Ing. Miroslav KOTRBATÝ
soukromý podnikatel

Rozmisťování a zapojování sálavých panelů

Radiant Panels Allocation and Connecting Placement and Interconnection of Radiant Panels

Recenzent
doc. Ing. Karel Brož, CSc.

Článek uvádí vhodná pravidla pro dimenzování zavěšených sálavých panelů k vytápění hal (včetně jejich umístění). Pravidla jsou dokumentována na konkrétních příkladech.
***Klíčová slova**: vytápění, sálavý panel, regulovatelný ejektor, tepelný výkon, dimenzování*

The article indicates outlines appropriate specific rules for the dimensioning of suspended radiant heating panels for meeting halls heating (including their placement). The rules are documented based on actual examples.
***Key words:** heating, radiant panel, controllable ejector, heat output, dimensioning*

1. ÚVOD

Všeobecně platné tvrzení, že sálavé vytápění velkoprostorových objektů zavěšenými panely je proti nástěnným teplovzdušným soupravám hospodárnější, může ještě zvýraznit vhodné rozmístění a zapojení sálavé otopné plochy.

Na jednotlivé části objektu působí různorodé vnější i vnitřní vlivy, jako jsou venkovní stěny, okna, infiltrace, světlíky, technologie, provozní režim atp. Jsou tak vytvářeny zóny s různými nároky na dodávku tepelné energie pro vytápění. Z toho pak vyplývá rozdělení otopné soustavy na samostatně regulovatelné sekce.

Podmínky, které ovlivňují rozmísťování a zapojování panelů do sálavých pásů jsou:
a) sálavá otopná plocha slouží i jako rozvodné potrubí,
b) kompenzace vnitřních i vnějších vlivů ve vytápěné zóně.

2. SÁLAVÁ OTOPNÁ PLOCHA SLOUŽÍ I JAKO ROZVODNÉ POTRUBÍ

Jedním z prvků, které ovlivňují hospodárnost návrhu – v daném případě pořizovacích nákladů – je **omezení délky rozvodného potrubí** pro připojení jednotlivých sálavých pásů. Doporučuje se proto volit v každé samostatně regulovatelné zóně **sudý počet pásů** (obr. 1 až 5). Tímto řešením se prakticky veškeré rozvodné potrubí soustředí pouze u obou čel haly. Sálavé panely se stávají součástí rozvodů. Při volbě počtu pásů je vhodné vycházet z **maximální rozteče zavěšení** ($l \leq h$) přičemž k vzdálenosti l lze přičíst šířku panelu (obr. 6).

Výsledkem splnění tohoto požadavku je menší počet širších pásů. Pořizovací náklady jsou nižší než při větším počtu pásů užších s menší roztečí zavěšení.

Dalším velice pozitivním prvkem je **soustředění veškerých obslužných armatur do jednoho místa při podlaze objektu** $\Rightarrow$ minimální nároky na obsluhu a údržbu. Regulační ejektorový blok (obr. 7) obsahuje pouze čtyři uzavírací, jednu ruční regulační armaturu, filtr a ejektor. Pod střešním pláštěm tudíž není ani jedna armatura – pouze sálavé panely bez praktické možnosti poruch.

K odstranění armatur pod střechou přispívá zavěšování panelů do vodorovné polohy a napojení přívodního potrubí do prvého sálavého pásu zespodu. Zpětné potrubí ze soustavy je vedeno vzhůru a před klesáním k ovládacímu ejektorovému bloku se instaluje pouze jedno odvzdušnění celé soustavy (obr. 6). Používá se nádobka a svod s armaturou nad podlahou. Nedoporučují se automatické odvzdušňovače pro možnost poruch ve výškách a následného požadavku na údržbu.

Přívod elektřiny je pouze k pohonu ejektoru a regulátoru. Jinak není další elektrické zařízení s možností poruch a nároku na potřebu elektrické energie.

3. KOMPENZACE VNĚJŠÍCH I VNITŘNÍCH VLIVŮ VE VYTÁPĚNÉ ZÓNĚ

Pouhé rozdělení sálavé otopné soustavy na zóny, které vzniknou působením vnějších i vnitřních vlivů (př.:jedna zóna = vnější výrobní loď se stejnou technologií, druhá zóna = vnitřní loď atd.), a následně pak **rovnoměrné osazení sálavé otopné plochy** v těchto zónách je jak z hlediska rovnoměrnosti vytápění, tak z hlediska hospodárnosti provozu **problematické**.Významnou roli pro hospodárný návrh hraje jak **pořadí** v napojení jednotlivých sálavých pásů za sebou, tak také **provozní teploty teplonosné látky**.

3.1 Velký teplotní rozdíl teplonosné látky – 135/130/70 °C.

3.11 Krajní výrobní loď

Při větších teplotních rozdílech $\Delta t = 40 \div 60$ K je možné z hydraulického hlediska vytvářet otopnou plochu pro poměrně dlouhé haly jako jedno otopné těleso (obr. 1). Jeho celková délka je L = 4 x 54 m = 216 m.

Navržené řešení je příkladem nevhodného zapojení sálavých pásů pro vytápění **krajní lodě** haly. Osazení otopnou plochou vychází z tepelné ztráty celé zóny. Díky zvolenému pořadí zapojení sálavých pásů je dodávaná tepelná energie rovnoměrně na celou plochu. V příčném i podélném řezu je střední teplota teplonosné látky stejná v obou polovinách lodě t_m = 100 °C.

Tepelná ztráta podélné poloviny haly s vnější stěnou včetně infiltrace Q_1 = 73 600 W.
Tepelná ztráta vnitřní podélné poloviny haly Q_2 = 44 400 W.

Celkem **Q_c = 118 000 W.**

Osazení sálavými panely
Q_i pro 4 panely x 54 000/600 – K2,
šířka panelů B = 600 mm.

Výkon panelů se určí podle následujícího vztahu

$$q_0 = 1{,}1 \times C \times \Delta t^n \ (\text{W/m}) \quad (1)$$
$$\Delta t = (t_m - t_g) \ (\text{K}) \quad (2)$$

t_m (°C) – střední teplota teplonosné látky (vody),
t_g {°C} – výsledná teplota ve vytápěném prostoru,
C – experimentálně určený součinitel.

Výpočtový vztah a příslušné hodnoty byly stanoveny zkušebnou HKL Stuttgart – viz tab. 1.

$q_{600} = 1{,}1 \times 2{,}67 \times (100–18)^{1{,}19} = 555$ W/m.

Dodaný výkon do jedné podélné poloviny haly
$Q_{1/2}$ = 2x 54 m x 555 W/m = 59 940 W.

Celá hala $\boldsymbol{Q_c}$ = 2x 59 940 W = **119 880 W.**

Rozdíl mezi vypočítanou hodnotou tepelných ztrát celé krajní lodě a dodávaným celkovým výkonem je nepatrný – lze akceptovat.

Požadavky na dodávku tepla do jednotlivých podélných částí jsou však zcela odlišné.

Při porovnání konkrétních hodnot lze dojít k závěru:
buď nedostatečné vytápění vnější podélné části lodě, nebo přetápění vnitřní podélné části lodě. Která z daných variant přichází v reálném provozu v úvahu, závisí na umístění čidla snímajícího vnitřní referenční teplotu (obr. 1). K přetápění vnitřní části dojde při umístění čidla na vnější stěně haly (R1), k nedotápění vnější části pak při umístění čidla ve vnitřní části (R2).

Rovnoměrnost vytápění po celé ploše krajní lodi lze dosáhnout využitím velkého teplotního rozdílu otopného media (130/70 °C) a vhodným zapojením sálavých pásů. Na obr. 2 je ukázáno zapojení pásů za sebou od vnější stěny ke středu objektu. Tímto způsobem se využije vyšší teploty otopné vody v panelech situovaných ve vnější polovině podélné části haly. Otopné těleso zde dodává větší výkon než v části vnitřní s nižší teplotou media.

Prvé dva pásy mají po celé délce objektu průměrnou střední teplotu = 115 °C

Ve vnitřní podélné polovině je střední teplota t_m^2= 85 °C.

Výkony panelů pro jednotlivé části se určí podle shora uvedeného vztahu (1): (q_0 = 1,1 x C x Δt^n)

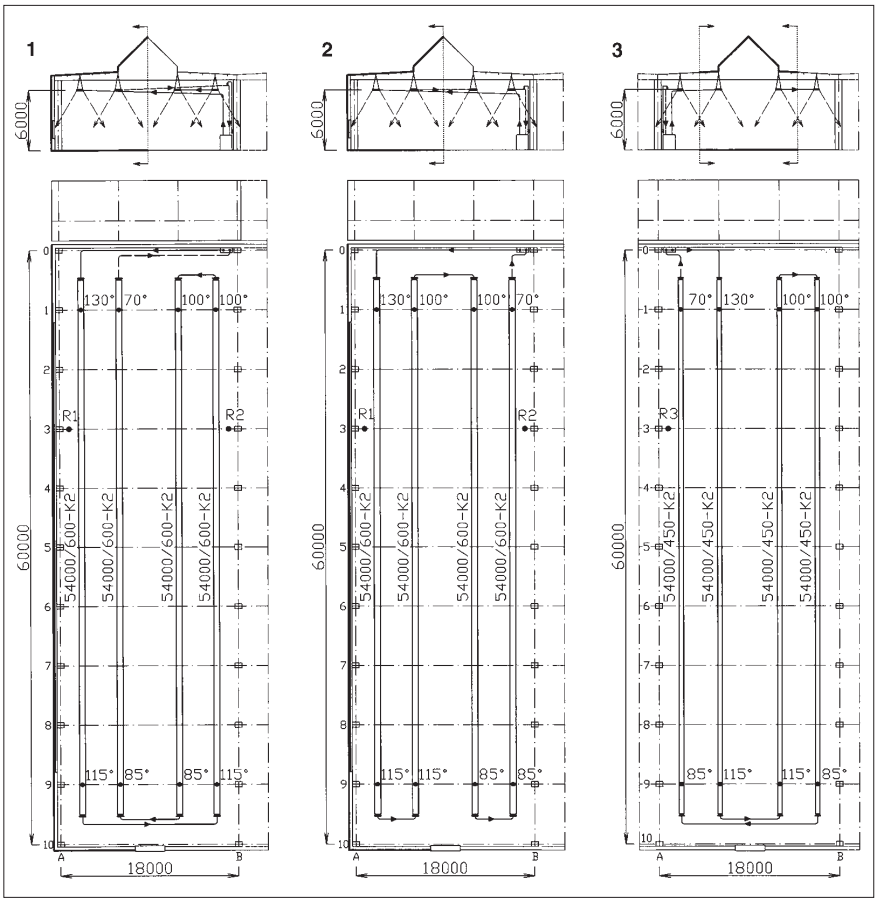
Výkony panelů B = 600 mm
$q_{600\text{-}1}$ = 1,1 x 2,67 x (115–18)^{1,19} = 679 W/m $Q_{i\text{-}1}$ = 2x 54 m x 679 W/m = **73 332 W.**
$q_{600\text{-}2}$ = 1,1 x 2,67 x (85–18)^{1,19} = 437 W/m $Q_{i\text{-}2}$ = 2x 54 m x 437 W/m = **47 196 W.**

Tab. 1 Hodnoty pro výpočet výkonu panelů

B [mm]	C [-]	***n*** **[-]**
300	1,52	1,18
450	2,17	1,18
600	2,67	1,19
750	3,24	1,19
900	3,79	1,19
1050	4,32	1,19
1200	4,85	1,19

Jak je z porovnání s tepelnými ztrátami obou podélných polovin krajní haly zřejmé, jsou hodnoty téměř srovnatelné, tudíž může být dosaženo rovnoměrného vytápění po celé ploše v optimálním provozním režimu.Čidlo snímající vnitřní výslednou teplotu může být umístěno jak na vnější stěnu, tak do vnitřní části (sloup). Je tudíž tento princip zapojení vyhovující.

Kontrola rychlosti proudění
Důležitým krokem je kontrola rychlosti proudění teplonosné látky v trubkách panelů. Při jejich vodorovném zavěšování je zapotřebí dodržet minimální rychlost w_{min} = 0,15 m/s.



Obr. 1 Nevhodné zapojení sálavých pásů v krajní lodi při velkém teplotním rozdílu otopné vody (130/70 °C)
Krajní loď

Obr. 2 Správné zapojení sálavých pásů v krajní lodi při velkém teplotním rozdílu otopné vody (130/70 °C)
Krajní loď

Obr. 3 Správné zapojení sálavých pásů ve vnitřní lodi při velkém teplotním rozdílu otopné vody (130/70 °C)
Vnitřní loď

Vzduchové bublinky jsou unášeny ve směru toku teplonosné látky. Potom je možné odvzdušňovat jedním zařízením až na konci sekce, přímo v blízkosti ejektorového bloku. Doporučuje se používat odvzdušňovací nádobku se svodem nad podlahu a zde pak instalovat vypouštěcí armaturu. Automatické odvzdušňovače nejsou vhodné s ohledem na možnost poruch ve výškách ⇒ náročnost pro obsluhu a údržbu.

Průtok vody $M = \frac{Q \times 0{,}86}{\Delta t} = \frac{119880 \times 0{,}86}{130 - 70}$ = 1718,28 kg/h

Panely šířky 600 mm mají 4 moduly = 4 trubky.

Průtok jednou trubkou M_1 = 1718,4 : 4 = 429,57 kg/h
Z tab. 2 pro trubku 28/1,5 a uvedené množství vyplývá rychlost w = 0,23 m/s.
Vyhovuje.

3.12 Vnitřní výrobní loď
Zcela odlišné řešení si vyžaduje vnitřní výrobní loď. V tomto případě má největší vliv plocha světlíku. Proto je nutné při návrhu rozmístění a zapojování sálavých pásů věnovat pozornost také jejich vlivu (obr. 3).

Tepelná ztráta „zóny“ (vnitřní část střechy, světlík, podlaha) je Q = 91 600 W.

Osazení sálavými panely o požadovaném výkonu:

$q_0 = \frac{91600\,\text{W}}{4 \times 54}$ = 424 W/m, při $\Delta t = \frac{130 + 70}{2} - 18 = 82$ K

q_{450}= 1,1 x 2,17 x 82^{1,19} = 452 W,
Q_1 = 4 x 54 x 452 = 97 632 W.

Tab. 2 Hodnoty pro výpočet hydraulických poměrů v trubkách sálavých panelů

28 / 2,6									ε = 0,045 mm	28 / 1,5								
80 °C			100 °C			125 °C			tm	80 °C			100 °C			125 °C		
R	Z	w	R	Z	w	R	Z	w	M	R	Z	w	R	Z	w	R	Z	w
[Pa/m]	[Pa]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	[m/s]	[kg/h]	[Pa/m]	[Pa]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	[m/s]
23	11	0.15	23	16	0.18	17	17	0.19	**260**	15	11	0.15	14	11	0.15	14	12	0.16
27	13	0.16	26	19	0.20	20	19	0.20	**280**	17	13	0.16	16	13	0.17	16	13	0.17
30	15	0.17	29	22	0.21	23	22	0.22	**300**	19	15	0.17	19	15	0.18	18	15	0.18
34	17	0.19	33	25	0.23	26	25	0.23	**320**	22	17	0.19	21	17	0.19	21	17	0.19
38	19	0.20	37	28	0.24	29	28	0.25	**340**	24	19	0.20	23	19	0.20	23	20	0.20
42	21	0.21	41	31	0.26	33	32	0.26	**360**	27	21	0.21	26	22	0.21	25	22	0.22
46	24	0.22	45	35	0.27	37	36	0.28	**380**	29	24	0.22	29	24	0.22	28	25	0.23
51	26	0.23	50	39	0.28	41	39	0.29	**400**	32	26	0.23	31	27	0.24	31	27	0.24
56	29	0.24	54	43	0.30	45	43	0.30	**420**	35	29	0.24	34	29	0.25	34	30	0.25
61	32	0.26	59	47	0.31	49	48	0.32	**440**	38	32	0.26	37	32	0.26	37	33	0.27
66	35	0.27	64	51	0.33	54	52	0.33	**460**	42	35	0.27	41	35	0.27	40	36	0.28
71	38	0.28	70	56	0.34	59	57	0.35	**480**	45	38	0.28	44	38	0.28	43	39	0.29
77	41	0.29	75	60	0.35	64	62	0.36	**500**	49	41	0.29	47	42	0.30	47	43	0.30
85	46	0.31	84	68	0.38	72	69	0.38	**530**	54	46	0.31	53	47	0.31	52	48	0.32
94	52	0.33	93	76	0.40	80	77	0.41	**560**	60	52	0.33	58	52	0.33	58	53	0.34
107	59	0.35	106	87	0.43	92	89	0.43	**600**	68	59	0.35	67	60	0.35	66	61	0.36
118	65	0.37	116	96	0.45	101	98	0.46	**630**	74	65	0.37	73	66	0.37	72	68	0.38
132	74	0.39	130	108	0.48	114	111	0.49	**670**	83	74	0.39	82	75	0.40	81	77	0.40
147	83	0.41	145	122	0.50	129	124	0.51	**710**	93	83	0.41	91	84	0.42	91	86	0.43
163	93	0.44	161	136	0.53	143	139	0.54	**750**	103	93	0.44	101	93	0.44	100	96	0.45
184	105	0.47	182	155	0.57	163	158	0.58	**800**	116	105	0.47	114	107	0.47	114	109	0.48
206	119	0.49	204	174	0.60	184	178	0.62	**850**	130	119	0.49	128	121	0.50	127	123	0.51
229	133	0.52	227	196	0.64	207	200	0.65	**900**	144	133	0.52	142	135	0.53	142	138	0.54
254	149	0.55	252	218	0.67	230	222	0.69	**950**	160	149	0.55	158	151	0.56	158	154	0.57
280	165	0.58	278	241	0.71	255	246	0.72	**1000**	176	165	0.58	174	167	0.59	174	170	0.60
307	182	0.61	305	266	0.75	281	272	0.76	**1050**	193	182	0.61	191	184	0.62	191	188	0.63
336	199	0.64	333	292	0.78	309	298	0.80	**1100**	211	199	0.64	209	202	0.65	209	206	0.66
365	218	0.67	363	319	0.82	337	326	0.83	**1150**	229	218	0.67	227	221	0.68	227	225	0.69
396	237	0.70	394	348	0.85	367	355	0.87	**1200**	248	237	0.70	246	241	0.71	247	245	0.72
428	257	0.73	426	377	0.89	398	385	0.91	**1250**	268	257	0.73	266	261	0.74	267	266	0.75
462	278	0.76	459	408	0.92	431	416	0.94	**1300**	289	278	0.76	287	282	0.77	288	288	0.78
532	323	0.82	530	473	0.99	500	483	1,01	**1400**	333	323	0.82	331	327	0.83	332	334	0.84
607	371	0.87	606	543	1,06	574	554	1,09	**1500**	380	371	0.87	378	376	0.89	380	384	0.90
687	422	0.93	686	618	1,14	653	631	1,16	**1600**	430	422	0.93	430	422	0.93	430	436	0.96

Použitím panelů šířky š = 450 mm se instaluje výkon o 6,5 % vyšší, než vypočtené tepelné ztráty – není na závadu – odpovídající okamžitou provozní dodávku tepla zajistí regulace. Při návrhu zapojení je však zapotřebí respektovat vnější podmínky. Chladné plochy světlíku vyvolávají potřebu větší dodávky tepla do střední části výrobní lodi. Potom schéma zapojení uvedené na obr. 3 vyhovuje pro krytí zvýšené potřeby.

Poměr dodávky tepla do středu výrobní lodě a okrajových částí činí

Q_1 = 2x 54 m x 552 W/m = 59 616 W $q_1 = 1{,}1 \times 2{,}17 \times 97^{1{,}19} = 552$ W/m,
Q_2 = 2x 54 m x 355 W/m = 38 340 W $q_2 = 1{,}1 \times 2{,}17 \times 67^{1{,}19} = 355$ W/m.
Celkem 97 956 W

Hydraulicky rovněž vyhovuje, neboť zapojení pásu za sebou (4 x 54 m) a teploty vody (130/70 °C) jsou přibližně stejné jako předchozím příkladu: délka pásů i průtok vody jednou trubkou.

$$M_1 = \frac{97956 \times 0{,}86}{130 - 70} = 1404 \text{ kg/h} : 3 = 468 \text{ kg/h}$$

Z tab. 2: w_0= 0,27 m/s vyhovuje

3.20 Malý teplotní rozdíl otopné vody 90/70 °C

3.21 Krajní výrobní loď

Druhý extrémní příklad je na obr. 4 – krajní výrobní loď.

Celková tepelná ztráta krajní lodi Q_c^z = 118 000 W
Polovina haly – vnější část Q_1^z = 73 600 W
Polovina haly – vnitřní část Q_2^z = 44 400 W
Délka pásů 4 x 54 m, L= 216 m
Požadovaný jmenovitý výkon q_o = 546 W/m

Teplotní rozdíl $$\Delta t = \frac{90 + 70}{2} - 18 = 62 \text{ K}$$

sálavý panel B = 900 mm při Δt = 62 K $q_{900} = 1{,}1 \times 3{,}79 \times 62^{1{,}19} = 556$ W/m
Q= 4 x 54x 556 = 120 096 W.

Zapojení za sebou – kontrola rovnoměrnosti dodávky tepla
Použije se stejný princip zapojení vyhovující teplotnímu rozdílu 130/70 °C (obr. 2).

Okrajová část haly – panely šířky B = 900 mm
q_o = 1,1 x 3,79 x (85–18)^{1,19} = 621 W/m q_o
Q_1^p= 2x 54 m x 621 W/m = 67 068 W

Vnitřní část haly – panely šířky B = 900 mm

q_2 = 1,1 x 3,79 x (75–18)^{1,19} = 521 W/m
Q_2^p= 2x 54 m x 512 W/m = 55 296 W

Z porovnání tepelných ztrát a dodávaného tepla sálavými panely vyplývá,

že v okrajové části je deficit dodávky ve výši 9 % $x = \frac{67\,068\ W}{73\,600\ W} = 0{,}91.$

Ve vnitřní části pak dochází k přebytku ve výši 25 % $x = \frac{55\,296\ W}{44\,400\ W} = 1{,}245.$

Nevyhovuje.

Je tedy třeba hledat jinou cestu – využít malého teplotního rozdílu a přehodnotit šířky panelů v jednotlivých částech zóny (obr. 4).

Okrajová část haly B = 1050 mm
q_1^p= 1,1 x 4,32 x (80–18)^{1,19} = 645,4 W/m
Q_1^p= 645,4 W x 2x 54 m = 69 660 W

$x = \frac{69\,660 W}{73\,600 W} = 0{,}946 \Rightarrow$ –5,4 % deficit.

Vnitřní část haly B = 750 mm
q_2^p= 499 W x 2x 54 m = 53 892 W
Q_2^px = $\Rightarrow$ + 21 % přebytek.

$x = \frac{53892 W}{44\,400 W} = 1{,}21 \Rightarrow +21\%$ přebytek

Celkem 69 660 W + 53 892 W =123 552 W.
Tepelná ztráta 73 600 W + 44 400 W = 118 000 W.

Uvedený výsledek ve vnitřní části **nevyhovuje**
– zvolit užší pásy – B = 600 mm .

q_2^p =1,1 x 2,67 x (80–18)^{1,19} = 399 W/m
Q = 2x 54 m x 399 W/m = 43 092 W

$x = \frac{43\,092 W}{44\,400 W} = 0{,}97 \Rightarrow$ – 3 % vyhovuje.

Celkový osazený výkon v sálavých panelech
Q_{celk} = 69 660 W + 43 090 W = 112 752 W.

Proti výpočtové hodnotě (118 000 W) celkový menší výkon o 5250 W, tj. o 4.5 % – vyhovuje.

Regulátor s optimalizačním programem a ejektor zvládnou tento mírný deficit – akumulace ve stavebních konstrukcích.

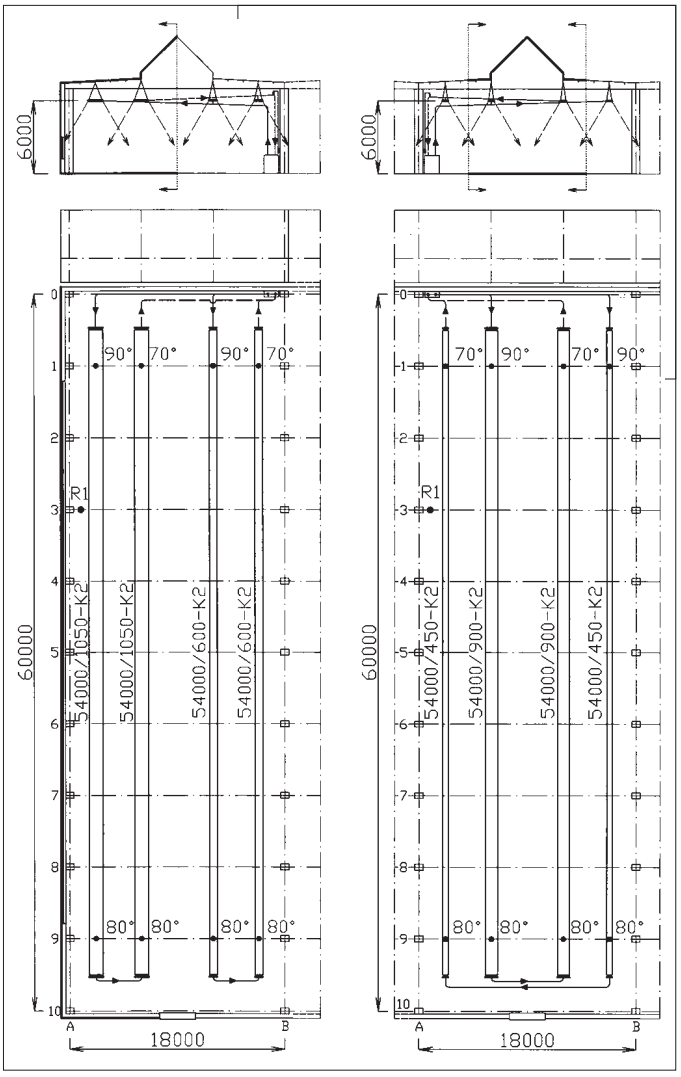
Kontrola rychlosti proudění

$M = \frac{69\,660 \times 0{,}86}{20}$ = 2995 kg/h – 7 modulů $\Rightarrow M_1 = \frac{2995}{7}$ = 427 kg/h,

w_0 = 0,25 m/s; rychlost vyhovuje.

Totéž platí i pro pásy B = 600 mm.

3.22 Vnitřní výrobní loď
Tepelná ztráta vnitřní lodi činí Q = 91 600 W.



Obr. 4 Správné zapojení sálavých pásů v krajní lodi při malém teplotním rozdílu otopné vody (90/70 °C)
Krajní loď

Obr. 5 Správné zapojení sálavých pásů ve vnitřní lodi při malém teplotním rozdílu otopné vody (90/70 °C)
Vnitřní loď

Stejně tak jako při řešení s větším teplotním rozdílem teplonosné látky rozdělí se dodávka tepelné energie ve stejném poměru pro vnitřní část výrobní lodi a části okrajové. Přibližný poměr je 55 000 W : 35 000 W. – viz příklad z odstavce 3.12.

Pro vnitřní část s ochlazovaným světlíkem se volí panely šířky B = 900 mm, pro okrajové části pak B = 450 mm.

Tepelná bilance
q_{900}= 1,1 x 3,79 x (80–18)^{1,19} = 566 W/m $\Rightarrow$ Q_{900}= 566 W/m x 2x 54 m = 61128 W,
q_{450}= 1,1 x 2,17 x (80–18)^{1,18} = 310 W/m $\Rightarrow$ Q_{450}= 310 W/m x 2x 54 m = 33480 W.

Tento výkonový rozdíl se dá akceptovat. Důležité je zapojení jednotlivých dvojic sálavých pásů za sebou (obr. 5). V každé podélné polovině haly je vždy jeden pás přívodní – s vyšší teplotou vody a jeden pás zpětný s nižší teplotou vody.

Kontrola rychlosti proudění

$M_1 = \frac{61\,128 \times 0{,}86}{20}$: 6 = 438 kg/h 6 modulů v jednom panelu

w_0 = 0,26 m/s **vyhovuje.**

$M_2 = \frac{33\,480 \times 0{,}86}{20} : 3 = 480$ kg/h 3 moduly v jednom panelu

w_0 = 0,28 m/s **vyhovuje.**

4. KOMPLEXNÍ ŘEŠENÍ – PŘÍKLADY

Jak bylo ukázáno v detailním řešení jednotlivých zón vytápěných zavěšenými sálavými panely **– částí objektů s rozdílnými vnějšími i vnitřními vlivy –** vyžaduje každá zóna odlišné technické řešení.Svůj podstatný podíl mají i teplotní rozdíly teplonosné látky.

Odlišné rozmístění a zapojení sálavých pásů v jednotlivých zónách vyplývá také z principu dodávky tepla do oblasti pobytu člověka. Sáláním musí být do daného vymezeného prostoru dodáno takové množství tepelné energie, která pokryje tepelné ztráty, infiltraci a zachytí vnitřní vlivy tohoto prostoru.Ohraničení nemusí být provedeno pevnou překážkou (stěna).

Rozdíly v řešení ukáží nejlépe příklady.

Jako vzor byla zvolena trojlodní hala o rozměrech {(3 x 18 m) x 60 x 6 m}.

Varianty:
otopná voda 135/130/70 °C,
otopná voda 95/90/70 °C.

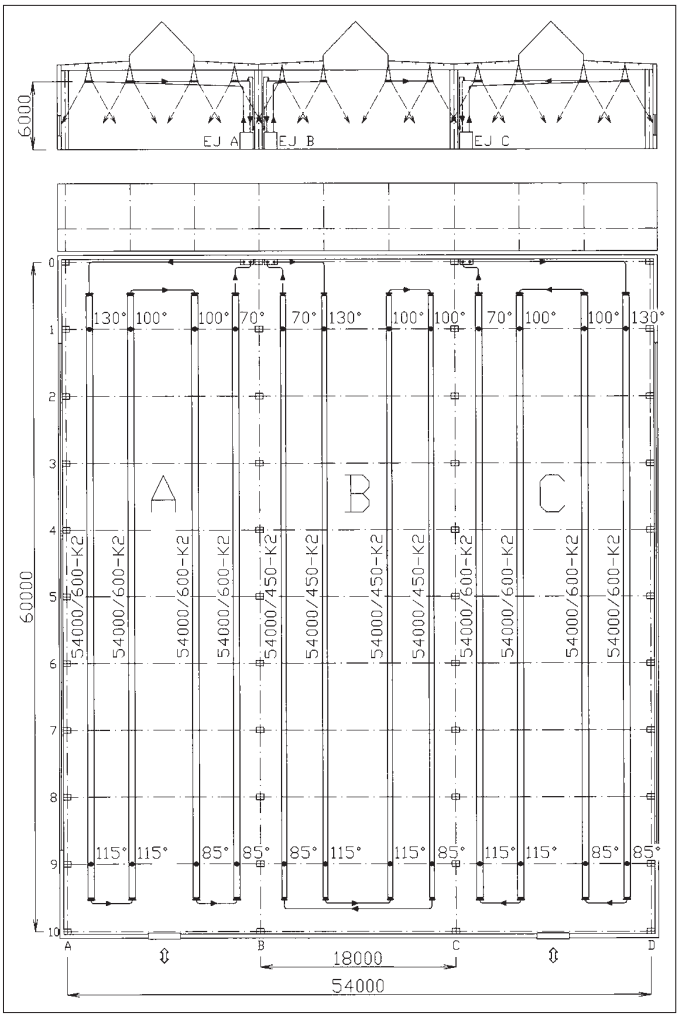
V teplotních rozdílech je první hodnota (135 resp. 95 °C) teplota přívodní vody před ejektorem, druhá hodnota (130 resp. 90 °C) teplota přívodu do otopné soustavy za ejektorem.

Třetí hodnota (70 °C) teplota zpětné vody.

4.1 Otopná voda s velkým teplotním rozdílem (135/130/70 °C)

Vytápěný trojlodní objekt (obr. 8) byl rozdělen na tři zóny A, B, C. Obě krajní zóny (A, C) ovlivňují kromě tepelných ztrát střechou, světlíky a podlahou též tepelné ztráty obvodového pláště, oken a vrat. Pozor! Předpokládá se ojedinělé otevírání vrat. V případě větší četnosti musí se v místech čel osadit dodatkové panely, případně doplnit vratovou clonou. Detailním rozborem v odstavci 3.11 bylo stanoveno osazení čtyřmi sálavými pásy: 4x 54 000/600 – K2 zapojenými za sebou: A1, A2, A3, A4 resp. C1, C2, C3, C4. Teplota vody klesá od vnější stěny k vnitřku haly.Střední teplota v příčném řezu v krajní části (∅ t_m = 115 °C) i části vnitřní (t_m = 85 °C) je po celé délce objektu stejná, čímž se dosahuje rovnoměrného vytápění po celé ploše. Vyšší teplota u okraje haly zajišťuje vyrovnání vlivu obvodového pláště.

Vnitřní zóna (B) má odlišné zapojení. Zde hraje podstatnou úlohu světlík. Proto se také při rozmísťování otopných pásů (4x 54 000/450 – K2) a jejich zapojením do soustavy počítá s přívodem vody do vnitřního pásu B_1 a následně pak v pořadí B_2, B_3, B_4. Potom průměrná teplota vody v pásech pod světlíkem je t_m =



Obr. 8 Rozmístění a velikosti sálavých pásů v hale 60 x 54 x 8 m
Horká voda 135/130/70 °C

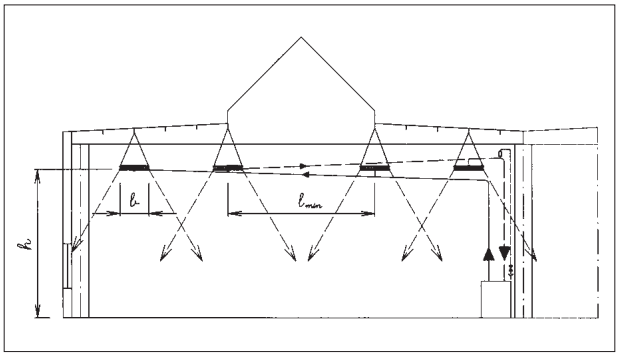
115 °C – vyrovnává vliv jeho chladných ploch v okrajích pod střešním pláštěm t_m = 85 °C. Uvedeným zapojením sálavých pásů se docílí rovnoměrného vytápění po celé ploše haly.

Jako regulační prvek slouží regulovatelné ejektory v kombinaci s regulátorem s optimalizačním programem zařazené do ejektorových bloků (obr. 8). – EJA, EJB, EJC. Aby bylo připojovací potrubí co nejkratší byly situovány v čele haly.

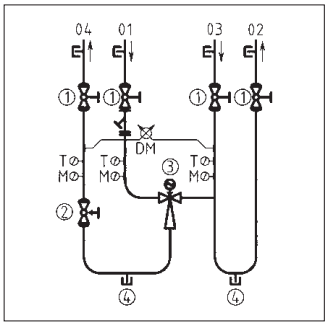
4.2 Otopná voda s malým teplotním rozdílem (95/ 90/70 °C)

Detailním rozborem v odstavci 3.21 byla vyřešena rovnoměrnost vytápění v krajních výrobních lodích (A, C) při použití otopné vody s malým teplotním rozdílem osazením sálavých pásů rozdílné šířky. Dvě otopná tělesa – ve vnější polovině pásy šířky 1050 mm (2x 54 000/1050 K2), ve vnitřní polovině pásy 600 mm (2x 54 000/600 – K2).

Vnitřní výrobní loď má také rozdílné šířky pásů – jejich rozmístění odpovídá vlivu střešního pláště. Uprostřed otopná tělesa 2x 54 000/900 K2, u okrajů pak 2x 54 000/450 – K2. Pásy jsou zapojeny tak, že voda proudí ve vedlejším pásu v protisměru, čímž se **částečně** dosahuje v příčném směru stejná teplota. Úplně stejnou teplotu nelze dosáhnout vlivem **rozdílné šířky** sousedících pásů.



Obr. 6 Příčný řez halou
h – výška zavěšení panelů, l_{min} – rozteč zavěšení sálavých panelů, *b* – šířka panelu



Obr. 7 Schéma ejektorového bloku
1 – ruční uzavírací ventil, 2 – ruční regulační ventil, 3 – ejektor se servopohonem, 4 – vypouštění, T – teploměr, M – tlakoměr

Uvedeným zapojením a volbou rozdílné šířky pásů se docílí rovnoměrného vytápění po celé ploše haly.

Stejně tak jako v předchozím příkladu jsou jako regulační prvek použity regulovatelné ejektory s regulátorem s optimalizačním programem zařazené do ejektorových bloků (obr. 7) – EJA, EJB, EJC.

5. ZÁVĚR

Hospodárnost vytápění zavěšenými sálavými panely podstatně zvýrazňuje rozmístění a jejich následné zapojení do tepelně technické soustavy.

Detailní rozbor jednotlivých částí soustavy ukázal, že nestačí pro dosažení úsporného vytápění velkoprostorových objektů jen samotný princip dodávky tepelné energie do vytápěného prostoru sáláním, ale že je třeba se zabývat i odpovídajícím rozložením otopných pásů nad celou plochou objektu.

Uskutečněné realizace sálavých soustav podle uvedených principů řešení potvrdily 30 až 40 % úspory tepelné energie proti nástěnným teplovzdušným soupravám.

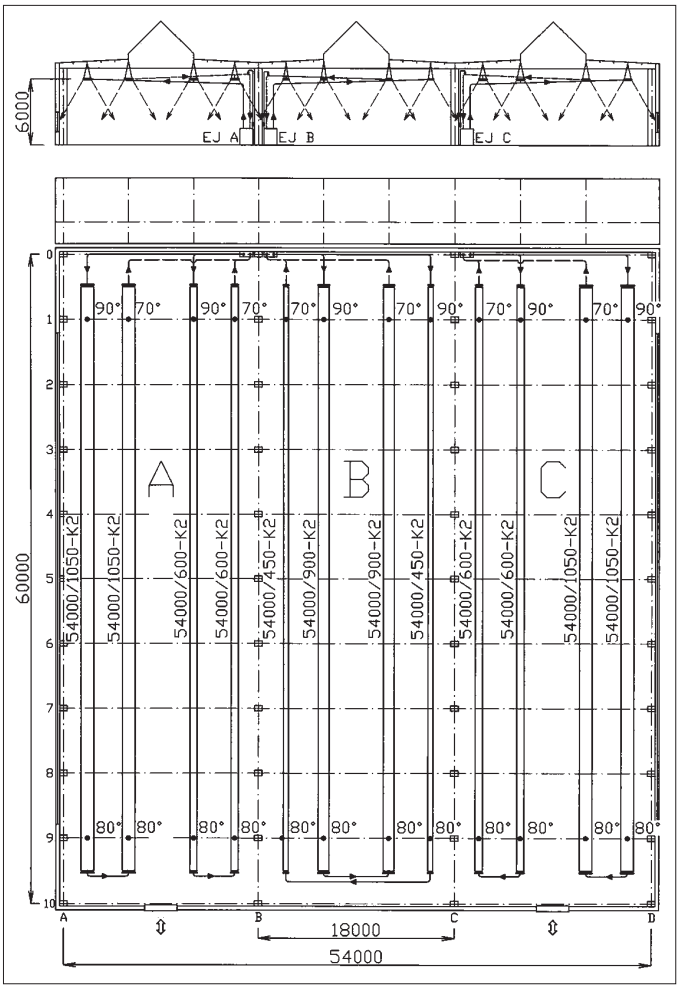
Téma bylo předneseno na Konferenci vytápění Třeboň 2005.
Spojení na autora: e-mail miroslav.kotrbaty@kotrbaty.cz, www.kotrbaty.cz

Použité zdroje:

[1] Kotrbatý, M., Kovářová, Z.**:** Vytápění zavěšenými sálavými panely – část 1. *VVI 2002*, roč.11, č. 4, s. 134–138

[2] Kotrbatý, M., Kovářová, Z.: Vytápění zavěšenými sálavými panely – část 2. *VVI 2002*, roč. 11, č. 5, s. 207–211.

[3] Kotrbatý, M., Hojer, O.: Využití a návrh regulovatelných ejektorů. Požadavky na potrubní síť. BRATISLAVA. *TZB 2004*, č. 3. ■



Obr. 9 Rozmístění a velikosti sálavých pásů v hale 60 x 54 x 8 m
Teplá voda 95/90/70 °C

* DORIN vyvinul kompresory šetrné k životnímu prostředí

Se stále rostoucím zřetelem k ustanovením Kjótského protokolu se firma *DORIN* přizpůsobila trendu trhu a vyvinula nové řady kompresorů, používaných v chladicích a klimatizačních zařízeních a v tepelných čerpadlech. Jde o tyto výrobky:

- ❏ dvě řady vysoce účinných kompresorů vhodných pro chladiva typů HCFC a HFC,
- ❏ řada kompresorů pro CO_2 , určená jak pro podkritické, tak nadkritické parametry.

Řada H32 zahrnuje pístové kompresory od 3 do 5,6 kW chladicího výkonu a řada Y od 26 do 60 kW. Výhodami těchto nových konstrukčních řešení jsou:

- ❏ vysoké hodnoty topného a chladicího faktoru,
- ❏ velmi nízká hlučnost,
- ❏ velmi nízké vibrace,
- ❏ extrémně nízké pulsace ve vytlačovaném plynu,
- ❏ možnosti pohonu pro různé frekvence proudu.

Tato velká zlepšení byla dosažena novou konstrukcí ventilové desky a pístu, která podstatně snížila tlakové ztráty v sání a výtlaku kompresorů řady H32 a Y.

Podle JARN č. 9, 2004 *Karel Brož*

* Kompresory pro CO_2

V posledních 10 letech se zvýšil zájem o oxid uhličitý jako o chladivo vzhledem k jeho přirozenému výskytu v atmosféře a nulovému vlivu na ozonovou vrstvu a nižší oteplovací účinek v atmosféře než mají chladiva HCFC a HFC. DORIN předvídal tento trend a vyvíjel kompresory pro CO_2 již od počátku devadesátých let.

Za výhody CO_2 se považují:

- ❏ je látkou vyskytující se v přírodě,
- ❏ má nulový vliv na ozonovou vrstvu (ODP = 0),
- ❏ srovnávací oteplovací účinek atmosféry GWP = 1,
- ❏ je nehořlavý,
- ❏ není toxický,
- ❏ je levný a dostupný na celém světě.

Hlavní rysy kompresorů jsou:

- ❏ možnost využití v podkritické i nadkritické oblasti, výtlačný tlak do 16 MPa,
- ❏ jedno a dvoustupňové modely,
- ❏ dvou a vícepólové elektromotory,
- ❏ vysoká spolehlivost,
- ❏ vysoká účinnost,
- ❏ možnosti pohonu pro různé frekvence proudu.

Na základě velmi příznivých zkušeností z provozu několika stovek kompresorů DORIN hodlá v příštích letech vyvinout několik dalších prototypů. Roční provoz chladicího zařízení s kompresorem DORIN CO_2 v dánské restauraci byl porovnán s provozem standardního chladicího zařízení stejného výkonu v dánské restauraci shodného typu a velikosti.

Zařízení s CO_2 mělo o 20 % nižší roční spotřebu elektřiny a o 35 % nižší oteplovací účinek TEWI (Total Equivalent Warming Impact).

Firma DORIN si touto svojí činností vytváří velmi dobré předpoklady k uplatnění na trhu při náhradách chladiv typu HFC.

Podle JARN č. 9, 2004 *Karel Brož*

* Certifikáty Eurovent za rotory

Na výstavě ISH/Aircontec představily firmy *Eventus* a *Hoval* své rotační výměníky tepla, na které krátce předtím dostaly certifikáty Eurovent.

Důvodem k udělení certifikátů bylo ověření hodnot přenosu tepla a vlhkosti, jakož i tlakových ztrát, na základě čehož Eurovent potvrdil naprostý souhlas všech parametrů s údaji uváděnými v katalozích.

CCI 5/2005 *(Ku)*