

Zkoušení a dimenzování chladicích stropů



Chilled Ceilings Testing and Dimensioning

Recenzent
 Prof. Ing. František Drkal, CSc.

Článek stručně popisuje metodiku a podmínky měření při zkoušení chladicích stropů a stanovení normalizovaného chladicího výkonu na základě evropské normy z roku 2004. V druhé části příspěvku je uveden princip dimenzování chladicích stropů, který je doplněn praktickým příkladem.

Klíčová slova: zkoušení chladicích stropů, dimenzování chladicích stropů

The article shortly describes metering methodology and conditions at cooling ceilings testing. Also described is the way a standardized cooling output is determined on the basis of the European Standard of 2004. In the second part of the contribution the author describes principles of dimensioning cooling ceilings, supplemented with a practical example.

Key words: chilled ceilings testing, cooling ceilings dimensioning

ZKOUŠENÍ CHLADICÍCH STROPŮ

Zkoušení chladicích stropů se provádí podle ČSN EN 14240 Větrání budov – Chladicí kryty – Zkoušení a hodnocení [5], která vychází z původně německé normy DIN 4715 [6]. Norma je v ČR platná v původním znění v anglickém jazyce, avšak se špatně přeloženým názvem (patrně z německého názvu téže normy „Kühldecken“). Správně by část názvu měla znít „Chladicí stropy“.

Norma specifikuje podmínky měření a metodiku pro stanovení výkonu chladicích stropů. Lze ji ale použít i pro stanovení výkonu ostatních chladicích ploch, jako jsou svislé stěny, či podlaha. Účelem normy je stanovit opakovatelné měřicí podmínky pro porovnání jednotlivých výrobků.

Metodika a podmínky měření

Měření výkonu chladicího stropu se provádí v těsné a dobře izolované měřicí místnosti, která umožňuje nastavení okrajových podmínek a minimalizuje tepelné toky obvodovými stěnami. Plocha měřicí místnosti by měla být v rozmezí 10 až 21 m². Poměr mezi šířkou a délkou místnosti nemá být menší než 0,5 a vnitřní výška místnosti má být v rozmezí 2,7 až 3 m. Doporučené rozměry místnosti jsou 4 x 4 x 3 m. Plocha testovaných chladicích panelů by měla tvořit minimálně 70 % z plochy stěny, ve které jsou umístěny. Schéma měřicí místnosti s regulací okrajových podmínek vestavěným vodním systémem je znázorněno na obr. 1.

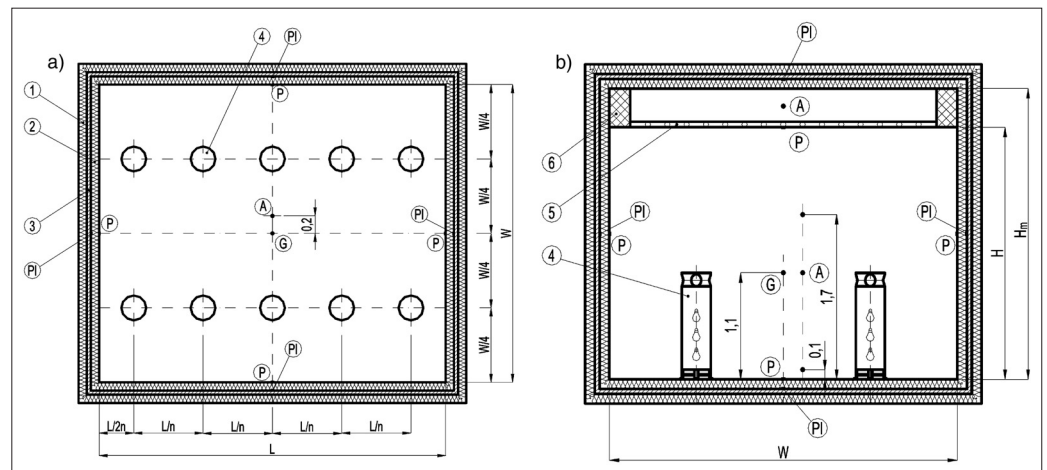
Tepelná zátěž místnosti je simulována několika elektricky vyhřívanými figurínami (obr. 2), umístěnými ve dvou řadách, symetricky podél delší osy místnosti (obr. 1). Vzdálenost mezi figurínami v každé řadě závisí na jejich počtu a délce testovací místnosti. Elektrický příkon jedné figuríny nesmí přesáhnout 180 W a měl by být regulovatelný. Maximální vnitřní tepelná zátěž místnosti je 200 W/m².

Měření teplot (vzduchu, výsledné teploty, povrchových teplot a teploty vody) se provádí teplotními čidly s přesností min. ± 0,1 K. Kulový teploměr pro měření výsledné tep-

loty je umístěn uprostřed místnosti ve výšce 1,1 m nad podlahou. Teplota vzduchu se měří stíněnými čidly ve vertikální ose umístěné půdorysně 20 cm od středu místnosti, ve výškách 0,1; 1,1 a 1,7 m nad podlahou (obr. 1). Pro měření povrchových teplot okolních stěn se doporučuje umístit teplotní čidlo minimálně doprostřed každé stěny místnosti. Teplota přírodní a vratné vody by měla být měřena těsně před a za testovaným prvkem. Při měření se rovněž kontroluje rosný bod, tak aby byla jistota, že teplota rosného bodu vzduchu v místnosti je minimálně o 2 K nižší než teplota přírodní vody.



Obr. 2 Příklad simulátorů tepelné zátěže a měřícího zařízení v testovací místnosti [8]



Obr. 1 Schéma testovací místnosti s regulací okrajových podmínek vestavěným vodním systémem

a) půdorys, b) příčný řez místnosti

1 – Vnější izolovaná stěna, 2 – Vnitřní izolovaná stěna, 3 – Vodní systém pro nastavení okrajových podmínek, 4 – Simulátor tepelné zátěže, 5 – Měřený vzorek chladicího stropu, 6 – Krajiní izolace (pro měření uzavřených chladicích stropů), A – Umístění stíněného čidla teploty vzduchu, G – Umístění kulového teploměru (měření referenční teploty v místnosti), P – Umístění čidel pro měření povrchových teplot (min. jedno čidlo uprostřed každé stěny), PI – Umístění čidel pro měření teploty pod izolací

Pro stanovení výkonu musí být měřen i objemový průtok vody. K tomuto účelu se používá průtokoměr kalibrovaný gravimetrickou metodou s přesností lepší nebo rovnou než $\pm 0,5\%$.

Měření

Měření výkonu by mělo probíhat během ustálených podmínek (jsou určeny normou) po dobu alespoň 60 minut. Pro vyhodnocení je nutné obdržet data minimálně pro nominální hmotnostní průtok teplotnosné látky (většinou vody) a alespoň pro tři teplotní rozdíly Δt – viz rovnice (1), např. $6 \pm 1\text{ K}$, $8 \pm 1\text{ K}$ a $10 \pm 1\text{ K}$.

Norma definuje referenční teplotu v místnosti t_i , která odpovídá průměrné hodnotě výsledné teploty (měřené uprostřed místnosti ve výšce 1,1 m nad podlahou) během měřicí periody a která by během měření měla být v rozsahu 22 až 27 °C

Normalizovaný výkon

Poměrný normalizovaný výkon chladicího stropu q_N je podle EN 14240 funkcí středního účinného rozdílu teplot Δt , který je definován jako rozdíl mezi referenční teplotou v místnosti a střední teplotou chladicí vody

$$\Delta t = t_i - t_{ws} = t_i - \frac{t_{w1} + t_{w2}}{2} \quad [\text{K}] \quad (1)$$

Na základě naměřených hodnot se určí závislost normalizovaného chladicího výkonu

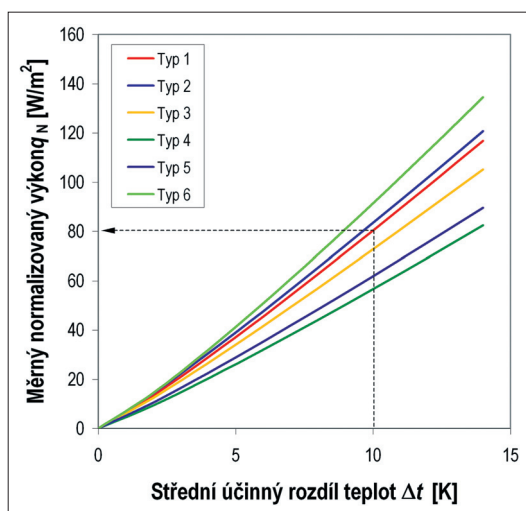
$$q_N = C\Delta t^n \quad [\text{W/m}^2] \quad (2)$$

kde konstanta C a exponent n jsou hodnoty odpovídající konkrétnímu uspořádání chladicího stropu.

V tabulce 1 jsou uvedeny příklady konstrukcí chladicích stropů s odpovídajícími hodnotami součinitelů C a n zjištěnými na základě měření výkonu dle EN 14240 [2], [7]. Porovnání normalizovaných výkonů uvedených chladicích stropů je zobrazeno na obr. 3.

Tab. 1 Příklady konstrukcí chladicích stropů s odpovídajícími hodnotami konstant C a n zjištěnými na základě EN 14240 (typy rohoží dle [7])

Typ	Popis chladicího stropu	C [-]	n [-]
1	Kapilární rohož pod omítkou	6,21	1,112
2	Kovová stropní kazeta s akust. izolací (textilie)	6,693	1,096
3	Sádkartonová deska tl. 12,5mm	5,850	1,1095
4	Děrovaný sádkartonový panel tl. 9,5 mm, otvory \varnothing 8 mm	4,329	1,117
5	Panel o rozměru 2x3 m připevněný přímo na rám pod stropem	4,929	1,099
6	Samostatně zavěšené i různé tvarované kovové kazety	6,520	1,147



Obr. 3 Porovnání normalizovaných výkonů chladicích panelů uvedených v tab. 1

DIMENZOVANÍ CHLADICÍCH STROPŮ

Podklady pro výpočet

Pro dimenzování chladicích stropů je nutné, tak jako u dimenzování jakéhokoliv jiného klimatizačního zařízení, znát vstupní parametry výpočtu, kterými jsou:

- parametry venkovního vzduchu
- požadovaná teplota vzduchu v místnosti, vlhkost vzduchu a teplota rosného bodu
- uvažovaná teplota vzduchu v sousedních místnostech
- tepelně technické vlastnosti obvodových konstrukcí
- geometrie místnosti
- celková tepelná zátěž prostoru citelným teplem
- minimální dávka čerstvého vzduchu pro osoby

Měrná tepelná zátěž prostoru citelným teplem

Chladicím stropem je možné odvádět pouze citelnou tepelnou zátěž prostoru, kterou tvoří zisky od vnitřních zdrojů tepla Q_{ci} (počítače, lidé, osvětlení aj.) a zisky z vnějšího prostředí Q_{ce}

$$q_c = \frac{Q_c}{S_p} = \frac{Q_{ci} + Q_{ce}}{S_p} = q_{ci} + q_{ce} \quad [\text{W/m}^2] \quad (3)$$

Plocha S_p představuje maximální dosažitelnou plochu chladicího stropu, která je shodná s plochou podlahy daného prostoru.

Měrný výkon přiváděného vzduchu

Část citelné tepelné zátěže, která je odváděna větracím vzduchem (v případě kladného teplotního rozdílu větracího vzduchu $(t_{od} - t_p) > 0$) se určí dle vzorce

$$q_{pv} = \frac{Q_{pv}}{S_p} = \frac{V_p c_p (t_{od} - t_p)}{S_p} \quad [\text{W/m}^2] \quad (4)$$

Pokud je místnost větraná například přirozeně oknem, bude při extrémních podmínkách přiváděný vzduch způsobovat navýšení citelné tepelné zátěže, tj. $q_{pv} < 0$.

Výkon stropu

Potřebný měrný chladicí výkon stropu pro odvod citelného tepla z místnosti vztahený na 1 m² podlahy je dán rozdílem celkové citelné tepelné zátěže prostoru a chladicího výkonu přiváděného vzduchu

$$q_p = q_c - q_{pv} \quad [\text{W/m}^2] \quad (5)$$

Dispoziční plocha stropu

Skutečná plocha chladicího stropu se bude od plochy podlahy lišit o plochy, které zabírají další prvky vmontované do stropu, jakými mohou být např. zářivky, reproduktory, hasící zařízení apod. Využitelná plocha stropu se pak určí jako

$$S_{str} = S_p - \sum S_{pv} \quad [\text{m}^2] \quad (6a)$$

Pokud známe počet a typ použitých chladicích panelů umístěných na stropě (např. při montáži kapilárních rohoží pod omítkou) lze dispoziční plochu chladicího stropu vypočítat přímo z jejich rozměrů a počtu

$$S_{str} = L_p H_p n_p \quad [\text{m}^2] \quad (6b)$$

Poměr využitelné plochy stropu a plochy podlahy se nazývá poměrné obložení stropu a udává kolik m² chladicího stropu připadne na 1 m² podlahy

$$a = \frac{S_{str}}{S_p} \quad [-] \quad (7)$$

Potřebný chladicí výkon stropu

Chladicí výkon, který musí vykazovat strop s plochou S_{str} musí být shodný s chladicím výkonem, který by vykazoval strop s plochou S_p

$$Q_{str} = q_{str} S_{str} = q_p S_p = Q_p \quad [W] \quad (8)$$

Odtud stanovíme potřebný měrný výkon chladicího stropu

$$q_{str} = q_p \frac{S_p}{S_{str}} = \frac{q_p}{a} \quad [W/m^2] \quad (9)$$

Parametry vody

Teplota přívodní vody t_{w1} se volí $\geq 16 \text{ }^\circ\text{C}$, z důvodu zabránění kondenzace vodních par obsažených ve vzduchu na povrchu stropu. Teplotní rozdíl odváděné a přiváděné chladicí vody bývá v rozmezí $2 \leq \Delta t_w \leq 4 \text{ K}$. Teplota vratné vody t_{w2} se pak určí dle vztahu

$$t_{w2} = t_{w1} + \Delta t_w \quad [^\circ\text{C}] \quad (10)$$

a střední teplota vody t_{ws} se vypočítá podle vzorce

$$t_{ws} = \frac{t_{w1} + t_{w2}}{2} \quad [^\circ\text{C}] \quad (11)$$

Reálný výkon chladicího stropu

Normalizovaný chladicí výkon q_N je potřebné přizpůsobit podmínkám navrhované místnosti. Vliv všech parametrů konkrétní klimatizované místnosti na normalizovaný (změřený) chladicí výkon stropu vyjadřuje konstanta prostoru K_p .

$$q_{skut} = K_p q_N \quad [W/m^2] \quad (12)$$

Součinitel prostoru K_p

Součinitel prostoru v sobě zahrnuje zejména vliv obložení stropu, vliv větrání, vliv výšky místnosti a vliv tepelné zátěže a vypočítá se jako

$$K_p = K_{tz} K_v K_k K_{os} \quad [-] \quad (13)$$

Součinitel tepelné zátěže K_{tz}

Součinitel tepelné zátěže K_{tz} vyjadřuje vliv citelné tepelné zátěže z venkovního prostředí na výměnu tepla sáláním mezi vnitřním povrchem vnější stěny a chladicím stropem. Poměrné tepelné zátěže q_{ci} a q_{ce} ve vztahu (14) se vztahují na 1 m^2 plochy podlahy.

$$K_{tz} = \frac{Q_c}{Q_{ci} + \frac{Q_{ce}}{2}} = \frac{q_c}{q_{ci} + \frac{q_{ce}}{2}} \quad [-] \quad (14)$$

Výškový součinitel K_v

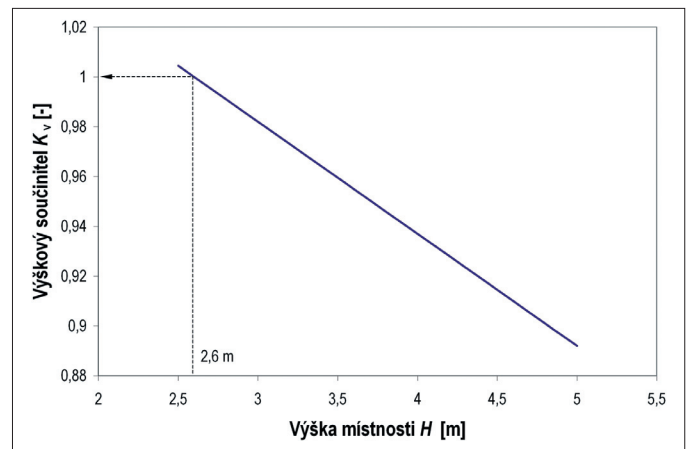
S rostoucí výškou místnosti podíl konvektivní složky přestupu tepla na povrchu stropu klesá. Výškový součinitel K_v vyjadřuje vliv výšky místnosti na chladicí výkon stropu a vypočítá se dle vztahu

$$K_v = 1,117 - 0,045H \quad [-] \quad (15)$$

Vztah (15) platí pro světlou výšku místnosti $2,5 \leq H \leq 5,0 \text{ m}$. Pro $H = 2,6 \text{ m}$ je $K_v = 1$ (v souladu s měřením podle EN 14240 [5]).

Součinitel konvekce K_k

Součinitel konvekce K_k , v některé literatuře označovaný také jako součinitel větrání, udává vliv způsobu větrání v prostoru na velikost tepelného toku přestupujícího z chladicího stropu konvekcí resp. vliv proudění vzduchu na výkon chladicího stropu. Empirické hodnoty součinitele konvekce udává tab. 2.



Obr. 4 Závislost výškového součinitele na výšce místnosti

Tab. 2 Empirické hodnoty součinitele konvekce K_k

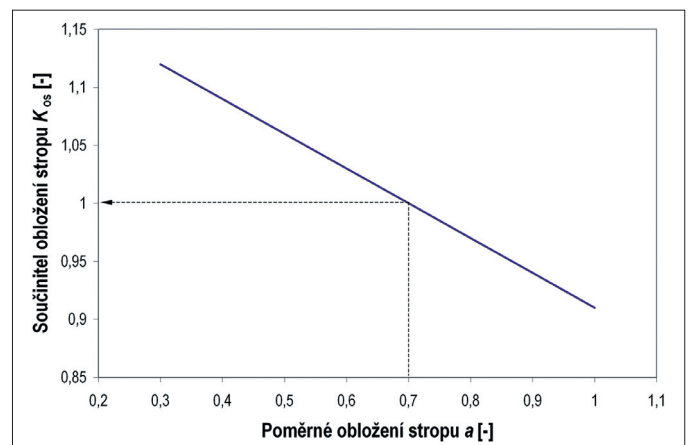
System větrání	K_k [-]
Zaplavovací (zdrojové) větrání	1,00
Konvektorová jednotka	1,08
Stropní štěrbinové vyústky	1,10
Stropní anemostaty s vířivým účinkem	1,13

Z uvedené tabulky vyplývá, že zaplavovací větrání, charakterizované velmi malými rychlostmi proudění, nemá prakticky vliv na výkon chladicího stropu. Naproti tomu směšovací větrací systémy zvětšují přestup tepla na chladicím stropě, čímž se zvětší požadovaný chladicí výkon. Někdy se sálavé chladicí systémy instalují do místností, které jsou větrány přirozeně oknem. V takovém případě bude hodnota součinitele konvekce K_k v rozmezí hodnot 1,0 až 1,08.

Součinitel obložení stropu K_{os}

Součinitel obložení stropu K_{os} vyjadřuje změnu sálavé složky tepelného toku na základě procentuálního pokrytí stropu. Je zvykem většinou obkládat 70–80 % povrchu stropu (podíl 70 % se zvolil jako normalizované obložení). Pro poměrné obložení stropu $0,3 \leq a \leq 1$ se součinitel obložení stropu určí dle vztahu

$$K_{os} = 1,21 - 0,3a \quad [-] \quad (16)$$



Obr. 5 Závislost součinitele obložení stropu na poměrném obložení stropu

Porovnání výkonů

Na závěr výpočtu se skutečný chladicí výkon stropu q_{skut} porovná s projektovaným výkonem q_{str} . V případě, že se tyto dvě hodnoty od sebe podstatně neliší

$$q_{skut} \approx q_{str} \quad (17)$$

je vše v pořádku a zvolená konstrukce chladicího stropu odpovídá požadavku na odvod tepelné zátěže z prostoru.

V případě, že porovnávané hodnoty se od sebe výrazně liší, je potřebné provést určité změny v návrhu a přiblížit tak tyto hodnoty k sobě. Pokud je skutečný výkon chladicího stropu větší než potřebný výkon

$$q_{skut} > q_{str} \quad (18)$$

znamená to, že zvolená konstrukce chladicího stropu disponuje větším chladicím výkonem, než je potřeba k odvedení tepelné zátěže. Existují různé možnosti řešení za předpokladu, že se konstrukce stropu nebude měnit:

- zvýšení teploty přívodní vody t_{w1} , což zmenší riziko orosování povrchu stropu
- zmenšení dispoziční plochy stropu S_{str} , což má za následek snížení investičních nákladů
- zmenšení chladicího účinku přiváděného vzduchu q_{pv} , až na hodnotu $q_{pv} = 0$ (minimální množství přiváděného vzduchu zůstane zachováno, $\Delta t = 0$)

V případě, že skutečný výkon chladicího stropu je menší než požadovaný projektovaný výkon

$$q_{skut} < q_{str} \quad (19)$$

a rozdíl mezi oběma hodnotami je velký, je chladicí strop pro takový prostor nevhodný. Možnosti řešení mají většinou negativní dopad na funkci či cenu systému:

- zvýšení dispoziční plochy stropu S_{str} (pokud je to vůbec možné), popř. částečné obložení stěn místnosti chladicími panely, což má za následek zvýšení investičních nákladů
- snížení teploty přívodní vody t_{w1} , což zvýší riziko orosování povrchu stropu – většinou nepřipadá v úvahu
- zvětšení chladicího účinku přiváděného vzduchu q_{pv} , tzn. zvýšení množství přiváděného vzduchu, nebo zvětšení pracovního rozdílu teplot na maximální použitelnou hodnotu (v závislosti na systému distribuce). Tato varianta se jeví jako jediná přípustná

Přivedený chladicí výkon

Chladicí strop nesdílí teplo pouze do místnosti, ale část přivedeného tepelného toku se ztrácí opačným směrem do prostoru nad stropem

$$q_{ztr} = U_{red, str} (t_{ae} - t_{ws}) \quad [W/m^2] \quad (20)$$

Tepelný tok je dán především konstrukcí a uspořádáním chladicího stropu. Redukovaný součinitel prostupu tepla stropem se stanoví jako

$$U_{red, str} = \frac{1}{\sum \frac{S_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{pd}}} \quad [W/m^2K] \quad (21)$$

kde α_{pd} je součinitel přestupu tepla podél podlahy v místnosti nad stropem.

Pro správnou funkci chladicího stropu je potřeba přivést celkový chladicí výkon

$$q_{ch} = q_{str} + q_{ztr} \quad [W/m^2] \quad (22)$$

Hmotnostní tok chladicí vody se pak určí z rovnice tepelné bilance

$$M_w = \frac{q_{ch} S_{str}}{c_w \Delta t_w} \quad [kg/s] \quad (23)$$

Tlaková ztráta chladicích stropů

Tlaková ztráta chladicích stropů závisí vždy na průtoku chladicí vody a výrobce by ji měl udávat ve svých katalogových listech. U chladicích panelů (kovové chladicí stropy) je tlaková ztráta závislá rovněž na rozměru panelu, který určuje délku potrubního registru. U kapilárních rohoží závisí tlaková ztráta zejména na jejich délce L_p , která může být různá (od 0,6 do 6 m).

PŘÍKLAD VÝPOČTU

V následujících tabulkách je uveden příklad výpočtu dle předchozího výpočetního postupu. Modelový výpočet je realizován na jedné kanceláři administrativní budovy v Praze, s orientací prosklené fasády na západ (obr. 6). Tepelná zátěž prostoru je stanovena na základě ČSN 73 0548 [4]. Pro chlazení jsou použity kapilární rohože s roztečí trubiček 15 mm a omítkou tloušťky 9 mm (viz tab. 1 – Typ 1).

Zadání – údaje o místnosti, tepelná zátěž místnosti

1	Plocha místnosti	S_p	39,5	m ²	dáno
2	Výška místnosti	H	3	m	dáno
3	Referenční teplota v místnosti (výsledná teplota)	t_i	27	°C	zvoleno
4	Vnitřní tepelná zátěž	Q_{ci}	1,41	kW	vypočteno
5	Vnější tepelná zátěž	Q_{ce}	1,2	kW	vypočteno

Větrání

Při návrhu chladicích stropů projektant většinou přesně neznačí teplotu vzduchu v místnosti t_a , která se může od referenční teploty lišit. Teplota vzduchu v místnosti bude při maximálním projektovaném výkonu chladicího stropu vyšší než je referenční teplota v místnosti (výsledná teplota) a to zpravidla o 1 až 2 K.

6	Objemový průtok vzduchu	V_p	200	m ³ /h	např. 50 m ³ /h os
7	Teplota přiváděného vzduchu	t_p	26	°C	návrh
8	Teplota odváděného vzduchu	t_{od}	28	°C	návrh ($t_{od} = t_a$)
9	Chladicí výkon přiváděného vzduchu	Q_{pv}	0,13	kW	výpočet
10	Měrný výkon přiváděného vzduchu	q_{pv}	3,41	W/m ²	rovnice (4)

Potřebný chladicí výkon stropu

11	Měrná tepelná zátěž prostoru	q_c	66,1	W/m ²	rovnice (3)
12	Potřebný měrný výkon stropu	q_p	62,7	W/m ²	rovnice (5)
13	Dispoziční plocha chladicího stropu	S_{str}	28,2	m ²	rovnice (6)
14	Poměrné obložení stropu	a	0,715	–	rovnice (7)
15	Potřebný měrný výkon chladicího stropu	q_{str}	87,7	W/m ²	rovnice (9)

Parametry vody

16	Teplota přívodní vody	t_{w1}	16	°C	zvoleno
17	Teplotní spád	Δt_w	2	K	zvoleno
18	Teplota vratné vody	t_{w2}	18	°C	rovnice (10)
19	Teplota vratné vody	t_{ws}	17	°C	rovnice (11)

Součinitel prostoru

20	Součinitel tepelné zátěže	K_{tz}	1,30	–	rovnice (14)
21	Výškový součinitel	K_v	0,982	–	rovnice (15)
22	Součinitel konvekce	K_k	1,00	–	tabulka 2
23	Součinitel obložení stropu	K_{os}	1,00	–	rovnice (16)
24	Součinitel prostoru	K_p	1,27	–	rovnice (13)

Výkon chladicího stropu

25	Střední účinný rozdíl teplot	Δt	10	K	rovnice (1)
26	Normalizovaný výkon chladicího stropu	q_N	80,37	W/m ²	z podkladů výrobce (C a n)
27	Skutečný chladicí výkon stropu	q_{skut}	102,1	W/m ²	rovnice (12)

Úprava teploty přívodní vody tak aby $q_{skut} \approx q_{str}$

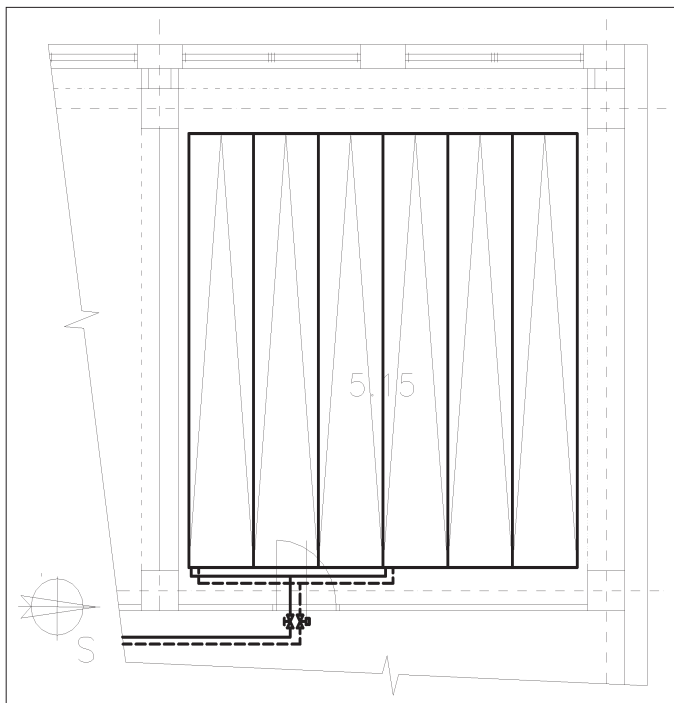
Porovnáním řádků 15 a 27 zjistíme, že navržený chladicí strop disponuje vyšším chladicím výkonem, než je ve skutečnosti potřeba. K přiblížení obou hodnot zvýšíme teplotu přívodní vody t_{w1} , čímž snížíme riziko orosování povrchu stropu.

28	Teplota přívodní vody	t_{w1}	17,2	°C	zvoleno
29	Teplota vratné vody	t_{w2}	19,2	°C	rovnice (10)
30	Střední teplota vody	t_{ws}	18,2	°C	rovnice (11)
31	Normalizovaný výkon chladicího stropu	q_N	69,72	W/m ²	výrobce
32	Skutečný chladicí výkon stropu po úpravě	q_{skut}	88,6	W/m ²	rovnice (12)
33	Kontrola q_{skut} vs. q_{str}				$q_{skut} \approx q_{str}$

Stanovení potřebného přivedeného chladicího výkonu a průtoku vody

34	Teplota v místnosti nad stropem	t_{ae}	28	dáno	
35	Redukovaný souč. prostupu tepla z chladicí vody do prostoru nad stropem	U_{red}	1,2	W/m ² K	dáno konstrukcí stropu (21)
36	Ztrátový tepelný tok	q_{ztr}	11,76	W/m ²	rovnice (20)
37	Celkový přivedený tepelný tok	q_{ch}	99,4	W/m ²	rovnice (22)
38	Hmotnostní tok chladicí vody	M_w	1205	kg/h	rovnice (23)

Na obr. 6 je znázorněn plán pokládky a schéma zapojení rohoží na potrubní rozvod vč. uzavírací a regulační armatury. Vzhledem k toleranci délkových rozměrů se rohože většinou neumísťují až do krajů místnosti. Kapilární rohože bývají zapojeny maximálně tři do série většinou Tichelmannovým okruhem.



Obr. 6 Schéma kanceláře vč. plánu pokládky chladicího stropu (rohoží)

ZÁVĚR

Dimenzování chladicích stropů je, v porovnání s dimenzování klimatizačních systémů s konvekčním přenosem tepla, poněkud specifické. Uvedený výpočetní postup koriguje normalizovaný výkon chladicího stropu (panelů) součinitelem prostoru, který vychází z empiricky zjištěných hodnot (zahrnuje vliv odlišné výšky místnosti, vliv obložení stropu, vliv způsobu větrání a vliv citelné tepelné zátěže z venkovního prostředí na výměnu tepla sáláním mezi vnitřním povrchem vnější stěny a chladicím stropem). Skutečný výkon chladicího stropu tak ve většině případů není roven normalizovanému chladicímu výkonu měřenému na základě EN 14240, naopak může se podstatně lišit.

SEZNAM VELIČIN

- a poměr využití plochy stropu [-]
- c měrná tepelná kapacita vzduchu [J/kgK]
- c_w měrná tepelná kapacita vody [J/kgK]
- C konstanta [-]
- H výška místnosti [m]
- H_p šířka chladicího panelu [m]
- K_k součinitel konvekce [-]
- K_{os} součinitel obložení stropu [-]
- K_p konstanta prostoru [-]
- K_{tz} součinitel tepelné zátěže [-]
- K_v výškový součinitel [-]
- L délka místnosti [m]
- L_p délka chladicího panelu [m]
- M_w hmotnostní tok chladicí vody [kg/s]
- n exponent [-]
- n_s počet simulátorů tepelné zátěže [-]
- n_p počet chladicích panelů [-]
- Q_c citelná tepelná zátěž od vnitřních zdrojů tepla [W]
- Q_{ci} citelná tepelná zátěž od vnitřních zdrojů tepla [W]
- Q_{ce} citelná tepelná zátěž z venkovního prostředí [W]
- Q_p chladicí výkon stropu [W]
- Q_{pv} citelný chladicí výkon přiváděného vzduchu [W]
- Q_{str} potřebný výkon chladicího stropu [W]
- q_e měrná citelná tepelná zátěž od vnitřních zdrojů tepla [W/m²]
- q_{ch} celkový přivedený měrný chladicí výkon [W/m²]
- q_N normalizovaný chladicí výkon stropu [W/m²]
- q_p měrný výkon stropu [W/m²]
- q_{pv} měrný citelný chladicí výkon přiváděného vzduchu [W/m²]
- q_{str} měrný výkon chladicího stropu [W/m²]
- q_{skut} skutečný výkon chladicího stropu [W/m²]
- q_{ztr} měrný ztrátový tepelný tok [W/m²]
- s_i tloušťka vrstvy [m]
- S_{str} plocha chladicího stropu [m²]
- S_p celková plocha podlahy (= stropu) [m²]
- S_{prv} plocha prvku vmontovaného do stropu [m²]
- t_a teplota vnitřního vzduchu [°C]
- t_{ae} teplota vzduchu v místnosti nad stropem [°C]
- t_i referenční teplota v místnosti (výsledná teplota) [°C]
- t_p teplota přiváděného vzduchu [°C]
- t_{od} teplota odváděného vzduchu [°C]
- t_{w1} teplota přívodní vody [°C]
- t_{w2} teplota vratné vody [°C]
- t_{ws} střední teplota vody [°C]
- $U_{red, str}$ redukovaný součinitel prostupu tepla stropem [W/m²K]
- V_p množství přiváděného vzduchu [m³/s]
- W_m šířka místnosti
- α_{pdl} součinitel přestupu tepla podél podlahy v místnosti nad stropem [W/m²K]
- λ součinitel tepelné vodivosti [W/mK]
- ρ hustota vzduchu [kg/m³]
- Δt střední účinný rozdíl teplot [K]
- Δt_w teplotní rozdíl přívodní a vratné vody [K]

Kontakt na autora: Vladimír.Zmrhal@fs.cvut.cz

Příspěvek byl napsán s podporou výzkumného záměru MSM 6840770011
Technika životního prostředí.

Použité zdroje:

- [1] ASHRAE Handbook 1996 Systems and Equipment. 1996, Atlanta: ASHRAE. ISBN – 1-883413-35-4
- [2] FERSTL, K. Klimatizačné zariadenia so sálavým cladením, TSB Haustechnik, 1999, Bratislava, č. 1–6, s. 78–84, 40–43, 33–37, 13–16, 30–35, 6–10.
- [3] KOCHENDORFER, CH. Standardized testing of cooling panels and their use in system planning. In ASHRAE Transactions, 1996, vol. 102(1), pp. 651–658.

- [4] ČSN 73 0548: 1985 Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů, Úřad pro normalizaci a měření, Praha 1985
- [5] ČSN EN 14240: 2004 Ventilation for Buildings – Chilled ceilings – Testing and rating. Český normalizační institut 2004
- [6] DIN 4715-1: 1997, Raumkühlflächen; Teil 1: Leistungsmessung bei freier Strömung Prüfregelein. Deutsches Institut für Normung.
- [7] BEKA. Product Data Sheets – Technical information, Projekční podklady dostupné z domovských stránek: <<http://www.beka-klima.de>>
- [8] Frenger systems. Domovské stránky – Testing facilities. Dostupné z <<http://www.frenger.co.uk>> ■

Vnútorná klíma budov 2006

V listopadu 2006 se v Tatranské Lomnici konal již 17. ročník této konference, tentokrát s podtitulem Kvalita vnútorného vzduchu verzus energetická náročnosť. Organizátorem byla – jako každoročně – Slovenská spoločnosť pre techniku prostredia a Stavebná fakulta STU Bratislava, tradičným organizačným garantem byl prof. Ing. Dušan Petráš, PhD.

Čeští účastníci jsou vítanými hosty a požívají některých výhod, vyhrazených slovenským účastníkům (např. při platbě vložného).

Ve svém 17. ročníku proběhlo jednání konference v pěti odborných sekcích:

1. Kvalita vnitřního vzduchu versus energetická náročnosť (6 sdělení),
2. Fyzikální složky vnitřního klimatu budov (6 sdělení),
3. Chemické složky vnitřního klimatu budov (6 sdělení),
4. Stavební materiály a konstrukce (7 sdělení),
5. Provoz techniky prostředí (5 sdělení).

Ve druhé sekci odezněl (přednesen Ing. Mathauserovou) příspěvek autorek Mathauserová – Lajčíková: Vliv změny využití vnitřního prostoru na parametry vnitřního prostředí. V příspěvku jsme upozornily na hygienické problémy, které nastávají po rekonstrukcích, modernizacích, či po dispozičních úpravách (zejména v případě změny majitele objektu), nebo navýšení počtu pracovníků bez zásahu do systému větrání. Pracovní prostory, navržené včetně větrání pro určitou pracovní operaci a určitý počet pracovních míst jsou v praxi často využívány jinak, než předpokládal

projektant. V extrémních případech (jedna pražská redakce) lidé raději pracují doma a na pracoviště přináší hotové výsledky své práce s tím, že pracovní interiér je nevhodně osvětlený, špatně vyvětráný a hlučný, takže se v něm pracovat vlastně ani nedá. Příspěvek vzbudil živou diskusi a ukázalo se, že stejné problémy řeší i slovenští kolegové.

V letošním roce měla konference komorní charakter, účastnilo se kolem 40 osob, odeznělo 30 odborných sdělení, jejichž plné texty jsou otištěny ve sborníku. Pro všechny potěšitelná je stoupající účast mladých pracovníků, zejména doktorandů slovenských a českých vysokých škol. Rádi se setkáváme se slovenskými kolegy – akce spojuje hygieniky, epidemiology, architektky, projektanty a techniky různého zaměření z vysokých škol i praxe. Účastníci uctili památku zesnulého prof. P. O. Fangera – vzpomínku připravil prof. Petráš. Byli také informováni o průběhu konference Healthy Buildings 2006 v Lisabonu - informativní sdělení přednesla prof. Šenitková.

Na konferenci se prezentoval generální sponzor – firma ABC Klíma s. r. o., Bratislava, vedoucí firma oboru na slovenském trhu.

Jak už je dobrým zvykem, prof. Petráš opět zajistil krásné počasí, takže jsme se při procházkách aspoň krátce nadýchali vysokohorského vzduchu a poobdivovali majestátné vrcholky Tater. Příští, už 18. konference Vnútorná klíma budov se bude konat jako mezinárodní a uskuteční se koncem listopadu 2007 na Štrbském Plese. Pozváním na tuto akci prof. Petráš 17. konferenci uzavřel.

(Laj)