

Př. č. 1 Úpravy vzduchu

Zadání: Určete stav vzduchu pro smíšení tří objemových proudů vzduchu:

$$V_1 = 2,0 \text{ m}^3\text{s}^{-1}, \quad t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}, \quad \varphi_1 = 60 \%,$$

$$V_2 = 3,0 \text{ m}^3\text{s}^{-1}, \quad t_2 = -12 \text{ }^\circ\text{C}, \quad \varphi_2 = 90 \%,$$

$$V_3 = 4,0 \text{ m}^3\text{s}^{-1}, \quad t_3 = 5 \text{ }^\circ\text{C}, \quad \varphi_3 = 30 \%,$$

a. počtetně pro tlak vzduchu 98 kPa,

b. graficky pro tlak vzduchu 98 kPa

a. Početní řešení

1. Výchozí hodnoty: p_p'' - uvedeny v tab. $R_v = 287,11 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$

2. Měrná hmotnost složek $\rho_i = \frac{1}{R_v \cdot T_i} (p - 0,378 \varphi_i p_{pi})$

$$\rho_1 = \frac{1}{287,11 \cdot 293,15} (98000 - 0,378 \cdot 0,6 \cdot 2337) = 1,158 \text{ kgm}^{-3}$$

$$\rho_2 = 1,306 \text{ kgm}^{-3}, \quad \rho_3 = 1,226 \text{ kgm}^{-3}$$

3. Hmotnostní průtok $M_i = \rho_i \cdot V_i$

$$M_1 = 1,158 \cdot 2,0 = 2,316 \text{ kgs}^{-1}, \quad M_2 = 3,918 \text{ kgs}^{-1}, \quad M_3 = 4,904 \text{ kgs}^{-1}$$

4. Měrná vlhkost vzduchu $x = 0,622 \frac{\varphi_i \cdot p_{pi}}{p - \varphi_i \cdot p_{pi}}$

$$x_1 = 0,622 \frac{0,6 \cdot 2,337}{98 - 0,6 \cdot 2,337} = 0,00903 \text{ kg.kg}^{-1}\text{s.v.}$$

$$x_2 = 0,00124 \text{ kg.kg}^{-1}\text{s.v.}, \quad x_3 = 0,00166 \text{ kg.kg}^{-1}\text{s.v.}$$

5. Entalpie vzduchu $i_i = 1,01 \cdot t_i + (2500 + 1,84 \cdot t_i) \cdot x_i$

$$i_1 = 1,01 \cdot 20 + (2500 + 1,84 \cdot 20) \cdot 0,00903 = 43,107 \text{ kJkg}^{-1}$$

$$i_2 = 1,01 \cdot (-12) + [2500 + 1,84 \cdot (-12)] \cdot 0,00124 = -9,047 \text{ kJkg}^{-1}$$

$$i_3 = 1,01 \cdot 5 + (2500 + 1,84 \cdot 5) \cdot 0,00166 = 9,215 \text{ kJkg}^{-1}$$

6. Teplota směsi t_s

$$t_s = \frac{\sum M_i \cdot t_i}{\sum M_i} = \frac{2,32 \cdot 20 + 3,92 \cdot (-12) + 4,9 \cdot 5}{2,32 + 3,92 + 4,9} = 2,14 \text{ }^\circ\text{C}$$

7. Měrná vlhkost směsi x_s

$$x_s = \frac{\sum M_i \cdot x_i}{\sum M_i} = \frac{2,32 \cdot 0,00903 + 3,92 \cdot 0,00124 + 4,9 \cdot 0,00166}{11,14} = 0,00304 \text{ g.kg}^{-1}\text{s.v.}$$

8. Entalpie směsi i_s

$$i_s = \frac{\sum M_i \cdot i_i}{\sum M_i} = \frac{2,32 \cdot 43,1 - 3,92 \cdot 9,05 + 4,9 \cdot 9,22}{11,14} = 9,838 \text{ kJkg}^{-1}$$

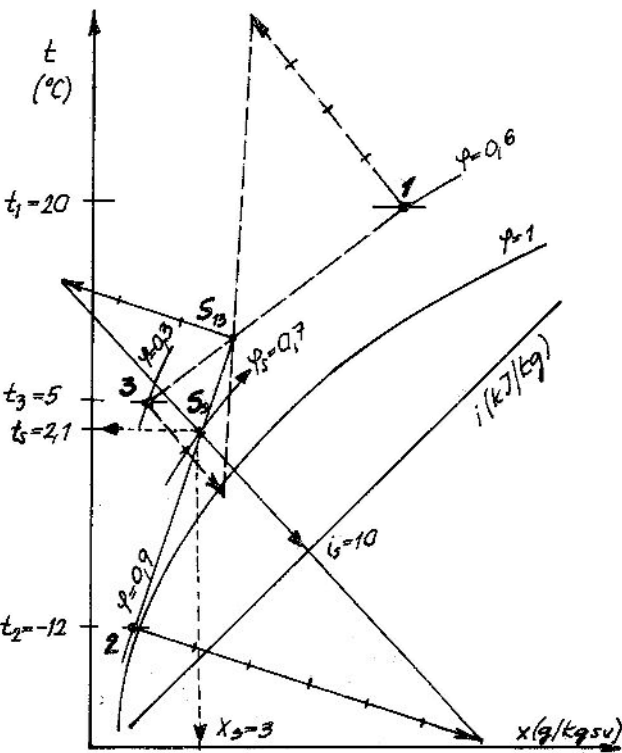
9. Relativní vlhkost směsi φ_s

$$\varphi_s = \frac{p}{p_{ps}} \frac{x_s}{0,622 + x_s} = \frac{98000}{712,6} \frac{0,00304}{0,622 + 0,00304} = 0,6688 \text{ tj. } 66,9 \%$$

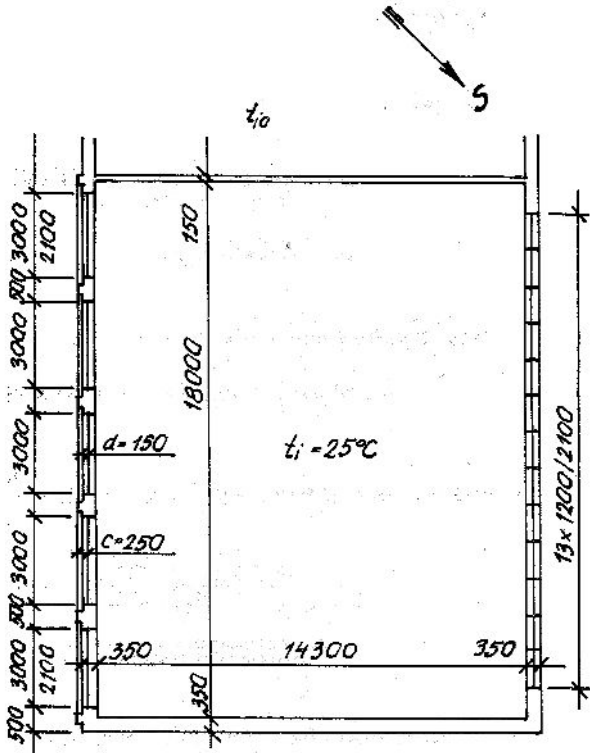
Tab. 50 - Přehled vypočtených hodnot numerického řešení úprav vzduchu

č.	V	t	φ	p''	ρ	M	x	i
	m ³ s ⁻¹	°C	%	kPa	kgm ⁻³	kg s ⁻¹	g kg ⁻¹	kJkg ⁻¹
1	2	20	60	2,337	1,158	2,316	9,03	43,10
2	3	-12	90	0,217	1,306	3,918	1,24	-9,05
3	4	5	30	0,872	1,226	4,904	1,66	9,22
s	9	2,14	66,9	0,713	1,238	11,138	3,04	9,85

b. Grafické řešení pomocí i-x diagramu



Obr. 86 - Grafické řešení př. č. 1



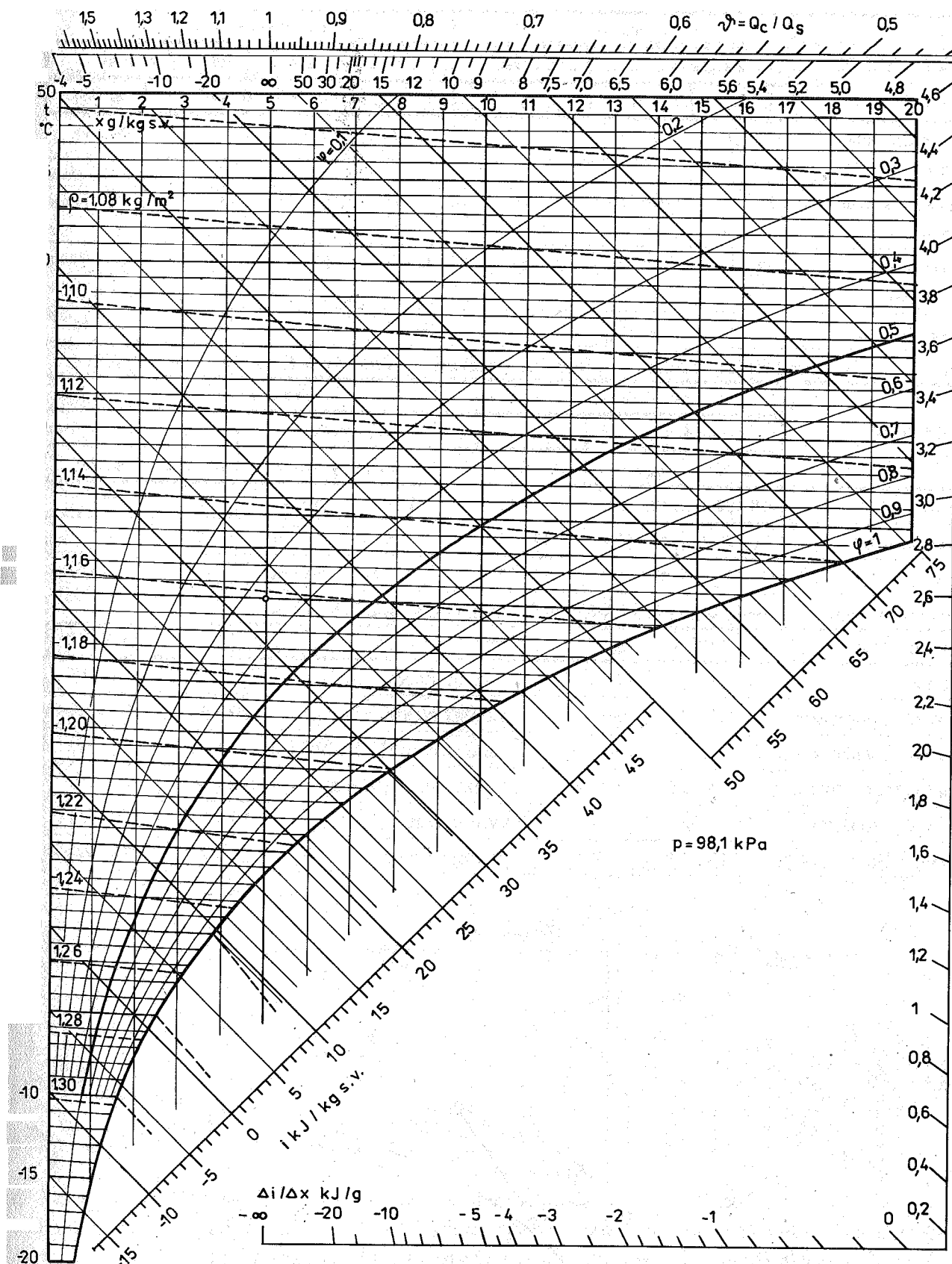
Obr. 87 - Půdorys místnosti př. č. 2

Tab. 3 - Hustota suchého vzduchu

t [°C]	p (kPa)								$\rho_L - \rho''$ [kg/m³]
	95,8	96,5	99,2	97,9	98,6	99,3	100,0	100,7	
-15	1,297	1,306	1,316	1,325	1,335	1,343	1,352	1,371	0,001
-14	1,292	1,301	1,311	1,320	1,330	1,338	1,347	1,366	1
-13	1,287	1,296	1,306	1,315	1,325	1,333	1,342	1,361	1
-12	1,282	1,291	1,301	1,310	1,320	1,328	1,337	1,356	1
-11	1,277	1,286	1,296	1,305	1,315	1,323	1,332	1,351	1
-10	1,272	1,281	1,291	1,300	1,310	1,318	1,327	1,346	0,001
-9	1,267	1,276	1,286	1,295	1,305	1,313	1,322	1,341	1
-8	1,262	1,271	1,282	1,290	1,300	1,308	1,317	1,336	1
-7	1,257	1,267	1,277	1,285	1,295	1,303	1,312	1,331	2
-6	1,252	1,262	1,273	1,280	1,290	1,298	1,307	1,326	2
-5	1,248	1,257	1,268	1,275	1,285	1,293	1,302	1,321	0,002
-4	1,244	1,253	1,263	1,271	1,280	1,288	1,287	1,316	2
-3	1,240	1,249	1,258	1,266	1,275	1,283	1,292	1,311	2
-2	1,235	1,244	1,253	1,261	1,270	1,278	1,287	1,305	3
-1	1,231	1,240	1,248	1,256	1,265	1,273	1,282	1,299	3
0	1,227	1,235	1,244	1,252	1,260	1,269	1,278	1,293	0,003
1	1,222	1,230	1,239	1,247	1,256	1,264	1,273	1,289	0,003
2	1,218	1,226	1,234	1,242	1,251	1,259	1,268	1,284	3
3	1,214	1,222	1,230	1,237	1,247	1,255	1,264	1,280	4
4	1,209	1,217	1,225	1,233	1,242	1,251	1,259	1,276	4
5	1,204	1,212	1,220	1,228	1,237	1,246	1,254	1,271	4
6	1,199	1,208	1,216	1,224	1,232	1,241	1,249	1,266	0,004
7	1,195	1,203	1,211	1,220	1,228	1,236	1,245	1,261	4
8	1,191	1,199	1,207	1,215	1,224	1,232	1,240	1,257	5
9	1,186	1,195	1,203	1,211	1,219	1,227	1,236	1,252	5
10	1,182	1,190	1,199	1,207	1,215	1,223	1,231	1,248	6
11	1,178	1,186	1,194	1,203	1,211	1,219	1,227	1,243	0,006
12	1,174	1,182	1,190	1,198	1,206	1,215	1,223	1,239	7
13	1,170	1,178	1,186	1,194	1,202	1,210	1,218	1,235	7
14	1,166	1,174	1,182	1,190	1,198	1,206	1,214	1,230	8
15	1,162	1,170	1,178	1,186	1,194	1,202	1,210	1,226	8
16	1,158	1,166	1,174	1,182	1,190	1,198	1,206	1,222	0,008
17	1,154	1,162	1,170	1,178	1,186	1,194	1,202	1,218	9
18	1,150	1,158	1,166	1,174	1,182	1,190	1,198	1,213	9
19	1,146	1,154	1,162	1,170	1,178	1,186	1,194	1,209	0,010
20	1,142	1,150	1,158	1,166	1,174	1,182	1,190	1,205	11
21	1,138	1,146	1,154	1,162	1,170	1,178	1,186	1,201	11
22	1,134	1,142	1,150	1,158	1,166	1,174	1,182	1,197	12
23	1,130	1,138	1,146	1,154	1,162	1,170	1,178	1,193	12
24	1,127	1,134	1,142	1,150	1,158	1,166	1,174	1,189	13
25	1,123	1,130	1,138	1,146	1,154	1,162	1,170	1,185	14
26	1,119	1,127	1,134	1,142	1,150	1,158	1,166	1,181	0,015
27	1,115	1,123	1,131	1,138	1,146	1,154	1,162	1,177	16
28	1,111	1,119	1,127	1,134	1,142	1,150	1,158	1,173	16
29	1,108	1,115	1,123	1,131	1,139	1,146	1,154	1,169	17
30	1,104	1,112	1,119	1,127	1,135	1,142	1,150	1,166	18
31	1,100	1,108	1,115	1,123	1,131	1,139	1,146	1,162	0,019
32	1,097	1,104	1,112	1,120	1,127	1,135	1,143	1,158	20
33	1,093	1,101	1,108	1,116	1,124	1,131	1,139	1,154	22
34	1,090	1,097	1,105	1,112	1,120	1,128	1,135	1,150	23
35	1,086	1,094	1,101	1,109	1,116	1,125	1,131	1,147	24

Tab. 4 - Vybrané veličiny vlhkého vzduchu

t	SYTÁ PÁRA		NASYCENÝ VZDUCH PŘI TLAKU					
	P_0	$10^3 \rho_0$	93,2 kPa		98 kPa		100,7 kPa	
	kPa	kg/m ³	x'	i''	x''	i''	x''	i''
			g/kg	kJ/kg	g/kg	kJ/kg	g/kg	kJ/kg
-15	0,1651	1,385	1,10	-12,3	1,05	-12,5	1,01	-12,5
-14	0,1810	1,509	1,21	-11,0	1,15	-11,3	1,11	-11,2
-13	0,1982	1,649	1,32	-9,73	1,26	-10,0	1,22	-10,0
-12	0,2170	1,799	1,45	-8,41	1,38	-8,69	1,34	-8,75
-11	0,2374	1,961	1,59	-7,07	1,51	-7,36	1,46	-7,45
-10	0,2596	2,136	1,74	-5,74	1,65	-6,0	1,60	-6,07
-9	0,2834	2,323	1,89	-4,30	1,80	-4,60	1,75	-4,73
-8	0,3096	2,527	2,07	-2,86	1,97	-3,20	1,91	-3,31
-7	0,3377	2,747	2,26	-1,44	2,15	-1,74	2,08	-1,88
-6	0,3682	2,985	2,47	0,14	2,34	-0,22	2,27	-0,42
-5	0,4012	3,238	2,67	1,70	2,55	1,32	2,47	1,09
-4	0,4369	3,514	2,93	3,30	2,78	2,90	2,69	2,68
-3	0,4756	3,812	3,19	4,95	3,03	4,53	2,94	4,31
-2	0,5173	4,131	3,47	6,66	3,30	6,21	3,19	5,90
-1	0,5624	4,474	3,77	8,42	3,69	7,95	3,47	7,62
0	0,6108	4,827	4,10	10,3	3,90	9,74	3,79	9,42
1	0,6565	5,182	4,42	12,0	4,19	11,1	4,07	11,1
2	0,7054	5,555	4,75	13,9	4,50	13,1	4,37	12,9
3	0,7574	5,945	5,10	15,8	4,84	15,2	4,70	14,7
4	0,8129	6,357	5,48	17,7	5,20	17,1	5,03	16,6
5	0,8718	6,793	5,88	19,7	5,58	19,0	5,40	18,5
6	0,9346	7,256	6,30	21,8	5,98	21,1	5,79	20,5
7	1,001	7,746	6,76	24,0	6,41	23,2	6,21	22,6
8	1,072	8,263	7,24	26,2	6,87	25,4	6,65	24,7
9	1,142	8,815	7,76	28,5	7,36	27,6	7,13	26,9
10	1,227	9,308	8,30	30,9	7,88	29,9	7,63	29,2
11	1,312	10,01	8,89	33,4	8,43	32,4	8,15	31,5
12	1,401	10,66	9,50	36,0	9,02	34,9	8,75	34,1
13	1,497	11,34	10,2	38,2	9,64	37,4	9,35	36,6
14	1,597	12,06	10,8	41,4	10,3	40,1	9,97	39,2
15	1,704	12,82	11,6	44,3	11,0	42,9	10,6	41,8
16	1,817	13,63	12,4	47,3	11,7	45,8	11,4	44,8
17	1,936	14,47	13,2	50,4	12,5	48,9	12,1	47,7
18	2,062	15,36	14,1	53,7	13,4	52,0	12,9	50,7
19	2,196	16,30	15,0	57,0	14,2	55,3	13,8	54,0
20	2,337	18,29	16,0	60,6	15,2	58,3	14,7	57,8
21	2,485	18,33	17,1	64,3	16,2	62,3	15,6	61,1
22	2,642	19,42	18,2	68,1	17,2	66,0	16,6	64,1
23	2,808	20,57	19,3	72,1	18,3	69,8	17,7	67,8
24	2,982	21,77	20,6	76,3	19,5	73,9	18,8	72,0
25	3,167	23,04	21,9	80,7	20,8	78,1	20,0	76,0
26	3,360	24,37	23,3	85,3	22,1	82,5	21,4	80,4
27	3,564	25,76	24,7	90,0	23,5	87,1	22,6	84,6
28	3,778	27,26	26,3	95,1	24,9	91,9	24,0	89,2
29	4,008	28,75	27,9	100,0	26,5	96,9	25,6	94,2
30	4,241	30,36	29,7	106	28,1	102	27,2	99,6
31	4,491	32,05	31,5	112	29,9	108	28,8	105
32	4,753	33,81	33,4	118	31,7	113	30,6	110
33	5,029	35,65	35,5	124	33,6	119	32,5	116
34	5,318	37,38	37,6	130	35,7	126	34,4	122
35	5,622	39,60	39,9	137	37,8	134	36,6	130



Obr. 5 - i - x diagram (Mollierův) upravený pro psychrometrické výpočty

(h - x)