

Úhrada za ústřední vytápění bytů I

Anotace

Při zrealňování cen energií je jedním ze zásadních problémů úhrada za vytápění bytů centrálně zásobovaných teplem. Toto téma vyvolává řadu otázek i předsudků, kterými se budou autoři, dlouholetí pracovníci Technické univerzity v Liberci, postupně zabývat v sérii článků. První příspěvek pojednává o mechanismu úspor tepla při aplikaci poměrového měření, o jeho dopadu na hydraulickou soustavu a o úhradě za vytápění podle dosahovaných teplot v jednotlivých místnostech.

Doc. Ing. Josef Patočka, CSc.
Ing. Zdeněk Vitamvás, CSc.

Liberec 19.3.2000

Úhrada za ústřední vytápění bytů

Doc. Ing. Josef Patočka, Csc.

Ing. Zdeněk Vitamvás, Csc.

Úvod

Málokterá oblast techniky byla zdrojem tak rozsáhlých diskusí s naprosto protikladnými tvrzeními, jako problematika rozpočítávání úhrady za vytápění podle poměrových indikátorů. Stejně tak v málokteré oblasti se vyskytlo tolik nekompetentních, neodborných a diletantských názorů, od vymyšlení negativních dopadů, až po vědomé i nevědomé popírání základních zákonitostí hydromechaniky a termomechaniky. Na rozdíl od klasického měření dodaného tepla, kde celá složitost měření spočívá na objektivním změření průtoku a diferenci teplot relativně složitým měřicím přístrojem, je zařízení pro poměrové rozpočítávání (s výjimkou elektronických indikátorů) velice jednoduchým výrobkem. Celá složitost problému pak zůstává na teoreticky zdůvodnitelném a obhajitelném přepočtu údaje indikátoru na důvěryhodnou a objektivně kontrolovatelnou úhradu za vytápění.

Přes řadu článků o poměrovém měření zůstává celá řada nejasností, neboť vedle několika málo odborně fundovaných autorů publikuje i řada těch, kteří přejímají různé názory, dohady a neodůvodněná tvrzení bez schopnosti vlastní analýzy problematiky v celé šíři. K tomu přistupují i podnikatelské zájmy, které nejsou vždy směřovány ku prospěchu uživatelů bytů. Bohužel se zatím nenašla instituce, která by dokázala razantně čelit masivní klamavé reklamě, která spolu s možnou korupcí těch, kteří rozhodují o typu indikátoru a způsobu rozpočítávání, umožňuje aplikaci systémů nevhodných pro české legislativní a technické podmínky.

Na technické univerzitě v Liberci byl vyvinut principiálně zcela nový indikátor a následně zpracován zcela nový systém rozúčtování. Na tomto místě je nutno konstatovat, že autoři měli na jedné straně hmotné zázemí poskytované ministerstvem školství, v rámci vědecko-výzkumného fakultního výzkumu, měli k dispozici spolupracovníky z oblasti fyziky, matematiky, metalurgie, plastických hmot, sklářství a výpočetní techniky. Dále získali nesmírnou morální podporu od takových odborníků, jako jsou Ing. Cikhart, DrSc., Ing. Bura, Csc., Ing. Hubáček, Ing. Tůma†, Prof. Ing. Mayer, Csc.†, Prof. RNDr. Stříž, DrSc. a řada dalších. Vedle morální podpory nám předali cenné informace o již existujících systémech poměrového měření i o jejich přednostech a nedostacích. Kromě těchto pozitivních podmínek však existovala a dosud existuje řada jednotlivců, institucí a firem, jejichž působení se poněkud vymyká jak etice odborné diskuse, tak etice podnikání.

V sérii článků se autoři pokusí odpovědět na dále uvedené otázky. Základem pro odpovědi je dlouholetá vědecko výzkumná činnost na několika katedrách Technické univerzity v Liberci a dlouholeté zkušenosti s aplikací poměrového měření souhrnně označeného systém VIPA, který obdržel v Bruselu zlatou medaili na světové výstavě vynálezů EUREKA 97 v listopadu minulého roku.

Proč dochází k úspoře tepla při instalaci poměrových indikátorů?

Kolik může být objektivně ušetřeno?

Má i dodavatel tepla vliv na úsporu tepla při instalaci poměrových indikátorů?

Co je poměrový indikátor a je cejchovatelný?

Měřit či neměřit ?

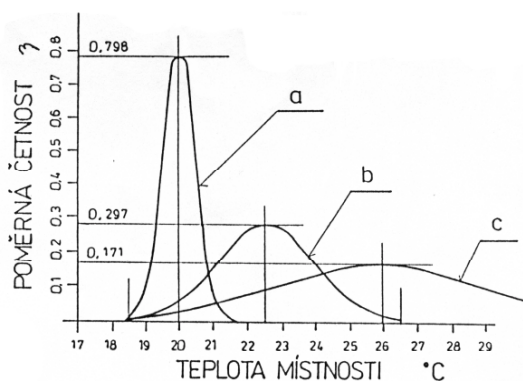
Stačí pouze vyvážení otopné soustavy?

Co je základní a spotřební složka úhrady?
Jsou k poměrovému měření nutné termostatické ventily?
Jak má vypadat účet za vytápění, aby byla umožněna logická kontrola uživatelem bytu?
Jak využít odečtené údaje k rozpočtu úhrady za vytápění ?
Co je kritériem rozpočtu?
Kdy je teplo zboží a kdy je vytápění služba?
Kupujeme teplo nebo službu?
Jaký je vztah mezi velikostí místnosti, její průměrnou teplotou a úhradou?
Jak je to s úhradou za energeticky náročnější byty a místnosti?
Jakým způsobem se může uživatel bytu přesvědčit o správnosti rozpočtu?
Co zajišťuje certifikace indikátorů?
Je certifikace povinná a co zaručují certifikované indikátory uživatelům bytů?
Je certifikace podle ČSN EN 834 a ČSN EN 835 vhodná pro české technické a legislativní podmínky?
Jak formulovat pojem „přesnost“ poměrového měření?
Co lze v našich legislativách a technických podmínkách považovat za spravedlivou úhradu za vytápění?
Co jsou tzv. krádeže tepla?
Lze indikovat střední teplotu otopného tělesa?
Má typ otopného tělesa a povrchová úprava vliv na přesnost výpočtu?
Co je důsledkem „úspěšného“ ovlivnění indikátoru?
Je tuzemská výrobní základna schopna zajistit dostatečný počet indikátorů?
Je dovoz indikátorů a systémů rozúčtování nutný?
Které indikátory a způsoby rozpočtu umožňují chybný rozpočet v důsledku „krádeže tepla“?
Lze ovlivnit indikátory ve prospěch uživatele bytu?
Je nutný soulad mezi výkonem otopného tělesa a tepelnými ztrátami místnosti?
Je dražší indikátor přesnější?
Jak se projeví indikace v letním období?
Jak se projeví další tepelná zátěž bytů způsobená sluncem, pobytem lidí, provozem technických zařízení?
Jak se projeví vnitřní prostupy tepla mezi byty?
Kde má být umístěn indikátor?
Co je minimálně nutno zajistit v souvislosti s poměrovým měřením?
Jak provádět rozpočet při neúplném osazení otopných těles indikátory?
Lze ošidit indikátor otevřeným oknem?
Může poměrový indikátor kontrolovat patní měřidlo tepla?
Je údaj patního měřidla vždy důvěryhodný?
Lze poměrově určit dodané teplo do místnosti?
Mohou být měřidla tepla vyloučena z celého zásobovacího řetězce?
Jak může uživatel bytu během topného období kontrolovat hospodárnost vytápění?

Mechanismus vzniku úspor tepla při aplikaci poměrového měření

Při dostatečně vysokém počtu bytů lze četnost výskytu bytů podle dosahované teploty vyjádřit statistickým zákonem četnosti tzv. Gaussovým rozdělením podle obr. 1. Četnost rozdělení teplot podle křivky a odpovídá velmi dobře seřízenému, hydraulicky stabilnímu vytápěcímu systému, který odpovídá normě ČSN 06 0310 čl. 45. Takováto sídliště v ČR prakticky neexistují. Průběh podle křivky c představuje četnost rozdělení teplot v systému hydraulicky nestabilním vlivem nevhodné volby oběhových čerpadel, regulačních ventilů,

propojením vysoké a nízké zástavby nebo vlivem výškově členitého terénu. V důsledku proměnné venkovní teploty nelze zpravidla takovéto sídliště hydraulicky seřadit. Lze pouze vliv uvedených faktorů zmírnit. Mezi křivkami a a c existuje pak nekonečně mnoho náhodných křivek, kde jedna z nich je označena jako křivka b.



Obr.1 Rozdělení četnosti dosahovaných teplot
a - sídliště odpovídající teplotně normě ČSN 06 03 10 čl. 45
b - náhodné rozdělení teplot běžné na většině našich sídlišť
c - sídliště s výraznými teplotními rozdíly mezi jednotlivými místnostmi

Posuv středů nejvyšší četnosti výskytu teplot k vyšším teplotám je vynucen vytápěním nejstudenejších bytů tak, aby bylo dosahováno alespoň 18 °C. Jsou však i takové byty, kde tyto teploty dosahovány nejsou, zpravidla jsou vyčleněny z bytového fondu jako neobyvatelné. Ekonomicky negativní dopad na spotřebu paliv je dán rostoucí průměrnou vytápěcí teplotou v závislosti na rostoucí nerovnoměrnosti vytápění. S použitím teorie pravděpodobnosti je při seřízení podle křivky a 99,9 % místností vytápěno v rozmezí intervalu 18,5 – 21,5 °C. Střední hodnotu, tj. 20 °C má 79,8 % místností. Na takto seřízeném a trvale pracujícím hydraulickém systému vytápění nelze prakticky žádným měřením, ani poměrovým měřením nic ušetřit. Takto trvale seřízené systémy, jak bylo dříve uvedeno, prakticky neexistují, dokonce takové seřízení není příliš žádoucí, neboť v obývacím pokoji je zpravidla požadována teplota vyšší, v ložnicích a méně obývaných místnostech teplota nižší.

Provedeme-li obdobné vyhodnocení četnosti výskytu různých teplot místností podle křivky c je počet místností v teplotním omezení 18,5 – 21,5 °C jen 4,2 %. Všechny ostatní místnosti jsou ve vztahu k normě přetápěny. V souvislosti s řadou měření a zjišťování objektivních pocitů tepelné pohody je možno považovat za optimální teplotu místnosti 22,5 °C. V tomto případě zůstává nad touto hodnotu, tzn. přetápěno 91,2 % místností. Porovnáme-li střední teplotu všech místností podle křivky c s křivkou a, je vytápění na tuto vyšší teplotu náročnější na spotřebu paliva cca o 35 %. Příčin nerovnoměrného vytápění bytů může být několik. Z hlediska četnosti výskytu příčin je nejčastější příčinou hydraulicky nevyregulovaná otopná soustava. To znamená, že některým otopným tělesům protéká nadměrné množství otopné vody, jiným tělesům protéká množství nedostatečné. V prvním případě je průměrná teplota topného tělesa vyšší a místnost je přetápěna, v druhém případě nižší, což je příčinou nedotápění. Vedle nevyregulované otopné soustavy existují další příčiny, např. chyba v návrhu velikosti otopného tělesa, jeho nedostatečná průchodnost, špatná izolace obvodového pláště bytu aj. Tyto závady jsou zpravidla snadno identifikovatelné a podle povahy závady mohou být odstraněny. Čtenář si jistě položí otázku, proč provozovatel otopnou soustavu nevyreguluje tak, aby docházelo k rovnoměrnému vytápění všech bytů. Provozovateli je tato povinnost uložena normou ČSN 06 0310 a vyhláškou 245/95 Sb. ve znění vyhlášky 85/98 Sb. Z několikaleté naší spolupráce se správci bytového fondu však vyplynul poznatek, že je to velice obtížné, časově náročné a u některých sídlišť ve výškově členitém terénu nebo při kombinaci nízké a vysoké zástavby na již existujících sídlištích téměř nemožné bez poměrně drahých úprav hydraulického systému.

Problém je v tom, že v hydraulické soustavě sekundárních rozvodů působí současně dynamický účinek oběhových čerpadel, který je zpravidla konstantní a rozdíl gravitační tíhy přívodní a vratné větve, který je prostřednictvím tzv. vytápěcích křivek proměnný v závislosti na venkovní teplotě. I kdyby došlo k jednorázovému seřízení otopné soustavy při konkrétní venkovní teplotě, pak s její změnou se změní i hydraulické poměry, což zpravidla vede k rozdílu vytápění spodních a horních podlaží. Je nutno si uvědomit, že součástí regulačních armatur jsou i tzv. dvouregulační ventily instalované na každém otopném tělese nebo termoregulační ventily. Vnitřní regulace ventilu má být seřízena podle projektu při montáži topného systému, druhá regulace je ovladatelná manuálně, nebo termostatickou hlavicí. Problém přetápění a nedotápění lze tedy jednoduše vyřešit odpovídajícím nastavením regulační armatury, což má provádět nájemník sám. Tato možnost však v praxi zcela selhává. Důvodem není ani tak nemožnost občasného pootočení regulačním kolečkem, jako nezáměr nájemníka tento úkon provést. Zpravidla u přetápěných bytů dochází k trvalému pootevření oken. Důvodem k takovému jednání je zřejmě způsob úhrady za vytápění, kdy všichni nájemníci platí stejnou částku za m² obytné plochy. Tak dochází k tomu, že jeden nájemník platí teplo, které nedostává, druhý nájemník pouští oknem teplo, které neplatí. Že nejde o malé rozdíly, je možno dokumentovat výpočtem. Vezmeme-li k porovnání dva byty, jeden s teplotou 18 °C, druhý s teplotou 28 °C, měl by být u průměrného bytu rozdíl v úhradě 8.000,- Kč. Nejlevnějším a prakticky neselhávajícím opatřením k zamezení plýtvání teplem je tzv. poměrové měření u konečného spotřebitele, tzn. v každém bytě a každé vytápěné místnosti. Cílem poměrového měření není jenom spravedlivější rozpočítávání celkových nákladů domu na jednotlivé byty (místnosti), ale snížení absolutní spotřeby tepla, které se projeví i zmenšením ekologických dopadů na přírodu.

Závislost teploty místnosti na průtoku a teplotě topné vody

Na obr. 2 je schématicky zakresleno otopné těleso protékané topným médiem, nejčastěji vodou o vstupní teplotě t_{11} a výstupní teplotě t_{12} , která je rozdílná podle toho, kolik vody otopným tělesem protéká. Křivce a odpovídá teplota místnosti 20°C, křivce b 15°C, křivce c 25°C. Výpočet je proveden pro nejjednodušší případ tj. bez vnitřních prostupů tepla mezi místnostmi a bez vnitřních zdrojů tepla. Dodávka tepla do konkrétní místnosti je dána rovnicí

$$Q_1 = m \cdot c \cdot \Delta t_1 \quad (1)$$

kde značí	m	hmotnost proteklé vody tělesem
	c	tepelná kapacita vody
	Δt_1	teplotní rozdíl $t_{11} - t_{12}$
	t_{11}	teplota vstupní vody
	t_{12}	teplota vratné vody

Hodnota Δt_1 je 20 K nebo 25 K pro tzv. oblastní teplotu. Na tyto podmínky je topný systém navrhován. S rostoucí venkovní teplotou je nutno pro zachování konstantní teploty místnosti změnit hodnotu Δt_1 buď snížením průtoku m nebo snížením tzv. středního logaritmického spádu v rovnici

$$Q_2 = k_1 \cdot S_1 \cdot \Delta t_2 \quad (2)$$

kde značí	k_1	součinitel prostupu tepla otopného tělesa
	S_1	plocha otopného tělesa
	Δt_2	střední logaritmický teplotní spád definovaný rovnicí

t_e [°C]	0	$t_{stř}$ [°C]	46,69
t_i [°C]	20	$\Delta t_{stř}$ [K]	26,69
t_{i1} [°C]	60	t_{i2} [°C]	36,72
S [m ²]	7,812	X [%]	53,61
P [W]	1251	m [kg s ⁻¹]	1,284x10 ⁻²
X% zdola	t [°C]	Δt [K]	δ [%]
100	60,00	40,00	49,87
90	56,66	36,66	37,36
80	53,60	33,60	25,88
70	50,79	30,79	15,37
60	48,22	28,22	5,73
50	45,86	25,86	-3,10
40	43,70	23,70	
30	41,72	21,72	
20	39,91	19,91	
10	38,24	18,24	
0	36,72	16,72	

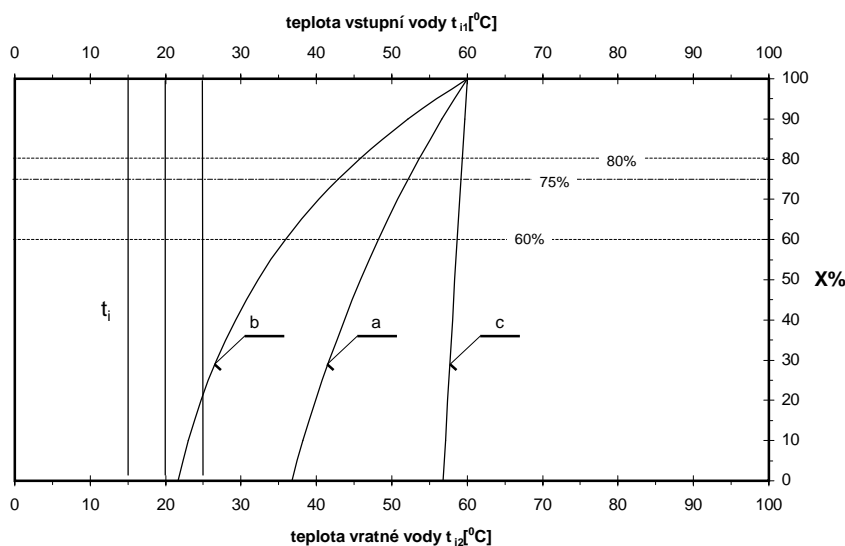
Tab.1 Teplotní a výkonové hodnoty otopného tělesa k obr.2 - křivka a

t_e [°C]	0	$t_{stř}$ [°C]	35,03
t_i [°C]	15	$\Delta t_{stř}$ [K]	20,03
t_{i1} [°C]	60	t_{i2} [°C]	21,62
S [m ²]	7,812	X [%]	57,75
P [W]	939	m [kg s ⁻¹]	5,84x10 ⁻³
X% zdola	t [°C]	Δt [K]	δ [%]
100	60,00	45,00	124,00
90	52,15	37,15	85,52
80	45,67	30,67	53,17
70	40,32	25,32	26,45
60	35,91	20,91	4,40
50	32,26	17,26	-13,81
40	29,25	14,25	
30	26,76	11,76	
20	24,71	9,71	
10	23,02	8,02	
0	21,62	6,62	

Tab.2 Teplotní a výkonové hodnoty otopného tělesa k obr.2 - křivka b

- t_e venkovní teplota
- t_i teplota místnosti
- t_{i1} teplota vstupní vody
- t_{i2} teplota zpětné vody
- S** plocha otopného tělesa
- $t_{stř}$ střední teplota vody
- $\Delta t_{stř}$ střední logaritmický teplotní spád
- P** výkon otopného tělesa
- X** procento stavební výšky otopného tělesa zdola
- m** průtok vody
- t** teplota otopné vody v místě x
- Δt teplotní spád v místě X
- δ teoretická (koncepční) chyba indikace

$$\delta = 100 \left[\frac{\Delta t}{\Delta t_{stř}} - 1 \right]$$



Obr.2 Změna teploty vody při rozdílném průtoku otopným tělesem podle tab. 1,2,3

t_e [°C]	0	$t_{stř}$ [°C]	58,37
t_i [°C]	25	$\Delta t_{stř}$ [K]	33,37
t_{i1} [°C]	60	t_{i2} [°C]	56,80
S [m ²]	7,812	X [%]	50,40
P [W]	1564	m [kg s ⁻¹]	1,17x10 ⁻¹
X% zdola	t [°C]	Δt [K]	δ [%]
100	60,00	35,00	4,87
90	59,67	34,67	3,87
80	59,34	34,34	2,88
70	59,01	34,01	1,90
60	58,68	33,68	0,92
50	58,36	33,36	-0,04
40	58,04	33,04	
30	57,73	32,73	
20	57,42	32,42	
10	57,11	32,11	
0	56,80	31,80	

Tab.3 Teplotní a výkonové hodnoty otopného tělesa k obr.2 - křivka c

$$\Delta t_2 = \frac{t_{i1} - t_{i2}}{\ln \frac{t_{i1} - t_i}{t_{i2} - t_i}}$$

kde t_i – je teplota místnosti.

V závislosti na změně venkovní teploty se centrální regulace provádí zpravidla změnou teploty t_{i1} . Centrální regulace průtoku se zatím provádí jen výjimečně. Uvedený tepelný výkon je v rovnováze s tepelnými ztrátami místnosti podle rovnice

$$Q_3 = k_2 \cdot S_2 \cdot \Delta t_3, \quad (3)$$

kde značí k_2 součinitel prostupu tepla obvodového pláště místnosti
 S_2 plocha obvodového pláště
 Δt_3 teplotní rozdíl mezi teplotou vzduchu v bytě a venkovní teplotou.

Tepelné výkony Q_1, Q_2, Q_3 se dlouhodobě musí vzájemně rovnat. Pokud některý z členů rovnice na pravé straně neodpovídá projektantem předpokládané hodnotě, je důsledkem toho vždy rozdílná výše teploty místnosti t_i . Nápravu lze provést regulačním úkonem. Pokud je teplota t_i vyšší než 20 °C, omezením průtoku vody otopným tělesem, pokud je nižší než 20 °C, zvýšením průtoku otopným tělesem. Tento jednoduchý a logický způsob regulace jednotlivých topných těles však v praxi zcela selhává, neboť jenom zcela výjimečně dochází ke snížení průtoku otopným tělesem. Zpravidla jsou všechna tělesa otevřena na plný průtok, resp. průtok podle vnitřní regulace ventilu. Otevřením všech ventilů na plný průtok dojde k teplotním poměrům podle obr. 2. Při nedodržení průběhu teploty podle křivky a, nutně dojde k tomu, že na části otopných těles jsou teplotní poměry podle křivky c, na části otopných těles podle křivky b. Tělesa podle křivky c místnost přetápí, tělesa podle křivky b místnost nedotápí. Tím, že nájemníci v přetápěných místnostech nesníží průtok vody otopnými tělesy, nemá možnost nájemník v nedotápěné místnosti průtok zvýšit. V důsledku toho je provozovatel ústředního vytápění nucen provést centrálně kvalitativní regulaci, spočívající ve zvýšení teploty topné vody t_{i1} viz obr. 3. Tím sice dojde ke zvýšení teploty v nedotápěných místnostech, avšak větší část dodatečné dodávky tepla byla využita k dalšímu přetápění již dříve přetápěných bytů, neboť $\Delta t'_{i1} > \Delta t''_{i1}$. Nájemníci těchto bytů řeší svoji tepelnou pohodu trvalým otevřením oken. Z provedeného rozboru zřetelně vyplývá souvislost mezi kvantitativní regulací, kterou by měl provádět nájemník a kvalitativní, kterou by měl provádět provozovatel. Praxe potvrdila, že kvantitativní regulaci provádí nájemník tehdy, když je k ní motivován např. poměrovým měřením.

t_e [°C]	0	$t_{stř}$ [°C]	68,09
t_i [°C]	29,16	$\Delta t_{stř}$ [K]	38,93
t_{i1} [°C]	70	t_{i2} [°C]	66,25
S [m ²]	7,812	X [%]	50,40
P [W]	1825	m [kg s ⁻¹]	1,17x10 ⁻¹
X% zdola	t [°C]	Δt [K]	δ [%]
100	70,00	40,84	4,89
90	69,61	40,45	3,89
80	69,22	40,06	2,89
70	68,84	39,68	1,91
60	68,46	39,30	0,93
50	68,08	38,92	-3,86
40	67,71	38,55	
30	67,34	38,18	
20	66,97	37,81	
10	66,61	37,45	
0	66,25	37,09	

Tab.4 Teplotní a výkonové hodnoty otopného tělesa k obr.3 - křivka c`

t_e [°C]	0	$t_{stř}$ [°C]	40,87
t_i [°C]	17,5	$\Delta t_{stř}$ [K]	23,37
t_{i1} [°C]	70	t_{i2} [°C]	25,23
S [m ²]	7,812	X [%]	57,75
P [W]	1095	m [kg s ⁻¹]	5,84x10 ⁻³
X% zdola	t [°C]	Δt [K]	δ [%]
100	70,00	52,50	124,65
90	60,85	43,35	85,48
80	53,29	35,79	53,15
70	47,05	29,55	26,45
60	41,90	24,40	4,40
50	37,65	20,15	-13,80
40	34,13	16,63	
30	31,23	13,73	
20	28,84	11,34	
10	26,86	9,36	
0	25,23	7,73	

Tab.5 Teplotní a výkonové hodnoty otopného tělesa k obr.3 - křivka b`

- t_e venkovní teplota
- t_i teplota místnosti
- t_{i1} teplota vstupní vody
- t_{i2} teplota zpětné vody
- S plocha otopného tělesa
- $t_{stř}$ střední teplota vody
- $\Delta t_{stř}$ střední logaritmický teplotní spád
- P výkon otopného tělesa
- X procento stavební výšky otopného tělesa zdola
- m průtok vody
- t teplota otopné vody v místě x
- Δt teplotní spád v místě X
- δ teoretická (koncepční) chyba indikace

$$\delta = 100 \left(\frac{\Delta t}{\Delta t_{stř}} - 1 \right)$$

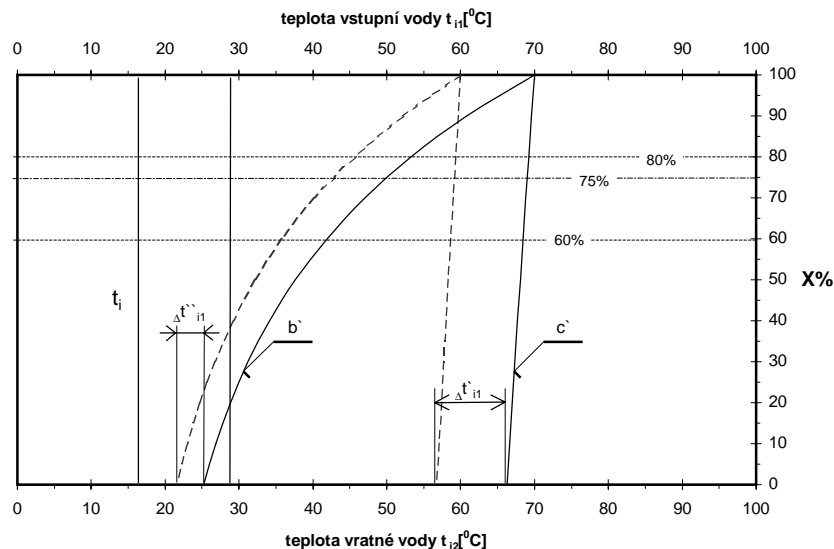
Za použití rovnic 1, 2, 3 lze odvodit teplotu místnosti jako funkci

$$t_i = f(k_{i1}, k_{i2}, S_{i1}, S_{i2}, t_{i1}, t_{i2}, t_e)$$

$$\frac{k_{i1} \cdot S_{i1}}{k_{i2} \cdot S_{i2}} = K$$

dostaneme rovnici

$$t_i = K \frac{(t_{i1} - t_{i2})}{\ln \frac{t_{i1} - t_i}{t_{i2} - t_i}} + t_e \quad (4)$$



Obr.3 Zvýšení teploty místnosti t_i v důsledku zvýšení vstupní teploty vody z $t_{i1} = 60^\circ\text{C}$ na $t_{i1} = 70^\circ\text{C}$ viz. tab.4,5

Z analýzy rovnice jednoznačně vyplývají možnosti pro regulační zásahy. Teplotu t_{i1} musí regulovat dodavatel tepla podle venkovní teploty t_e , teplotu zpětné vody t_{i2} má ovlivňovat uživatel bytů prostřednictvím ventilů na otopných tělesech.

Regulační zásahy

Závažným požadavkem při racionalizaci spotřeby tepla pro vytápění je dodržování optimální teploty vytápěcí vody a řízeného průtoku otopným tělesem. Dříve uvedená závislost mezi teplotou místnosti a teplotou zpětné vody reálně existuje a umožňuje provádět regulační zásahy k docílení žádané teploty v jednotlivých místnostech. Tyto regulační zásahy však je nutno důsledně analyzovat. Ne každý regulační zásah může vést k úspoře tepla. Často dochází k mylným informacím, ať v důsledku neznalosti tepelně technických termokinematických zákonitostí, nebo v důsledku čistě komerčních zájmů na prosazení určitého typu regulačního prvku nebo nabízeného měřidla. Existují dva typy regulačních zásahů zásadně se od se lišících jak v regulované veličině, tak v původci zásahu.

- 1) Regulace teploty otopné vody podle venkovních podmínek.
- 2) Regulace průtoku otopné vody jednotlivým topným tělesem.

ad 1) Tato regulace zajišťuje optimální vztah mezi teplotou vytápěcí vody a venkovními podmínkami. Rozhodujícím činitelem je venkovní teplota, příp. další vlivy, např. rychlost větru, vlhkost vzduchu atd. Pro každý konkrétní vytápěný celek existují tzv. vytápěcí křivky, které by měly být stanoveny a dodržovány co nejpřesněji. Z teorie výměníků lze odvodit, že maximální přetápění je možné omezit shora uvedenou hodnotou cca 116 % jmenovitého výkonu, což při přepočtu na dosahované teploty znamená přetápění o cca 2,5 °C. Podmínkou však je dodržování výše uvedených objektivních vytápěcích křivek. Z toho vyplývá, že na většině sídlišť nejsou vytápěcí křivky dodržovány a vytápění se provádí podle tzv. nejstudenejších bytů. Tyto existují z několika příčin:

- nesoulad mezi instalovaným výkonem otopného tělesa a tepelnou ztrátou místnosti,
- nedostatečný průtok topné vody otopným tělesem.

Nejjednodušší regulační zásah spočívá jak bylo uvedeno na obr. 3 ve zvýšení teploty vytápěcí vody z hodnoty $t_{i1} = 60^\circ\text{C}$ např. na $t_{i1} = 70^\circ\text{C}$. Jak se tento úkon projeví na výkonu otopných těles znázorňují tab. 4,5.

U nedotápané místnosti bylo sice docíleno zvýšení teploty z $t_i = 15^\circ\text{C}$ na $t_i = 17,5^\circ\text{C}$, ovšem v původně přetápané místnosti se teplota z $t_i = 25^\circ\text{C}$ zvýšila na $29,16^\circ\text{C}$. Důsledkem bylo další pootevření oken a tím zvýšení celkových tepelných ztrát domu. Tento děj by mohl být realizován i obráceně tzn. snižováním teploty vytápěcí vody by se výrazněji snížila teplota v přetápané místnosti a méně by se snižovala v nedotápané místnosti. Tento způsob regulace je však vyloučen tím, že ani malé snížení teploty nedotápané místnosti není žádoucí.

ad 2) Zcela jiná situace nastane po instalaci poměrových indikátorů a poučení uživatelů bytů, že úhrada za vytápění bude odvislá od teploty místnosti, odvozené z teploty zpětné vody (při použití indikátorů VIPA). Uživatel přetápané místnosti místo trvalého pootevření okna sníží průtok vody otopným tělesem. Tento banálně jednoduchý úkon má výrazně kladný dopad na hydraulické poměry otopné soustavy. Na číselném příkladu lze

dokumentovat, že relativně malé snížení teploty prostřednictvím regulačního zásahu uživatele výrazně změní hydraulické poměry viz. tab.6,7.

t_e [°C]	0	$t_{stř}$ [°C]	57,51
t_i [°C]	24,63	$\Delta t_{stř}$ [K]	32,88
t_{i1} [°C]	60	t_{i2} [°C]	55,14
S [m ²]	7,812	X [%]	50,62
P [W]	1541	m [kg s ⁻¹]	7,58x10 ⁻²
X% zdola	t [°C]	Δt [K]	δ [%]
100	60,00	35,37	7,57
90	59,48	34,85	5,99
80	58,97	34,34	4,44
70	58,47	33,84	2,91
60	57,97	33,34	1,40
50	57,48	32,85	-9,10
40	57,00	32,37	
30	56,52	31,89	
20	56,06	31,42	
10	55,59	30,96	
0	55,14	30,51	

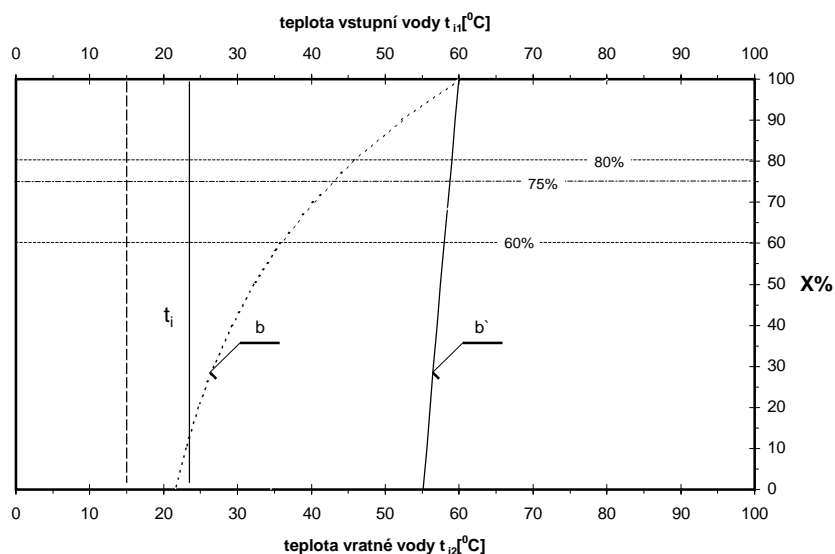
Tab.7 Teplotní a výkonové hodnoty otopného tělesa k obr.4

t_e [°C]	0	$t_{stř}$ [°C]	56,04
t_i [°C]	24	$\Delta t_{stř}$ [K]	32,04
t_{i1} [°C]	60	t_{i2} [°C]	52,38
S [m ²]	7,812	X [%]	60,00
P [W]	1502	m [kg s ⁻¹]	4,71x10 ⁻²
X% zdola	t [°C]	Δt [K]	δ [%]
100	60,00	36,00	12,36
90	59,15	35,15	9,72
80	58,33	34,33	7,14
70	57,52	33,52	4,62
60	56,73	32,73	2,17
50	55,96	31,96	-2,35
40	55,21	31,21	
30	54,48	30,48	
20	53,76	29,76	
10	53,06	29,06	
0	52,38	28,33	

Tab.6 Teplotní a výkonové hodnoty otopného tělesa

- t_e venkovní teplota
- t_i teplota místnosti
- t_{i1} teplota vstupní vody
- t_{i2} teplota zpětné vody
- S plocha otopného tělesa
- $t_{stř}$ střední teplota vody
- $\Delta t_{stř}$ střední logaritmický teplotní spád
- P výkon otopného tělesa
- X procento stavební výšky otopného tělesa zdola
- m průtok vody
- t teplota otopné vody v místě x
- Δt teplotní spád v místě X
- δ teoretická (koncepční) chyba indikace

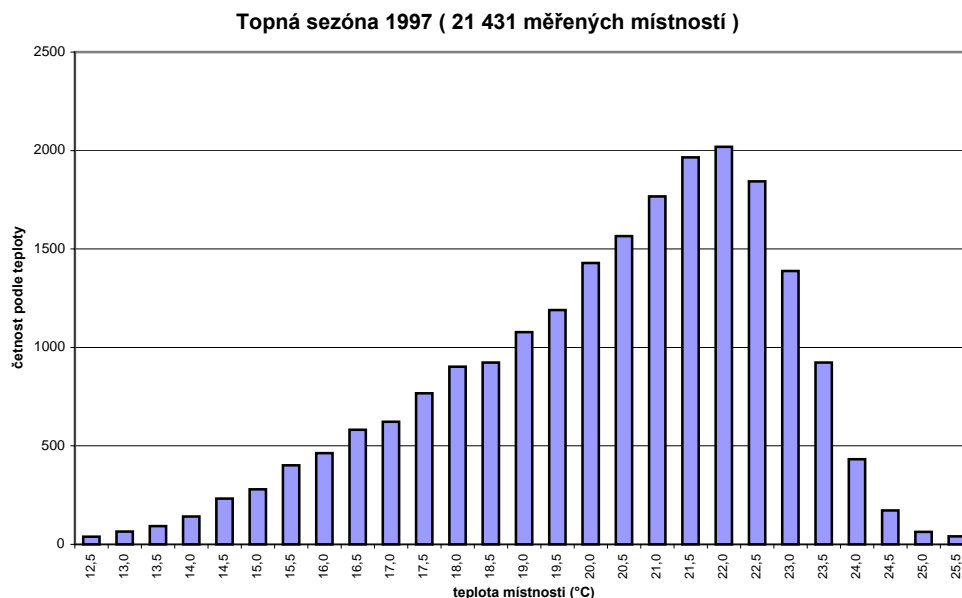
$$\delta = 100 \left(\frac{\Delta t}{\Delta t_{stř}} - 1 \right)$$



Obr.4 Změna teploty otopné vody při zvýšení průtoku z $m = 0,00548 \text{ kg s}^{-1}$ na $m = 0,075 \text{ kg s}^{-1}$

Snížení teploty z hodnoty $t_i = 25^\circ\text{C}$ na $t_i = 24^\circ\text{C}$ je docíleno snížením průtoku z hodnoty $m = 0,1168 \text{ kg s}^{-1}$ na $m = 0,0471 \text{ kg s}^{-1}$. Při konstantním průtoku vody hydraulickou soustavou musí „ušetřené“ množství vody $m = 0,1168 - 0,0471 = 0,0697 \text{ kg s}^{-1}$ protéci druhým otopným tělesem, kterým tudíž proteče $0,0697 + 0,00584 = 0,076 \text{ kg s}^{-1}$. Tím se výrazně změní teplotní a výkonové poměry jak ukazuje tab. 7 a obr. 4. Teplota původně nedotápané místnosti se zvýšila z hodnoty $t_i = 15^\circ\text{C}$ na $t_i = 24,63^\circ\text{C}$. Tímto regulačním úkonem uživatele bytu se ještě žádné úspory nedosáhlo, ale došlo k výraznému zrovnoměření teplot místností. Nyní však může dodavatel tepla snížit teplotu vytápěcí vody, neboť všechny místnosti jsou přetápěny. S vysokou pravděpodobností, která je ověřena na více než jednom milionu otopných těles jsou otopná tělesa i nadále protékána větším či menším množstvím otopné vody, zásadní rozdíl je však v tom, že je to vědomý regulační zásah uživatele bytu, nikoliv náhodný stav bez možnosti ovlivnění. Uživatelé bytů zainteresovaní poměrovým indikátorem dokáží tak zcela laicky seřadit hydraulickou soustavu a umožnit tak dodavateli tepla optimální dodávku tepla podle venkovní teploty. Tato jednoduchá logika vyvrací přezívající neopodstatněná tvrzení, co všechno je nutno předem udělat před aplikací poměrových indikátorů, aby se jejich nasazení pozitivně projevilo na snížení spotřeby tepla. Stejně tak lze považovat za „nesmysl“ nazvat poměrový indikátor „nesmyslem, byť

levným“. Jisté opodstatnění k hodnocení poměrových indikátorů jako „nesmyslu“ je možno spatřovat nikoliv v jejich podstatě ale v různých normách a chybné filosofii jejich použití a neschopnosti různých podnikatelských aktivit odvodit za pomoci fyzikálních zákonitostí objektivní algoritmy zpracování indikovaných údajů, a pro uživatele bytu zprůhlednit vyúčtování. Vytápění není v žádném případě kupování odpařených dílků, ani bezrozměrných číselných hodnot elektronických indikátorů, ale placenou službou jejíž kvalita je dána výší dosahované teploty a kvantita je dána plochou vytápěné místnosti. Tyto údaje by mělo rozúčtování obsahovat. Zatím je takto zpracováno pouze u systému VIPA.



Obr.5 Četnost místností , podle dosahované

Všude, kde je přistupováno k poměrně drahému centralizovanému řešení topných soustav pomocí dispečinků, mělo by dojít k aplikaci poměrového měření zajišťujícího žádanou teplotu v každé místnosti, ovšem s vědomím, že nájemník bude relativně přesně hradit za vytápění nejen podle velikosti bytu, ale i podle dosahované teploty. Tato skutečnost může být příčinou odmítání poměrového měření některými nájemníky, neboť ten, kdo po několik let si mohl dovolit plýtvat teplem, které neplatil, se může cítit na svých právech krácen. Sama skutečnost, že nájemník bude platit nejen podle velikosti bytu, ale i podle výše teploty v bytě je dostačujícím motivem pro aplikaci poměrového měření. Někdy vznášený požadavek prvořadosti hydraulické vyregulovanosti otopné soustavy a druhotné nasazení poměrových měřidel vyplývá z nepochopení podstaty problému. Praktickým měřením bylo prokázáno, že nájemníci zpravidla snížili topný výkon těles v ložnicích, dětských pokojích, kuchyních a málo obývaných místnostech u vícepokojových bytů. Četnost místností podle průměrné teploty je znázorněna na obr. 5. Výrazně nesouměrné rozložení vyšších a nižších teplot je potvrzením dříve popsaných regulačních zásahů. Vyšší strmost křivky u vyšších teplot je dána tím, že „přetápět“ lze teoreticky jen o cca 16% při plně otevřeném ventilu, kdežto strmost křivky u nižších teplot je závislá nejen na škrceném průtoku otopné vody, ale i na poloze místnosti v domě a teplotách sousedních místností.