

Jak volit tlakovou diferenci při výpočtu přednastavení termostatických ventilů

Miloš Bajgar

Autor se ve svém příspěvku zabývá volbou stanovení minimální tlakové difference pro návrh termostatického ventilu za podmínek, kdy jsou většinou známy pouze velikosti otopných ploch. Ostatní údaje, jako dimenze stoupaček apod., vesměs nejsou k dispozici. Na základě stanovení reálné tlakové ztráty stoupačky, odpovídající současnému stavu a povolenému rozptylu průtoku mezi jednotlivými tělesy na stoupačce, pak odvozuje minimální tlakovou diferenci požadovanou pro příslušný termostatický ventil a zároveň potřebnou tlakovou diferenci na patě příslušné stoupačky. V dalším kroku pak ukazuje postup při stanovení tlakové difference zpracovávané termostatickým ventilem tak, aby pro každé otopné těleso byl dodržen požadovaný hmotnostní průtok již bez povoleného rozptylu průtoku po výšce stoupačky. Vzhledem k tomu, že v řadě panelových domů jsou již termostatické ventily na hranici životnosti a zřejmě nastane nutnost jejich masové výměny, považuji tento příspěvek za klíčový a zásadní pro přesnější, a tedy správný návrh nastavení předregulace TRV ventilů, než se dělo v minulosti, kdy se většinou nastavení předregulace provádělo zkusmo, nebo častěji neprovádělo vůbec.

Recenzent: Zdeněk Číhal

Z historie návrhu tlakové difference

Projekty termostatických ventilů (TRV), a s tím souvisejících opatření na vyvážení otopné soustavy, navrhují projektanti již bezmála 40 let. V mnoha případech ne způsobem, který by byl schopen zajistit bezproblémovou funkci otopné soustavy. Mnozí projektanti nemají dostatek informací o tom, proč někdo pro jmenovitý průtok otopným tělesem navrhuje tlakovou ztrátu pro spodek TRV 0,5 kPa, jiný 5 kPa a další třeba 10 nebo 20 kPa.

Tento článek se zabývá volbou optimální hodnoty tlakové difference pro výpočet nastavení ventilových spodků TRV.



Měření hydraulických charakteristik ventilů, tj. průtoku a tlakové difference působící na ventilový spodek TRV, bylo na stoupačkách otopných soustav v zahraničí prováděno s cílem potvrdit nebo vyloučit, zda jednou zvolená tlaková difference, například 5 kPa, skutečně působí stejně na všechny ventily na stoupačce.

Měření průtoku a diferenčního tlaku bylo prováděno v zahraničí na termostatických ventilech s měřicími nástavci. Výsledek měření byl překvapivý.

Ukázalo se, že zvolená tlaková difference není u všech ventilů na stoupačce stejná, jak se předpokládalo. Působí jen v hydronickém středu stoupačky, s každým vyšším podlažím klesá, s každým nižším podlažím stoupá. Díky tomu mají otopná tělesa v nejnižším podlaží vyšší průtok než jmenovitý, v nejvyšším podlaží způsobuje menší průtok menší dodávku tepla, než se předpokládalo.

Jak se navíc ukázalo, rozptyl těchto hodnot, tedy kolísání průtoku, neby-

lo všude stejné. Záviselo nejenom na hodnotě volené tlakové difference, ale i na výšce otopné soustavy.

Hodnoty získané měřeními daly podnět k řešení otázky, zda je možné stanovit takové výpočetní postupy, které by mohly naměřené hodnoty nahradit.

Nový pohled na výpočet přednastavení termostatických ventilů

V současné době dožívá velký počet termostatických ventilů, zejména v panelových domech. Budou nahrazeny ventily novějšími, s progresivnější konstrukcí. Zejména projektantům by mělo jít o to, aby při jejich výměně nebyly opakovány nedostatky z minulých let, nebo v horším případě, aby do otopných soustav nebyly instalovány ventily s plným otevřením ventilového spodku, tedy ve stavu, v jakém je instalátorská firma v obchodě nakoupila.

Předkládaný způsob výpočtu pracuje s pojmy, jako je výška otopné soustavy, samotížný vztlak, tlaková ztráta stoupačky a její měrný hydronický odpor.

Výška otopné soustavy

Výška otopné soustavy je dána počtem podlaží a konstrukční výškou. Měří se od vyvažovacího ventilu na patě stoupačky ke středu prvního otopného tělesa na stoupačce (přibližně 1 m) a dál s přičtením konstrukční výšky.

V dále uváděném příkladu se uvažuje s objektem, který má 10 nadzemních podlaží a konstrukční výšku 3 m. Výška otopné soustavy je pak $1 + (9 \cdot 3) = 28$ m.

Samotížný vztlak [kPa]

Samotížný tlak vzniká rozdílem teplot mezi přírodním a zpětným potrubím. Jeho velikost se v průběhu topné sezony mění. Abychom ho mohli zahrnout do výpočtu, musíme uva-

žovat s jeho průměrnou hodnotou. Pro otopnou soustavu s parametry 90/70 °C je samotížný vztlak, při venkovní výpočtové teplotě -12 °C roven 122,4 Pa · m⁻¹. Na konci topného období s vyšší venkovní teplotou, kdy je nižší teplota otopné vody, činí samotížný vztlak jen 22,3 Pa · m⁻¹. Průměrná hodnota vztlaku je pak 72,3 Pa · m⁻¹. Průměrnou hodnotu samotížného vztlaku můžeme počítat i jiným způsobem, například pro parametry otopné vody při průměrné venkovní teplotě. Jak uvidíme dále, není to ale podstatné.

Skutečný průměrný vztlak, ověřený praxí je nižší, jen cca 50 Pa · m⁻¹. Je to dáno tím, že dostatečná teplota otopné vody při venkovní výpočtové teplotě -12 °C dosahuje u nezateplených panelových domů jen cca 72 °C, nikoliv projektovaných 90 °C, u zateplených objektů je tato teplota ještě o cca 10 K nižší. Průměrný samotížný vztlak se u zateplených objektů pohybuje jen okolo 38 Pa · m⁻¹.

Tlaková ztráta stoupačky a její měrný hydronický odpor

U nových objektů, u kterých známe dimenze potrubí stoupačky, si můžeme tlakovou ztrátu stoupačky spočítat. Ta je během provozu částečně kompenzována samotížným vztlakem. Tlaková ztráta stoupačky minus samotížný vztlak nám dává hodnotu tlakové difference, kterou musíme na patě stoupačky připočítat k volené tlakové difference pro TRV.

U stávajících objektů, u kterých navrhujeme nové TRV, obvykle dimenze potrubí stoupaček neznáme. Pomůžeme si proto měrným hydronickým odporem stoupačky R [Pa · m⁻¹], který v sobě bude zahrnovat i korekci na samotížný vztlak. Jde o snahu, jak z nějakých, ne zcela přesných vstupních údajů dosáhnout relativně přesný výsledek.

Pro teplotní spád 20 K, dimenzi potrubí v rozmezí DN15 až DN32 a výkon stoupačky v rozmezí 4 až 37 kW jsou rychlosti proudění a hydronický odpor v jedné trubce stoupačky přibližně podle následující tabulky:

Teplotní spád 20 K			
kW	DN	w [m · s ⁻¹]	R [Pa · m ⁻¹]
4	15	0,24	68
10	20	0,34	85
17	25	0,36	72
37	32	0,45	77
Průměr			75,5

Průměrnou měrnou hodnotu tlakové ztráty jedné trubky stoupačky budeme v dalším uvažovat 75 Pa · m⁻¹, pro dvě trubky stoupačky pak 150 Pa · m⁻¹.

Odečteme-li od této hodnoty samotížný vztlak, zde například 50 Pa · m⁻¹ je možné uvažovat s potřebnou měrnou tlakovou ztrátou pro stoupačku $R = 100$ Pa · m⁻¹, a celkovou ztrátou vlastní stoupačky, například pro osmipodlažní objekt,

$$R \cdot L_c = 100 \cdot 28 / 1000 = 2,8 \text{ kPa.}$$

Kde:

R [Pa · m⁻¹] měrná tlaková ztráta stoupačky

L_c [m] délka stoupačky

Tlaková difference na patě stoupačky

Na patě stoupačky je potřeba udržovat tlakovou diferenci, která se rovná součtu volené tlakové difference pro termostatické ventily, například 10 kPa a tlakové ztráty stoupačky:

$$\begin{aligned} \Delta H_{st} &= \Delta H_0 + R \cdot L \\ &= 10 + (100 \cdot 28 / 1000) \\ &= 12,8 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Kde:

ΔH_{st} [kPa] požadavek na tlakovou diferenci na patě stoupačky za vyvažovacím ventilem

ΔH_0 [kPa] volená tlaková difference pro TRV

Volba ΔH_0

Metoda stejné tlakové difference pro všechna otopná tělesa na stoupačce má svá omezení. Může být použita v případě, pokud vzdálenost měřená od vyvažovací armatury na vodorovném rozvodu a osou posledního otopného tělesa L_c [m] na stoupačce nebude větší, než vzdálenost L_{max} určená podle empirického vztahu:

$$L_{max} = 22 \cdot \Delta q \% \cdot \Delta H_0 / R \quad (1)$$

Kde:

L_{max} [m] vzdálenost mezi vyvažovacím ventilem stoupačky a posledním otopným tělesem na stoupačce

Δq [%] kolísání průtoku, které připustíme

ΔH_0 [kPa] diferenční tlak v hydronickém středu stoupačky

R [Pa · m⁻¹] tlaková ztráta stoupačky (s odečtem samotíže)

Pokud připustíme kolísání teploty vnitřního vzduchu přibližně 1 K, může se výpočtový průtok měnit v rozmezí $\Delta q = \pm 20$ %.

Vztah (1) dává optimální výsledky s malou rezervou. V dalším textu bude odvozen vztah (8), který dává přesnější výsledky.

Po vložení vstupních údajů do tabulky v Excelu kontrolujeme, zda je

▼ Tab. 1 ●

Vstupní údaje 10 podlaží		80/60 °C	
Povolené kolísání průtoku	Δq [%]	20	Vložit
Zvolený tlak prop RTV	ΔH_0 [kPa]	10	Vložit
Měrná tlaková ztráta stoupačky	R [Pa · m ⁻¹]	100	Vložit
Počet podlaží	[-]	10	Vložit
Konstrukční výška	[m]	3	Vložit
Délka stoupačky (1+9 · 3)	L_c [m]	28	
Tlaková ztráta stoupačky	$R \cdot L_c$ [kPa]	2,8	
Tlak na RDT na patě stoupačky	kPa	12,8	
Maximální délka stoupačky	$L_{max} \geq L_c$	44	Splněno

maximální délka stoupačky větší jak její délka skutečná. V kladném případě můžeme metodu stejné tlakové difference pro všechny TRV použít.

Jaké bude rozložení průtoků [%] a tlakové difference působící na TRV v jednotlivých podlažích vidíme v tabulce 2:

▼ Tab. 2 ●

Podlaží	Průtok [%]	ΔH_i [kPa]
1	112	12,6
2	110	12,0
3	107	11,4
4	104	10,8
5	101	10,2
6	98	9,6
7	95	9,0
8	92	8,4
9	88	7,8
10	85	7,2

V nejnižším podlaží působí tlaková difference 12,6 kPa, díky které je průtok na úrovni 112 %. V nejvyšším podlaží působí tlaková difference jen 7,2 kPa, díky které je průtok na úrovni 85 %.

Česká legislativa, která vychází z vyhlášky č. 193/2007 Sb. §7 odst. 6, povoluje kolísání průtoku obecně jen Δq [%] = 15 %. Vložíme-li do rovnice (1) Δq % = 15 a ΔH_0 = 5 kPa vidíme, že není splněna podmínka $L_{\max} \geq L$, viz tabulka 3.

Posupným vkládáním hodnot ΔH_0 zjistíme, minimální tlaková difference,

▼ Tab. 4 ●

Vstupní údaje 10 podlaží	80/60 °C		
Povolené kolísání průtoku	Δq [%]	15	Vložit
Zvolený tlak prop RTV	ΔH_0 [kPa]	8,5	Vložit
Měrná tlaková ztráta stoupačky	R [Pa · m ⁻¹]	100	Vložit
Počet podlaží	[-]	10	Vložit
Konstrukční výška	[m]	3	Vložit
Délka stoupačky (1+9 · 3)	L_c [m]	28	
Tlaková ztráta stoupačky	$R \cdot L_c$ [kPa]	2,8	
Tlak na RDT na patě stoupačky	kPa	11,3	
Maximální délka stoupačky	$L_{\max} \geq L_c$	28,1	Splněno

při které bude splněna podmínka $L_{\max} \geq L$ je 8,5 kPa – viz tabulka 4.

Rovnice (1) může být upřesněna na základě následujících vztahů:

Pro poslední radiátor na stoupačce bude průtok jen:

$$100 \cdot \sqrt{\frac{\Delta H_{\min}}{\Delta H_0}} = 100 \cdot \sqrt{\frac{7,2}{10}} = 85 \% \quad (2)$$

Rozdíl, mezi jmenovitým a skutečným průtokem bude:

$$100 \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{\Delta H_{\min}}{\Delta H_0}}\right) = 100 \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{7,2}{10}}\right) = 15 \% = \Delta q \quad (3)$$

Při vyjádření v poměrných číslech musí platit:

$$\sqrt{\frac{\Delta H_{\min}}{\Delta H_0}} = 1 - \frac{\Delta q}{100} = 1 - \frac{15}{100} = 0,85 \quad (4)$$

Umocněním rovnice (4) dostaneme rovnici (5):

$$\begin{aligned} \frac{\Delta H_{\min}}{\Delta H_0} &= 1 - \frac{2 \cdot \Delta q}{100} + \left(\frac{\Delta q}{100}\right)^2 = \\ &= 1 - \frac{2 \cdot 15}{100} + \left(\frac{15}{100}\right)^2 = \\ &= 1 - 0,3 + 0,0225 = 0,72 \end{aligned} \quad (5)$$

Současně musí platit:

$$\begin{aligned} \frac{\Delta H_{\min}}{\Delta H_0} &= 1 - \frac{R \cdot L_{\max}}{1000 \cdot \Delta H_0} = \\ &= 1 - \frac{100 \cdot 28}{1000 \cdot 10} = 0,72 \end{aligned} \quad (6)$$

Při vložení konkrétních hodnot vidíme, že oba dva vztahy dávají stejný výsledek. Toho využijeme k porovnání obou rovnic:

$$1 - \frac{R \cdot L_{\max}}{1000 \cdot \Delta H_0} = 1 - \frac{2 \cdot \Delta q}{100} + \left(\frac{\Delta q}{100}\right)^2 \quad (7)$$

Řešení rovnice (7):

$$-\frac{R \cdot L_{\max}}{1000 \cdot \Delta H_0} = -\frac{2 \cdot \Delta q}{100} + \left(\frac{\Delta q}{100}\right)^2$$

$$\frac{R \cdot L_{\max}}{1000 \cdot \Delta H_0} = \frac{2 \cdot \Delta q}{100} - \left(\frac{\Delta q}{100}\right)^2$$

$$\frac{R \cdot L_{\max}}{1000 \cdot \Delta H_0} = \frac{\Delta q}{100} \cdot \left(2 - \frac{\Delta q}{100}\right)$$

$$L_{\max} = \frac{1000 \cdot \Delta H_0}{R} \cdot \frac{\Delta q}{100} \cdot \left(2 - \frac{\Delta q}{100}\right)$$

Dostaneme výsledný vztah (8):

$$L_{\max} = \frac{\Delta H_0}{R} \cdot \Delta q \cdot \left(20 - \frac{\Delta q}{10}\right) \quad (8)$$

Porovnání vztahu (1) a (8)

Jak již bylo uvedeno, dává empirický vztah (1) optimální výsledky s malou rezervou pro rychlý odhad tlakové difference ΔH_0 [kPa]. Použít

▼ Tab. 3 ●

Vstupní údaje 10 podlaží	80/60 °C		
Povolené kolísání průtoku	Δq [%]	15	Vložit
Zvolený tlak prop RTV	ΔH_0 [kPa]	5	Vložit
Měrná tlaková ztráta stoupačky	R [Pa · m ⁻¹]	100	Vložit
Počet podlaží	[-]	10	Vložit
Konstrukční výška	[m]	3	Vložit
Délka stoupačky (1+9 · 3)	L_c [m]	28	
Tlaková ztráta stoupačky	$R \cdot L_c$ [kPa]	2,8	
Tlak na RDT na patě stoupačky	kPa	7,8	
Maximální délka stoupačky	$L_{\max} \geq L_c$	16,5	Nesplněno

vá se v zejména případech, kdy nejsou známy dimenze stoupaček a jejich tlakové ztráty. Vychází se převážně z měrného hydronického odporu $100 \text{ Pa} \cdot \text{m}^{-1}$.

Pro $\Delta q = 15 \%$ a konstrukční výšku 2,8 m lze vztah (1)

$$L_{\max} = 22 \cdot \Delta q\% \cdot \Delta H_0 / R$$

zjednodušit a vypočítat minimální tlakovou diferenci potřebnou pro zadaný počet podlaží:

Počet NP	Výška OS [m]	$\Delta H_0 \text{ min}$ [kPa]
4	9,4	2,8
5	12,2	3,7
6	15,0	4,5
7	17,8	5,4
8	20,6	6,2
9	23,4	7,1
10	26,2	7,9
11	29,0	8,8
12	31,8	9,6

O něco složitější vztah (8) je přesnější, používá se zejména při známé hodnotě R [$\text{Pa} \cdot \text{m}^{-1}$] stoupačky.

Současně používaná metoda, při které byla tlaková diference volena prakticky libovolně, neumožňuje mít zpětnou vazbu a dovědět se, s jakou nepřesností v průtoku do radiátorů se vlastně pracuje.

Popsaná metoda výpočtu byla předchozím postupem upřesněna takovým způsobem, aby ji bylo možné použít pro stejný tlakový rozdíl ΔH_0 pro všechna otopná tělesa na stoupačce a současně bylo zabezpečeno zvolené, tj. minimálně požadované kolísání průtoku. Již to samo o sobě znamená podstatné zpřesnění výpočtu přednastavení TRV.

Jsou popsány rozdíly v průtocích na stoupačce nutné?

Řekněme rovnou, že nejsou. Když se podle předchozích výpočtů dala stanovit předem tlaková diference působící v jednotlivých podlažích domu, pak musí existovat způsob jak zajistit, aby všechny radiátory na stoupačce měly právě jmenovitý průtok.

Tak vznikla další metoda, která je schopna zajistit kolísání průtoku mezi otopnými tělesy na stoupačce s teoretickou nepřesností $\pm 0 \%$! Je tedy mnohem dokonalejší, než metoda předchozí.

Nevýhodou se může jevit jen rozdílná tlaková diference ΔH_i pro jednotlivá podlaží, která je do značné míry kompenzována snadným výpočtem v Excelu.

Novější metoda je založena na předpokladu variabilní tlakové difference ΔH_0 pro jednotlivá podlaží objektu. Variabilní tlakovou diferencí se rozumí stav, kdy na otopná tělesa v každém podlaží působí jiná tlaková diference, ale vždy stejná pro jedno podlaží.

Pokud jsou tlakové ztráty ve stoupačce významné, maximální délka stoupačky je velmi omezená. U $R = 100 \text{ Pa} \cdot \text{m}^{-1}$ postačí tlaková diference $\Delta H_0 = 10 \text{ kPa}$, u $R = 200 \text{ Pa} \cdot \text{m}^{-1}$ je to již 17 kPa. A právě proto je metoda variabilní tlakové difference doporučena ve všech případech, ve kterých tlakovou ztrátu stoupačky neznáme.

Diferenční tlak aplikovaný na každé otopné těleso může být vypočten podle rovnice (9):

$$\Delta H_i = \Delta H_0 + \frac{R \cdot L_{\max} - 2 \cdot R \cdot L_i}{1000} \quad (9)$$

Kde:

ΔH_i [kPa] je dispoziční tlaková diference v kPa pro TRV v i-tém podlaží

L_i [m] vzdálenost mezi vyvažovacím ventilem a středem otopného tělesa na stoupačce v i-tém podlaží

Pro výpočet potřebné K_v hodnoty je hodnota ΔH_i spočtena pro každé podlaží samostatně tímto způsobem:

$$\begin{aligned} \Delta H_1 &= \\ &= \Delta H_0 + ((R \cdot L) - (2 \cdot R \cdot L_1)) / 1000 = \\ &= 10 + ((100 \cdot 28) - (2 \cdot 100 \cdot 1)) / 1000 \\ &= 12,6 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_2 &= \\ &= \Delta H_0 + ((R \cdot L) - (2 \cdot R \cdot L_2)) / 1000 = \\ &= 12,0 \text{ kPa} \end{aligned}$$

atd., dále viz tabulka 5.

Z tabulky 5 je vidět, že při stejném výkonu i průtoku otopnými tělesy na stoupačce jsou v jednotlivých podlažích jiné K_v hodnoty a jiná nastavení ventilových spodků. V nejnižším podlaží je $K_v = 0,18$, s každým vyšším podlažím se hodnota K_v zvyšuje, stejně jako se zvyšuje stupeň nastavení průtočného průřezu ventilovým spodkem. Výsledkem je teoreticky 100% průtok všemi otopnými tělesy na stoupačce.

Také si můžeme všimnout, že zvolená tlaková diference 10 kPa se skutečně nachází v hydronickém středu stoupačky.

V tabulce 6 je porovnání obou metod. Metoda konstantní tlakové difference pro všechna otopná tělesa na stoupačce je porovnána s metodou variabilní tlakové difference pro jednotlivá podlaží.

▼ Tab. 5 ●

10 Podlaží		ΔH_0 [kPa] 10				
Podlaží	L_i [m]	ΔH	Q [W]	M [$\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$]	$K_v (\Delta H)$	Průtok [%]
1	1	12,6	1500	0,018	0,18	100
2	4	12,0	1500	0,018	0,19	100
3	7	11,4	1500	0,018	0,19	100
4	10	10,8	1500	0,018	0,20	100
5	13	10,2	1500	0,018	0,20	100
6	16	9,6	1500	0,018	0,21	100
7	19	9,0	1500	0,018	0,22	100
8	22	8,4	1500	0,018	0,22	100
9	25	7,8	1500	0,018	0,23	100
10	28	7,2	1500	0,018	0,24	100

▼ Tab. 6 ●

10 Podlaží		ΔH_0 [kPa] 10						
Podlaží	L_i [m]	ΔH	Q [W]	M [kg/s]	K_v [m ³ · h ⁻¹]	Průtok [%]	$K_v (\Delta H)$	Průtok [%]
1	1	12,6	1500	0,018	0,20	112	0,18	100
2	4	12,0	1500	0,018	0,20	110	0,19	100
3	7	11,4	1500	0,018	0,20	107	0,19	100
4	10	10,8	1500	0,018	0,20	104	0,20	100
5	13	10,2	1500	0,018	0,20	101	0,20	100
6	16	9,6	1500	0,018	0,20	98	0,21	100
7	19	9,0	1500	0,018	0,20	95	0,22	100
8	22	8,4	1500	0,018	0,20	92	0,22	100
9	25	7,8	1500	0,018	0,20	88	0,23	100
10	28	7,2	1500	0,018	0,20	85	0,24	100

První metoda s modrými hodnotami, druhá metoda s hodnotami červenými. Zatímco u první metody jsou všechny K_v hodnoty stejné, u druhé metody je stejná K_v hodnota jen v hydronickém středu stoupačky, ostatní hodnoty se liší.

Volba počáteční tlakové difference

V případě novější metody výpočtu s rozdílnou tlakovou diferencí v jednotlivých podlažích nemusí být volba tlakové difference v hydronickém středu stoupačky závazná. Jde jen o její optimální hodnotu. Podívejme se, jak se změní průtoky a K_v hodnoty při poklesu ΔH_0 z původních 10 kPa na 5 kPa – viz tabulka 7.

Pro stejně velká otopná tělesa vidíme větší rozptyl K_v hodnot (0,23 – 0,43), oproti původním hodnotám 0,19 – 0,24.

Nejvýznamnějším přínosem předkládané metody, založené na předpokladu variabilní tlakové difference, je teoreticky 100% průtok u všech otopných těles *na stoupačce*. Ten se může měnit jen vlivem odchylky samotížného vztaku od průměrné hodnoty, která byla zahrnuta do výpočtu měrné tlakové ztráty stoupačky R [Pa · m⁻¹].

Při teplotě vstupní vody cca 72 °C (nebo nižší) je vliv změny samotížného vztaku na výpočet nevýznamný.

Co mají obě metody stejné, je rozložení tlakové difference v jednotlivých podlažích. Zatímco první metoda této skutečnosti nevyužívá, ta druhá ano.

Obdobným způsobem je možné navrhnout nastavení ventilových spodků termostatických ventilů pro jakýkoliv počet podlaží řešeného objektu, jen s použitím tabulky 1 a rovnic (1) a (8).

Závěr

Popsaná metoda výpočtu přednastavení TRV umožňuje v dnešní době významným způsobem upřesnit výpočet, i u objektů, u kterých nejsou známy dimenze stoupaček.

▼ Tab. 7 ●

10 Podlaží		ΔH_0 [kPa] 5						
Podlaží	L_i [m]	ΔH	Q [W]	M [kg/s]	K_v [m ³ · h ⁻¹]	Průtok [%]	$K_v (\Delta H)$	Průtok [%]
1	1	7,6	1500	0,018	0,20	87	0,23	100
2	4	7,0	1500	0,018	0,20	84	0,24	100
3	7	6,4	1500	0,018	0,20	80	0,25	100
4	10	5,8	1500	0,018	0,20	76	0,27	100
5	13	5,2	1500	0,018	0,20	72	0,28	100
6	16	4,6	1500	0,018	0,20	68	0,30	100
7	19	4,0	1500	0,018	0,20	63	0,32	100
8	22	3,4	1500	0,018	0,20	58	0,35	100
9	25	2,8	1500	0,018	0,20	53	0,39	100
10	28	2,2	1500	0,018	0,20	47	0,43	100

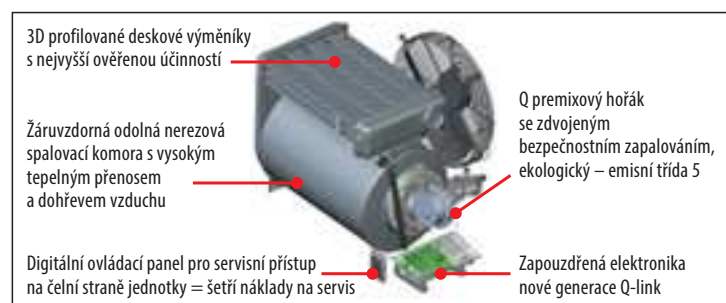
3 generace a 50 let vývoje = kvalita a úspora v provozních nákladech



Všechna zařízení ApenGroup (4heat) pracují s komunikačním rozhraním MOD BUS a digitální komunikací přes webové rozhraní Smart WEB. Ve III. generaci jsou ohřívače **vybaveny digitálním řízením výkonu, autodiagnostikou** s více jak 140 provozními a výkonnostními parametry. Nyní možnost výměny starých ohřívačů vzduchu s programem **KalorFIN** nebo **využití Šrotovného** – více informací naleznete na www.4heat.cz

❑ firemní

- ✚ účinnost 108 % při nízkých NOx < 18 ppm, CO₂ < 5ppm
- ✚ stálou kondenzací šetříte peníze každou minutu
- ✚ úspora topných nákladů až 50 %
- ✚ ověřená dlouhá životnost s nerezovým výměníkem
- ✚ záruka až 10 let
- ✚ digitální displej na čelní straně ohřívače
- ✚ provozní a poruchové stavy - 140 parametrů
- ✚ MODBUS a řízení přes web pomocí Smart WEB a Smart EASY
- ✚ náhradní díly, servis24 a technická podpora v ČR a SR



Do výpočtu přednastavení mohou být teoreticky zahrnuty i jiné vlivy, které by mohly na jedné straně výpočet udělat možná o něco málo přesnější, na straně druhé učinit výpočet mnohem složitějším a pro běžné projektanty nedostupným.

Bylo by možné například počítat s ochlazováním otopné vody ve stoupačce a nižší teplotu vody ve vyšších podlažích kompenzovat vyšším průtokem. To by mohlo mít smysl jen v případě výpočtu novou metodou. Zatím však vliv mírně klesající teploty otopné vody na zpřesnění kolísání průtoku nebyla prokázána ani měřením, ani nebyla publikována ve formě, která by umožnila její praktické využití.

Zásadní výhodou obou popsaných metod je skutečnost, že projektant bude vědět, s jakou přesností průtoku počítá. To u běžných výpočetních programů obvykle neví. Počítat přednastavení termostatických

ventilů bez znalosti dimenzí potrubí stoupaček, navíc s podstatně vyšší přesností, je hlavní devizou tohoto článku.

Ke stoprocentnímu užítku popsané metody je potřeba zajistit přesné nastavení topné křivky. U převažujících čtyřtrubkových rozvodů tepla to bude možné jen v případě osazení směšovacích stanic na vstupu do objektu.

Literatura

- [1] PETITJEAN, Robert: *L'équilibre Hydraulique global*, 1994.
- [2] PETITJEAN, Robert: *Total hydronic balancing*, 2012.
- [3] JAUSCHEWITZ, Rudolf: *Srdce teplovodního topení – hydraulika*. Wien: Herz Armaturen, 2004. 144 s.
- [4] RUBINOVÁ, Olga – RUBINA, Aleš: *100+1 příklad z techniky prostředí*. Brno: VUT FAST 2011. 170 s.
- [5] Vyhláška č. 193/2007 Sb. *kteou se stanoví podrobnosti účinnosti užití ener-*

gie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu
[6] www.tzb-info.cz: Topení – Hydraulika 2004 a další články

Autor: **Ing. Miloš Bajgar,**
Vytápění – znalecká a projektová kancelář, Praha;
člen redakční rady Topenářství instalace

Recenzent: **Ing. Zdeněk Číhal,**
samostatný projektant, Praha;
člen redakční rady Topenářství instalace

How to choose the pressure difference in the calculation of presetting of thermostatic valves

The author deals with the proposal of setting a minimum differential pressure design thermostatic valve under conditions where only the size of the heating surface are mostly known. Other data, such as dimensions risers, etc., generally are not available.