

Esercizio n° 1

Alla pressione di 101.325 kPa, una UTA aspira 7.000 m³/h di aria ambientale a 310 K e UR=30% e la immette nell'ambiente interno a 289 K e UR=50%.

- a. Utilizzando il diagramma psicrometrico:
 1. tracciare graficamente le trasformazioni del possibile trattamento estivo attuato come raffreddamento e quindi post-riscaldamento;
 2. stimare il titolo della miscela in ingresso e in uscita;
 3. la portata massica di aria secca;
 4. la potenza termica necessaria in raffreddamento e quella di post-riscaldamento.
- b. Calcolare analiticamente:
 5. la portata d'acqua di condensazione;
 6. il titolo della miscela in ingresso e in uscita.

Esercizio n° 2

Si consideri il ciclo frigorifero per il refrigerante R134a, che attui la condensazione a 1.0MPa ($\cong 40^\circ\text{C}$) e l'evaporazione a 0.4MPa ($\cong 10^\circ\text{C}$).

Tracciare graficamente sul diagramma P-h le trasformazioni termodinamiche del ciclo semplificato e descriverle in forma didascalica.

Calcolare quindi, supposte condizioni isoentropiche al compressore:

1. il lavoro specifico compiuto dal compressore;
2. il calore specifico scambiato all'evaporatore e quello al condensatore;
3. il COP frigorifero e quello in pompa di calore.

Con riferimento al precedente esercizio n.1, trascurando ogni ulteriore rendimento e irreversibilità, calcolare:

4. la potenza elettrica necessaria a coprire il fabbisogno termico di raffreddamento della UTA;
5. la portata massica del refrigerante per soddisfare il fabbisogno di cui al precedente punto.

Esercizio n° 3

Si vuole valutare l'opportunità di alimentare da fonte idroelettrica una baita ubicata a quota 884m.slm, attraverso la valorizzazione di un piccolo bacino posto a quota 1.183m.slm e distante 1.400m. Valutazioni idrologiche stimano una disponibilità idrica media annuale di circa 70.000 m³.

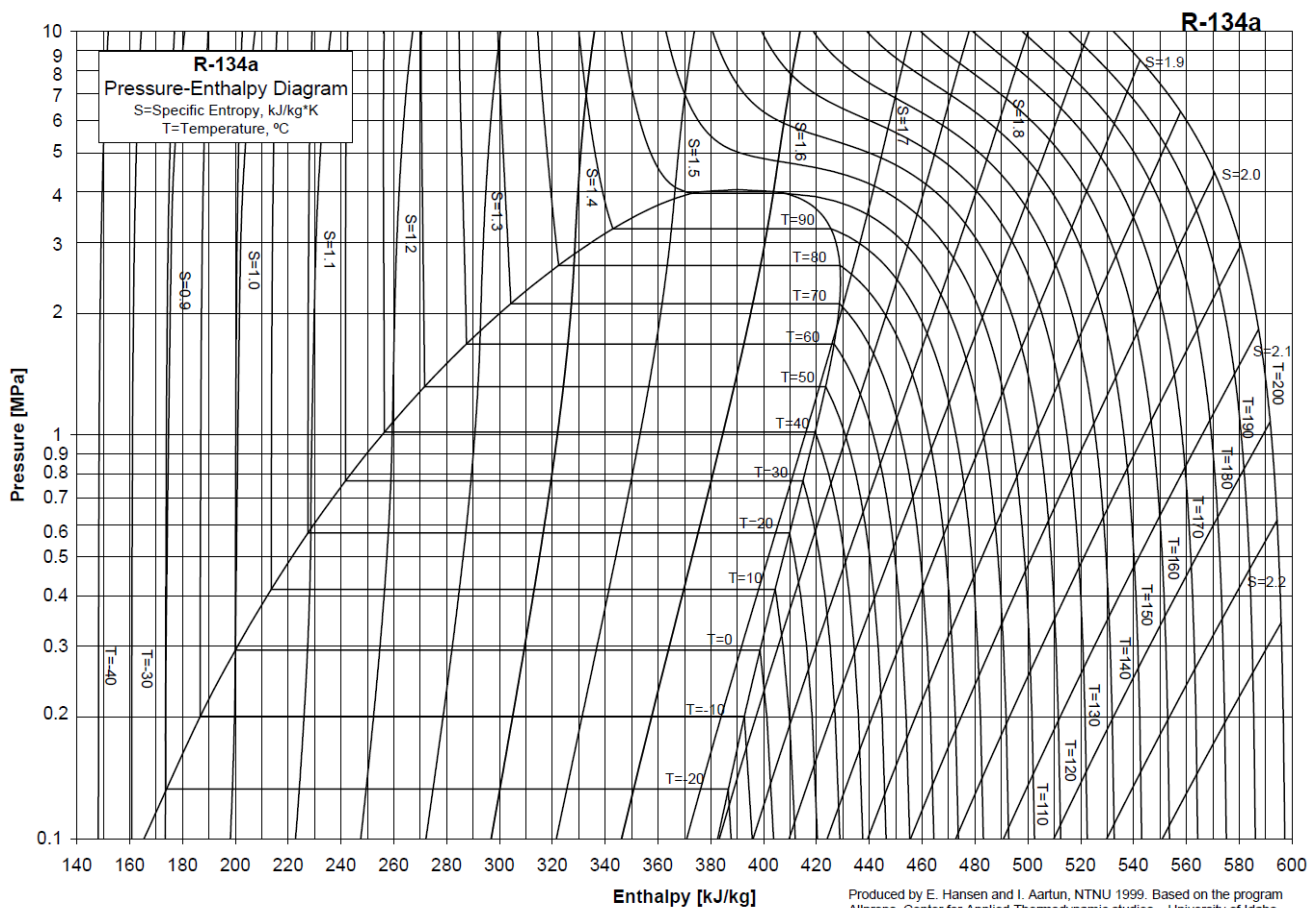
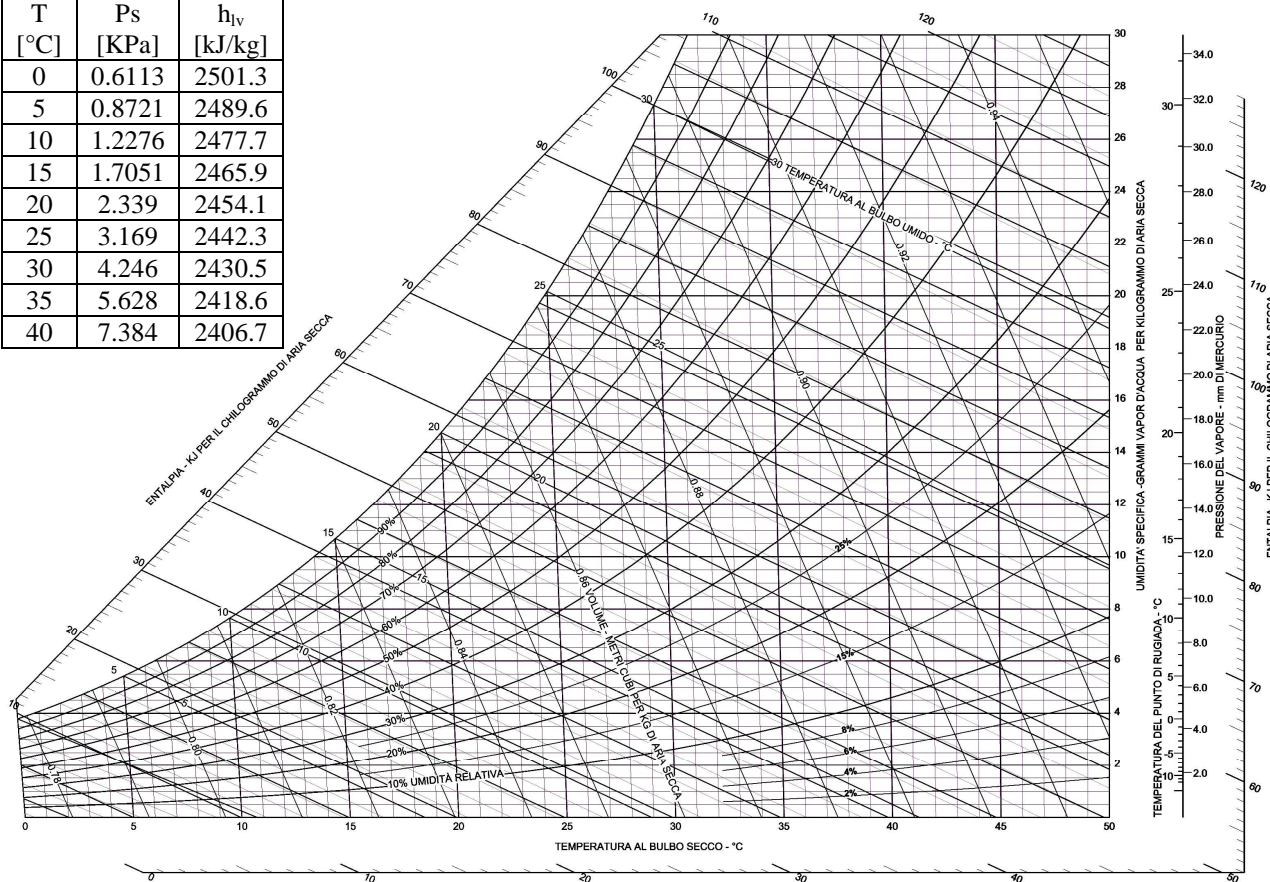
Si chiede di:

1. Dimensionare il diametro minimo del collettore secondo l'ipotetica produzione industriale riportata in tabella (millimetri), affinché la potenza elettrica non risulti inferiore a 5kW;

DN	20	25	32	40	50	63	75	90	110
----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----
2. Calcolare la potenza effettiva in relazione al collettore scelto.

Per le precedenti calcolazioni, si consideri una scabrezza equivalente pari a 0.2 mm, perdite concentrate per complessive 12 altezze cinetiche, un rendimento unitario alla turbina e l'esigenza di una pressione residua a valle della turbina pari a 5 bar.

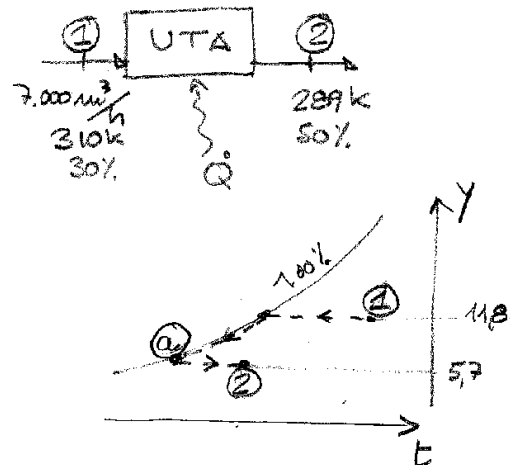
T [°C]	Ps [kPa]	h _{lv} [kJ/kg]
0	0.6113	2501.3
5	0.8721	2489.6
10	1.2276	2477.7
15	1.7051	2465.9
20	2.339	2454.1
25	3.169	2442.3
30	4.246	2430.5
35	5.628	2418.6
40	7.384	2406.7



Es. n. 1

Dal diagramma:

	①	②	③
γ	11,8	5,7	g/kg aria secca
J	680	310	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg gas}}$ 20 $\frac{\text{kJ}}{\text{kg gas}}$
t	37	16	$^{\circ}\text{C}$
UR	30	50	%
v	0,895	0,814	$\frac{\text{m}^3}{\text{kg gas}}$
\dot{m}	78212	7822	$\frac{\text{kg gas}}{\text{h}}$



$$\dot{Q}_F = \dot{m} \cdot (J_1 - J_a) = 104,3 \text{ kW} \quad \dot{Q}_c = \dot{m} (J_2 - J_a) = 23,9 \text{ kW}$$

$$\dot{m}_a^1 = \gamma_1 \cdot \dot{m}_a^1 = 92,3 \text{ kg/h}$$

$$\dot{m}_a^2 = \gamma_2 \cdot \dot{m}_a^2 = \gamma_2 \cdot \dot{m}_a^1 = 44,6 \text{ kg/h}$$

$$\dot{m}_{\text{cond}} = \dot{m}_a^1 - \dot{m}_a^2 = 47,7 \text{ kg/h} \quad (\sim 0,013 \text{ l/s})$$

Verifico analiticamente i titoli:

$$\textcircled{1} \quad UR_1 = \frac{P_{v1}^1}{P_s^1} = \frac{P_{v1}^1}{6,3304} \quad \leftarrow \quad P_s^1 = 5,628 + \frac{7,384 - 5,628}{5} \cdot (37 - 35)$$

$$\Rightarrow P_{v1}^1 = 1,9 \text{ kPa} \quad \rightarrow P_{a1} = 101,325 - 1,9 = 99,43 \text{ kPa}$$

$$\gamma_1 = 0,622 \frac{P_{v1}^1}{P_{a1}} = 0,0119 \frac{\text{kg gas}}{\text{kg gas}}$$

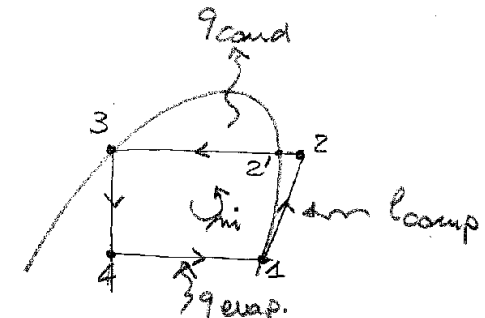
$$\textcircled{2} \quad UR_2 = \frac{P_{v2}^2}{P_s^2} = \frac{P_{v2}^2}{1,8319} \quad \leftarrow \quad P_s^2 = 1,7051 + \frac{2,239 - 1,7051}{5} \cdot (16 - 15)$$

$$P_{v2}^2 = 0,9159 \text{ kPa} \quad \rightarrow P_{a2} = 100,409 \text{ kPa}$$

$$\gamma_2 = 0,622 \frac{P_{v2}^2}{P_{a2}} = 0,00567 \frac{\text{kg gas}}{\text{kg gas}}$$

Es. n. 2

- 1-2, compressione adiabatica reversibile (isentroica)
- 2-3, condensazione isobara (tratto 2'3 anche isoterma)
- 3-4, laminazione isentalpica
- 4-1, evaporazione isobara



$$l_{comp} = h_2 - h_1 = 18 \text{ kJ/kg}$$

$$q_{cond} = h_3 - h_2 = -165 \text{ kJ/kg}$$

$$q_{evap} = h_1 - h_4 = 147 \text{ kJ/kg}$$

	1	2	3	4	
Pressione	0,4	1	1	0,4	MPa
Temperatura	10	42	40	10	°C
Enthalpia spec.	404	422	257	257	kJ/kg
Enthalpia spec	9174	9174	9118	9120	kJ/kgK

$$EER = \frac{|q_{evap}|}{|l_{comp}|} = 8,17$$

$$COP = \frac{|q_{cond}|}{|l_{comp}|} = 9,17$$

$$COP = EER + 1$$

$$\dot{L}_{comp} = \frac{|\dot{Q}_{comp}|}{EER} = \frac{104,3 \text{ kW}_{\text{termica}}}{8,17} = 12,77 \text{ kW}_{\text{elettrica}}$$

$$\dot{L}_{comp} = l_{comp} \cdot \dot{m}_{R132a} \Rightarrow \dot{m}_{R132a} = \frac{12,77 \text{ kW}_e}{18 \text{ kJ/kg}} = 0,709 \text{ kg/s}$$

Es. n. 3

Suppongo moto assolutamente turbolenta

$$R_D = \sum \frac{\lambda_D}{D_i} \frac{U_i^2}{2g} \cdot L_i$$

$$\frac{1}{\sqrt{K_c}} = -2 \lg \left(\frac{8.5}{3.7 R_D} \right)$$

$$R_c = \frac{12.5}{2g} = 0.3125 \text{ m}$$

$$\Delta H_p = \Delta H_g - \frac{P_{\min}}{\gamma} - R_D - R_c$$

$$P_{\text{Turbina}} \geq 5 \text{ kW}$$

Suppongo una portata volumetrica media annuale

$$Q = \frac{70.000}{365 \cdot 24 \cdot 60} = 0,00222 \text{ m}^3/\text{s} \Rightarrow \Delta H_g \geq \frac{5000}{9.81 \cdot 1000 \cdot 0,00222}$$

$$\geq 229,5 \text{ m}$$

$$\Rightarrow R_D + R_c \leq \Delta H_g - \frac{P_{\min}}{\gamma} - \Delta H_p^{\min}$$

trascurabile

$$R_D \leq 18,53 \text{ m}$$

$$\text{Se ipotizzo } U \leq 1 \text{ m/s} \Rightarrow D = \left(\frac{4 \cdot 0,00222 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi} \right)^{1/2} = 0,053 \text{ m}$$

$$\Rightarrow \lambda = 0,02783 \rightarrow R_D = 37,5 \text{ m}$$

Troppi

$$\text{Provo } \rho D N 63 \Rightarrow U = 0,713 \text{ m/s}$$

$Re = \frac{\rho U D}{\mu} = 44919$
andando su Moody si
verifica assoluta turbolenza

$$\lambda = 0,02656$$

$$R_D = 15,27 \text{ m} < 18,53$$

accetto

Svolgo il conteggio completo:

$$R_c = 12 \cdot \frac{0,713^2}{2 \cdot 9,81} = 0,311 \text{ m} \Rightarrow \Delta H_p = 299 - 50,97 - 15,27 - 0,311 = 232,41 \text{ m}$$

$$P_{\text{Turbina}} = \gamma Q \Delta H_p = 5,06 \text{ kW}$$

