBILE PER:	Retrofit	
	Rabbocchi	
E' COMPLESSO PER:	Sicurezza	
	Autorizzazioni	
	Standard impiantistici	
	Costi impianto	
	Assistenza tecnica	
REFRIGERANTI "NATURALI"	LIMITAZIONI D'USO	APPLICAZIONI POSSIBILI
R-744 = CO₂	Solo per nuovi impianti	Supermercati (sist. Cascata)
	Retrofit non possibile (alta P)	Solo CO2 in ambienti a temp. non elevate (Nord EU)
	Scarsa efficienza alle alte Temp.	
IDROCARBURI (R-290, R-600a, ecc.)	Solo per nuovi impianti	Frigoriferi domestici
	Retrofit non possibile (infiamm.)	Piccoli refrigeratori ermetici
	Standard di sicurezza	Distributori bevande
R-717 = NH₃	Solo per nuovi impianti	Refrigerazione industriale
	Retrofit non possibile (infiamm., tossicità, materiali)	
	Standard di sicurezza (NO in aree pubbliche)	

Aggiornamenti 2019: DPR 146/2018

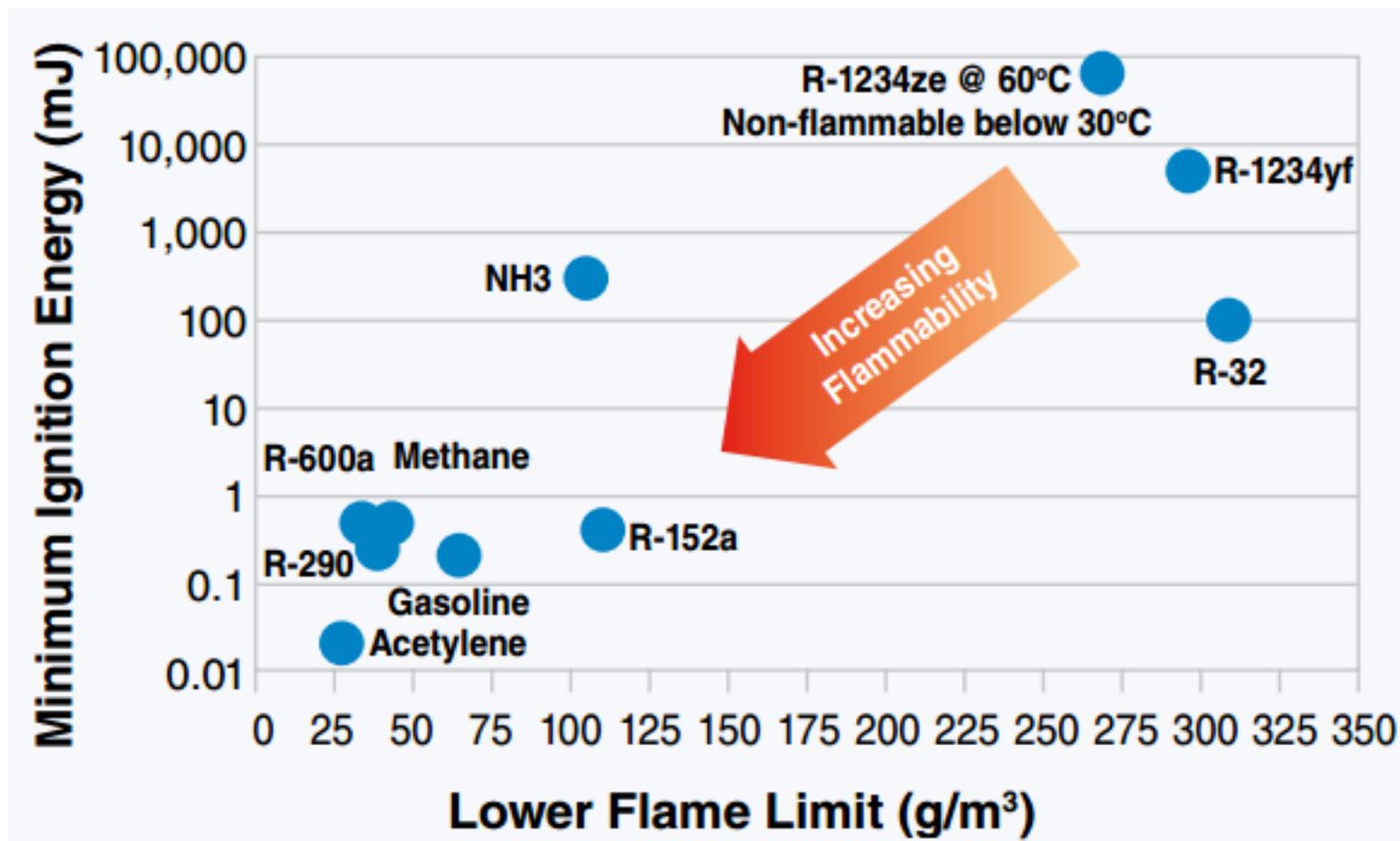
NOVITA' Reg. CE 517/2014 + DPR 146/2018

Refrigerante		Non infiammabilità	Non tossicità	Reperibilità (mercato)	GWP
Tradizionali	HFC R.134a	Alta	Alta	Bassa	Media
	HFC R.407c	Alta	Alta	Bassa	Bassa
	HFC R.404a	Alta	Alta	Bassa	Bassa
	HFC R.410a	Alta	Alta	Bassa	Media
	HFC R.507	Alta	Alta	Bassa	Bassa
Alternativi	R32	Media	Alta	Alta	Media
	R290	Bassa	Alta	Alta	Alta
	R452b	Media	Alta	Alta	Media
	R454b	Media	Alta	Alta	Media
	R450a	Alta	Alta	Alta	Media
	R600a	Bassa	Alta	Alta	Alta
	R717	Media	Bassa	Alta	Alta
	R744	Alta	Alta	Alta	Alta
	R1233zd	Alta	Alta	Alta	Alta
	R1234yf	Media	Alta	Alta	Alta
	R1234ze	Media	Alta	Alta	Alta
	R1270	Bassa	Alta	Alta	Alta

LEGENDA

Alta
 Media
 Bassa

NOVITA' Reg. CE 517/2014 + DPR 146/2018





Aggiornamenti 2019: DPR 146/2018

NOVITA' Reg. CE 517/2014 + DPR 146/2018

Pertanto la **sfida** sui **refrigeranti alternativi** è individuare il **migliore compromesso** tra:

- costo
- disponibilità
- caratteristiche termodinamiche
- pericolosità

Allo scopo sono in **fase di studio** e **primi utilizzi** alcuni nuovi **refrigeranti sintetici** denominati **HFO** (idro-fluoro-olefine) realizzati proprio per avere:

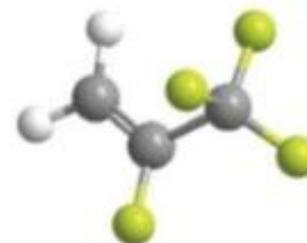
- **buone/ottime** caratteristiche **termodinamiche**
- bassa/nulla pericolosità (**NON tossici, NON infiammabili**)
- **ODP = 0** e **GWP bassissimo**
- disponibilità relativamente semplice

NOVITA' Reg. CE 517/2014 + DPR 146/2018

HFO (idro-fluoro-olefine):

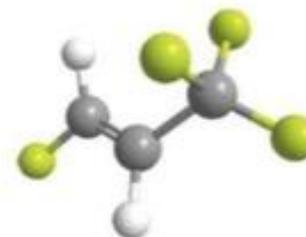
HFO puri: YF e ZE

Il gas refrigerante HFO-1234yf, è ormai la soluzione prescelta dai principali costruttori di autoveicoli, per la sostituzione del R-134a nella climatizzazione delle auto.



Molecola 1234yf - $CF_3CF=CH_2$

Il gas refrigerante HFO-1234ze è un isomero non infiammabile (a T ambiente) del YF, ed è un buon sostituto del R134a per applicazioni di refrigerazione a Temp. positive e per «chiller» industriali. Altra applicazione interessante è l'uso in impianti «in cascata» per la condensazione della CO_2



Molecola 1234ze(E) - $CF_3CF=CHF$

Aggiornamenti 2019: DPR 146/2018

NOVITA' Reg. CE 517/2014 + DPR 146/2018

I **refrigeranti alternativi pericolosi** (NH_3 , HC) pongono la rinnovata tematica della **specifica formazione** per qualificarne gli **operatori** ed i **manutentori** (patentini specifici) proprio per permetterne un **uso in sicurezza** per tutti.

Si devono poi tenere in considerazione che esistono **norme** relative alla **sicurezza** che finiscono per **coinvolgere** anche il mondo della **refrigerazione e condizionamento** anche a causa dell'intenzione di usare i **refrigeranti alternativi** sopra richiamati; in particolare queste le **normative «coinvolte»**:

Category	EU Legislation
Pressure	Pressure Equipment Directive 97/23/EC (and Recast 2014/68/EU)
Flammability /	ATEX 95 – Explosive Atmospheres Directive 2014/34/EU (repealing
Explosive Atmospheres	Directive 94/9/EC) ATEX 137 – Directive 99/92/EC on minimum requirements for improving the safety and health protection of workers potentially at risk from explosive atmospheres.
Health and Safety	Directive 89/391/EEC – Occupational Safety and Health Framework Directive (OSH)
Product Safety	Directive 2006/95/EC (and Recast 2014/35/EU) - Low Voltage Directive Directive 2004/108/EC (and Recast 2014/30/EU) - Electromagnetic Compatibility Directive Directive 2006/42/EC - Machinery Directive

Aggiornamenti 2019: DPR 146/2018

NOVITA' Reg. CE 517/2014 + DPR 146/2018

I **refrigeranti alternativi pericolosi** (NH_3 , HC) pongono la rinnovata tematica della **specifica formazione** per qualificarne gli **operatori** ed i **manutentori** (patentini specifici) proprio per permetterne un **uso in sicurezza** per tutti.

Table 2: Analysis of training in climate-friendly alternative refrigerants to fluorinated greenhouse gases

	Ammonia	CO ₂	Hydrocarbons: small hermetic systems	Hydrocarbons: larger systems (split systems, chillers)	HFOs
Training available in country (% of Member States)	71%	52%	48%	35%	20%
Proportion of certified fluorinated gas personnel trained in alternative refrigerants	2.3%	2.2%	0.7%	0.05%	0%



NOVITA' Reg. CE 517/2014 + DPR 146/2018

Approfondiamo alcune **definizioni**:

- **Recupero** di *refrigerante*: **raccolta e stoccaggio** di F-GAS provenienti da apparecchiature a seguito di operazioni di manutenzione, assistenza, smaltimento dei gas stessi o delle apparecchiature
- **Riciclaggio** di *refrigerante*: **riutilizzo** di F-GAS **dopo un recupero** ed «una **depurazione base**» (**riduzione NON completa** dei **contaminanti** fatta con attrezzature anche portatili); **non serve speciale autorizzazione**
- **Rigenerazione** di *refrigerante*: **trattamento** di un F-GAS **dopo un recupero**, in modo da ottenere un gas con **caratteristiche praticamente identiche** a quelle di un **gas vergine**; **serve speciale autorizzazione**
- **Distruzione** di *refrigerante*: **processo** tramite il quale tutto, o la gran parte, dell'F-GAS **dopo un recupero** viene **permanentemente trasformato** o **decomposto** in una o più **sostanze stabili** che **non siano F-GAS**; **serve speciale autorizzazione**

NOVITA' Reg. CE 517/2014 + DPR 146/2018

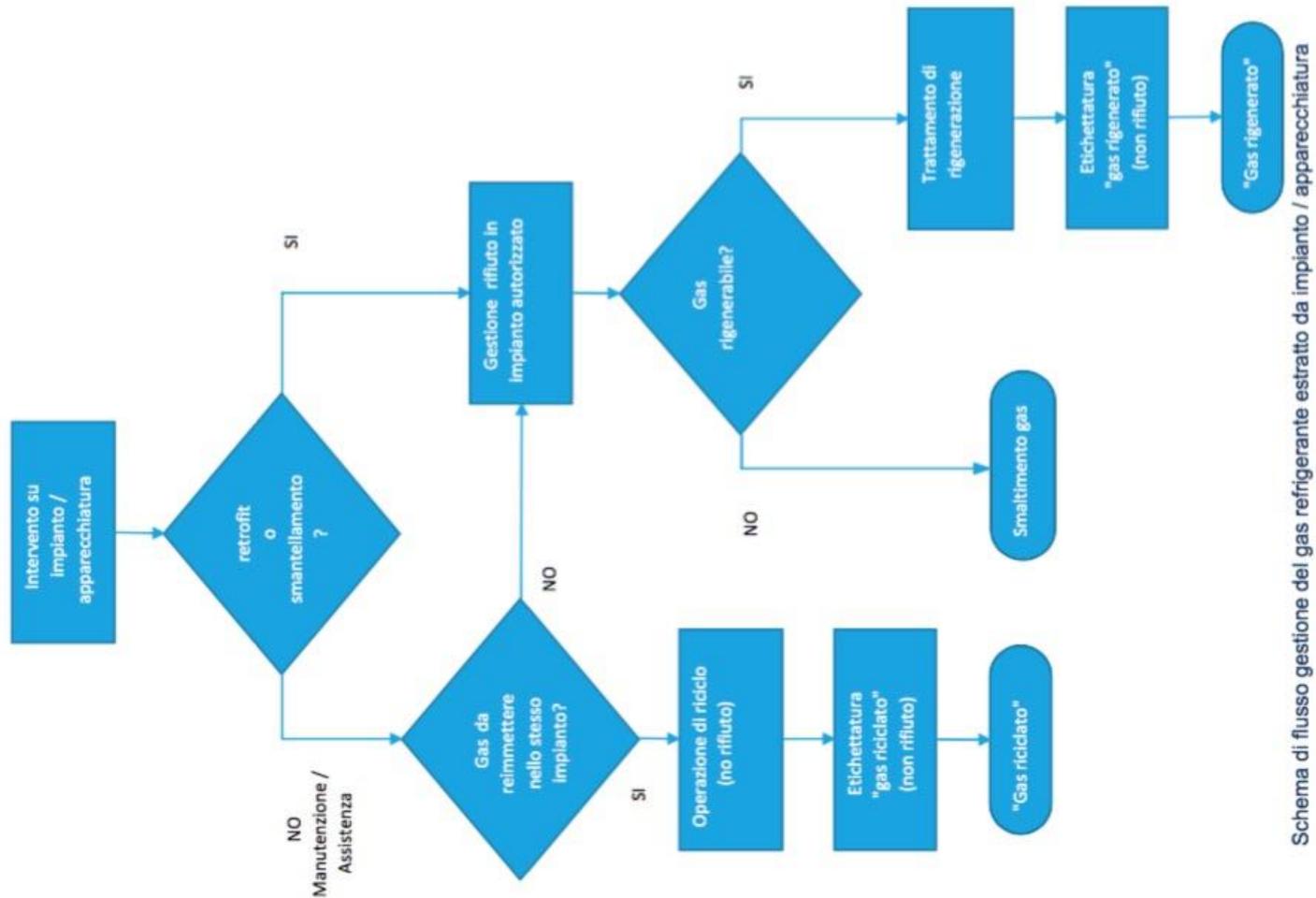
Approfondiamo alcune **definizioni**:

- **Retrofit di un impianto: operazione di sostituzione dell'F-GAS** al fine di utilizzare un **gas a minore impatto ambientale** od una **migliore performance** termodinamica e/o efficienza energetica
- **Dismissione di un impianto: operazione di completo smontaggio** di un **impianto** che non ha più necessità di esistere, ed invio agli **specifici centri di smaltimento o recupero**.

	Riciclo e Utilizzo refrigerante (no rifiuto)	Rigenerazione (rifiuto)
Manutenzione apparecchiatura / impianto	<p style="text-align: center;">SI</p> <p>Possibile solo se il refrigerante è riutilizzato nello stesso impianto</p>	<p style="text-align: center;">SI</p> <p>Possibile su base volontaria o nei casi necessari</p>
Retrofit apparecchiatura / impianto	<p style="text-align: center;">NO</p> <p>Non si applica; il refrigerante deve essere rigenerato o smaltito</p>	<p style="text-align: center;">SI</p>
Dismissione apparecchiatura / impianto	<p style="text-align: center;">NO</p> <p>Non si applica; il refrigerante deve essere rigenerato o smaltito</p>	<p style="text-align: center;">SI</p>

Aggiornamenti 2019: DPR 146/2018

NOVITA' Reg. CE 517/2014 + DPR 146/2018





GRAZIE
ARRIVEDERCI