

Plán standardizace – Program rozvoje metrologie 2011

Zpráva pro závěrečnou oponenturu

Číslo úkolu: PRM 2011 č. VIII/2/11

Název úkolu: Zjištění vlivu montáže snímačů teploty, při měření tepelné energie s teplonosným médiem voda, ve skutečných provozních podmínkách.

Zadavatel: Česká republika – Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, organizační složka státu

Řešitel: Václav Edr – TPM Znalecká kancelář
Na Chmelnici 490
256 01 Benešov

Vypracoval : Václav Edr

Schválil: Václav Edr

Datum: listopad 2011

Obsah

1.	Úvod	4
2.	Popis řešení úkolu	4
2.1.	Základní požadavky a potřeby pro splnění úkolu	4
2.2.	Příklady montáže snímačů teploty při měření tepla z praxe	5
2.3.	Trať pro měření teploty, při různých montážích snímačů teploty a měření teplotního profilu	9
2.3.1.	Trasa k měření různých montáží snímačů teploty	9
2.3.2.	Tabulka osazených návarků a použitých jímek	10
2.3.3.	Schéma osazení snímačů s použitím jímkou G $\frac{1}{2}$ “	11
2.3.4.	Přehled osazení snímačů teploty	12
2.3.5.	Záznam z kontroly snímačů teploty	16
2.3.6.	Foto zkušební trať	16
2.4.	Trať pro měření teplotního profilu	18
2.5.	Popis použitých atypických zařízení	19
2.5.1.	Zařízení ke sběru a archivaci naměřených hodnot snímačů teploty	19
2.5.2.	Foto zařízení pro sběr a archivaci naměřených teplot	21
2.6.	Zařízení k měření teplotního profilu	22
2.6.1.	Základní popis	22
2.6.2.	Foto zařízení pro sběr a archivaci naměřených teplot	23
3.	Dosažené výsledky – Naměřené hodnoty	24
3.1.	Hodnoty naměřené jednotlivými snímači teploty, osazenými podle výše uvedených popisů	24
3.1.1.	Měření – hodnocení 1	24
3.1.2.	Měření – hodnocení 2	25
3.1.3.	Měření – hodnocení 3	26
3.1.4.	Měření – hodnocení 4	27
3.1.5.	Měření – hodnocení 5	28
3.1.6.	Měření – hodnocení 6	28
3.1.7.	Měření – hodnocení 7	30
3.1.8.	Měření – hodnocení 8	30
3.1.9.	Měření – hodnocení 9	31
3.1.10.	Měření – hodnocení 10	32
3.2.	Naměřené podpůrné hodnoty	32
3.2.1.	Teplota v prostoru VS	32

3.2.2.	Průtok teplotnosné látky	32
3.3.	Hodnoty naměřené při měření teplotního profilu	34
3.3.1.	Měření v pozici 1 – za přímým úsekem 23D	34
3.3.2.	Měření v pozici 2 – za jedním kolenem 90°	36
3.3.3.	Měření v pozici 3 – za dvěma koleny v různých rovinách	37
3.3.4.	Měření v pozici 4 – za odbočkou T DN50 / DN50	39
4.	Závěr	41
4.1.	Chyby montáže snímačů teploty	41
4.1.1.	Diskuze výsledků	41
4.1.2.	Doporučení	42
4.2.	Měření teplotního profilu	43
4.2.1.	Diskuze výsledků	43
4.2.2.	Doporučení	44
4.3.	Závěrečné shrnutí	45
5.	Použitá literatura a citace	45

1. Úvod

Hlavním cílem úkolu je zjištění vlivu chyb montáže snímačů teploty a změření teplotního profilu, ve skutečných provozních podmínkách, při měření tepelné energie (dále jen „tepla“), při použití vody, jako teplotního média.

Původní zadání úkolu řešilo pouze zjištění vlivu chyb montáže snímačů teploty. Na základě jednání průběžné oponentury byl úkol rozšířen o měření teplotního profilu. Tato část úkolu byla řešena ve spolupráci s pracovníkem ČMI Dr. Ing. Radkem Strnadem.

Řešitel úkolu touto cestou děkuje společnostem:

- Pražská teplotárenská, a.s.
- Tronic Control, s.r.o.
- FGV, a.s.

za poskytnutí prostor, umožnění měření na zařízení a výrobu atypických zařízení, nutných pro zpracování tématu.

2. Popis řešení úkolu

2.1. Základní požadavky a potřeby pro splnění úkolu

Úvodní oponentura doporučila zaměření úkolu především na stavy, simulující chyby montáží snímačů teploty, při dodávkách tepla pro přípravu teplé vody a vytápění objektů, které jsou předmětem nejčastějších neshod dodavatele s odběratelem.

Jako nejčastěji používané potrubí při dodávkách tepla pro malé a střední objekty lze určit průměr potrubí DN50.

Proto byla k měření vytipována předávací stanice tepla (dále jen „VS“), s přívodním a vratným potrubím DN50. Tato VS zajišťuje vytápění objektu i přípravu teplé vody. Dodávka tepla je regulována standardní ekvithermní regulací. Regulace současně zajišťuje i přípravu teplé vody na stálou výstupní teplotu. V průběhu měření nebylo do způsobu regulace zasahováno. Jedinou výjimkou proti standardnímu provozu VS bylo celkové mechanické uzavření armatury (média) ve vratné větvi a její následné mechanické otevření. I při této manipulaci byla ponechána regulace v automatickém (standardním) režimu. Provozní podmínky VS nebyly prováděným měřením nijak narušovány a ovlivňovány.

Při měření dodávek tepla, podle zaměření úkolu, se v současné době používají téměř výhradně snímače teploty PT500. Tím byl definován i typ snímačů teploty použitý při zkouškách. Popis použitých snímačů teploty je v samostatné kapitole.

Pro měření teplotního profilu, v provozních podmínkách dodávek tepla, se v současné době nevyrábí žádné zařízení. Proto bylo nutné vyrobit pro tento účel samostatné zařízení. Popis použitého zařízení je v samostatné kapitole.

Zadání vyžadovalo snímání alespoň 6 snímačů teploty PT500 v jeden čas po 1 s. Ke splnění tohoto úkolu bylo sestaveno samostatné zařízení, umožňující snímání 8 nezávislých snímačů teploty PT500, v intervalu 1 s. Popis použitého zařízení je v samostatné kapitole.

K měření teploty v prostoru VS byl použit registrační teploměr D3631 (TCM 321/02-3751, ověření CM1 / 09).

Jako podpůrná data byly dále přenášeny hodnoty ze stávajícího ultrazvukového měřidla tepla UH50 DN50 PN25. Toto měřidlo je osazeno ve vratné větvi za zkušební úsekem. Funkce měřidla nebyla zkušební úsekem ani průběhem zkoušek narušena. Do měřidla byl osazen samostatný modul M–Bus pro přenos dat. Hodnoty, naměřené tímto měřidlem, byly zaznamenávány a vyhodnocovány současně s hodnotami ze snímačů teploty ve shodném zařízení.

2.2. Příklady montáže snímačů teploty při měření tepla z praxe

Na žádost oponentů a pro přiblížení skutečných chyb montáží snímačů teploty, při měření dodávek tepla, uvádím několik příkladů z praxe. Uvedené snímky byly pořízeny při místních šetření prováděných zpracovatelem. Vždy se jednalo o měřidla, která měla plnit funkci stanoveného měřidla.

Foto A

Přímoponorný teploměr je použit do jímky s několikanásobným průměrem.



Foto B



Foto C

Teploměry namontované na povrch potrubí s izolací i bez.



Foto D



Foto E

Jímky teploměrů nezasahují do průtoku teplotné látky.

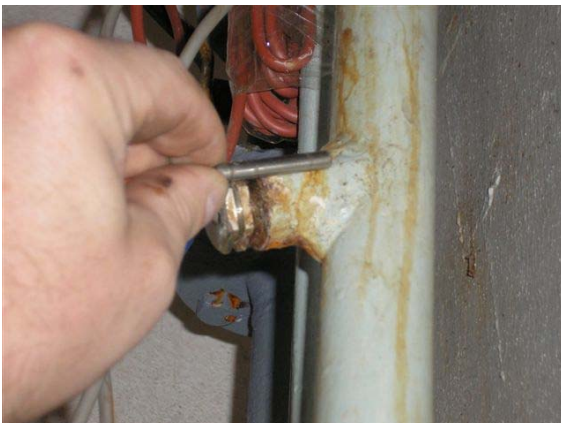


Foto F



Foto G
Teploměry nejsou plně zasunuty do jímek.



Foto H



Foto I
Potrubí pro dodávky tepla není izolováno.



Foto J



Foto K
Potrubí v místě montáže teploměru není izolováno nebo je izolace nedostatečná.



Foto L



Foto M
Pouze jedna z větví je izolována.



Foto N



Foto O
Izolace není na celém potrubí, ani na deskovém výměníku.



Foto P



Foto R
Párované teploměry - jeden osazen na lokalitě a druhý osazen výrobcem měřidla.



Foto S



Foto T

Teploměr ve sběrači by měl měřit společnou teplotu ze tří do něho vstupujících větví. Párované teploměry osazené na přívodu a výstupu.



Foto U

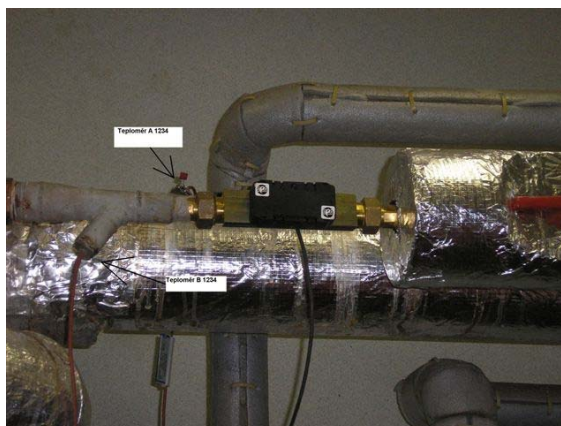
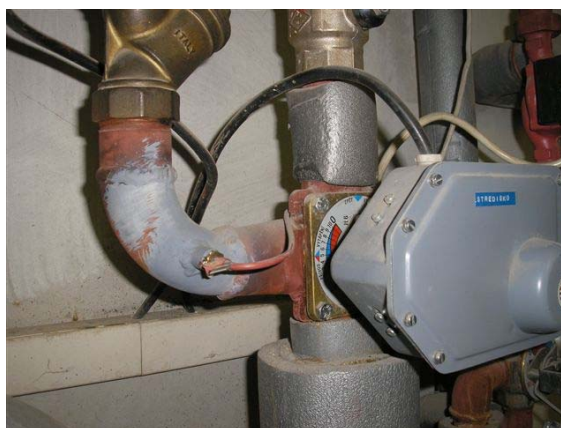


Foto V

I takto jsou osazené teploměry do kolena a za směšováním.



Foto W



2.3. Trať pro měření teploty, při různých montážích snímačů teploty a měření teplotního profilu

Pro měření teploty, při různých polohách (montážích) snímačů teploty a současně pro měření teplotního profilu, byla vyrobena společná zkušební trasa. Ve vratné větvi teplotonosné látky z VS byla osazena uzavírací armatura. Před a za touto armaturou byly vysazeny odbočky, na kterých jsou osazeny uzavírací kulové kohouty. Na takto připraveném ochozu byla sestavena zkušební trať. Pro trať, včetně muzikusů, bylo použito potrubí DN50. Vnitřní průměr 50 mm (potrubí 57x3,5).

Před zahájením měření byla celá zkušební trasa zaizolována tepelnou izolací o síle 5 cm s hliníkovou fólií. Dne 21.10.2011 ve 12:40 h byla sejmuta tepelná izolace z prvního úseku zkušební trasy (až po koleno – viz foto 7). Dne 25.10.2011 ve 12:15 h byla sejmuta tepelná izolace z celé zkušební tratě.

2.3.1. Trasa k měření různých montážích snímačů teploty

Na této trase je osazeno 20 návarků, umožňujících osazení různých typů jímek a snímačů teploty, včetně různých typů přímoponorných snímačů teploty. Jednotlivé pozice byly očíslovány ve směru toku média. Měření probíhala jak při osazené tepelné izolaci, tak i na trase po demontáži této izolace. Dále bylo provedeno i několik způsobů zcela nesprávné montáže, které se však v praxi skutečně vyskytují (viz foto a další popis měření).

2.3.2. Tabulka osazených návareků a použitých jímek

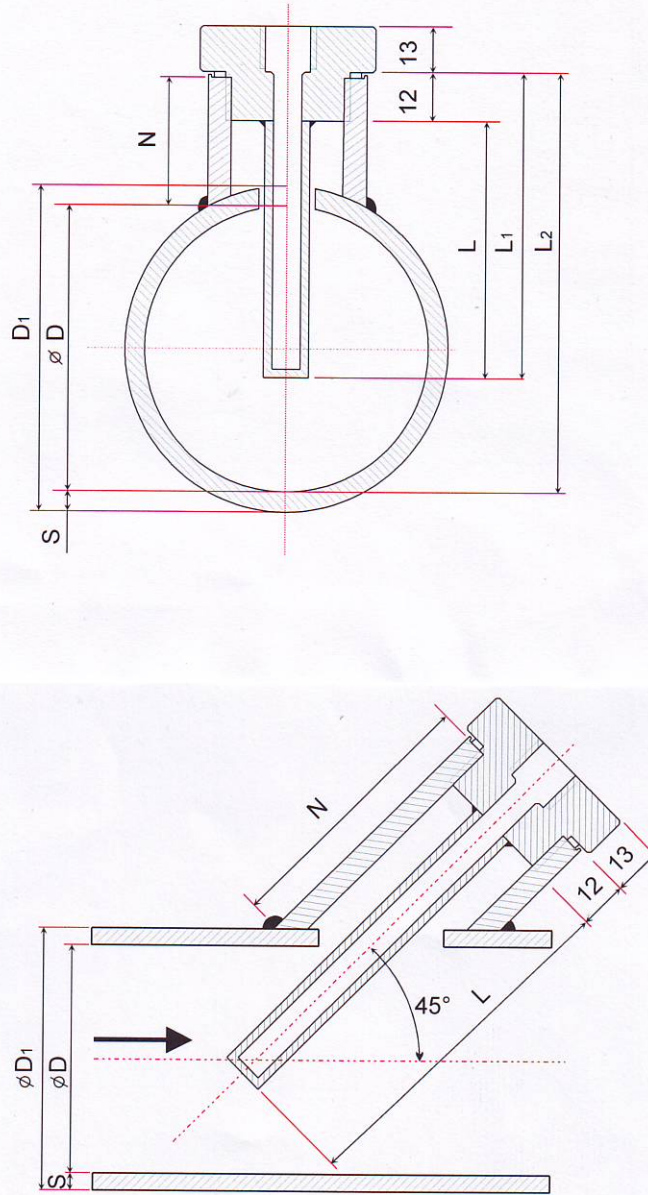
Tabulka 1

PO ZI CE	D ₁	D	Náva rek N [mm]	L ₂ [mm]	Jímka L [mm]	Závit G 1/2"	Závit G 1/4"	Kol mý	45° PROTI směru	45° PO směru	Poznámka
1	57	50	57	110	BEZ*	X		X			
2	57	50	71		134	X			X *		* V koleně
3	57	50	33	88	BEZ	X		X			
4	57	50	43	98	BEZ*	X		X			
5	57	50	44	96	80		X		X		
6	57	50	14	71	BEZ	X		X			Přechodka na 1/4"
7	57	50	68		134	X				X*	* V koleně
8	57	50	60	135	80	X			X		
9	57	50	60	135	80	X				X	
10	57	50	60	135	BEZ*	X			X		
11	57	50	60	135	BEZ*	X				X	
12	57	50	19	74	BEZ		X	X			Návarek
13	57	50	21	78	27	X		X			
14	57	50	93	146	134	X		X			
15	57	50	85	138	80	X		X			
16	57	50	78	128	BEZ*	X		X			
17	57	50	65	119	80	X		X			
18	57	50	43	97	80	X		X			
19	57	50	100		105			X			Návarek M27 x 2 Těžká jímka
20	57	50	58	110	BEZ*	X		X			

Poznámka: BEZ – přímá montáž snímače teploty (bez jímky)
 BEZ* – přímá montáž snímače teploty (bez jímky) délka stopky teploměru 90 mm – teploměr lze současně použít i do jímek L= 80

2.3.3. Schéma osazení snímačů s použitím jímky G $\frac{1}{2}$ "

Pro jednoznačnost rozměrů jsou použité značky znázorněny na následujícím schématu osazení jímek G $\frac{1}{2}$ "



2.3.4. Přehled osazení snímačů teploty

Tabulka č. 2

Poloha teploměru číslo	Teploměr výrobní číslo	Přenos číslo teploty (pozice)	Datum: 14.10.2011 Měření č. 1 Poznámka
1	2959-Č	1	
2	283	3	
3			
4			
5			
6			
7	284	4	
8			
9			
10	2970	5	
11	2970	6	
12			
13			
14	284	7	
15			
16	27525	8	
17			
18			
19			
20	2959-M	2	

Tabulka č. 3

Poloha teploměru číslo	Teploměr výrobní číslo	Přenos číslo teploty (pozice)	Datum: 17.10.2011 Měření č. 2 Poznámka
1	2959-Č	1	
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8	A0175/0410	7	
9	B0175/0410	8*	
10	2970	5	
11	2970	6	
12	B0164/0410	3	
13	A0164/0410	4	
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20	2959-M	2	

Tabulka č. 4

Poloha teploměru číslo	Teploměr výrobní číslo	Přenos číslo teploty (pozice)	Datum: 19.10.2011 Měření č. 3 Poznámka
1	2959-M	1 od 12:30 2	
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9	A0175/0410	7	
10			
11	2970	6	
12	B0164/0410	3	
13			
14			
15			
16			
17	A0164/0410	4	
18			
19	283	5	
20	2959-Č	2 od 12:30 1	
	B0175/0410	8	Povrch potrubí pod izolací vata 5 cm

Tabulka č. 5

Poloha teploměru číslo	Teploměr výrobní číslo	Přenos číslo teploty (pozice)	Datum: 21.10.2011 Měření č. 4 Poznámka
1	2959-M	2	
2	283	3	
3			
4	27525	5	
5	A0164/0410	4	
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15	A0210/0410	6	
16			
17			
18	B210/0410	7	
19			
20	2959-Č	1	
	B0175/0410	8	Povrch potrubí pod izolací mironal

2.3.5. Záznam z kontroly snímačů teploty

Použité snímače teploty byly zkontrolovány ve zkušební laboratoři AMS K26. Protokoly z měření jsou přílohou číslo 2 této zprávy.

2.3.6. Foto zkušební trať

Foto 1

Příprava odbočky a izolovaná měřící trať.



Foto 2



Foto 3

Měřící trať bez tepelné izolace.



Foto 4



Foto 5

Měření na zaizolované a odizolované trati.

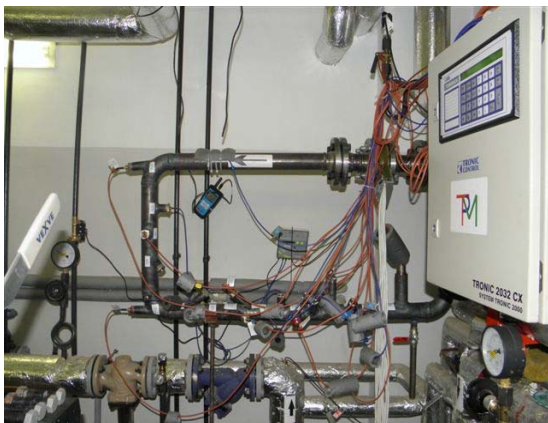


Foto 6



Foto 7

Částečné odizolování trasy a montáž snímače na povrch potrubí s izolací Mironal.



Foto 8

Částečné odizolování trasy a montáž snímače na povrch potrubí s izolací Mironal.



Foto 9

Montáž snímače na povrch potrubí s izolací 5 cm.

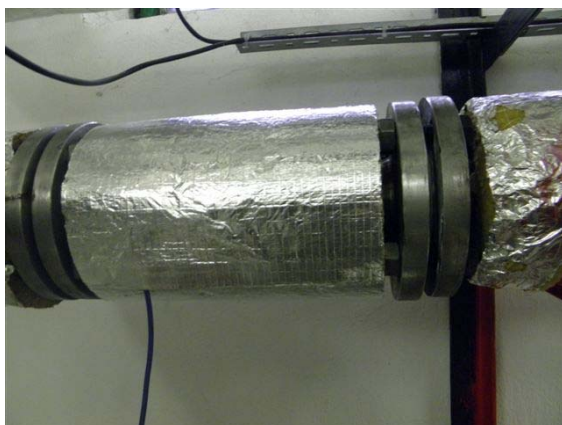


Foto 10

Montáž snímače na povrch potrubí s izolací 5 cm.



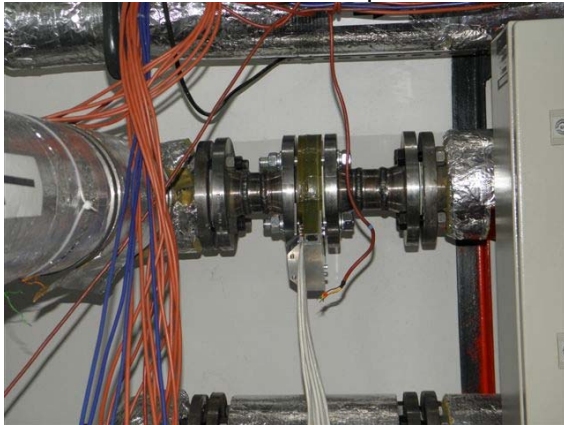
2.4. Trať pro měření teplotního profilu

Trať pro měření různých poloh snímačů teploty je současně osazena jednotnými muzikusy. Tím je umožněno osazení měření teplotního profilu do 4 různých poloh.

1. Poloha za uklidňujícím úsekem 24D, přičemž prvý rušivý prvek je přímo ponorný teploměr, osazený do $\frac{1}{2}$ průměru potrubí.
2. Poloha 2D za jedním kolenem 90°.
3. Poloha 2D za dvěma koleny v různých rovinách.
4. Poloha ve vzdálenosti 13D za odbočkou T potrubí shodného průměru, přičemž v tomto úseku je plně otevřený kulový kohout DN50. Současně v poloze 4 lze simulovat různé polohy otevření kulového kohoutu.

Poloha 1

Montáž měřicího zařízení v pozici 1 a muzikusy pro polohu 1 a 2.



Poloha 2

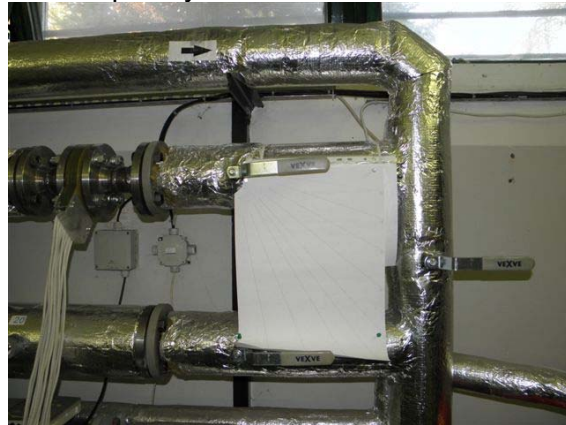


Poloha 3

Mezikus pro polohu 3 a montáž měřicího zařízení do polohy 4 s izolací a bez izolace.



Poloha 4



2.5. Popis použitých atypických zařízení

Na základě požadavku průběžné oponentury je ve vyhodnocení zařazen bližší popis použitých atypických zařízení.

2.5.1. Zařízení ke sběru a archivaci naměřených hodnot snímačů teploty

Pro měření byl vybrán řídicí systém **TRONIC 2032CX** s atypickou úpravou, pro měření 8 kusů snímačů teploty PT500, ve shodném čase. Vyrábí český výrobce - **TRONIC CONTROL®** s.r.o.

HARDWARE TRONIC 2032CX

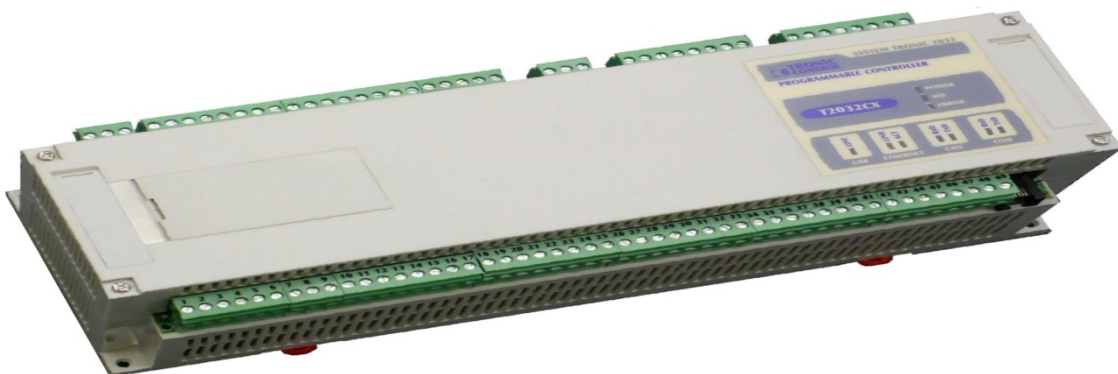
Jedná se o řídicí/měřicí systém odpovídající svou mohutností, komunikačními možnostmi a především volnou programovatelností požadavkům na řízení nejmodernějších technologií. Parametry jsou uvedeny v tabulce technických parametrů systému (viz Tab.1).

Tab.1 – Parametry T2032CX		
	počet	typ signálu
analogové vstupy	10	analogové - volitelně: <ul style="list-style-type: none"> ▪ ss napětí 0 ÷ 10 V ▪ ss proud 0 ÷ 20 mA ▪ teploměr Pt 1000Ω -30 ÷ 120 °C ▪ teploměr Ni 1000Ω -30 ÷ 120 °C ▪ dvouhodnotový/čítačový, 12 ÷ 30 V ss
dvouhodnotové vstupy	10	dvouhodnotové/čítačové: 12 ÷ 30 Vss
analogové výstupy	6	analogové: napětí 0 ÷ 10 Vss
dvouhodnotové výstupy	8 8	Dvouhodnotové 230VAC/2A, 48VDC/0,5 A <ul style="list-style-type: none"> ▪ spínací kontakt ▪ přepínací kontakt
rozšíření počtu vstupů a výstupů		<ul style="list-style-type: none"> ▪ v/v moduly T208E - max. 20 modulů ▪ v/v moduly T208D - max. 31 modulů
komunikace	1	Ethernet 10/100 MBd
	1	COM (RS232 / 422 / 485) - modem, Modbus
	1	CAN specifikace 2B
	1	RS232 - připojení terminálu
	1	USB – připojení servisního PC
rozšíření komunikace		moduly KOMG xxx
napájení		230 VAC
Rozměry		300x110 x115 mm (š,v,h)

TRONIC T2032CX je kompaktní programovatelná stanice s rozsáhlou integrovanou v/v stranou (10x AI, 6x AO, 10x DI, 16x DO), rozšiřitelnou v případě potřeby expanzními moduly. Hlavními znaky systému je použití výkonného 32 bitového procesoru, velkorysý dimenzování paměťového prostoru, možnost připojení lokálního terminálu obsluhy a vestavby záložního akumulátoru a robustní mechanické provedení vhodné pro většinu aplikací v oboru vytápění, chlazení i průmyslu. Dalším významným prvkem, zvyšujícím užitnou hodnotu přístroje, jsou rozsáhlé komunikační možnosti. Kromě sběrnice CAN a univerzálních sériových rozhraní, kterými byly vybaveny již předchozí generace systémů TRONIC, má tento systém nově implementováno též rozhraní Ethernet 10/100 a USB. USB slouží k připojení servisního počítače a umožňuje komfortní parametrizaci řídicí stanice, upgrade firmware a ve spolupráci s vývojovým prostředím WINLEDA přenos, parametrizaci a ladění uživatelského programu a grafickou vizualizaci měřených a procesních hodnot. Rozhraní Ethernet dovoluje snadnou integraci řídicích systémů T2032CX do stávající infrastruktury a osvobozuje investora od mnohdy problematického a nákladného budování technologických sběrnic. Výhodou pro mnohé aplikace je použití komerčně dostupných bezdrátových nebo optických spojení.

Dispečerské řízení, sběr a archivace dat, dálková správa, monitoring systémů a další progresivní možnosti dělají z T2032CX výkonný automatizační nástroj pro aplikace v systémech CZT a rozsáhlých distribuovaných systémech řízení a sběru dat. Uživatelský program je možné zavést (download) a přepnout za chodu systému. K systému lze přímo připojovat komunikačně měřiče energií, fyzikálních veličin a další přístroje.

Pro naši aplikaci byl dále použit expanzní v/v modul **AIBU30** umožňující měřit dalších 8 analogových vstupů různého typu. Typ vstupu je určen osazeným analogovým článkem, v našem případě článkem pro PT500 v rozsahu 0-100°C. Analogové články byly pečlivě vybírány a kalibrovány tak, aby charakteristika jejich měření byla co nejpodobnější.



Na port COM1 systému T2032CX je dále připojen převodník PH3 pro komunikaci MBUS. Přes tento převodník mohou být připojeny až 3 měřidla s komunikačním M-BUS výstupem.

SOFTWARE TRONIC 2032CX

Software pro sběr a vyhodnocení vlastního měření je napsán v programovacím jazyce LEDA za pomoci vývojového aplikačního prostředí WINLEDA (vývoj **TRONIC CONTROL®** s.r.o). V něm je kladen důraz na efektivitu a jednoduchost tvorby uživatelského programu. Nejnovější verze 5.0 vývojového prostředí Winleda umožňuje tvorbu uživatelských aplikací i neprogramátorům a je nově lokalizována do anglického a ruského jazyka.

Měření teploty

Vlastní software měří teploty každých 200ms. K změřené hodnotě může být přičtena uživatelská korekce s přesností na 1/1000°C v rozsahu -1 až 1°C. Korekce jsou uloženy ve

flash paměti, ale je možné měnit a pak znovu do této paměti uložit. Při změně sekundy je poslední známá měřená hodnota omarkována a připravena k přenosu do připojeného počítače.

Měření z měřidel MBUS

K systému jsou připojeny měřiče s komunikačním výstupem MBUS. Vzhledem k rychlosti komunikace 2400bps a množství sbíraných dat je perioda sběru nových dat 10s. Data z MBUS měřidla se nijak neupravují a každou sekundu se naposledy získaná data omarkují a také připraví k přenosu do připojeného počítače.

Zpracování a uložení dat

Systém T2032CX je on-line řípen do sítě Ethernet a poskytuje veškerá data nadřazeným softwarům. Vzhledem k velkému množství sbíraných dat je nutné, aby data byla on-line snímána a ukládána na pevný disk počítače (HDD). Za tímto účelem je na počítači nainstalován software VIZLEDA a MSSQL server 2008. VIZLEDA komunikačně přijímá po ETHERNET data z T2032CX. Jednak je zobrazuje na obrazovce počítače a jednak je ukládá do tabulky MERENI, kterou spravuje SQL server. Další uživatelské zpracování dat se provádí v softwaru MS EXCEL 2007.

Podrobný popis a bližší informace je možné získat na www.tronic.cz

2.5.2. Foto zařízení pro sběr a archivaci naměřených teplot

Foto 11

Celkový pohled na zařízení a jeho vnitřní uspořádání.



Foto 12



Foto 13

Archivace a vyhodnocování dat je prováděna na PC.



2.6. Zařízení k měření teplotního profilu

Jedná se o atypické zařízení firmy FGV a.s.
Zařízení bylo vyvinuto pod názvem TPLabTerm16.

2.6.1. Základní popis

Elektronika pro vyhodnocení

Zařízení je určeno k měření šestnácti Pt100/1000. Všechny kanály jsou zapojeny čtyřvodičově a jsou měřeny synchronně. Přístroj je schopný měřit teplotu až do 350 °C, s rozlišením až 0,005 °C. S přístrojem je možné komunikovat po sériové lince RS232 nebo pomocí USB.

Vlastnosti:

- 16 kanálů pro Pt100/Pt1000 (čtyřvodičové zapojení)
- Simultánní vzorkování (všechny kanály měří ve stejný okamžik)
- Proud snímačem: 200 μ A nebo 400 μ A (softwarově volitelné pro každý kanál)
- Rozsah: 0 – 350 °C
- Rozlišení: 0,005 °C (Pt1000, 200 μ A, 10 sps)
- Nelinearita: max. $\pm 0,02$ °C
- Rychlost vzorkování: max. 50 sps
- Potlačení rušení 50 Hz
- Autokalibrace (spouštěná příkazem)
- Rozhraní USB a RS232 (galvanické oddělené) – oba porty současně

Snímač teplotního profilu pro průměr potrubí 50 mm

Snímač je tvořen kruhovým tělesem se 7 kruhovými snímacími otvory, z nichž je 6 symetricky uspořádáno kolem středu tělesa, ve kterém je sedmý otvor.

Pro měření teploty jsou ve všech 7 otvorech použity páry Pt1000 se souběhem páru 40 mK (0 – 180 °C).

2.6.2. Foto zařízení pro sběr a archivaci naměřených teplot

Foto 14

Pohled na zařízení před jeho montáží do potrubí.

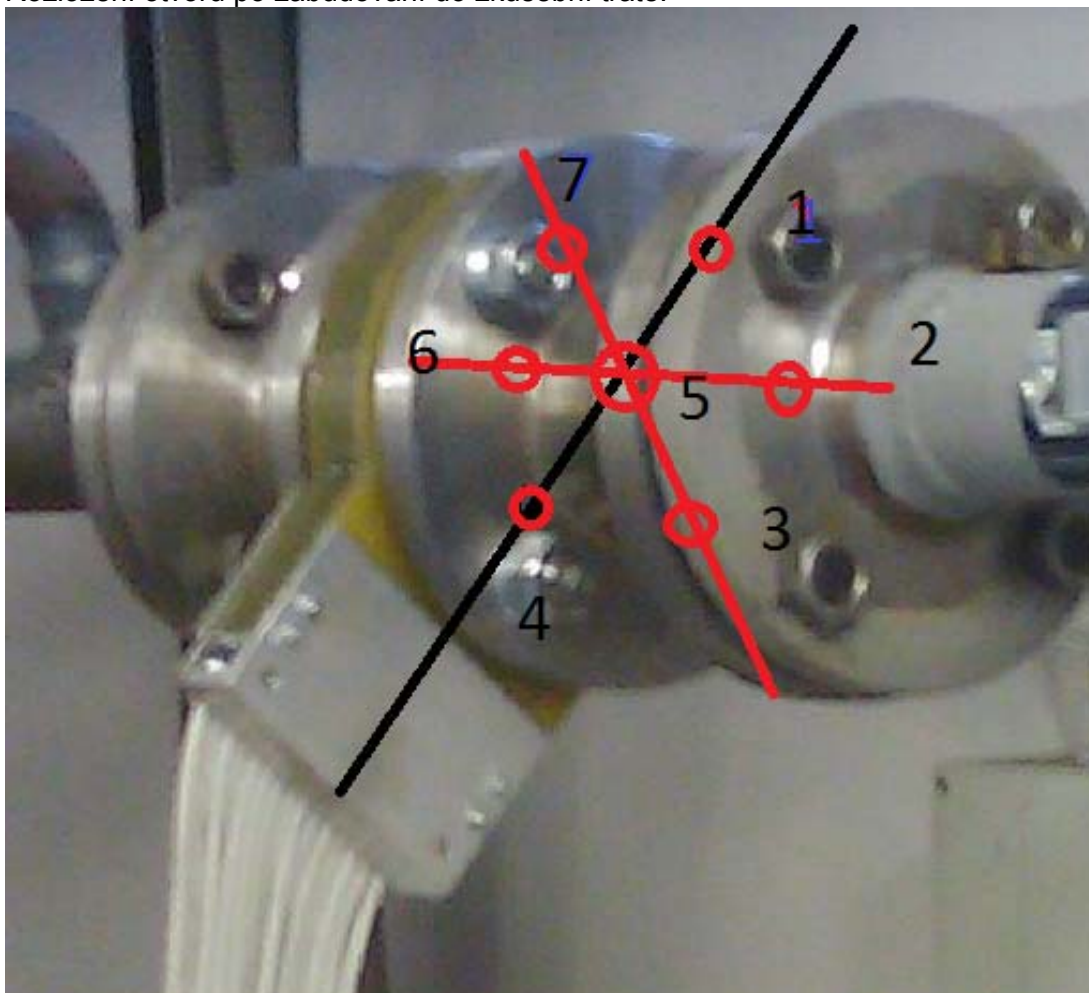


Foto15



Foto 16

Rozložení otvorů po zabudování do zkušební tratě.



3. Dosažené výsledky – Naměřené hodnoty

Při provedených měření bylo použito ukládání hodnot po 1 s. Tím bylo získáno obrovské množství dat. Z tohoto důvodu jsou naměřené hodnoty uvedeny v příloze tohoto dokumentu, která je pouze v elektronické podobě (více jak 50 000 stran A4).

3.1. Hodnoty naměřené jednotlivými snímači teploty, osazenými podle výše uvedených popisů

Pro hodnocení jsou vybrány pouze úseky, které řešitel považuje za typické pro jednotlivé stavy. Vzhledem k obrovskému množství získaných hodnot není možné hodnotit celý průběh měření. Ze všech průběžně naměřených hodnot byly pro hodnocení přednostně vybrány úseky v době od 02 do 03 h, od 06 do 07 h, od 14 do 15 h a některé hodnoty významných změn. V grafech z vybraných úseků je uveden čas prvé naměřené hodnoty použité k sestavení grafu a počet vzorků měření (délka použitého úseku). Grafy jsou sestavovány z hodnot naměřených s dostatečným časovým odstupem tak, aby co nejlépe zachytily skutečný provozní stav a neprojevily se vlivy manipulace se zařízením, (vypouštění a napouštění zkušební tratě, přepojení snímačů, změny tepelné izolace, větrání prostoru při manipulaci se zařízením,...).

Jako základní byly stanoveny hodnoty naměřené přímoponornými snímači teploty, které byly osazené na polohách 1 a 20.

V průběhu měření byla zjištěna rychlejší časová odezva snímače teploty, osazeného na pozici 1 (výrobní číslo 2959-Č), v porovnání se snímačem teploty osazeným na pozici 20 (2959-M). K potvrzení tohoto stavu bylo dne 19.10.2011 v 12:30 h provedeno mechanické přepojení snímače z pozice 1 na pozici 20 a snímače z pozice 20 na pozici 1.

Snímač 1 je osazen jako první, ve směru proudění teplotnosné látky a snímač 20 jako poslední. Mezi těmito dvěma snímači je 5,6 m potrubí. Uspořádání všech snímačů je popsáno v tabulce číslo 1 a zdokumentováno na výše uvedených fotografiích. Vzdálenost mezi snímači 1 až 2 je 2,5 m, mezi snímači 2 až 7 je 0,5 m a mezi snímači 7 až 19 je 0,8 m. Hodnota v grafu označená jako teploměr 1 (X) odpovídá pozici 1 (X) uvedené v tabulce 1 sloupec „Pozice“.

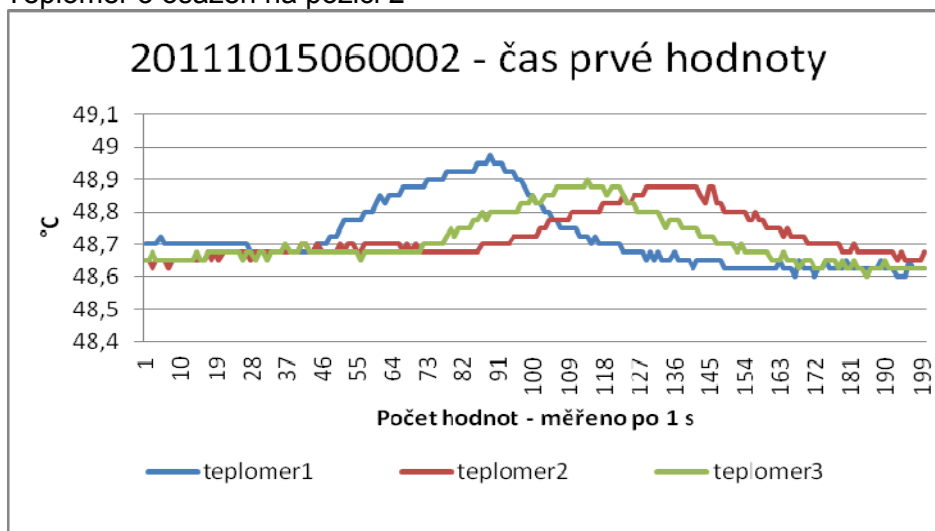
3.1.1. Měření – hodnocení 1

Graf 1

Teploměr 1 osazen na pozici 1

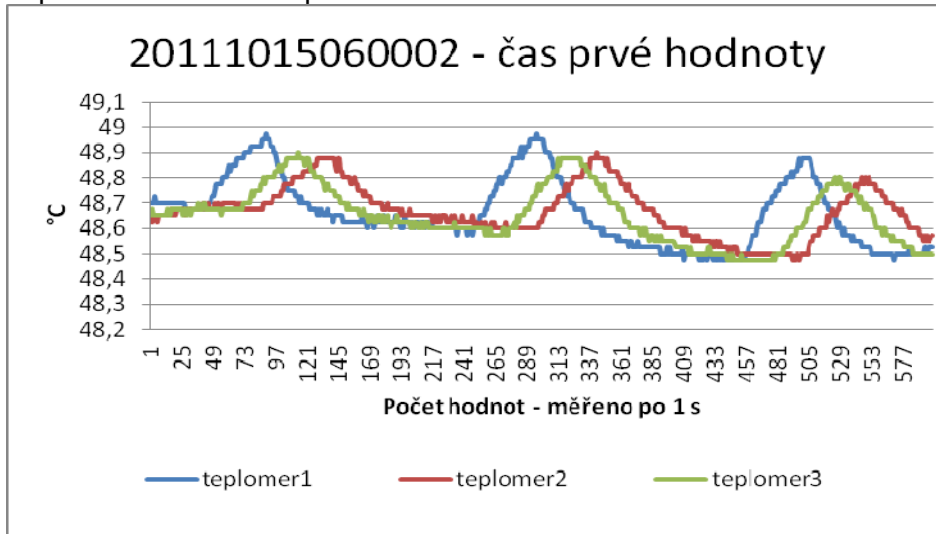
Teploměr 2 osazen na pozici 20

Teploměr 3 osazen na pozici 2



Graf 2

Teploměr 1 osazen na pozici 1
 Teploměr 2 osazen na pozici 20
 Teploměr 3 osazen na pozici 2

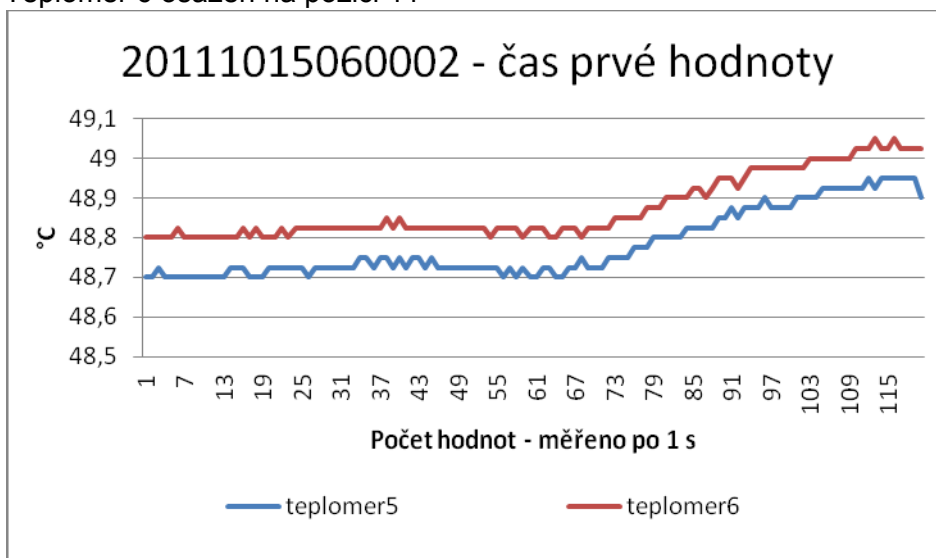


Naměřené hodnoty vykazují shodný průběh na teploměrech 2 a 3. Teploměr 1 vykazuje rychlejší nárůst hodnot v porovnání s teploměrem 2 i 3.

3.1.2. Měření – hodnocení 2

Graf 3

Teploměr 5 osazen na pozici 10
 Teploměr 6 osazen na pozici 11



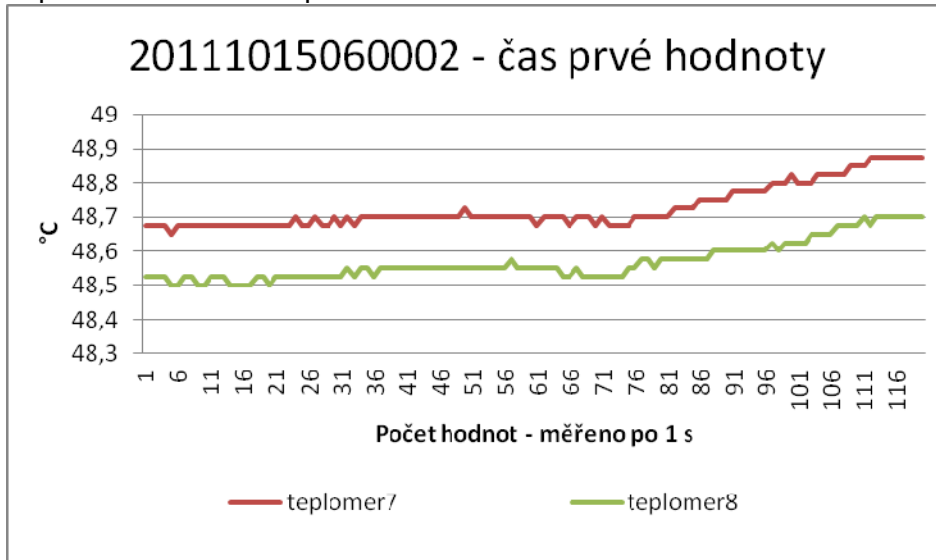
Naměřené hodnoty jsou v toleranci povolené chyby použitého páru snímačů. V simulovaných provozních podmínkách se nepotvrdil významný vliv různé montáže teploměrů, (dostatečný ponor snímačů teploty, přímoponorné snímače, montáž 45° po a proti směru proudění teplotnosné látky, dokonalá izolace potrubí).

3.1.3. Měření – hodnocení 3

Graf 4

Teploměr 7 osazen na pozici 14

Teploměr 8 osazen na pozici 16



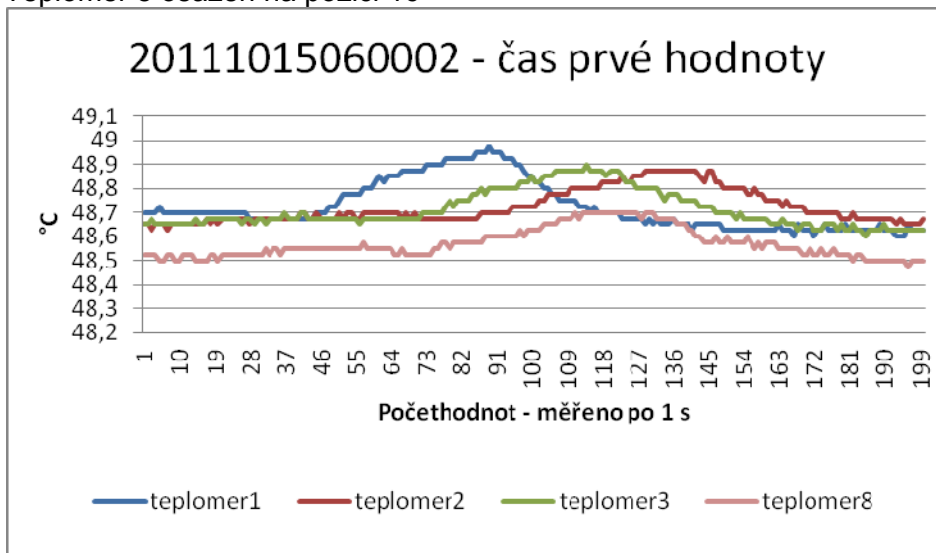
Graf 5

Teploměr 1 osazen na pozici 1

Teploměr 2 osazen na pozici 20

Teploměr 3 osazen na pozici 2

Teploměr 8 osazen na pozici 16



Chybná montáž teploměru 8 (nedostatečné ponoření snímače) se projevuje i přesto, že teploměr 7 je ponořen v jímce, teploměr 8 je přímo ponorný a potrubí je dostatečně tepelně izolované (vata 5 cm a hliníková folie). Teplotní rozdíl mezi teplonosným médiem a teplotou prostředí na VS je cca 14 °C.

3.1.4. Měření – hodnocení 4

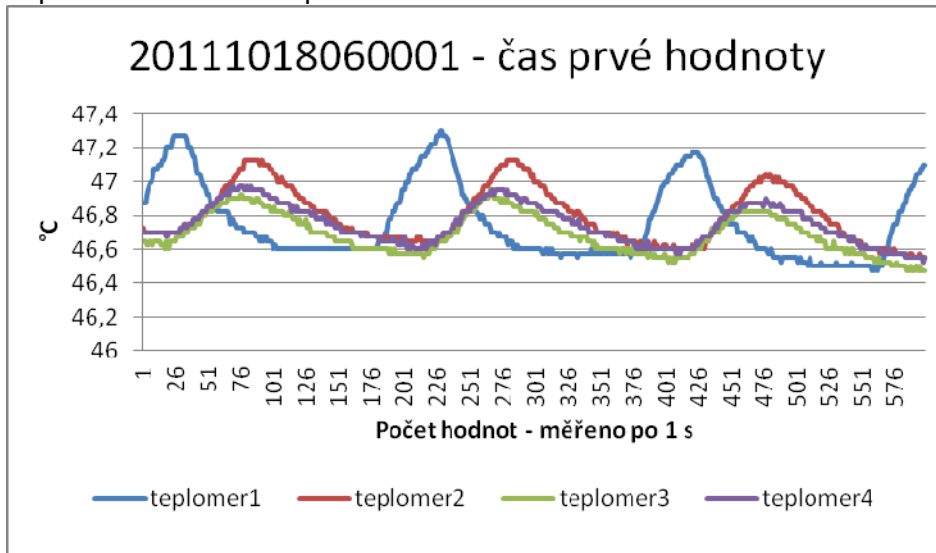
Graf 6

Teploměr 1 osazen na pozici 1

Teploměr 2 osazen na pozici 20

Teploměr 3 osazen na pozici 12

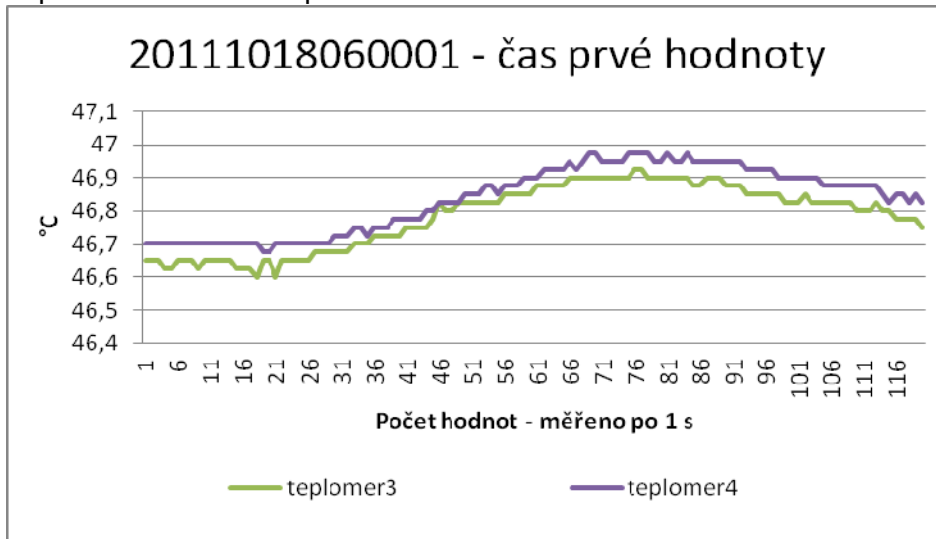
Teploměr 4 osazen na pozici 13



Graf 7

Teploměr 3 osazen na pozici 12

Teploměr 4 osazen na pozici 13

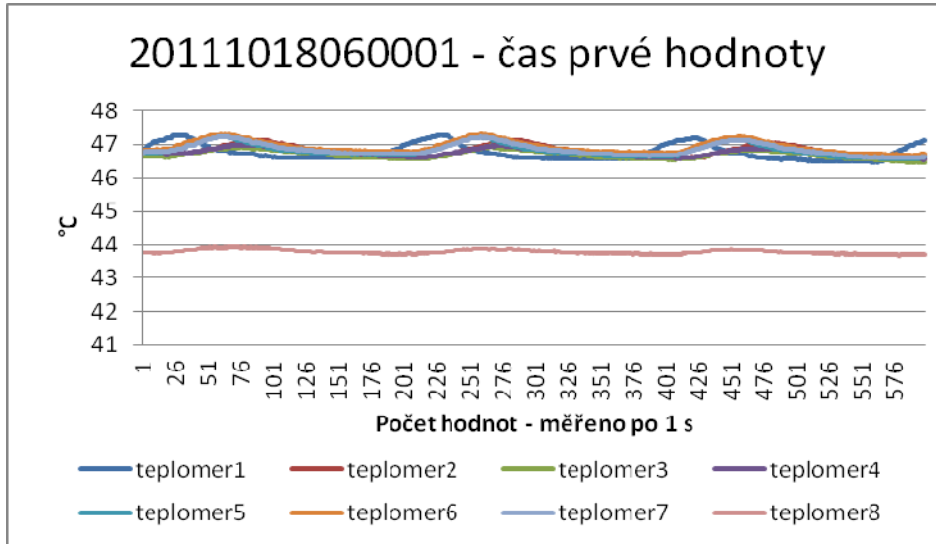


Vzájemná chyba měření snímačů teploty 3 a 4 („krátkých“ – 30mm) je v pásmu chyby měření. Z grafu 6 je však patrné, že v tomto provozním stavu nejsou změřeny nejvyšší dosahované teploty teplotné látky. Potrubí bylo dostatečně zaizolované a izolace překrývala celé návarky, včetně mechanického zabudování teploměrů 3 a 4. I tento stav je způsoben nedostatečným ponořením teploměru do teplotné látky.

3.1.5. Měření – hodnocení 5

Graf 8

Teploměr 8 osazen na povrchu potrubí bez styku s teplotním médiem – bez izolace.



Hrubá chyba montáže snímače se projeví i velkou chybou měření teploty i přesto, že teplotní rozdíl mezi teplotním médiem a teplotou v prostoru stanice byl poměrně malý (cca 12 °C).

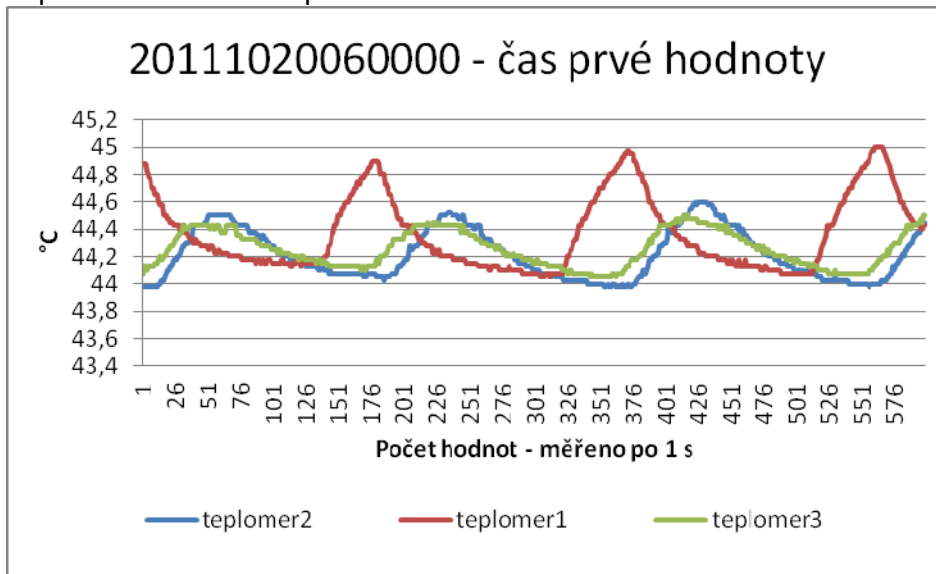
3.1.6. Měření – hodnocení 6

Graf 9

Teploměr 1 osazen na pozici 20 – izolace 5 cm

Teploměr 2 osazen na pozici 1 – izolace 5 cm

Teploměr 3 osazen na pozici 12 – izolace 5 cm

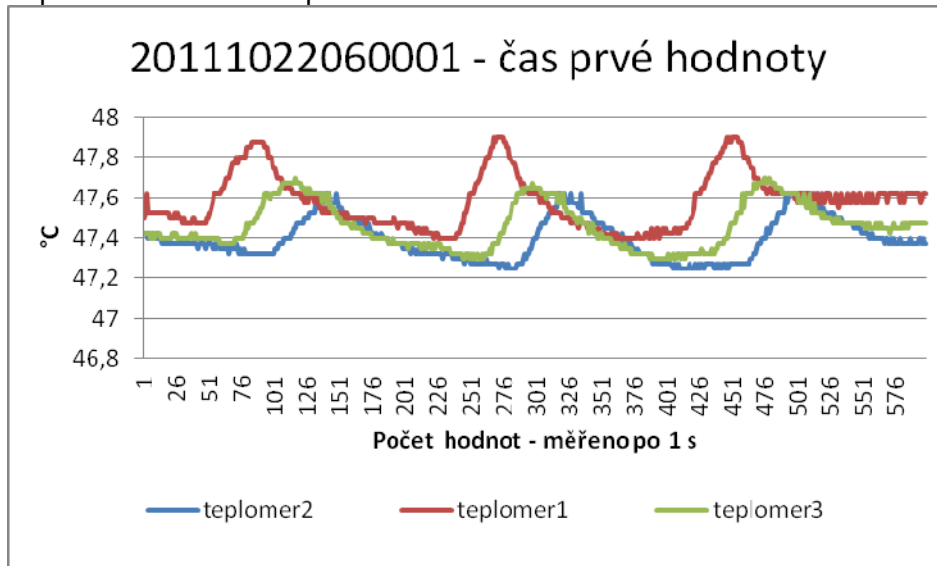


Graf 10

Teploměr 1 osazen na pozici 20 - izolace 5 cm

Teploměr 2 osazen na pozici 1 - sejmutá izolace

Teploměr 3 osazen na pozici 12 - izolace 5

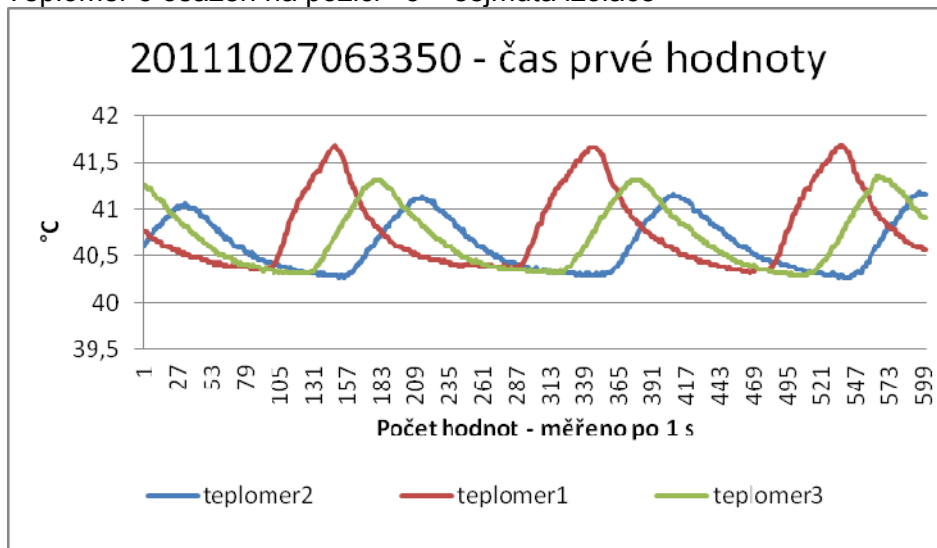


Graf 11

Teploměr 1 osazen na pozici 20 – sejmutá izolace

Teploměr 2 osazen na pozici 1 – sejmutá izolace

Teploměr 3 osazen na pozici 3 – sejmutá izolace

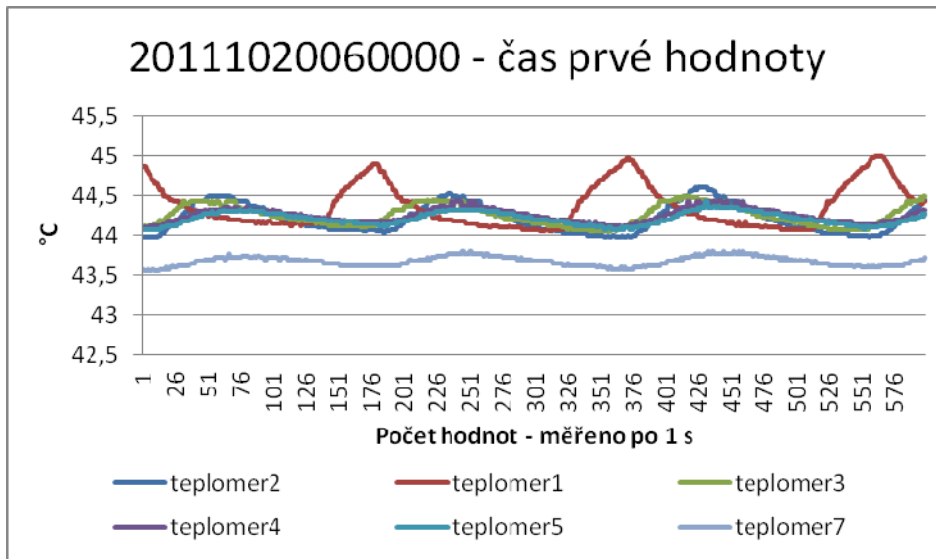


19.10.2011 ve 12:30 h bylo provedeno mechanické přepojení teploměrů 1 a 2. Teploměr 1 je osazen do pozice 20 a teploměr 2 do pozice 1. Grafy 9, 10 i 11 jsou téměř totožné s grafem 2 z bodu 3.1.1. i přesto, že jsou naměřeny vždy s jiným způsobem provedení izolace. Toto porovnání dokazuje, že teploměr 1 (výrobní číslo 2959-Č) je výrazně rychlejší než teploměr 2 (výrobní číslo 2959-M). Tento stav se projevil i při nejvyšší možné vzdálenosti osazení teploměrů na vytvořené zkušební trati i při tepelně zaizolovaném a odizolovaném potrubí. Ve všech případech teploměr s rychlejší časovou odezvou naměřil vyšší teplotu než teploměr s pomalejší časovou odezvou. Z grafů vyplývá, že při použití snímačů teploty s odlišnou odezvou v jednom páru nastávají stavy, kdy tyto párovane teploměry měří skutečnou teplotu v rozmezích, překračujících jejich povolenou vzájemnou chybu měření.

3.1.7. Měření – hodnocení 7

Graf 12

Teploměr 7 osazen na pozici 19

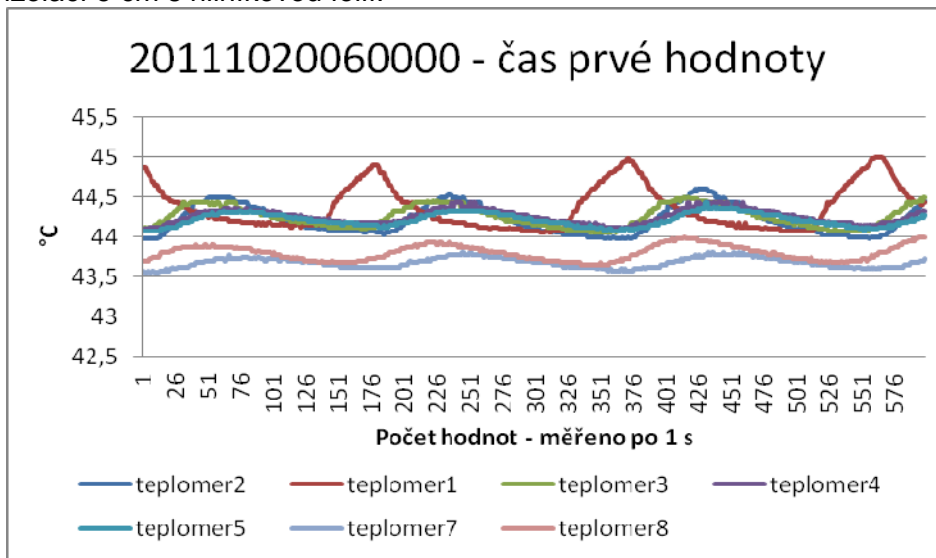


Na pozici 19 je osazena jímka s velkou silou stěny, určená pro vysoké tlaky. Tato „těžká jímka“ způsobila útlum změn teploty a prakticky trvalé měření nižší teploty teplotního média teploměrem 7.

3.1.8. Měření – hodnocení 8

Graf 13

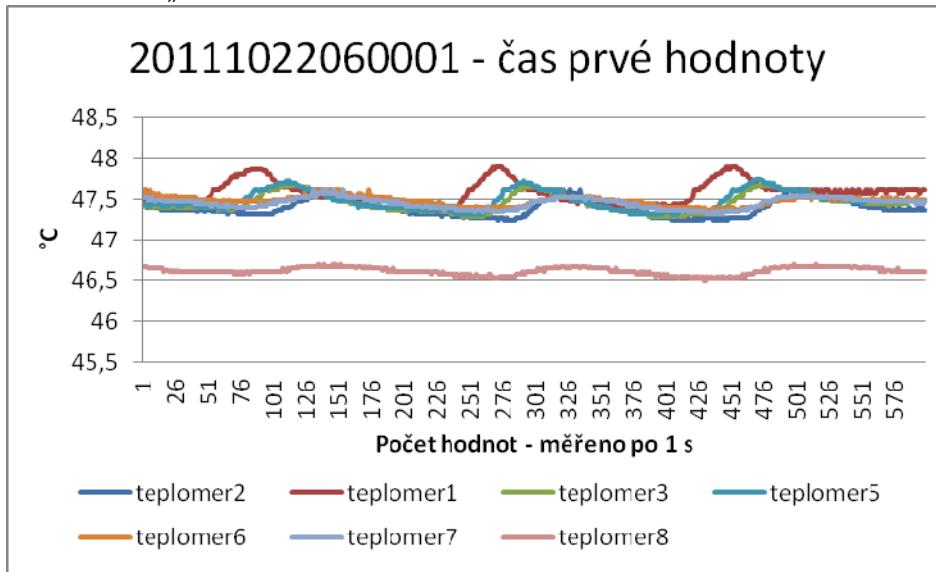
Teploměr 8 osazen na povrchu potrubí bez styku s teplotním médiem – pod tepelnou izolací 5 cm s hliníkovou fólií.



I přes dobrou tepelnou izolaci a vysokou teplotou v prostoru se projevuje hrubá chyba montáže, (osazení snímače teploty 8 na povrch potrubí) = velká chyba měření teploty. V daných provozních podmínkách je vyšší než u osazeného teploměru 7 do „těžké jímky“.

Graf 14

Teploměr 8 osazen na povrchu potrubí bez styku s teplotným médiem – pod tepelnou izolací 1 cm „Mironal“.



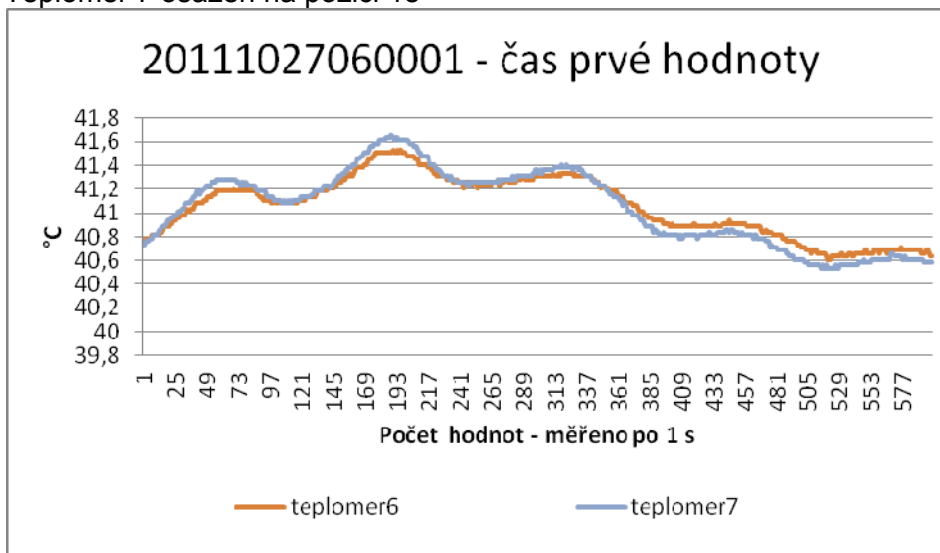
I s tepelnou izolací a vysokou teplotou v prostoru se projevuje hrubá chyba montáže (osazení snímače teploty 8 na povrch potrubí) velkou chybou měření teploty.

3.1.9. Měření – hodnocení 9

Graf 15

Teploměr 6 osazen na pozici 15

Teploměr 7 osazen na pozici 18



V tomto případě a v daných zkušebních podmínkách (vysoká teplota okolního prostoru, potrubí bez izolace), se rozdílný ponor teploměrů do teplotného média neprojevil.

3.1.10. Měření – hodnocení 10

Dále byla provedena zkouška vedení kabelů od snímačů teploty v blízkosti magnetického pole indukčního průtokoměru. Tato zkouška neprokázala ovlivnění měření teploty. Stínění snímačů teploty bylo propojeno.

3.2. Naměřené podpůrné hodnoty

Jako podpůrné hodnoty pro potřebu bližšího hodnocení byla měřena teplota prostoru na VS a průtok teplotonosné látky.

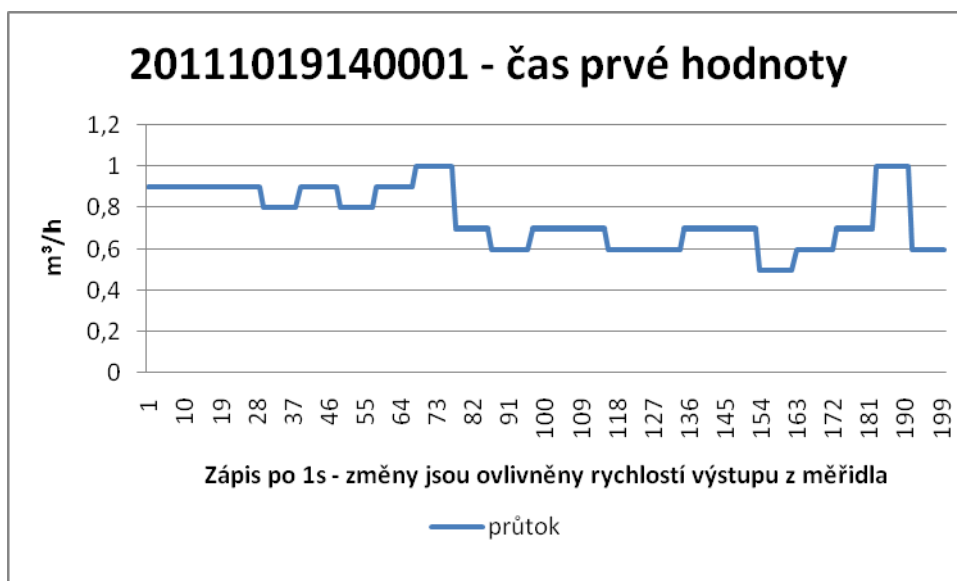
3.2.1. Teplota v prostoru VS

Teplota v prostoru VS byla zaznamenána pomocí registračního teploměru, v intervalu 10 min. Výpis protokolů záznamů teploty je uveden v příloze č. 4. Teplota v prostoru VS se prakticky po celý čas měnila minimálně a pohybovala se cca mezi 34 °C a 35 °C. To znamená, že teplota prostoru je, ve srovnání s teplotou měřeného teplotonosného média, velmi vysoká.

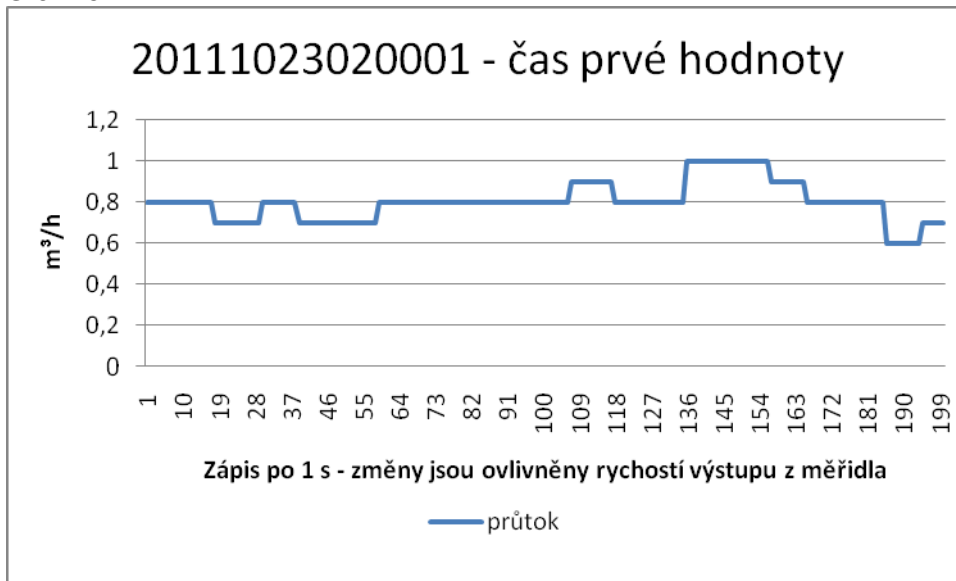
3.2.2. Průtok teplotonosné látky

Ve shodné větvi, se zkušební tratí, je osazen i ultrazvukový průtokoměr měřidla tepla ULTRAHEAT 50, (s nadstandardně rychlým vzorkováním naměřených hodnot). Průtok teplotonosné látky z tohoto měřidla byl přenášen jako podpůrná hodnota měření teploty. Zaznamenaná rychlost změn průtoku je ovlivněna tím, že průtok byl získáván pomocí rozhraní M-Bus z měřidla. Změny průtoku jsou ovlivněny jednak četností vzorkování (měření) průtoku samotným měřidlem tepla a i rychlostí výstupu M-Bus. Je naprosto reálné, že skutečné změny průtoku teplotonosné látky jsou mnohem častější, než je tímto způsobem vykazováno. I přes popsání postup sběru dat ze záznamů průtoku vyplývají prakticky trvalé změny. Podrobný záznam naměřených hodnot je v příloze. Charakteristická změna hodnot je uvedena v následujících grafech (provoz ve středu 14 h, v neděli 02 h a v pondělí 06 h).

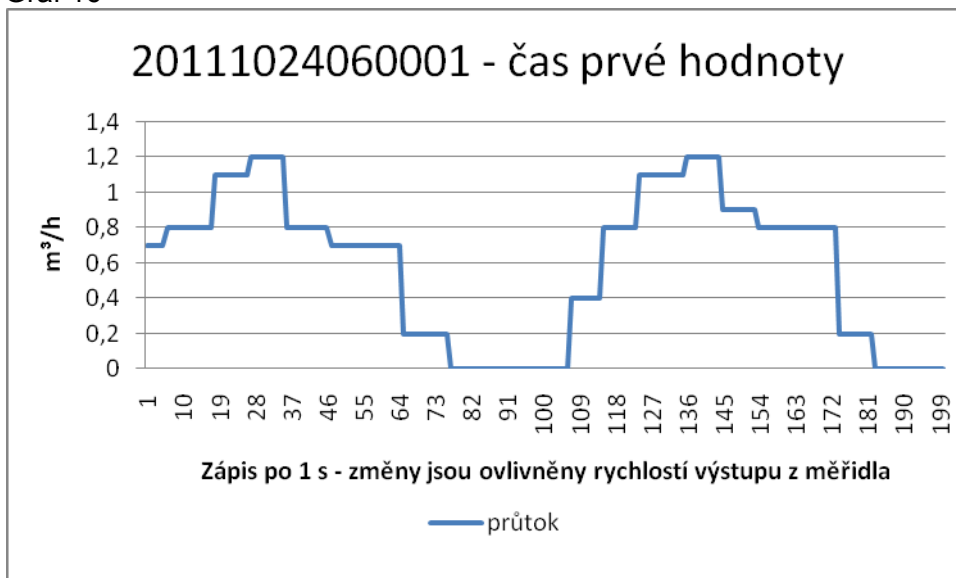
Graf 14



Graf 15



Graf 16



3.3. Hodnoty naměřené při měření teplotního profilu

Pro hodnocení jsou vybrány pouze úseky, které řešitel považuje za typické pro jednotlivé stavy.

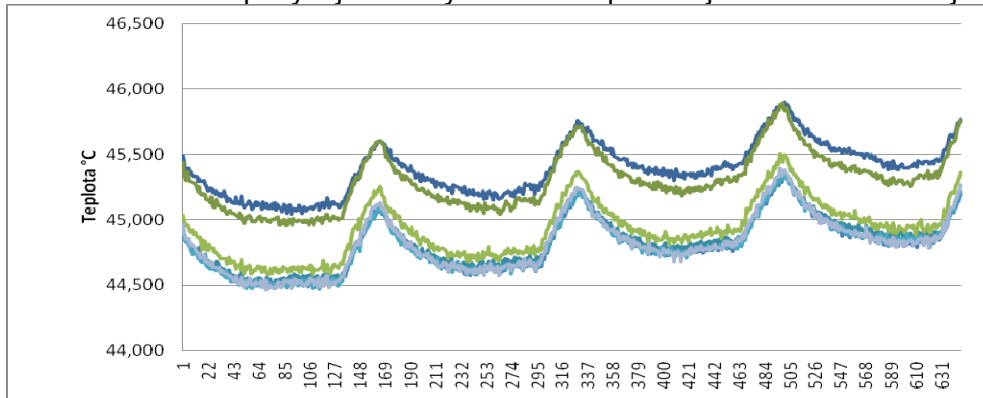
Pro první měření budou uvedeny i typické průběhy teploty v delším časovém období, stejně jako jednotlivé rozdíly teplot. V následujících částech budou uvedeny jen výsledné grafy, které popisují chování teplotního profilu v potrubí.

3.3.1. Měření v pozici 1 – za přímým úsekem 23D

Měření s izolací

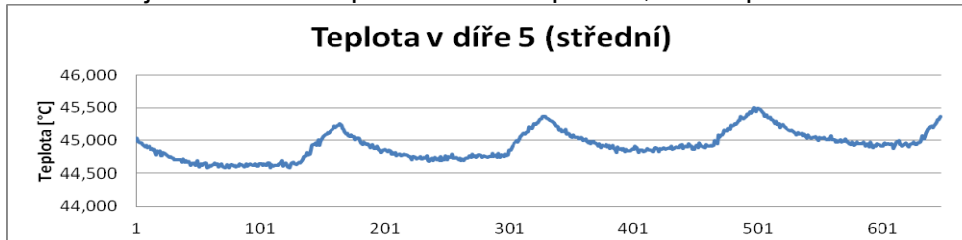
Obrázek 1

Záznam měření teploty v jednotlivých částech potrubí je vidět na následujícím obrázku.



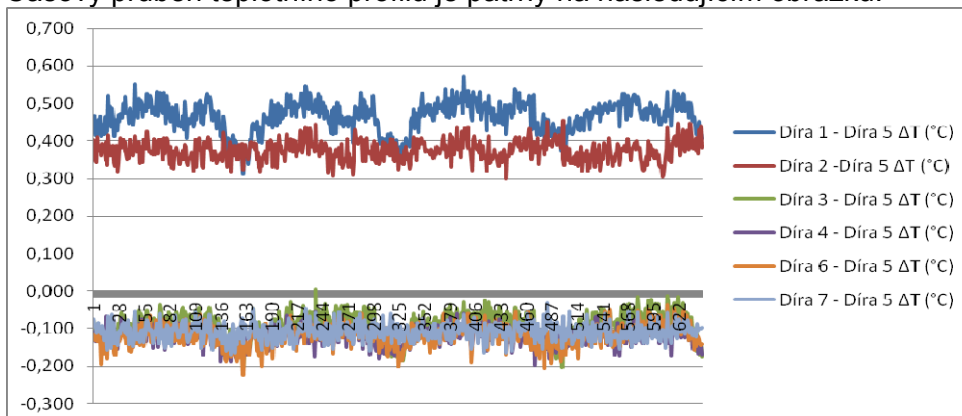
Obrázek 2

Je vidět, že všechny teploměry ukazují stejný trend podle regulačního pochodu. Jako referenční je možné vzít teplotu ve středu potrubí, což odpovídá otvoru číslo 5.



Obrázek 3

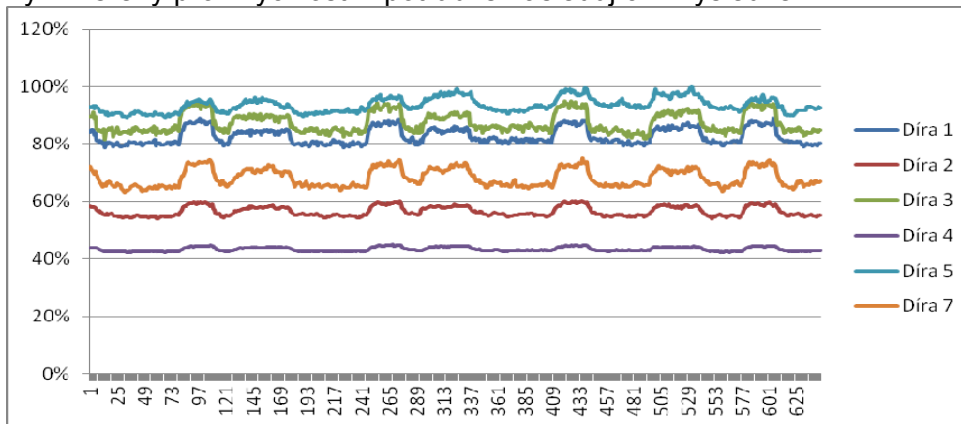
Časový průběh teplotního profilu je patrný na následujícím obrázku.



Je vidět, že v průběhu času se teplotní profil nemění. Při jednom kraji potrubí (otvor č. 1 a 2) je teplota větší cca o 0,5 °C a na druhém konci je teplota cca o 0,15 °C nižší.

Obrázek 4

Byl změřený profil rychlosti v potrubí s následujícím výsledkem.

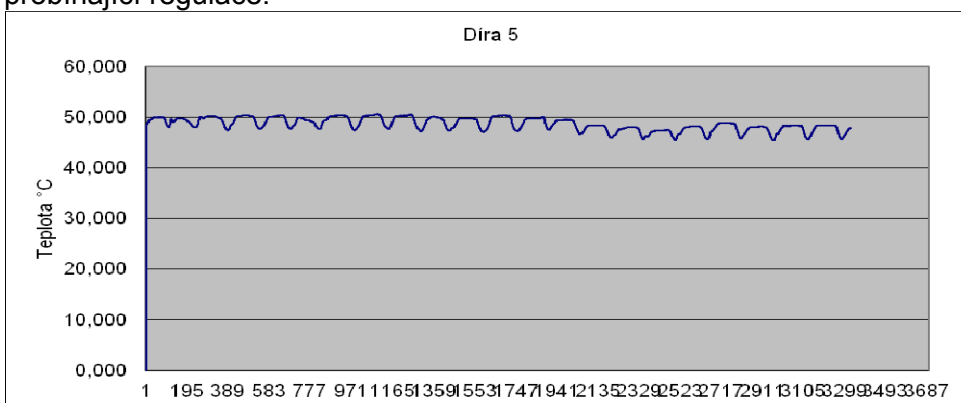


Je vidět, že otvory č. 1 a 3 jsou větší, což odpovídá i naměřenému teplotnímu profilu. Po tomto měření došlo k poškození části přístroje, který měří průtočný profil. Další výsledky budou tedy uvedeny pouze s teplotními profilem.

Měření bez izolace

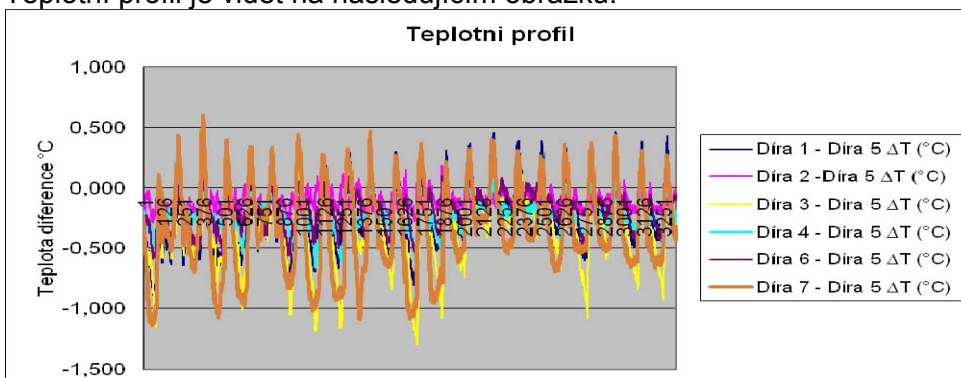
Obrázek 5

Průběh měření teploty je vidět na následujícím obrázku, kde je také vidět funkčnost probíhající regulace.

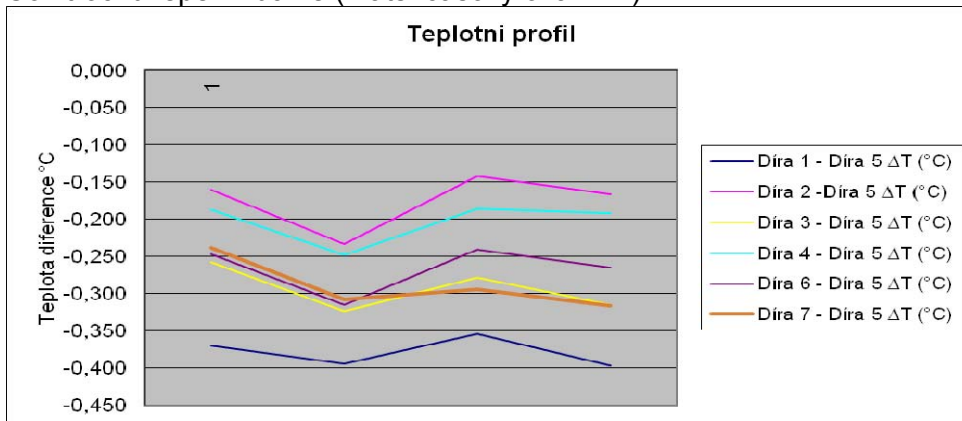


Obrázek 6

Teplotní profil je vidět na následujícím obrázku.



Obrázek 7
Což trochu lépe vizuálně (kratší časový okamžik).

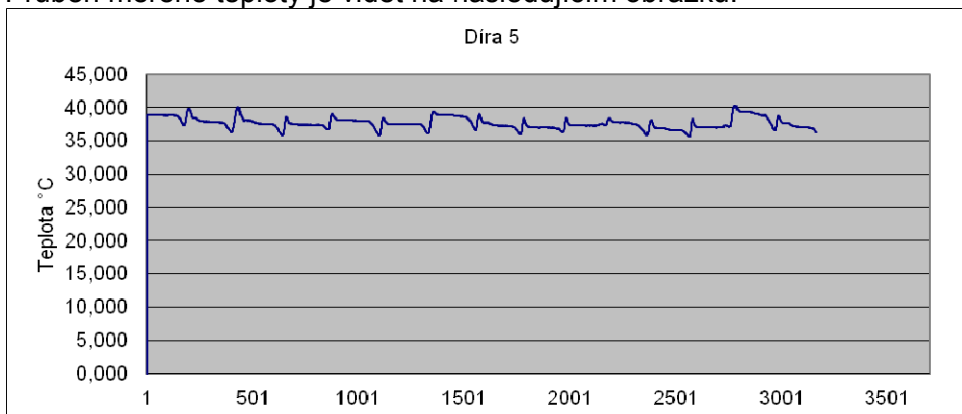


Je vidět, že teplotní profil je stabilní, trochu posunutý k jedné části.

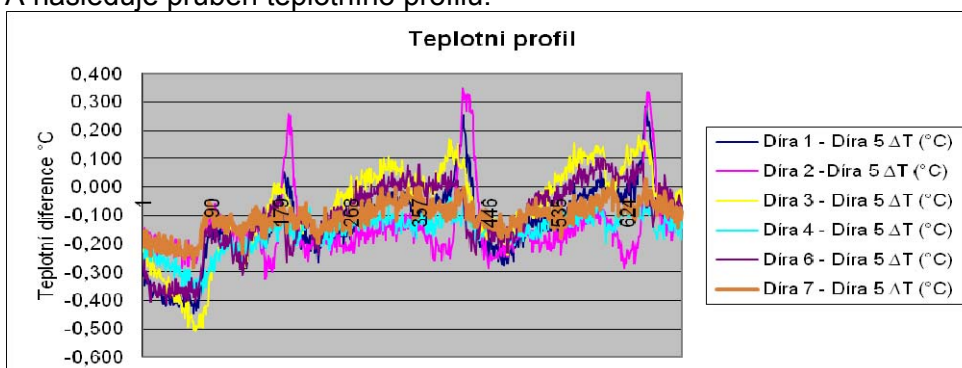
3.3.2. Měření v pozici 2 – za jedním kolenem 90°

Měření s izolací

Obrázek 8
Průběh měřené teploty je vidět na následujícím obrázku.



Obrázek 9
A následuje průběh teplotního profilu.

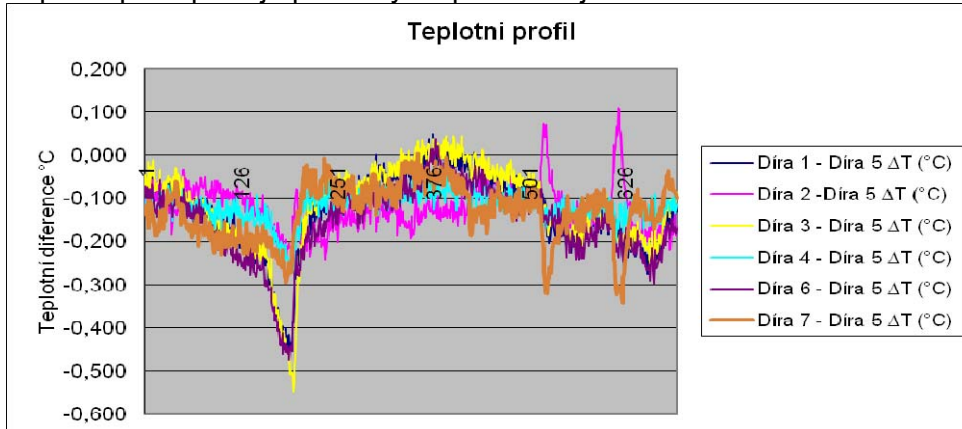


Tento průběh se opakuje v pravidelných cyklech. Teplotní profil pulzuje (jeden kraj je „studenější“ a po chvíli teplejší). Je to pravděpodobně způsobené regulací průtoku a tím i teploty.

Měření bez izolace

Obrázek 10

Teplotní profil pulzuje podobným způsobem jako u měření s izolací.



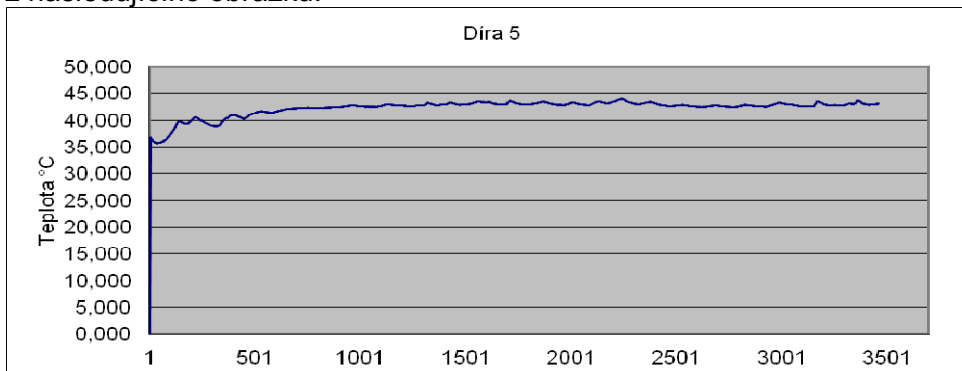
Je ale vidět vliv okolní teploty, která rozdíly zmenšuje.

3.3.3. Měření v pozici 3 – za dvěma koleny v různých rovinách

Měření s izolací

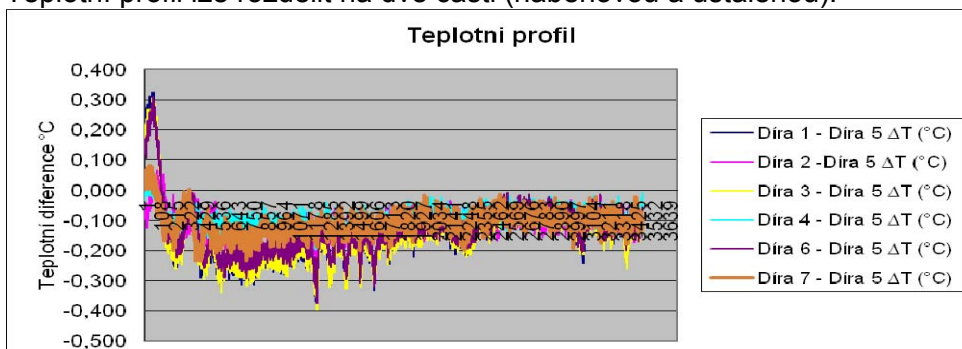
Obrázek 11

Na začátku měření probíhala změna nastavené teploty (náběh systému), jak je vidět z následujícího obrázku.

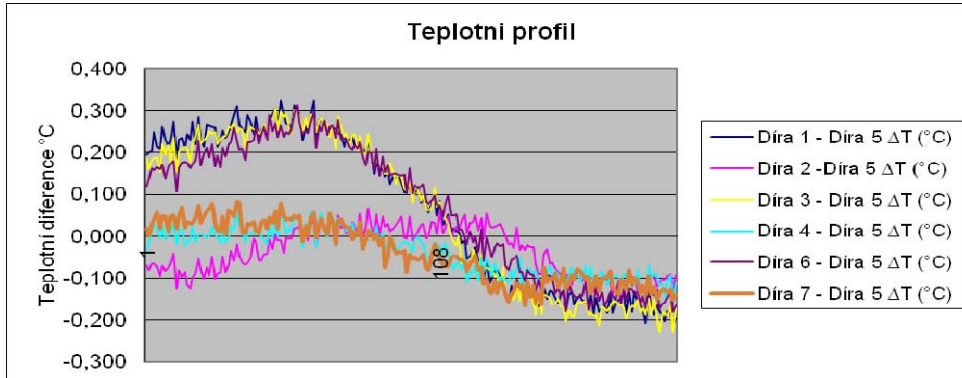


Obrázek 12

Teplotní profil lze rozdělit na dvě části (náběhovou a ustálenou).

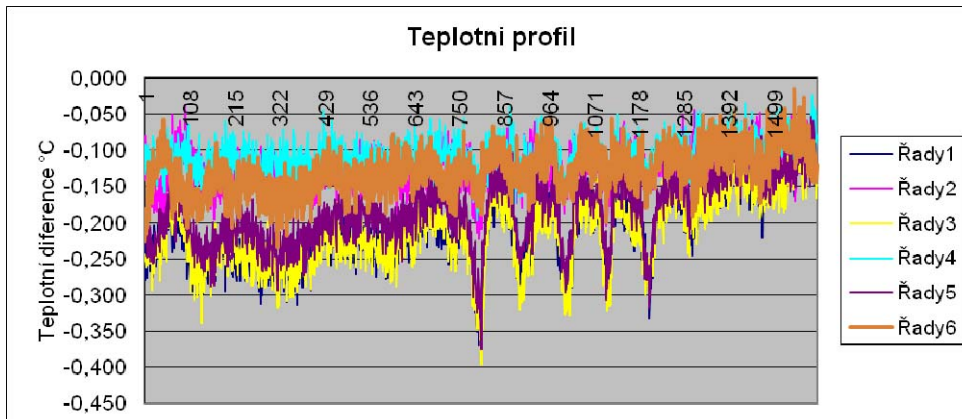


Obrázek 13
Náběhová část.



Zde je vidět jasný teplotní profil směrem k části 1, 2 a 3.

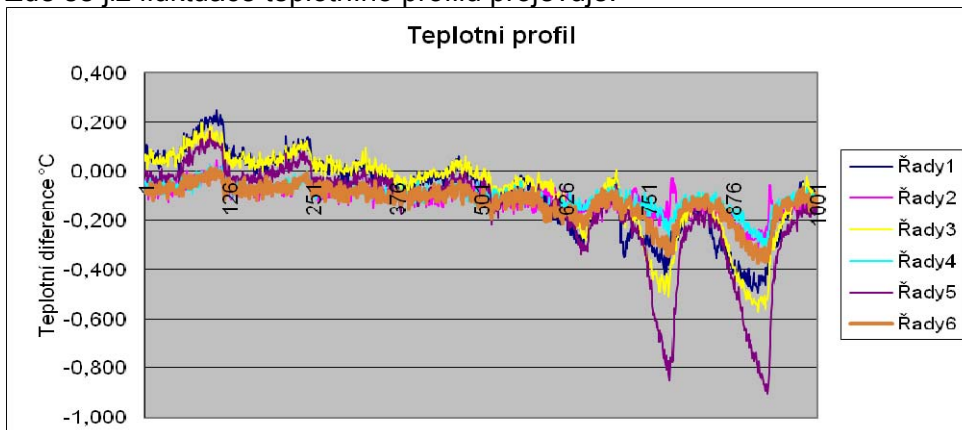
Obrázek 14
Ustálená část.



Zde již žádná fluktuace není a profil není významný.

Měření bez izolace

Obrázek 15
Zde se již fluktuace teplotního profilu projevuje.

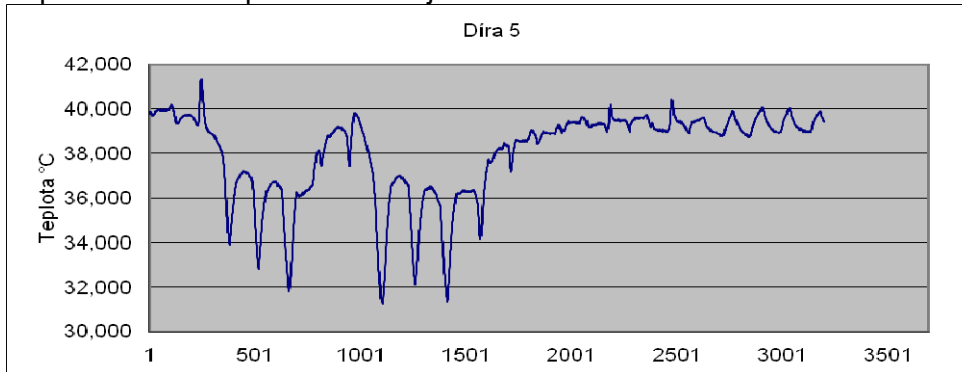


3.3.4. Měření v pozici 4 – za odbočkou T DN50 / DN50

Měření s izolací

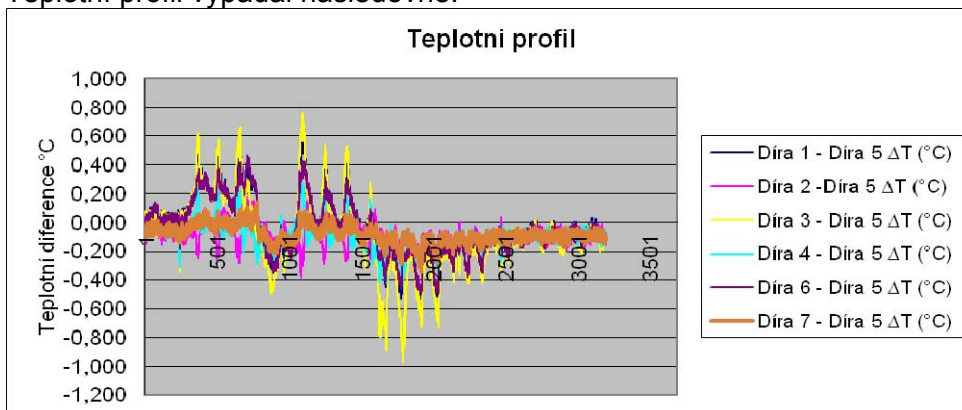
Obrázek 16

Teplota se měnila podle následujícího obrázku.



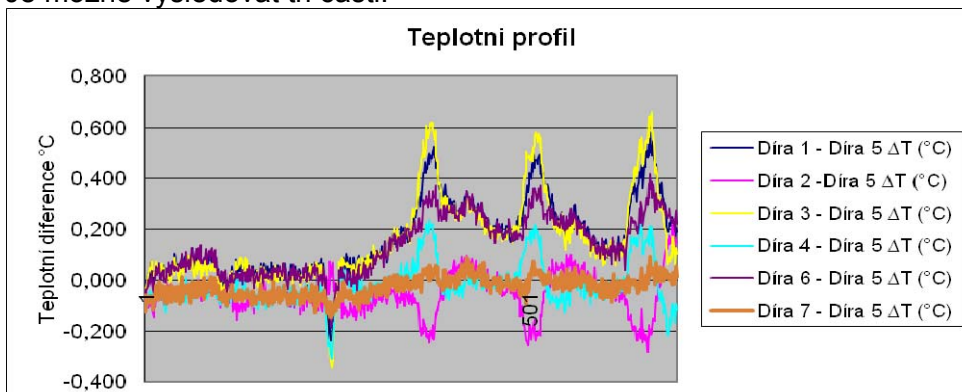
Obrázek 17

Teplotní profil vypadal následovně.

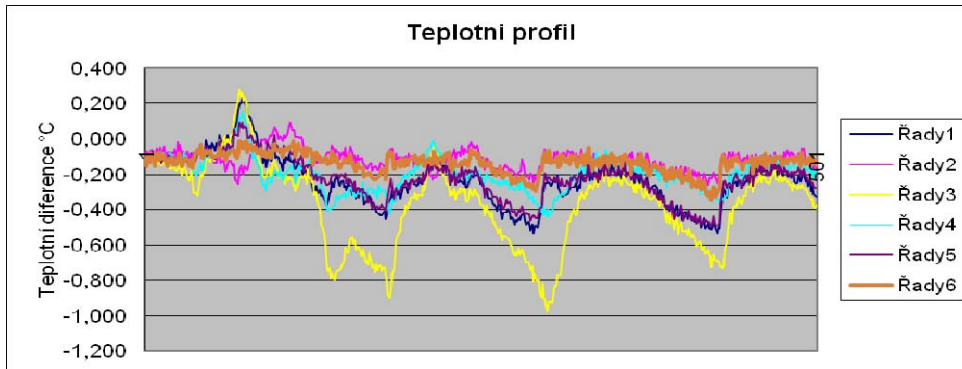


Obrázek 18

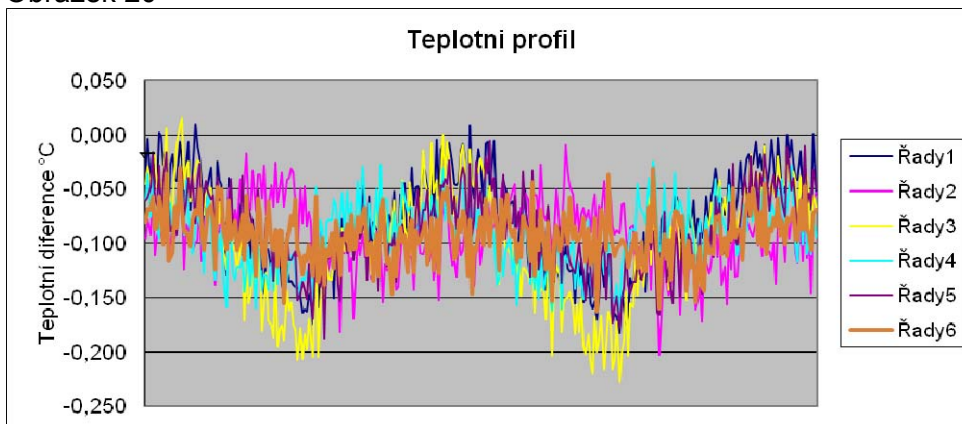
Je vidět, že teplotní profil se mění s průběhem regulace a se škrcením regulačního orgánu. Je možné vysledovat tři části.



Obrázek 19



Obrázek 20

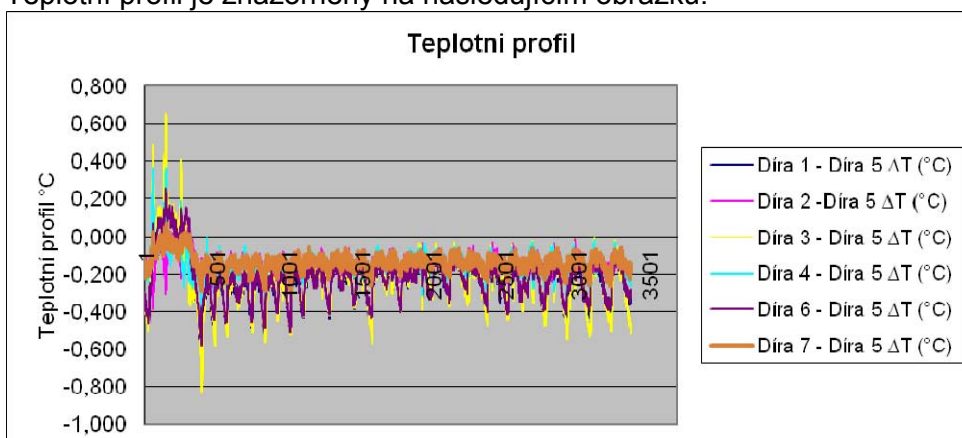


Jedná se tedy o ustálený stav s teplotním profilem na jedné a na druhé straně a o ustálený stav bez teplotního profilu.

Měření bez izolace

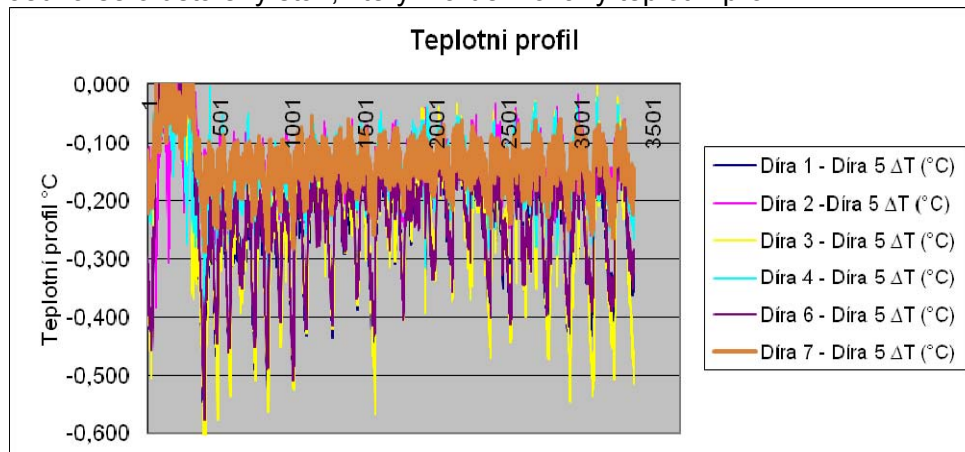
Obrázek 21

Teplotní profil je znázorněný na následujícím obrázku.



Obrázek 22

Jedná se o ustálený stav, který má definovaný teplotní profil.



4. Závěr

Závěr je v souladu s řešením rozdělen do samostatných úseků.

4.1. Chyby montáže snímačů teploty

4.1.1. Diskuze výsledků

Jednotlivé dílčí chyby snímačů teploty jsou uvedeny v bodě 3.1. V odstavcích 3.1.1. až 3.1.10. a v grafech 1 až 14 jsou vyhodnoceny průběhy měřených hodnot. Současně je zde provedeno i zhodnocení výsledků jednotlivých měření.

Vyhodnocování naměřených hodnot teploty v intervalu 1 s dokázalo prakticky trvalé změny teploty teplotnosného média v měřených provozních podmínkách dodávek tepla.

Simulace jednotlivých chyb montáže v konkrétních provozních podmínkách uvedené v bodě 3.1. prokázaly potřebu osazení snímače teploty do osy proudění teplotnosné látky.

Při použití teploměrné jímky pro vysoké tlaky („těžké jímky“) vzniklá nepřesnost měření a neschopnost zaznamenání rychlých změn teploty byla srovnatelná s připojením snímače teploty pouze na povrch potrubí pod tepelnou izolací.

U jednoho páru, z použitých snímačů teploty, byl prokázán velký rozdíl v časové odezvě jednotlivých snímačů teploty. Tento stav je jednoznačně prokázán grafy 1, 2, 9, 10, 11. Použité párované snímače teploty byly nové, schváleného typu, prvotně ověřeny a navíc kontrolně následně ověřeny podle současně platné metodiky pro ověřování párovaných snímačů teploty. Rozdíl v naměřených hodnotách ve stejném čase dosáhl až 1°C (viz graf č.9). ČSN EN 1434 vyžaduje měření doby teplotní odezvy pouze při zkoušce pro schválení typu. (ČSN EN 1434-4 bod 6.4.4.2). Zkouška teplotní odezvy u snímačů teploty není vyžadována při zkoušce pro prvotní ověření (ČSN EN 1434-5). ČSN EN 1434 – 2 v bodě 3.3.6 ukládá dodavateli deklarovat dobu odezvy snímačů teploty.

Spolu s měřením teploty bylo provedeno i měření průtoku. Tato měření prokázala velmi časté změny průtoku v konkrétních podmínkách dodávek tepla obsaženého ve vodě jako teplotnosné látce. ČSN EN 1434 – 4 v bodě 6.4.2.4 definuje pro zkoušku při schvalování typu časový interval pro průtokoměry, používané pro měřidla tepla s rychlou odezvou (10 s a 30 s). ČSN EN 1434-5 časovou odezvu snímače průtoku nedefinuje. V ČSN EN 1434-2 je v bodě 4.3 definován výstup zkušebního signálu. Tento výstup se však používá pouze při zkouškách v laboratořích. Pro skutečné měření v provozních podmínkách je výstup přepnut na „standardní“ výstup, jehož rychlost není normou stanovena. Ve skutečnosti je tato rychlost mnohdy podřízena životností baterií a obdobným technickým limitům, které nesouvisí s teplotnosným médiem. Výsledná rychlost vzorkování průtoku a teploty pro potřeby výpočtů v kalorimetrech je pak velmi rozličná, nejčastěji 30 s. Naměřené hodnoty

změn teploty a průtoku prokázaly, že ve skutečných provozních podmínkách, ve kterých byla měření prováděna je rychlost vyhodnocování průtoku a tepla po 30 s zcela nedostačující.

4.1.2. Doporučení

Montáž snímačů teploty je definována požadavky normy ČSN EN 1434, kterou je nutné bezpodmínečně dodržet. I přesto, že některé požadavky na montáž snímačů teploty a dalších podsestav měřidel tepla, nejsou touto normou definovány, doporučuje se klást zvýšenou pozornost na následující:

- Dostatečný ponor snímače teploty do teplotnosné látky. Striktně vyžadovat ponoření části snímače, ve které je umístěno vlastní teplotní čidlo, do středu (osy) potrubí.
- Především v místech, kde je možné předpokládat výrazné změny teploty, používat přímoponorné snímače teploty.
- Při použití snímačů teploty s jímkou se doporučuje provádět kontrolu vnitřního průměru jímky podle ČSN EN 1434 – 6.
- Snímače teploty s krátkou jímkou používat pouze pro malé průměry potrubí tak, aby i u těchto snímačů byl dodržen požadavek dostatečného ponoru.
- Vyžadovat doložení alespoň namátkového měření časové odezvy ověřovaných párovaných snímačů teploty.
- Dodržovat dostatečnou vzdálenost snímačů teploty od rušivých prvků osazených v potrubí. Snímače osazovat pouze do míst, kde je plně vyvinutý turbulentní profil. Na místo měření tepla vypracovat dokumentaci, ve které budou mimo jiné přesně definována místa osazení snímačů teploty.
- Vyžadovat na dodavateli snímačů teploty deklarování doby odezvy snímače podle bodu 3.3.6 ČSN EN 1434. Podle výrobcem garantované doby časové odezvy snímačů teploty provádět návrh sestavy měřidla tepla na konkrétní místo měření.
- K měření průtoku teplotnosné látky, používat průtokoměry s rychlostí vzorkování (měření), která umožní změřením veškerého protečeného množství i při skokových změnách průtoku teplotnosné látky. Plnění tohoto požadavku zajistit i za cenu dalších technických opatření – například použití napájení měřidla 230V místo napájení z baterie,
- Především u dodávek tepla konečným odběratelům ze sekundárních (teplovodních) rozvodů, používat pro měření tepla kalorimetry, které vyhodnocují průtok a teploty teplotnosné látky tak, aby zachytily změny těchto veličin. Rychlost vyhodnocování volit podle konkrétních provozních podmínek v místě měření. V odůvodněných případech vyžadovat vyhodnocování průtoku a teploty v jednotkách sekund popřípadě i v desetínách sekund.
- Zvýšený důraz je nutné dávat i na správnou funkci technologického zařízení používaného k dodávkám tepla a k regulaci teplotnosné látky. Při dodávkách tepla minimalizovat skokové změny průtoku a teploty teplotnosné látky.

4.2. Měření teplotního profilu

4.2.1. Diskuze výsledků

Konstrukční požadavky a instalaci snímačů teploty pro měření tepla jsou řešeny v harmonizované evropské normě ČSN EN 1434-6, kde je ve článku 4.3.3 uvedena nutná kontrola následujících bodů:

- Jsou snímače teploty vloženy správně do jímky?
- Jsou snímače teploty správně namontovány?

V technické praxi lze jen obtížně kontrolovat dodržení těchto bodů, protože jsou poněkud vágně definovány. Trochu pomoci lze očekávat od části 2 stejné normy (ČSN EN 1434-2), která se zabývá konstrukčními požadavky. V článku 3.2 jsou definovány požadavky na délku a konstrukci snímačů teploty, které jsou kontrolovány při zkouškách schválení typu a lze tedy očekávat jejich splnění. Pro vlastní montáž je aplikovatelný obrázek A.8 na straně 31 (výše citované normy), který definuje možné způsoby instalace snímačů teploty. Na každém povoleném způsobu instalace je znázorněna nutnost ponoru senzoru snímače teploty minimálně do osy potrubí (míněně konec senzoru, začátek je za osou potrubí).

Nikde v této normě není žádný požadavek na rychlost odezvy teplotního snímače. Při zkouškách typu je nutné provést měření časové odezvy podle normy ČSN EN 60751. Tato hodnota je posléze uvedena na certifikát schválení typu. Je tedy opět na montážní firmě, popřípadě na uživateli, aby garantoval funkčnost měření.

Jak vyplývá z naměřených dat, je dynamika chování teplotního profilu velmi závislá na kvalitě regulace (kolísání průtoku) a na ostatních vlivech (tvar rychlostního, popř. teplotního profilu a na kvalitě izolace).

První měření (3.3.1 za přímým úsekem) ukazuje vliv dynamiky regulace. Teplotní i průtočný profil jsou ekvivalentní a ukazují kolísání hlavní teploty (v centru potrubí) v řádu 0,5 °C za cca 2 min. Maximální změny se pohybují s časovým gradientem cca 0,025 °C/s, což odpovídá 0,5 °C/20s (obvyklá perioda vzorkování používaných měřičů tepla).

Teplotní gradient ukazuje rozdíl mezi kraji potrubí cca 0,5 °C. Zcela proti předpokladům je teplotní profil výraznější u měření s izolací. Je to pravděpodobně způsobené regulací systému. Časové fluktuace teplotního profilu způsobené regulací jsou natolik výrazné, že je ani dostatečný rovný úsek nevyrovná. Izolace způsobí „udržení“ teplotního profilu. Pro měření bez izolace je část teplotního profilu zprůměrována sdílením tepla s okolím (teplota okolí je vysoká (přes 30 °C)). Proto je teplotní profil naměřený u potrubí bez izolace méně výrazný.

Měření s jedním kolenem (3.3.2) ukazuje vliv dynamiky tohoto rušícího prvku. I zde je patrný vliv izolace podobný jako u předešlé části (izolace způsobuje zhoršení teplotního profilu z podobných důvodů jako v předešlém případě). U měření s izolací dochází k pulzování teplé a studené části krajů potrubí v řádu cca 0,4 °C za cca 3 min.

Měření za dvěma koleny v různých rovinách (3.3.3) vykazuje nejzajímavější chování (oproti teoretickým předpokladům). Měření s izolací v ustáleném stavu nevykazuje fluktuující teplotní profil. To je pravděpodobně způsobeno součtem pulzování způsobeným rušivými prvky a regulací průtoku. Teplotní gradient se pohybuje v řádu 0,3 °C (stěna-stěna). Měření bez izolace ukazuje pulzování teplotního gradientu (podle teoretických předpokladů) v řádu 0,6 °C za cca 4 min.

Měření za ventilem (3.3.4) je z hlediska různorodosti nejzajímavější. Teplotní profil závisí na míře „hladkosti“ regulace. Teplotní gradient se pohybuje v maximální hodnotě 0,9 °C (stěna-stěna). Časová změna měření v jednom bodě je i 0,5°C/1min. Měření bez izolace má vyhlazenější chování, ale časové změny jsou podobné jako při měření s izolací.

4.2.2 Doporučení

Z naměřených dat jednoznačně vyplývá nutnost správné instalace snímačů teploty. Je nutné bezpodmínečně dbát na dodržení příslušných částí normy ČSN EN 1434, a to zejména co se hloubky ponoru tyče (přes půlku osy potrubí). Při montáži do částí potrubí, kde je neustálený profil (koleno, ventil, apod.) dochází k pulzacím teplotního profilu, což vnáší odchylky v měření v řádu desetin °C (způsobené sdílením tepla vedením ve stonku snímače teploty). Je také podstatný vliv gradientu k okolní teplotě. Bylo prokázáno, že teoretický požadavek na izolaci potrubí je důležitou součástí správné praktiky na měření teploty. Poslední, a v normě opomíjenou, součástí správné instalační praxe je sladění časové odezvy snímače s dynamikou procesu. Při jednotlivých měřeních se projevovaly teplotní změny za cca 10 s na úrovni i 0,3-0,5 °C, což již může hrát nezanedbatelnou roli při fakturacích tepelné energie zákazníkům.

Výsledek lze shrnout do následující tabulky:

Popis problému	Norma ČSN EN 1434	Navržené řešení
Existence teplotního profilu	nutnost ponoru přes půlku osy potrubí – při špatně vyvinutém turbulentním profilu je chyba výrazná	Instalace do místa bez rušících prvků – zabezpečit plně vyvinutý turbulentní profil
Velký rozdíl teplot mezi médii a okolím	neřeší	Správná izolace potrubí včetně měřicích prvků
Existence výrazných fluktuací teploty (špatná regulace)	neřeší	Správné posouzení dynamických vlastností systému a instalovaných měřidel a sladění jednotlivých požadavků na doby odezvy

Zjištěné skutečnosti, (dynamické změny teplotního profilu), zásadním způsobem ovlivňují správnost měření teploty a tím i tepla. Norma ČSN EN 1434 je v tomto případě velmi obecná. Problematika montáže na místě je zde řešena jen vágním prohlášením, že při montáži je důležité dbát na správnou montáž.

Navrhujeme se zamyslet nad článkem, popisujícím dynamické chování snímačů a nad následným doporučením ohledně vzorkovací periody výsledné sestavy.

4.3. Závěrečné shrnutí

Doporučuji všem projektantům a provozovatelům měřidel tepla vyžadovat od výrobců (dodavatelů) měřidel závazné informace o době odezvy snímačů teploty, o času vyhodnocování průtoku a teploty při měření tepla. I přesto, že uvádění těchto údajů o měřidlech současné předpisy výrobcům neukládají. Žádám o zvážení podpory tohoto požadavku ze strany státních orgánů.

Při ověřování párovaných snímačů teploty není vyžadováno měření časové odezvy jednotlivých snímačů teploty. Doporučuje se zvážit způsob jak při prvotním ověření vyžadovat alespoň namátkové provádění této zkoušky. Současně se doporučuje zavedení této zkoušky v případě sestavování „nových“ párů snímačů teploty při následném ověření párovaných snímačů teploty.

Při dodávkách tepla vyžadovat regulaci teplotnosné látky tak, aby nedocházelo ke skokovým změnám průtoku.

Návrhy a osazování měřidel tepla provádět nejen podle kritérií uvedených v ČSN EN 1434 – 6. Při návrhu jako jeden z hlavních požadavků posuzovat i rychlost změn teploty a průtoku teplotnosné látky a rychlost odezvy jednotlivých navrhovaných měřidel. Návrh měřidla musí odpovídat skutečným provozním podmínkám v konkrétním místě měření.

5. Použitá literatura a citace

Bod 2.5.1. – Popis zpracován zástupcem výrobce - firma Tronic Control, s.r.o.

Bod 2.6.1. – Popis zpracován zástupcem výrobce - firma FGV a.s.

ČSN EN 1434 : 2008

ČSN EN 60751