

# VYTÁPĚNÍ PRŮMYŠLOVÝCH A VELKOPROSTOROVÝCH OBJEKTŮ (IV) ROZMÍSTOVÁNÍ A ZAPOJOVÁNÍ SÁLAVÝCH PANEŮ

Autum: 17.4.2006  
Autor: Ing. Miroslav Kortbáry  
Pro dosažení úsporného vytápění velkoprostorových objektů nestačí posoudit samotný princip dodávky tepelné energie do vytápěného prostoru, ale je zapotřebí zabývat se i odpovídajícím rozložením otopných páсів nad celou plochou objektu.

## 1.0 Úvod

Všobecně platné tvrzení, že sálavé vytápění velkoprostorových objektů pomocí zavěšených panelů je proti nástěnným teplovzdušným soupravám hospodárnější, může ještě zvýraznit vhodné rozmístění a zapojení sálavé otopné plochy.

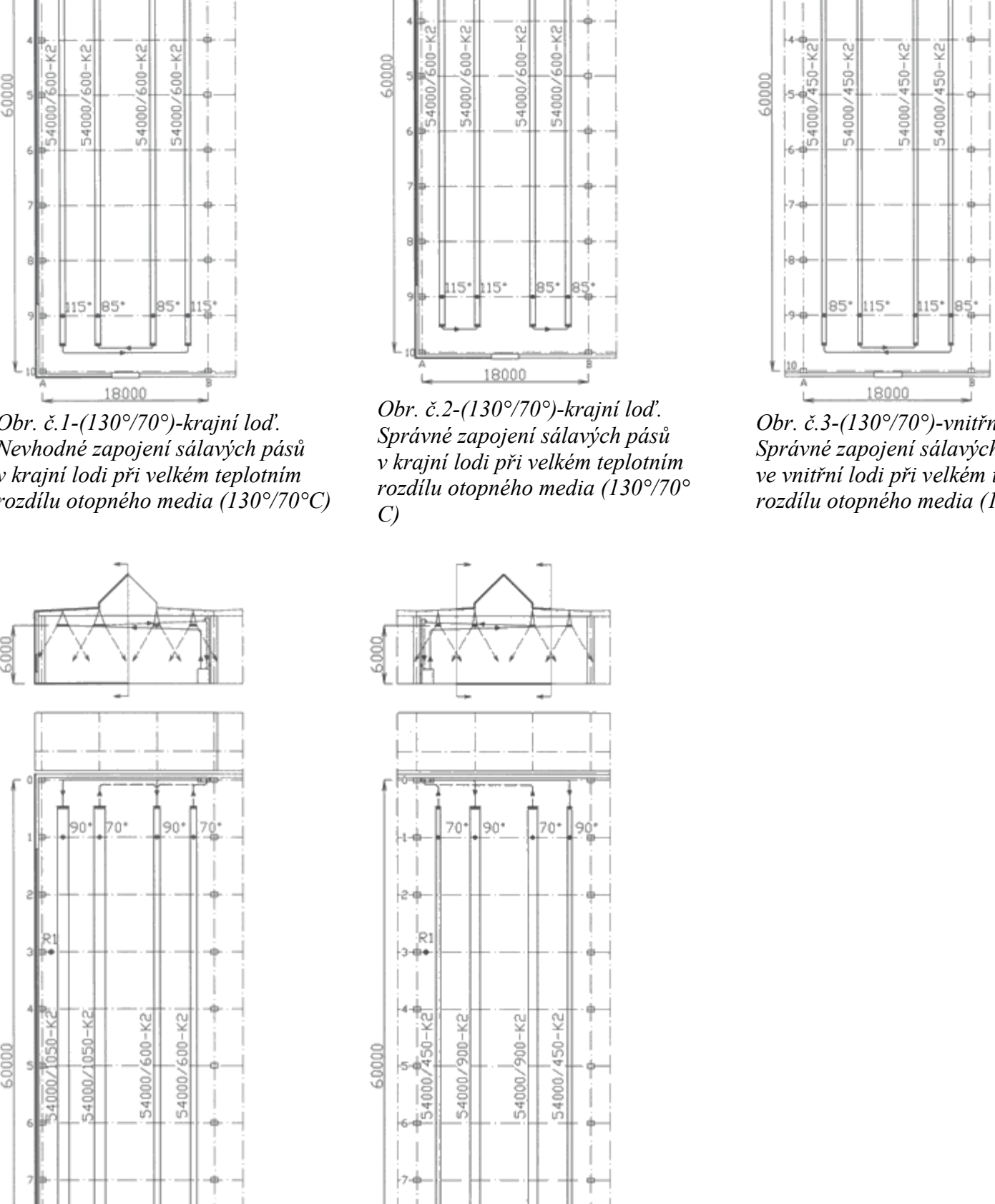
Na jednotlivé části objektu působí různorodé vnější i vnitřní vlivy, jako jsou venkovní stěny, okna, infiltrace, světelní, technologické, provozní režim atp. Jsou tak vytvářeny zóny s různými nároky na dodávku tepelné energie pro vytápění. Z toho pak vyplývá přirozené rozdělení otopné soustavy na samostatné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

Podminky, které ovlivňují rozmístování 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

## 2.0 Sálavá otopná plocha slouží i jako rozvodné potrubí

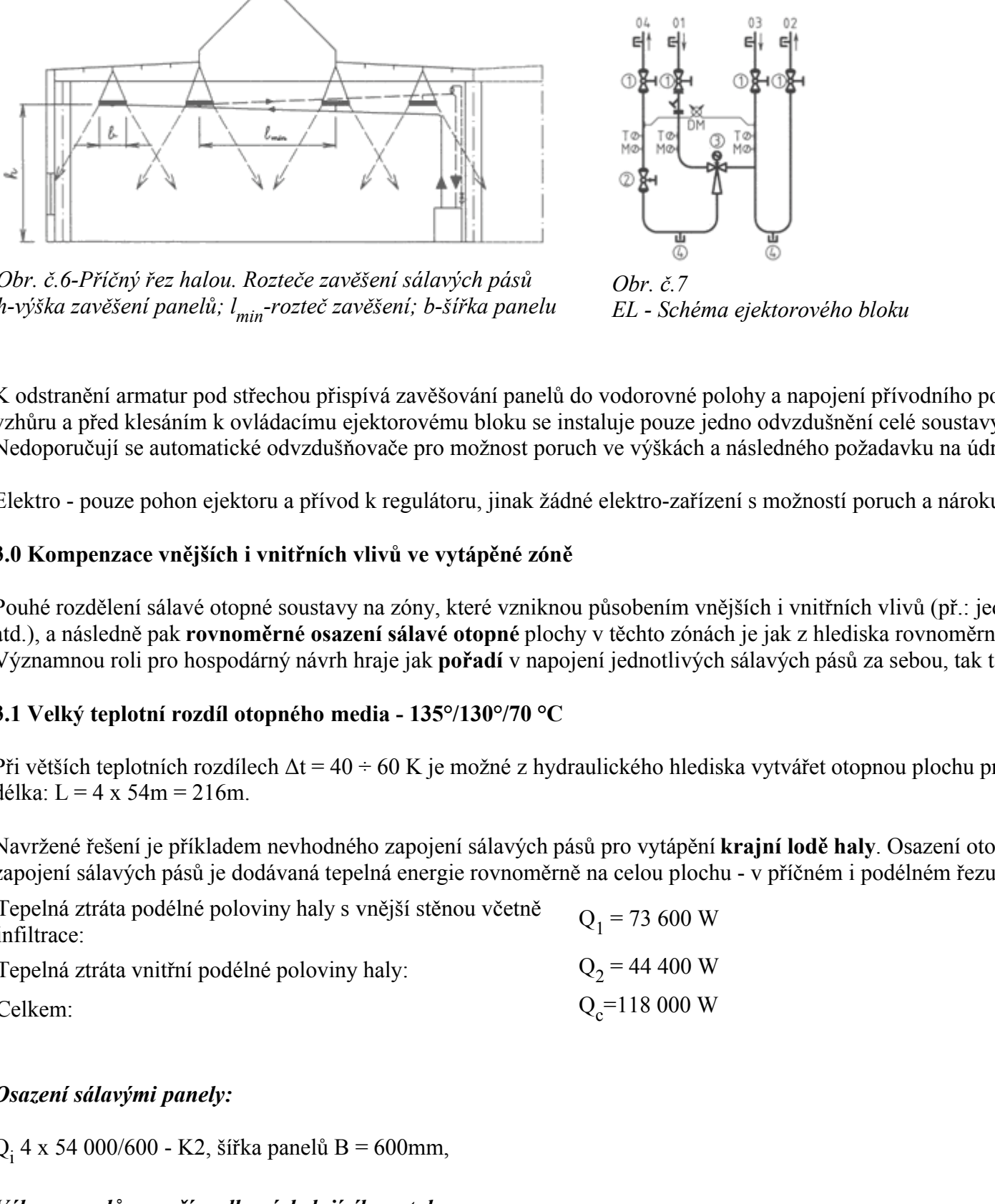
Jedním z prvků, které ovlivňují hospodárnost návrhu - v daném případě porizovacími náklady - je **omezení délky rozvodného potrubí** pro připojení jednotlivých sálavých pásů. Doporučuje se proto volit v každé samostatné regulační zóně **sudý počet pásů** (obr. č. 1-5). Tímto řešením se prakticky veškeré rozvodné potrubí soustředí pouze v obou čelách. Sálavé panely se stávají součástí rozvodů. Při volbě počtu pásů je vhodné vycházet z **maximální rozteče zavěšení (L<sub>z</sub>)** průměrné vzdálenosti l ze odesílatelky panelu (obr. č. 6).



Obr. č. 1 - (130°/70°) - krajní lodi. Nevhodné zapojení sálavých pásů v krajní lodi při velkém teplotním rozdílu otopného média (130°/70° C)

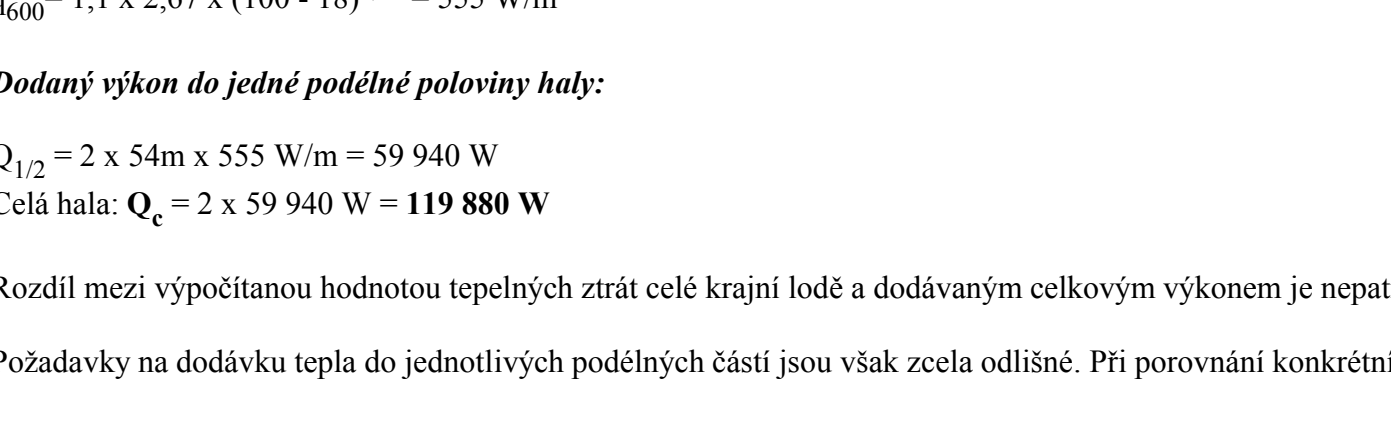
Obr. č. 2 - (130°/70°) - krajní lodi. Správné zapojení sálavých pásů v krajní lodi při velkém teplotním rozdílu otopného média (130°/70° C)

Obr. č. 3 - (130°/70°) - vnitřní lodi. Správné zapojení sálavých pásů ve vnitřní lodi při velkém teplotním rozdílu otopného média (130°/70° C)



Obr. č. 4 - (90°/70°) - krajní lodi. Správné zapojení sálavých pásů v krajní lodi při malém teplotním rozdílu otopného média (90°/70° C)

Obr. č. 5 - (90°/70°) - vnitřní lodi. Správné zapojení sálavých pásů ve vnitřní lodi při malém teplotním rozdílu otopného média (90°/70° C)



Obr. č. 6 - Přičný řez halou. Rozteče zavěšení sálavých pásů h - výška zavěšení panelů; l<sub>z</sub> - rozteče zavěšení; b - šířka panelu

Obr. č. 7 - EL - Schéma ejektorového bloku

K odstranění armatur pod střešou přispívá zavěšování panelů do vodorovné polohy a napojení přírodního potrubí do prvního sálavého pásu zespodu. Zpětné potrubí ze soustavy je vedeno úhelně z bloku (obr. č. 7) obsahující pouze čtyři uzavírací, jednou ruční regulační armaturou, filtr a ejektor. Pod střešním pláštěm tudíž není ani jedna armatura - pouze sálavé panely bez praktické možnosti poruch.

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

Dalším velice důležitým požadavkem je **soustředění veškerých obsluhových armatur do jednoho bodu při podlaze objektu** ⇒ minimální nároky na oblohu a údržbu. Regulační ejektorový blok (obr. č. 7) obsahuje pouze čtyři uzavírací, jednou ruční regulační armaturou, filtr a ejektor. Pod střešním pláštěm tudíž není ani jedna armatura - pouze sálavé panely bez praktické možnosti poruch.

Vytápění velkých prostorů má být realizováno pomocí sálavých panelů. Sálavé panely se stávají součástí rozvodů. Při volbě počtu pásů je vhodné vycházet z **maximální rozteče zavěšení (L<sub>z</sub>)** průměrné vzdálenosti l ze odesílatelky panelu (obr. č. 6).

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

Navržení řešení je příkladem nevhodného zapojení sálavých pásů pro vytápění **krajní lodi haly**. Osazení otopnou plochou vychází z tepelné ztráty celé zóny. Díky zvolenému pořadí zapojení sálavých pásů je dodávána tepelná energie rovnoměrně na celou plochu - v přičném i podélném řezu je střední teplota media stejná v obou polovinách lodi:  $t_m = 100$ .

Tepelná ztráta podélné poloviny haly i vnější stěnou včetně infiltrace:  $Q_1 = 73 \text{ 600 W}$

Tepelná ztráta vnitřní podélné poloviny haly:  $Q_2 = 44 \text{ 400 W}$

Celkem:  $Q_c = 118 \text{ 000 W}$

## Osazení sálavými panely:

$Q_1$  4 x 54 000/600 - K2, sířka panelů B = 600mm,

**Výkon panelů se určí podle následujícího vztahu:**

$$q_p = 1,1 \times C \times \Delta t^n \quad (W/m) \quad (1)$$

$$\Delta t = (t_m - t_s) \quad (K) \quad (2)$$

$t_m$  (°C) střední teplota media  
 $t_s$  (°C) výsledná teplota ve vytápěném prostoru

Výpočtový vztah a příslušné hodnoty byly stanoveny zkušebníou HKL Stuttgart - viz tabulka 1.

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

## Dodaný výkon do jedné podélné poloviny haly:

$$Q_{1,2} = 2 \times 54 \text{ m} \times 555 \text{ W/m} = 59 \text{ 940 W}$$

Celá hala:  $Q_c = 2 \times 59 \text{ 940 W} = 119 \text{ 880 W}$

Rozdíl mezi výpočtanou hodnotou tepelných ztrát celé krajní lodi a dodáváním 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 lodi, nebo přetápění vnitřní podélné části lodi.** Která z daných variant přichází v reálném provozu v úvah, závisí na umístění čidla snímajícího vnitřní referenční teplotu (obr. č. 1). K přetápění vnitřní části dojde při umístění čidla na vnější stěně haly (R1), k nedotápění vnější částí pak při umístění čidla ve vnitřní části (R2).

Rovnoměrnost vytápění po celé ploše krajní lodi lze dosáhnout využitím velkého teplotního rozdílu otopného média (130°/70°) a vhodným zapojením sálavých pásů. Na obr. č. 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.

První dva pásy mají po celé délce objektu průměrnou střední teplotu  $t_m^1 = 115^\circ\text{C}$ .

Ve vnitřní podélné polovině je střední teplota  $t_m^2 = 85^\circ\text{C}$ .

Výkony panelů pro jednotlivé části se určí podle shora uvedeného vztahu (1): ( $Q_p = 1,1 \times C \times \Delta t^n$ ).

## Výkony panelů B = 600mm

$$q_{600,1} = 1,1 \times 2,67 \times (115 - 18)^{1,19} = 679 \text{ W/m} \quad Q_{p,1} = 2 \times 54 \text{ m} \times 679 \text{ W/m} = 73 \text{ 332 W}$$

$$q_{600,2} = 1,1 \times 2,67 \times (85 - 18)^{1,19} = 437 \text{ W/m} \quad Q_{p,2} = 2 \times 54 \text{ m} \times 437 \text{ W/m} = 47 \text{ 196 W}$$

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

Tabulka č. 1: hodnoty pro výpočet výkonu panelů

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 media v trubkách panelů. Při jejich vodorovném zavěšování je zapotřebí dodržet minimální rychlost  $w_{min} = 0,15 \text{ m/s}$ . Vzduchovná rychlost jsou usměrněny ve směru toku media. Potom je možné odzduškovat jednotlivá zařízení až na konci seky, přímo v blízkosti ejektorového bloku. Doporučuje se používat odzduškovací nádobku se svodem nad podlahou a zde pak vodorovně vypouštěcí armaturou. Jednotlivé odzduškovací nejsou vhodné s ohledem na možnost poruch ve výškách ⇒ náročnost pro obsluhu a údržbu.

28/2,6						ε = 0,045mm						28/2,6						
80°C			100°C			125°C			80°C			100°C			125°C			
R	Z	w	R	Z	w	R	Z	w	R	Z	w	R	Z	w	R	Z	w	
[Pa/m]	Pa	m/s	[Pa/m]	Pa	m/s	[Pa/m]	Pa	m/s	[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	150	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	194	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
502	323	0,82	530	473	0,99	500	483	1,01	1400	333	323	0,82	331	327	0,83	332	334	0,84
637	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

Tabulka č. 2 - Hodnoty pro výpočet hydraulických poměrů v trubkách sálavých panelů

$$\text{Množství media: } M = \frac{2 \times 19,26 \times 119800 \times 0,86}{\Delta t} = 1718,26 \text{ kg/h}$$

Panely šířky 600 mm mají 4 moduly = 4 trubky.  
Přítok jedinou trubkou:  $M_1 = 1718,4 : 4 = 429,57 \text{ kg/h}$

Z tabulky č. 2 pro trubku 281,5 a uvedené množství vyplývá rychlost:  $w = 0,23 \text{ m/s}$

## Vyhovuje.

### 3.12 Vnitřní výrobní lodi

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

Tepelná ztráta "zóny" (vnitřní část střešy, světelní, podlaha):  $Q = 91 \text{ 600 W}$

## Osazení sálavými panely o požadovaném výkonu:

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

$$q_{50} = 1,1 \times 2,17 \times 82^{1,19} = 452 \text{ W}$$

$$Q_1 = 4 \times 54 \times 452 = 97 \text{ 632 W}$$

Použitím panelů šířky  $\delta = 450 \text{ mm}$  se instaluje výkon o 6,5% vyšší, než vypočtené teplotní ztráty - není na závadu - odpovídající osazením provozní oblohu tepla zajistí regulace. Při návrhu zapojení je však zapotřebí respektovat vnější podmínky. Chladné povrchy světelné vyvolávají potřebu větší dodávky tepla do střední části výrobní lodi. Potom schéma zapojení uvedené na obr. č. 3 vyhovuje pro krytí vyžadovaných potřeb.

Poměr dodávky tepla do střední výrobní lodi z osazených částí číni:

$$Q_1 = 2 \times 54 \text{ m} \times 552 = 59 \text{ 616 W} \quad q_1 = 1,1 \times 2,17 \times 97^{1,19} = 552 \text{ W/m}$$

$$Q_2 = 2 \times 54 \text{ m} \times 355 = 38 \text{ 340 W} \quad q_2 = 1,1 \times 2,17 \times 67^{1,19} = 355 \text{ W/m}$$