

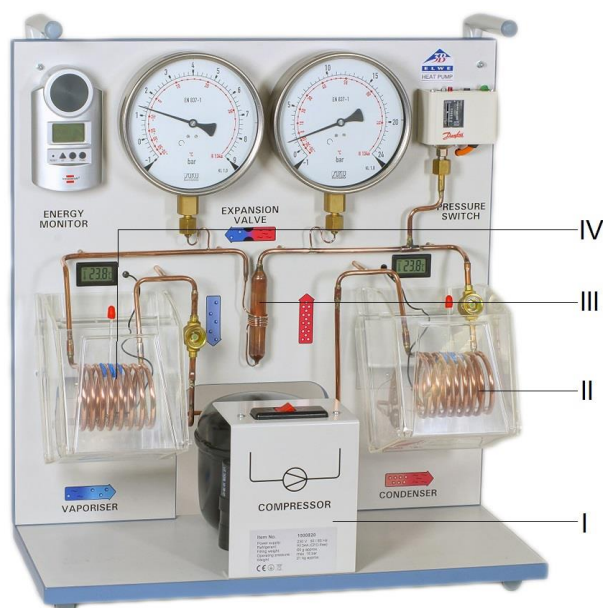
Pompa di calore D

230 V, 50/60 Hz 1000820

115 V, 50/60 Hz 1000819

Istruzioni per l'uso

05/19 JS/ALF/GH



- I Compressore
- II Condensatore
- III Valvola di espansione
- IV Evaporatore

1. Descrizione

La pompa di calore D serve ad illustrare in modo chiaro il funzionamento di un frigorifero o di una pompa di calore elettrica a compressione. Essa è costituita da un compressore con motore di azionamento, un condensatore, una valvola di espansione e un evaporatore ed è utilizzabile come pompa di calore aria-acqua o acqua-acqua.

I vari componenti sono montati su una pedana e collegati mediante tubi in rame a formare un sistema chiuso. La disposizione razionale consente una lettura immediata del ciclo termodinamico della pompa di calore. L'evaporatore e il condensatore sono tubi di rame a spirale immersi in due diversi contenitori riempiuti con acqua che fungono da serbatoi per la determinazione del calore assorbito o rilasciato. Due termometri digitale consentono la misurazione della temperatura nei due contenitori.

Per poter osservare lo stato di aggregazione del mezzo di lavoro, la pompa di calore è dotata, dietro l'evaporatore e dietro il condensatore, di vetri spia. Due grandi manometri mostrano la pressione rispettivamente prima e dopo la valvola di espansione. Il misuratore di energia integrato nel collegamento alla tensione di rete permette di determinare la durata di esercizio, la tensione di rete, l'assorbimento di potenza attuale e il lavoro elettrico. Un interruttore di protezione da sovrappressione scollega la pompa di calore dalla rete in caso di una sovrappressione di 15 bar.

La pompa di calore D è disponibile in due versioni. La pompa di calore 1000819 è progettata per una tensione di rete di 115 V ($\pm 10\%$) 60 Hz, 1000820 per 230 V ($\pm 10\%$) 50 Hz.

2. Norme di sicurezza

La pompa di calore D risponde alle disposizioni di sicurezza per apparecchi elettrici di misura, di comando, di regolazione e da laboratorio della norma DIN EN 61010 parte 1 ed è realizzato in base alla classe di protezione I. L'apparecchio è pensato per l'utilizzo in ambienti asciutti, adatti per strumenti elettrici.

Un utilizzo conforme garantisce il funzionamento sicuro dell'apparecchio. La sicurezza non è tuttavia garantita se l'apparecchio non viene utilizzato in modo appropriato o non viene trattato con cura.

Se si ritiene che non sia più possibile un funzionamento privo di pericoli, l'apparecchio deve essere messo immediatamente fuori servizio (ad es. in caso di danni visibili).

Nelle scuole e negli istituti di formazione, il personale istruito è responsabile del controllo dell'uso dell'apparecchio.

- Prima di utilizzare la pompa di calore per la prima volta, verificare che il valore riportato indicante la tensione di alimentazione corrisponda ai requisiti locali.
- Prima della messa in funzione controllare che l'apparecchio e il cavo di alimentazione non presentino danni; in caso di disturbi nel funzionamento o danni visibili mettere l'apparecchio fuori servizio e al sicuro da ogni funzionamento involontario.
- Collegare l'apparecchio solo a prese con conduttore di protezione collegato a terra.

Pericolo di surriscaldamento: Durante il funzionamento, il compressore della pompa di calore si scalda notevolmente.

- Assicurarsi che l'aria circoli liberamente intorno al compressore.
- Non isolare termicamente il compressore.
- Non resettare l'interruttore di sovrappressione prima che siano trascorsi almeno 10 min dal rispettivo intervento.

Il mezzo di lavoro della pompa di calore rimane in sovrappressione anche a compressore spento.

- Trasportare l'apparecchio servendosi unicamente delle apposite maniglie di trasporto.
- Non piegare né danneggiare in alcun modo i tubi di rame.
- Il mezzo di lavoro non deve giungere alla fase liquida nel compressore in quanto si verificherebbe un sovraccarico. Il lubrificante del compressore non deve penetrare nel circuito di raffreddamento.
- Riporre, trasportare e utilizzare la pompa di calore sempre in posizione verticale.
- In caso di ribaltamento, prima di mettere in funzione l'apparecchio tenerlo in posizione verticale per almeno 7 h.
- Spedire la pompa di calore utilizzando esclusivamente l'imballo di cartone originale e avendo cura di sistemarla in verticale sul pallet monouso.

3. Componenti

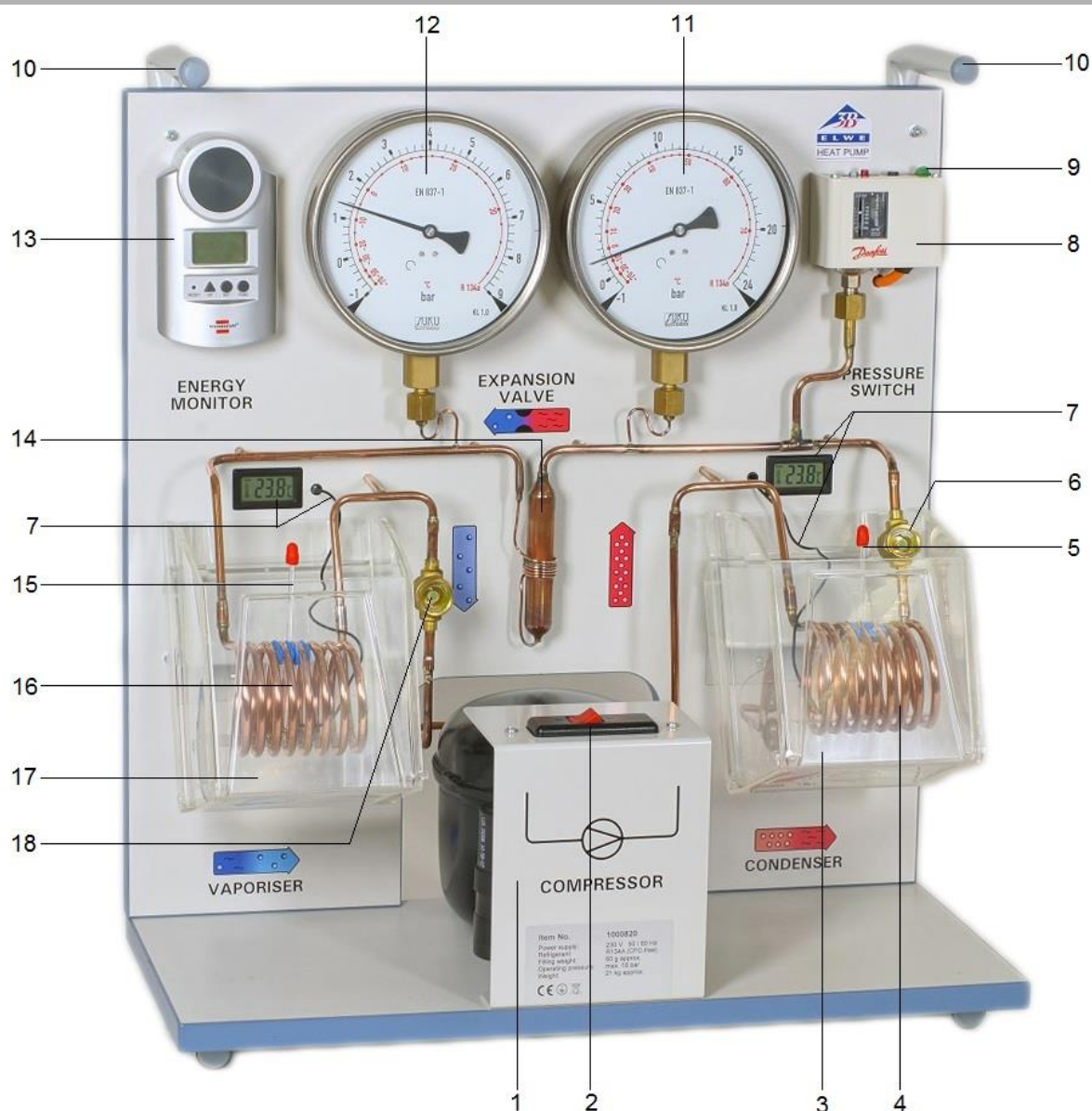


Fig. 1 Componenti della pompa di calore

- | | | | |
|----|--|----|---|
| 1 | Compressore | 11 | Manometro di alta pressione |
| 2 | Interruttore compressore | 12 | Manometro di bassa pressione |
| 3 | Contenitore acqua condensatore | 13 | Monitor energia |
| 4 | Spirale condensatore | 14 | Valvola di espansione |
| 5 | Agitatore, lato condensatore | 15 | Agitatore, lato evaporatore |
| 6 | Vetro spia, lato condensatore | 16 | Spirale evaporatore |
| 7 | Termometro digitale con sensore di temperatura | 17 | Contenitore acqua evaporatore |
| 8 | Interruttore di protezione da sovrappressione | 18 | Vetro spia, lato evaporatore |
| 9 | Tasto reset per interruttore di protezione | | Cavo di allacciamento alla rete (retro) |
| 10 | Maniglie di trasporto | | |

4. Accessori

Per la misurazione della temperatura nei diversi punti della linea di rame è indicata la “Sonda di temperatura NTC a morsetto” (1021797), poiché può essere fissata direttamente alla linea garantendo un buon passaggio di calore. Si utilizza in combinazione con il registratore di dati “VinciLab (1021477)”.

5. Dati tecnici

Potenza del compressore:	120 W, a seconda dello stato di esercizio
Refrigerante:	R 134A (tetrafluoretano $C_2H_2F_4$)
Temperatura di ebollizione:-	26°C a 1 bar
Serbatoi temperatura:	ogni 2000 ml
Manomètre:	160 mm Ø, fino a 9 bar (lato bassa pressione, tubo di aspirazione) fino a 24 bar (lato alta pressione, tubo di mandata)
Manometro:	si disinserisce a 15 bar
Termometro:	
Temp. di misurazione:	da -20°C a 110°C
Risoluzione:	0,1°C
Precisione:	±1°C
Intervallo di misurazione:	ca. 10 s
Funzionamento tramite	due celle pulsante LR44
Tensione di alimentazione:	115 V, 60 Hz o 230 V, 50 Hz
Dimensioni:	750 x 350 x 540 mm ³
Massa:	ca. 21 kg

6. Comandi

6.1 Riempimento dei contenitori dell'acqua.

- Riempire i contenitori con acqua e collocarli sotto la spirale rispettivamente dell'evaporatore e del condensatore appoggiando il lato basso al pannello posteriore.

- Ruotare i contenitori fino a portare il lato alto in corrispondenza del pannello posteriore.
- Sollevare i contenitori, inclinarli contro il pannello posteriore e agganciarli alla lamiera di supporto.

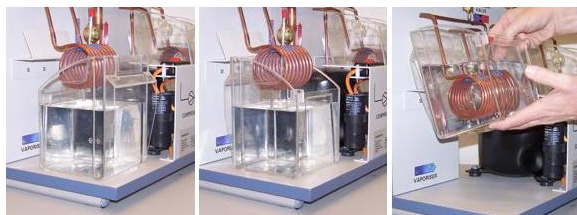


Fig. 3 Fissaggio del contenitore dell'acqua alla pompa di calore
A sinistra: Contenitore con lato più basso rivolto verso la pompa
Al centro: Contenitore ruotato, con il lato basso rivolto verso il fronte
A destra: Il contenitore viene agganciato alla lamiera di supporto

6.2 Messa in funzione

- In caso di ribaltamento, prima di mettere in funzione la pompa di calore tenerla in posizione verticale per almeno 7 h.
- Per la messa in funzione, riempire i due contenitori con acqua e collegare la pompa di calore alla rete.
- Avviare il compressore.

Nota: Il misuratore di energia funziona anche a compressore spento.

7. Ciclo della pompa di calore

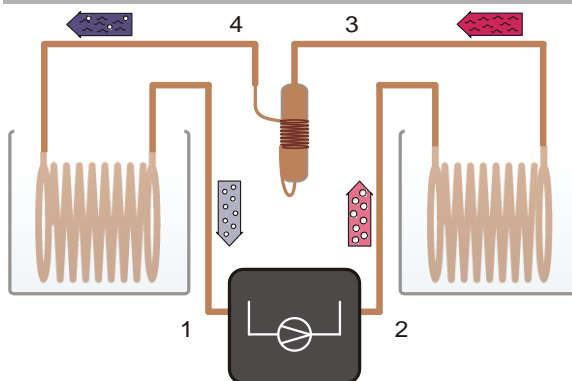


Fig. 4 Rappresentazione schematica della pompa di calore con compressore(1→2), condensatore (2→3), valvola di espansione (3→4) ed evaporatore (4→1)

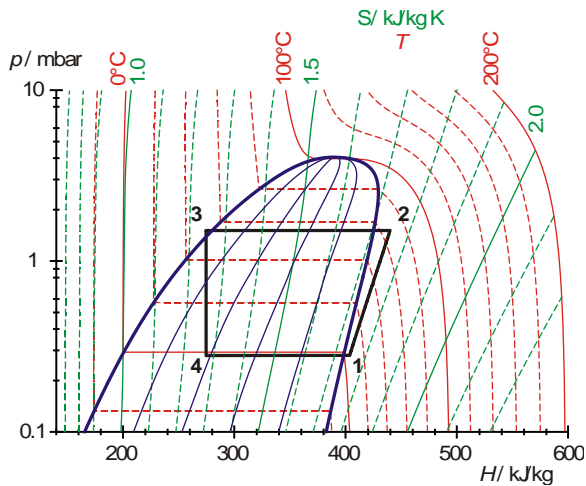


Fig. 5 Rappresentazione del ciclo idealizzato della pompa di calore nel diagramma di Mollier (ved. paragrafo 8.2)

Il ciclo della pompa di calore è suddiviso in maniera idealizzata in quattro fasi: compressione (1→2), condensazione (2→3), espansione con strozzamento (3→4) ed evaporazione (4→1).

Compressione:

Il mezzo di lavoro allo stato gassoso viene aspirato dal compressore lasciando l'entropia invariata ($s_1 = s_2$), compresso da p_1 a p_2 e surriscaldato. La temperatura sale da T_1 a T_2 . Il lavoro meccanico di compressione per unità di massa è $\Delta w = h_2 - h_1$.

Condensazione:

Nel condensatore, il mezzo di lavoro si raffredda e condensa. Il calore liberato (calore di surriscaldamento e calore di condensazione) riscalda il serbatoio circostante alla temperatura T_2 . Si ha quindi $\Delta q_2 = h_2 - h_3$ per unità di massa.

Espansione con strozzamento:

Il mezzo condensato giunge alla valvola di espansione dove, con strozzamento (cioè senza lavoro meccanico), si ritrova in un ambiente con pressione inferiore e si espande. Anche la temperatura diminuisce poiché è necessario compiere un certo lavoro contro le forze molecolari di attrazione presenti nel mezzo (effetto Joule-Thomson). L'entalpia rimane costante ($h_4 = h_3$).

Evaporazione:

Nell'evaporatore, con l'assorbimento di calore, il mezzo di lavoro evapora completamente. Ciò causa il raffreddamento del serbatoio circostante alla temperatura T_1 . Il calore assorbito per unità di massa è $\Delta q_1 = h_1 - h_4$.

Il mezzo evaporato viene riassorbito dal compressore per una nuova compressione.

Nota:

Il refrigerante espanso evapora e sottrae calore dal serbatoio sinistro.

In condizioni ideali, il sistema di tubazioni trasporta il refrigerante gassoso puro dall'evaporatore al compressore attraverso il vetro spia.

Con il diminuire della temperatura dell'acqua, l'assorbimento di calore attraverso la batteria dell'evaporatore diminuisce e di conseguenza le gocce di refrigerante possono diventare visibili nel vetro spia sinistro.

Ciò non ha praticamente alcuna influenza sul funzionamento della pompa di calore, ma dovrebbe essere ridotto al minimo grazie alla costante circolazione dell'acqua.

Per la determinazione del coefficiente di prestazione si deve utilizzare una finestra di temperatura limitata:

Temperatura d'inizio 20°C - 25°C, temperatura di termine nel serbatoio di sinistra 10°C - 12°C.

8. Esempi di esperimento:

8.1 Rendimento del compressore

Il rendimento η_{co} del compressore è ricavato dal rapporto fra la quantità di calore ΔQ_2 , alimentata al serbatoio di acqua per unità di tempo Δt , e potenza P del compressore. Diminuisce all'aumentare della differenza di temperatura fra condensatore ed evaporatore.

$$\eta_{co} = \frac{\Delta Q_2}{P \cdot \Delta t} = \frac{c \cdot m \cdot \Delta T_2}{P \cdot \Delta t}$$

c = capacità termica specifica dell'acqua e
 m = massa dell'acqua.

Per determinare il rendimento:

- Collegare la pompa di calore alla rete.
- Riempire entrambi i contenitori con 2000 ml di acqua e fissarli alla lamiera di supporto.
- Avviare il compressore e farlo funzionare circa 10 min fino al raggiungimento della temperatura d'esercizio.
- Cambiare l'acqua e inserire i due sensori di temperatura nel contenitore dell'acqua.
- Durante tutto l'esperimento, mescolare costantemente l'acqua nei contenitori.
- Misurare e annotare le temperature iniziali di entrambi i contenitori.
- Per misurare il tempo premere il tasto RESET sul misuratore di energia e, al rilascio, avviare il compressore.
- Ad intervalli fissi rilevare ed annotare la durata di esercizio, la potenza attuale assorbita e le temperature di entrambi i contenitori.

Nota: Dopo l'arresto automatico del compressore

per mezzo dell'interruttore di protezione da sovrappressione leggere il tempo e, al successivo avvio, proseguire la misurazione del tempo.

8.2 Rappresentazione nel diagramma di Mollier

Il ciclo idealizzato è determinabile nel diagramma di Mollier mediante la misurazione delle pressioni $p(3)$ e $p(4)$ prima e dopo la valvola di espansione nonché della temperatura $T(1)$ prima del compressore:

$T(1)$ e $p(4)$ stabiliscono il Punto 1 nel diagramma di Mollier (ved. Fig. 5). Il punto d'intersezione delle isoentropiche con l'orizzontale $p(3) = \text{cost.}$ determina il Punto 2. Il punto d'intersezione dell'orizzontale con la linea di ebollizione determina il Punto 3 e la perpendicolare sull'orizzontale $p(4) = \text{cost.}$ il Punto 4.

La misurazione supplementare delle temperature $T(2)$, $T(3)$ e $T(4)$ fornisce una panoramica allargata dei processi in corso nella pompa di calore:

La temperatura $T(4)$ misurata all'esterno coincide, nei limiti della precisione di misurazione, con la temperatura rilevata dalla scala termica del rispettivo manometro. Tale scala termica è basata sulla curva della pressione di vapore del mezzo di lavoro. Dalla misurazione emerge dunque che il mezzo di lavoro prima della valvola di espansione è costituito da una miscela di liquido e gas.

La temperatura misurata esternamente $T(3)$ si discosta invece da quella rilevata sul manometro lato alta pressione. Il mezzo di lavoro non contiene in questo caso alcuna percentuale di gas, ma è completamente liquido.

Per quanto concerne la misurazione esterna della temperatura, si consiglia (ved. 4. Accessori):

Sonda di temperatura NTC a morsetto	1021797
VinciLab	1021477
Coach 7 Lizenza	

8.3 Efficienza teorica

L'efficienza teorica del ciclo idealizzato si può calcolare dalle entalpie specifiche rilevate nel diagramma di Mollier h_1 , h_2 e h_3 :

$$\eta_{\text{th}} = \frac{\Delta q_2}{\Delta w} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1}$$

8.4 Corrente di massa del mezzo di lavoro

Stabilite le entalpie h_2 e h_3 del ciclo idealizzato nonché la quantità di calore ΔQ_2 apportata al serbatoio dell'acqua per intervallo di tempo Δt , è

possibile definire la corrente di massa del mezzo di lavoro.

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = \frac{\Delta Q_2}{\Delta t} \cdot \frac{1}{h_2 - h_3}$$

9. Misuratore di energia



Fig. 6 Misuratore di energia

Tasto	Funzione
Tasto di ripristino RESET	Premere con un oggetto appuntito per cancellare tutti i dati nella memoria, compresi ora e programmazioni
Tasto UP	Impostare ora, prezzo e gamme di prezzo insieme al tasto di programmazione SET
Tasto di programmazione SET	Impostare ora, prezzo e gamme di prezzo insieme al tasto UP
Tasto funzione FUNC	Cambiare modalità di visualizzazione

Impostazione dell'ora:

- Premere il tasto FUNC fino a quando sul display non compare in basso a destra la dicitura CLOCK.
- Tenere premuto il tasto SET fino a quando le ore iniziano a lampeggiare. Impostare le ore con il tasto UP e confermare con SET. Nell'ambito della stessa procedura, impostare quindi i minuti.

Visualizzazione funzioni di misura:

- Premere brevemente il tasto FUNC per visualizzare rispettivamente le seguenti informazioni: assorbimento di corrente, numero di watt, consumo.

10. Diagramma di Mollier

Per rappresentare il ciclo di una pompa di calore a compressione si utilizza spesso il diagramma di Mollier del mezzo di lavoro. Vi è riportata la pressione p raffrontata all'entalpia specifica h del mezzo di lavoro (l'entalpia è una misura che esprime il contenuto termico del mezzo, in genere aumenta all'aumentare della pressione e della percentuale di gas).

Sono indicate le isoterme ($T = \text{cost.}$) e le isoentropiche ($S = \text{cost.}$), così come la percentuale relativa di massa della fase liquida del mezzo di lavoro. A sinistra della cosiddetta linea di ebollizione, il mezzo di lavoro è completamente condensato. A destra della cosiddetta linea di condensazione, il mezzo di lavoro è presente sotto forma di vapore surriscaldato e, fra le due linee, in forma di miscela liquido-gas. Le due linee si toccano nel punto critico.

Ved. Fig. 7 a pag. 8.

11. Sostituzione della batteria

- Rimuovere il coperchio situato sul retro del termometro e rimuovere le batterie scariche.
- Sostituire le batterie. Prestare attenzione alla corretta polarità.
- Richiudere il vano batteria.
- Rimuovere le batterie in caso di inutilizzo prolungato.
- Non gettare le batterie esaurite nei rifiuti domestici. Rispettare le disposizioni legali applicabili (IT: Recepita con D.Lgs. 188/2008, EU: 2006/66/EG).

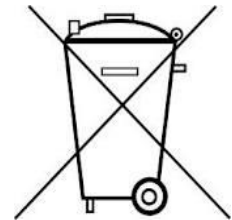
12. Conservazione, cura e manutenzione

La pompa di calore non richiede manutenzione.

- Conservare la pompa di calore in un luogo pulito, asciutto e privo di polvere.
- Prima della pulizia, scollegare la pompa di calore dall'alimentazione.
- Per la pulizia utilizzare un panno morbido e umido.

13. Smaltimento

- In caso di riparazioni, reso, ecc. la pompa di calore deve essere spedita utilizzando esclusivamente l'imballo di cartone originale e avendo cura di sistemarla in verticale sul pallet monouso. Si raccomanda pertanto di non smaltire né l'imballo di cartone originale né il pallet monouso.
- Non gettare la pompa di calore nei rifiuti domestici. Per lo smaltimento delle apparecchiature elettriche, rispettare le disposizioni vigenti a livello locale.
- Non gettare le batterie esaurite nei rifiuti domestici. Rispettare le disposizioni legali applicabili (IT: Recepita con D.Lgs. 188/2008, EU: 2006/66/EG).



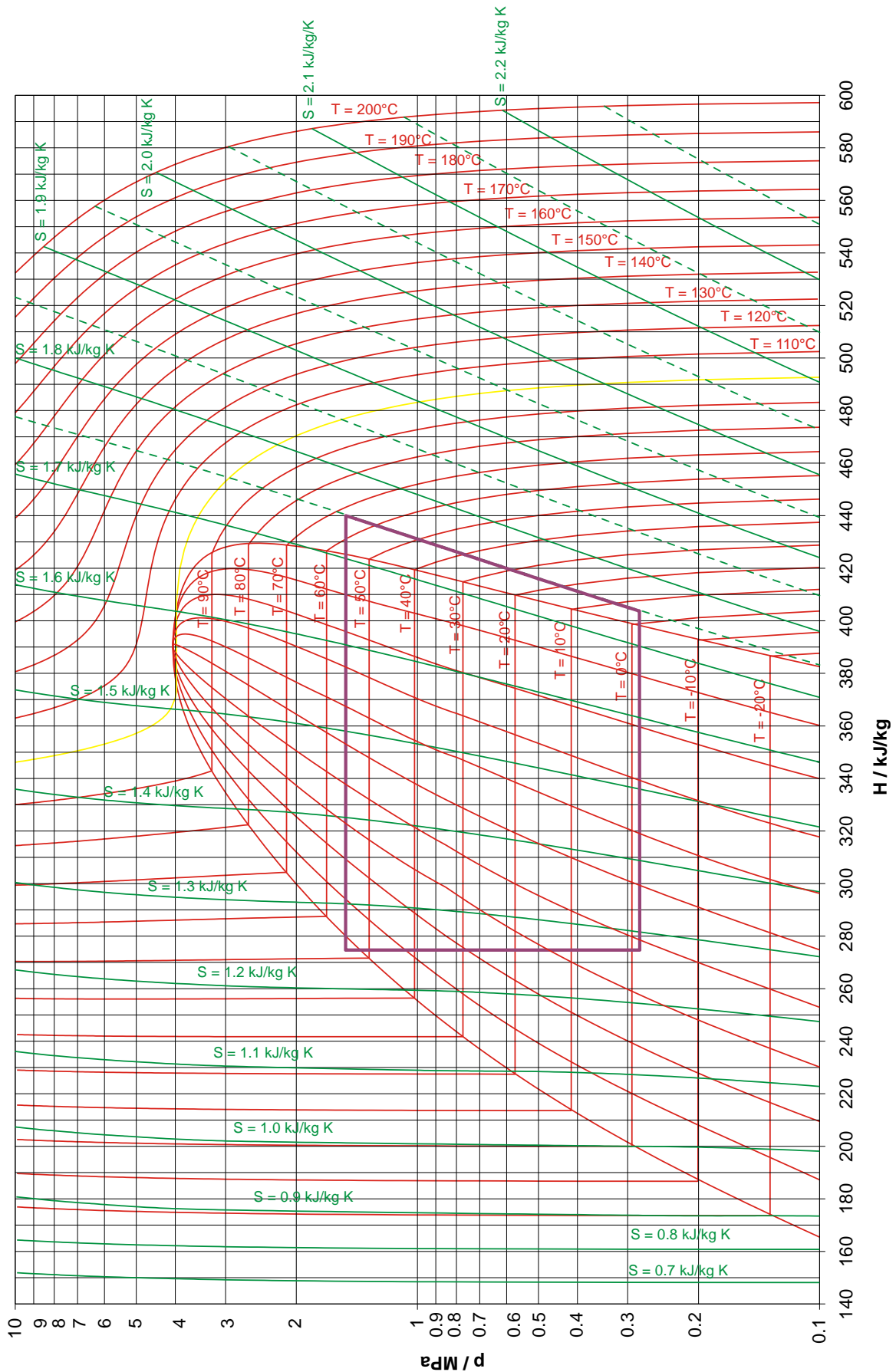


Fig. 7 Diagramma di Mollier