

**Esercizio n° 1**

Si consideri un ciclo frigorifero “*semplificato*” per il fluido refrigerante R134a, che attui la condensazione a 2.0MPa ( $\cong 68^\circ\text{C}$ ) e l’evaporazione a 0.2MPa ( $\cong -10^\circ\text{C}$ ).

Nel diagramma di stato tracciare graficamente il ciclo termodinamico e descriverne in forma didascalica le trasformazioni. Calcolare quindi, supposte condizioni isoentropiche al compressore:

1. la massima temperatura del ciclo;
2. il lavoro specifico compiuto dal compressore;
3. il calore specifico scambiato all’evaporatore e quello al condensatore;
4. il COP frigorifero e quello in pompa di calore.

**Esercizio n° 2**

Per mantenere la temperatura media di  $22^\circ\text{C}$  in un edificio di  $1.000\text{m}^3$ , una unità di trattamento aria condiziona l’aria ambientale esterna a  $5^\circ\text{C}$  e UR 70%, immettendola internamente a  $27^\circ\text{C}$  e UR 50%. In queste condizioni, la potenza termica scambiata tra l’involucro dell’edificio e l’ambiente esterno è pari a 7.7kW. Per esigenze di salubrità e comfort, il ricambio orario è prescritto pari a 0,5 volte il volume dell’ambiente.

Con l’ausilio del diagramma psicrometrico, calcolare:

1. le portate massiche di aria di rinnovo e di riciclo;
2. la potenza termica complessiva dell’impianto di riscaldamento.

**Esercizio n° 3**

In una fontana si vuole ottenere che un getto di 3l/s raggiunga un’altezza di 10m rispetto alla quota del piano campagna (0.0m.slm), quota a cui è prevista l’installazione dell’ugello stesso.

Il circuito è controllato da una pompa sommersa entro una vasca, che alimenta l’ugello attraverso:

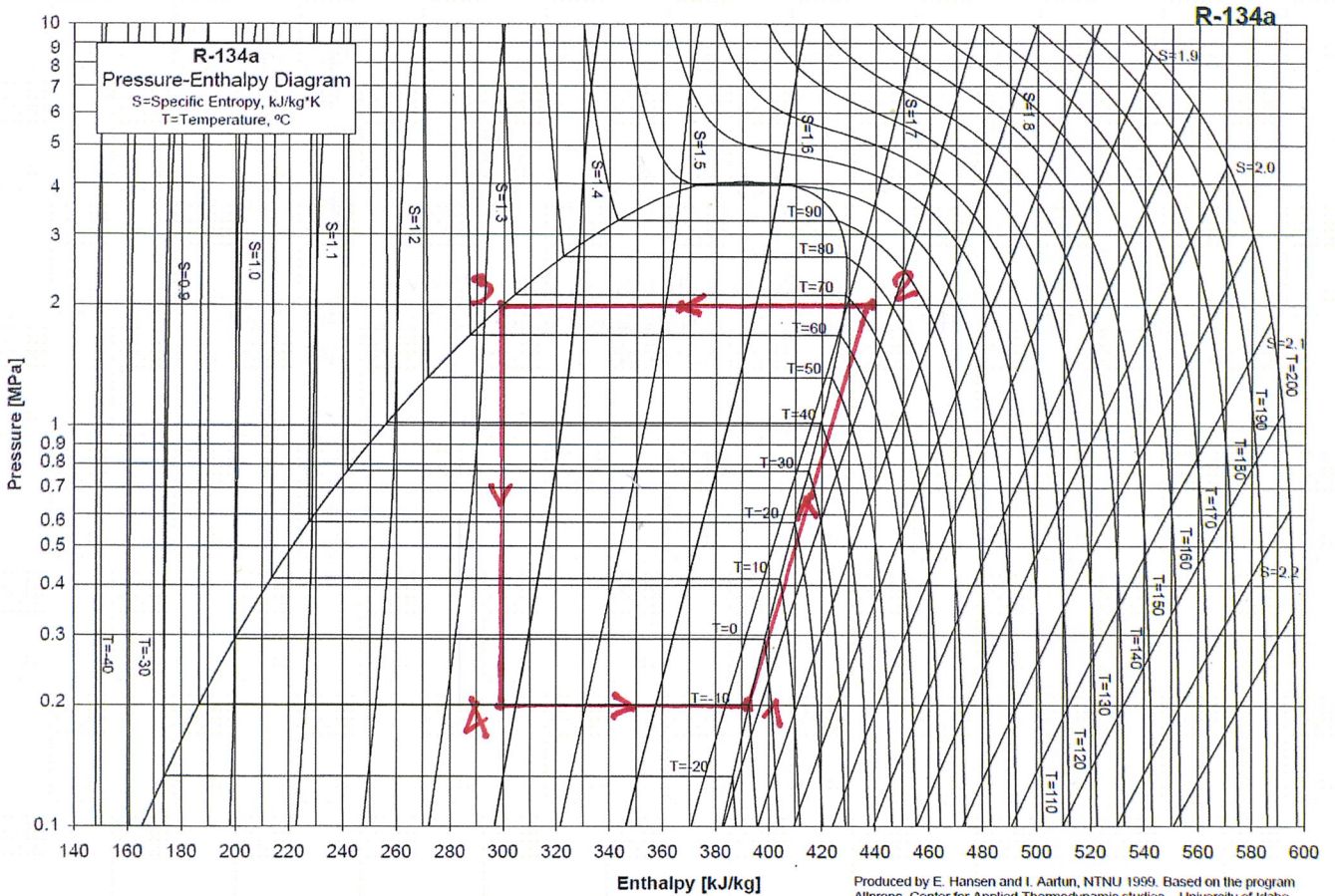
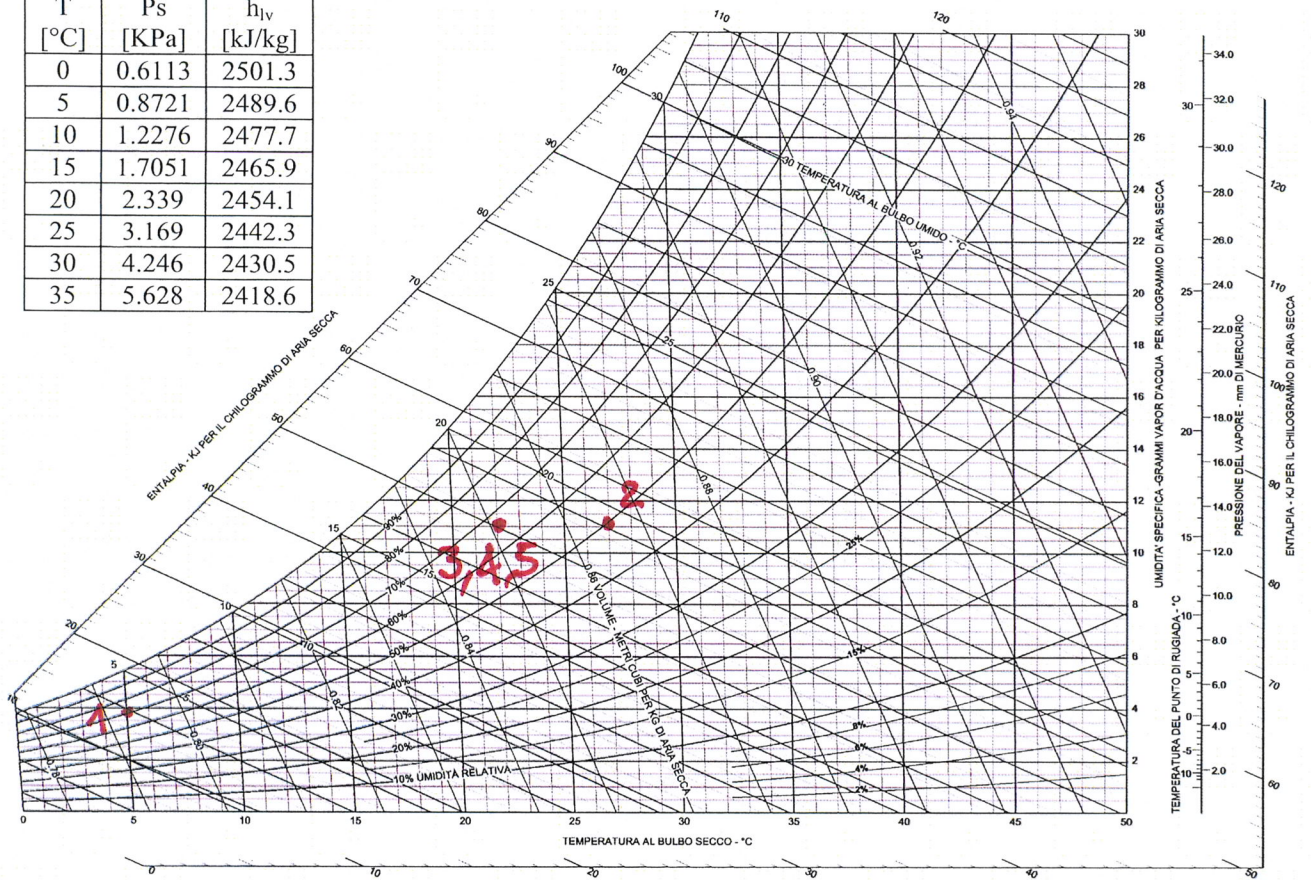
- un collettore DN25 lungo 50m e scabrezza equivalente 0.015 mm;
- vari organi di manovra e singolarità impiantistiche sul medesimo diametro del collettore per complessive 12 altezze cinetiche ( $\beta$ ).

Trascurando ogni ulteriore perdita concentrata all’ugello, determinare:

1. il diametro dell’ugello per consentire il raggiungimento della sopraelevazione voluta;
2. la pressione all’uscita dalla pompa, supponendo il pelo libero della vasca a -1.0m.slm.

COGNOME, NOME, MATRICOLA:

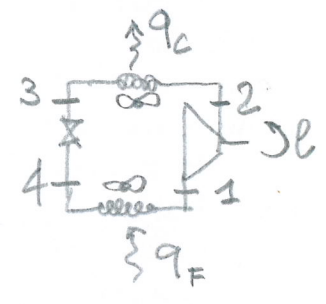
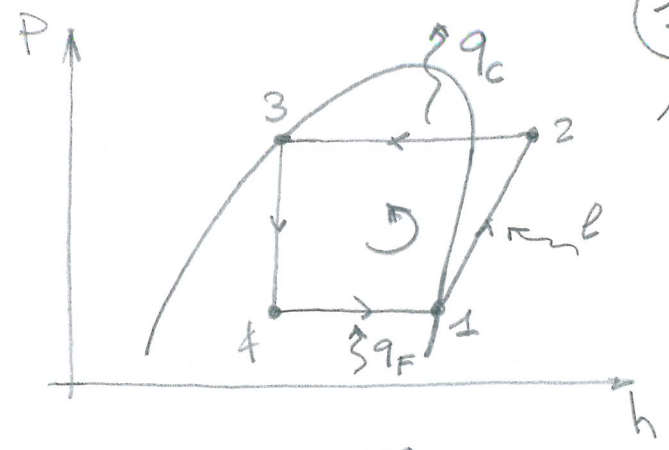
T [°C]	Ps [KPa]	h <sub>v</sub> [kJ/kg]
0	0.6113	2501.3
5	0.8721	2489.6
10	1.2276	2477.7
15	1.7051	2465.9
20	2.339	2454.1
25	3.169	2442.3
30	4.246	2430.5
35	5.628	2418.6



Produced by E. Hansen and I. Aartun, NTNU 1999. Based on the program Allprops, Center for Applied Thermodynamic studies, University of Idaho.

$$T_{max} = T_2 \cong 74^{\circ}\text{C}$$

Da diagramma:



	1	2	3	4	
P	0,2	2,0	2,0	0,2	MPa
T	-10	74	68	-10	°C
h	392	440	300	300	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

$$|e| = h_2 - h_1 = 48 \text{ kJ/kg}$$

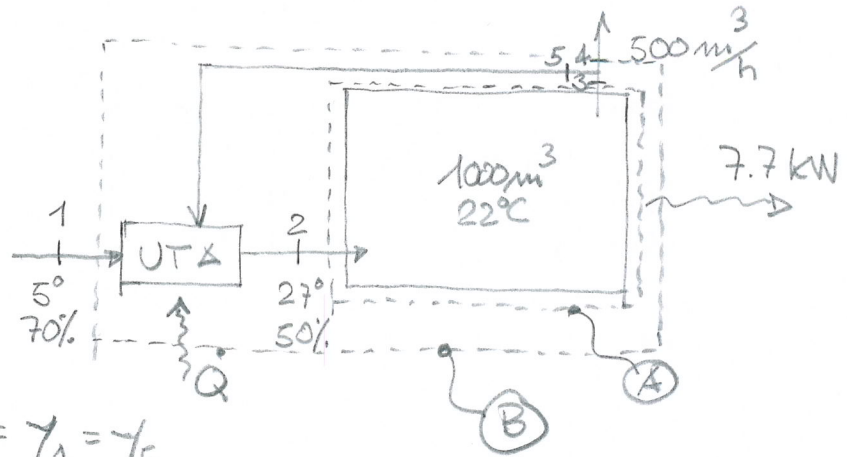
$$|q_F| = h_1 - h_4 = 92 \text{ kJ/kg}$$

$$|q_c| = h_2 - h_3 = 140 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{COP}_F = \frac{|q_F|}{|e|} = 1,92$$

$$\text{COP}_c = \frac{|q_c|}{|e|} = 2,92$$

②  
30'



$$Y_2 = Y_3 \approx 11,2 \frac{g}{kg} = Y_A = Y_5$$

$$UR_3 \approx 67\% = UR_4 = UR_5$$

$$J_3 = J_4 = J_5 \approx 50,5 \frac{kJ}{kg}$$

$$v_3 = v_4 = v_5 \approx 0,851 \frac{m^3}{kg}$$

$$\begin{aligned} \dot{m}_a^4 &= \dot{m}_a^1 \\ \parallel \\ \dot{m}_a^{\text{camera}} &= \frac{500 \frac{m^3}{h}}{v_3} \approx 588 \frac{kg}{h} \end{aligned}$$

$$J_2 \approx 55,5 \frac{kJ}{kg}$$

(Bilancio su contorno A)

$$\dot{m}_a^2 \cdot (J_2 - J_3) = 7,7 \text{ kW} \Rightarrow \dot{m}_a^2 = \frac{7,7 \text{ kW}}{(55,5 - 50,5) \frac{kJ}{kg}} = 1,54 \frac{kg}{s} = 5544 \frac{kg}{h}$$

$$\dot{m}_a^5 = \dot{m}_a^{\text{uscita}} = \dot{m}_a^2 - \dot{m}_a^4 = 4956 \frac{kg}{h}$$

$$\dot{Q} = \dot{m}_a^1 (J_4 - J_1) + 7,7 \text{ kW} \quad (\text{Bilancio su contorno B})$$

$$\downarrow 0,1633 \frac{kg}{s} \cdot (50,5 - 11,5) + 7,7 \text{ kW}$$

$$\downarrow 5,9 \text{ kW} + 7,7 \text{ kW}$$

$$\downarrow 13,6 \text{ kW}$$

$$U_4 = 0 \text{ m/s}$$

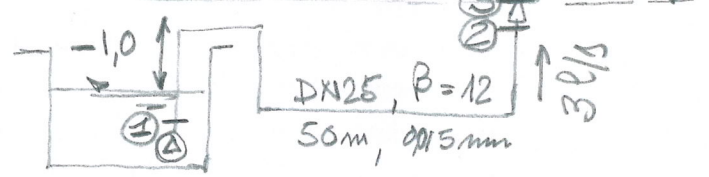
$$P_4 = 0 \text{ kPa (atmosférica)}$$

$$= P_3$$

$$z_3 + \frac{U_3^2}{2g} + \frac{P_3}{\gamma} = z_4 + \frac{U_4^2}{2g} + \frac{P_4}{\gamma}$$

$$U_3 = \sqrt{2g(z_4 - z_3)} \approx 14,0 \text{ m/s}$$

$$Q = \Omega_3 \cdot U_3 \Rightarrow 0,003 = \frac{\pi d_3^2}{4} \cdot 14,0 \Rightarrow d_3 = 0,0165 \text{ m}$$



$$\Delta H_{TOT} = \Delta H_{dist} + \Delta H_{conc.} + \Delta H_g$$

$$U_1 = \frac{Q}{\Omega_1} = \frac{0,003}{\frac{\pi \cdot 0,025^2}{4}} = 6,12 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$= \frac{\lambda}{D} \frac{U_1^2}{2g} \cdot L + \beta \cdot \frac{U_1^2}{2g} + (z_4 - z_1)$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left( \frac{2,51}{\text{Re} \sqrt{\lambda}} + \frac{\epsilon/D}{3,71} \right) \Rightarrow \lambda = 0,0174$$

modo Turbulento

$$\Rightarrow \Delta H_{TOT} = 66,41 \text{ m} + 22,91 \text{ m} + 11,0 \text{ m} = 100,32 \text{ m}$$

$$P_1 = \gamma \Delta H_{TOT} \approx 984,2 \text{ kPa} \approx 9,84 \text{ bar}$$