

# MODERNIZACE MĚŘENÍ PRO ROZPOČET NÁKLADŮ NA TEPLA A OHŘEV VODY ROZŠÍŘENÝM SYSTÉMEM TEPELNÉ POHODY.

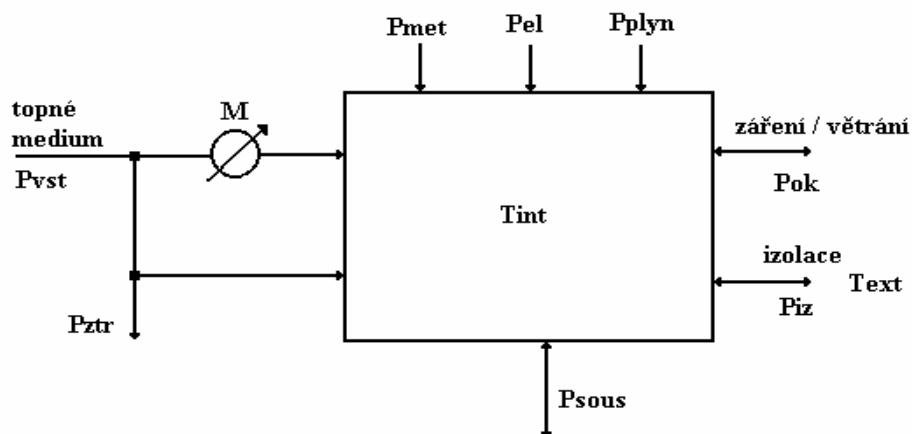
Ing.Karel Hoder, ÚAMT-VUT Brno.

## 1.Úvod

Optimální rozdělení nákladů na vytápění bytového domu mezi uživatele bytů v domě stále podléhá diskusi z celé řady hledisek. Proč rozsáhlé diskuse o měření tepla, které patří mezi slušně zvládnuté technické problémy ? Problematiku naznačuje obr.1. – znázorňuje toky tepelné energie bytem. Teplo je přiváděno systémem ústředního topení, avšak jen jeho část je měřitelná ( v obr. 1 cesta procházející měřidlem M ). Mimo měřidlo je teplo přiváděno rozvody topného média. Další tepelné toky vytváří ztrátové teplo z provozu elektrických spotřebičů  $P_{el}$ , plynových spotřebičů  $P_{plyn}$ , tepla produkovaného obyvateli bytu  $P_{met}$ . Nezanedbatelný je přestup tepla okny mezi bytem a venkovním prostředím (sluneční záření / větrání) a vedením obvodových stěn a konečně prostup tepla mezi sousedními byty.

Rozpočet celkových nákladů jen podle údaje měřidla dodaného tepla vede k vysokému rozptylu pro stejně rozměrné byty, zejména v důsledku značných rozdílů spotřeby tepla pro dosažení obvyklé tepelné pohody v rozdílně umístěných bytech. V prvním plánu se vnucuje měřit dodané teplo instalovanými topnými tělesy, obdobně jak je tomu u elektrické energie či plynu. I přes znalosti zmíněných skutečností je stále dostatek zastánců měření v místě „M“ na obr.1. Uvedená skutečnost vedla k metodě rozdělení nákladů nikoliv podle měřené dodávky tepla, ale podle dosaženého stavu (tepelné pohody) bez ohledu na spotřebovanou energii. Jak velké nejistoty v určení podílu nákladů na jednotlivé byty (resp. jak velké chyby je třeba očekávat) skýtají současné metody měření nebo indikace provozu radiátorů je předmětem příspěvků [2], [6].

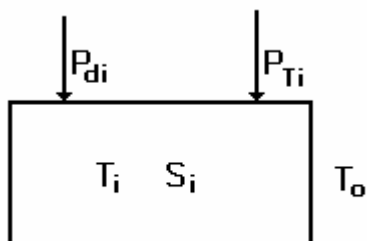
Část tepelné energie dodávané do bytového domu je využívána pro přípravu teplé užitkové vody (TUV). Současná běžná praxe vyčleňuje pevnou část tepla k ohřevu vody a určuje cenu za jednotku objemu TUV. Je zřejmé, že dochází k řadě nepřesností v rozpočtu na koncové spotřebitele. V tomto příspěvku je navržena metoda určení výsledné ceny za odebranou TUV ze skutečných dílčích nákladů. Metoda vyžaduje modernější vybavení měřicí technikou, zejména doplnění snímačů teploty TUV do bytových vodoměrů a snímače teploty vstupní vody. Samozřejmě v rámci elektronického měřicího systému v domě a zpracování dat počítačem.



Obr.1. Schéma tepelných toků jednoho bytu.

## 2. Denostupňová metoda

Občasnou připomínkou nedokonalosti denostupňové metody rozpočtu nákladů na vytápění je dvojitá úhrada energie rozptýlené v bytě důsledkem spotřeby elektřiny a plynu. Průměrná spotřeba byla odhadnuta na cca 15% dodaného tepla pro vytápění [2] a pokud rozdíly mezi jednotlivými byty nejsou vysoké, je chyba rozpočtu nákladů v řádu jednotek procent. Trvá-li přesto pochybnost poplatníků o možnosti zanedbat odchylky, je možná téměř exaktní korekce podle následující úvahy.



Obr.2. Ke korekci náměrů DS spotřebovanou elektrickou energií a plynu. Význam použitých symbolů:

$P_i$ .....průměrný výkon pro vytápění i-tého bytu

$P_{di}$ .....přidaný výkon v i-tém bytu (vytvořený spotřebou elektřiny a plynu v bytě)

$P_{Ti}$ .....výkon odebraný v i-tém bytě z otopné soustavy

$n$ .....počet bytů v domě

$Q_{celkT}$ ...celkové teplo dodané k vytápění bytů v domě

$P_{celk}$ ....celkový spotřebovaný výkon v domě

$DS_i$ .....denostupně i-tého bytu za topné období

$DS_{ikor}$ ..korigované denostupně i-tého bytu

$T_i$ .....interní teplota bytu

$T_o$ .....venkovní teplota

$t_o$ .....doba topného období

$S_i$ .....plocha i-tého bytu

$$S_o = \sum_{i=1}^n S_i$$

Střední výkon dodávaný do i-tého bytu v průběhu otopného období „t“ je  
 $P_i = P_{Ti} + P_{di}$

Náměr denostupňů

$$DS_i = (T_i - T_o) \cdot t_o$$

Průměrný výkon na byt

$$P_i \approx \frac{P_{celk}}{S_o} \cdot S_i$$

Přibližná rovnost ve výrazu je důsledek různé velikosti součinitele přestupu tepla jednotlivých bytů.

Tedy:  $P_i \cdot K_i = T_i - T_o$  a pak také  $DS_i = K_i \cdot (P_{Ti} + P_{di}) \cdot t_o = DS_{ikor} + \Delta DS_i$

Úpravou uvedených vztahů dostáváme výraz pro korigované denostupně, zohledňující příspěvek spotřebované energie elektřiny a plynu v bytě

$$DS_{ikor} = DS_i \cdot \left( 1 - \frac{P_{di}}{P_i} \right)$$

kde

$$P_i = \left[ \frac{Q_{celkT}}{t_o} + \sum_{i=1}^n P_{di} \right] \cdot \frac{S_i}{S_o}$$

Spotřeba elektrické práce a objemu plynu, potažmo spalné energie obsažené v plynu (cca 9,5 kWh/m<sup>3</sup>), je měřena v každém bytě a příslušné náměry je možno použít pro korekci náměru denostupňů.

Jinou, častou připomínkou k denostupňové metodě je pochybnost k měření vnitřní teploty v jednom bodě bytu (nevytápěné místnosti sousedící se všemi místnostmi vytápěnými). Tato pochybnost není opodstatněná, před každou instalací je prováděna podrobná počítačová simulace a rozdíl teploty měřené ve zvoleném místě bytu a teploty vypočtené jako vážený průměr teplot místností nepřesahuje jeden °C. Vzhledem k průměrnému rozdílu teplot je způsobená nejistota řádu jednotek procent. Přesto současné technické řešení systému umožňuje měřit samostatně teplotu ve čtyřech vytápěných místnostech bytu a průběžně vypočítávat střední teplotu k výpočtu denostupňů.

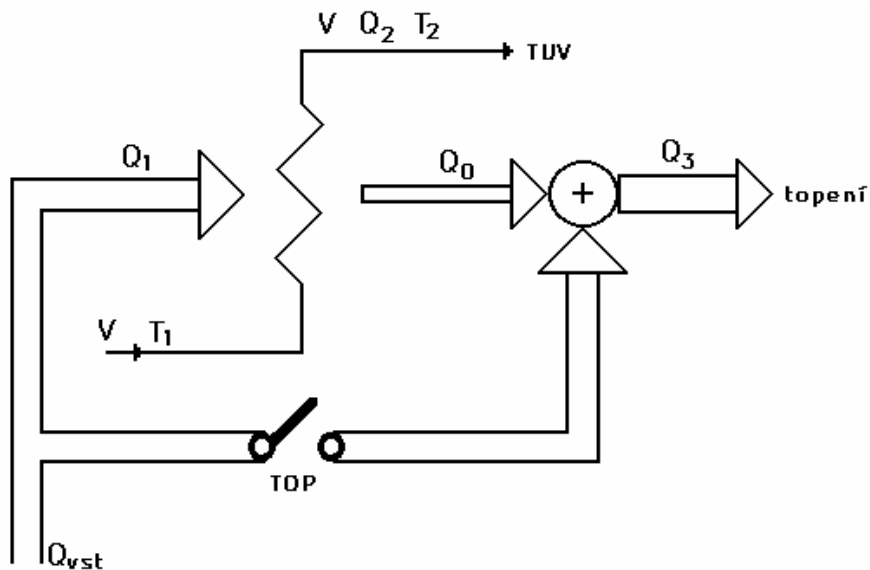
### 3. Rozpočet nákladů na TUV a teplo

V příspěvku [1] byla navržena metoda určení poměrné spotřební složky nákladů na TUV s využitím rozšířených aktivit měřicího systému MV1. Metoda předpokládá, že je spotřebované teplo určeno samostatným stanoveným měřidlem nebo pevným podílem z tepla pro vytápění podle platného předpisu. Poměrná část tepla obsažená v odebrané TUV je určena měřením teplot na výtoku u spotřebitele současně s protečeným množstvím vody a teploty na vstupu výměníku tepla pro ohřev TUV. Rozdíl dodaného tepla a tepla obsaženého v odebrané TUV je rozpočten v poměru podlahových ploch bytů. V otopném období se toto ztrátové teplo podílí na vytápění bytů a je proto logické rozpočítat je na uživatele bytů shodně s rozpočtem podle denostupňové metody.

Toky tepelné energie a vody jsou schematicky znázorněny na obr.3.

Náklady na TUV sestávají z nákladů na studenou vodu a nákladů na její ohřev.

Náklady na ohřev odebrané TUV uživatelem jsou zvýšeny o ztráty instalovaného technologického zařízení.



Obr.3. K výpočtu ceny TUV.

- Význam symbolů:
- $Q_0$ ...ztráty tepla v rozvodech (cirkulace TUV)
  - $Q_1$ ...teplo na ohřev TUV
  - $Q_2$ ...přidané teplo spotřebované TUV
  - $Q_3$ ...teplo pro vytápění
  - $Q_{vst}$ ...celkové dodané teplo
  - $V$ ...objem spotřebované TUV
  - $T_1$ ...teplota vstupní vody
  - $T_2$ ...teplota výstupní vody
  - $n$ ...počet odběratelů TUV v domě
  - $k_1$ ...měrné teplo vody
  - $k_2$ ...cena 1 m<sup>3</sup> vody
  - $k_3$ ...jednotková cena tepla
  - $C_i$ ...celková cena TUV i-tého spotřebitele
  - $S_i$ ...plocha i-tého bytu
  - TOP...logická funkce = 1 v otopném období  
= 0 mimo otopné období
  - $t_0$ ...doba topného období

Platí:

$$Q_{2i} = k_1 \cdot \text{avg}(T_{2i} - T_1) \cdot V_i \quad \text{avg()} \dots \text{střední hodnota}$$

$$Q_2 = \sum_{i=1}^n Q_{2i} = k_1 \cdot \sum_{i=1}^n \text{avg}(T_{2i} - T_1) \cdot V_i$$

$$Q_1 = Q_0 + Q_2$$

$$Q_0 = Q_1 - \sum_{i=1}^n Q_{2i}$$

$$Q_{oi} = \frac{Q_0 \cdot S_i}{S_0} \quad \text{kde } S_0 = \sum_{i=1}^n S_i$$

- $S_o$   $i=1$
- a) Otopné období: TOP = 1  
 $Q_3 = Q_{vst} - Q_2$  ... rozdělení úhrady podle denostupňů, tedy:

$$C_{i(\text{vytápění})} = k_3 \cdot Q_3 \cdot \frac{DS_i \cdot S_i}{DS_{\text{celk}} \cdot S_o}$$

- b) Mimo otopné období: TOP = 0  
 $Q_o = Q_{vst} - Q_2$  ... rozdělení úhrady podle podlahové plochy

Výsledná cena spotřební složky TUV pro i-tého uživatele je:  
 $C_i = C_{qi} + C_{vi} + C_{oi}$ , kde dílčí složky jsou:  
 $C_{qi} = k_3 \cdot Q_{2i}$ ,  $C_{oi} = k_3 \cdot Q_{oi}$ ,  $C_{vi} = k_2 \cdot V_i$

Po dosazení a úpravě:

$$C_i = k_3 \cdot [\text{Inv}(\text{TOP}) \cdot \frac{Q_{vst} - Q_2}{S_o} \cdot S_i + Q_2] + k_2 \cdot V_i$$

Základní složka ceny je určena obvyklým způsobem pro provoz investičních zařízení. Tato složka může být nulová, jestliže je přijatelnou měrou zastoupena složkou vypočtenou ze ztrátového tepla  $Q_o$ .

#### 4. Problematika větrání oknem

Vzduch v obytném prostoru je třeba z hygienických důvodů vyměňovat za čerstvý s intenzitou cca 0,5 výměn za hodinu [7]. Správně navržená stavba požadovanou intenzitu větrání zabezpečí bez nutnosti přídavného větrání otevíráním oken. Rekuperace tepla z odváděného teplého vzduchu není dosud běžná a je tedy třeba takto vzniklou ztrátu hradit.

Výkon odváděný vzduchem:  $P_v = \frac{\rho \cdot V \cdot (T_{\text{int}} - T_{\text{ext}}) \cdot c_p \cdot n}{3600}$  [W; kg/m<sup>3</sup>, m<sup>3</sup>, °C, J/kg/°C]

kde:  $\rho$  ... hustota vzduchu  
 $V$  ... objem vzduchu  
 $T_{\text{int}}$  ... vnitřní teplota  
 $T_{\text{ext}}$  ... venkovní teplota  
 $c_p$  ... specifické teplo vzduchu  
 $n$  ... počet výměn vzduchu za hodinu

Pro přehlednější posouzení vlivu větrání na tepelné nároky určíme teplotní odpor  $R_v = \Delta T / P_v$ .

Po dosazení:  $R_v = 3,58 / (V \cdot n)$  [°C/W; m<sup>3</sup>, 1/hod]

Např. standardní dvoupokojový byt o ploše 60 m<sup>2</sup> má objem vzduchu  $V = 150 \text{ m}^3$  a pro požadovanou intenzitu výměny vzduchu  $n = 0,5 / \text{hod}$  je ekvivalentní teplotní odpor  $R_v = 0,048 \text{ °C/W}$ . Standardní tepelné ztráty tohoto bytu jsou  $P_{\text{stř}} = 1754 \text{ W}$  pro

udržení vnitřní teploty 20 °C při střední venkovní teplotě +5 °C, tomu odpovídá izolační odpor bytu :

$$R_T = \frac{T_{\text{int}} - T_{\text{ext}}}{P_{\text{stř}}} = 15 / 1754 = 0,0085 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{W}.$$

a poměr odporů  $R_v / R_T = 0,048 / 0,0085 = 5,6$  a to je také poměr výkonů pro udržení teplotního spádu na izolaci stěn k výkonu odváděnému větráním.

Mimo vytváření příznivějšího klíma v bytě je větrání oknem pozůstatek z doby kdy bylo teplo pro uživatele levné a obvykle to byl jediný použitelný způsob regulace teploty – zástupný za nefunkční regulační ventily. V dobře navrženém domě by výměna vzduchu měla být dána konstrukcí bez nutných hrubých zásahů uživatelem. Vliv otevřeného okna po významnou dobu na určení podílu nákladů na vytápění lze shrnout:

- Rozpočet podle plochy bytu – bez ovlivnění podílu
- Podle teploty radiátoru nebo teploty místnosti – ovlivní negativně
- Podle dodaného tepla rozvodem média – ovlivní kladně

Žádná z uvedených metod nedokáže plně postihnout jen toho uživatele který nadměrně větrá – při snížení teploty pod úroveň teploty sousedních bytů odebírá část tepla od nich.

Jak problém větrání řešit? V civilizovaných krajinách by měla stačit osvěta (odváděné teplo do okolí poškozují základní ekologické hodnoty). Z technického hlediska je systémově nejjednodušší vybavit měřicí systém snímači uzavření oken – žel přídavná cena odporuje představám uživatelů o ceně přijatelné.

### **Měření výkonu odvedeného otevřenou větračkou.**

V [8] jsou shrnuty výsledky měření vlivu pootevření okna (tzv. „větračky“) na teploty radiátoru, výkonu radiátoru a teploty místnosti. Dalším měřením s použitím zdroje známého výkonu pro kompenzaci odvedeného tepla oknem byl určen tepelný odpor paralelně řazený ke ztrátovému odporu místnosti.

Podmínky měření:

Místo měření: Místnost A4-OKAL.

Datum měření: 8.2.2005.

Počátek měření: 15:40 hod.

Teploměr: KTY81 & AD622.

Teploměr umístěn ve výšce cca 160 cm uprostřed místnosti.

Sousední místnosti udržovány na teplotě cca 21 °C.

Venkovní teplota: na počátku –2,5 °C, po ukončení měření –5 °C.

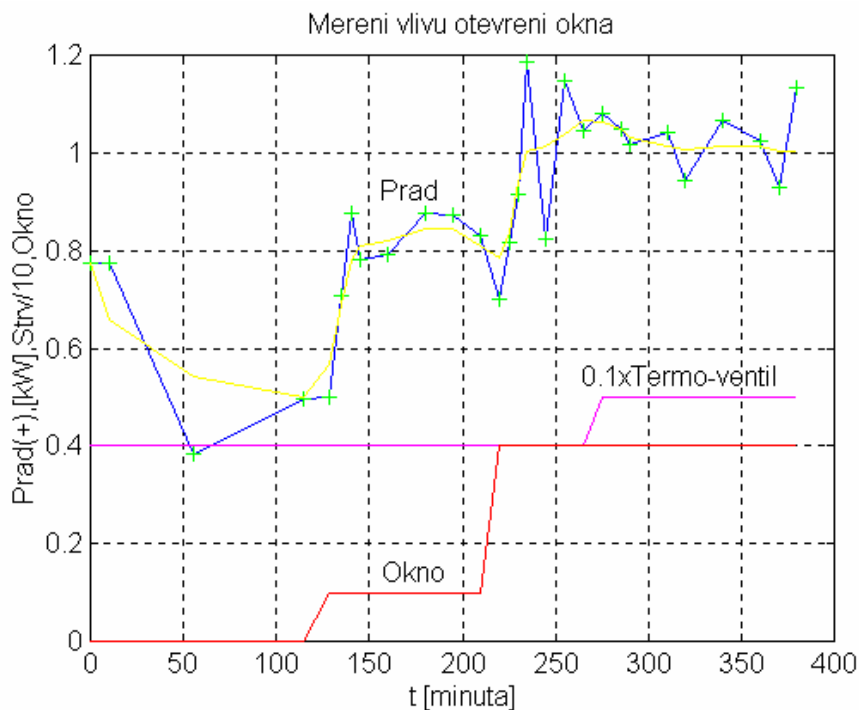
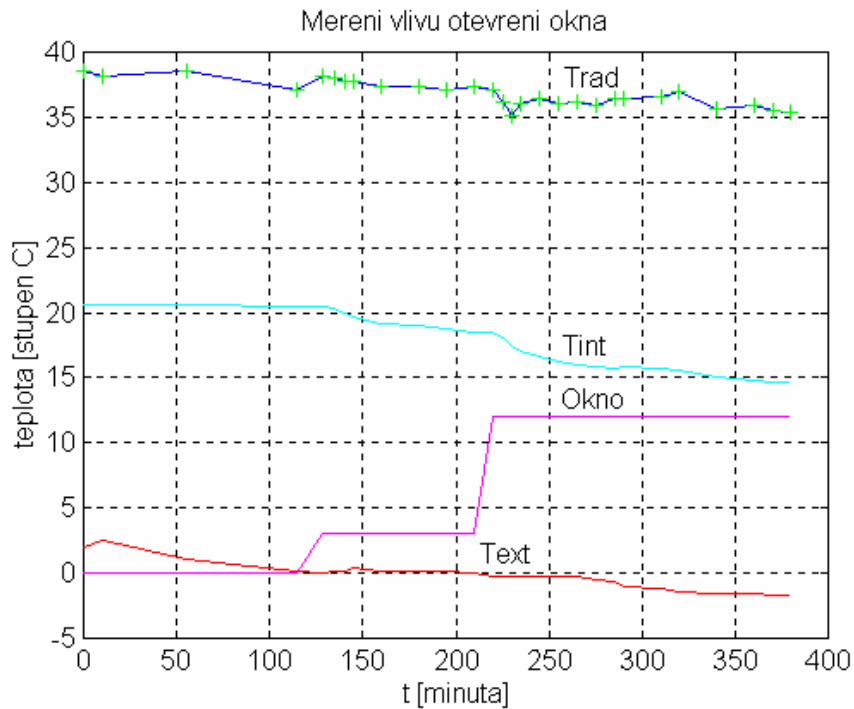
Výsledek měření:

$R_t \approx 0,03 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{W}$ . Pro srovnání celkový odpor standardního dvoupokojového bytu je cca 0,0085 °C/W, neboli tepelný výkon odvedený větračkou je cca 30% celkového výkonu topení.

### **Měření vlivu otevření větračky na parametry otopné soustavy místnosti.**

Byly průběžně měřeny teploty radiátoru v místě obvyklého umístění poměrového indikátoru  $T_{\text{rad}}$ , topné vody na vstupu  $T_h$  a na výstupu radiátoru  $T_d$ , teplota uprostřed místnosti  $T_{\text{int}}$  a teplota venkovní  $T_{\text{ext}}$ , výkon radiátor  $P_{\text{rad}}$ . Na následujícím grafu jsou vyznačeny časové průběhy těchto veličin po vyklopení okna o cca 10 cm na okrajích. Veličiny měřené na radiátoru mají vedle hodnot naměřených, zobrazeny jejich vlečený průměr.

Výsledky měření uvedené podrobně v [8] ukazují, že teplota radiátoru ztěží vyjadřuje relevantní hodnotící funkci pro rozpočet nákladů na vytápění (otevřením okna se teplota radiátoru snižuje, zatímco výkon předávaný radiátorem roste).



Obr.4. Záznam měření vlivu otevření větráčky nad radiátorem.

## 5. Sběr náměrů, rozúčtování nákladů

Koncentrace náměrů v bytovém domě vytváří předpoklady pro ekonomicky přijatelné rozšíření o komunikaci mezi měřicím systémem a dodavatelem tepla. Vstup náměrů

z jednotlivých bytů a fakturačních měřidel do komunikační jednotky umožní dodavateli tepla nebo pověřenému účtovateli dálkově, pomocí sítě GSM, provést odečet s přímým vstupem do rozúčtovacího programu počítače. Celý proces převzetí náměrů, jejich verifikace a vystavení faktur jednotlivým plátcům se uskuteční během několika minut a zejména se obejde bez vstupů do bytů a individuálních chyb odečtu nebo záměrných (korupčních) ovlivnění. Takto fungující systém m.j. umožní provést aktuální odečet bezprostředně se změnou ceny tepla či vody nebo při změně uživatele bytu apod. Rovněž periodické testy konzistence náměrů mohou podstatně zmírnit dopady při vzniku jakékoliv poruchy topného či měřicího systému. Současné telekomunikační prostředky dovolí realizovat obousměrnou komunikaci. Tu je možné využít k modifikaci činnosti otopného a měřicího systému v domě. Zde je třeba varovat konstruktéry před neuváženým uvolněním aktivit, které mohou být užitečné provozovateli, avšak mohou poskytnout příležitost ke spekulativní manipulaci s daty náměrů.

## 6. Závěr

Dominantní složkou nákladů na bydlení jsou v současnosti náklady na vytápění. Nelze tedy nevěnovat pozornost jejich správnému rozdělení uživatelům bytů v bytovém domě. Podkladem pro rozdělení musí být měření relevantní fyzikální veličiny, nikoli odhadem určené zástupné účinky. Vzhledem k fyzikálním vlastnostem tepla je však problematické určit kterou veličinu měřit. Je-li zvolenou veličinou energie dodaná soustředěnou cestou (potrubím), je technická realizace poměrně jednoduchá, avšak vzhledem k tomu, že potrubím prochází jen část tepla pro udržení teploty v bytě a energetická náročnost bytu je výrazně závislá na jeho poloze v domě, je metoda výrazně nepřesná.

Druhá výrazná metoda spočívá v měření dosaženého účinku tepla dodaného libovolnou cestou, tzv. denostupňová metoda.

Řada zástupných metod měření je založena na využití principů tzv. indikátorů, které dávají obraz o intenzitě využívání instalovaných výměníků tepla. Údaje těchto indikátorů mohou být relevantní jen při znalosti skutečných tepelných charakteristik budovy a rozvodů tepla (např. výkonu radiátorů).

Příspěvek navazuje na dříve provedené analýzy nejistot určení podílu na celkových nákladech na vytápění a výrobě TUV a také na velmi dobré zkušenosti s provozem systému MV1 fy Lomex. Autor považuje metodu denostupňovou za optimální pro bezrozporný rozpočet nákladů na vytápění v bytovém domě. V tomto příspěvku jsou navrženy dílčí postupy pro zkvalitnění stávajícího systému, zejména ke snížení nejistot v náměrech. Další modernizace systému spočívá v měření tepla obsaženého v odebrané TUV a v technickém vybavení systému o prostředky umožňující dálkový odečet náměrů bytových a patních měřidel. Navrhované postupy, jsou postupně implementovány v rámci průběžné inovace měřicího systému MV1 a budou-li přijaty odbornou veřejností, včetně spotřebitelů tepla, mohou být uplatněny v konkrétních instalacích systému.

## 7. Literatura

- [1] Hoder, K.: Optimalizace aktivit systému pro určení podílu na vytápění a spotřebě vody. Poměrové měření, seminář Liberec 21. – 22.9.2004.
- [2] Hoder, K.: Denostupňová metoda – přednosti, nejistoty měření. Snižování energetické náročnosti staveb a úhrada za ústřední vytápění bytů. Liberec 25.-26. 9.2001.



- [3] Černý,L.: Vývoj podmínek a názorů na rozdělování nákladů za poskytování služeb vytápění a dodávky teplé užitkové vody. Energie&Peníze 3/2002, str.77.
- [4] Skuhra, J.: Problematika rozúčtování nákladů na poskytování teplé užitkové vody. Energie&Peníze 11/2003, str.354.
- [5] Černý,L.: Proč základní a spotřební složka při rozdělování nákladů na vytápění a TUV mezi spotřebitele. Energie&Peníze 3/2003, str.76.
- [6] Hoder,K.: Minimalizace nejistot rozdělení nákladů na vytápění bytového domu. Teplárenské dny 2004 – Hradec Králové, 27. – 29. 4. 2004.
- [7] Brož, K.: Vytápění. Skripta ČVUT Praha, 2002.
- [8] Hoder, K.: Vliv otevřeného okna na údaj indikátorů rozdělení nákladů na vytápění. Energie & Peníze 5 / 2003, str. 156.
- [9] Los,M., Hoder,K.: Princip a možnosti denostupňové (graddenové ) metody rozdělování otopných nákladů. Piešťany 2005.
- [10] Kulatý stůl k rozúčtování nákladů na vytápění. Zpravodaj TSČR 5/2006, str.13 a 7/2006, str.28.