

Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví

ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA ÚKOLU PROGRAMU ROZVOJE METROLOGIE

rok 2008 č. VIII/3/08

Název úkolu:

Zjištění skutečných provozních stavů, pro měřidla tepla s teponosným médiem voda, především na vstupu do objektů.

Zadavatel:

ÚNMZ

Gorazdova 24

128 01 Praha 2

Odpovědný řešitel:

Václav Edr - TPM Znalecká kancelář®

Na Chmelnici 490

256 01 Benešov

říjen 2008

Obsah

1	ÚVOD.....	3
2	POSTUP ZÍSKÁVÁNÍ DAT.....	3
3	HODNOCENÍ MĚŘENÝCH LOKALIT	3
4	PŘEHLED NAMĚŘENÝCH HODNOT	4
4.1	Lokalita 1.....	4
4.2	Lokalita 2.....	7
4.3	Lokalita 3.....	9
4.4	Lokalita 4.....	10
4.5	Lokalita 5.....	11
4.6	Lokalita 6.....	12
4.7	Lokalita 7.....	13
4.8	Lokalita 8.....	14
4.9	Lokalita 9.....	16
5	ANALÝZA MINIMÁLNÍHO ROZDÍLU TEPLOT	18
6	HODNOCENÍ	20
6.1	NAMĚŘENÉ HODNOTY ROZDÍLU TEPLOT V PROVOZNÍCH PODMÍNKÁCH.....	20
6.2	ANALÝZA MINIMÁLNÍHO ROZDÍLU TEPLOT	20
7	ZÁVĚR.....	20

1 ÚVOD

Podkladem pro řešení jsou naměřené hodnoty, ve skutečných provozních podmínkách měřidel tepla, při dodávce tepelné energie. Řešení úkolu je doplněno o požadavky, vzniklé při průběžné oponentuře, dne 23.06.2008. V grafech teplotního rozdílu je uváděna i teplota vstupní vody a v topném období i denostupně.

2 POSTUP ZÍSKÁVÁNÍ DAT

Veškeré uváděné hodnoty byly získány prostřednictvím výstupů z měřidel, osazených ve skutečných provozních podmínkách, při dodávkách tepelné energie. Použitá měřidla splňovala parametry stanovených měřidel. Ke sběru a přenosu dat byla použita samostatná záznamová zařízení a dálkový přenos dat. Na předávacích místech nebyly prováděny žádné úpravy regulace dodávek tepla, které by souvisely se získáváním parametrů média. Sběr dat se soustředil především na období, ve kterém nejsou kladeny vysoké požadavky na dodávku tepelné energie (tzv. přechodové období). Dále byl proveden sběr dat v měsících červenci a srpnu na předávacích místech, kde bylo teplo dodáváno pouze pro potřeby ohřevu teplé vody. Lokality byly vytipovány v souladu se zadáním, především na vstupy do objektů, kde se předpokládá možný nesoulad požadovaných a skutečných parametrů. Od jednotlivých provozovatelů stanovených měřidel, byl dán souhlas k použití získaných dat s tím, že lokality budou uváděny bez konkrétní specifikace místa. Aby bylo možné provést porovnání provozních stavů, na jednotlivých objektech se shodnými vstupními parametry, byla naměřena i data na ucelených oblastech, ve stejném časovém úseku. Měřidla ze shodné oblasti (objekty napojeny na jeden rozvod), jsou vždy uvedeny i v celkovém grafu. Na základě požadavků z průběžné oponentury tohoto úkolu je vyhodnocení rozdílů teplot doplněno o vstupní teplotu média a v topném období o denostupně. Tato data jsou rovněž uváděna v grafech vyhodnocení naměřených teplotních rozdílů.

3 HODNOCENÍ MĚŘENÝCH LOKALIT

Měřené lokality lze rozdělit do těchto kategorií.

Vstup tepla do objektu používaný pouze k vytápění objektu, z takzvaného čtyřtrubkového rozvodu.

Vstup tepla do objektu používaný k dodávce tepla do domovní předávací stanice, z takzvaného dvoutrubkového rozvodu.

Vstup tepla do objektu používaný pouze k vytápění objektu, z takzvaného dvoutrubkového rozvodu.

Výstup tepla z domovní předávací stanice v objektu, s osazenými měřidly tepla na výstupech, pro jednotlivé vchody tohoto objektu.

Pro přehled jsou uváděny souhrnné hodnoty z jednotlivých měřidel v podobě grafů. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v přílohách. Vzhledem k množství dat v těchto přílohách jsou vydány pouze v elektronické podobě.

4 PŘEHLED NAMĚŘENÝCH HODNOT

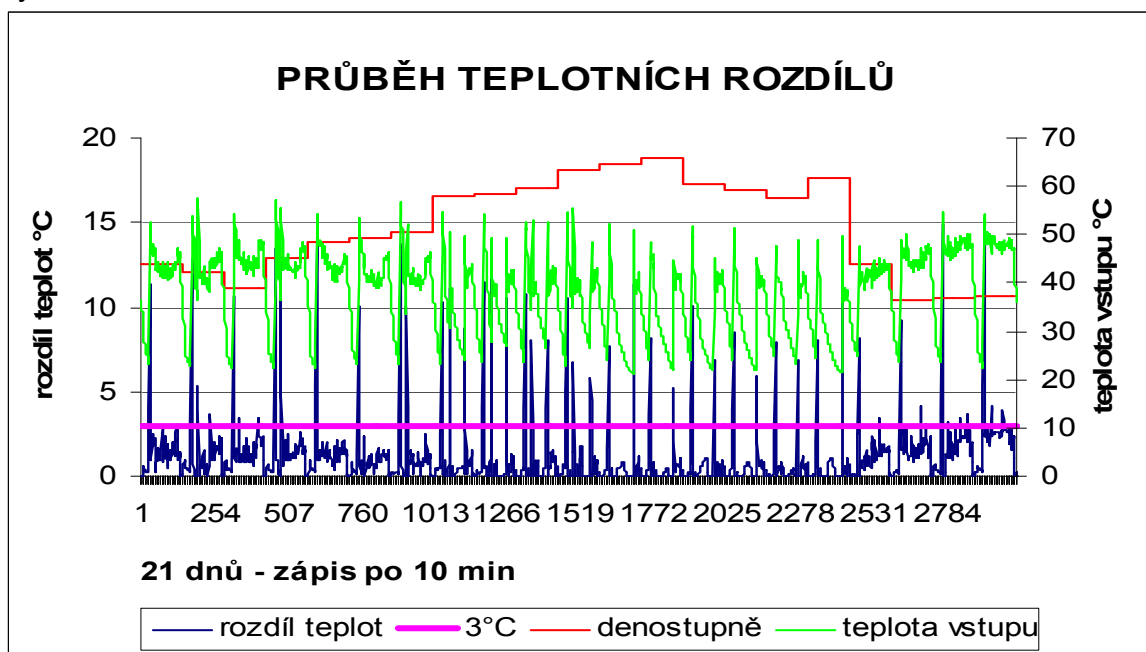
4.1 Lokalita 1

Měřidlo osazeno v samostatném vstupu tepla pro ÚT, v jednom vchodě objektu. Napojeno na dvoutrubkový rozvod. Teplá voda je připravována v domovní předávací stanici, osazené v jiném vstupu téhož objektu. Data pro graf 1e/6 a 1f/6 byla získána při první montáži tohoto měřidla, v roce 2005.

Na předávacím místě je osazena ekvitermní regulace, pracující na základě samostatného snímače teploty, umístěném na objektu. Nastavení topné křivky může provádět odběratel tepla (objekt). Přerušovaná dodávka tepla.

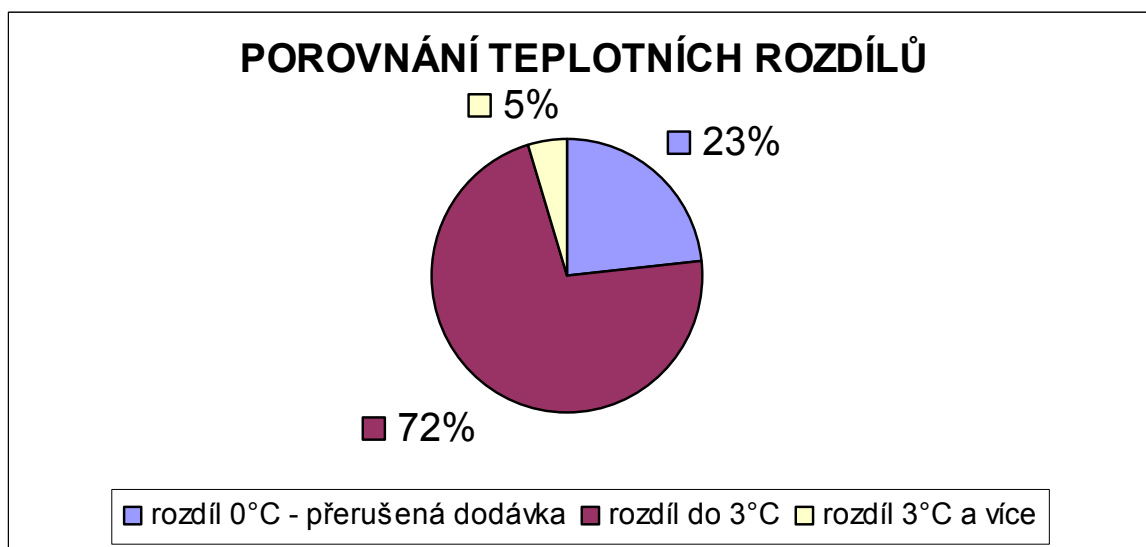
Graf 1a/6 objekt A

Vyhodnocené období 01. 05. – 21. 05. 2008



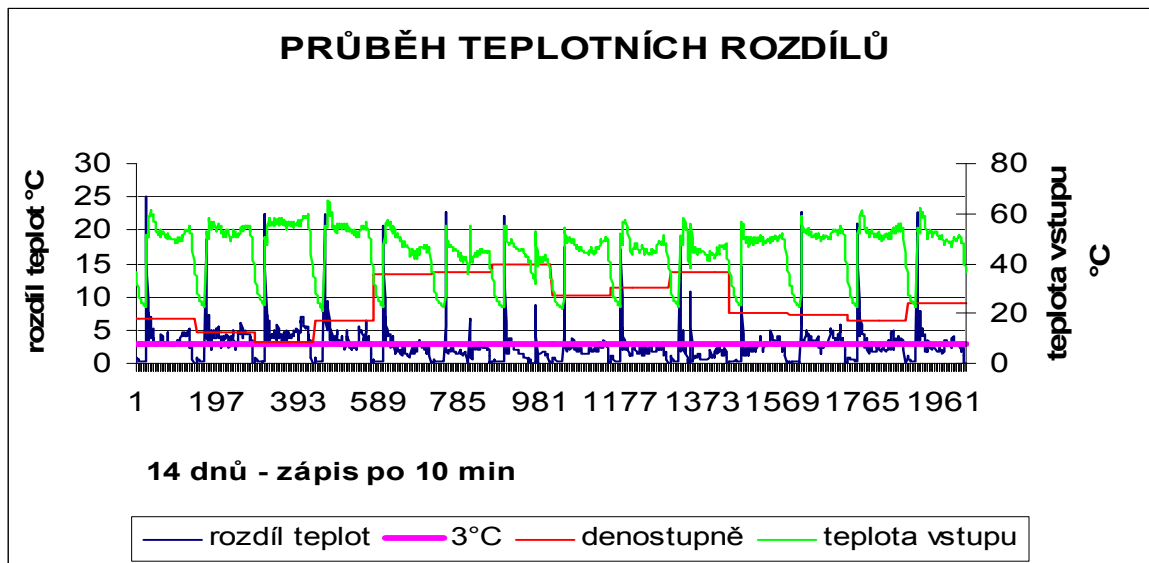
Graf 1b/6 objekt A

Vyhodnocené období 01. 05. – 21. 05. 2008



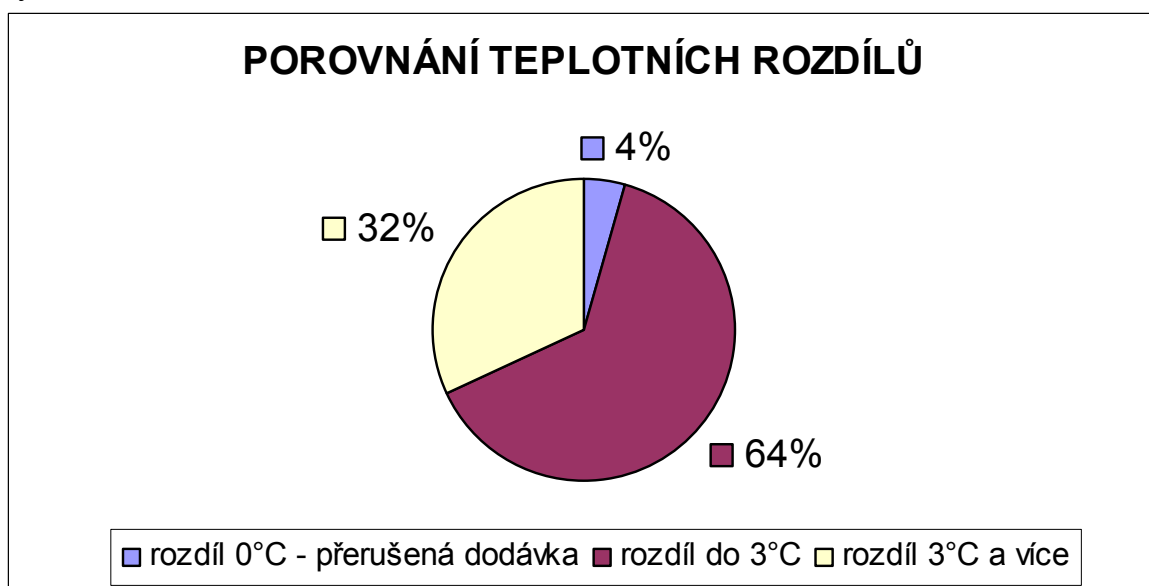
Graf 1c/6 objekt A

Vyhodnocené období 05. 04. – 18. 04. 2008



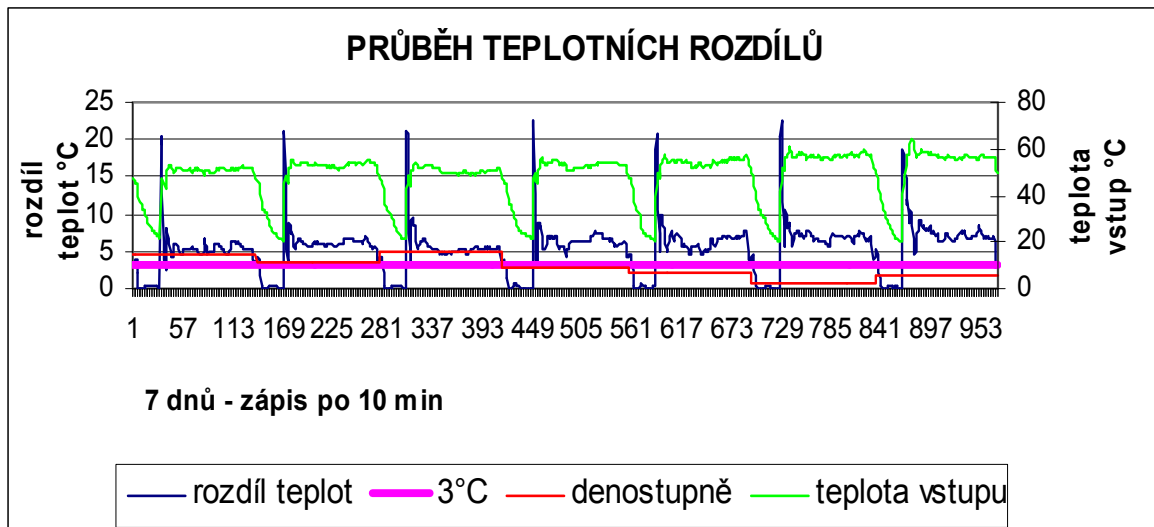
Graf 1d /6 objekt A

Vyhodnocené období 05. 04. – 18. 04. 2008



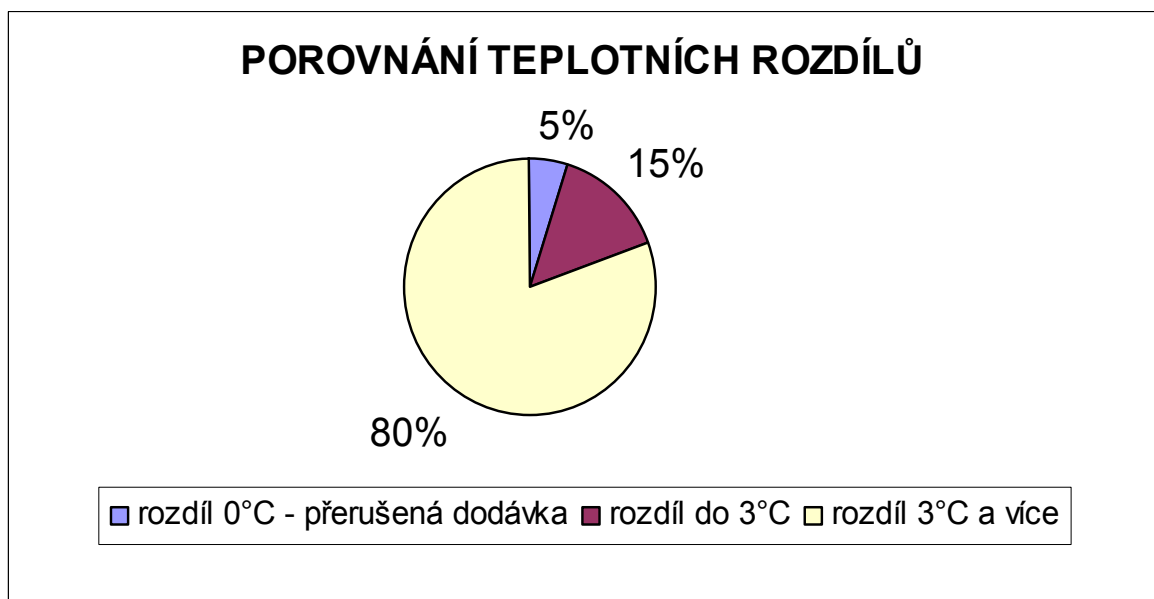
Graf 1e/6 objekt A

Vyhodnocené období 14. 11. – 20. 11. 2005



Graf 1f/6 objekt A

Vyhodnocené období 14. 11. – 20. 11. 2005



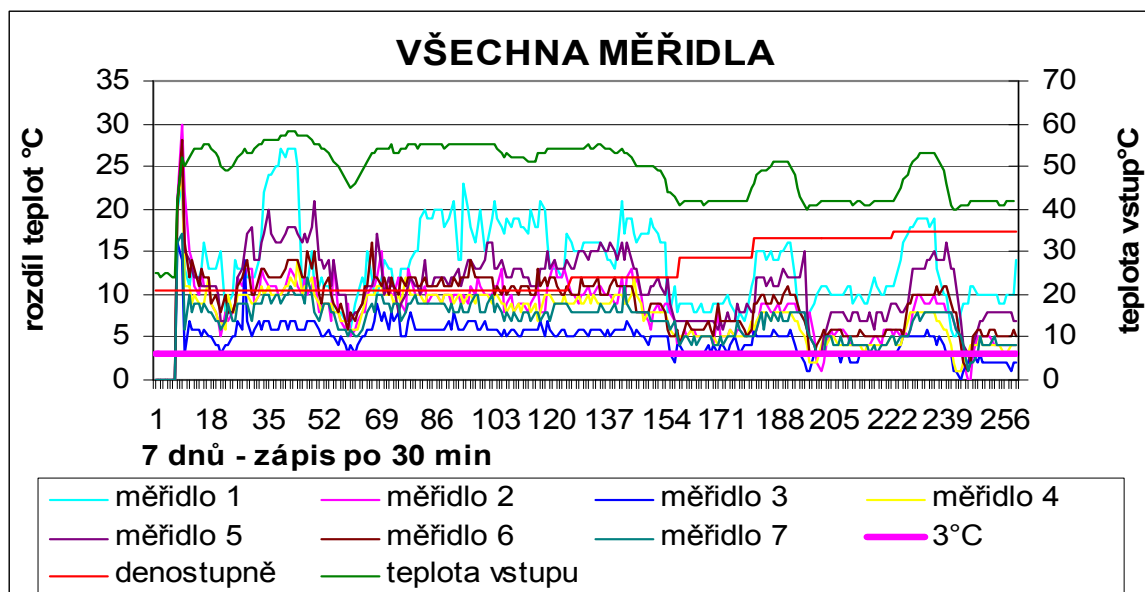
4.2 Lokalita 2

Měřidla jsou osazena na samostatných výstupech tepla pro ÚT, z domovní předávací stanice. Měří teplo pro jednotlivé vchody tohoto objektu. Měřeno 7 dnů, hodnoty po 30 minutách.

Na předávacím místě je osazena ekvitermní regulace, pracující na základě samostatného snímače teploty, umístěném na objektu. Nastavení topné křivky může provádět odběratel tepla (objekt). Nepřerušovaná dodávka tepla.

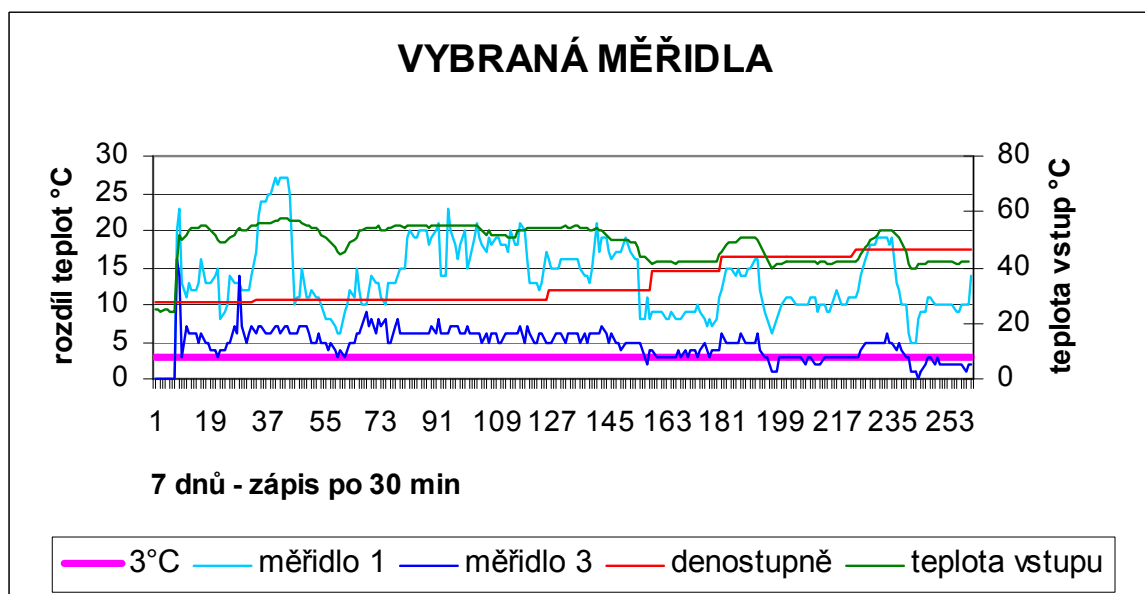
Graf 2a/4 oblast A

Vyhodnocené období 19. 05. – 25. 05. 2008



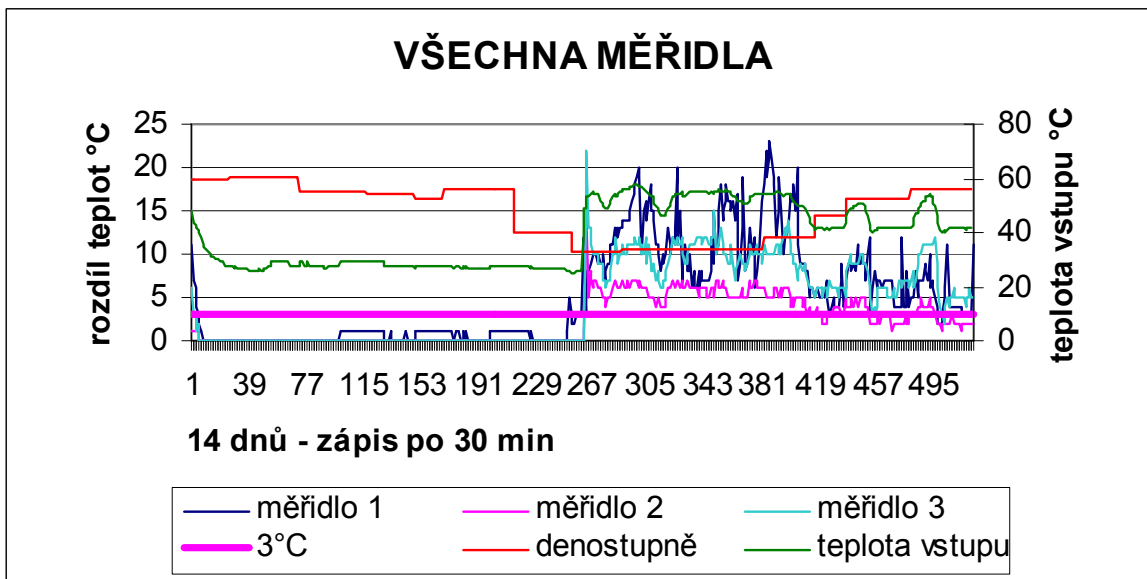
Graf 2b/4 oblast A

Vyhodnocené období 19. 05. – 25. 05. 2008



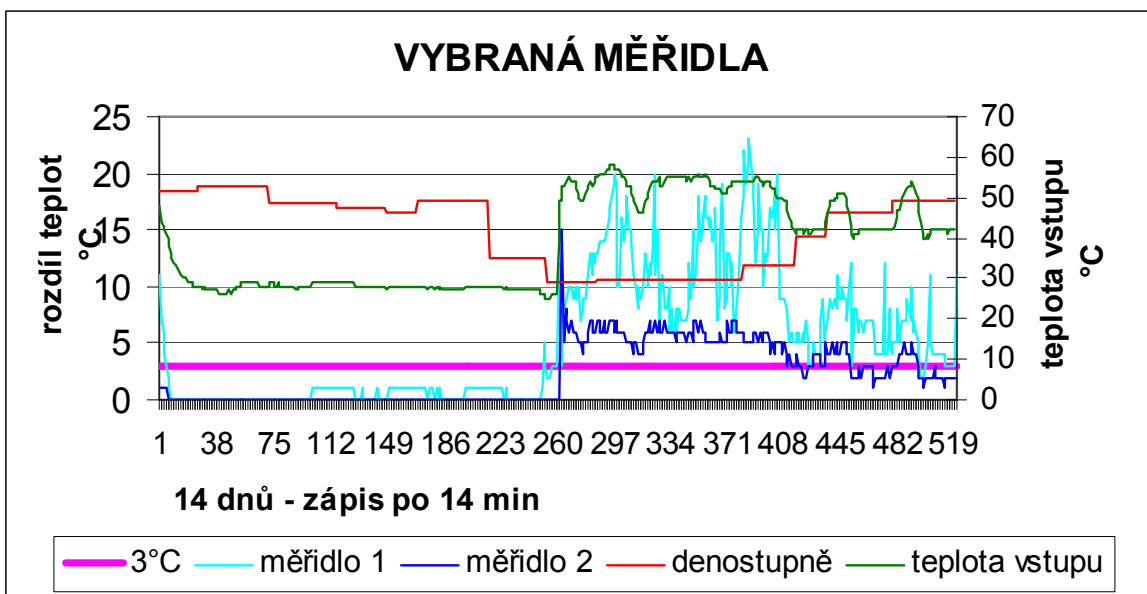
Graf 2c/4 oblast B

Vyhodnocené období 12. 05. – 25. 05. 2008



Graf 2d/4 oblast B

Vyhodnocené období 12. 05. – 25. 05. 2008



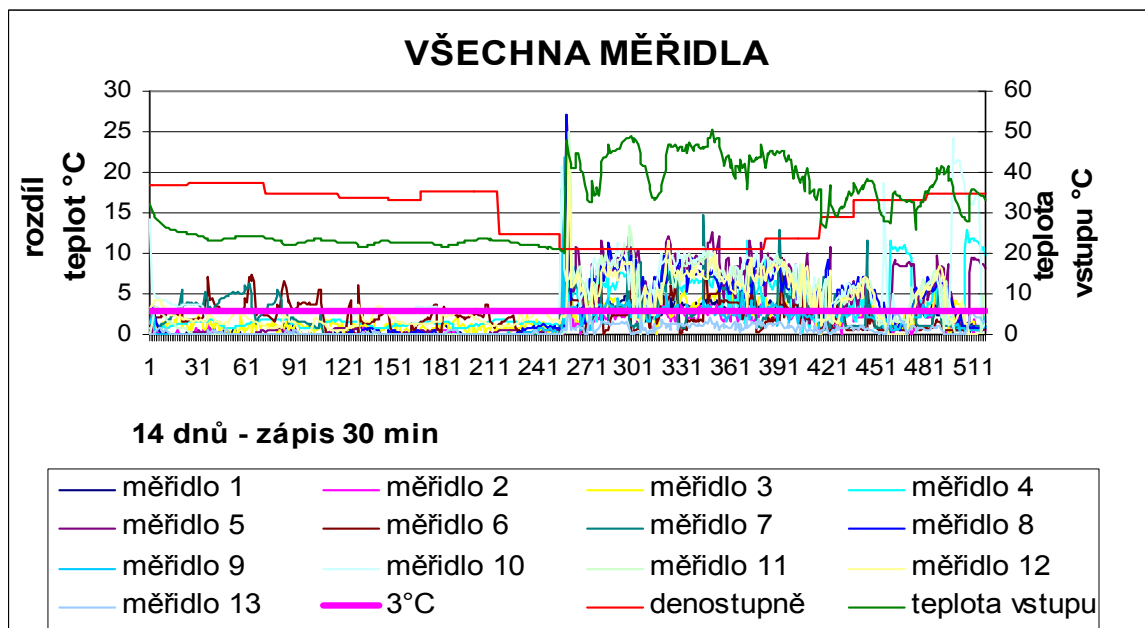
4.3 Lokalita 3

Měřidla jsou osazena na samostatných domovních předávacích stanicích napojených na dvoutrubkový rozvod tepla.

Na předávacím místě je osazena ekvitermní regulace, pracující na základě samostatného snímače teploty, umístěném na objektu. Nastavení topné křivky může provádět odběratel tepla (objekt). Nepřerušovaná dodávka tepla.

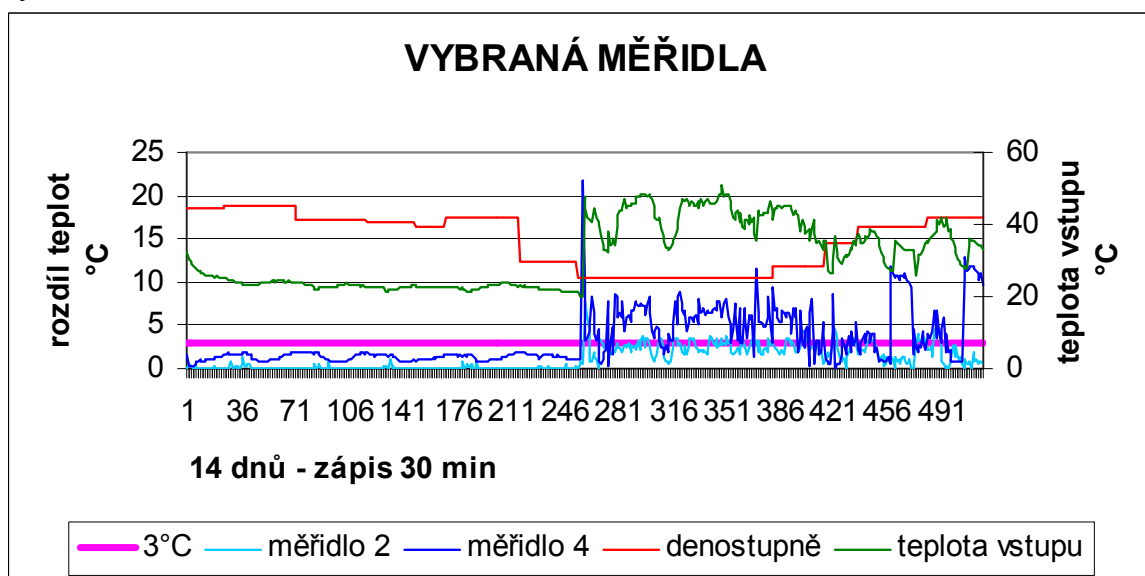
Graf 3a/2 oblast A

Vyhodnocené období 12. 05. – 25. 05. 2008



Graf 3b/2 oblast A

Vyhodnocené období 12. 05. – 25. 05. 2008



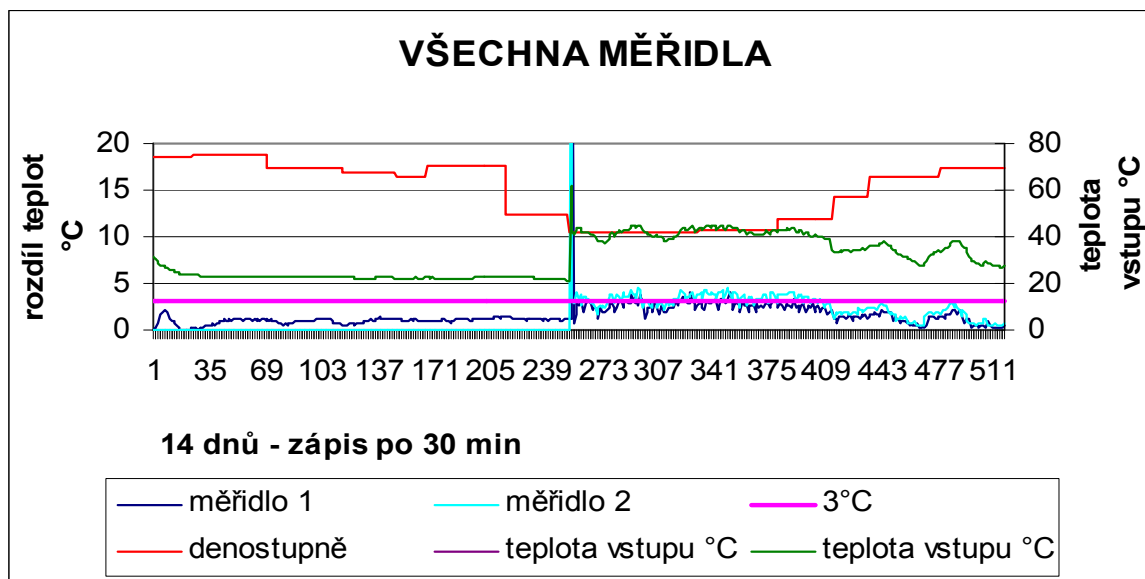
4.4 Lokalita 4

Měřidla jsou osazena na samostatných domovních předávacích stanicích, napojených na dvoutrubkový rozvod tepla.

Na předávacím místě je osazena ekvitermní regulace, pracující na základě samostatného snímače teploty, umístěném na objektu. Nastavení topné křivky může provádět odběratel tepla (objekt). Nepřerušovaná dodávka tepla.

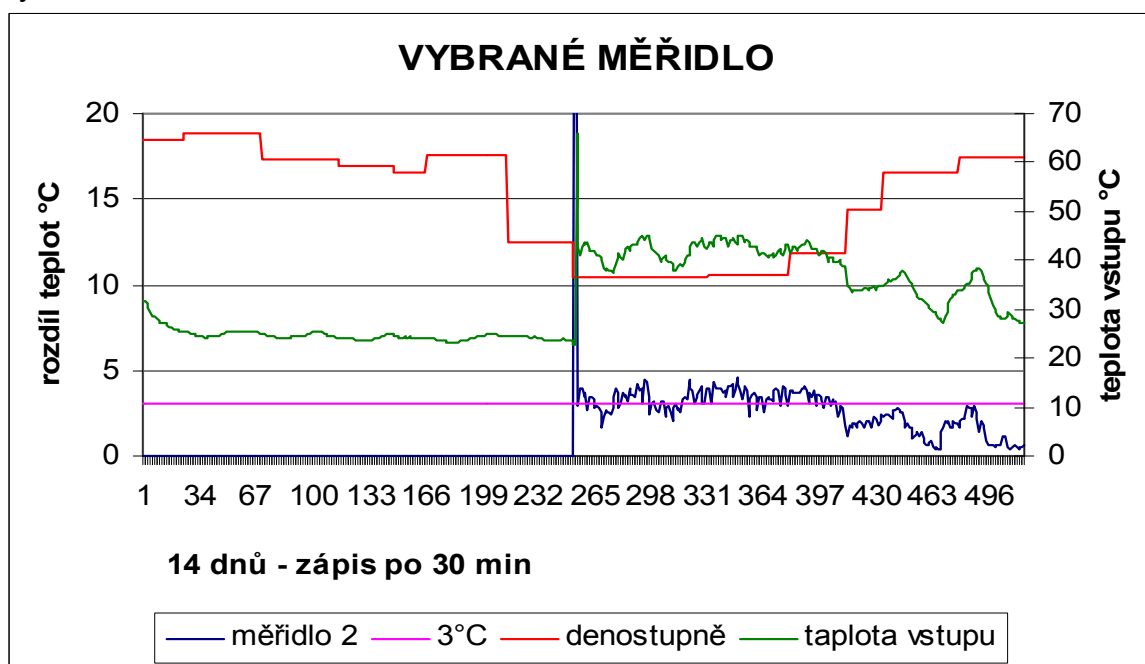
Graf 4a/2 oblast B

Vyhodnocené období 12. 05. – 25. 05. 2008



Graf 4b/2 oblast B

Vyhodnocené období 12. 05. – 25. 05. 2008



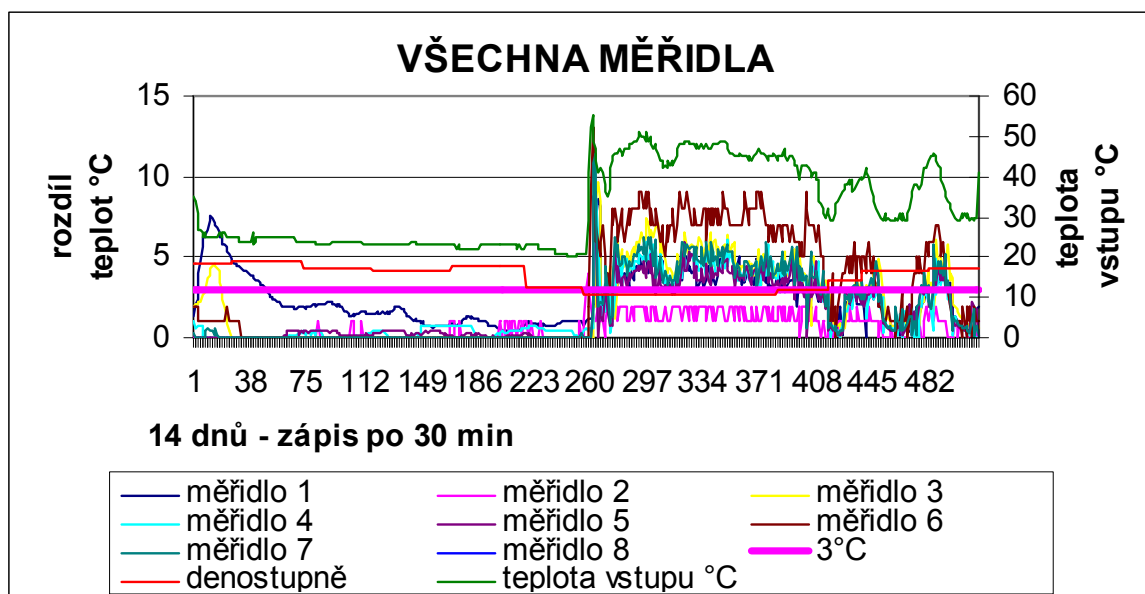
4.5 Lokalita 5

Měřidla jsou osazena na vstupech tepla do samostatných objektů. Teplo pouze pro ÚT. Napojeno na čtyřtrubkový rozvod.

Na předávacím místě je osazena ekvitermní regulace, pracující na základě samostatného snímače teploty, umístěném na objektu výměňkové stanice. Nastavení základní topné křivky provádí dodavatel tepla, na základě požadavku odběratelů (objektů). Nepřerušovaná dodávka tepla.

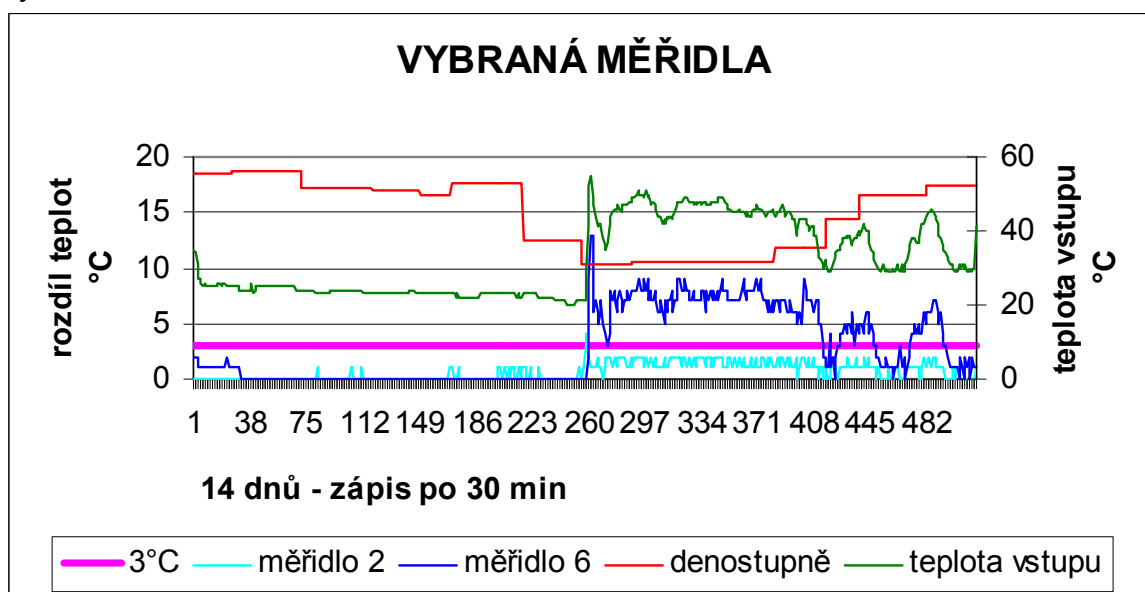
Graf 5a/2 oblast A

Vyhodnocené období 12. 05. – 25. 05. 2008



Graf 5b/2 oblast A

Vyhodnocené období 12. 05. – 25. 05. 2008



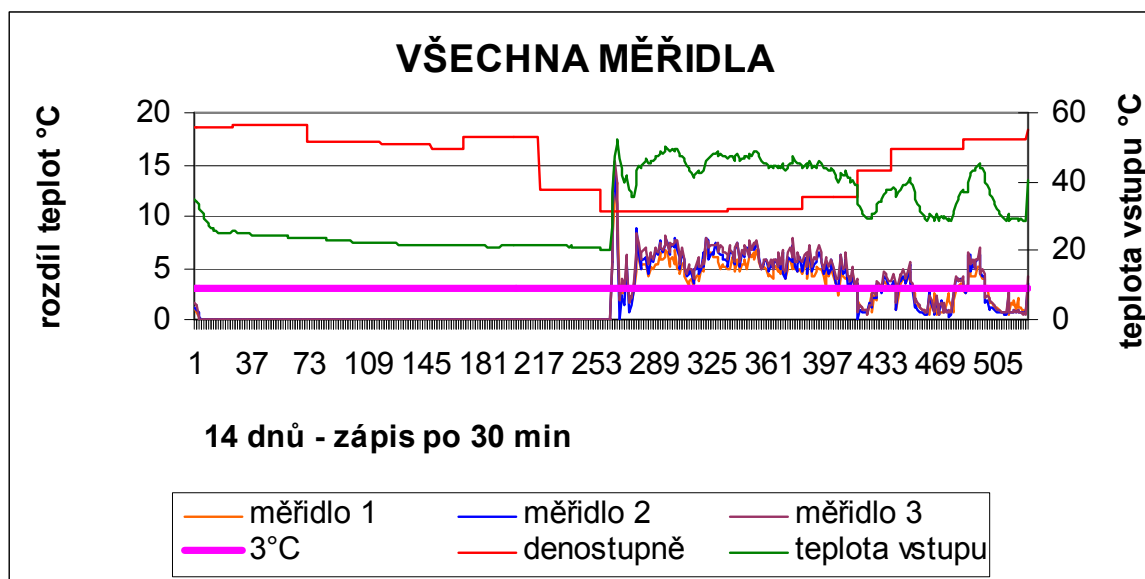
4.6 Lokalita 6

Měřidla jsou osazena na vstupech tepla do samostatných objektů. Teplo pouze pro ÚT. Napojeno na čtyřtrubkový rozvod.

Na předávacím místě je osazena ekvitemní regulace, pracující na základě samostatného snímače teploty, umístěném na objektu výměníkové stanice. Nastavení základní topné křivky provádí dodavatel tepla, na základě požadavku odběratelů (objektů). Nepřerušovaná dodávka tepla.

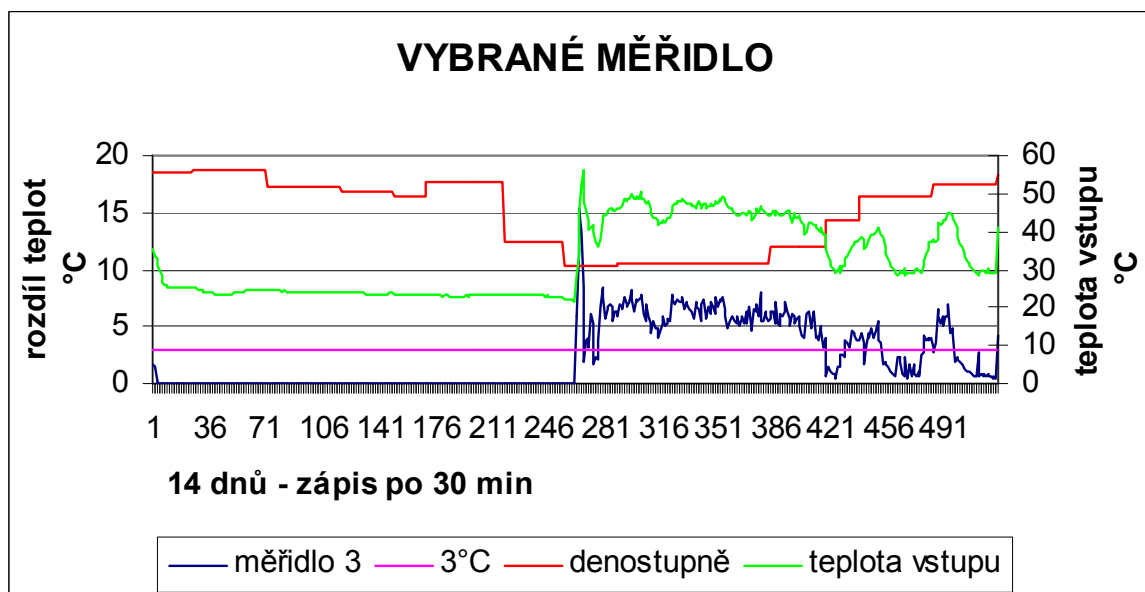
Graf 6a/2 oblast B

Vyhodnocené období 12. 05. – 25. 05. 2008



Graf 6b/2 oblast B

Vyhodnocené období 12. 05. – 25. 05. 2008



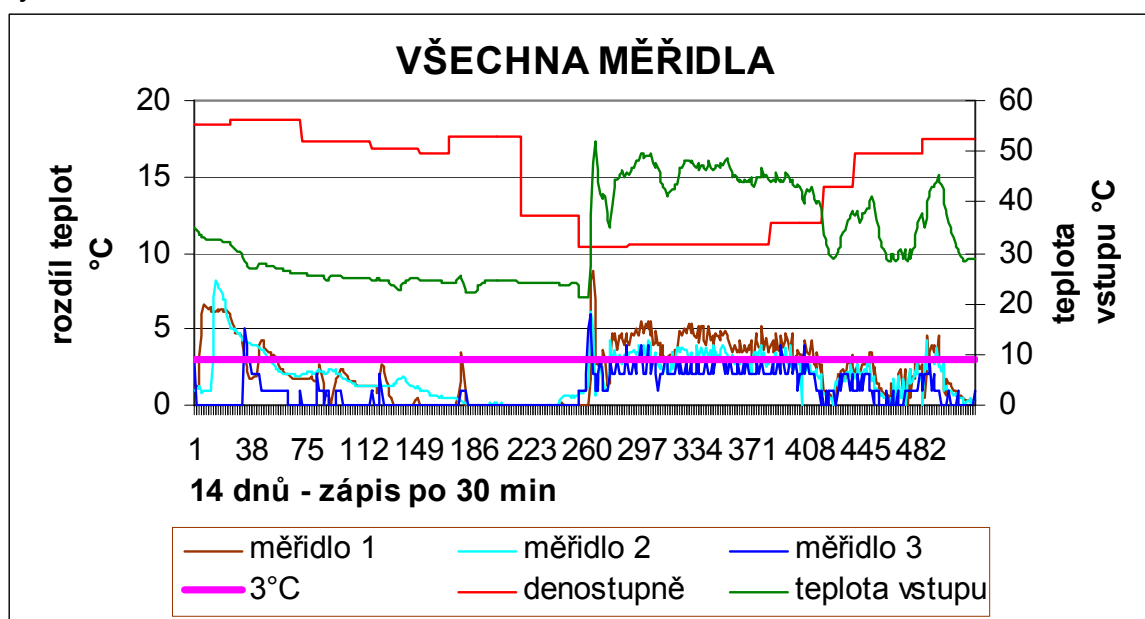
4.7 Lokalita 7

Měřidla jsou osazena na vstupech tepla do samostatných objektů. Teplo pouze pro ÚT. Napojeno na čtyřtrubkový rozvod.

Na předávacím místě je osazena ekvitermní regulace, pracující na základě samostatného snímače teploty, umístěném na objektu výměňkové stanice. Nastavení topné křivky provádí dodavatel tepla, na základě požadavku odběratelů (objektů). Nepřerušovaná dodávka tepla.

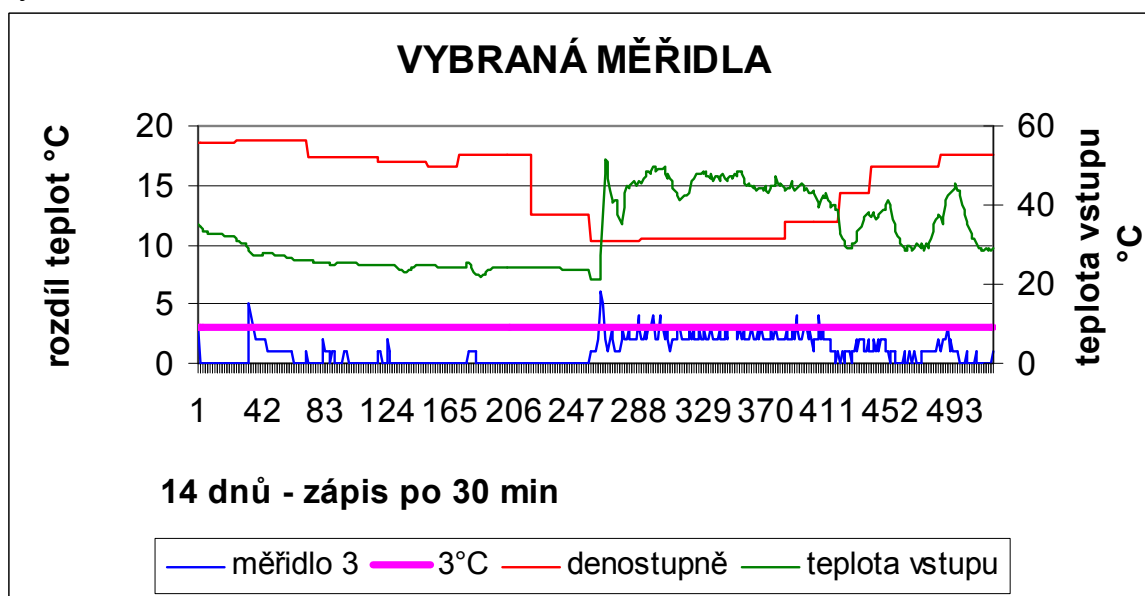
Graf 7a/2 oblast C

Vyhodnocené období 12. 05. – 25. 05. 2008



Graf 7b/2 oblast C

Vyhodnocené období 12. 05. – 25. 05. 2008

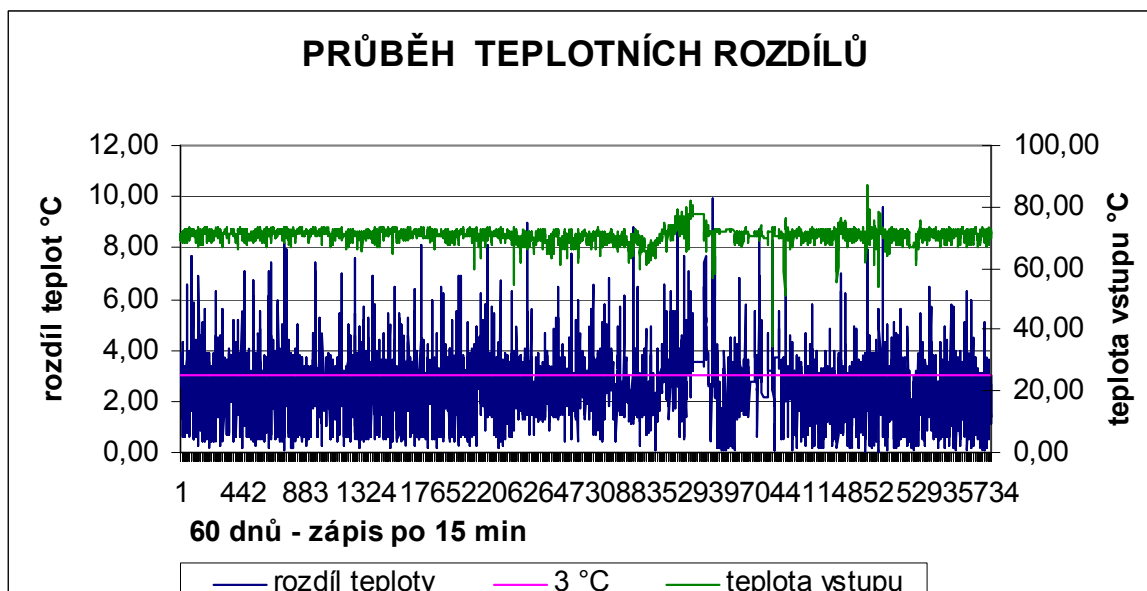


4.8 Lokalita 8

Měřidlo je osazeno na vstupu tepla spotřebovaného k přípravě teplé vody, na vstupu do bytového objektu. Teplá voda je připravována rychloohřevem, s minimální kapacitou zásobníku (vyrovnávací nádrže).

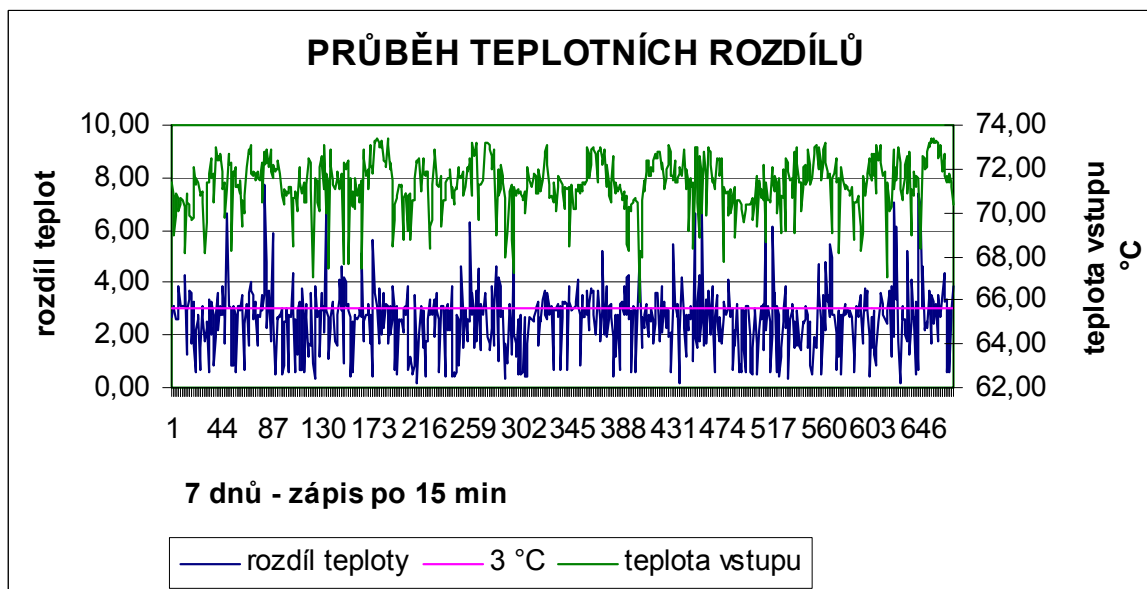
Graf 8a/3 oblast C

Vyhodnocené období 01. 07. – 29. 08. 2008



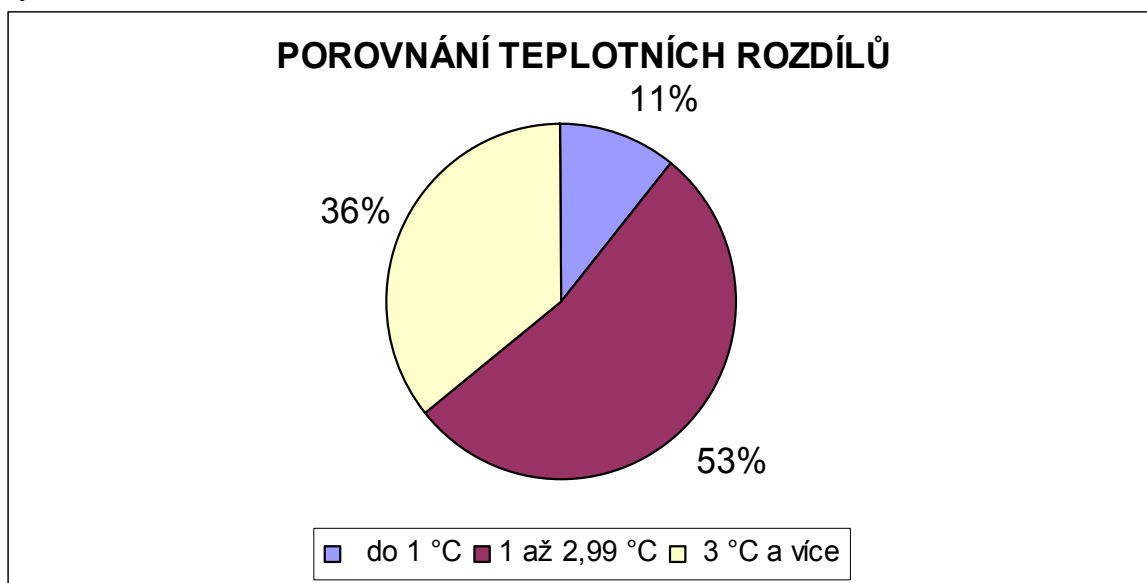
Graf 8b/3 oblast C

Vyhodnocené období 01. 07. – 07. 07. 2008



Graf 8c/3 oblast C

Vyhodnocené období 01. 07. – 29. 08. 2008

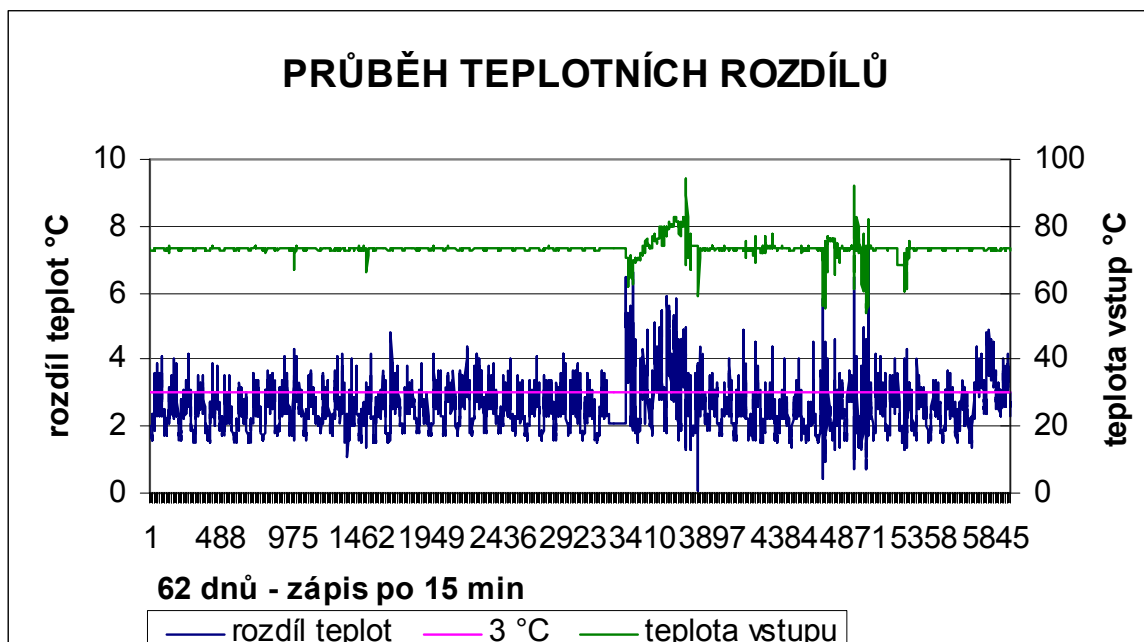


4.9 Lokalita 9

Měřidlo je osazeno na vstupu tepla spotřebovaného k přípravě teplé vody, na vstupu do objektu charakteru občanské vybavenosti (restaurace, hotel, prodejny). Teplá voda je připravována rychloohřevem, s minimální kapacitou zásobníku (vyrovnávací nádrže).

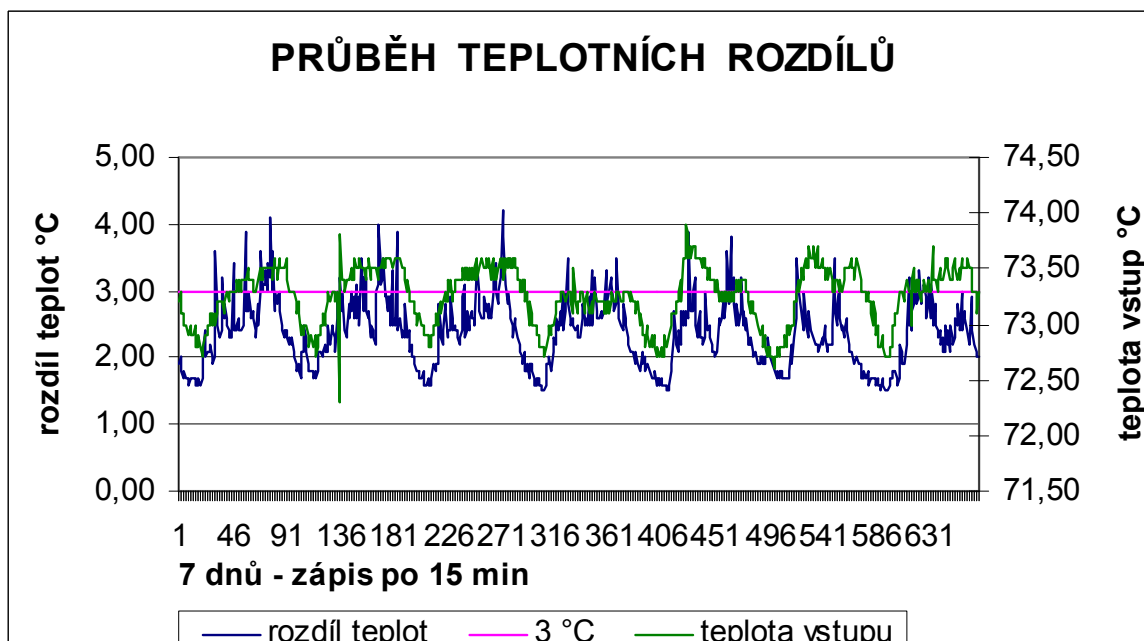
Graf 9a/3 oblast C

Vyhodnocené období 01. 07. – 31. 08. 2008



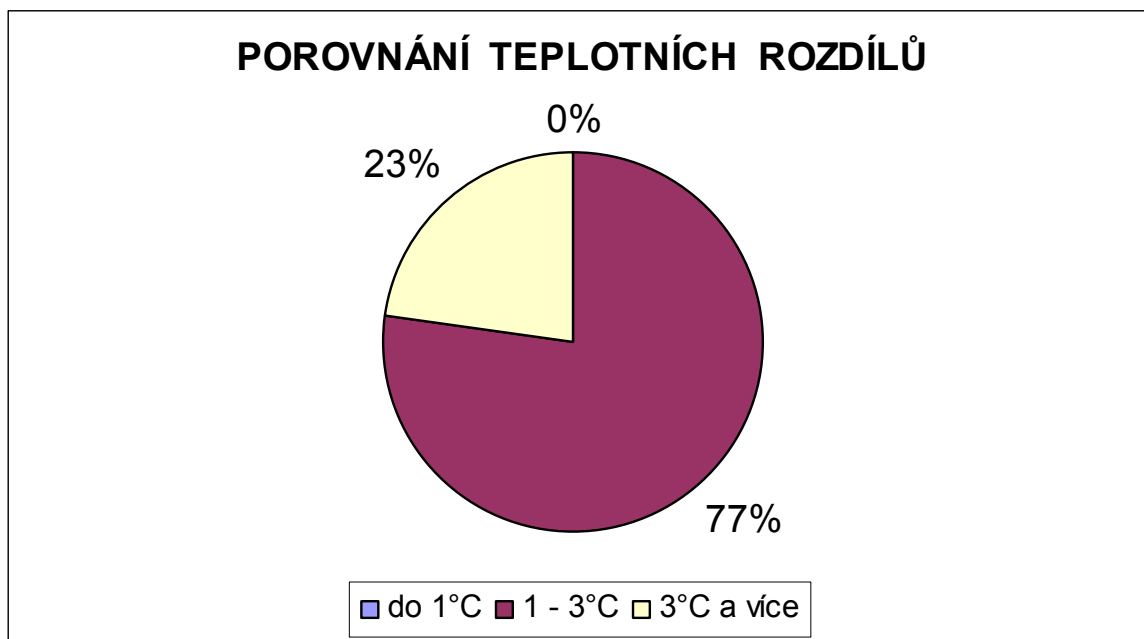
Graf 9b/3 oblast C

Vyhodnocené období 01. 07. – 07. 07. 2008



Graf 9c/3 oblast C

Vyhodnocené období 01. 07. – 31. 08. 2008



5 ANALÝZA MINIMÁLNÍHO ROZDÍLU TEPLŮT

Vztah pro množství tepla:

$$Q = k \cdot V \cdot \Delta t \quad (1)$$

kde

k	tepelný koeficient	$\text{kWh} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}$
V	proteklý objem	m^3
Δt	rozdíl teplot	K

Druhá mocnina standardní nejistoty množství tepla:

$$\begin{aligned} u^2(Q) &= \left(\frac{\partial Q}{\partial V}\right)^2 \cdot u^2(V) + \left(\frac{\partial Q}{\partial \Delta t}\right)^2 \cdot u^2(\Delta t) + \left(\frac{\partial Q}{\partial k}\right)^2 \cdot u^2(k) = \\ &= (k \cdot \Delta t)^2 \cdot u^2(V) + (k \cdot V)^2 \cdot u^2(\Delta t) + (V \cdot \Delta t)^2 \cdot u^2(k) \end{aligned} \quad (2)$$

Vyjádřeno v relativní formě:

$$\frac{u^2(Q)}{Q^2} = \frac{u^2(V)}{V^2} + \frac{u^2(\Delta t)}{(\Delta t)^2} + \frac{u^2(k)}{k^2} \quad (3)$$

Ze vztahu (3) je možno odvodit vztah pro minimální rozdíl teplot:

$$\Delta t = \frac{u(\Delta t)}{\sqrt{\frac{u^2(Q)}{Q^2} - \frac{u^2(V)}{V^2} - \frac{u^2(k)}{k^2}}} \quad (4)$$

Vztah mezi největší absolutní dovolenou chybou (MPE) a rozšířenou nejistotou ($2u$) podle [1]:

$$\varepsilon = \frac{2u}{MPE} \leq 0,2 \quad (5)$$

Vyjádřeno v relativní formě:

$$\frac{u(Q)}{Q} \leq 0,1 \cdot MPE_{rel}(Q)$$

$$\frac{u(\Delta t)}{\Delta t} \leq 0,1 \cdot MPE_{rel}(\Delta t) \quad (6)$$

Pro kompaktní měřiče tepla z (4) a [1] plyne:

$$\Delta t \geq \frac{0,0105}{\sqrt{0,0049^2 - 0,003^2 - 0,001^2}} = 2,8K$$

pro $u(\Delta t) = 0,0105K$ a $u(Q)$, $u(V)$ a $u(k)$ podle tabulky 9.5 [1].

Pro kombinované měřiče tepla z (6) a [1] plyne.

Odvození $MPE_{rel}(\Delta t)$:

$$MPE_{rel}(\Delta t) = \frac{MPE(\Delta t)}{\Delta t} \quad (7)$$

Z (5) plyne:

$$MPE(\Delta t) = \frac{2 \cdot u(\Delta t)}{0,2} = \frac{2 \cdot 0,0105}{0,2} = 0,105$$

Z toho podle (7):

$$MPE_{rel}(\Delta t) = \frac{0,105}{3} = 0,035 = 3,5\%$$

$$\Delta t \geq \frac{u(\Delta t)}{0,1 \cdot MPE_{rel}(\Delta t)} = \frac{0,0105}{0,1 \cdot 0,035} = 2,9K$$

Literatura

[1] ADUNKA, F.: Handbuch der Wärmeverbrauchsmessung. Vulkan-Verlag, Essen, 1999.

6 HODNOCENÍ

6.1 NAMĚŘENÉ HODNOTY ROZDÍLU TEPLOT V PROVOZNÍCH PODMÍNKÁCH

V rámci řešení úkolu jsou uvedeny data ze 43 ks měřidel tepla. Měřidla pracovala ve skutečných provozních podmínkách dodávek tepla pro stejný počet objektů, v různých lokalitách v ČR. Pro měření bylo zvoleno „přechodové období“ - čas, kdy venkovní teploty umožňují nižší dodávky tepla do objektů. Dále bylo měření provedeno v letních měsících na vstupech do objektů, kde je teplo spotřebováno pouze pro přípravu teplé vody.

Většina platných rozhodnutí o schválení typu vyžaduje u měřidel tepla minimální Δt 3K. V uváděných grafech je hodnota 3°C vyznačena výraznou přímkou.

Naměřené hodnoty teplotních rozdílů, mezi teplotou vstupní vody a teplotou výstupní vody (Δt) ukazují, že měřidla v provozních podmínkách velmi často pracují s nižší Δt jak 3K. V některých případech pracovala měřidla více jak polovinu provozního času s Δt pod vyžadovanými 3K.

Dosud je však možné v ČR používat i měřidla tepla, u kterých je vyžadovaná Δt 5K. Takové měřidlo by, v těchto konkrétně monitorovaných podmínkách, pracovalo prakticky celý svůj provozní čas mimo, pro něho požadovanou Δt 5K.

Provozní stav měřidel, osazených na vstupech do objektů, je ovlivněn především potřebami objektu, do kterého je teplo dodáváno. Povinnost osadit a provozovat měřidlo, v tomto místě, má na základě energetického zákona, dodavatel tepla – ve většině případů provozovatel rozvodů před vstupem do objektů.

6.2 ANALÝZA MINIMÁLNÍHO ROZDÍLU TEPLOT

Z uvedeného rozboru vyplynula pro kombinované měřiče tepla dovolená hodnota relativní chyby teplotního rozdílu 3,5 %.

Pro nižší hodnoty teplotního rozdílu tato hodnota chyby prudce roste.

Např:

pro $\Delta t = 2$ K je hodnota chyby teplotního rozdílu 5,08 %

pro $\Delta t = 1$ K je hodnota chyby teplotního rozdílu 10,15 %.

U měřidel tepla předaného teplotou vodou se standardně používají párované snímače teploty. Především tím je zaručena vysoká přesnost měření skutečného teplotního rozdílu.

Chybu teplotního rozdílu nelze v provozních podmínkách výrazně snížit zvýšením přesnosti měření teploty tepelného média.

7 ZÁVĚR

Naměřené hodnoty prokázaly, že se ve skutečných provozních podmínkách měřidel tepla často vyskytuje stav, kdy je teplotní rozdíl nižší než 3K. V tomto provozním stavu chyba měření překračuje povolenou chybu. Tuto skutečnost nelze přehlížet. V případě teplotního rozdílu nelze dosáhnout dodržení požadovaného parametru ($\Delta t \geq 3$ K) zvýšením přesnosti měření teploty média.

Provozní stav měřidel je určen skutečnými parametry média, ve kterých měřidlo pracuje. Ke zvýšení přesnosti měření tepelné energie je nutné, zajistit soulad provozních parametrů média s parametry měřidla opatřeními v provozování tepelných soustav.

Doporučuje se zvážit možnost omezení nebo případného zákazu používání měřidel tepla s povoleným teplotním rozdílem $\Delta t \geq 5$ K.