



Fakulteta za strojništvo

UNIVERZA V MARIBORU
FAKULTETA ZA STROJNIŠTVO

Matjaž RAMŠAK

Zbirka rešenih izpitnih nalog pri predmetu
Klimatizacija (HVAC)
za študijsko leto 2012/2013



Regenerativna klimatizacijska enota (vir: www.menerga.si)

MARIBOR, december 2013

CIP – kataložni zapis o publikaciji
Univerzitetna knjižnica Maribor

[CIP številka]

Matjaž Ramšak
Zbirka rešenih izpitnih nalog pri
predmetu Klimatizacija (HVAC)
za študijsko leto 2012/2013/Ramšak M,
Maribor, FS Maribor]

[ISBN]

[Naslov knjižne zbirke in ISSN številka]

[COBISS-ID]

Naslov:	Zbirka rešenih izpitnih nalog pri predmetu Klimatizacija (HVAC) za študijsko leto 2012/2013
Avtor:	Matjaž Ramšak
Strokovni recenzenti:	Jure Marn, Matej Zadavec
Jezikovni recenzenti:	
Tehnični recenzenti:	Janez Čep
Računalniški prelom:	
Oblikovanje slik:	
Oblikovanje ovitka:	
Tipologija/vrsta publikacije:	e-študijsko gradivo
Založnik:	Fakulteta za strojništvo
Kraj založbe:	Maribor
Datum izida:	[31.12.2013]
Različica (e-pub):	R [številka]
URL (e-pub):	http://dkum.uni-mb.si/...
Sistemske zahteve (e-pub):	računalnik, internetni dostop
Programske zahteve (e-pub):	internetni brskalnik, program Adobe Reader

KAZALO

Izpit 31.01.2013	1
Kolokvij 07.05.2013	4
Izpit 24.06.2013	7
Izpit 08.07.2013	11
Izpit 06.09.2013	14

50%	50%

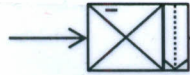
Priimek in ime: _____ Vpisna številka: _____

Ocenjujem pravilnost številskih rezultatov. Za pravilni postopek praviloma ne podeljujem procentov. Prosim, pri računskih nalogah zaokrožite števila na 4 pomembna mesta (npr.: 0.00123456=0.1235e-2 ali 1.235kJ). Natančnost rešitve mora biti +/-1 na 3 pomembnem mestu. **Grafično rešitev** vrišete na priloženi diagram. Natančnost odčitka mora biti +/- 2mm glede na moj odčitek. Čas reševanja 90 min. Pišite kar na ta list. Po potrebi dobite dodaten list.

1. **Računsko** s pomočjo tabel rešite naslednjo napravo na sliki in rezultate zapišite v tabelo. Predpostavite, da je temperatura hladilnih površin enaka temperaturi izstopnega zraka. Pazite na enote!

Hladilna moč: 100 KM

1 (32°C, 80%,
m=200 funt/min)



2 (??°C, 100%)

	T[°C]	φ[%]	X[g/kg]	h[kJ/kg]	Xs[g/kg]
1	32	80	24.83	95.77	31.04
2	16.63	100%	12.01	47.13	12.01

5%

Količina izločene vode: 69.76 [kg/h]

$$h_1 = 1.005 \cdot 32 + 24.83 (2.5 + 0.001826 \cdot 32) = 95.77 \text{ kJ/kg}$$

$$200 \frac{\text{funt}}{\text{min}} \cdot \frac{0.4536 \text{ kg}}{\text{funt}} \cdot \frac{\text{min}}{60 \text{ s}} = 1.512 \text{ kg/s}$$

$$100 \text{ KM} \cdot \frac{735.5 \text{ W}}{\text{KM}} = 73.55 \text{ kW}$$

$$P = \dot{m} \cdot (h_1 - h_2) \Rightarrow h_2 = h_1 - \frac{P}{\dot{m}} = 95.77 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - \frac{73.55 \text{ kW}}{1.512 \text{ kg/s}} = 47.13 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$h_2 = h_s(t)$	t	h_s
	16	45.20
	18	51.28

$$\epsilon = \frac{47.13 - 45.20}{51.28 - 45.20} = 0.3174$$

$$t = 16 + \epsilon(18 - 16) = 16.63^\circ\text{C}$$

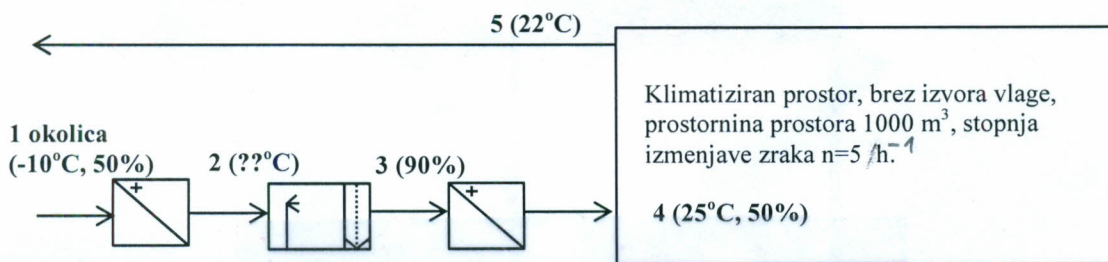
$$X_s(16.63^\circ\text{C}) = 11.51 + 0.3174(13.10 - 11.51) = 12.01 \text{ g/kg}$$

$$\dot{m}_v = \Delta X \cdot \dot{m}_{zr} = (x_1 - x_2) \dot{m}_{zr} = (24.83 - 12.01) \frac{\text{g}}{\text{kg}} \cdot 1.512 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 19.38 \text{ g/s} = 69.76 \text{ kg/h}$$

HVAC izpit, 2013 01 31

2. **Grafično** rešite nalogo za napravo na sliki. Za izračun moči naprav uporabite masni pretok suhega zraka temperature v stanju 4 (gostoto odčitajte iz diagrama, natančnost odčitka X.XX2).

Odčitane vrednosti zapisujete na decimalna mesta kot je prikazano v prvi vrstici tabele. Rezultat je pravilen če je vaša vrednost znotraj +/- zapisane tolerance.



	T[°C]	φ[%]	X[g/kg]	h[kJ/kg]
toler	0,2	2,	0,2	0,3
1	-10	50	0.8	-8.0
2	38.2	2	0.8	40.1
3	15.3	90	9.9	40.1
4	25	50	9.9	50.0
5	22	60	9.9	47.2

Toplotne izgube prostora 4.558 [kW] (5)

Značilnosti prežračevalne naprave:

Grelna moč 1 78.31 [kW] (10)

Grelna moč 2 16.12 [kW] (10)

Kol. vode za vlaženje 53.33 [kg/h] (10)

Masni pretok suhega zraka 5861 [kg/h] (5)

$$\rho(25^\circ\text{C}, x=\phi) = 1.172 \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{V} = n \cdot V = 5 \frac{1}{h} \cdot 1000 \text{ m}^3 = 5000 \frac{\text{m}^3}{h} = 1.389 \frac{\text{m}^3}{s}$$

$$\dot{m} = \rho \cdot \dot{V} = 1.628 \text{ kg/s} = 5861 \text{ kg/h}$$

$$\text{Izgube prostora: } {}_4\dot{Q}_5 = \dot{m} (h_4 - h_5) = 1.628 \frac{\text{kg}}{s} (50 - 47.2) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 4.558 \text{ kW}$$

Grelna 1:

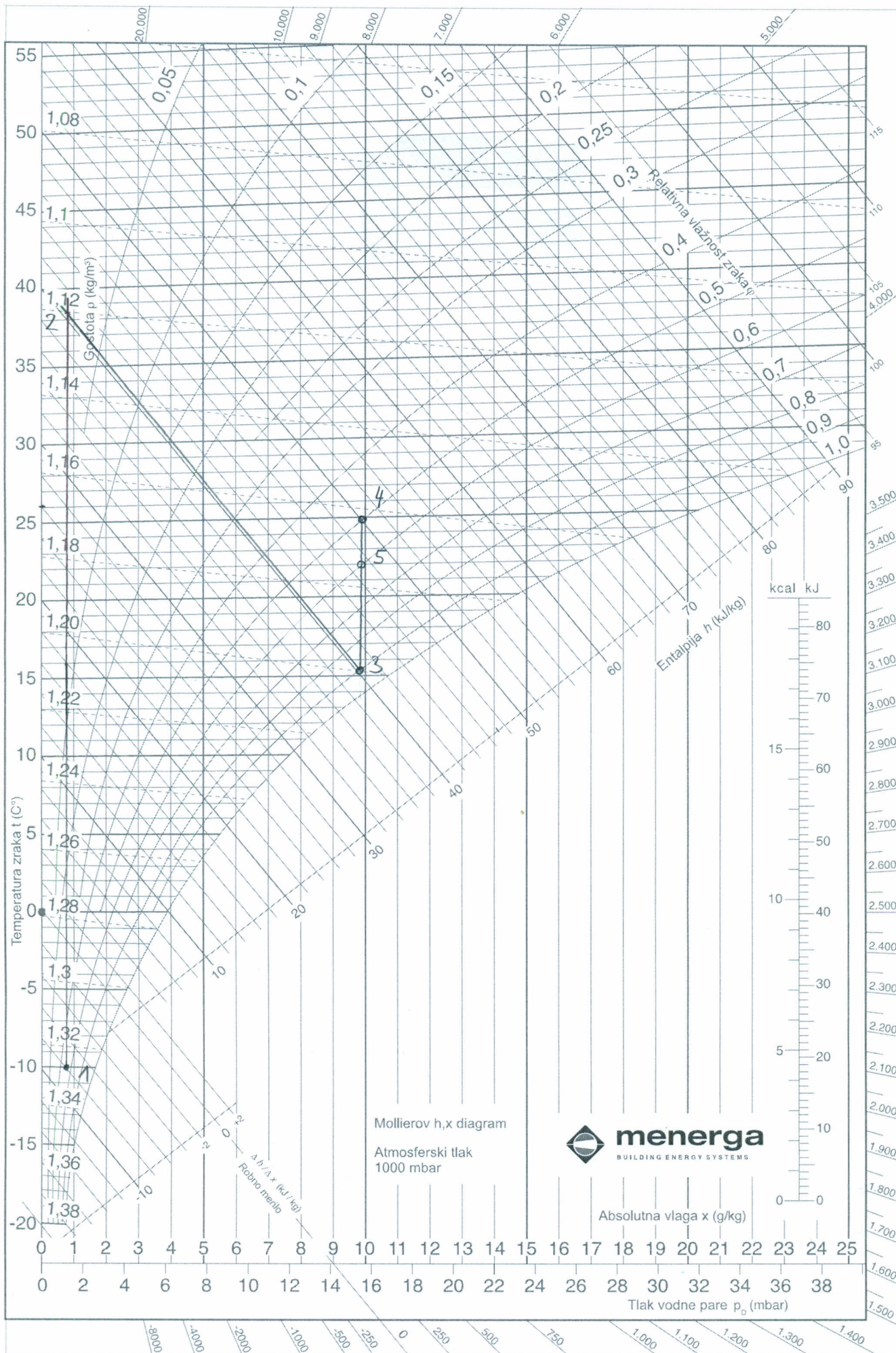
$${}_1\dot{Q}_2 = \dot{m} (h_2 - h_1) = 1.628 \frac{\text{kg}}{s} (40.1 - (-8.0)) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 78.31 \text{ kW}$$

2:

$${}_3\dot{Q}_4 = \dot{m} (h_4 - h_3) = 1.628 (50.0 - 40.1) = 16.12 \text{ kW}$$

Vlaženje:

$$\dot{m}_v = \dot{m} (x_3 - x_2) = 1.628 (9.9 - 0.8) \frac{\text{g}}{\text{kg}} = 14.81 \frac{\text{g}}{s} = 53.33 \frac{\text{kg}}{h}$$

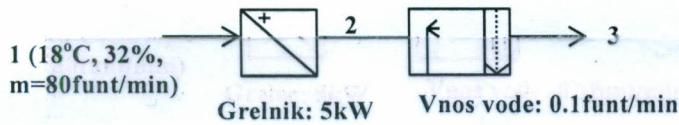


50%	50%

Priimek in ime: _____ Vpisna številka: _____

Ocenjujem pravilnost številskih rezultatov. Za pravilni postopek praviloma ne podeljujem procentov. Prosim, pri računskih nalogah zaokrožite števila na 4 pomembna mesta (npr.: 0.00123456=0.1235e-2 ali 1.235kJ). Natančnost rešitve mora biti +/-1 na 3 pomembnem mestu. **Grafično rešitev** vrišete na priloženi diagram. Natančnost odčitka mora biti +/- 2mm glede na moj odčitek. Čas reševanja 90 min. Pišite kar na ta list. Po potrebi dobite dodaten list.

1. Računsko s pomočjo tabel rešite naslednjo napravo na sliki in rezultate zapišite v tabelo. Pazite na enote!



	T[°C]	φ[%]	X[g/kg]	h[kJ/kg]	Xs[g/kg]
1	18	32	4.192	28.72	13.10
2	26.17	19.18	- -	36.99	21.86
3	23.03	30.18	5.442	- -	18.03

(20) ZA PRAVILNO VRSTICO

(30)

$$x_1 = \phi_1 \cdot x_s = 0.32 \times 13.10 = 4.192 \text{ g/kg}$$

$$h_1 = 1.005 \cdot 18 + 4.192(2.5 + 0.001926 \cdot 18) = 28.72 \text{ kJ/kg}$$

1-2:

$$Q = \dot{m} (h_2 - h_1)$$

$$h_2 = \frac{Q}{\dot{m}} + h_1 = \frac{5 \text{ kW}}{0.6048 \text{ kg/s}} + 28.72 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 36.99 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$80 \frac{\text{lbm}}{\text{min}} \cdot \frac{0.4536 \text{ kg}}{1 \text{ lbm}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 0.6048 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$t_2 = \frac{36.99 - 4.192 \times 2.5}{1.005 + 4.192 \times 0.001926} = 26.17 \text{ °C}$$

$$x_2(26.17) = 21.62 + \frac{0.17}{2} (24.42 - 21.62) = 21.86 \text{ g/kg}$$

2-3 h-count

$$\dot{m}_v = \dot{m}_{2r} (x_3 - x_2)$$

$$x_3 = \frac{\dot{m}_v}{\dot{m}_{2r}} + x_2 = \frac{0.1 \frac{\text{lbm}}{\text{min}}}{80 \frac{\text{lbm}}{\text{min}}} + 4.192 \cdot 10^{-3} = 5.442 \text{ g/kg}$$

$$0.1 \frac{\text{lbm}}{\text{min}} \cdot \frac{0.4536 \text{ kg}}{1 \text{ lbm}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 7.560 \cdot 10^{-4} \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 2.722 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

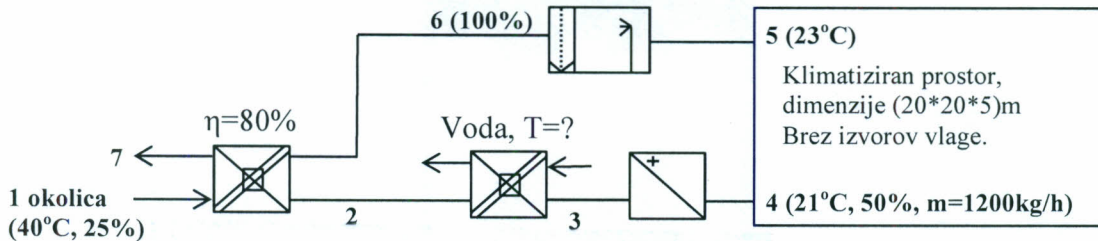
$$t = \frac{36.99 - 5.442 \cdot 2.5}{1.005 + 5.442 \cdot 0.001926} = 23.03 \text{ °C}$$

$$x_s(23.03) = 16.88 + \frac{1.03}{2} (19.12 - 16.88) = 18.03 \text{ g/kg}$$

HVAC kol, 07.05.2013

2. **Grafično** rešite nalogo za napravo na sliki. V prenosniku toplote 2-3 predpostavite konstantno temperaturo vode in 100% temperaturno učinkovitost (izstopni zrak ima enako temperaturo kot voda). Računsko gostoto suhega zraka odčitajte iz diagrama h-x pri temperaturi 23°C.

Odčitane vrednosti zapisujete na decimalna mesta kot je prikazano v prvi vrstici tabele. Rezultat je pravilen če je vaša vrednost znotraj +/- zapisane tolerance.



	T[°C]	φ[%]	X[g/kg]	h[kJ/kg]
toler	0,2	2,	0,2	0,3
1	40	25	11,6	70,0
2	20,32	78	11,6	50,0
3	10,1	100	7,7	29,8
4	21	50	7,7	40,8
5	23	44	7,7	42,8
6	15,4	100	11,0	-11-
7	35,08	31	11,0	63,0

Toplotni izvori prostora	0,6667 [kW]	5
Urna izmenjava zraka n	0,5085 [1/h]	5
Grelna moč (3-4)	3,667 [kW]	10
Kol. razpršene vode (5-6)	3,96 ^{5,0} _{3,0} [kg/h]	5
Temp. hladilne vode (2-3)	10,1 [°C]	10

PRAVILNI DIAGRAM 5%

$$\dot{Q}_{45} = \dot{m}_{zr} \cdot \Delta h = \frac{1200 \text{ kg}}{3600 \text{ s}} \cdot \frac{2 \text{ kJ}}{\text{kg}} = 0,6667 \text{ kW}$$

$$\text{Urna izmenjava zraka: } n = \frac{\dot{V}}{V} = \frac{1017 \text{ m}^3/\text{h}}{2000 \text{ m}^3} = 0,5085$$

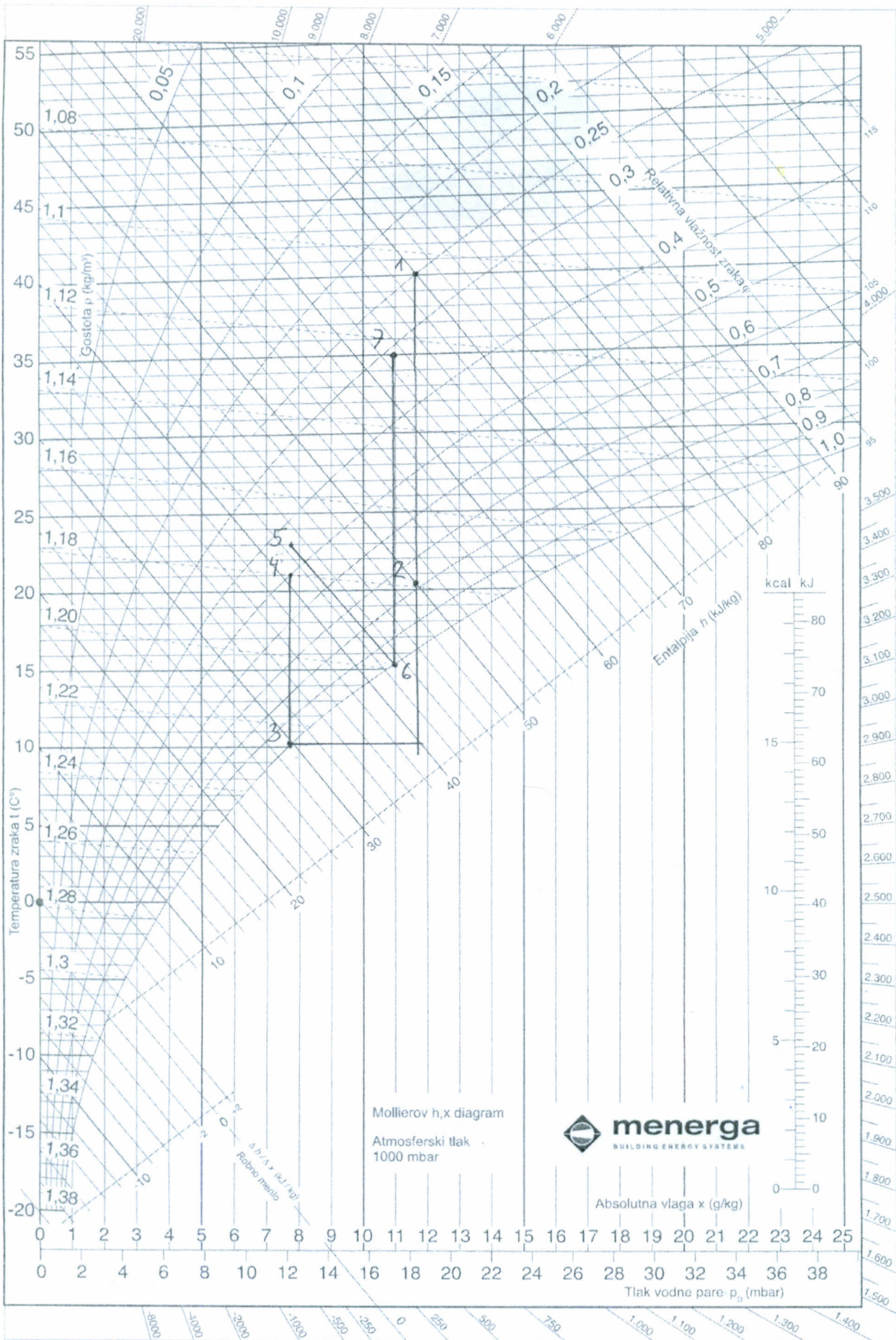
$$\dot{V} = \frac{\dot{m}}{\rho(23^\circ\text{C})} = \frac{1200 \text{ kg/h}}{1,18 \text{ kg/m}^3} = 1017 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\eta = \frac{\Delta T}{\Delta T_{\text{max}}} \Rightarrow \Delta T = 0,80 (40 - 15,4) = 19,68; \quad T_2 = 40 - \Delta T = 20,32; \quad T_3 = 15,4 + \Delta T = 35,08$$

$$\dot{Q}_{34} = \dot{m}_{vr} \cdot \Delta h = \frac{1200 \text{ kg}}{3600 \text{ s}} \left(\frac{40,8 - 29,8}{\text{kg}} \right) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 3,667 \text{ kW}$$

$$\dot{m}_v = \dot{m}_{zr} (x_6 - x_5) = \frac{1200 \text{ kg}}{3600 \text{ s}} (11,0 - 7,7) \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{kg}} = 1,1 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 3,96 \text{ kg/h}$$

$$\text{toleranca } \Delta x = 0,4 \times 2 = 0,8 \text{ g/kg} \quad \dot{m}_v = \frac{1200}{3600} \cdot 0,8 = 0,26 \text{ g/s} \approx 1,0 \text{ kg/h}$$



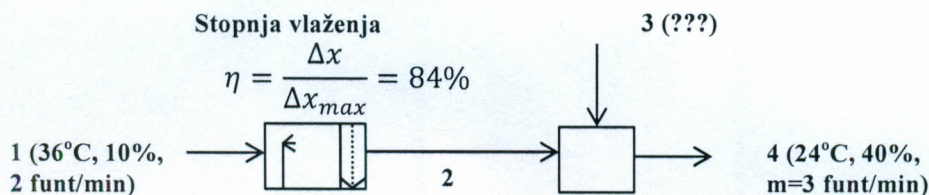
50%	50%

Priimek in ime: REŠITEV

Vpisna številka: _____

Ocenjujem pravilnost številskih rezultatov. Za pravilni postopek praviloma ne podeljujem procentov. Prosim, pri računskih nalogah zaokrožite števila na 4 pomembna mesta (npr.: 0.00123456=0.1235e-2 ali 1.235kJ). Natančnost rešitve mora biti +/-1 na 3 pomembnem mestu. Grafično rešitev vrišete na priloženi diagram. Natančnost odčitka mora biti +/- 2mm glede na moj odčitek. Čas reševanja 90 min. Pišite kar na ta list. Po potrebi dobite dodaten list.

1. Računsko s pomočjo tabel rešite naslednjo napravo na sliki in rezultate zapišite v tabelo. Predpostavite, da je temperatura hladilnih površin enaka temperaturi izstopnega zraka. Pazite na enote!



	T[°C]	φ[%]	X[g/kg]	h[kJ/kg]	X _s [g/kg]
1	36	10	3.928	46.27	39.28
2	19.45	73.18	10.531	46.27	14.39
3	33.23	5.631	1.884	38.23	33.46
4	24	40	7.648	43.59	19.12

(30)
(20)

1) $x = \phi \cdot x_s$

2)

$$\epsilon = \frac{46.27 - 45.20}{51.28 - 41} = 0.1764$$

$$t_{2s} = 16 + 0.1764(18 - 16) = 16.35^\circ\text{C}$$

$$X_{2s}(16.35^\circ\text{C}) = 11.51 + 0.1764(13.10 - 11.51) = 11.79 \text{ g/kg}$$

Stopnja vlaženja 84% = $\eta = \frac{\Delta X}{\Delta X_{max}} = \frac{12}{12.5}$

$$\Delta X = 0.84(11.79 - 3.928) = 6.604 \text{ g/kg}$$

$$X_2 = 3.928 + 6.604 = 10.53 \text{ g/kg}$$

$$t = \frac{46.27 - 10.53 \cdot 2.5}{1.005 + 10.53 \cdot 0.001926} = 19.45^\circ\text{C}$$

$$X_s(19.45) = 13.10 + (14.88 - 13.10) \cdot \frac{19.45 - 18}{20 - 18} = 14.39 \text{ g/kg}$$

4) $h = 1.005 \cdot 24 + 7.648(2.5 + 0.001926 \cdot 24) = 43.59 \text{ kJ/kg}$

$$3.) \quad m_3 = 1 \text{ fuel/min}$$

$$m_4 \cdot x_4 = m_2 \cdot x_2 + m_3 \cdot x_3$$

$$x_3 = \frac{m_4 \cdot x_4 - m_2 \cdot x_2}{m_3} = \frac{3 \frac{\text{kg}}{\text{min}} \cdot 7.648 - 2 \frac{\text{kg}}{\text{min}} \cdot 10.53}{1 \frac{\text{kg}}{\text{min}}} = 1.884 \text{ g/kg}$$

$$h_3 = \frac{m_4 \cdot h_4 - m_2 \cdot h_2}{m_3} = \frac{3 \cdot 43.59 - 2 \cdot 46.27}{1} = 38.23 \text{ kJ/kg}$$

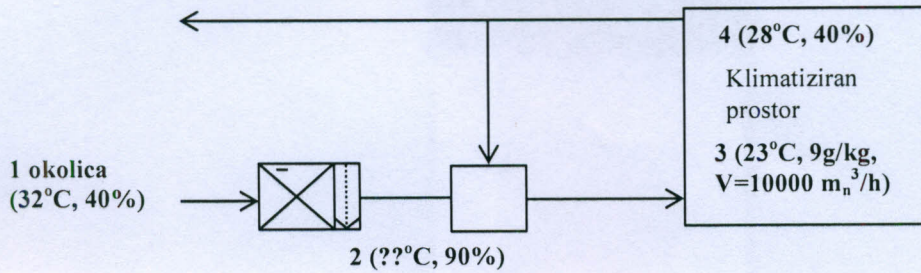
$$t_3 = \frac{38.23 - 1.884 \cdot 2.5}{1.005 + \dots \cdot 0.001926} = 33.23 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$x_5(t_3) = 31.04 + (34.94 - 31.04) \cdot \frac{33.24 - 32}{34 - 32} = 33.46 \text{ g/kg}$$

HVAC 24.06.2013

2. Grafično rešite nalogo za napravo na sliki. V klimatiziranem prostoru je tudi izvor vlage.

Odčitane vrednosti zapisujete na decimalna mesta kot je prikazano v prvi vrstici tabele. Rezultat je pravilen če je vaša vrednost znotraj +/- zapisane tolerance.



	T[°C]	φ[%]	X[g/kg]	h[kJ/kg]
toler	0,2	2,	0,2	0,3
1	32	40	11,8	62,0
2	12	90	7,8	32,0
3	23	51	9,0	46,0
4	28	40	9,4	52,0

Toplotni izvori prostora	<u>21.55</u> [kW]	(5)
Izvor vlage v prostoru	<u>5.172</u> [kg/h]	(5)
Značilnosti hladilne naprave:		
Hladilna moč	<u>33.81</u> [kW]	(10)
Kol. izločene vode:	<u>16.23</u> [kg/h]	(10)
Masni pretok suhega zraka	<u>4057</u> [kg/h]	(10)
Temperatura hladilnih površin	<u>9</u> [°C]	(10)

$$\frac{34}{32} = \frac{\dot{m}_2}{\dot{m}_4} = \frac{16 [\text{mm}]}{35 [\text{mm}]} = 0.4571 \Rightarrow \dot{m}_2 = \dot{m}_4 \cdot 0.4571$$

$$\dot{m}_3 = \dot{m}_4 + \dot{m}_2$$

$$\dot{m}_3 = 8 (0^\circ\text{C}, 1.0136) \cdot \dot{V} = 1.293 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 10000 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot \frac{16}{3600 \Delta} = 0.3592 \text{ kg}/\Delta$$

$$\dot{m}_3 = \dot{m}_4 + 0.4571 \dot{m}_4 = \dot{m}_4 (1.4571) \Rightarrow \dot{m}_4 = \frac{0.3592}{1.4571} = 0.2465 \text{ kg}/\Delta$$

Hladilnik:

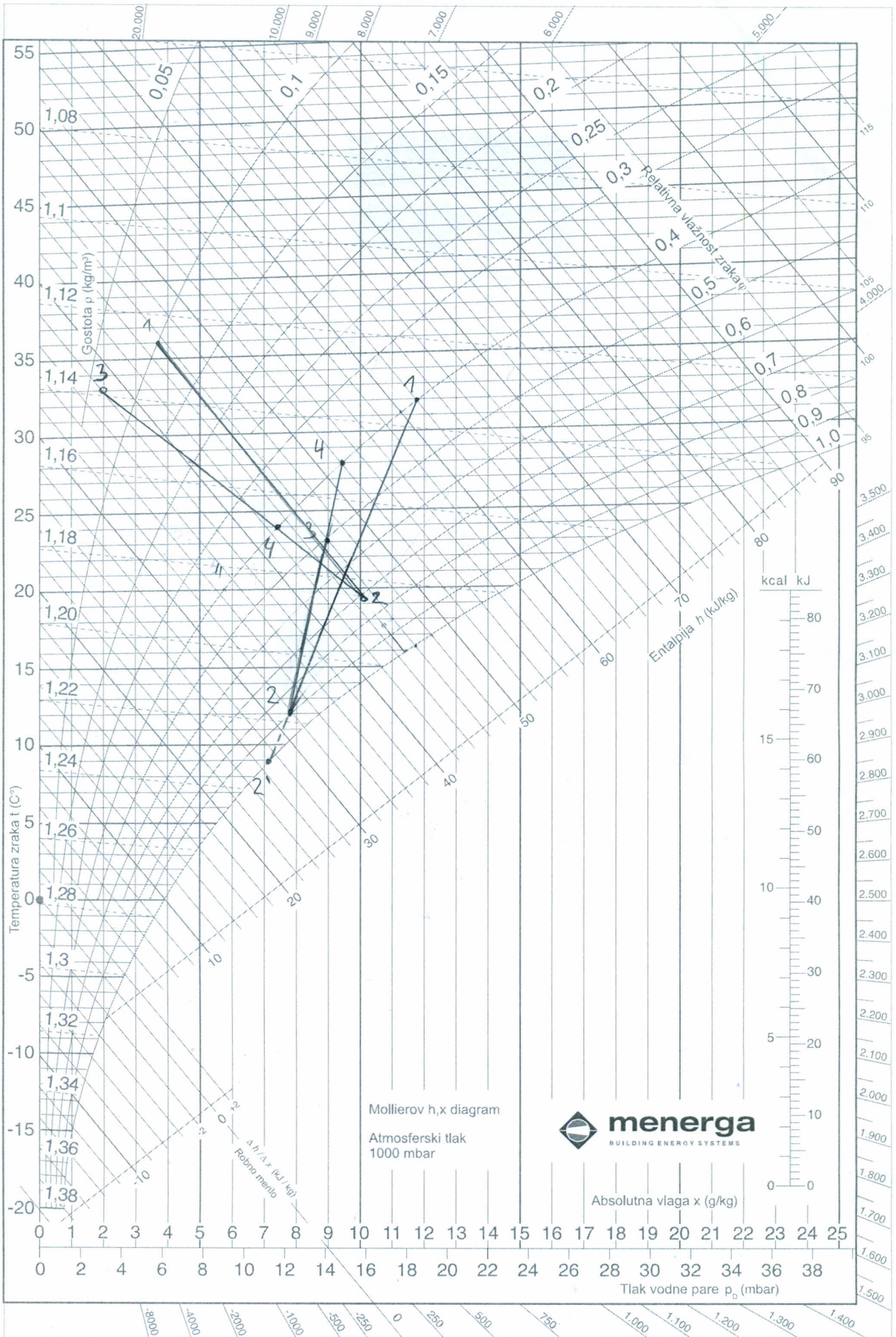
$$Q_{12} = 0.1127 (62.0 - 32.0) = 3.381 \text{ kW} \quad \dot{m}_2 = \dot{m}_3 - \dot{m}_4 = 0.1127 \text{ --''--}$$

$$\dot{m}_{v12} = 0.1127 (11.8 - 7.8) = 0.4508 \frac{\text{kg}}{\Delta} = 16.23 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \quad \dot{m}_2 = 4057 \text{ kg/h}$$

Prostor:

$$Q_{34} = 0.3592 (52.0 - 46.0) = 21.55 \text{ kW} =$$

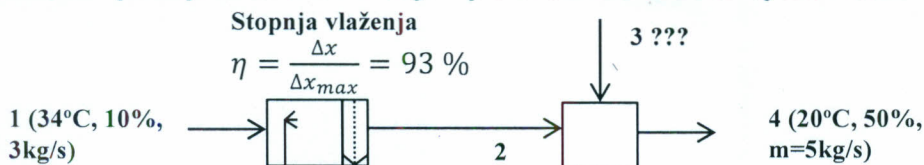
$$\dot{m}_{v34} = \text{--''--} (9.4 - 9.0) = 0.1437 \text{ g}/\Delta$$



50%	50%

Priimek in ime: _____ Vpisna številka: _____
 Ocenjujem pravilnost številskih rezultatov. Za pravilni postopek praviloma ne podeljujem procentov. Prosim, pri računskih nalogah zaokrožite števila na 4 pomembna mesta (npr.: 0.00123456=0.1235e-2 ali 1.235kJ). Natančnost rešitve mora biti +/-1 na 3 pomembnem mestu. **Grafično rešitev** vrišete na priloženi diagram. Čas reševanja 90 min. Pišite kar na ta list. Po potrebi dobite dodaten list.

1. Računsko s pomočjo tabel rešite naslednjo napravo na sliki in rezultate zapišite v tabelo.



	T[°C]	φ[%]	X[g/kg]	h[kJ/kg]	Xs[g/kg]
1	34	10	3.494	43.13	34.94
2	16.54	87.69	10.47	-11-	11.94
3	25.28	13.97	2.895	32.78	20.72
4	20	50	7.440	38.99	14.88

20%
30%

① $h_1 = 1.005 \cdot 34 + 3.494(2.5 + 0.001926 \cdot 34) = 43.13 \text{ kJ/kg}$

⑤ $h_s = h_1$ $\begin{matrix} 14^\circ & 39.58 \\ 16^\circ & 45.20 \end{matrix} - \epsilon = \frac{43.13 - 39.58}{45.20 - 39.58} = 0.6317$

$t_s = 0.6317(16 - 14) + 14 = 15.26^\circ\text{C}$

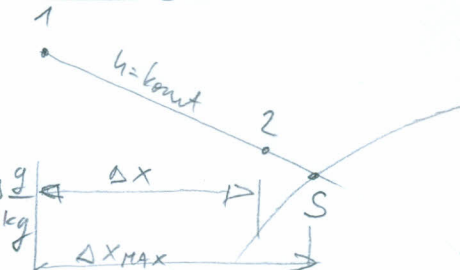
$X_s(15.26) = 10.10 + 0.6317(11.51 - 10.10) = 10.99 \text{ g/kg}$

② $\Delta X = 0.93(10.99 - 3.494) = 6.971 \text{ g/kg}$

$x_2 = x_1 + \Delta X = 10.47 \text{ g/kg}$

$t_2 = \frac{43.13 - 10.47 \times 2.5}{1.005 + 10.47 \times 0.001926} = 16.54^\circ\text{C}$

$X_s(16.54) = 11.51 + \frac{0.54}{2}(13.10 - 11.51) = 11.94 \text{ g/kg}$



④ $h_4 = 1.005 \cdot 20 + 7.44(2.5 + 0.001926 \cdot 20) = 38.99 \text{ kJ/kg}$

③ $x_3 = \frac{m_4 \cdot x_4 - m_2 \cdot x_2}{m_3} = \frac{5 \cdot 7.440 - 3 \cdot 10.47}{2} = 2.895 \text{ g/kg}$

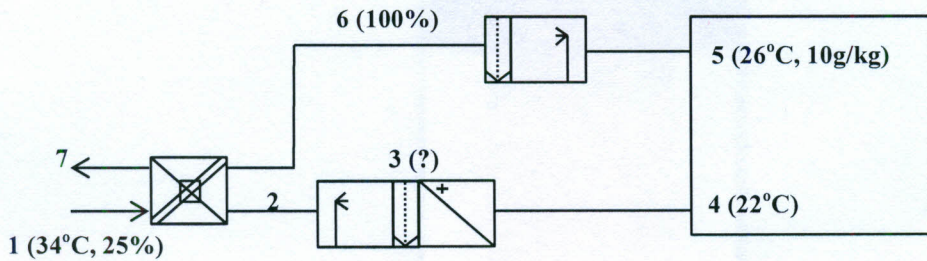
$h_3 = \frac{m_4 \cdot h_4 - m_2 \cdot h_2}{m_3} = \frac{5 \cdot 38.99 - 3 \cdot 43.13}{2} = 32.78 \text{ kJ/kg}$

$t_3 = \frac{32.78 - 2.895 \times 2.5}{1.005 + 2.895 \times 0.001926} = 25.28^\circ\text{C}$

$X_s(25.28) = 13.12 + \frac{1.28}{2}(21.62 - 13.12) = 20.72 \text{ g/kg}$

HVAC izpit, 08.07.2013

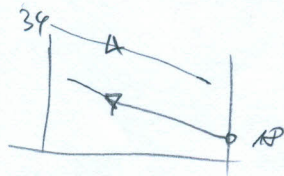
2. **Grafično** rešite nalogo za napravo na sliki. Stopnja učinkovitosti prenosnika toplote je 80%. Masni pretok suhega zraka je 2 kg/s. Odčitane vrednosti zapisujete na decimalna mesta kot je prikazano v prvi vrstici tabele. Rezultat je pravilen če je vaša vrednost znotraj +/-



	T[°C]	φ[%]	X[g/kg]	h[kJ/kg]
toler	0,2	2,	0,2	0,3
1	34	25	8.4	55.5
2	21.2	52	8.4	42.5
3	17.3	82	10	42.5
4	22	60	10	47.5
5	26	47	10	51.5
6	18.0	100	13.0	51.5
7	30.8	48	13.0	64.0

Transmisijske izgube pros.	8	[kW]	(10)
Značilnosti naprave:			
Grelna moč 3-4	10	[kW]	(10)
Kol. vode za vlaženje 2-3	11.52	[kg/h]	(10)
Kol. vode za vlaženje 5-6	21.60	[kg/h]	(10)

nr. toplote



$$\eta = \frac{\Delta T}{\Delta T_{max}} \Rightarrow \Delta T = \eta \cdot \Delta T_{max} = 0.80(34 - 18) = 12.8$$

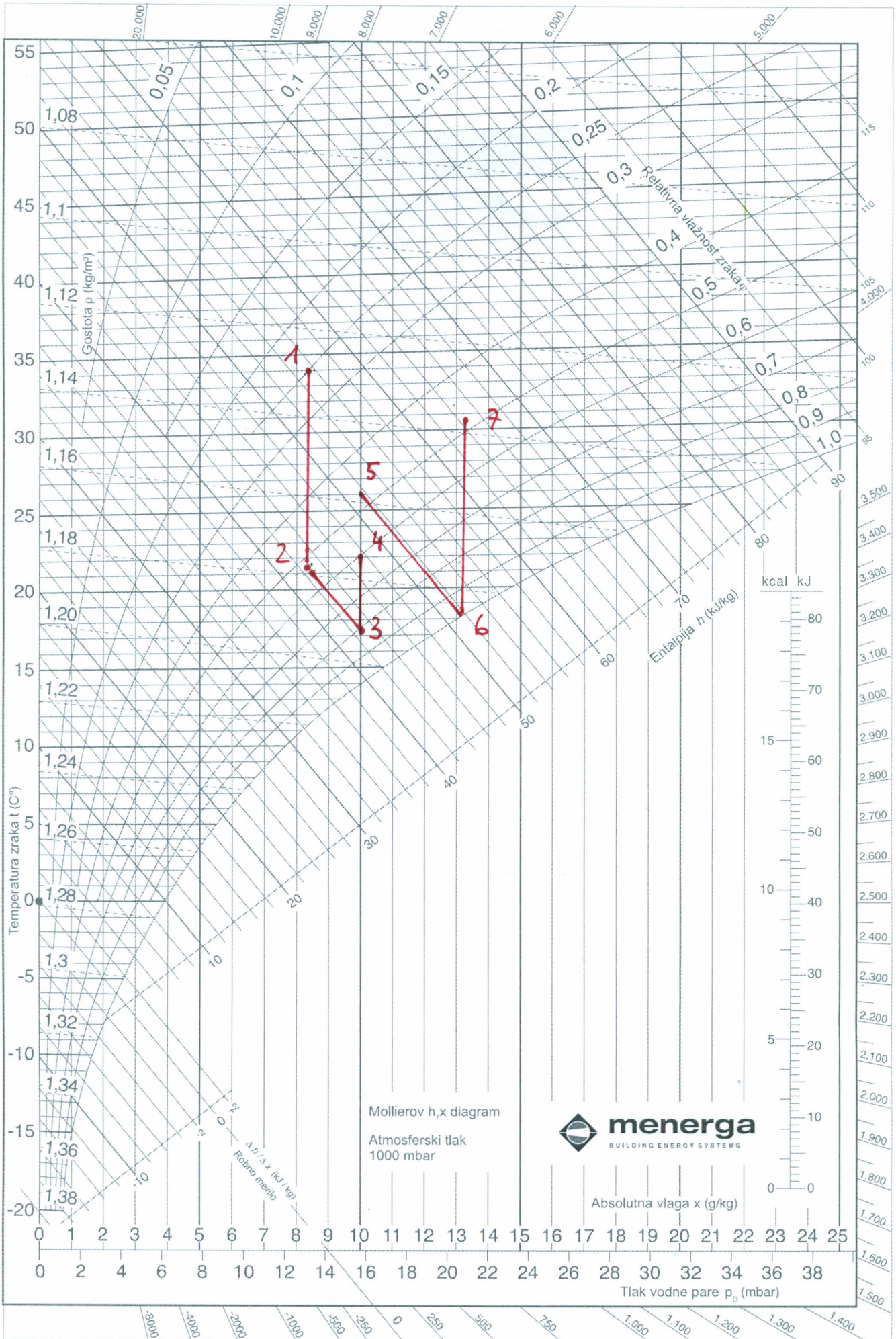
toplotni dobivki pretora

$$\dot{Q} = \dot{m}_{zr} \Delta h = 2 (51.5 - 47.5) = 8 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{34} = \dot{m}_{zr} (h_4 - h_3) = 2 (47.5 - 42.5) = 10 \text{ kW}$$

$$2 \dot{m}_{v3} = \dot{m}_{zr} (x_3 - x_2) = 2 (10 - 8.4) = 3.2 \text{ g/s} = 11.52 \text{ kg/h}$$

$$5 \dot{m}_{v6} = \dot{m}_{zr} (x_6 - x_5) = 2 (13 - 10) = 6 \text{ g/s} = 21.60 \text{ kg/h}$$

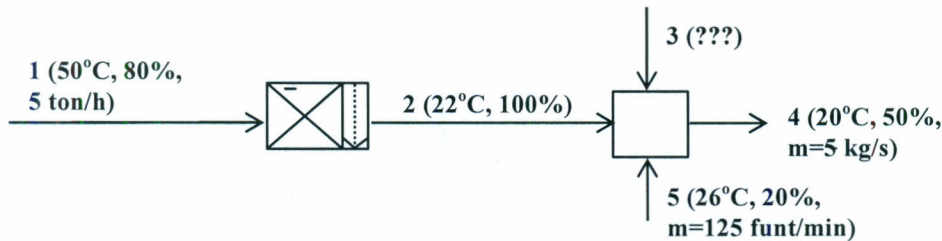


50%	50%

Priimek in ime: _____ Vpisna številka: _____

Ocenjujem pravilnost številskih rezultatov. Za pravilni postopek praviloma ne podeljujem procentov. Prosim, pri računskih nalogah zaokrožite števila na 4 pomembna mesta (npr.: 0.00123456=0.1235e-2 ali 1.235kJ). Natančnost rešitve mora biti +/-1 na 3 pomembnem mestu. Grafično rešitev vrišete na priloženi diagram. Čas reševanja 90 min. Pišite kar na ta list. Po potrebi dobite dodaten list.

1. Računsko s pomočjo tabel rešite naslednjo napravo na sliki in rezultate zapišite v tabelo. Na izstopu iz hladilnika predpostavite 100% relativno vlažnost.



	T[°C]	φ[%]	X[g/kg]	h[kJ/kg]	X _s [g/kg]	Pretok [kg/s]
1	50	80	70.01	232.0	87.52	1.389
2	22	100	16.88	65.01	16.88	-11-
3	16.82	29.81	3.626	26.08	12.16	2.666
4	20	50	7.440	38.99	14.88	5
5	26	20	4.324	37.16	21.62	0.9450

Moč hladilne naprave: 232.0 [kW] Količina izločene vode v hlad. napravi: 265.7 [kg/h]

$$h_1 = 1.005 \cdot 50 + 70.01(2.5 + 0.001926 \cdot 50) = 232.0 \text{ kJ/kg}$$

$$q_2 = \dot{m} \Delta h = 1.389 \text{ kg/s} \cdot (232.0 - 65.01) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 232.0 \text{ kW}$$

$$\dot{m} \Delta x = (70.01 - 16.88) \frac{\text{g}}{\text{kg}} = 53.13 \frac{\text{g}}{\text{kg}} = 265.7 \text{ kg/h}$$

$$125 \frac{\text{funt}}{\text{min}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \cdot \frac{0.4536 \text{ kg}}{\text{funt}} = 0.9450 \text{ kg/s}$$

3. točka

$$\dot{m}_3 = \dot{m}_4 - \dot{m}_5 - \dot{m}_2 = 2.666 \text{ kg/s}$$

$$x_3 = \frac{x_4 \cdot \dot{m}_4 - x_2 \cdot \dot{m}_2 - x_5 \cdot \dot{m}_5}{\dot{m}_3} = \frac{7.440 \cdot 5 - 16.88 \cdot 1.389 - 4.324 \cdot 0.9450}{2.666} = 3.626 \text{ g/kg}$$

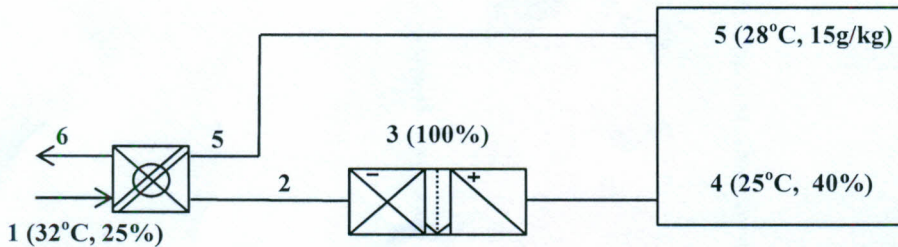
$$h_3 = \frac{h_4 \cdot \dot{m}_4 - h_2 \cdot \dot{m}_2 - h_5 \cdot \dot{m}_5}{\dot{m}_3} = \frac{38.99 \cdot 5 - 65.01 \cdot 1.389 - 37.16 \cdot 0.9450}{2.666} = 26.08 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$t_3 = \frac{26.08 - 3.626 \cdot 2.5}{1.005 + 3.626 \cdot 0.001926} = 16.82 \text{ °C}$$

$$x_s(16.82) = 11.51 + \frac{0.87}{2} (13.10 - 11.51) = 12.16 \text{ g/kg}$$

HVAC izpit, 06.09.2013

2. S pomočjo h-x diagrama rešite nalogo za klimatizacijsko napravo na sliki. Naprava vsebuje regeneratore toplote in vlage. Izkoristek izmenjave čutne toplote je 90%, latentne toplote pa 60%. Masni pretok suhega zraka na vstopu v napravo je 10000 funtov na uro. V prostoru je tudi izvor vlage. Odčitane vrednosti zapisujete na decimalna mesta kot je prikazano v prvi vrstici tabele. Rezultat je pravilen če je vaša vrednost znotraj +/- zapisane tolerance v drugi vrstici tabele.



	T[°C]	φ[%]	X[g/kg]	h[kJ/kg]
toler	0,2	2,	0,2	0,3
1	32	25	7.4	51.0
2	28,4	49	11.96	59.0
3	10.6	100	8.0	31.0
4	25	40	8.0	45.2
5	28	64	15	66.2
6	31.6	37	10.44	58.5

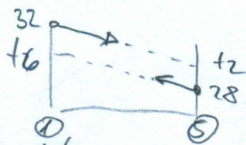
Klimatiziran prostor:	
Izvor toplote	26.46 [kW] (5%)
Izvor vlage	31.75 [kg/h] (5%)
Značilnosti naprave:	
Hladilna moč 2-3	35.28 [kW] (10)
Grelna moč 3-4	17.89 [kW] (10)
Kol. izločene vode 2-3	17.96 [kg/h] (10)

$$\dot{m}_{zr} = 10000 \frac{\text{funt}}{\text{h}} \cdot \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} \cdot \frac{0.4536\text{kg}}{\text{funt}} = 1.260 \text{ kg/s}$$

$$\dot{Q}_{45} = \dot{m}_{zr} \cdot \Delta h = 1.260 \cdot (66.2 - 45.2) = 26.46 \text{ kW}$$

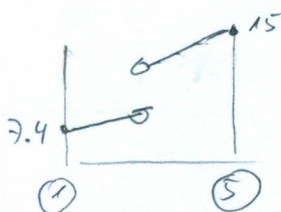
$$\dot{m}_{v45} = \dot{m}_{zr} \cdot \Delta X = \frac{\text{kg}}{\text{s}} (15 - 8) \frac{\text{g}}{\text{kg}} = 8.82 \frac{\text{g}}{\text{s}} = 31.75 \text{ kg/h}$$

- regeneratori



$$\eta_c = \frac{\Delta t}{\Delta t_{max}} \Rightarrow \Delta t = 0.90 \cdot (32 - 28) = 3.6^\circ\text{C} \quad t_2 = 28.4^\circ\text{C}$$

$$t_6 = 31.6^\circ\text{C}$$



$$\eta_L = \frac{\Delta X}{\Delta X_{max}} \quad ; \quad \Delta X = 0.60 \cdot (15 - 7.4) = 4.56 \text{ g/kg}$$

$$X_2 = 7.4 + \Delta X = 11.96 \text{ g/kg}$$

kontrola: $h_1 - h_2 = h_6 - h_5$

$$51.0 - 59.0 = 58.5 - 66.2 \text{ [kJ/kg]}$$

$$2Q_3 = \dot{m} (h_2 - h_3) = 1.260 \cdot (59 - 31) = 35.28 \text{ kW}$$

$$3Q_4 = \dot{m} (h_4 - h_3) = 1.260 \cdot (45.2 - 31) = 17.89 \text{ kW}$$

$$\dot{m}_{v2-3} = 1.260 \cdot (11.96 - 8) = 4.990 \frac{\text{g}}{\text{s}} = 17.96 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

