

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA STROJNÍ



DIPLOMOVÁ PRÁCE

2006

Jan Šimůnský

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA STROJNÍ  
Katedra energetických zařízení



Jan Šimůnský

**Dynamika lokální teplotní soustavy**  
**Dynamics of district heating**

Vedoucí diplomové práce:      Ing. Petr Novotný, CSc.

Konzultant diplomové práce:

|                |    |
|----------------|----|
| Počet stran:   | 50 |
| Počet obrázků: | 19 |
| Počet tabulek: | 14 |
| Počet grafů:   | 11 |
| Počet příloh:  | 3  |

Liberec 2006

## **ANOTACE:**

Práce zpracovává informace z dlouhodobého měření provozních veličin centrálního zásobování teplem v lokalitě Králův Háj v Liberci, provozovaného Teplárnou Liberec, a.s.. Vyhodnocuje chování připojených objektů z hlediska průběhu spotřeby tepla a chování vlastní rozvodné sítě v závislosti na teplotě exteriéru.

## **ANNOTATION:**

The work compiles data obtained from a long-term heat consumption measuring on district heated area Králův Háj in Liberec. This district heating area is operated by Teplárna Liberec, a.s.. The work describes system behaviour in heat consumption depending on the outside temperature.

## **KLÍČOVÁ SLOVA:**

centrální zásobování teplem; chování teplotní soustavy; spotřeba tepla na vytápění

## **KEYWORDS:**

district heating; heating system behaviour; heat consumption

## **Zadání**

## **Prohlášení**

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. O právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

---

Datum

---

Podpis

## **Declaration**

I have been notified of the fact that Copyright Act No. 121/2000 Coll. Applies to my thesis in full, in particular Section 60, School Work.

I am fully aware that the Technical University of Liberec is not interfering in my copyright by using my thesis for the internal purposes of TUL.

If I use my thesis or grant a licence for its use, I am aware of the fact that I must inform TUL of this fact; in this case TUL has the right to seek that I pay the expenses invested in the creation of my thesis to the full amount.

I compiled the thesis on my own with use of the acknowledged sources and the basis of consultation with the head of the thesis and consultant.

---

Date

---

Signature

## **Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval všem mým blízkým za podporu při studiu. Dále pak Ing. Petru Novotnému CSc. za vedení diplomové práce a za cenné připomínky při jejím řešení.

Také bych rád poděkoval Teplárně Liberec,a.s. za umožnění realizace měření, Ing. Romanu Petruchovi a panu Milanu Šteinfestovi za vstřícné poskytnutí podkladů k řešení.

Velký dík patří Ing. Romanu Nádherovi ze společnosti Applic Liberec za zprovoznění měřicího stanoviště.

## Obsah

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| Seznam obrázků.....                                            | 7  |
| Seznam tabulek.....                                            | 8  |
| Seznam grafů.....                                              | 8  |
| Použité zkratky.....                                           | 9  |
| 1. Teplotní soustava v Liberci.....                            | 10 |
| 1.1 Popis soustavy.....                                        | 10 |
| 1.1.1 Základní charakteristika.....                            | 10 |
| 1.1.2 Zdroje tepla.....                                        | 11 |
| 1.1.3 Primární rozvod.....                                     | 11 |
| 1.1.4 Sekundární rozvody.....                                  | 12 |
| 1.1.5 Špičkové zdroje.....                                     | 14 |
| 1.2 Způsoby řízení.....                                        | 15 |
| 1.2.1 Parní rozvod.....                                        | 15 |
| 1.2.2 Teplovodní okruhy.....                                   | 15 |
| 2. Identifikace lokality „Králov Háj“.....                     | 17 |
| 2.1 Popis soustavy.....                                        | 17 |
| 2.2 Způsoby řízení.....                                        | 17 |
| 2.3 Schéma měřeného okruhu.....                                | 18 |
| 2.4 Popis objektů připojených k měřenému okruhu.....           | 20 |
| 2.5 Připojné hodnoty objektů na měřeném okruhu.....            | 24 |
| 2.6 Popis výměňkové stanice.....                               | 25 |
| 3. Systém sběru dat.....                                       | 27 |
| 3.1 Řídící systém VS Králov Háj.....                           | 27 |
| 3.2 Měřicí stanoviště.....                                     | 27 |
| 3.3 Ukládání záznamů.....                                      | 30 |
| 4. Naměřené údaje.....                                         | 33 |
| 4.1 Stanovení tepelné ztráty objektů měřením.....              | 33 |
| 4.1.1 Způsob stanovení tepelných ztrát z naměřených údajů..... | 33 |
| 4.1.2 Vyhledání stavů se stabilními podmínkami.....            | 35 |
| 4.1.3 Naměřené výkony na vytápění – objekty č.1 až 10.....     | 35 |
| 4.1.4 Tepelná ztráta objektů č.11 a 12.....                    | 37 |
| 4.2 Celkový výkon na vytápění.....                             | 38 |

|     |                                                                                            |    |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.3 | Výkon na přípravu teplé užitkové vody.....                                                 | 39 |
| 4.4 | Celkový výkon soustavy dle měření na objektových stanicích .....                           | 41 |
| 4.5 | Akumulace tepla v rozvodech .....                                                          | 42 |
| 5.  | Závěr.....                                                                                 | 46 |
| 5.1 | Posouzení objektů podle naměřených údajů.....                                              | 46 |
| 5.2 | Porovnání výkonu soustavy naměřeného na výměňkové stanici a na objektových stanicích ..... | 47 |
| 5.3 | Doporučení pro zefektivnění provozu .....                                                  | 49 |
|     | Seznam použité literatury .....                                                            | 50 |

## Seznam obrázků

|                  |                                                                       |    |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------|----|
| <b>obr. 1-1</b>  | Schéma primárních parních rozvodů a výměňkových stanic v Liberci..... | 11 |
| <b>obr. 1-2</b>  | Zjednodušené schéma dvou-trubkového systému CZT.....                  | 13 |
| <b>obr. 1-3</b>  | Zjednodušené schéma čtyř-trubkového systému CZT .....                 | 14 |
| <b>obr. 2-1</b>  | Lokalita Králův Háj na výřezu mapy Liberce .....                      | 17 |
| <b>obr. 2-2</b>  | VS Králův Háj a objekty zásobované z „horního okruhu“ .....           | 18 |
| <b>obr. 2-3</b>  | Situace potrubních tras „horního okruhu“ VS Králův Háj .....          | 19 |
| <b>obr. 2-4</b>  | Schéma „horního okruhu“ VS Králův Háj .....                           | 20 |
| <b>obr. 2-5a</b> | Objekt č. 1.....                                                      | 20 |
| <b>obr. 2-5b</b> | Objekt č. 1- jižní stěna.....                                         | 21 |
| <b>obr. 2-6</b>  | Objekt č. 2.....                                                      | 21 |
| <b>obr. 2-7</b>  | Objekt č. 3.....                                                      | 21 |
| <b>obr. 2-8</b>  | Objekt č. 4.....                                                      | 22 |
| <b>obr. 2-9</b>  | Objekt č. 5.....                                                      | 22 |
| <b>obr. 2-10</b> | Objekt č. 7.....                                                      | 23 |
| <b>obr. 2-11</b> | Objekt č. 8.....                                                      | 23 |
| <b>obr. 2-12</b> | Objekt č. 9.....                                                      | 23 |
| <b>obr. 2-13</b> | Objekt č. 10.....                                                     | 24 |
| <b>obr. 2-14</b> | Objekt č. 11.....                                                     | 24 |
| <b>obr. 2-15</b> | Objekt č. 12.....                                                     | 24 |

## Seznam tabulek

|                  |                                                                        |    |
|------------------|------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>tab. 2-1</b>  | Přípojně hodnoty objektů horního okruhu VS Králův Háj.....             | 25 |
| <b>tab. 2-2</b>  | Jmenovité parametry VS Králův Háj.....                                 | 25 |
| <b>tab. 3-1</b>  | Zaznamenávané parametry VS.....                                        | 28 |
| <b>tab. 3-2</b>  | Zaznamenávané parametry OPS.....                                       | 29 |
| <b>tab. 3-3</b>  | Zaznamenávané parametry na průtokovém kalorimetru.....                 | 29 |
| <b>tab. 3-4</b>  | Přiřazení databázových souborů k objektovým stanicím.....              | 30 |
| <b>tab. 3-5a</b> | Ukázka výpisu záznamů z OPS – typ SM.....                              | 31 |
| <b>tab. 3-5b</b> | Ukázka výpisu záznamů z měřiče tepla – typ STX.....                    | 31 |
| <b>tab. 3-5c</b> | Ukázka výpisu záznamů z výměňkové stanice – typ VYMST.....             | 32 |
| <b>tab. 4-1</b>  | Naměřené výkony na vytápění za stabilních podmínek.....                | 36 |
| <b>tab. 4-2</b>  | Tabulkově stanovená tepelná ztráta objektů č. 11 a č. 12.....          | 37 |
| <b>tab. 4-3</b>  | Výkon na vytápění horního okruhu v závislosti na venkovní teplotě..... | 38 |
| <b>tab. 5-1</b>  | Porovnání objektů.....                                                 | 46 |
| <b>tab. 5-2</b>  | Porovnání přípojných a vypočtených hodnot - vytápění.....              | 49 |

## Seznam grafů

|                  |                                                                                                                                                                               |    |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>graf 4-1</b>  | Výkon na vytápění horního okruhu v závislosti na venkovní teplotě.....                                                                                                        | 38 |
| <b>graf 4-2a</b> | Naměřené výkony využití na přípravu TUV – pondělí.....                                                                                                                        | 39 |
| <b>graf 4-2b</b> | Naměřené výkony využití na přípravu TUV – středa.....                                                                                                                         | 40 |
| <b>graf 4-2c</b> | Naměřené výkony využití na přípravu TUV – neděle.....                                                                                                                         | 40 |
| <b>graf 4-3</b>  | Závislost teploty náběhové a zpětné TV horkovodu na venkovní teplotě.....                                                                                                     | 42 |
| <b>graf 4-4a</b> | Závislost doby, po kterou má topná voda v potrubní síti teplotu žádanou jednotlivými objektovými stanicemi, na venkovní teplotě – režim vytápění, běžné provozní teploty..... | 43 |
| <b>graf 4-4b</b> | Závislost doby, po kterou má topná voda v potrubní síti teplotu žádanou jednotlivými objektovými stanicemi, na venkovní teplotě – režim útlumu, běžné provozní teploty.....   | 44 |
| <b>graf 4-4c</b> | Závislost doby, po kterou má topná voda v potrubní síti teplotu žádanou jednotlivými objektovými stanicemi, na venkovní teplotě.....                                          |    |

|                  |                                                                                                                                 |    |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
|                  | – režim vytápění, teplota v síti navýšena na 120 °C .....                                                                       | 44 |
| <b>graf 4-4d</b> | Závislost doby, po kterou má topná voda v potrubní síti teplotu žádanou jednotlivými objektovými stanicemi, na venkovní teplotě |    |
|                  | – režim útlumu, teplota v síti navýšena na 120 °C .....                                                                         | 45 |
| <b>graf 5-1a</b> | Porovnání výkonu naměřeného na VS a vypočteného výkonu – souběh .....                                                           | 47 |
| <b>graf 5-1b</b> | Porovnání výkonu naměřeného na VS a vypočteného výkonu – oslunění .....                                                         | 48 |

## Použité zkratky

|             |                             |
|-------------|-----------------------------|
| <b>obr.</b> | obrázek                     |
| <b>tab.</b> | tabulka                     |
| <b>VS</b>   | výměníková stanice          |
| <b>OPS</b>  | objektová předávací stanice |
| <b>TV</b>   | topná voda                  |
| <b>TUV</b>  | teplá užitková voda         |
| <b>HV</b>   | horkovod                    |
| <b>MÚ</b>   | městský úřad                |

## **1. Teplotní soustava v Liberci**

### **1.1 Popis soustavy**

#### **1.1.1 Základní charakteristika**

Charakter sítě centrálního zásobování teplem v Liberci je ovlivněn polohou města, krajinným rázem, potřebami tradičního textilního průmyslu a technickými trendy řešení energetických potřeb budovaných sídlišť.

Základy rozvodů tepla v podobě, jak je známe dnes, byly položeny na přelomu šedesátých a sedmdesátých let, kdy začala být zvažována otázka centrálního městského zdroje tepla. K realizaci se přistoupilo v roce 1972 a během následujících let byla v několika etapách zbudována parní síť v celkové délce téměř 45 km. Volba vodní páry, jako teplotního média, vychází z dobových zvyklostí v městské energetice, v Liberci podpořených potřebou páry o vysokém tlaku a teplotě pro technologické účely v textilním průmyslu a nutností překonávat značné výškové rozdíly na trasách k odběrným místům.

V současné době dodává Teplárna Liberec, a.s. páru pro technologické účely výrobních a zpracovatelských provozů gumárenských podniků, dále podnikům, zabývajících se výrobou a zpracováním plastů, kovů a skla a potravinářským provozům. Z těch významnějších lze jmenovat například Cadence Innovation, Thyssen Ferex Aluminium-Technik, Precious a pivovar Konrád. Dále jsou prostřednictvím tepelné sítě Teplárny Liberec zásobována teplem sportoviště, nemocnice, školy, nákupní centra a přibližně 18 300 bytových jednotek.

Množství tepla dodané Teplárnou Liberec, a.s. činilo v roce 2004 celkem 1460,4 TJ, z toho 176,3 TJ (18,9 %) byla dodávka pro průmysl, 718,9 TJ (49,2 %) pro bytový sektor a 465,2 TJ (31,9 %) pro objekty občanské vybavenosti. Z celkového množství tepla bylo 26 % nakoupeno od společnosti Termizo, provozující libereckou spalovnu komunálního odpadu.

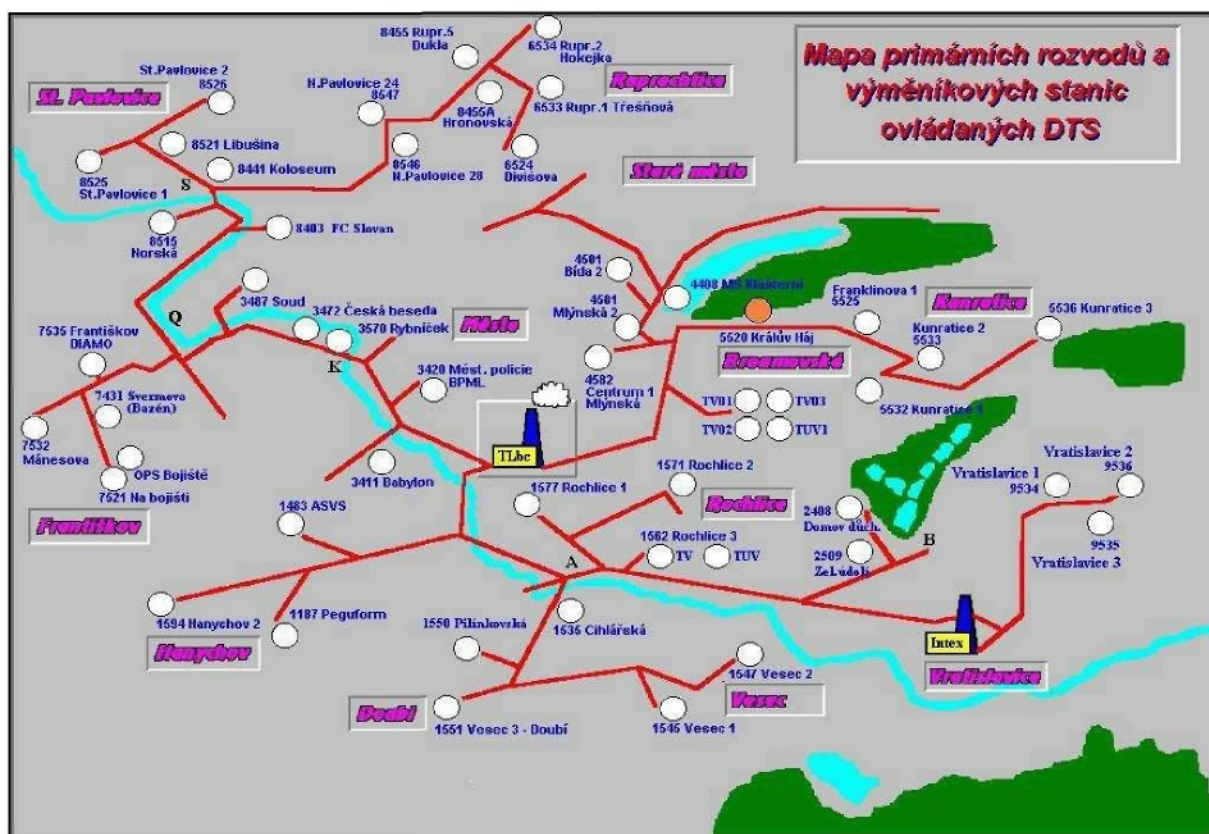
Z generátoru vysokotlaké parní turbíny bylo v roce 2004 do rozvodné sítě libereckou teplárnou dodáno 40 655 MWh elektrické energie.

### 1.1.2 Zdroje tepla

Liberecká teplárna má v současné době k dispozici tři parní kotle s dvou-palivovými hořáky. Spalováním optimálně připravené směsi topných olejů splňuje teplárna emisní podmínky za současné minimalizace nákladů na palivo. Umístění teplárny jako zdroje emisního znečištění přímo v centru liberecké kotliny řeší jednak 132,5m vysoký komín, ale i volba a složení paliva, technologie spalování a důkladné čištění spalin.

V současné době pokrývá 20-30% roční potřeby tepla pro síť centrálního zásobování spalovna komunálního odpadu vybudovaná v těsné blízkosti teplárny, která je s teplárnou technologicky propojena a podílí se na kombinovaném provozu výroby tepla a elektrické energie.

### 1.1.3 Primární rozvod



Obr. 1-1: Schéma primárních parních rozvodů a výměňkových stanic v Liberci, zdroj [7]

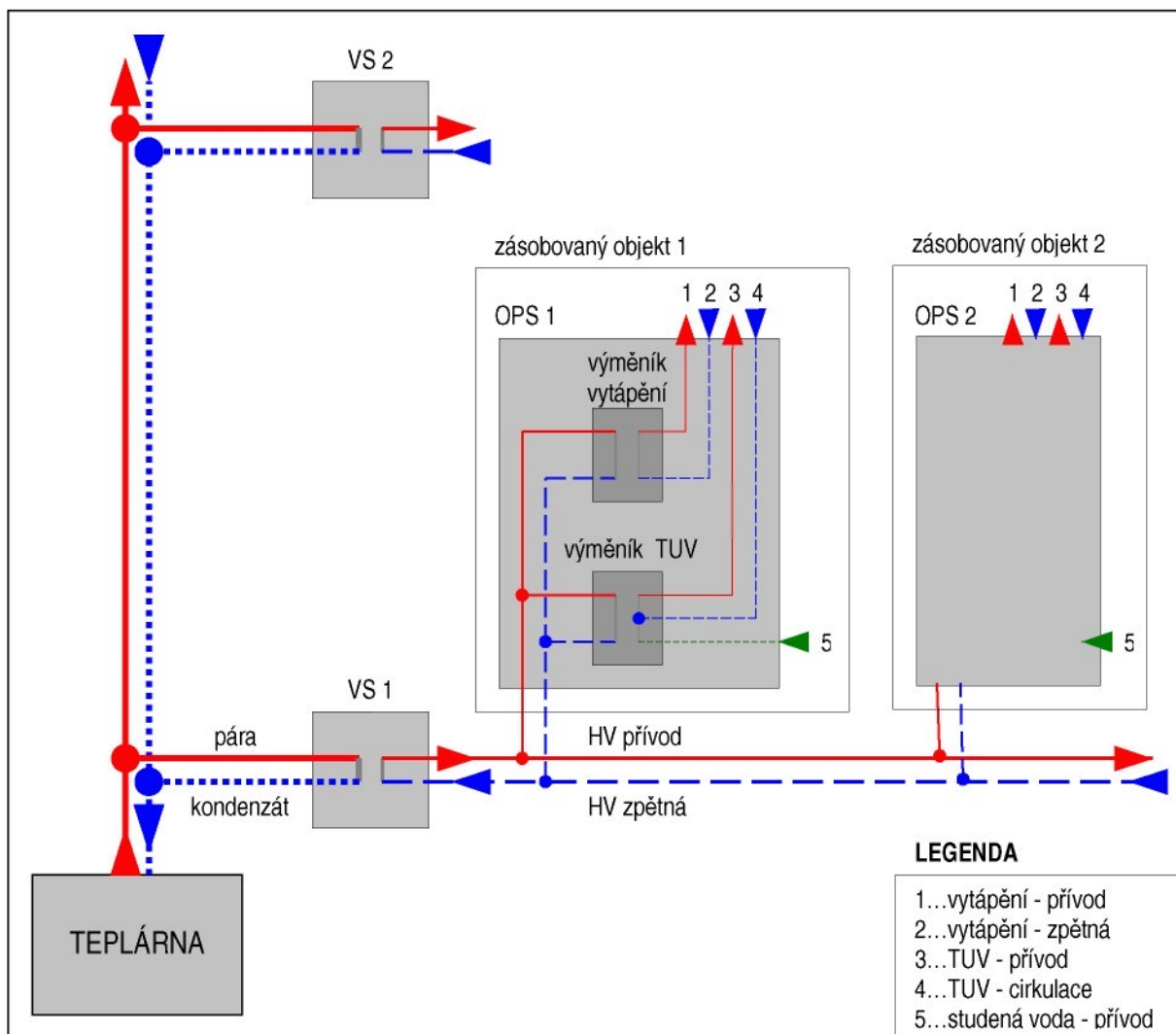
Teplárna společně se spalovnou zásobují párou, o teplotě cca 230 °C a tlaku 0,9 až 1,2 MPa, tři hlavní větve rozvodů tepla v Liberci.

Trasa Město sleduje tok Nisy a zásobuje dolní centrum (obchodní a kulturní dům, SVÚT, Preciosu, Dopravní podnik a sídliště Pod nádražím) dále Františkov, mlékárnu, sídliště Staré a Nové Pavlovice a Ruprechtice. Trasa Vratislavice vede také podle Nisy, ale opačným směrem a zásobuje sídliště Rochlice, Vesec a Vratislavice, odbočky vedou do Horního Růžodolu a Hanychova, Bytexu, pivovaru a Domova důchodců na Nové Rudě. Třetí trasa Textilana, jejíž povrchové vedení značně zošklivilo nejhezčí partie Liberce, vede přes sídliště Broumovská k Textilaně a zásobuje sídliště Na Bídě, Králův Háj a Kunratická, dále nemocnici, vysokou školu, poštu a bazén.

#### **1.1.4 Sekundární rozvody**

K primárnímu parnímu rozvodu je připojeno 53 výměňkových stanic. K těm jsou prostřednictvím teplovodních sekundárních rozvodů napojeny jednotlivé zásobované objekty. Provedení sekundárních rozvodů je čtyř-trubkové nebo dvou-trubkové s objektovými předávacími stanicemi. Oba systémy mají své výhody i nevýhody.

Výměňková stanice Králův Háj a objekty k ní připojené využívají dvou-trubkový systém. Jeho základní schéma je na obrázku 1-2. K výhodám tohoto uspořádání patří především to, že okruh horkovodu je tlakově oddělen od samotných topných systémů jednotlivých objektů. To na straně dodavatele snižuje náklady na čerpací práci a celkově to přispívá ke zjednodušení hydrauliky systému. Oddělení topných okruhů také zvyšuje flexibilitu teplotní soustavy v možnostech připojení nových objektů, protože není tolik vázán tlakovými parametry tepelné sítě. Z tlakového oddělení systémů vyplývá i jednodušší provoz výměňkové stanice z hlediska regulace. Ta pracuje tak, aby byl zajištěn dostatečný tepelný výkon na předávací stanici objektu s nejhoršími tepelně-technickými vlastnostmi. Podle toho je nastavena ekvitermní křivka teploty horkovodu na výstupu ze stanice. Objektové předávací stanice pak mají za úkol řídit odběr tepla z horkovodu tak, aby bylo k otopným tělesům dodáno médium o potřebné teplotě a v potřebném množství a aby byl k dispozici dostatečný výkon pro okamžitou přípravu teplé užitkové vody.

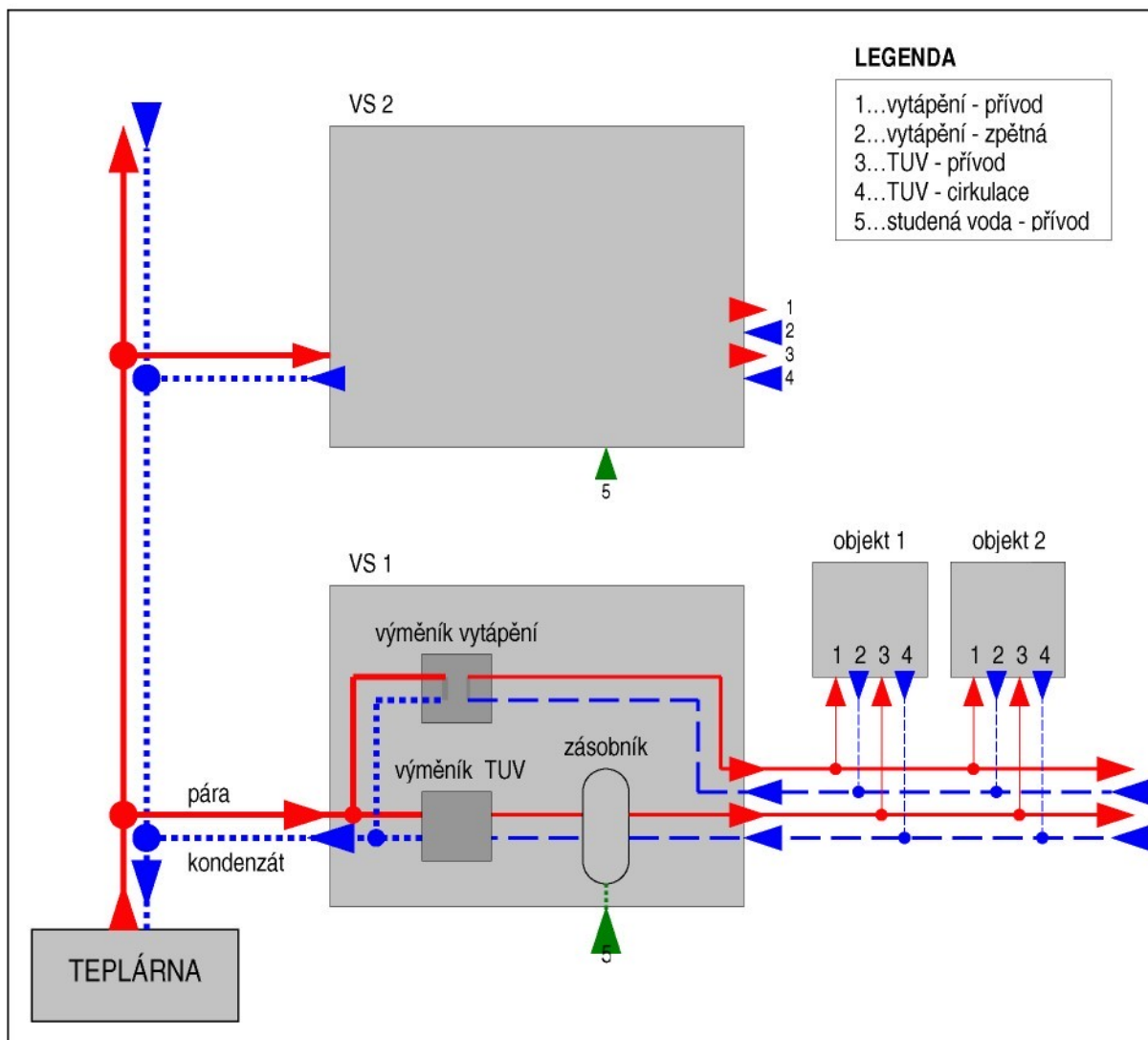


**Obr. 1-2:** Zjednodušené schéma dvou-trubkového systému CZT, zdroj [5]

Posledním regulačním článkem vytápěcí soustavy jsou u všech druhů zapojení termostatické ventily na otopných tělesech. Díky tlakové nezávislosti objektů se snáze vyvažuje přednastavení průtoků na radiátorových armaturách a vyvažovacích armaturách jednotlivých topných větví objektů. Tlaková nezávislost objektů přispívá k prodloužení funkce a životnosti těchto armatur a ke snížení hlukových projevů při provozu topných systémů.

Další nespornou výhodou dvou-trubkového systému je často diskutovaný způsob přípravy teplé užitkové vody. Ta se u tohoto zapojení připravuje tzv. „rychloohřevem“, což je způsob, kdy se studená voda po ohřevu ve výměníku dopravuje přímo ke spotřebiteli. Není tak třeba používat zásobníky ve výměníkových stanicích a dlouhé potrubní trasy pro TUV. Odpadá tím starost se „stojatou“ teplou vodou, ve které může dojít k nebezpečnému přemnožení bakterií legionely.

Jiným využívaným způsobem zapojení je systém čtyř-trubkový. Je to systém oddělené přípravy topné vody a TUV již v centrální výměňkové stanici. Objekty jsou tlakově závislé a jsou na patách osazeny průtokovými měřiči tepla, případně pouze směšovacím ventilem a oběhovým čerpadlem. Odpadá tím část investičních a provozních nákladů na objektové předávací stanice. Schéma čtyř-trubkového zapojení je na obrázku 1-3.



Obr. 1-3: Zjednodušené schéma čtyř-trubkového systému CZT, zdroj [5]

### 1.1.5 Špičkové zdroje

K libereckému primárnímu parnímu rozvodu jsou připojeny dvě lokální špičkové plynové kotelny, které zajišťují stabilitu parametrů páry v období největších odběrů, při havárii a nebo plánované odstávce některého z kotlů v teplárně. Dva plynové kotle jsou

v areálu podniku GEA LVZ, a.s.. Hodinová produkce páry o požadovaných parametrech činí u obou kotlů 16 t, přičemž dodávka do sítě se pohybuje od 12 t do 13 t. Stejný plynový kotel je i v areálu podniku Milcom.

## **1.2 Způsoby řízení**

### **1.2.1 Parní rozvod**

Parametry primárního média – vodní páry - jsou nepřetržitě sledovány na všech výměňkových stanicích a je zajištěn telefonický nebo radiový přenos dat na centrální dispečerské pracoviště v budově teplárny. Datový přenos je obousměrný a řídicímu systému umožňuje, kromě vizualizace a archivace hodnot vybraných parametrů, také ovládání akčních členů v soustavě. Dispečer díky informacím o provozních stavech na zdroji a jednotlivých odběrných místech může operativně řešit jakékoliv nestandardní situace. Včasná signalizace poruchových stavů, s poměrně přesnou dálkovou diagnostikou příčiny poruchy nejen snižuje náklady na údržbu, ale především výrazně zvyšuje spolehlivost celé teplotní soustavy.

Hlavním sledovaným prvkem řídicího procesu je tlak páry. Jeho hodnota se sleduje nejen na výstupu z teplárny a na jednotlivých výměňkových stanicích, ale i u přímých odběratelů páry, kterým je Teplárna Liberec smluvně zavázána dodávat páru o patřičných parametrech. V případě poklesu tlaku páry v primárním rozvodu hrozí jeho zavzdušnění. Tomu může dispečer předejít dočasným uzavřením odběrů na vytápění. Vlivem akumulace tepla ve stavebních konstrukcích a v sekundárních a terciárních rozvodech je k dispozici určitý prostor pro řešení vzniklé situace, aniž by to zaznamenali samotní odběratelé.

### **1.2.2 Teplovodní rozvody**

Teplovodní okruhy jsou osazeny autonomními řídicími systémy s možností vzdálené správy. Dvou-trubkové okruhy s objektovými předávacími stanicemi jsou regulovány ekvitemně podle požadavků objektu s nejhoršími tepelně-technickými vlastnostmi na daném okruhu, přičemž teplota topné vody v sekundárním rozvodu je zdola omezena obvykle 65 °C.

To je nutné k zajištění přípravy teplé užitkové vody v objektových stanicích. Objektové předávací stanice, jejichž provoz Teplárna Liberec také zajišťuje, jsou předposledním regulačním prvkem soustavy.

Po uvedení objektové stanice do provozu jsou na ekvitermním regulátoru okruhu vytápění nastaveny předpokládané parametry. Ty se na základě požadavků uživatelů upravují tak, aby odpovídaly specifikům daného objektu z hlediska tepelně-technických vlastností, vlivu místních povětrnostních podmínek a nárokům na časové rozdělení režimu vytápění a nočního útlumu. Některé regulátory disponují vlastními algoritmy adaptace na daný systém a výstupní požadavky a změny v nastavení topných křivek probíhají bez nutnosti zásahu obsluhy.

Regulátor a regulační armatury na okruhu rychloohřevu teplé užitkové vody zajišťují konstantní teplotu TUV na výstupu ze stanice. Z hlediska regulace je to složitý proces, protože spotřeba TUV je velmi proměnlivá a během dne dochází ke špičkovým stavům, které několikanásobně převyšují průměrný denní odběr. K provedení vhodného akčního zásahu je nutné vyhodnotit několik vstupních parametrů. Těmi jsou požadovaný průtok, přírodní teplota sekundárního teplovodu, teplota studené vody pro přípravu TUV, teplota cirkulační větve a podle druhu zapojení také například teplota zpětné vody z větve vytápění pro předehřev studené vody.

Základní regulace čtyř-trubkové soustavy probíhá stejně jako u dvou-trubkové v parní výměňkové stanici. I tady jsou výstupní hodnoty nastaveny tak, aby byla zajištěna dostatečná dodávka tepla do objektu s nejvyššími nároky na parametry topné vody. Objekty, které nevyžadují tak vysoké parametry topné vody regulují její množství na vstupu do objektu směřováním náběhové vody s vratnou. Teplota topné vody je i zde sledována regulátorem, který provádí akční zásahy na směšovací armatuře. K zajištění spolehlivého chodu systému se směšováním je zpravidla osazeno posilovací oběhové čerpadlo. Nastavení regulátoru je i tady, dle jeho typu, v průběhu provozu upravováno ručně nebo automaticky vlastními adaptivními algoritmy.

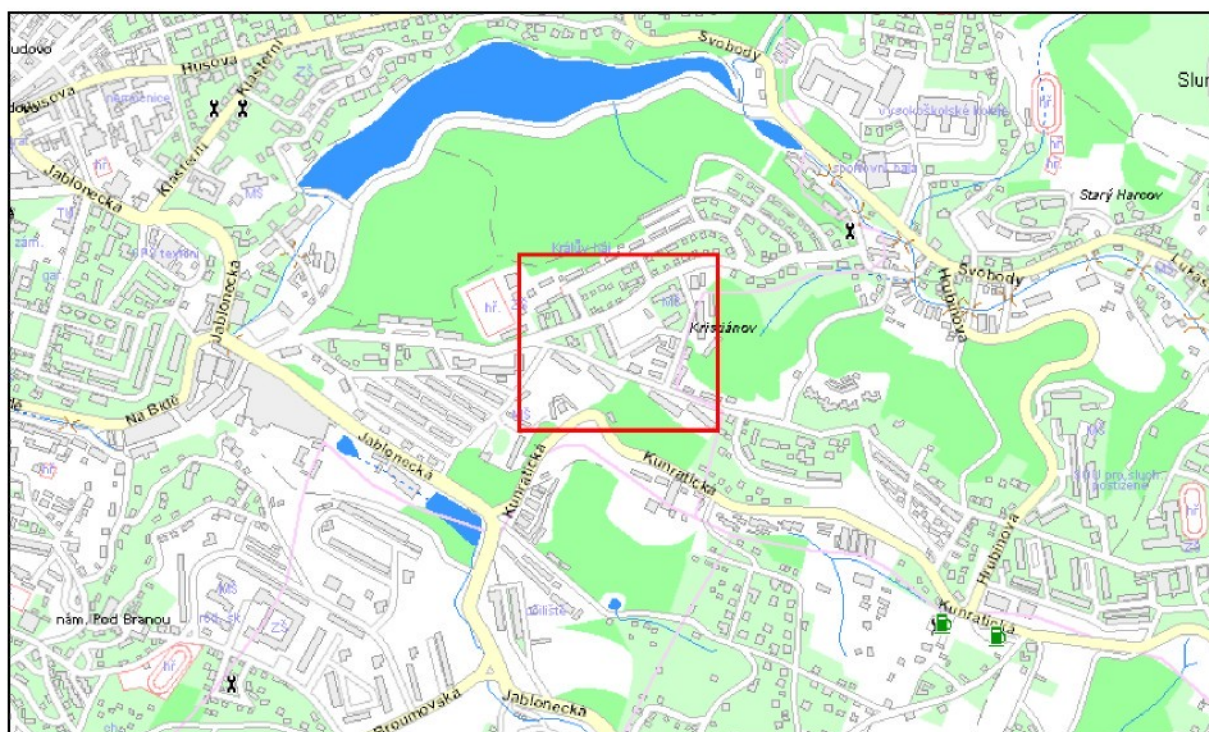
Číselné údaje uvedené v kapitole 1 vycházejí (pokud není uvedeno jinak) z [7] a [8].

## 2. Identifikace měřené lokality

### 2.1 Poloha lokality

Dlouhodobému měření spotřeby tepla a provozních parametrů byl podroben „horní okruh“ stanice Králův Háj. Ta je napojena na parní trasu vedoucí směrem k bývalé Textilaně a na schématu primárního rozvodu (Příloha 2-1) je vyznačena oranžově.

Následující výřezy mapy Liberce přibližují polohu měřené lokality. Na detailním výřezu jsou oranžově vyznačeny objekty zásobované teplem z měřeného horního okruhu výměníkové stanice Králův Háj.

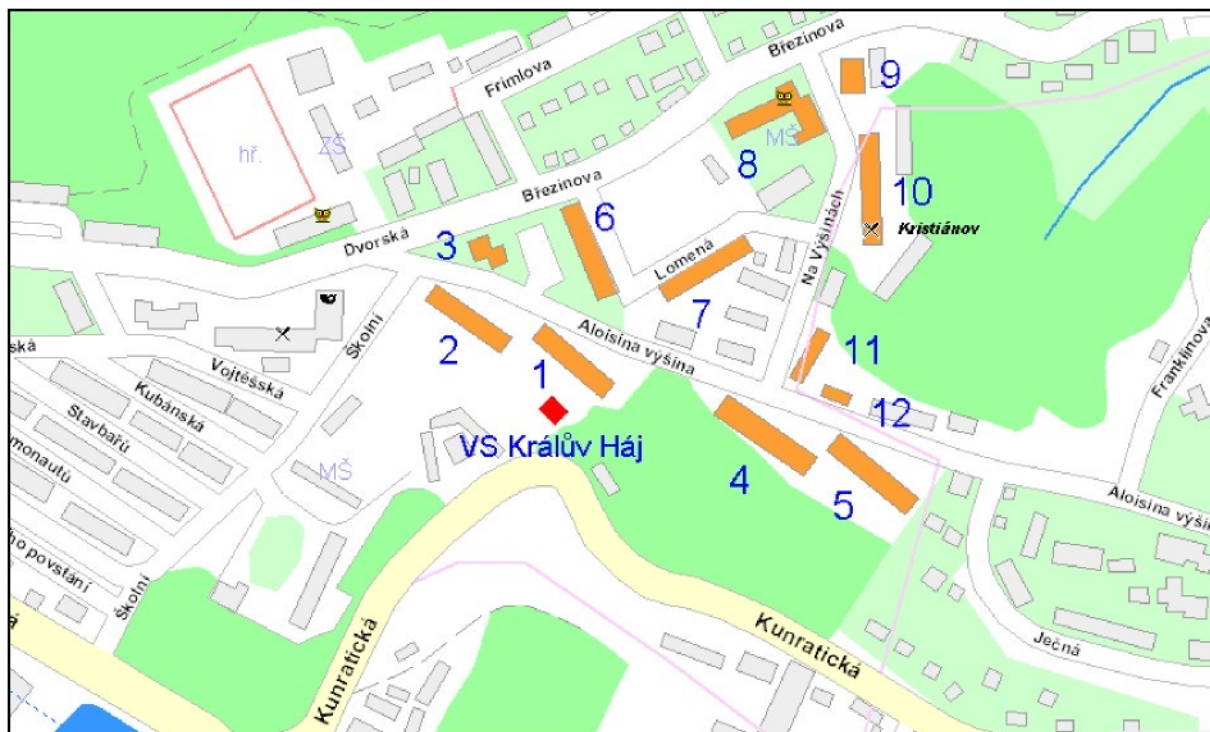


Obr. 2-1: Lokalita Králův Háj na výřezu mapy Liberce

### 2.2 Výpočtové parametry lokality

Zimní výpočtová teplota činí podle ČSN 06 0210 v Liberci  $-18^{\circ}\text{C}$ . Průměrná délka otopného období pro střední denní venkovní teplotu pro začátek a konec otopného období  $13^{\circ}\text{C}$  činí 256 dní, průměrná venkovní teplota během otopného období pak  $3,6^{\circ}\text{C}$ . Lokalita se

nachází v krajíně s intenzivními větry, budovy jsou osaměle stojící. Rozměrová charakteristika sedmi z deseti předmětných budov je téměř totožná, čtyři tyto budovy jsou dokonce i téměř shodně orientované. Orientační schéma situace je na obrázku 2-2.



Obr. 2-2: VS Králův Háj a objekty zásobované z „horního okruhu“

## 2.3 Schéma měřeného okruhu

Lze předpokládat, že trasa podzemního teplovodu byla volena s ohledem na potřebné množství média přepravované k jednotlivým objektům a s ohledem k tlakovým poměrům očekávaných v soustavě. Na obrázku 2-3 je schéma potrubních tras.

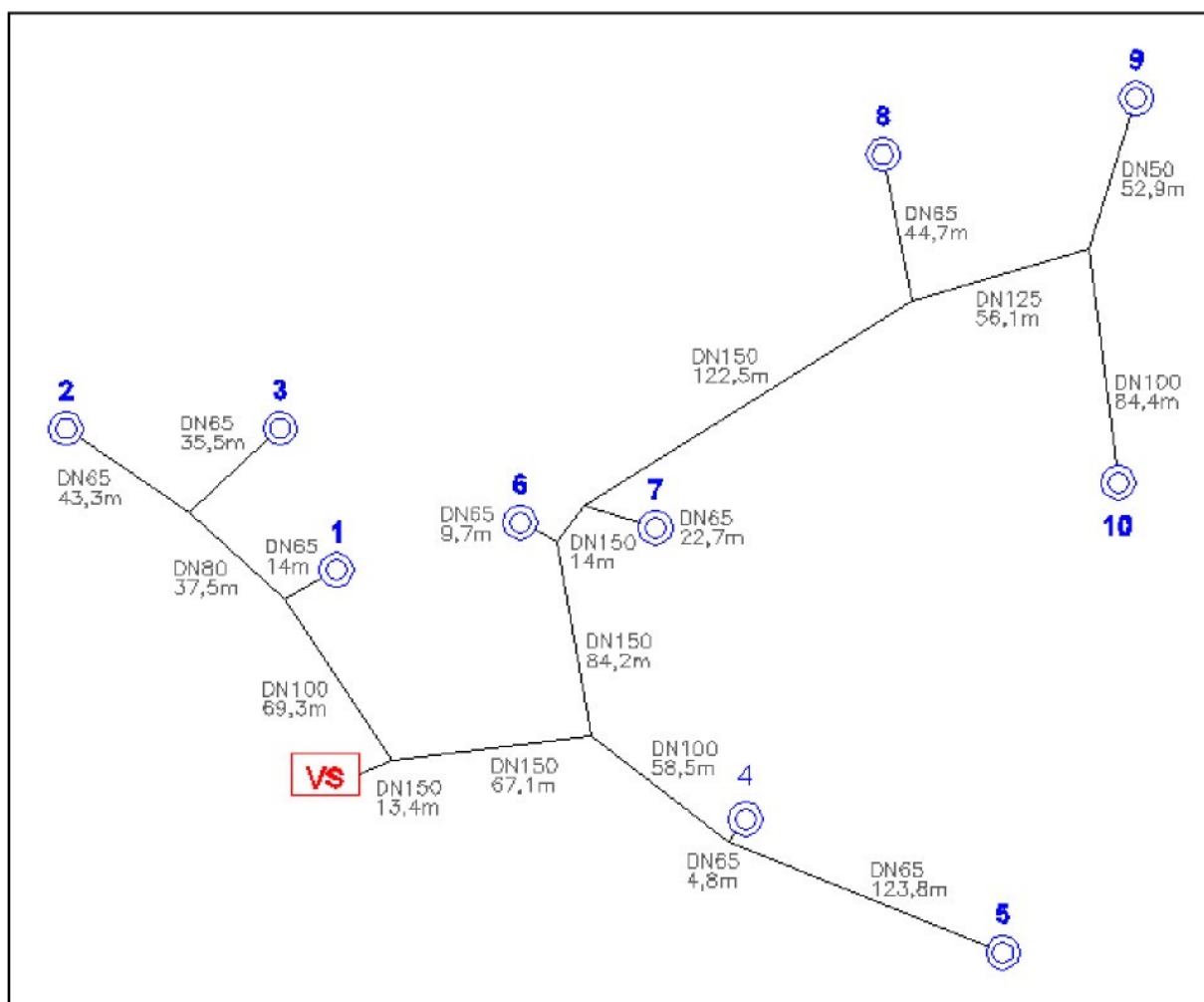
Sekundární rozvody jsou po rekonstrukci v roce 1996 provedeny z předizolovaného ocelového potrubí. Technologie předizolovaného potrubí snižuje tepelné ztráty v rozvodech a především riziko zhoršení tepelných vlastností vlivem proniknutí vlhkosti do tepelně-izolační vrstvy. Ta je navíc vybavena průběžným signalizačním vodičem. Sledováním elektrického odporu signalizačních okruhů může být včas odhaleno porušení těsnosti svrchní polyethylenové vrstvy potrubí. To pak může být opraveno dříve, než dojde ke znehodnocení izolační vrstvy nebo k narušení samotného potrubí. Předizolované potrubí je určeno pro

bezkanálovou montáž do pískového lože. Délkové změny potrubí vlivem tepelné roztažnosti jsou zachyceny v ohybech a systémem pevných bodů a kluzného vedení.



**Obr. 2-3:** Situace potrubních tras „horního okruhu“ VS Králův Háj, zdroj [8]

Na obrázku 2-4 je schéma „horního“ okruhu. U jednotlivých úseků potrubí je zaznamenána jejich dimenze a skutečná délka odměřená z digitálních podkladů Teplárny Liberec, a.s.. Stejně tak u každého objektu je jeho číslo a projektovaný výkon pro vytápění a ohřev teplé užitkové vody.



**Obr. 2-4:** Schéma „horního“ okruhu VS Králův Háj, zdroj [8]

## 2.4 Popis objektů připojených k měřenému okruhu

**Objekt č.1 – Aloisina výšina 418**

Aloisina výšina č.p. 418 až 423 je pětipodlažní panelový dům se šesti sekcemi. Dům je situován do svahu. První nadzemní podlaží je do svahu částečně zapuštěno. Jak je patrné i z fotografií, dům je zateplen dodatečným fasádním izolačním systémem z extrudovaného polystyrénu. Stavební výplně jsou většinou původní z doby výstavby objektu. Půdorysné



**Obr. 2-5a: Objekt č.1**

rozměry objektu jsou přibližně 75,6m x 11,3m. Obestavěný objem činí přibližně 12 814m<sup>3</sup>. Stěna souběžná s ul. Aloisina výšina je orientována severovýchodním směrem a kromě oken a vstupních dveří tvoří z architektonického hlediska jednu plochu. Jak je patrné z půdorysných schémat, druhá stěna objektu je orientována na jihozápad a je tedy vystavena za slunečných dnů přímému záření. Balkóny situované na této straně objektu tak v létě plní stínící funkci.

#### **Objekt č.2 – Aloisina výšina 411**

Aloisina výšina č.p. 411 až 416 je téměř totožný objekt jako Aloisina výšina 418 až 423. Oba domy jsou dokonce s nepatrnou odchylkou stejně orientované. Jediným podstatnějším rozdílem z hlediska srovnání tepelně technických vlastností obou budov je, že Aloisina výšina 411, tedy objekt č.2 má upravené balkóny a zhruba třetina balkónů je jednoduše zasklena. Balkón tak plní funkci jakési zimní zahrady. Zasklení má především v zimním období vliv na tepelné vlastnosti budovy, protože dochází k zamezení proudění studeného vzduchu podél balkónové výplňové sestavy a tím ke snížení přestupu tepla z objektu do okolí.

#### **Objekt č.3 – Aloisina výšina 448**

Aloisina výšina č.p. 448 je jedenáctipodlažní panelový bytový dům. Půdorysná plocha činí přibližně 286m<sup>2</sup>, zastavěný objem pak 9060m<sup>3</sup>. Objekt je zateplen fasádním izolačním systémem, stavební výplně jsou nové, s plastovými rámy. Lze předpokládat, že nové výplně značně snížily spotřebu tepla na vytápění objektu. Jak je patrné i z fotografie, horní patra budovy značně



**Obr. 2-5b:**  
*Objekt č.1- jižní stěna*



**Obr. 2-6:** *Objekt č.2*



**Obr. 2-7:** *Objekt č.3*

převyšují okolní terén. Při osazení starším typem dřevěných okenních rámců s vyšší spárovou propustností muselo nutně docházet k nadměrné infiltraci venkovního vzduchu.

#### **Objekt č.4 – Aloisina výšina 424**

Aloisina výšina č.p. 424 až 429 má podobné stavební dispozice a podobnou situaci vůči světovým stranám jako objekt č.1. Rozdíl je v počtu podlaží (objekt č.4 je šestipodlažní) a v použitém fasádním izolačním systému. Ke zlepšení tepelně technických vlastností tohoto domu byla použita izolace s vnějším plastovým překrytím trapézového profilu. Stavební výplně jsou většinou původní, kratší obvodové stěny domu tepelnou izolací opatřeny nejsou. Obestavěný objem činí přibližně 15 480m<sup>3</sup>.



**Obr. 2-8: Objekt č.4**

#### **Objekt č.5 – Aloisina výšina 431**

Aloisina výšina č.p. 431 až 436 je také šestipodlažní. Rozměry a obestavěný objem tohoto domu je stejný jako u objektu č. 4, rozdíl je v použitém izolačním systému. Ten je u tohoto domu z extrudovaného polystyrénu se svrchní břízolitovou omítkou, stejně jako u objektů 1, 2 a 3.



**Obr. 2-9: Objekt č.5**

#### **Objekt č.6 – Lomená 403**

Březinova č.p. 398 až 403 pětipodlažní bytový dům. Stavební dispozice a úpravy jsou totožné jako u objektu č.1, orientace vůči světovým stranám je patrná z obrázku 2-2. Balkóny jsou situovány na jihozápadní stěně.

**Objekt č. 7 – Lomená 404**

Lomená č.p. 404 až 409 je tentýž typ pětipodlažního panelového domu, ovšem bez dodatečné tepelné izolace. Naproti tomu byla ve velké části bytů provedena výměna oken za nová izolační v plastových rámech. Orientace vůči světovým stranám je patrná z obrázku 2-2. Balkóny jsou situovány jihovýchodním směrem.

**Obr. 2-10: Objekt č. 7****Objekt č. 8 – MŠ Březinova 389**

Březinova č.p. 389 a 454 je objekt mateřské školy tvořený dvěma propojenými budovami. Č.p. 389 je dvoupodlažní budova s jedním nadzemním a jedním podzemním podlažím. Půdorys budovy je obdélníkový. Druhá část objektu, č.p. 454 je také dvoupodlažní, ovšem obě podlaží jsou nadzemní. Půdorys této části je členitější. Celková zastavěná plocha činí přibližně  $955\text{m}^2$ , zastavěný objem pak  $5724\text{m}^3$ . Celý objekt mateřské školy má nové stavební výplně s plastovými rámy a izolačními dvojskly a je zateplen fasádním izolačním systémem.

**Obr. 2-11: Objekt č. 8****Objekt č. 9 – Na výšinách 443**

Na výšinách č.p. 443 a 444 je šestipodlažní bytový dům stejného typu jako objekty 1, 2, 4, 5, 6 a 7, ale pouze o dvou sekcích. Dům je zateplený a v některých bytech byla vyměněna okna za nová, s plastovými rámy a izolačním dvojsklem. Půdorys domu tvoří obdélník o ploše  $293\text{m}^2$ , obestavěný objem pak činí přibližně  $5274\text{m}^3$ . Balkóny jsou situovány západním směrem.

**Obr. 2-12: Objekt č. 9**

**Objekt č.10 – Na výšinách 437**

Na výšinách č.p. 437 až 442 je šestipodlažní bytový dům stejného typu jako objekty 1,2,4,5,6 a 7. Dům je zateplen, stavební výplně jsou převážně původní. Balkóny jsou orientovány západním směrem.

**Obr. 2-13: Objekt č.10****Objekty č.11 a 12 – Na výšinách 451, Aloisina výšina 445**

Na „horní“ okruh výměňkové stanice Králův Háj jsou připojeny i tyto dva domy. Teplárny Liberec, a.s. však neprovozuje jejich topný systém, zajišťuje pouze dodávku tepla k patě těchto objektů. Nejsou tak k dispozici údaje z provozu těchto objektů v rozsahu, jak je tomu u ostatních domů na „horním“ okruhu. Z patních měřičů máme informaci o spotřebě tepla ve čtvrt hodinových intervalech. Rozdělení na spotřebu tepla na vytápění a přípravu teplé užitkové vody tak není jednoznačné.

**Obr. 2-14: Objekt č.11****Obr. 2-15: Objekt č.12**

## 2.5 Přípojně hodnoty objektů na měřeném okruhu

Spotřeby tepla a teplé užitkové vody byly při projektování rekonstrukce výměňkové stanice, horkovodních rozvodů a objektových předávacích stanic převzaty z podkladů Teplárny Liberec a MÚ Liberec. Přípojně hodnoty, na které je systém dimenzován jsou uvedeny v tabulce 2-1 na následující straně.

| číslo<br>objektu | objekt              | číslo<br>OPS | zastavěná<br>plocha | obestav.<br>objem | příkon<br>vytápění<br>110/75 °C | příkon<br>TUV<br>75/40 °C | přípojná<br>hodnota |
|------------------|---------------------|--------------|---------------------|-------------------|---------------------------------|---------------------------|---------------------|
| -                | -                   | -            | m <sup>2</sup>      | m <sup>3</sup>    | kW                              | kW                        | kW                  |
| 1                | Aloisina výšina 418 | 202          | 854                 | 12814             | 333,7                           | 150,0                     | 417,0               |
| 2                | Aloisina výšina 411 | 201          | 854                 | 12814             | 333,7                           | 150,0                     | 417,0               |
| 3                | Aloisina výšina 448 | 203          | 284                 | 9060              | 320,0                           | 132,4                     | 388,4               |
| 4                | Aloisina výšina 424 | 206          | 854                 | 15480             | 404,4                           | 156,6                     | 480,1               |
| 5                | Aloisina výšina 431 | 207          | 854                 | 15480             | 404,4                           | 156,6                     | 480,1               |
| 6                | Lomená 403          | 204          | 854                 | 12814             | 333,7                           | 150,0                     | 417,0               |
| 7                | Lomená 404          | 205          | 854                 | 12814             | 333,7                           | 150,0                     | 417,0               |
| 8                | MŠ Březinova 389    | 212          | 955                 | 5724              | 235,5                           | 64,5                      | 252,9               |
| 9                | Na výšinách 443     | 210          | 293                 | 5274              | 150,8                           | 89,9                      | 210,5               |
| 10               | Na výšinách 437     | 209          | 854                 | 12814             | 404,4                           | 156,6                     | 480,1               |
| <b>celkem</b>    |                     |              | <b>7510</b>         | <b>115400</b>     | <b>3254,3</b>                   | <b>1356,6</b>             | <b>3960,1</b>       |

Tab. 2-1: Přípojné hodnoty objektů horního okruhu VS Králův Háj, zdroj [8]

## 2.6 Popis výměníkové stanice

Výměníková stanice Králův Háj je samostatně stojící zděný objekt. Zdrojem tepla je pět stojatých svazkových výměníků ABB První brněnská pára-voda. Stanice je koncipována pro konstantní tepelný spád. Jmenovité parametry stanice jsou v tabulce 2-2.

|          |                                          |         |                 |                |
|----------|------------------------------------------|---------|-----------------|----------------|
| primér   | pára na mezi sytosti nebo mírně přehřátá |         |                 |                |
|          | 165 °C                                   | 0,7 MPa | max. 16948 kg/h | min. 1356 kg/h |
|          | kondenzát                                |         |                 |                |
|          | 60 °C                                    |         | 0,8 MPa         |                |
| sekundér | horká voda s konstantním tepelným spádem |         |                 |                |
|          | 110 / 60 °C                              |         | 11,63 MW        |                |

Tab. 2-2: Jmenovité parametry VS Králův Háj, zdroj [8]

Řízení teploty otopné vody je řešeno zapláváním výměníků kondenzátem v rozsahu 0 až 100% jejich výšky. Kaskádní řízení jednotlivých výměníků je řízeno požadovanou výstupní teplotou a podmínkou ochlazení kondenzátu pod hodnotu 65 °C.

Potřebný tlak do horkovodního systému dodává dvojice čerpadel s frekvenčním měničem, každé pro jeden okruh stanice. Jmenovitý průtok čerpadla pro měřený okruh činí 73m<sup>3</sup>/h. Uvedené údaje o výměňkové stanici vycházejí z firemních podkladů Teplárny Liberec.

### **3. Systém sběru dat**

#### **3.1 Řídicí systém VS Králův Háj**

Výměňíková stanice Králův Háj je osazena měřícím a regulačním systémem Applic APL 196. Jedná se o druhou generaci regulačního systému pro měření a regulaci kotlen a výměňíkových stanic této liberecké firmy. Jádrem systému je šestnáctibitový procesor Intel. APL 196 je osazen řadou digitálních a analogových vstupů a výstupů pro snímání hodnot sledovaných veličin a provádění akčních zásahů do topného systému. Algoritmy řízení vycházejí z provozních požadavků liberecké teplárny a letitých zkušeností vývojářů firmy.

Součástí APL 196 jsou komunikační linky. Díky nim je systém ve spojení s dispečinkem teplárny a s objektovými předávacími stanicemi na obou topných okruzích. Spojení s objektovými stanicemi je realizováno prostřednictvím datového kabelu položeného souběžně s potrubím při rekonstrukci potrubních tras, spojení s teplárnou zajišťuje rádiový modul.

Komunikační vybavení výměňíkové stanice je instalováno především ke včasné signalizaci nestandardních stavů jak na samotné výměňíkové stanici, tak i na jednotlivých objektových stanicích. Teplárna Liberec využívá komunikační možnosti systému k pravidelným dálkovým odečtům náměrů na fakturačních měřidlech. Ty jsou prováděny v hodinovém intervalu a jsou archivovány na dispečinku teplárny.

#### **3.2 Měřicí stanoviště**

V prosinci 2004 byla místnost elektroinstalace výměňíkové stanice Králův Háj osazena osobním počítačem pro sběr dat vyhodnocovaných řídicím systémem APL 196. Přímé propojení počítače s regulačním systémem pomocí linky RS232 umožnilo archivaci maximálního množství údajů z výměňíkové stanice a z objektových stanic horního okruhu ve čtvrt hodinových intervalech. Pro korektní vyhodnocení nebo přesné popsání jevů v horkovodní síti a v jednotlivých objektech se čtvrt hodinový interval může zdát hrubý. Je však nutné si uvědomit, že měření probíhalo na zařízení v provozu, nikoli v laboratorních podmínkách a bylo třeba se přizpůsobit technickým možnostem systému především s ohledem na jeho bezproblémovou funkci.

Po odstranění počátečních problémů bylo 30. prosince 2004 spouštěno souvislé zaznamenávání provozních parametrů výměňkové stanice a objektových předávacích stanic. V tabulce 3-1 je výčet zaznamenávaných provozních údajů výměňkové stanice

| č. | označení | popis                                               | jednotky |
|----|----------|-----------------------------------------------------|----------|
| 1  | DT       | Datum a čas                                         | -        |
| 2  | IX       | Index                                               | -        |
| 3  | VA       | Platnost                                            | -        |
| 4  | VZOREK   | Číslo vzorku                                        | -        |
| 5  | PS       | Provozní stupeň                                     | -        |
| 6  | PCIVSP   | Tlak páry na vstupu                                 | kPa      |
| 7  | PCIKON   | Tlak kondenzátu ve sběrné síti                      | kPa      |
| 8  | PCITS    | Tlak v topném systému 0                             | kPa      |
| 9  | PCISV    | Tlak vody ve vodovodu                               | kPa      |
| 10 | PCITS    | Tlak v topném systému 1                             | kPa      |
| 11 | TCIVEN   | Teplota venkovní                                    | °C       |
| 12 | TCIVSP   | Teplota páry na vstupu                              | °C       |
| 13 | TCIKON   | Teplota kondenzátu v nádrži                         | °C       |
| 14 | TCIEC    | Teplota vnitřní ve výměníku                         | °C       |
| 15 | TCIPP01  | Teplota topné vody za PP01                          | °C       |
| 16 | TCIK023  | Teplota kondenzátu za dvojicí PP02 a PP03           | °C       |
| 17 | TCIK045  | Teplota kondenzátu za dvojicí PP04 a PP05           | °C       |
| 18 | TCITVV   | Teplota topné vody na výstupu ze stanice            | °C       |
| 19 | TCIK01   | Teplota kondenzátu za PP01                          | °C       |
| 20 | TCITVZ   | Teplota topné vody – zpátečka horkovodu             | °C       |
| 21 | TCIPP023 | Teplota topné vody za dvojicí PP02 a PP03           | °C       |
| 22 | TCIPP045 | Teplota topné vody za dvojicí PP04 a PP05           | °C       |
| 23 | PCIPRZ2  | Tlak topné vody na zpátečce – dolní větev           | kPa      |
| 24 | PCIPRV2  | Tlak topné vody na výstupu ze stanice – dolní větev | kPa      |

**Tab. 3-1:** Zaznamenávané parametry VS

Každá objektová předávací stanice je vybavena dvěma impulsními průtokoměry Sontex s multifunkčním integrátorem Supercal 531. Ten umožňuje kromě čítání impulsů i záznam spotřeby tepla na základě výpočtu z množství proteklé topné vody a teplotního rozdílu na dvojici připojených snímačů Pt100 nebo Pt500. Na přístroji je také možné odečíst

orientační hodnoty okamžitého průtoku a okamžitého tepelného výkonu výměníku. Všechny tyto hodnoty je možné odečítat i dálkově. Řídící systém APL 196 vyšle adresný dotaz na jakýkoliv z měřičů tepla a příslušná jednotka Supercal mu požadovanou hodnotu zašle zpět. Stejnou funkci je vybavena i samotná objektová předávací stanice. Na jí adresovaný dotaz zasílá zpět odpověď s požadovanými údaji.

| č. | označení | popis                                    | jednotky |
|----|----------|------------------------------------------|----------|
| 1  | DT       | Datum a čas                              | -        |
| 2  | IX       | Index                                    | -        |
| 3  | VA       | Platnost                                 | -        |
| 4  | VZOREK   | Číslo vzorku                             | -        |
| 5  | PS       | Provozní stupeň                          | -        |
| 6  | PCIPRV   | Tlak horkovodu – vstup do stanice        | kPa      |
| 7  | PCIPRZ   | Tlak horkovodu – zpátečka ze stanice     | kPa      |
| 8  | PCITS    | Tlak v topném systému objektu            | kPa      |
| 9  | PCISV    | Tlak studené vody z vodovodního řádu     | kPa      |
| 10 | TCITUC   | Teplota cirkulace                        | kPa      |
| 11 | TCIVEN   | Teplota venkovní                         | °C       |
| 12 | TCIPRV   | Teplota horkovodu – vstup do stanice     | °C       |
| 13 | TCIPRZ   | Teplota horkovodu – zpátečka ze stanice  | °C       |
| 14 | TCIEC    | Teplota v prostoru stanice               | °C       |
| 15 | TCITVV   | Teplota topné vody do objektu – přívod   | °C       |
| 16 | TCITVZ   | Teplota topné vody do objektu – zpátečka | °C       |
| 17 | TCITUP   | Teplota primárního okruhu ohřevu TUV     | °C       |
| 18 | TCITUV   | Teplota TUV na výstupu do objektu        | °C       |

**Tab. 3-2:** Zaznamenávané parametry OPS

| č. | označení | popis                      | jednotky |
|----|----------|----------------------------|----------|
| 1  | DT       | Datum a čas                | -        |
| 2  | IX       | Index                      | -        |
| 3  | VA       | Platnost                   | -        |
| 4  | VZOREK   | Číslo vzorku               | -        |
| 5  | IDNUM    | Lokální číslo měřiče tepla | -        |
| 6  | FABNUM   | Výrobní číslo měřiče tepla | -        |
| 7  | ENERGY   | Odebrané teplo             | MJ       |

|    |        |                                     |                         |
|----|--------|-------------------------------------|-------------------------|
| 8  | VOLUME | Proteklý objem                      | 0,001 m <sup>3</sup>    |
| 9  | TEMPH  | Teplota horkovodu na přívodní větvi | °C                      |
| 10 | TEMPL  | Teplota horkovodu na zpětné větvi   | °C                      |
| 11 | POWER  | Okamžitý výkon                      | 0,1 MW                  |
| 12 | DEBIT  | Okamžitý průtok                     | 0,001 m <sup>3</sup> /h |

**Tab. 3-3:** Zaznamenávané parametry na průtokovém kalorimetru

Díky těmto komunikačním možnostem celého systému bylo možné údaje o spotřebách tepla ze všech připojených objektů zaznamenávat ve výměňkové stanici. V předchozích tabulkách je přehled zaznamenávaných údajů z měřičů tepla a jednotlivých OPS.

### 3.3 Ukládání záznamů

Údaje naměřené na výměňkové stanici, jednotlivých objektových stanicích a jednotlivých měřících tepla byly ukládány formou databázových záznamů do několika souborů. Soubory byly pro větší přístupnost převedeny do formátu XLS a jsou včetně zdrojových tabulek MySQL obsaženy na příloženém CD nosiči. Přehled názvů souborů a jejich přiřazení k jednotlivým objektovým stanicím je v tabulce 3-4.

| číslo objektu | objekt              | parametry stanice | měření tepla celkem | měření tepla pro ÚT |
|---------------|---------------------|-------------------|---------------------|---------------------|
| 1             | Aloisina výšina 418 | sm602             | stx1007             | stx1008             |
| 2             | Aloisina výšina 411 | sm601             | stx1003             | stx1004             |
| 3             | Aloisina výšina 448 | sm603             | stx1005             | stx1006             |
| 4             | Aloisina výšina 424 | sm606             | stx1019             | stx1020             |
| 5             | Aloisina výšina 431 | sm607             | stx1021             | stx1022             |
| 6             | Lomená 403          | sm604             | stx1009             | stx1010             |
| 7             | Lomená 404          | sm605             | stx1017             | stx1018             |
| 8             | MŠ Březinova 389    | sm612             | stx1011             | stx1012             |
| 9             | Na výšinách 443     | sm610             | stx1014             | stx1013             |
| 10            | Na výšinách 437     | sm609             | stx1015             | stx1016             |

**Tab. 3-4:** Přiřazení databázových souborů k objektovým stanicím

V následujících tabulkách 3-5a až 3-5c jsou uvedeny ukázkové výpisy záznamů z jednotlivých typů měření.

| DT             | IX   | VA  | VZOREK | PS  | PCIPRV  | PCIPRZ  | PCITS   | PCISV   | TCITUC  |
|----------------|------|-----|--------|-----|---------|---------|---------|---------|---------|
| ...            | ...  | ... | ...    | ... | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     |
| 11.3.2005 0:08 | 6758 | 1   | 0      | 1   | 543,785 | 474,432 | 267,949 | 698,901 | 21,7033 |
| 11.3.2005 0:21 | 6759 | 1   | 0      | 1   | 539,487 | 461,539 | 267,875 | 697,729 | 22,1612 |
| 11.3.2005 0:36 | 6760 | 1   | 0      | 1   | 540,659 | 468,669 | 268,059 | 704,762 | 21,1081 |
| 11.3.2005 0:51 | 6761 | 1   | 0      | 1   | 534,921 | 465,446 | 268,095 | 707,204 | 20,9249 |
| ...            | ...  | ... | ...    | ... | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     |

| TCIVEN   | TCIPRV  | TCIPRZ  | TCIEC   | TCITVV  | TCITVZ  | TCITUP  | TCITUV  |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| ...      | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     |
| -9,3544  | 89,3201 | 54,533  | 25,7967 | 63,5073 | 54,6245 | 30,4487 | 14,2399 |
| -9,58791 | 88,0037 | 54,8993 | 25,7418 | 65,3846 | 54,8993 | 28,9835 | 16,6667 |
| -8,57143 | 87,561  | 55,0824 | 25,728  | 64,881  | 55,0366 | 27,732  | 15,7051 |
| -8,06777 | 89,0491 | 54,8077 | 25,6868 | 62,5    | 54,8535 | 26,8315 | 16,9872 |
| ...      | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     |

**Tab. 3-5a:** Ukázka výpisu záznamů z OPS – typ SM

| DT             | IX   | VA  | VZOREK | IDNUM    | FABNUM   |     |        |     |       | POWER | DEBIT |
|----------------|------|-----|--------|----------|----------|-----|--------|-----|-------|-------|-------|
| ...            | ...  | ... | ...    | ...      | ...      | ... | ...    | ... | ...   | ...   | ...   |
| 11.3.2005 0:05 | 6758 | 1   | 6774   | 55208032 | 96080835 | 0   | 431626 | 1   | 39052 | 8     | 22857 |
| 11.3.2005 0:20 | 6759 | 1   | 6775   | 55208032 | 96080835 | 0   | 431626 | 1   | 39052 | 7     | 20168 |
| 11.3.2005 0:35 | 6760 | 1   | 6776   | 55208032 | 96080835 | 0   | 431626 | 1   | 39052 | 7     | 19780 |
| 11.3.2005 0:50 | 6761 | 1   | 6777   | 55208032 | 96080835 | 0   | 431626 | 1   | 39052 | 7     | 20512 |
| ...            | ...  | ... | ...    | ...      | ...      | ... | ...    | ... | ...   | ...   | ...   |

|     |     |     |     | ENERGY   | VOLUME    | TEMPH  | TEMPL  | POWER | DEBIT |
|-----|-----|-----|-----|----------|-----------|--------|--------|-------|-------|
| ... | ... | ... | ... | ...      | ...       | ...    | ...    | ...   | ...   |
| 0   | 1   | 0   | 6   | 68114952 | 146893002 | 87,715 | 55,715 | 8     | 22857 |
| 0   | 1   | 0   | 6   | 68115906 | 146900002 | 88,51  | 56     | 7     | 20168 |
| 0   | 1   | 0   | 6   | 68116464 | 146904002 | 90,26  | 56,03  | 7     | 19780 |
| 0   | 1   | 0   | 6   | 68117400 | 146911002 | 90,26  | 55,66  | 7     | 20512 |
| ... | ... | ... | ... | ...      | ...       | ...    | ...    | ...   | ...   |

**Tab. 3-5b:** Ukázka výpisu záznamů z měřiče tepla – typ STX

| DT             | IX   | VA  | VZOREK | PS  | PCIVSP  | PCIKON  | PCITS   | PCISV    | PCITS   | TCIVEN   | TCIVSP  |
|----------------|------|-----|--------|-----|---------|---------|---------|----------|---------|----------|---------|
| ...            | ...  | ... | ...    | ... | ...     | ...     | ...     | ...      | ...     | ...      | ...     |
| 11.3.2005 0:06 | 6758 | 1   | 6774   | 8   | 995,849 | 465,079 | 445,788 | -248,779 | 554,921 | -6,93681 | 179,525 |
| 11.3.2005 0:20 | 6759 | 1   | 6775   | 8   | 991,941 | 313,721 | 447,253 | -249,084 | 556,777 | -7,22528 | 179,602 |
| 11.3.2005 0:36 | 6760 | 1   | 6776   | 8   | 992,837 | 252,518 | 453,342 | -249,084 | 555,434 | -6,92308 | 179,411 |
| 11.3.2005 0:51 | 6761 | 1   | 6777   | 8   | 997,802 | 461,477 | 458,425 | -249,084 | 559,219 | -7,06044 | 179,742 |
| ...            | ...  | ... | ...    | ... | ...     | ...     | ...     | ...      | ...     | ...      | ...     |

| TCIKON  | TCIEC   | TCIPP01 | TCIK023 | TCIK045 | TCITVV  | TCIK01  | TCITVZ  | TCIPP023 | TCIPP045 |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|
| ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...      | ...      |
| 66,3576 | 28,1319 | 93,315  | 31,5476 | 67,033  | 91,2546 | 68,2692 | 61,8132 | 58,5165  | 95,5586  |
| 64,7894 | 28,3791 | 90,522  | 31,5934 | 65,4762 | 88,0037 | 66,8956 | 61,63   | 58,6996  | 91,8956  |
| 66,1172 | 28,5852 | 92,3993 | 31,6392 | 65,5285 | 88,3242 | 68,0403 | 62,0879 | 58,7912  | 90,8883  |
| 66,7582 | 28,9011 | 93,0174 | 31,6392 | 66,0256 | 89,0568 | 68,7271 | 62,5916 | 59,3145  | 90,9799  |
| ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...      | ...      |

| PCIPRZ2 | PCIPRV2 |
|---------|---------|
| ...     | ...     |
| 349,023 | 447,07  |
| 345,543 | 448,718 |
| 351,038 | 454,289 |
| 360,577 | 458,791 |
| ...     | ...     |

**Tab. 3-5c:** Ukázka výpisu záznamů z výměňkové stanice – typ VYMST

## **4 Naměřené údaje**

### **4.1 Stanovení tepelné ztráty objektů měřením**

Topné systémy v jednotlivých měřených objektech jsou výkonově dimenzovány dle norem platných v době výstavby objektů. Podkladem pro výpočet výkonů jednotlivých otopných soustav byly tepelně-technické vlastnosti použitých stavebních materiálů a konstrukcí, klimatické poměry panující v dané lokalitě a předpokládaný způsob provozu budov z energetického hlediska.

Použití těchto podkladů by s velkou pravděpodobností vneslo do vlastního popisu dynamických stavů systému chyby. Výpočtové hodnoty se od provozních mohou lišit. Větší či menší odchylka provozních parametrů od projektových může být způsobena úpravami v průběhu realizace a provozu, rozsahem tabelovaných materiálových hodnot použitých ve výpočtu a zjednodušením fyzikálních jevů v samotné metodice návrhového výpočtu.

Z tohoto důvodu bylo přistoupeno ke stanovení tepelných ztrát prostřednictvím naměřených údajů. To se sice také neobejde bez chyb v měření a fyzikálních zjednodušení, ale v zásadě lze očekávat výsledky s větší vypovídající hodnotou.

Díky údajům z realizovaného měření spotřeby tepla bychom měli získat informaci o tepelných ztrátách objektů v celém očekávaném rozsahu venkovních teplot, při kterých jsou jednotlivé soustavy provozovány.

#### **4.1.1 Způsob stanovení tepelných ztrát z naměřených údajů**

Tepelnou ztrátu objektu rozdělujeme na ztrátu prostupem, neboli tepelný tok hraničními stavebními konstrukcemi objektu do okolí a ztrátu větráním, čili potřebu tepla na ohřátí čerstvého vzduchu na požadovanou hodnotu. Množství tepla potřebného k zajištění požadované teploty v objektu je dále ovlivňováno tepelnými zisky ze slunečního záření a vnitřními zdroji tepla.

Rozhodujícími parametry pro stanovení tepelné ztráty prostupem jsou vlastnosti a rozměry stavebních konstrukcí, teplota a relativní vlhkost vzduchu na vnitřní a vnější straně konstrukce a rychlost proudění venkovního vzduchu kolem ochlazovaných stěn.

Množství tepla na pokrytí tepelných ztrát větráním je určeno intenzitou větrání, resp. množstvím přiváděného čerstvého vzduchu, provzdušností a délkou spár stavebních výplní, rozdílem venkovní a požadované vnitřní teploty a vystavení budovy účinku větru a tlakovému spádu vznikajícího prouděním vzduchu kolem budovy.

Naproti tomu tepelné zisky ze slunečního záření jsou ovlivněny orientací stěn objektu vůči světovým stranám, dobou slunečního svitu a mírou zastínění jednotlivých stavebních konstrukcí.

Všechny tyto parametry hrají roli při dimenzování topné soustavy objektu a především pak při jejím provozu mají vliv na množství tepla potřebného k zajištění požadovaného komfortu. Současná úroveň techniky prostředí využívá pro ústřední vytápění ekvitermní regulaci teploty topné vody, tedy kvalitativní regulaci dle venkovní teploty. Centrální regulace tak běžně sleduje pouze jeden z výše uvedených faktorů ovlivňujících potřebu tepla. Ústřední regulace je pak obvykle doplněna místní regulací v podobě termostatických ventilů, které na základě jednoduchého fyzikálního principu zachycují další vlivy a kvantitativně regulují množství dodávaného tepla do místnosti. Mezi tyto vlivy patří především aktuální požadavek na teplotu vzduchu v místnosti, intenzita výměny vzduchu v místnosti a vnitřní tepelné zisky a zisky z oslunění.

V rámci realizovaného měření spotřeby tepla bylo možné sledovat pouze jediný z uvedených parametrů a to právě venkovní teplotu, kterou se řídí regulační systém výměňkové stanice i regulace objektových stanic. Ostatní vlivy nejsou při stanovení závislosti nijak zachyceny, přesto naměřené údaje dávají informaci o potřebě tepla jednotlivých objektů. Způsob stanovení závislosti je popsán v následujících odstavcích.

Tepelnou ztrátu, tedy tepelný tok obvodovými konstrukcemi a tepelný výkon potřebný k ohřevu přiváděného čerstvého vzduchu jakéhokoliv objektu nejsme schopni měřit přímo, jejich určení nebo spíše odhad bude výsledkem posouzení dostupných informací.

Měřicí a regulační systém teplovodního vytápění objektů ve zvolené lokalitě, nám poskytuje údaje o parametrech topného média v primárním, sekundárním i terciárním okruhu a informace o venkovní teplotě. K určení tepelné ztráty objektů nám poslouží údaje z měření spotřeby tepla na přívodu do každé z objektových předávacích stanic. Abychom mohli prohlásit, že tepelný výkon měřený na patě objektu odpovídá tepelné ztrátě je nutné nalézt dlouhodobě stabilní podmínky, za kterých můžeme předpokládat vyčerpání akumulčních kapacit stavebních konstrukcí. Pokud nalezneme takovýchto stavů dostatečné množství v co nejširším rozsahu venkovních teplot, budeme schopni popsat závislost tepelné ztráty budovy na venkovní teplotě.

Stabilními podmínkami rozumíme minimální změny venkovní teploty a minimální odchylky provozních parametrů topné vody. Nalezneme-li takovéto situace, jejichž trvání bude v řádu hodin, budeme o tepelném výkonu předávacích stanic na konci takovýchto úseků moci prohlásit, že se maximálně přiblížil tepelné ztrátě objektu a že jsme minimalizovali vliv akumulace tepla.

Přesnost stanovení okamžitého tepelného výkonu předávací stanice je ovlivněna využitím údajů z provozních měřidel. Největší chybu do měření vnáší měřiče tepla s impulsními průtokoměry. Ty neměří kontinuálně, ale vždy vyšlou impuls do čítače integrační jednotky v okamžiku průtoku stanoveného množství kapaliny. To je obvykle  $1\text{m}^3$ . Až dvojnásobně velká tedy může být absolutní chyba naměřeného údaje v daném časovém intervalu. Takto vzniklou chybu lze částečně eliminovat odečtením průtoku během několika následujících intervalů a následným využitím regresní analýzy.

#### **4.1.2 Vyhledání stavů se stabilními podmínkami**

Ke zpracování naměřeného množství dat byl použit tabulkový procesor. V záznamech z každé objektové stanice byly vyhledávány stavy se stabilními podmínkami, trvajícími 3, 4, 5 a 6 hodin. Pro vyhodnocení několika po sobě jdoucích intervalů, jako stabilního stavu byla zvolena tři kritéria. Absolutní hodnota odchylky venkovní teploty v každém měřeném intervalu od teploty na začátku hodnoceného úseku a absolutní hodnoty odchylek náběhové a vratné topné vody. Limitní hodnoty odchylek byly voleny tak, aby počet stavů vyhovujících výběru byl sto a více. K nalezení takového počtu stavů, bylo nutné vhodně volit maximální velikost uvedených teplotních rozdílů. Například k nalezení dostatečného množství stavů, trvajících šest hodin je volena odchylka venkovní teploty  $0,5\text{K}$  od hodnoty na začátku stavu a odchylka teplot topné vody přibližně  $2\text{K}$ . Naproti tomu k vyhledání stavů trvajících tři hodiny bylo možné tyto parametry zúžit na například hodnoty  $0,2\text{K}$  a  $0,5\text{K}$ .

Současně s vyhledáváním byla prováděna kontrola platnosti záznamů, kontrola návaznosti dat z měřiče tepla a ze stanice a kontrola uskutečnění naměru tepla. Tyto kontroly byly prováděny v každém záznamu. Tím se eliminovalo možné vnesení chyby. Během kontroly byly zároveň záznamy tříděny dle aktuálního topného režimu a současně vyřazovány stavy, během kterých došlo ke změně režimu.

### 4.1.3 Naměřené výkony na vytápění – objekty č.1 až 10

Výkon topné soustavy byl stanoven vždy z poslední hodiny jednotlivých stabilních stavů podílem naměřeného tepla a dobou mezi záznamy. Takto vypočtené výkony byly společně s odpovídající průměrnou venkovní teplotou během poslední hodiny stabilního stavu vyneseny do grafu, ze kterého se lineární regresí stanovil průběh závislosti výkonu soustavy na venkovní teplotě, a to zvlášť pro režim vytápění a režim útlumu.

Pro každý objekt bylo tedy tímto způsobem vyhodnoceno osm závislostí, čtyři pro vytápění a čtyři pro útlum, vždy pro nalezené stabilizované podmínky trvající 3, 4, 5 nebo 6 hodin. Výsledná směrnice a konstanta lineární závislosti byla určena váženým průměrem směrnic a konstant 3, 4, 5 a 6 hodinových stavů dle velikosti kvadratické odchylky jednotlivých dílčích závislostí. Získané údaje jsou uvedeny v tabulce 4-1, ukázka výchozích grafů pro časový interval 6 hodin je v příloze 1.

| objekt              | vstupní hodnoty   |                    |                  |                   |             | výsledky     |               |                |              |              |                | výkon při<br>výpočtové<br>teplotě -18 °C |               |
|---------------------|-------------------|--------------------|------------------|-------------------|-------------|--------------|---------------|----------------|--------------|--------------|----------------|------------------------------------------|---------------|
|                     | interval ustálení | maximální odchylka |                  |                   | počet stavů | vytápění     |               |                | útlum        |              |                |                                          |               |
|                     |                   | venkovní teplota   | teplota náběh TV | teplota zpětná TV |             | směrnice     | konstanta     | R <sup>2</sup> | směrnice     | konstanta    | R <sup>2</sup> | vytápění                                 | útlum         |
| -                   | hod               | K                  | K                | K                 | -           | kW/°C        | kW            | -              | kW/°C        | kW           | -              | kW                                       | kW            |
| Aloisina výšina 411 | 3                 | 0,4                | 1,7              | 1,7               | 135         | -3,70        | 85,54         | 0,85           | -3,74        | 57,58        | 0,89           | 152,17                                   | 124,84        |
|                     | 4                 | 0,5                | 2                | 2                 | 148         | -3,42        | 85,05         | 0,72           | -3,51        | 58,25        | 0,83           | 146,66                                   | 121,36        |
|                     | 5                 | 0,7                | 2                | 2                 | 119         | -3,12        | 87,54         | 0,82           | -3,09        | 58,76        | 0,74           | 143,74                                   | 114,47        |
|                     | 6                 | 1                  | 2                | 2                 | 100         | -3,41        | 85,51         | 0,59           | -3,51        | 58,45        | 0,77           | 146,84                                   | 121,69        |
|                     | vážený průměr     |                    |                  |                   |             | <b>-3,42</b> | <b>85,96</b>  | <b>2,98</b>    | <b>-3,48</b> | <b>58,23</b> | <b>3,23</b>    | <b>147,47</b>                            | <b>120,82</b> |
| Aloisina výšina 418 | 3                 | 0,5                | 1,5              | 1,5               | 251         | -6,08        | 131,12        | 0,90           | -5,61        | 94,94        | 0,91           | 240,61                                   | 195,91        |
|                     | 4                 | 0,5                | 1,7              | 1,7               | 168         | -6,00        | 130,80        | 0,83           | -5,53        | 94,72        | 0,90           | 238,83                                   | 194,31        |
|                     | 5                 | 0,4                | 3                | 3                 | 123         | -5,53        | 128,58        | 0,82           | -5,92        | 94,50        | 0,94           | 228,15                                   | 201,08        |
|                     | 6                 | 0,7                | 2                | 2                 | 115         | -5,91        | 131,56        | 0,86           | -5,71        | 95,62        | 0,93           | 237,94                                   | 198,40        |
|                     | vážený průměr     |                    |                  |                   |             | <b>-5,89</b> | <b>130,54</b> | <b>3,42</b>    | <b>-5,70</b> | <b>94,94</b> | <b>3,68</b>    | <b>236,50</b>                            | <b>197,47</b> |
| Aloisina výšina 424 | 3                 | 0,4                | 2                | 2                 | 143         | -5,02        | 112,30        | 0,78           | -4,31        | 73,25        | 0,77           | 202,73                                   | 150,88        |
|                     | 4                 | 0,5                | 2,2              | 2,2               | 166         | -4,68        | 111,67        | 0,67           | -4,39        | 72,82        | 0,78           | 195,94                                   | 151,77        |
|                     | 5                 | 0,5                | 3                | 3                 | 188         | -4,85        | 112,85        | 0,67           | -4,24        | 74,74        | 0,72           | 200,16                                   | 150,98        |
|                     | 6                 | 0,7                | 2,5              | 2,5               | 125         | -4,95        | 112,68        | 0,64           | -4,10        | 75,05        | 0,74           | 201,74                                   | 148,91        |
|                     | vážený průměr     |                    |                  |                   |             | <b>-4,88</b> | <b>112,37</b> | <b>2,77</b>    | <b>-4,26</b> | <b>73,93</b> | <b>3,01</b>    | <b>200,23</b>                            | <b>150,65</b> |
| Aloisina výšina 431 | 3                 | 0,3                | 1,5              | 1,5               | 156         | -4,26        | 105,46        | 0,74           | -4,76        | 70,65        | 0,77           | 182,13                                   | 156,41        |
|                     | 4                 | 0,4                | 2                | 2                 | 122         | -3,84        | 105,55        | 0,76           | -4,70        | 72,34        | 0,71           | 174,67                                   | 156,96        |
|                     | 5                 | 0,4                | 4                | 4                 | 116         | -4,01        | 107,28        | 0,67           | -4,95        | 71,44        | 0,79           | 179,51                                   | 160,52        |
|                     | 6                 | 0,6                | 4                | 4                 | 164         | -4,09        | 106,81        | 0,72           | -4,86        | 73,16        | 0,78           | 180,45                                   | 160,67        |
|                     | vážený průměr     |                    |                  |                   |             | <b>-4,05</b> | <b>106,24</b> | <b>2,88</b>    | <b>-4,82</b> | <b>71,89</b> | <b>3,05</b>    | <b>179,14</b>                            | <b>158,69</b> |
| Aloisina výšina 448 | 3                 | 0,4                | 2                | 2                 | 276         | -3,60        | 69,93         | 0,69           | -2,79        | 38,45        | 0,76           | 134,74                                   | 88,74         |
|                     | 4                 | 0,5                | 2                | 2                 | 201         | -3,61        | 71,59         | 0,73           | -2,76        | 39,15        | 0,77           | 136,57                                   | 88,89         |
|                     | 5                 | 0,5                | 2,5              | 2,5               | 120         | -3,61        | 73,40         | 0,57           | -2,58        | 40,46        | 0,68           | 138,32                                   | 86,87         |
|                     | 6                 | 0,7                | 2,5              | 2,5               | 165         | -3,63        | 75,36         | 0,64           | -2,71        | 40,74        | 0,58           | 140,66                                   | 89,57         |
|                     | vážený průměr     |                    |                  |                   |             | <b>-3,61</b> | <b>72,47</b>  | <b>2,63</b>    | <b>-2,72</b> | <b>39,61</b> | <b>2,80</b>    | <b>137,47</b>                            | <b>88,50</b>  |
| Lomená 403          | 3                 | 0,3                | 1,5              | 1,5               | 214         | -4,85        | 109,36        | 0,72           | -4,20        | 71,34        | 0,58           | 196,71                                   | 146,88        |
|                     | 4                 | 0,4                | 3                | 3                 | 208         | -4,60        | 109,31        | 0,79           | -3,58        | 71,65        | 0,52           | 192,18                                   | 136,12        |
|                     | 5                 | 0,5                | 3                | 3                 | 176         | -4,69        | 109,24        | 0,66           | -3,67        | 71,83        | 0,46           | 193,58                                   | 137,93        |
|                     | 6                 | 0,7                | 2                | 2                 | 148         | -4,50        | 108,98        | 0,67           | -3,46        | 73,90        | 0,30           | 189,97                                   | 136,25        |
|                     | vážený průměr     |                    |                  |                   |             | <b>-4,66</b> | <b>109,23</b> | <b>2,84</b>    | <b>-3,78</b> | <b>71,96</b> | <b>1,86</b>    | <b>193,12</b>                            | <b>139,95</b> |

|                  |               |      |    |    |     |              |               |             |              |              |             |               |               |
|------------------|---------------|------|----|----|-----|--------------|---------------|-------------|--------------|--------------|-------------|---------------|---------------|
| Lomená 404       | 3             | 0,25 | 2  | 2  | 187 | -4,90        | 101,88        | 0,66        | -4,15        | 68,26        | 0,86        | 190,15        | 142,97        |
|                  | 4             | 0,3  | 3  | 3  | 156 | -5,19        | 101,46        | 0,55        | -3,88        | 67,90        | 0,88        | 194,85        | 137,81        |
|                  | 5             | 0,4  | 4  | 4  | 171 | -4,56        | 101,82        | 0,47        | -3,91        | 68,35        | 0,84        | 183,90        | 138,66        |
|                  | 6             | 0,5  | 4  | 4  | 170 | -3,68        | 103,98        | 0,52        | -3,97        | 68,65        | 0,83        | 170,22        | 140,03        |
|                  | vážený průměr |      |    |    |     | <b>-4,61</b> | <b>102,26</b> | <b>2,20</b> | <b>-3,98</b> | <b>68,28</b> | <b>3,41</b> | <b>185,27</b> | <b>139,86</b> |
| MŠ Březinova 389 | 3             | 0,4  | 10 | 10 | 151 | -2,77        | 58,60         | 0,72        | -1,99        | 40,35        | 0,54        | 108,48        | 76,26         |
|                  | 4             | 0,5  | 10 | 10 | 122 | -2,63        | 59,00         | 0,62        | -1,74        | 40,48        | 0,56        | 106,31        | 71,80         |
|                  | 5             | 0,8  | 10 | 10 | 148 | -2,62        | 61,44         | 0,62        | -1,75        | 40,47        | 0,51        | 108,68        | 72,02         |
|                  | 6             | 1    | 10 | 10 | 133 | -2,86        | 62,37         | 0,61        | -1,98        | 40,70        | 0,57        | 113,76        | 76,40         |
|                  | vážený průměr |      |    |    |     | <b>-2,72</b> | <b>60,28</b>  | <b>2,57</b> | <b>-1,87</b> | <b>40,50</b> | <b>2,18</b> | <b>109,26</b> | <b>74,16</b>  |
| Na Výšinách 437  | 3             | 0,3  | 2  | 2  | 172 | -4,92        | 119,51        | 0,85        | -5,28        | 79,39        | 0,91        | 208,11        | 174,34        |
|                  | 4             | 0,4  | 3  | 3  | 185 | -5,01        | 120,19        | 0,86        | -5,02        | 79,52        | 0,86        | 210,43        | 169,93        |
|                  | 5             | 0,5  | 3  | 3  | 166 | -4,43        | 115,95        | 0,84        | -4,99        | 80,19        | 0,89        | 195,75        | 169,92        |
|                  | 6             | 0,7  | 4  | 4  | 201 | -4,78        | 118,59        | 0,86        | -4,95        | 80,22        | 0,90        | 204,60        | 169,27        |
|                  | vážený průměr |      |    |    |     | <b>-4,79</b> | <b>118,58</b> | <b>3,41</b> | <b>-5,06</b> | <b>79,83</b> | <b>3,56</b> | <b>204,78</b> | <b>170,89</b> |
| Na Výšinách 443  | 3             | 0,3  | 2  | 2  | 183 | -1,84        | 47,97         | 0,79        | -1,94        | 30,68        | 0,82        | 81,01         | 65,59         |
|                  | 4             | 0,4  | 2  | 2  | 166 | -1,86        | 47,62         | 0,73        | -1,68        | 31,53        | 0,67        | 81,03         | 61,73         |
|                  | 5             | 0,4  | 3  | 3  | 107 | -1,93        | 48,61         | 0,70        | -1,71        | 31,44        | 0,65        | 83,34         | 62,19         |
|                  | 6             | 0,6  | 3  | 3  | 187 | -1,99        | 48,09         | 0,84        | -1,83        | 31,69        | 0,67        | 83,95         | 64,71         |
|                  | vážený průměr |      |    |    |     | <b>-1,91</b> | <b>48,07</b>  | <b>3,06</b> | <b>-1,80</b> | <b>31,30</b> | <b>2,81</b> | <b>82,36</b>  | <b>63,67</b>  |

Tab. 4-1: Naměřené výkony na vytápění za stabilních podmínek

#### 4.1.4 Tepelná ztráta objektů č.11 a č.12

Na horní okruh výměníkové stanice jsou kromě objektů uvedených v předchozí tabulce připojeny ještě další dva. Jedná se o převážně obytné domy. Teplárna Liberec a.s. zajišťuje sice dodávku tepla do těchto objektů, ale neprovozuje v nich předávací stanice. Z údajů z měřičů tepla v těchto objektech nebylo možné sestavit závislost odběru tepla na venkovní teplotě. Ta byla stanovena dle hodnot tabelovaných pro objekty z doby výstavby do roku 1960. Pro výpočtovou teplotu  $-18^{\circ}\text{C}$  je pro dvou až čtyřpodlažní obytný objekt uváděna hodnota měrné tepelné ztráty  $40 \text{ W/m}^3$  [9]. Stanovení tepelné ztráty těchto objektů a její závislosti na venkovní teplotě je patrné v tabulce 4-2.

| objekt |                     | Zastavěná plocha | Obestavěný objem | Měrná tepelná ztráta | Ztráta při výpočtové teplotě | Závislost tep.ztráty na venkovní teplotě |             |
|--------|---------------------|------------------|------------------|----------------------|------------------------------|------------------------------------------|-------------|
|        |                     |                  |                  |                      |                              | směrnice                                 | konstanta   |
| č.     | -                   | $\text{m}^2$     | $\text{m}^3$     | $\text{W/m}^3$       | $\text{kW}$                  | $\text{kW/K}$                            | $\text{kW}$ |
| 11     | Na Výšinách 451     | 470              | 5640             | 40                   | 225,6                        | -6,267                                   | 112,8       |
| 12     | Aloisina výšina 445 | 200              | 2400             | 40                   | 96,0                         | -2,667                                   | 48,0        |

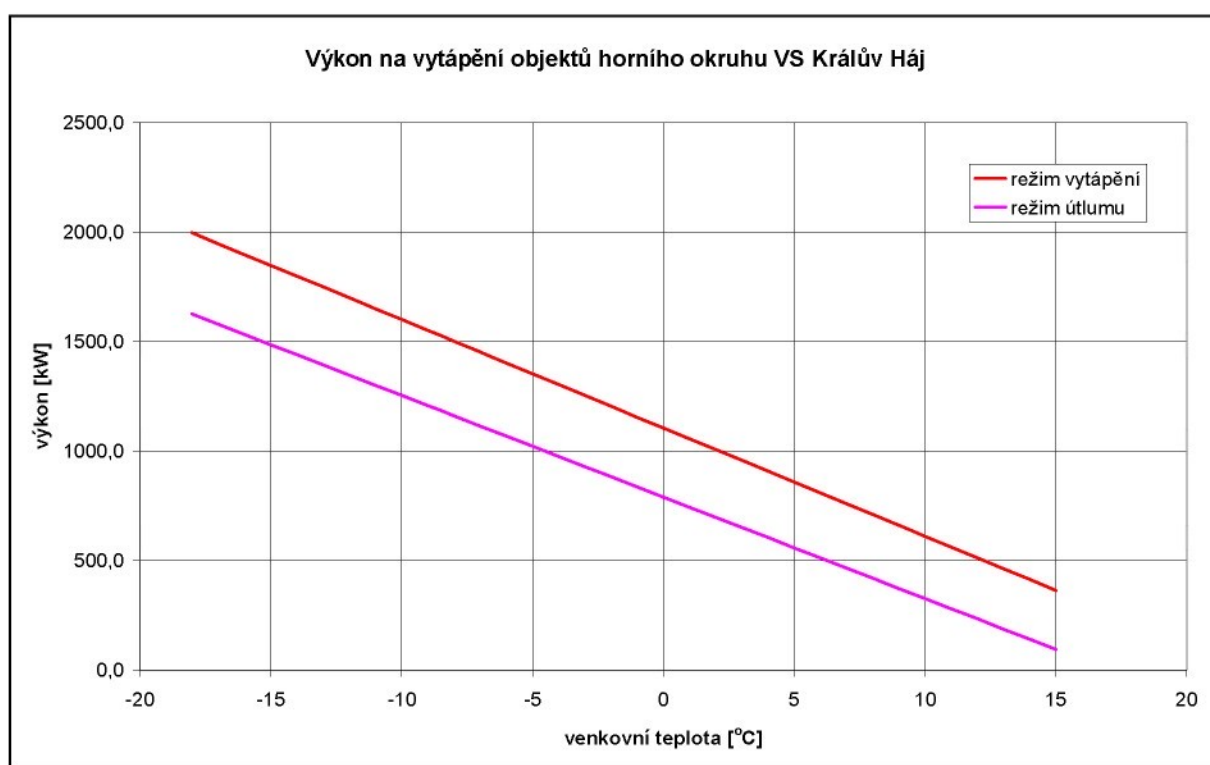
Pozn.: Směrnice a konstanta závislosti stanovena pro nulovou tep. ztrátu při venkovní teplotě  $18^{\circ}\text{C}$

Tab. 4-2: Tabulkově stanovená tepelná ztráta objektů č.11 a č.12

Tepelná ztráta těchto dvou objektů v závislosti na venkovní teplotě je zahrnuta do požadavků na výkon dodávaný horním okruhem VS Králův Háj.

## 4.2 Celkový výkon na vytápění

Celkový tepelný výkon na vytápění distribuovaný horním okruhem je jak pro režim vytápění, tak pro režim útlumu stanoven jako součet výkonů všech objektů. Jeho závislost na venkovní teplotě je patrná z grafu 4-1.



**Graf 4-1:** Naměřený výkon na vytápění horního okruhu v závislosti na venkovní teplotě

Koeficienty lineární závislosti výkonu požadovaného v režimu vytápění a v režimu útlumu jsou v tabulce 4-3.

| režim    | konstanta | směrnice |
|----------|-----------|----------|
| -        | W         | W/K      |
| vytápění | 1106,8    | -49,49   |
| útlum    | 791,3     | -46,39   |

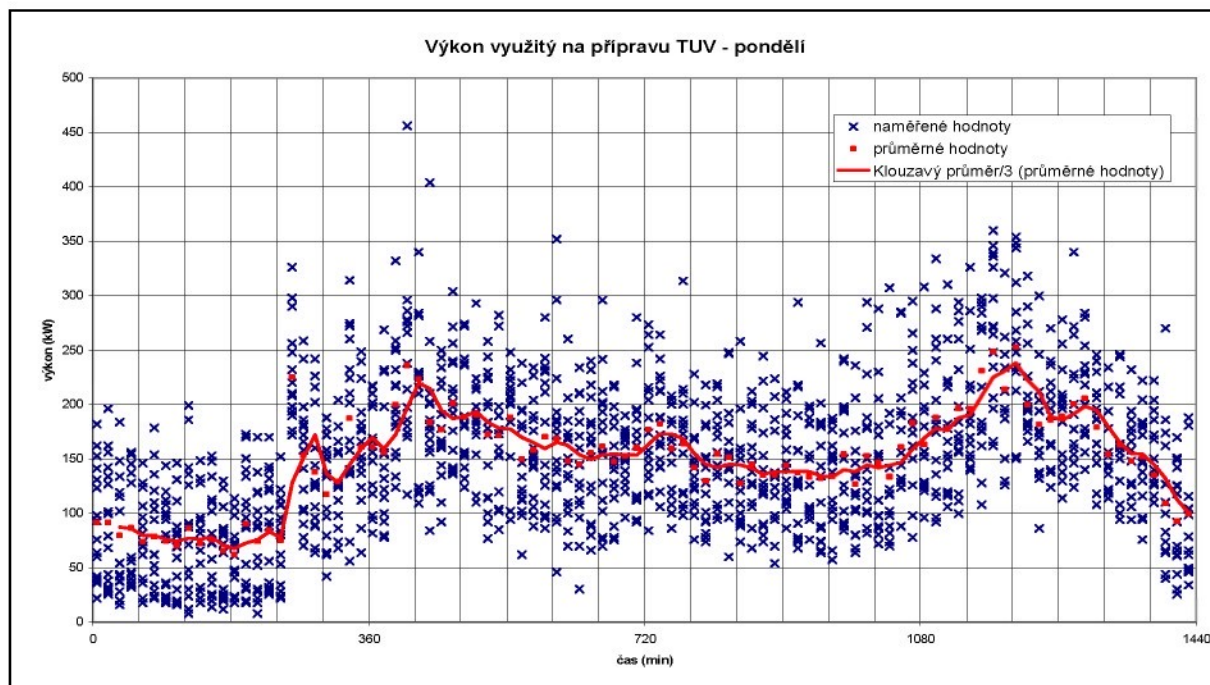
**Tab. 4-3:** Výkon na vytápění horního okruhu v závislosti na venkovní teplotě

Takto stanovený okamžitý výkon potřebný na vytápění při dané teplotě je podkladem pro sestavení modelového průběhu výkonových požadavků na výměňkovou stanici.

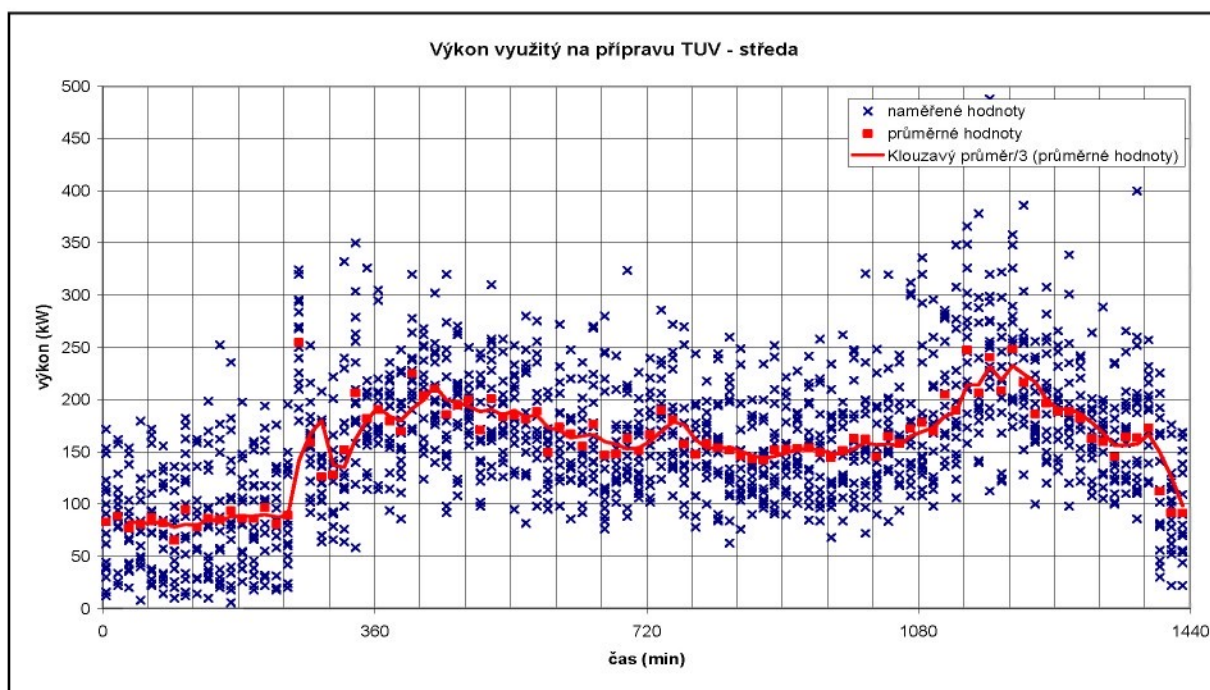
### 4.3 Výkon na přípravu teplé užitkové vody

Pro posouzení chování soustavy bylo nutné stanovit průběh spotřeby tepla na přípravu teplé užitkové vody. Rozhodujícím faktorem ovlivňujícím spotřebu TUV a související potřebu tepla na její přípravu je chování spotřebitelů. Vliv nepravidelnosti požadavků každého jednotlivého obyvatele klesá s množstvím bytových jednotek. Z dalších faktorů lze zaznamenat vliv venkovní teploty. S dlouhodobým růstem venkovních teplot je mírně patrný pokles spotřeby tepla k přípravě TUV. Protože je toto teplo určené rozdílem měřeného celkového tepla dodávaného jednotlivými OPS a měřeného tepla na vytápění, není zcela jasné zda míra této závislosti odpovídá skutečnosti nebo je umocněna vlivem relativních chyb naměřených hodnot. K posouzení míry závislosti spotřeby TUV na venkovních teplotách bychom museli mít k dispozici náměry její spotřeby.

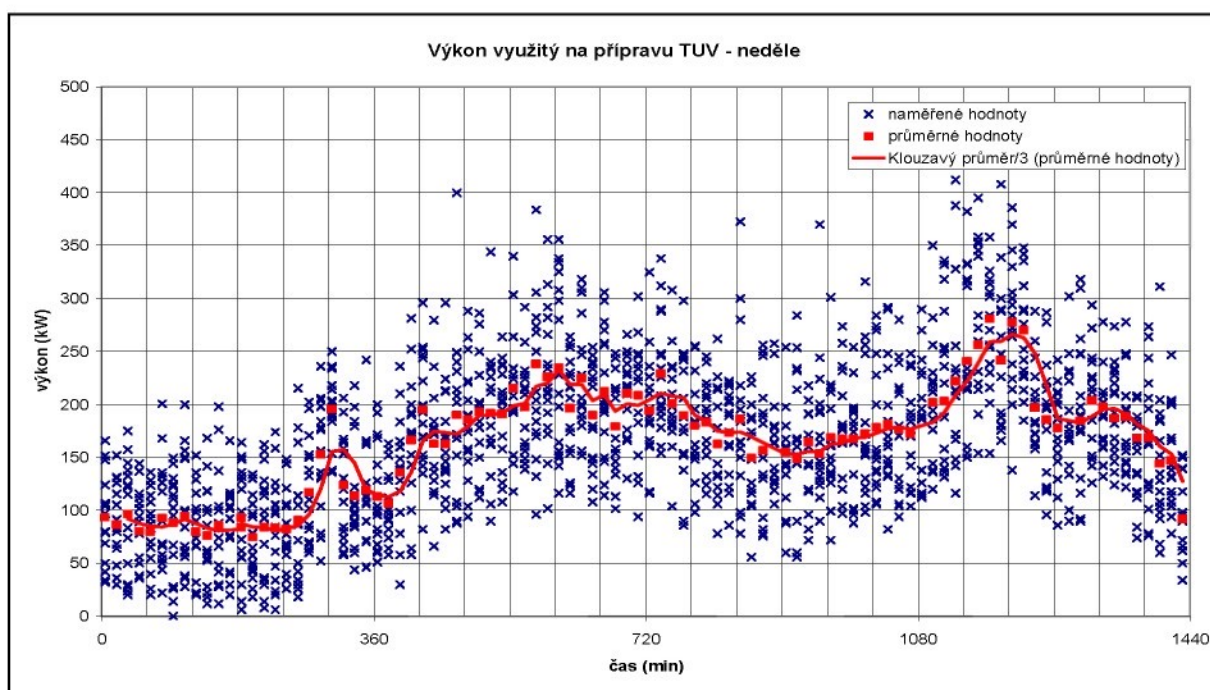
Z uvedených důvodů bylo přistoupeno ke stanovení týdenní křivky průměrných hodnot z celého období měření. Ukázky jejího průběhu včetně všech výchozích hodnot stanovených rozdílem tepla celkového a tepla na vytápění jsou v grafech 4-2a,b,c.



Graf 4-2a: Naměřené výkony využité na přípravu TUV - pondělí



Graf 4-2b: Naměřené výkony využité na přípravu TUV - středy



Graf 4-2c: Naměřené výkony využité na přípravu TUV - neděle

Grafy průběhu využití výkonu pro přípravu TUV v ostatních dnech týdne jsou v příloze 2. Jak je z uvedených grafů patrné, rozdíl v průběhu lze zaznamenat především v neděli, kde pozorujeme posun ranní odběrové špičky a výraznější špičku večerní. Podoba křivek v pracovních dnech je téměř identická.

#### 4.4 Celkový výkon soustavy dle měření na objektových stanicích

K posouzení vlastností soustavy byly pro jednotlivé kalendářní měsíce sestaveny grafy, ve kterých jsou zaznamenány tyto údaje:

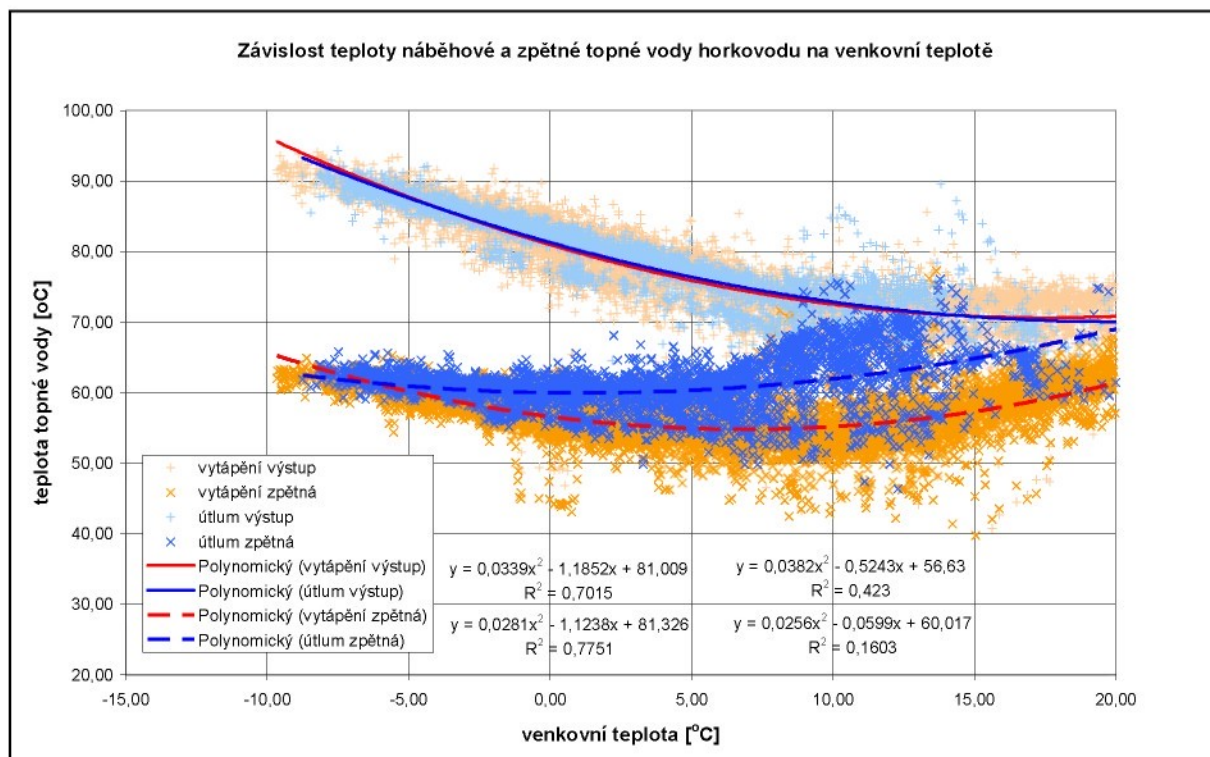
- 1) ***průběh výkonu dodávaného výměníkovou stanicí do horního okruhu*** (časový interval vynášených bodů je 15 minut, výkon byl vypočten jako podíl tepla naměřeného kalorimetrem a času)
- 2) ***venkovní teplota*** (je vynášena na vedlejší osu y)
- 3) ***výkon využívaný na přípravu TUV na všech stanicích*** (stanoven výše popsaným způsobem jako součet výkonů využívaných jednotlivými objektovými stanicemi)
- 4) ***vypočtená křivka požadovaného výkonu v režimu vytápění*** (průběh sestavený z naměřených hodnot výkonů topných systémů dle kapitoly 4.1.3 v závislosti na venkovní teplotě doplněný o průměrný týdenní křivku výkonu na přípravu TUV)
- 5) ***vypočtená křivka požadovaného výkonu v režimu útlumu*** (průběh sestavený z naměřených hodnot výkonů topných systémů dle kapitoly 4.1.3 v závislosti na venkovní teplotě doplněný o průměrný týdenní křivku výkonu na přípravu TUV)

Poslední dvě uvedené křivky simulují průběh výkonového požadavku na výměníkovou stanicí v jednotlivých režimech, pokud bychom zanedbali vliv setrvačnosti spotřeby tepla způsobené akumulací schopnostmi objektů a samotné soustavy. Tyto měsíční grafy jsou v elektronické podobě na přiloženém CD nosiči.

#### 4.5 Akumulace tepla v rozvodech

Vodní objem potrubních rozvodů horního okruhu byl stanoven jako součet objemů dílčích úseků, jejichž světlost a délka jsou známy. Celkové množství topné vody obsažené v přívodním a zpětném potrubí činí 18,2 m<sup>3</sup>.

Pro stanovení akumulací schopností rozvodů byl vyhledána závislost teploty náběhové a zpětné topné vody na venkovní teplotě pro oba topné režimy.



**Graf 4-3:** Závislost teploty náběhové a zpětné TV horkovodu na venkovní teplotě

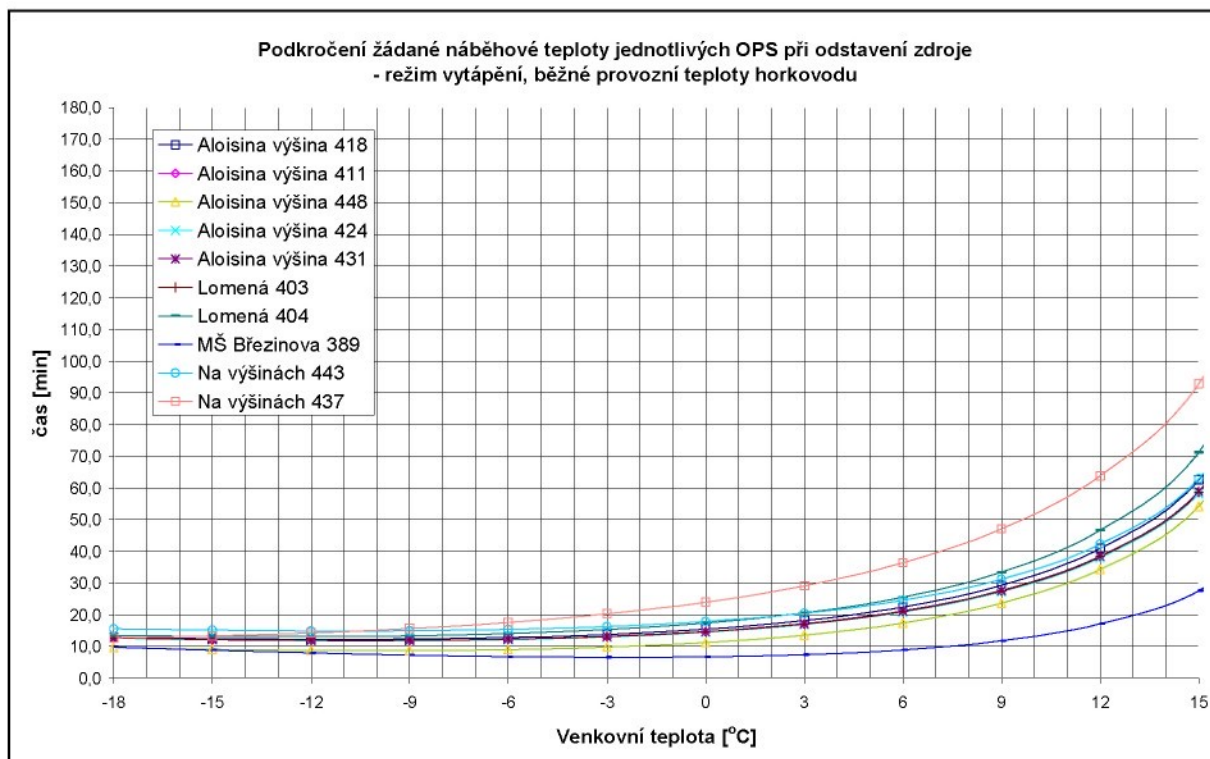
Hodnoty naměřené na výstupu a zpětném potrubí ve výměňkové stanici byly proloženy polynomem druhého řádu, který nejlépe odpovídal jejich průběhu. Pro jednotlivé teploty byly zjištěny následující funkční závislosti a příslušné střední kvadratické odchylky.

- výstup při režimu vytápění:  $t_{vv} = 0,0339 t_e^2 - 1,1852 t_e + 81,009$  ;  $R^2=0,7015$
- výstup při režimu útlumu:  $t_{vu} = 0,0281 t_e^2 - 1,1238 t_e + 81,326$  ;  $R^2=0,7751$
- zpětná při režimu vytápění:  $t_{zv} = 0,0382 t_e^2 - 0,5243 t_e + 56,630$  ;  $R^2=0,423$
- zpětná při režimu útlumu:  $t_{zu} = 0,0256 t_e^2 - 0,0599 t_e + 60,017$  ;  $R^2=0,1603$

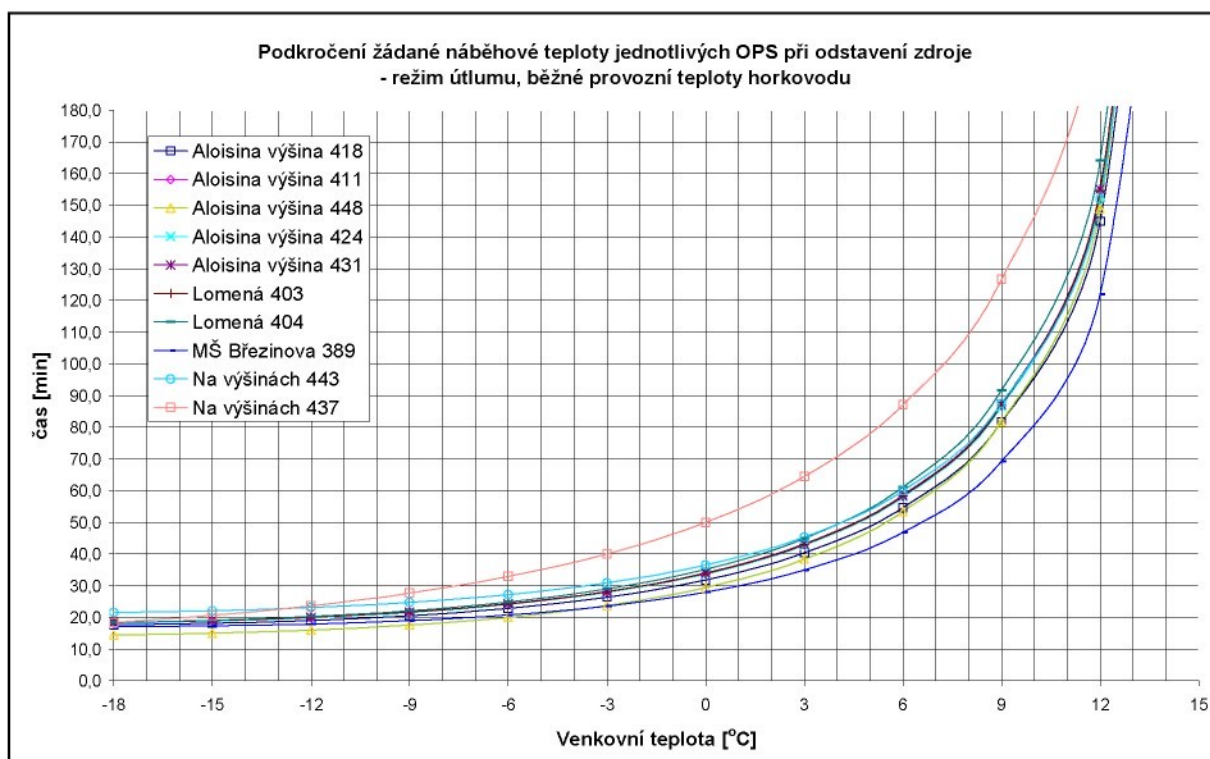
Z grafu 4-3 a střední kvadratické odchylky závislosti teploty zpětné topné vody na venkovní teplotě v režimu útlumu je patrné, že vypočtený polynomický průběh odpovídá naměřeným hodnotám do venkovní teploty 8°C. Při vyšších teplotách pozorujeme značný rozptyl naměřených teplot. To je patrně způsobeno výkyvy v množství dodávaného tepla na konci otopné sezóny, způsobené významnými tepelnými zisky ze slunečního záření.

Na základě zjištěných průběhů byly sestaveny grafy, vyjadřující závislost doby, po kterou má topná voda v potrubní síti teplotu žádanou jednotlivými objektovými stanicemi na venkovní teplotě a tedy na okamžitém výkonu přenášeném soustavou. Více je patrné z následujících dvou grafů 4-4a a 4-4b, jež byly sestaveny pro situaci výpadku zdroje při

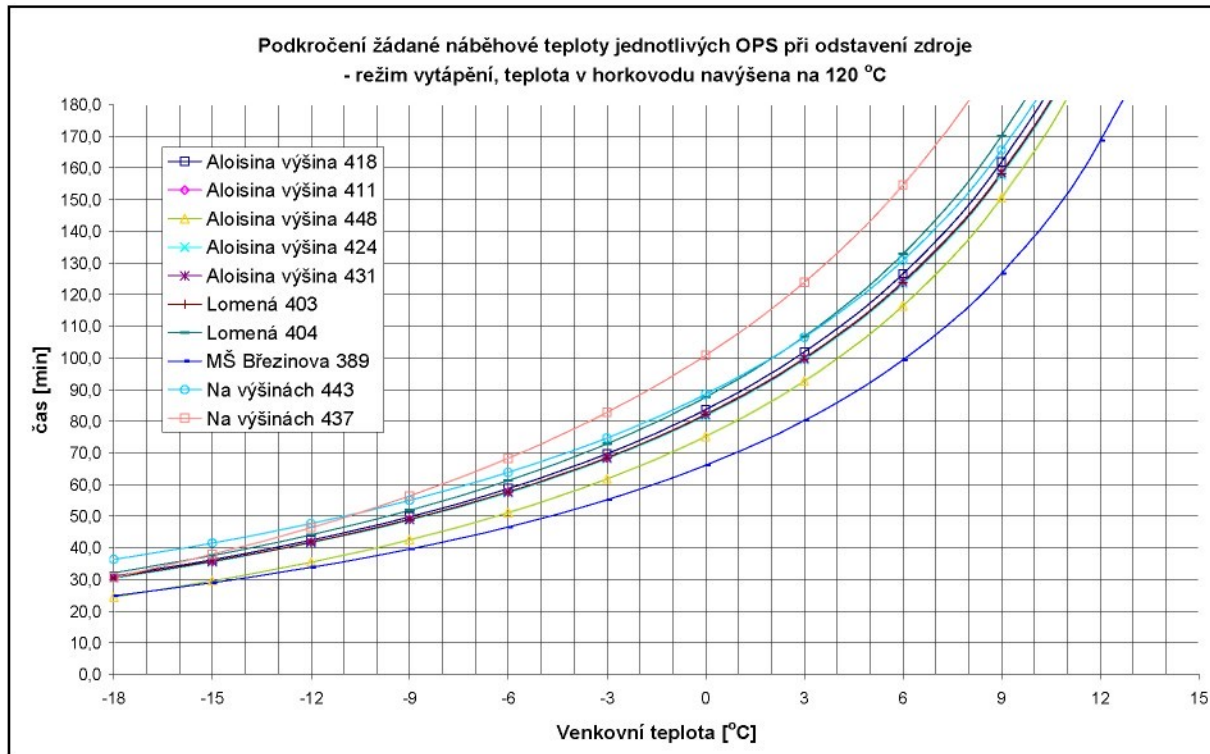
režimu vytápění a při režimu útlumu. Druhá dvojice grafů 4-4c a 4-4d, pak simuluje situaci, kdy je při plánovaném odstavení zdroje veškerý vodní objem sítě ohřán na maximální provozní teplotu potrubí. Dle předpokladu se tak výrazně prodlužuje doba, po kterou mohou objektové stanice odebírat z horkovodu teplo, při dodržení požadovaných parametrů pro topné systémy jednotlivých objektů.



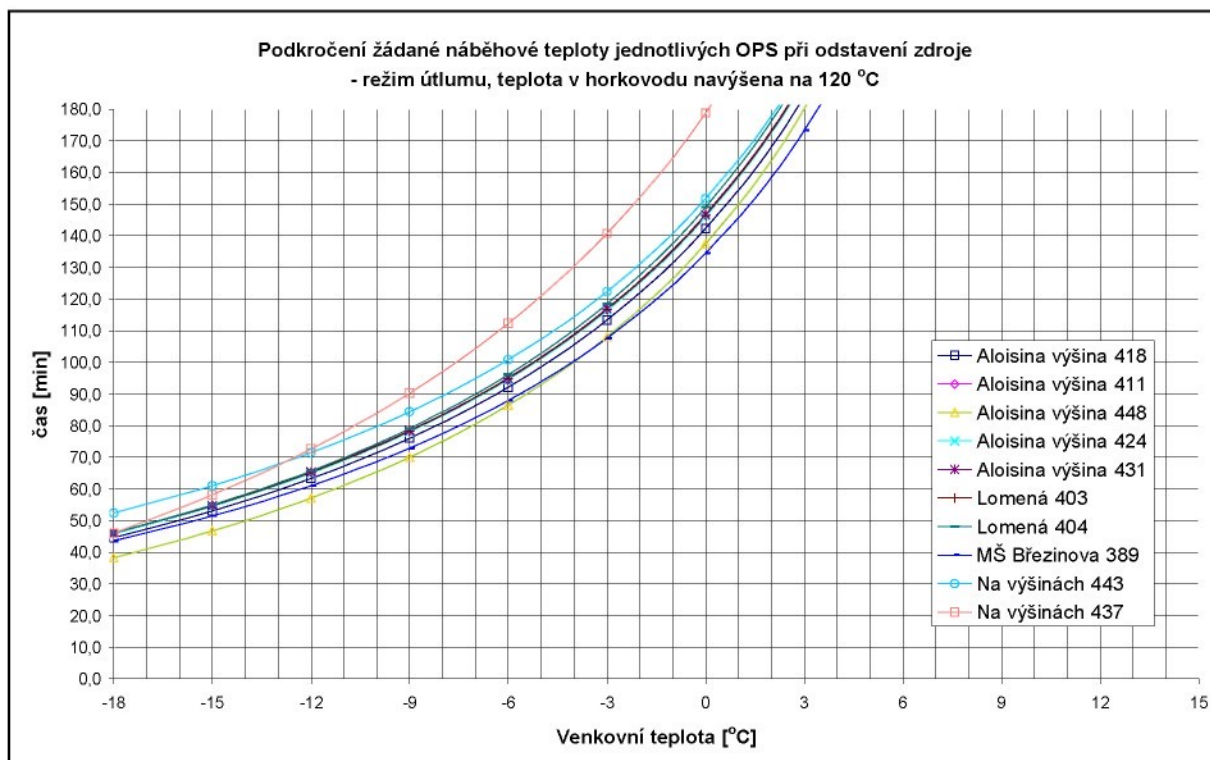
**Graf 4-4a:** Závislost doby, po kterou má topná voda v potrubní síti teplotu žádanou jednotlivými objektovými stanicemi, na venkovní teplotě – režim vytápění, běžné provozní teploty



**Obr. 4-4b:** Závislost doby, po kterou má topná voda v potrubní síti teplotu žádanou jednotlivými objektovými stanicemi, na venkovní teplotě – režim útlumu, běžné provozní teploty



**Obr. 4-4c:** Závislost doby, po kterou má topná voda v potrubní síti teplotu žádanou jednotlivými objektovými stanicemi, na venkovní teplotě – režim vytápění, teplota v síti navýšena na 120 °C



**Obr. 4-4d:** Závislost doby, po kterou má topná voda v potrubní síti teplotu žádanou jednotlivými objektovými stanicemi, na venkovní teplotě – režim vytápění, teplota v síti navýšena na 120 °C

## 5 Závěr

### 5.1 Posouzení objektů podle naměřených údajů

Ačkoliv jsou si jednotlivé objekty stavebně i orientací velmi podobné, výsledky měření výkonů na jednotlivých objektových stanicích nás informují o značných rozdílech ve spotřebě tepla. V tabulce 5-1 je celkové zhodnocení spotřeby tepla a tepelných ztrát. Jako nejdůležitější ukazatel, podle kterého byly objekty seřazeny, byla vybrána měrná spotřeba tepla ( $\text{GJ}/\text{m}^3$ ) během období měření. Objekt č.6 byl dodatečně vyškrtnut, protože jeho měřič tepla na vytápění nebyl během měsíce ledna funkční.

| objekt č. | obestavěný<br>objem | tepelná ztráta |             | měrná ztráta           |                        | spotřeba tepla |                        | podíl na celkovém |          | stavební úpravy |      |        |
|-----------|---------------------|----------------|-------------|------------------------|------------------------|----------------|------------------------|-------------------|----------|-----------------|------|--------|
|           |                     | vytápění       | útlum       | vytápění               | útlum                  | celkem         | měrná                  | výkonu            | spotřeby | zateplení       | okna | lodžie |
|           | $\text{m}^3$        | $\text{kW}$    | $\text{kW}$ | $\text{kW}/\text{m}^3$ | $\text{kW}/\text{m}^3$ | $\text{GJ}$    | $\text{GJ}/\text{m}^3$ | %                 | %        | -               | -    | -      |
| 6         | 12814               | 193,1          | 140,0       | 15,07                  | 10,92                  | 6740,9         | 0,53                   | 11,2%             | 9,4%     | •               |      | -      |
| 5         | 15480               | 179,1          | 158,7       | 11,57                  | 10,25                  | 8642,0         | 0,56                   | 11,3%             | 12,0%    | •               |      |        |
| 2         | 12814               | 147,5          | 120,8       | 11,51                  | 9,43                   | 7241,6         | 0,57                   | 9,0%              | 10,1%    | •               |      | •      |
| 3         | 9060                | 137,5          | 88,5        | 15,17                  | 9,77                   | 5130,6         | 0,57                   | 7,6%              | 7,1%     | •               | •    |        |
| 4         | 15480               | 200,2          | 150,7       | 12,93                  | 9,73                   | 8829,9         | 0,57                   | 11,8%             | 12,3%    | •               |      |        |
| 7         | 12814               | 185,3          | 139,9       | 14,46                  | 10,91                  | 8355,9         | 0,65                   | 10,9%             | 11,6%    | •               | •    |        |
| 8         | 5724                | 109,3          | 74,2        | 19,09                  | 12,96                  | 3896,3         | 0,68                   | 6,2%              | 5,4%     | •               | •    |        |
| 10        | 12814               | 204,8          | 170,9       | 15,98                  | 13,34                  | 9034,8         | 0,71                   | 12,6%             | 12,6%    | •               |      |        |
| 9         | 5274                | 82,4           | 63,7        | 15,62                  | 12,07                  | 4003,5         | 0,76                   | 4,9%              | 5,6%     | •               |      |        |
| 1         | 12814               | 236,5          | 197,5       | 18,46                  | 15,41                  | 9941,5         | 0,78                   | 14,6%             | 13,8%    | •               |      |        |
| Ø         | -                   | -              | -           | 14,99                  | 11,48                  | -              | 0,64                   | -                 | -        |                 |      |        |
| Σ         | 115088              | 1675,6         | 1304,7      | -                      | -                      | 71817,0        | -                      | -                 | -        |                 |      |        |

Tab. 5-1: Porovnání objektů

Ze srovnání vyplývá, že stavební úpravy nemají na spotřebu tepla tak zásadní vliv, jak bychom mohli očekávat. Zdá se, že daleko významnější prostor pro opatření vedoucí ke snížení nákladů na vytápění přináší vhodné nastavení ekvitermních křivek na jednotlivých stanicích pro oba provozní režimy. Dalším předpokládaným významným vlivem bude chování spotřebitelů. To se jistě odráží nejen ve spotřebě tepla v jednotlivých bytových jednotkách, ale také ve společných prostorech domů. Jedná se především o zamezení zbytečného přetápění sklepních prostor a schodišť.

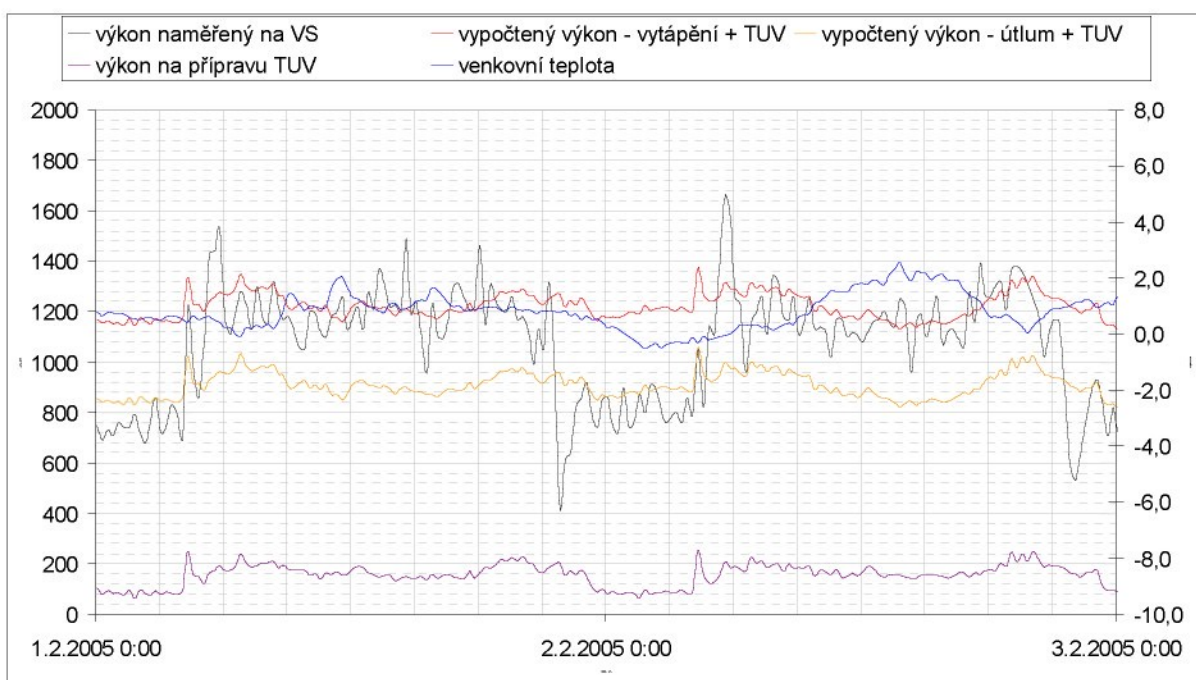
Pokud by se uvedenými opatřeními podařilo dosáhnout na všech objektech měrné spotřeby tepla, které dosahují objekty č. 5, 2, 3 a 4, můžeme očekávat snížení spotřeby tepla v lokalitě na 91,3% současné hodnoty.

Z tabulky 5-1 je dále patrné, jak spolu korespondují podíly objektů na celkové spotřebě tepla a podíly objektů na celkovém tepelném výkonu soustavy. To potvrzuje správnost výchozích předpokladů při stanovování tepelných ztrát jednotlivých objektů.

## 5.2 Porovnání výkonu soustavy naměřeného na výměňkové stanici a na objektových stanicích

Průběhy výkonu naměřeného na výstupu z výměňkové stanice a výkonu stanoveného výpočtem dle údajů naměřených na objektových stanicích byly posuzovány s cílem nalézt tlumící vliv tepla akumulovaného ve stavebních konstrukcích na hodnotu okamžitého výkonu soustavy.

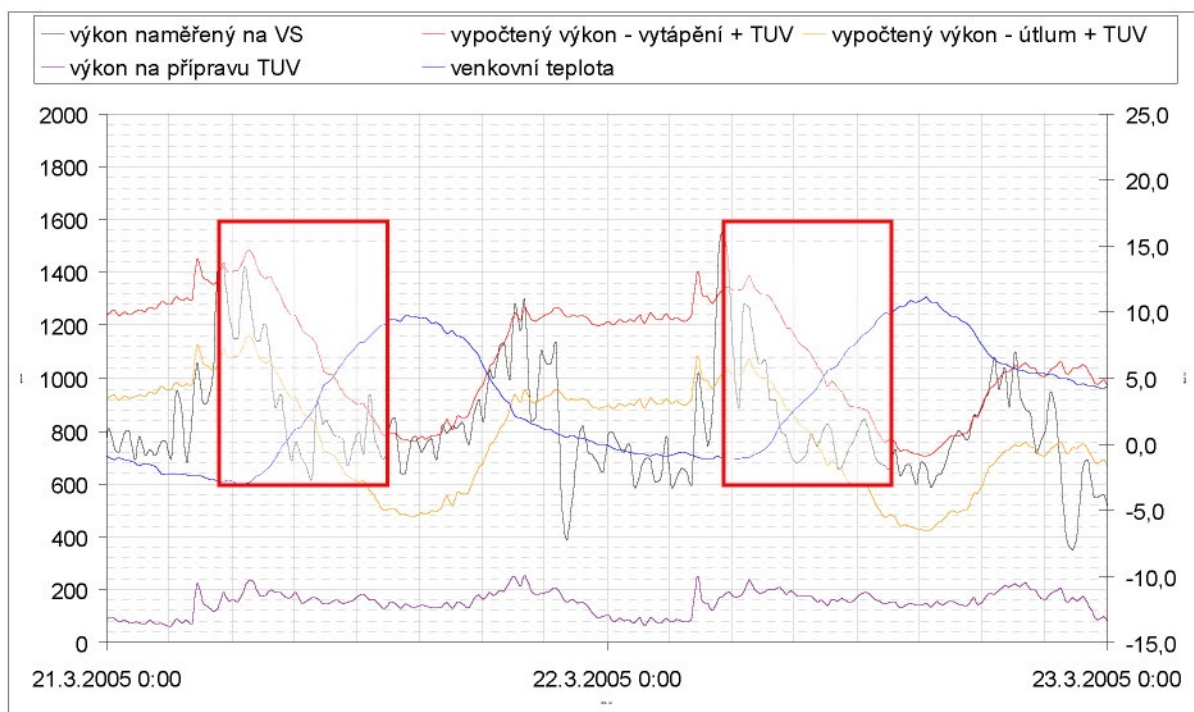
Ze sestavených měsíčních grafů, které jsou s ohledem na rozsah přiloženy pouze v elektronické podobě, je patrný souběh součtové křivky, která reprezentuje okamžitý výkonový požadavek objektů v závislosti na venkovní teplotě a střední hodnoty naměřené na výstupu z výměňkové stanice.



Graf 5-1a: Porovnání výkonu naměřeného na VS a vypočteného výkonu - souběh

Oba průběhy prakticky okamžitě reagují na změnu venkovní teploty. Prodleva nebyla zaznamenána ani v situacích, kdy došlo k prudké a výrazné změně venkovní teploty. Toto vizuální zjištění je však třeba ověřit matematicky, porovnáním s hodnotami na výstupu z výměňkové stanice měřenými v ještě kratším časovém intervalu. Provozní měření s patnáctiminutovým intervalem nemusí odhalit hledaný časový posun spotřeby tepla vlivem akumulace tepla ve stavebních konstrukcích a posun spotřeby tepla způsobený dopravními časy k jednotlivým objektům.

Naproti tomu patrný vliv na výkon soustavy má oslunění objektů. Ačkoliv nemáme k dispozici záznam intenzity slunečního záření, lze k tomuto závěru dojít dle několika míst v grafu. Projevuje se zde citelný „bezduvodný“ pokles výkonu soustavy, který je pravděpodobně způsoben uzavřením termostatických ventilů v osluněných místnostech.



**Graf 5-1b:** Porovnání výkonu naměřeného na VS a vypočteného výkonu - oslunění

Výrazným jevem v průběhu hodnot naměřených na VS je jeho rozkmitání při změně venkovní teploty nebo během přechodu objektů z režimu vytápění do režimu útlumu a naopak. Jako příčina, která může k tomuto jevu vést se jeví předimenzování výměňkové stanice včetně regulačních armatur. Pro horní okruh je uvažováno s celkovou přípojnou hodnotou 3960kW. Využívaný výkon na vytápění stanovený z naměřených údajů přitom činí při výpočtové venkovní teplotě 1997kW, výkonové maximum na přípravu teplé vody

nepřesahuje 400 kW. To činí soustavu nestabilní a může to vést k rychlejšímu opotřebení jednotlivých komponent a zvýšení poruchovosti. V tabulce 5-2 je porovnání vypočtených výkonů na jednotlivých OPS s přípojnými hodnotami, které sloužily jako podklad pro projektování výměňkové stanice a potrubní sítě.

| číslo objektu | objekt              | příkon vytápění 110/75 °C | příkon TUV 75/40 °C | přípojná hodnota | naměřený výkon - vytápění | naměřený výkon - útlum |
|---------------|---------------------|---------------------------|---------------------|------------------|---------------------------|------------------------|
| -             | -                   | kW                        | kW                  | kW               | kW                        | kW                     |
| 1             | Aloisina výšina 418 | 333,7                     | 150,0               | 417,0            | 236,5                     | 197,5                  |
| 2             | Aloisina výšina 411 | 333,7                     | 150,0               | 417,0            | 147,5                     | 120,8                  |
| 3             | Aloisina výšina 448 | 320,0                     | 132,4               | 388,4            | 137,5                     | 88,5                   |
| 4             | Aloisina výšina 424 | 404,4                     | 156,6               | 480,1            | 200,2                     | 150,7                  |
| 5             | Aloisina výšina 431 | 404,4                     | 156,6               | 480,1            | 179,1                     | 158,7                  |
| 6             | Lomená 403          | 333,7                     | 150,0               | 417,0            | 193,1                     | 140,0                  |
| 7             | Lomená 404          | 333,7                     | 150,0               | 417,0            | 185,3                     | 139,9                  |
| 8             | MŠ Březinova 389    | 235,5                     | 64,5                | 252,9            | 109,3                     | 74,2                   |
| 9             | Na výšinách 443     | 150,8                     | 89,9                | 210,5            | 82,4                      | 63,7                   |
| 10            | Na výšinách 437     | 404,4                     | 156,6               | 480,1            | 204,8                     | 170,9                  |
| <b>celkem</b> |                     | <b>3254,3</b>             | <b>1356,6</b>       | <b>3960,1</b>    | <b>1675,6</b>             | <b>1304,7</b>          |

**Tab. 5-2:** Porovnání přípojných a vypočtených hodnot - vytápění

### 5.3 Doporučení pro zefektivnění provozu

Na straně dodavatele tepla lze pro zefektivnění provozu hledat úpravy soustavy vedoucí ke snížení tepelných ztrát rozvodů a snížení nákladů na čerpací práci. Snížení teploty náběhové topné vody během nočního útlumu na takovou hodnotu, aby zpětná topná voda dosahovala teploty vychlazení jako během režimu vytápění, by vedlo k úspoře na tepelných ztrátách rozvodů dosahující během měřeného období přibližně 38 GJ. Z celkového tepla 100535 GJ distribuovaného během období měření, to představuje 0,038%, tedy zanedbatelný přínos.

Výraznější, ale z dostupných údajů nevyčíslitelný efekt, by přineslo odstranění příčin vedoucích k rozkmitání regulované soustavy při změně venkovní teploty nebo přechodu mezi

jednotlivými režimy. Navrhnout lze například úpravu regulačního systému nebo výměnu regulačních armatur.

Na straně odběratelů tepla lze doporučit především úpravu ekvitermních křivek a snížení spotřeby tepla na vytápění suterénních prostor a schodišť.

## Seznam použité literatury

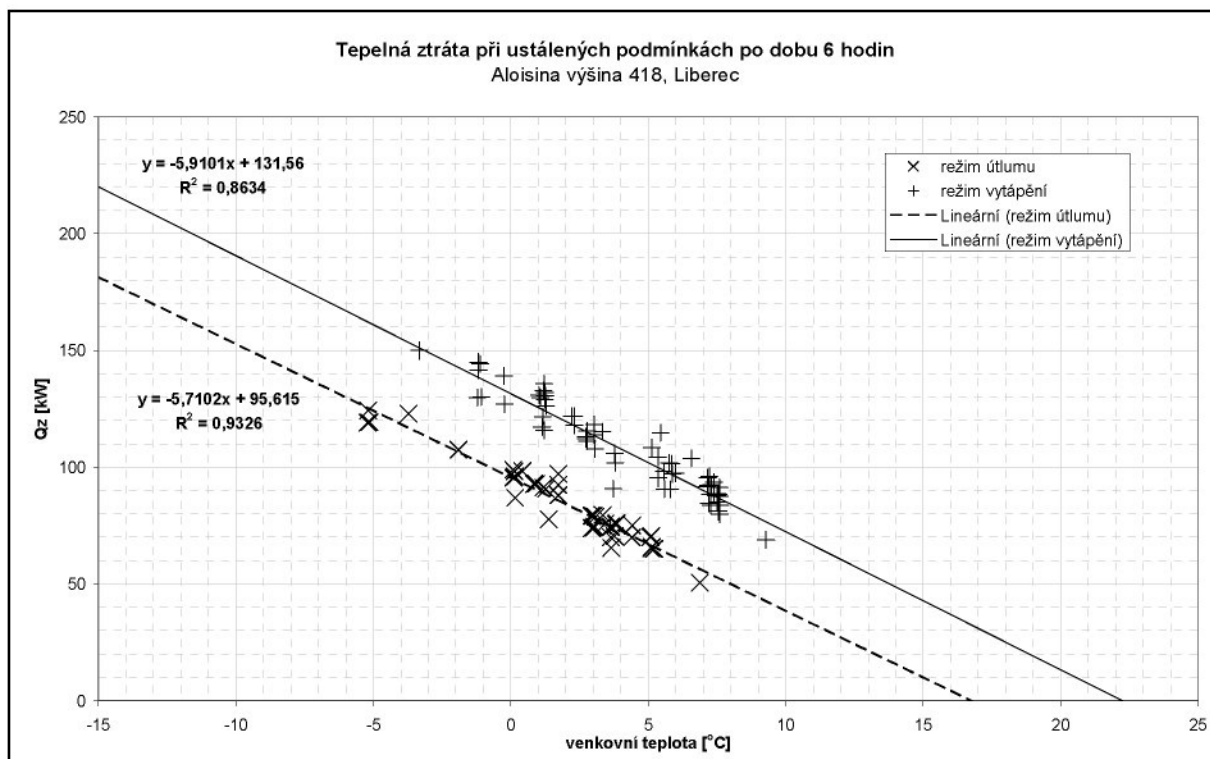
- [1] Cíkhart, J.: Měření a regulace ve vytápění, SNTL Praha 1974
- [2] Cihelka, J. a kol.: Vytápění a větrání, SNTL Praha, 1975
- [3] Brož, K.: Vytápění, Vydavatelství ČVUT, 2002
- [4] Brož, K.: Zásobování teplem, Vydavatelství ČVUT, 2002
- [5] Vlach, J a kol.: Zásobování teplem a teplotností, SNTL, 1989
- [6] Firemní literatura: APPLIC s.r.o. Liberec
- [7] Firemní internetová prezentace: Teplárna Liberec,a.s., [www.tlib.cz](http://www.tlib.cz)
- [8] Firemní podklady: Teplárna Liberec,a.s.
- [9] Odborný internetový portál: TZB – info, [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz)
- [10] ČSN 06 0210, Český normalizační institut, 1994

## Seznam příloh

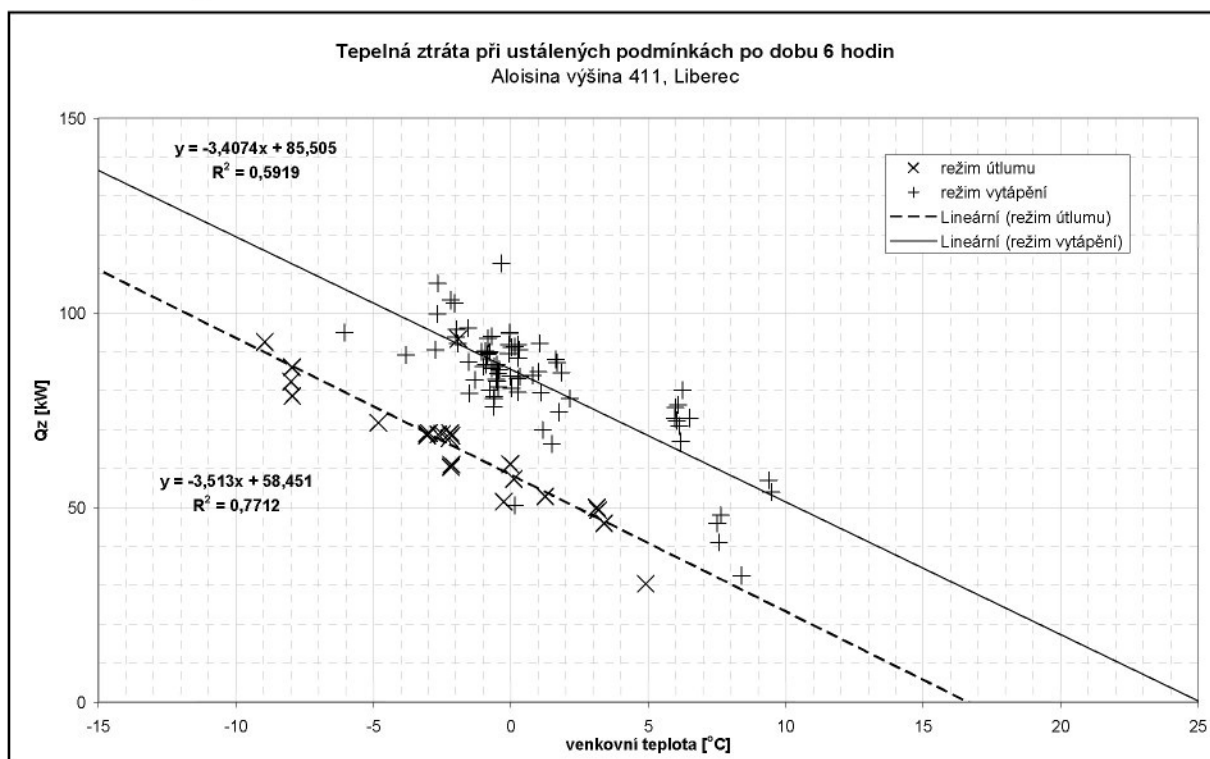
|                  |                                                    |    |
|------------------|----------------------------------------------------|----|
| <b>Příloha 1</b> | Naměřené tepelné ztráty jednotlivých objektů ..... | 2  |
| 1.1              | Aloisina výšina 418 – 6 hodin .....                | 2  |
| 1.2              | Aloisina výšina 411 – 6 hodin .....                | 2  |
| 1.3              | Aloisina výšina 448 – 6 hodin .....                | 3  |
| 1.4              | Aloisina výšina 424 – 6 hodin .....                | 3  |
| 1.5              | Aloisina výšina 431 – 6 hodin .....                | 4  |
| 1.6              | Lomená 403 – 6 hodin .....                         | 4  |
| 1.7              | Lomená 404 – 6 hodin .....                         | 5  |
| 1.8              | MŠ Březinova 389 – 6 hodin .....                   | 5  |
| 1.9              | Na výšinách 443 – 6 hodin .....                    | 6  |
| 1.10             | Na výšinách 437 – 6 hodin .....                    | 6  |
| <b>Příloha 2</b> | Naměřené využití výkonu na přípravu TUV .....      | 7  |
| 2.1              | pondělí .....                                      | 7  |
| 2.2              | úterý .....                                        | 7  |
| 2.3              | středa .....                                       | 8  |
| 2.4              | čtvrtek .....                                      | 8  |
| 2.5              | pátek .....                                        | 9  |
| 2.6              | sobota .....                                       | 9  |
| 2.7              | neděle .....                                       | 10 |
| <b>Příloha 3</b> | Nastavení ekvitemních křivek, zdroj [8] .....      | 10 |
| 3.1              | objekt č.1 - Aloisina výšina 418 .....             | 10 |
| 3.2              | objekt č.2 – Aloisina výšina 411 .....             | 11 |
| 3.3              | objekt č.3 – Aloisina výšina 448 .....             | 11 |
| 3.4              | objekt č.5 – Aloisina výšina 431 .....             | 12 |
| 3.5              | objekt č.6 – Lomená 403 .....                      | 12 |
| 3.6              | objekt č.7 – Lomená 404 .....                      | 13 |
| 3.7              | objekt č.8 – MŠ Březinova 389 .....                | 13 |
| 3.8              | objekt č.9 – Na výšinách 443 .....                 | 14 |
| 3.9              | objekt č.10 – Na výšinách 437 .....                | 14 |

## Příloha 1 Naměřené tepelné ztráty jednotlivých objektů

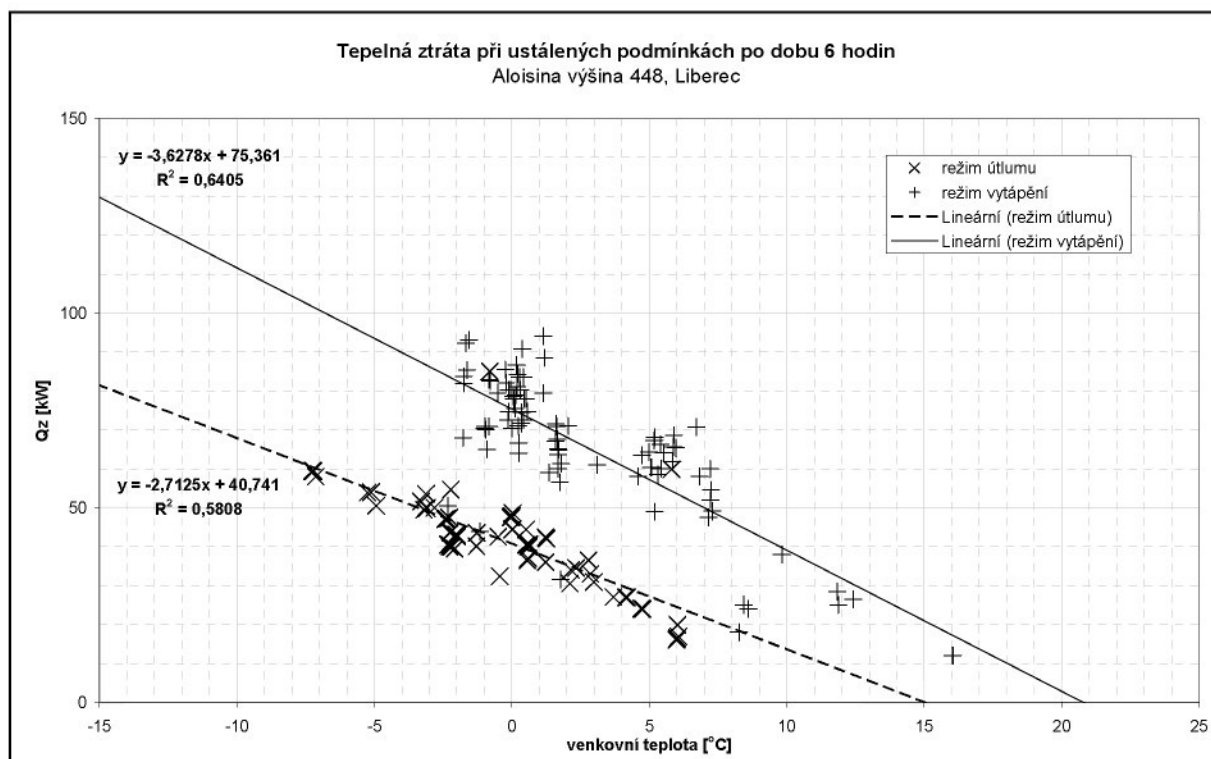
## 1.1 Aloisina výšina 418 – 6 hodin



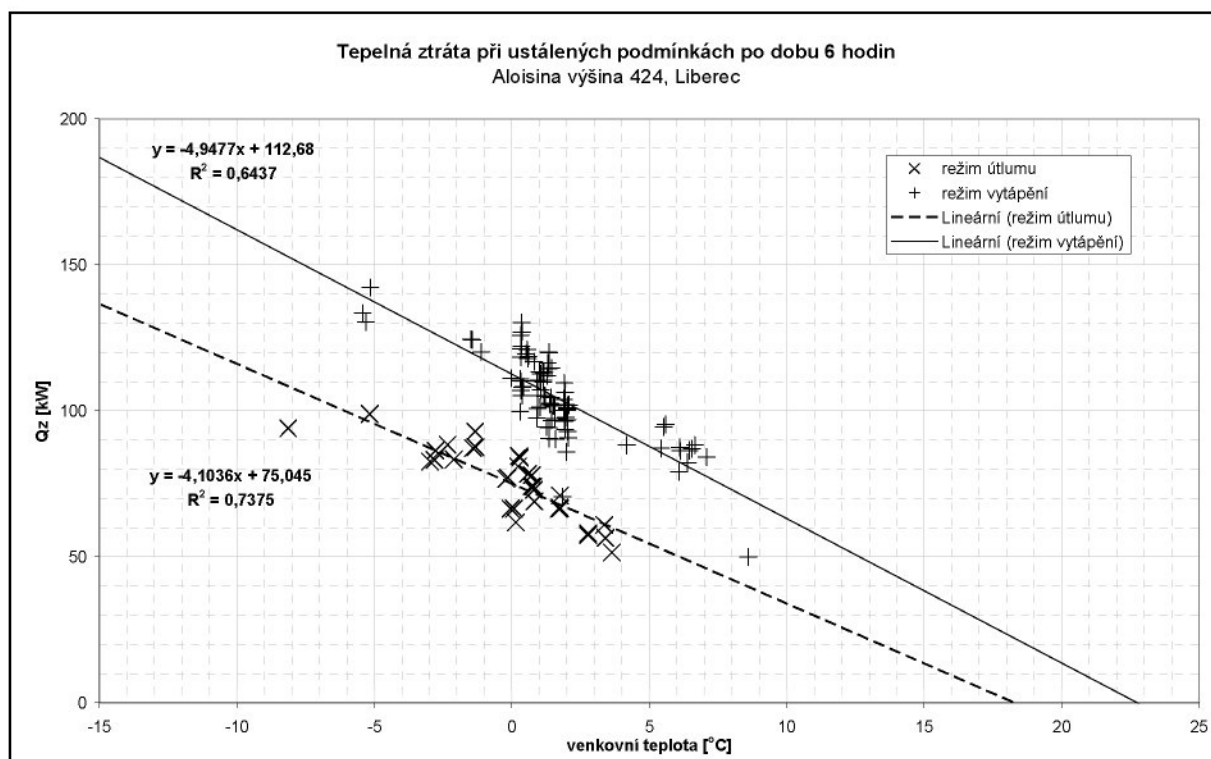
## 1.2 Aloisina výšina 411 – 6 hodin



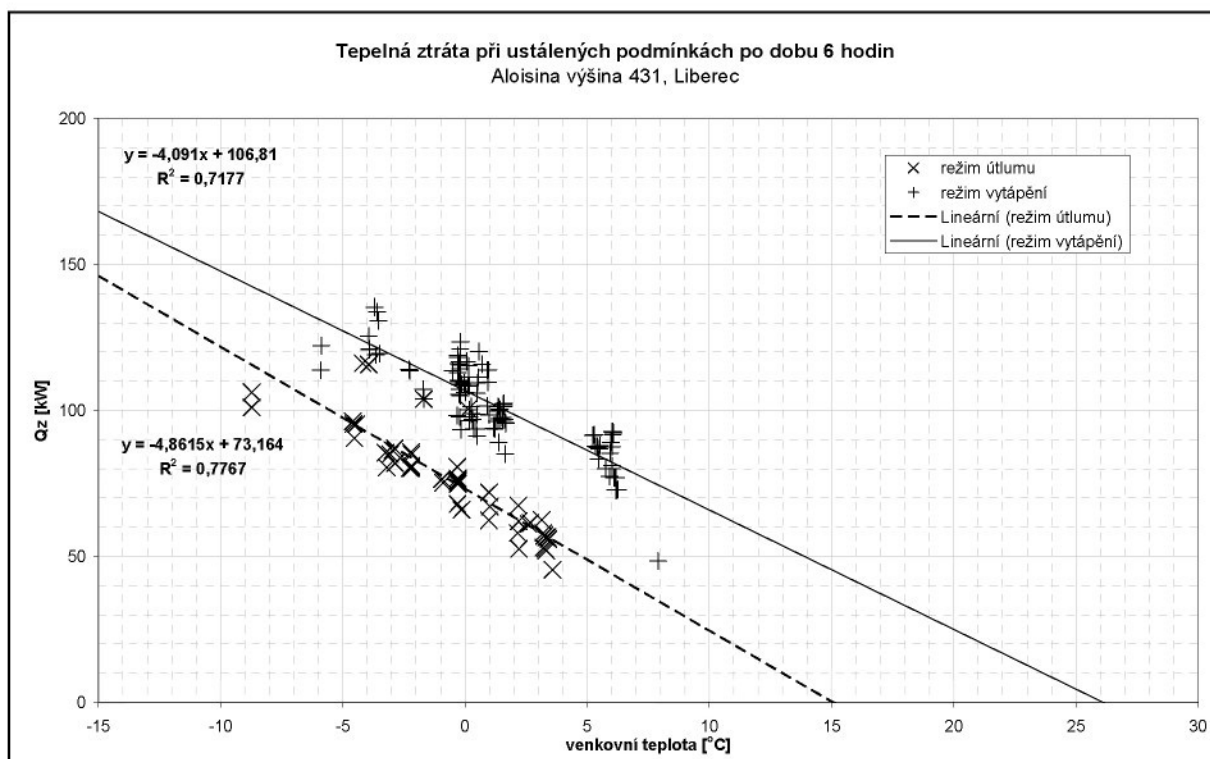
## 1.3 Aloisina výšina 448 – 6 hodin



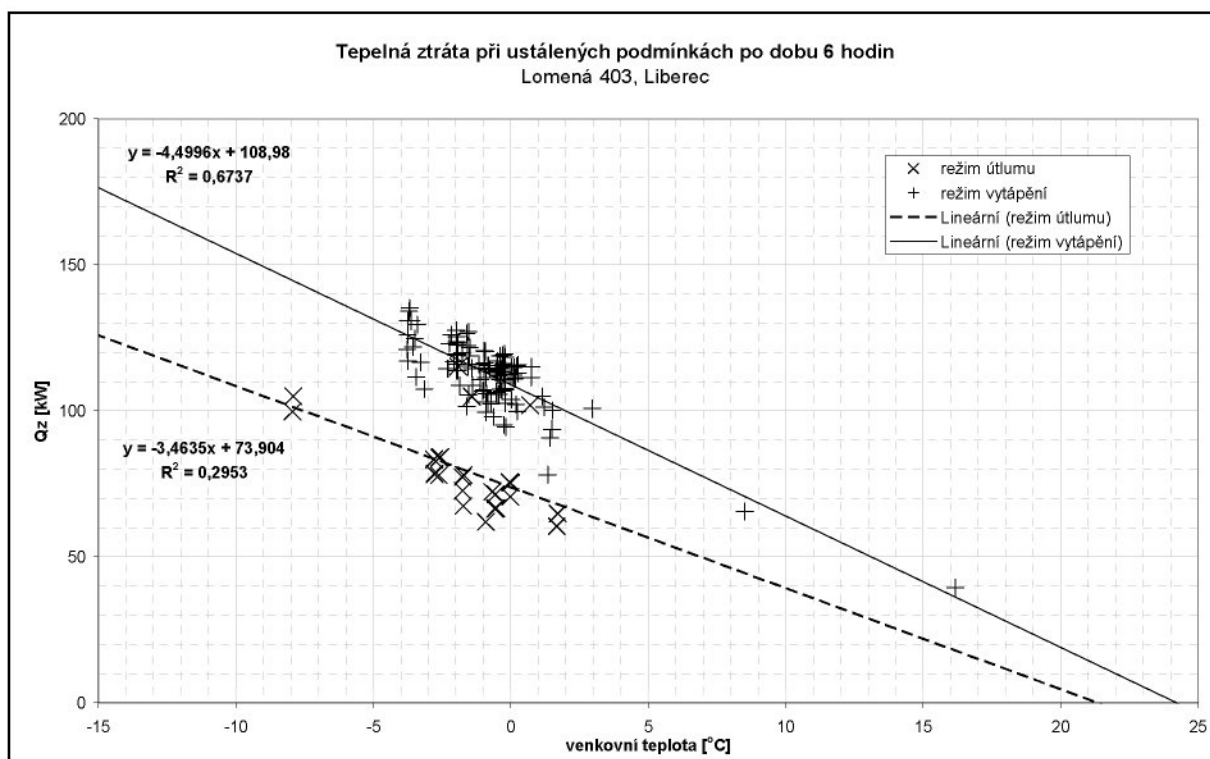
## 1.4 Aloisina výšina 424 – 6 hodin



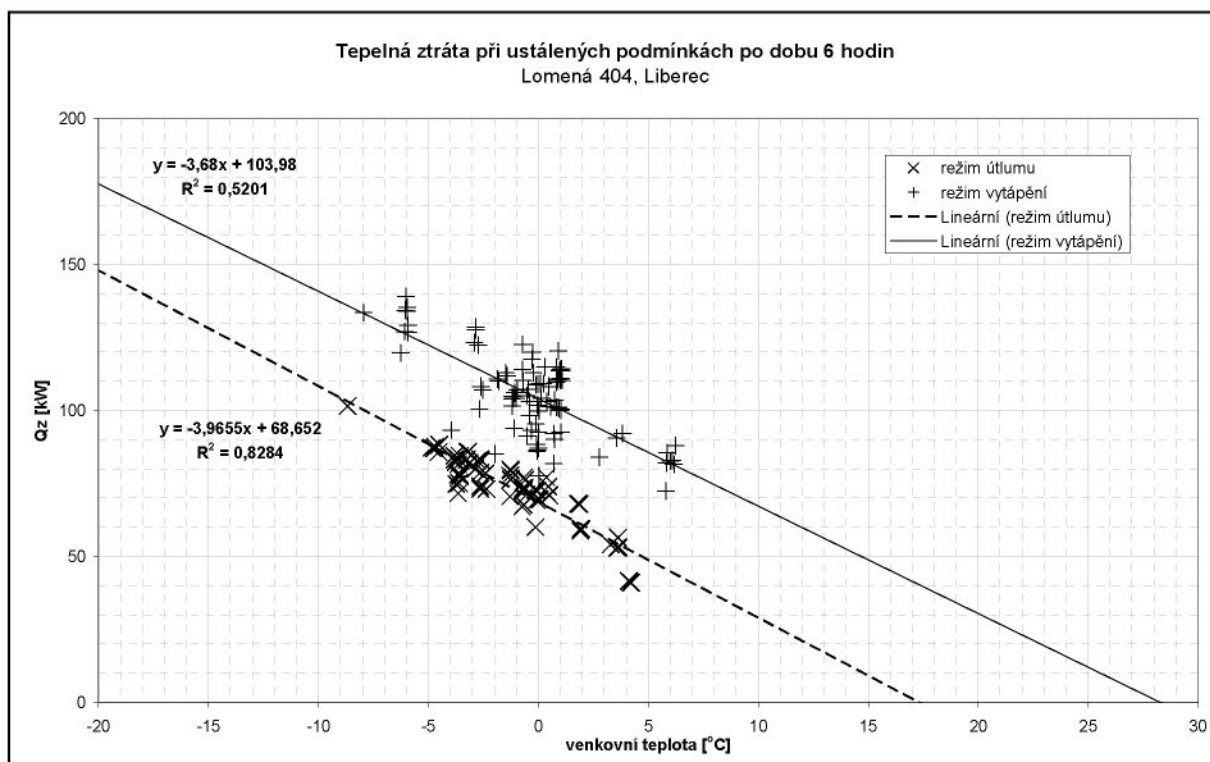
## 1.5 Aloisina výšina 431 – 6 hodin



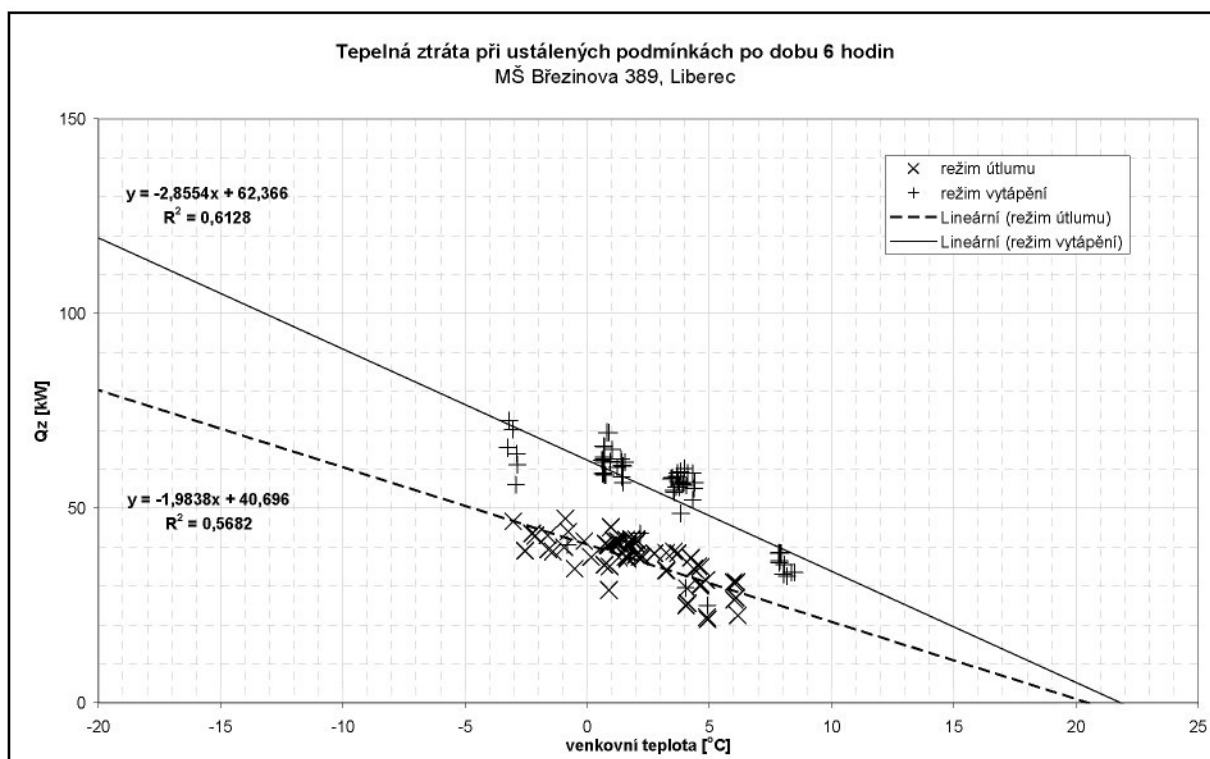
## 1.6 Lomená 403 – 6 hodin



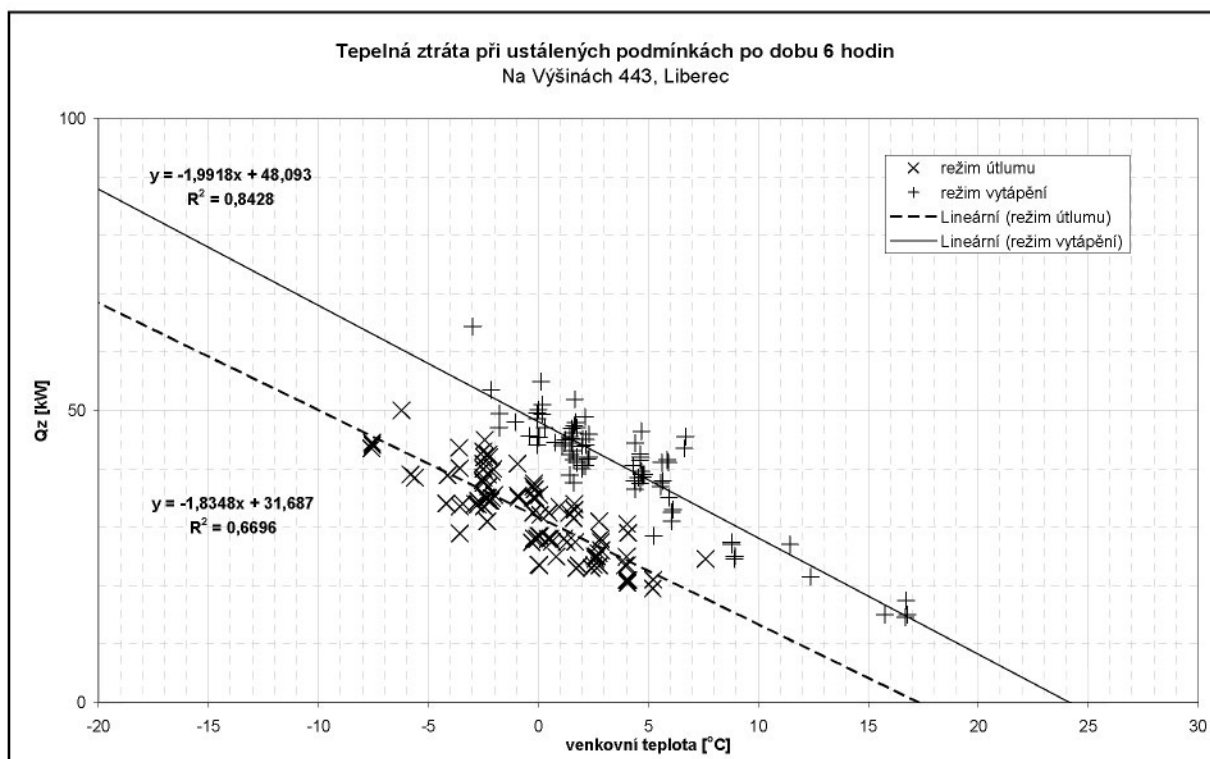
## 1.7 Lomená 404 – 6 hodin



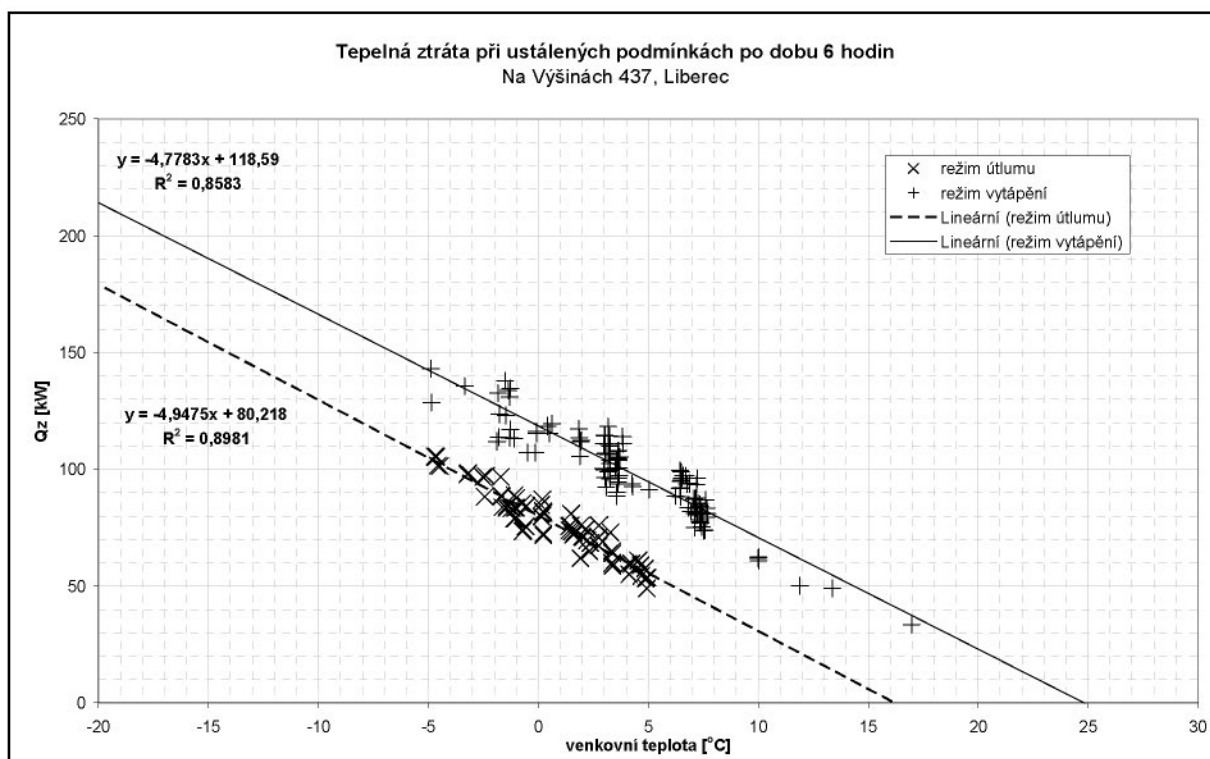
## 1.8 MŠ Březinova 389 – 6 hodin

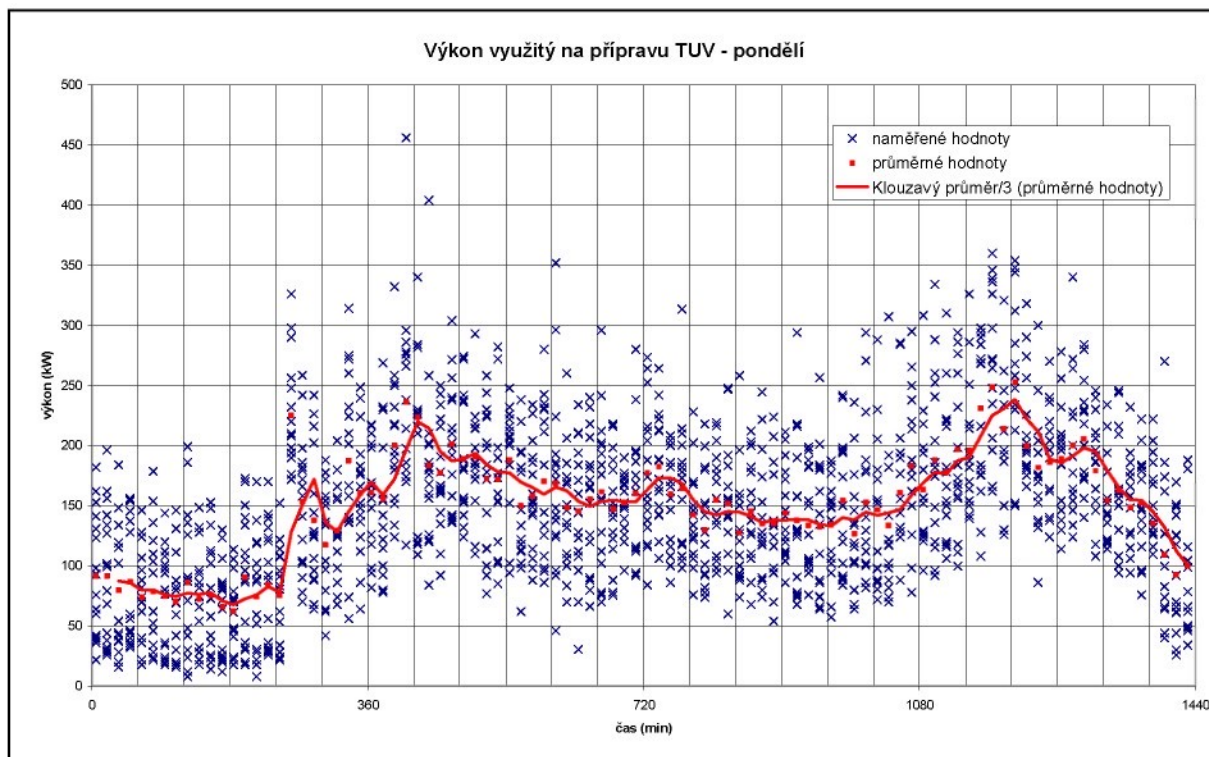
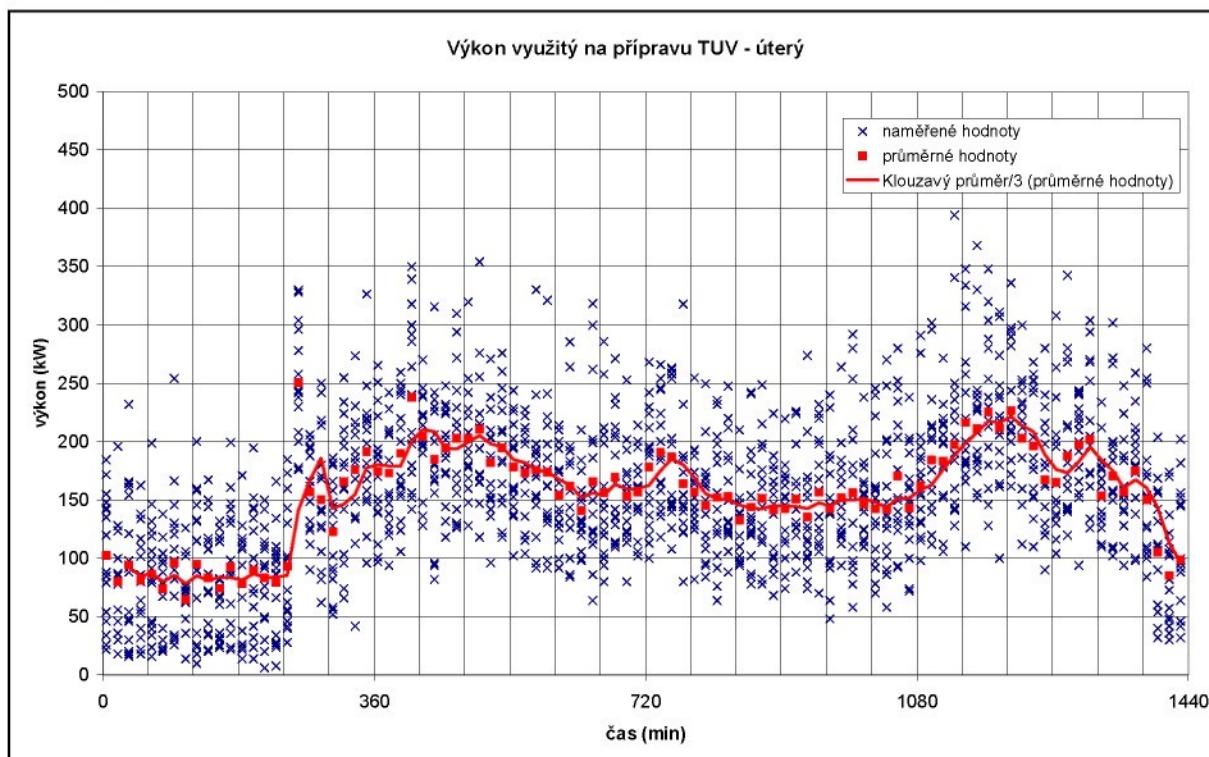


## 1.9 Na výšinách 443 – 6 hodin

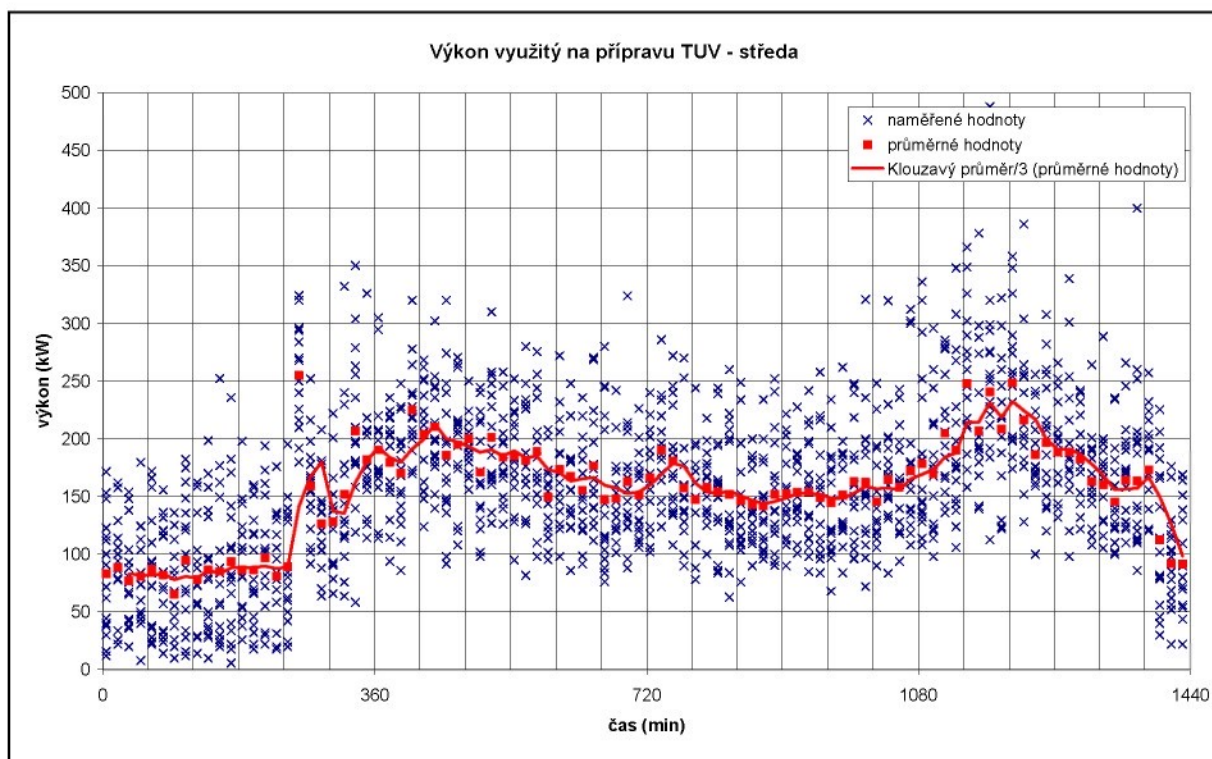


## 1.10 Na výšinách 437 – 6 hodin

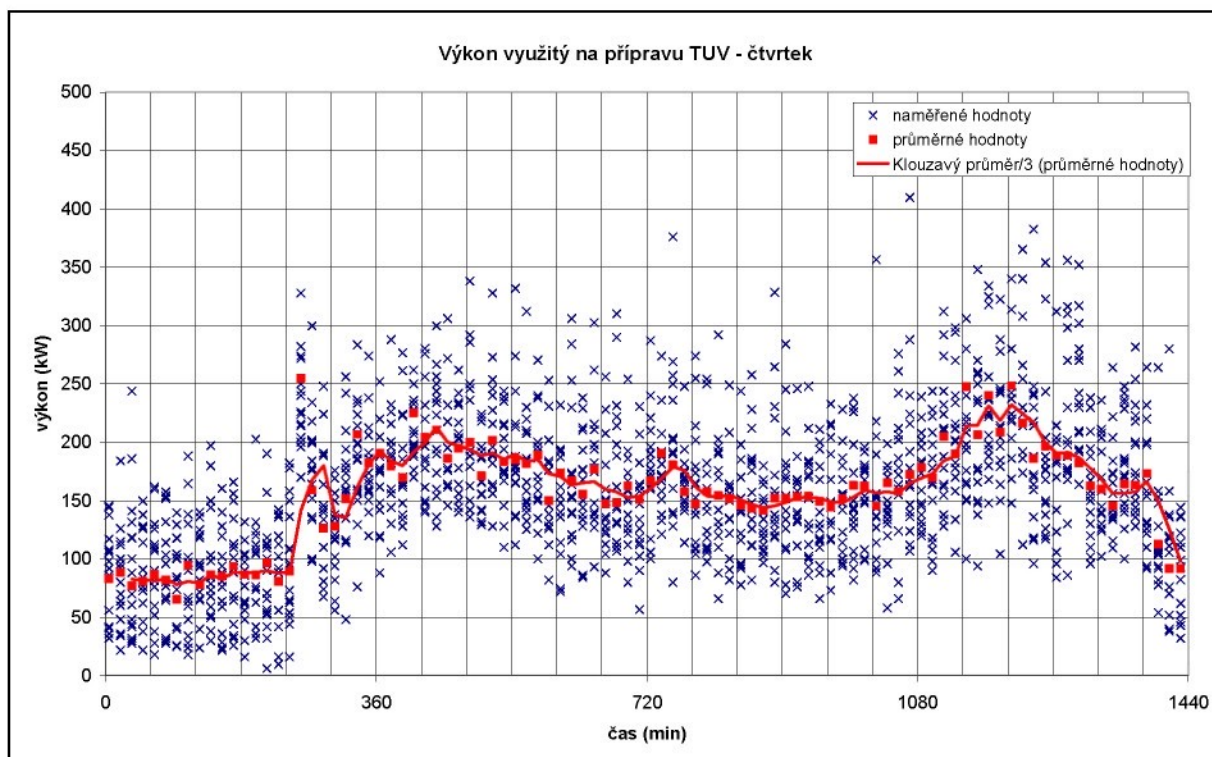


**Příloha 2** Naměřené využití výkonu na přípravu TUV**2.1** pondělí**2.2** úterý

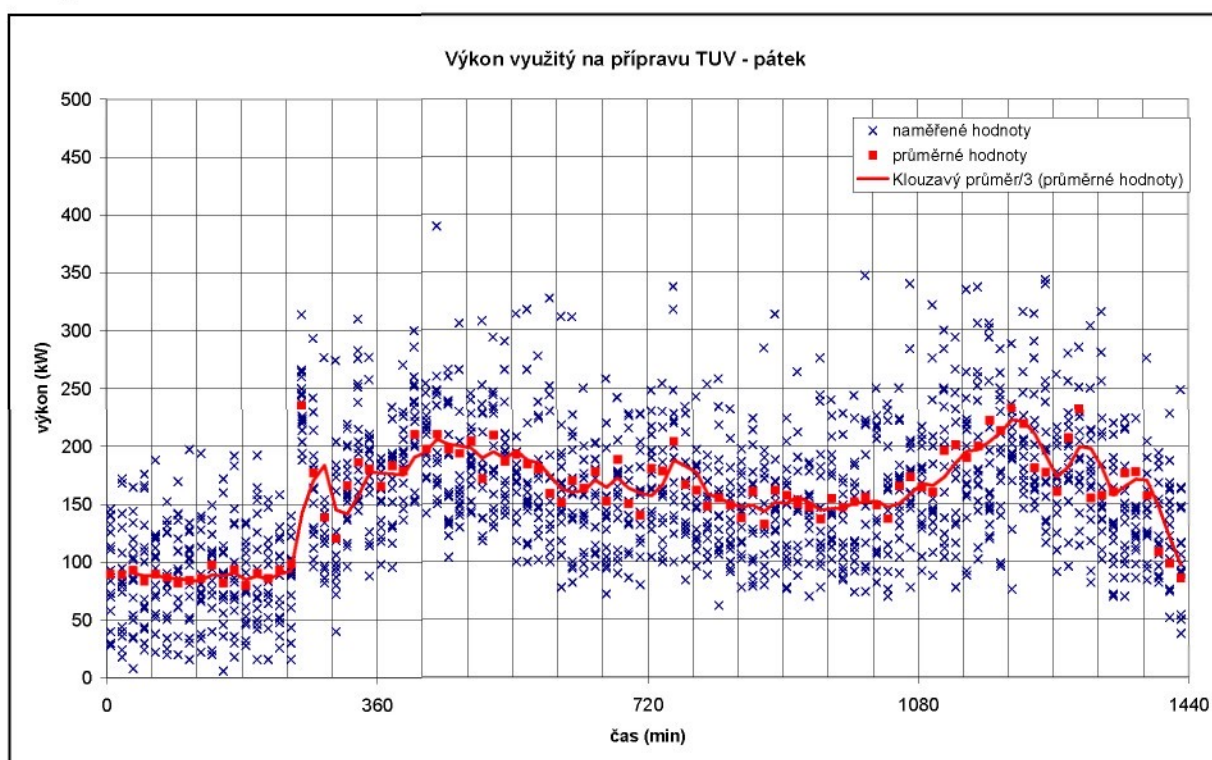
## 2.3 středa



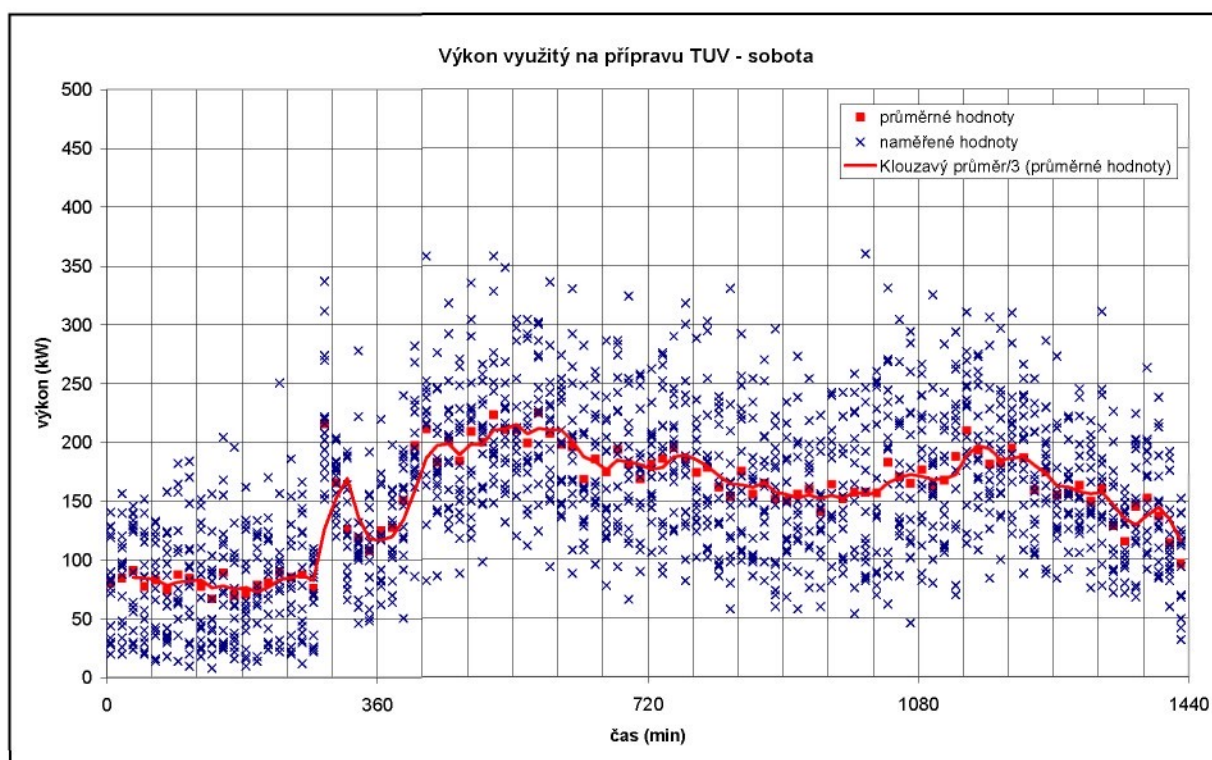
## 2.4 čtvrtek



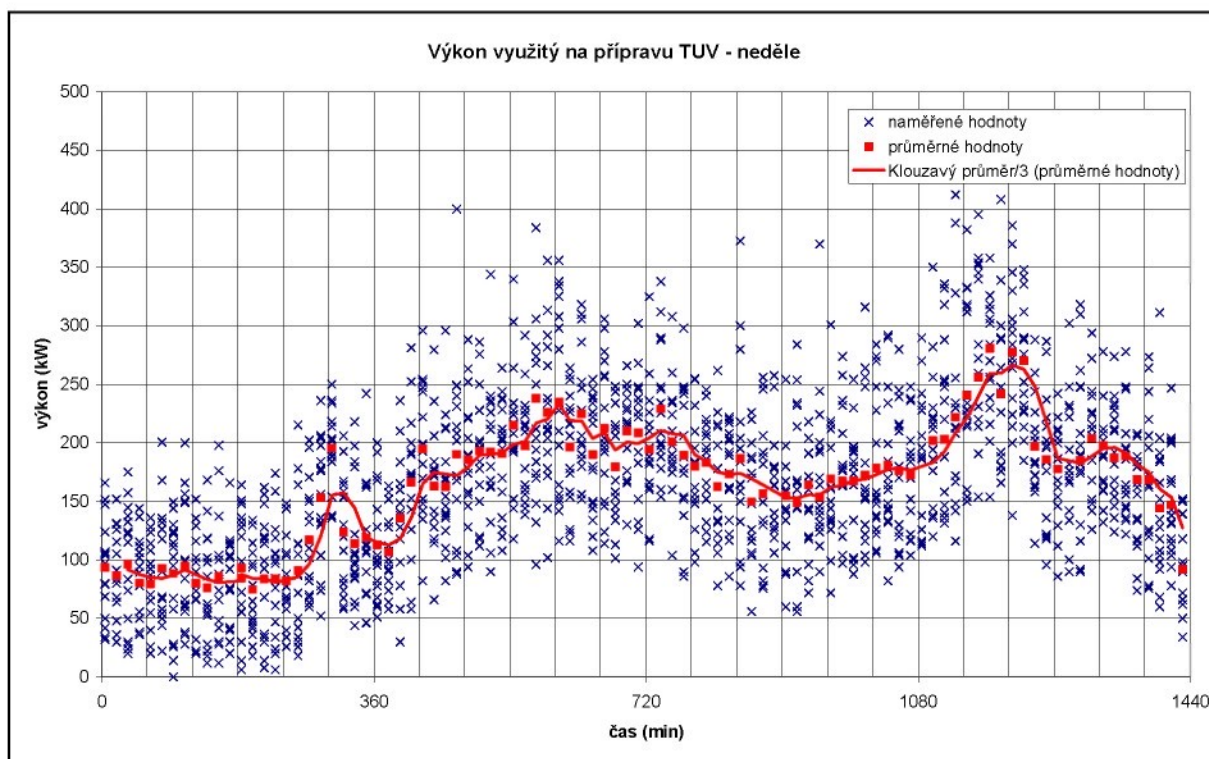
## 2.5 pátek



## 2.6 sobota

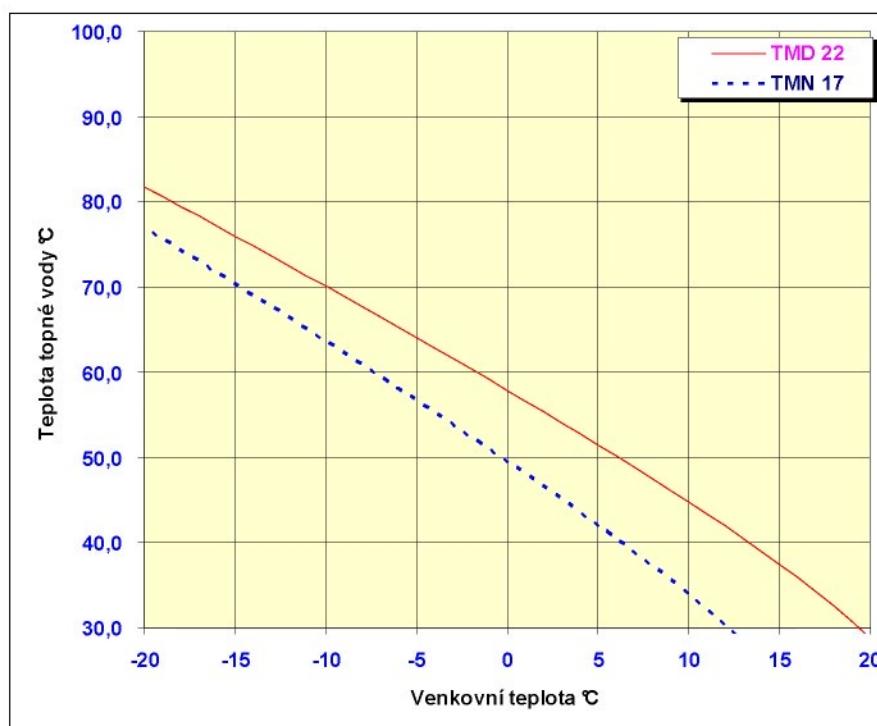


## 2.7 neděle

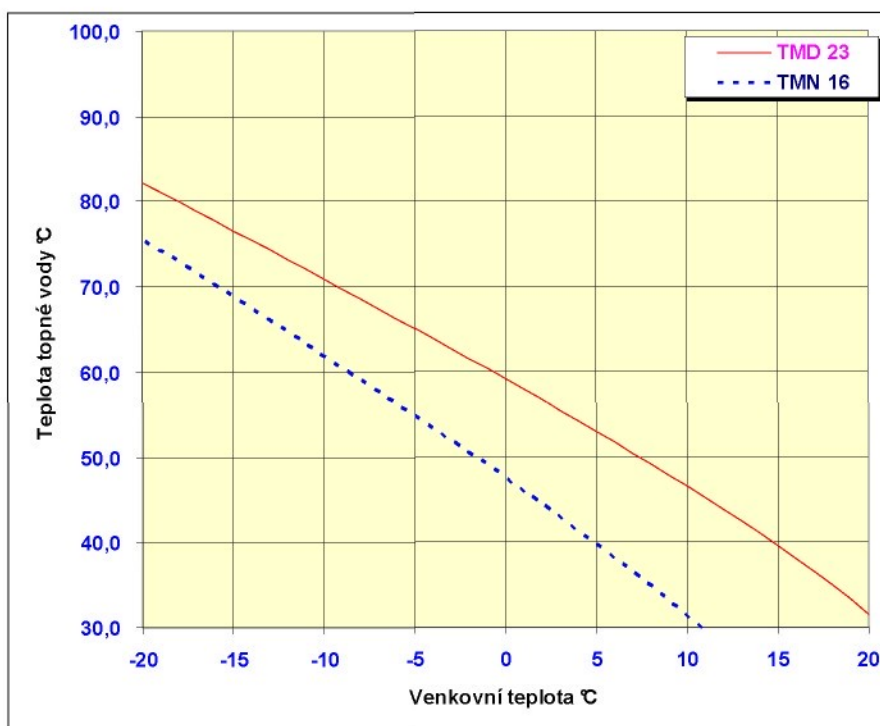


## Příloha 3 Nastavení ekvitemních křivek, zdroj [8]

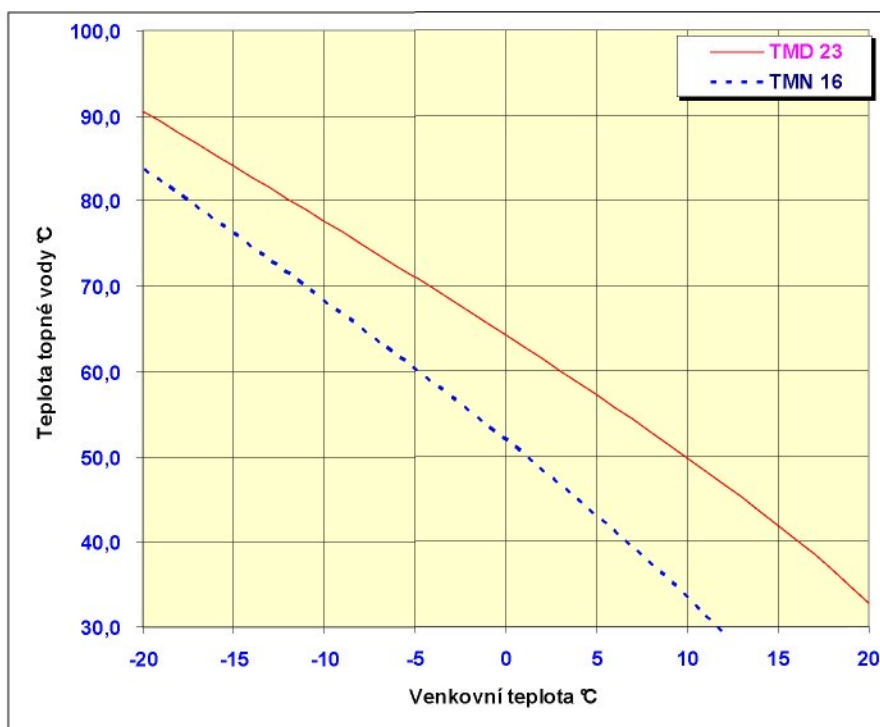
## 3.1 objekt č.1 - Aloisina výšina 418



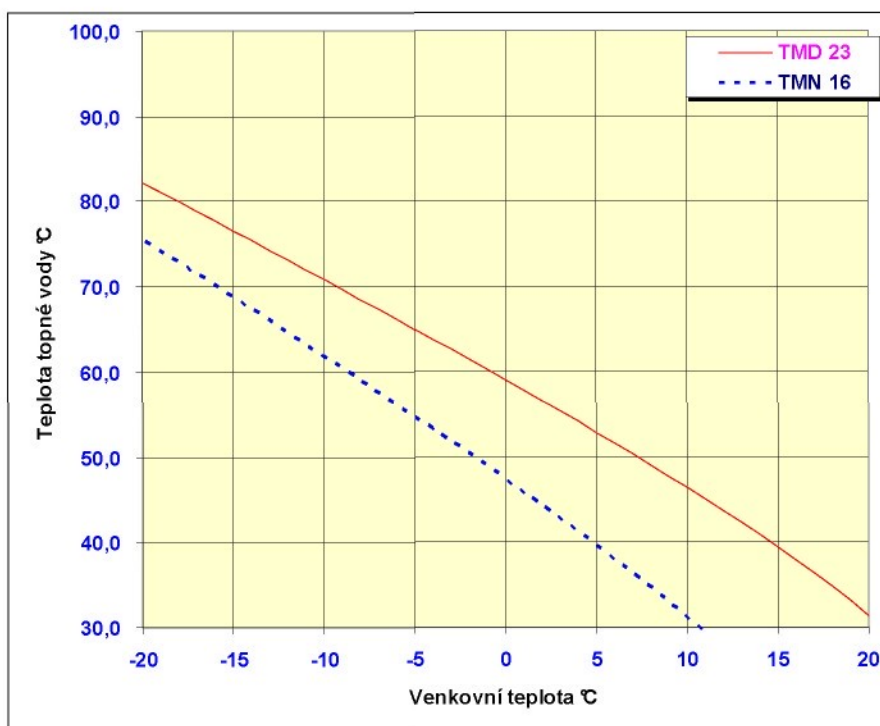
## 3.2 objekt č.2 - Aloisina výšina 411



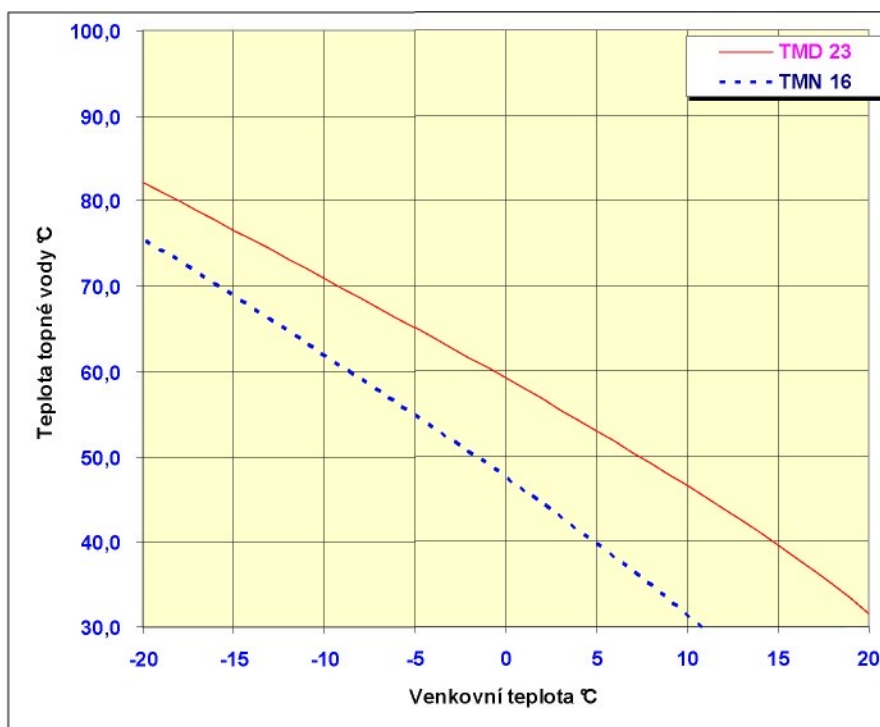
## 3.3 objekt č.3 - Aloisina výšina 448



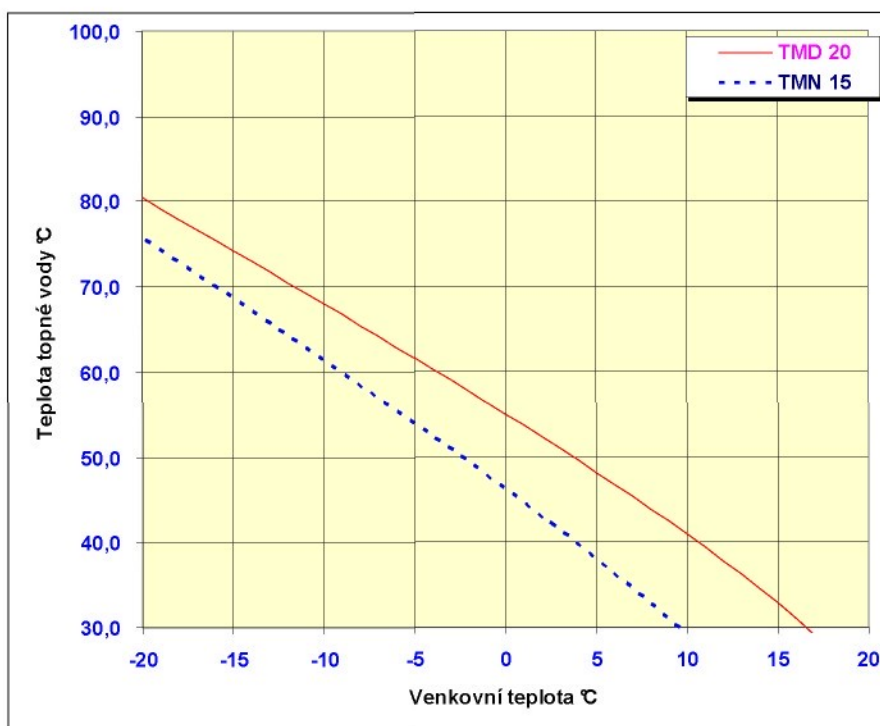
## 3.4 objekt č.4 - Aloisina výšina 431



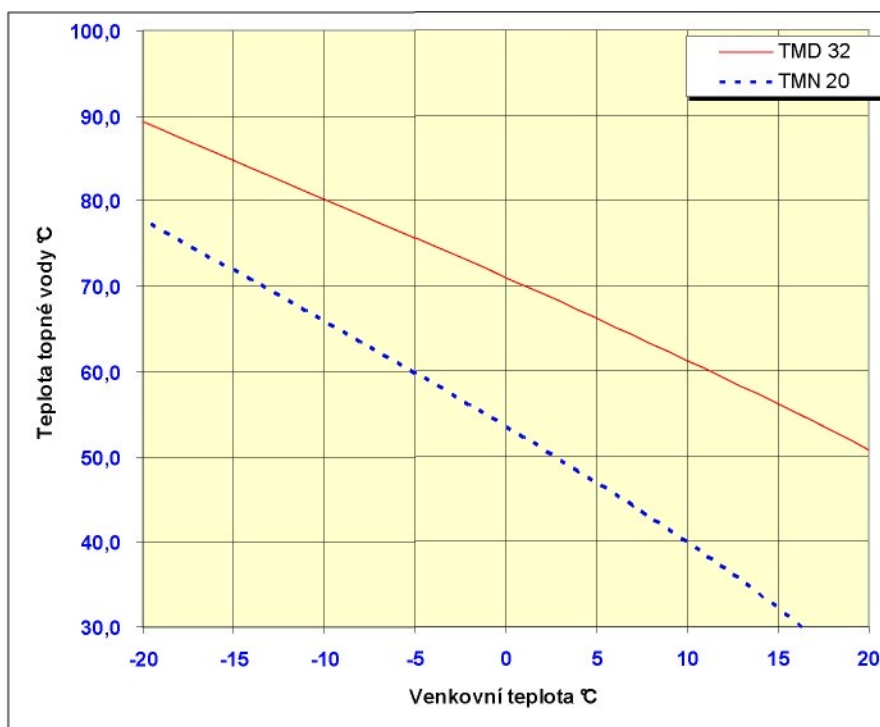
## 3.5 objekt č.6 – Lomená 403



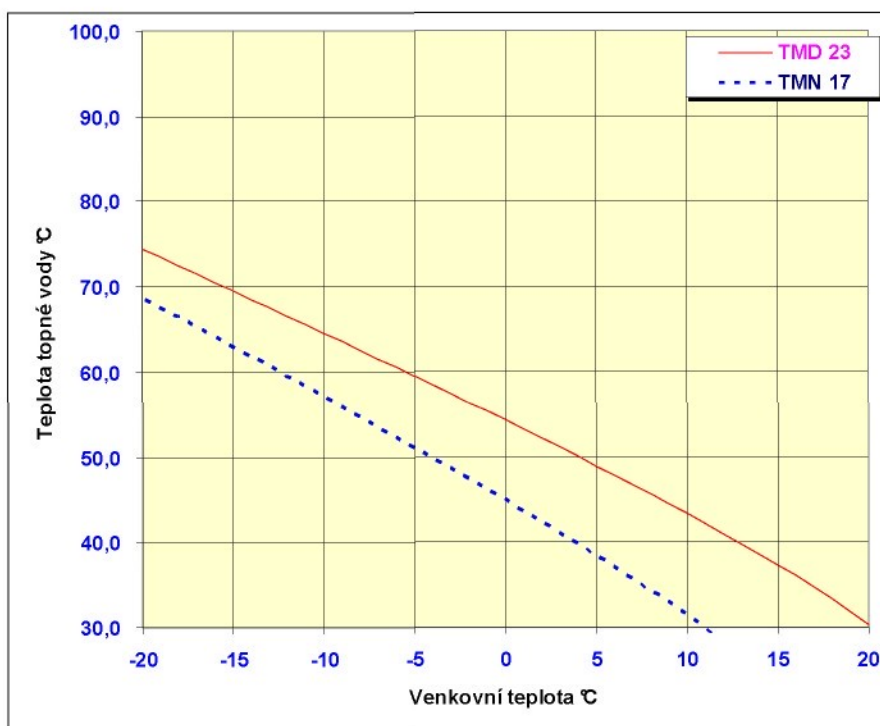
## 3.6 objekt č.7 – Lomená 404



## 3.7 objekt č.8 – MŠ Březinova 389



## 3.8 objekt č.9 – Na výšinách 443



## 3.9 objekt č.10 – Na výšinách 437

