

# **Objektová regulace vytápění v závislosti na tepelné ztrátě a tepelných ziscích**

Bc. Marek Bečička

---

Diplomová práce  
2016



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

\*\*\*nascannované zadání s. 1\*\*\*

\*\*\*nascannované zadání s. 2\*\*\*

Příjmení a jméno: Marek Bečička  
zení

Obor: Technologická zaří-

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup>odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup>odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně, dne .....

.....

---

<sup>1)</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

- (1) Vysoká škola nevýdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.
- (2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.
- (3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

<sup>2)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

- (1) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

<sup>3)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

- (1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.
- (2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.
- (3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se zabývá sofistikovaným způsobem optimalizace teplovodního vytápění rozsáhlejších objektů, jako jsou bytové domy, výrobní objekty, objekty občanské vybavenosti a zdravotnická zařízení, zejména vytápěných ze soustavy CZT . Jedná se o aplikaci zcela nové metody objektové regulace se zpětnou vazbou na aktuální stav ve vytápěném objektu a se zohledněním skutečné tepelné ztráty daného objektu. Vzhledem k svým vlastnostem zabraňuje tento způsob regulace zbytečnému přetápění objektu, čímž výrazným způsobem snižuje dosavadní energetickou náročnost daného objektu.

Klíčová slova: objektová regulace, bytové domy, výrobní objekty, teplovodní vytápění, snižování energetické náročnosti, regulace v soustavách CZT

## **ABSTRACT**

The thesis deals with a sophisticated way to optimize hydronic heating of larger buildings such as apartment buildings and industrial facilities, civic-ness and equip health facilities, especially fired from DH. It's a completely new method of object feedback control on the current state of the heated building and taking into account the actual heat loss of the object. Due to its to characteristics of this control process prevents unnecessary overheating of the object, thereby significantly reduces the current energy intensity of the object.

Keywords: Object of regulation, apartment buildings and industrial facilities, hot water heating, reducing the energy-intensity matic regulation in district heating systems

Poděkování, motto a čestné prohlášení, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická, nahraná do IS/STAG jsou totožné ve znění:

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Poděkování:

Tímto chci poděkovat doc. Ing. Marku Kubalčíkovi, PhD. Za pomoc, vzácné rady a konzultace spojené s touto prací. Dále bych chtěl poděkovat svému kolegovi z úzce spolupracující firmy, za dlouholetou náklonost, spolupráci a důvěru. Dále mé skvělé rodině.

## **OBSAH**

<b>ÚVOD.....</b>	<b>10</b>
<b>I. TEORETICKÁ ČÁST.....</b>	<b>11</b>
<b>1 PROBLEMATIKA ÚSPOR ENERGIÍ.....</b>	<b>12</b>
<b>1.1 SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2010/31/EU.....</b>	<b>12</b>
1.1.1 DEFINICE.....	14
1.1.2 PŘÍLOHY SMĚRNICE.....	15
<b>1.2 VÝVOJ RŮSTU CEN TEPLA Z CZT A PŘEDPOKLÁDANÝ VÝVOJ.....</b>	<b>16</b>
<b>1.3 PROBLEMATIKA ÚSPOR TEPELNÉ ENERGIE V OBJEKTECH     NAPOJENÝCH NA CZT.....</b>	<b>17</b>
1.3.1 VÝVOJ RŮSTU CEN TEPLA.....	17
<b>2 PROSTŘEDKY KE SNIŽOVÁNÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOV.....</b>	<b>22</b>
<b>2.1 STAVEBNÍ ÚPRAVY.....</b>	<b>22</b>
2.1.1 ZÁMĚNA STAVEBNÍCH VÝPLNÍ.....	22
2.1.2 ZATEPLENÍ OBVODOVÝCH PLÁŠŤŮ.....	23
2.1.3 ZATEPLOVÁNÍ STŘECH.....	26
<b>2.2 REGULACE TOPNÝCH SOUSTAV.....</b>	<b>28</b>
2.2.1 EKVITERMNÍ REGULACE.....	28
2.2.2 ZAVEDENÍ TERMOSTATICKÝCH VENTILŮ A TERMOSTATICKÝCH HLAVIC.....	29
2.2.3 REGULACE IRC.....	29
<b>3 SOUČASNÉ ZPŮSOBY REGULACE TOPNÝCH SOUSTAV.....</b>	<b>30</b>
<b>3.1 REGULACE TEPELNÉHO VÝKONU.....</b>	<b>30</b>

3.1.1	KVALITATIVNÍ REGULACE .....	30
3.1.2	KVANTITATIVNÍ REGULACE.....	32
<b>3.2</b>	<b>REGULACE PŘÍKONU TEPLA .....</b>	<b>33</b>
3.2.1	NÁVRH REGULACE .....	34
<b>4</b>	<b>PROBLEMATIKA REGULACE VYTÁPĚNÍ V SOUSTAVÁCH CZT.....</b>	<b>36</b>
<b>4.1</b>	<b>REGULACE VYTÁPĚNÍ VE STATICKÝCH TOPNÝCH SOUSTAVÁCH .....</b>	<b>36</b>
<b>4.2</b>	<b>REGULACE VYTÁPĚNÍ V DYNAMICKÝCH TOPNÝCH SOUSTAVÁCH .....</b>	<b>36</b>
<b>II.</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>39</b>
<b>5</b>	<b>POŽADAVKY NA REGULAČNÍ SOUSTAVU.....</b>	<b>40</b>
<b>5.1</b>	<b>PRAKTICKÉ POŽADAVKY NA REGULAČNÍ SOUSTAVU .....</b>	<b>40</b>
<b>5.2</b>	<b>PRAKTICKÁ APLIKACE REGULAČNÍ SOUSTAVY .....</b>	<b>42</b>
5.2.1	PRŮMĚRNÁ SPOTŘEBA TEPLA PŘED INSTALACÍ REGULAČNÍHO SYSTÉMU.....	46
5.2.2	NÁVRH HLAVNÍCH PRVKŮ REGULAČNÍ SOUSTAVY .....	46
5.2.3	VÝPOČET TEPELNÉ ZTRÁTY .....	46
5.2.4	OPTIMÁLNÍ SPOTŘEBA OBJEKTU Qs (GJ).....	46
5.2.5	STANOVENÍ MAXIMÁLNÍ TEPELNÉ ZTRÁTY OBJEKTU Tz (kW) .....	47
5.2.6	VOLBA TECHNOLOGICKÉ ČÁSTI REGULAČNÍHO SYSTÉMU.....	47
5.2.7	ÚČINNOST REGULAČNÍHO SYSTÉMU .....	47
<b>5.3</b>	<b>VLASTNOSTI REGULAČNÍ SOUSTAVY S VAZBOU NA TEPELNÉ ZISKY.....</b>	<b>49</b>
<b>5.4</b>	<b>PRAKTICKÉ PROVEDENÍ REGULAČNÍ SOUSTAVY.....</b>	<b>52</b>
<b>6</b>	<b>NÁVRH REGULAČNÍCH FUNKCÍ A ARCHITEKTURA HMI .....</b>	<b>55</b>
<b>6.1</b>	<b>REGULAČNÍ FUNKCE.....</b>	<b>55</b>
<b>6.2</b>	<b>ARCHITEKTURA HMI .....</b>	<b>58</b>
<b>7</b>	<b>JEDNOTLIVÉ PRVKY REGULAČNÍ SOUSTAVY .....</b>	<b>60</b>
7.1.1	VARIANTA PRO SOUSTAVY CZT.....	62
7.1.2	VARIANTA PRO SOUSTAVY S LOKÁLNÍM ZDROJEM TEPLA .....	63
<b>7.2</b>	<b>ŘÍDICÍ ČÁST REGULAČNÍ SOUSTAVY.....</b>	<b>63</b>
<b>8</b>	<b>JEDNOTLIVÉ ÚROVNĚ A MOŽNOSTI VZDÁLENÉ SPRÁVY.....</b>	<b>66</b>
<b>8.1</b>	<b>PŘENOS INFORMACÍ PROSTŘEDNICTVÍM GSM BRÁNY .....</b>	<b>66</b>
<b>8.2</b>	<b>VZDÁLENÝ DOHLED .....</b>	<b>66</b>
<b>8.3</b>	<b>DISPEČERSKÉ PRACOVÍŠTĚ.....</b>	<b>68</b>
<b>9</b>	<b>TECHNICKO EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ.....</b>	<b>69</b>
<b>9.1</b>	<b>SOUČASNÉ NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ OBJEKTŮ .....</b>	<b>69</b>
<b>9.2</b>	<b>INVESTIČNÍ NÁKLADY DODÁVKY A INSTALACE REGULAČNÍ SOUSTAVY .....</b>	<b>69</b>
<b>9.3</b>	<b>INVESTIČNÍ NÁVRATNOST .....</b>	<b>70</b>
<b>ZÁVĚR .....</b>		<b>72</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>		<b>73</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>		<b>75</b>



<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>77</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>79</b>
<b>SEZNAM ROVNIC .....</b>	<b>80</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>81</b>

## ÚVOD

Tato diplomová práce řeší problematiku objektové regulace vytápění v závislosti na tepelných ztrátách a tepelných ziscích rozsáhlejších objektů, jako jsou například bytové domy, výrobní objekty, objekty občanské vybavenosti a zdravotnická zařízení, zejména vytápěných ze soustavy CZT . Jedná se o aplikaci zcela nové metody objektové regulace se zpětnou vazbou na aktuální stav ve vytápěném objektu a se zohledněním skutečné tepelné ztráty daného objektu. Vzhledem k svým vlastnostem zabraňuje tento způsob regulace zbytečnému přetápění objektu, čímž výrazným způsobem snižuje dosavadní energetickou náročnost daného objektu.

Diplomová práce se skládá ze dvou částí – z teoretické a praktické části.

V teoretické části jsou obsaženy informace o problematice úspor energií spojené s vývojem růstu cen tepla, dále jsou uvedeny prostředky ke snižování energetické náročnosti budov pomocí stavebních úprav. Následující kapitoly nastiňují současné způsoby regulace topných soustav a řeší problematiku regulace vytápění v soustavách CZT.

Praktická část obsahuje požadavky na regulační soustavu, dále jsou navrženy regulační funkce a architektura HMI. V dalších kapitolách jsou popsány jednotlivé prvky regulační soustavy, která se skládá z technologické části a řídicí části. V neposlední řadě popíšu současné náklady na vytápění, investiční náklady dodávky a zhodnotím investiční návratnost v bytových domech.

# **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 PROBLEMATIKA ÚSPOR ENERGIÍ

V posledních letech je často v České republice spojován problém úspor energií. Na začátku bych vás obeznámil se směrnicemi Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU. Po tomto představení se zaměříme na samotnou problematiku a její následné řešení, jakožto možnou úsporu energií.

## 1.1 Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU

V listopadu 2008 schválila Evropská komise návrh revize směrnice o energetické náročnosti budov v souladu s dlouhodobými rozhodujícími záměry snižování emisí a zlepšování energetické efektivity. Během roku 2009 probíhala intenzivní jednání o úpravách dokumentu, a to nejen v Evropském parlamentu, ale i v Radě Evropské unie. Dohody o konečné podobě revize této směrnice bylo dosaženo v listopadu 2009 v Bruselu. Dne 15. dubna 2010 přijala v prvním čtení návrh směrnice o energetické náročnosti budov Rada EU. Nová směrnice pak byla schválena Evropským parlamentem 18. května 2010. Směrnice byla publikována v Úředním věstníku Evropské unie 18. 6. 2010 a její plný název zní Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU ze dne 19. května 2010 o energetické náročnosti budov. Směrnice se stala platnou dvacátým dnem po vyhlášení v Úředním věstníku EU, tj. dnem 8. července 2010. Současně se ruší první evropská směrnice o energetické náročnosti budov přijatá v roce 2002 (Směrnice 2002/91/ES) s účinností od 1. února 2012.

Hlavní důvody, které vedly k vydání nové směrnice o energetické náročnosti budov, se uvádí v její preambuli a v důvodové zprávě mj.: Podíl budov na celkové konzumaci energie v zemích EU činí 40 %, podíl na emisích CO<sub>2</sub> dosahuje 35–36 %. Redukce spotřeby energie a využívání energie z obnovitelných zdrojů v budovách představují významná opatření nutná ke snížení energetické závislosti EU a snižování emisí skleníkových plynů. Evropská unie přijala závazek snížit do roku 2020 celkové emise skleníkových plynů alespoň o 20 % na rozdíl od roku 1990; snížit k témuž datu spotřebu energie v zemích EU o 20 % a docílit u celkové spotřeby energie 20% podílu z obnovitelných zdrojů (dosažení cílů “20-20-20“ v oblasti ochrany klimatu, ochrany životního prostředí a spotřeby energie). Směrnice nařizuje členským státům povinnost zajistit:

- navrhování veškerých nových budov s takřka nulovou spotřebou energie do 31. prosince 2020;

- navrhování nových budov používaných nebo vlastněných orgány veřejné moci v energetickém standardu takřka nulové spotřeby energie nejpozději k datu 31. 12. 2018;
- vypracování vnitrostátních plánů na zvýšení počtu budov s téměř nulovou spotřebou energie s diferenciací skupin budov obsahujících průběžné cíle do roku 2015;
- vypracování seznamu stávajících a navrhovaných postupů a nástrojů, včetně opatření a nástrojů finanční povahy, které podporují cíle směrnice o energetické náročnosti budov;
- zavedení systému certifikace energetické náročnosti budov;
- vykonávání průběžné inspekce otopných soustav s kotli s uvedeným výkonem vyšším než 20 kW;
- zavádění průběžné inspekce klimatizačních systémů s uvedeným výkonem větším než 12 kW;
- zavedení samostatných ověřovacích systémů certifikátů energetické náročnosti a zpráv o inspekci otopných soustav a klimatizačních systémů;
- podpora zavedení inteligentních měřicích systémů při výstavbě nové budovy nebo větší změně stávajících budov;
- transpozici směrnice do nacionálních právních řádů do 9. července 2012.

U zcela nových budov zajistí členské země, aby před začátkem výstavby byla posouzena a vzata v úvahu technická, environmentální a ekonomická proveditelnost vysoce účinných alternativních systémů (jestliže jsou k dispozici):

- lokální systémy dodávky energie z obnovitelných zdrojů;
- kombinovaná výroba tepla a elektřiny;
- ústřední nebo blokové vytápění či chlazení, zejména využívá-li z části nebo zcela energii z obnovitelných zdrojů;
- tepelná čerpadla.

Uvedené nároky budou uplatněny u veškerých nových budov a při čtenějších změnách stávajících budov s výjimkou:

- staveb památkově chráněných;
- staveb užívaných pro bohoslužby nebo náboženské účely;
- dočasných staveb s dobou užívání dva roky či méně;
- průmyslových činností s nižší konzumací energie;

- staveb pro bydlení, které jsou užívány po dobu kratší než čtyři měsíce v roce a jejichž odhadovaná spotřeba energie je nižší než 25 % předpokládané spotřeby při celoročním užívání;
- samostatně stojících budov s celkovou užžitnou podlahovou plochou menší než 50 m<sup>2</sup>.

Evropská komise stanovila v roce 2011 a předala členským zemím srovnávací metodický rámec pro výpočet nákladově optimálních úrovní minimálních požadavků na energetickou náročnost budov a prvků budov. Srovnávací metodický rámec se určí v souladu s přílohou III Směrnice 2010/31/EU. Bude diferencovat nové a stávající stavby a různé kategorie staveb. Členské země poté vypočítají – s použitím srovnávacího metodického rámce – nákladově nejvýhodnější roviny nejnižších nároků na energetickou náročnost. Při tom je zapotřebí zohlednit klimatické okolnosti, skutečnou dostupnost energetické infrastruktury, eventuálně jiné parametry. Výsledky těchto propočtů a všechny počáteční informace oznámily členské země Komisi ve druhé polovině roku 2012.

Členským zemím nedávna směrnice pokládá také povinnost akceptovat nutná nařízení k informování majitelů a nájemců budov o technikách a průbězích k redukci energetické náročnosti. Členské země zajistily znaleckou preparaci jednotlivců odpovědných za provádění směrnice.

### 1.1.1 Definice

Směrnice zavádí užívání některých čerstvých pojetí, eventuálně používání vybraných pojmů v přesně definovaném smyslu. Z definic pojmů, které jsou obsaženy v článku 2 Směrnice, lze vybrat:

**Budova:** zastřešená budova se stěnami, ve které se používá energie k modifikaci interního okolí.

**Budova s téměř nulovou spotřebou energie:** budova, jejíž energetická náročnost je značně malá. Takřka nulová nebo malá spotřeba požadované energie by měla být v hojném rozsahu uspokojena z obnovitelných zdrojů, které lze získat v místě, kde se stavba nachází, nebo v jejím okolí.

**Technický systém budovy:** technické mechanismy, které jsou vyhrazené k vytápění, chlazení, větrání, ohřevu vody, osvětlení stavby anebo pro spojení zmíněných záměrů.

**Energetická náročnost budovy:** vykalkulované nebo změřené množství energie nezbytné pro pokrytí energie sjednocené s charakteristickým používáním budovy, což také zahrnuje energii, která se používá pro vytápění, chlazení, větrání, ohřev teplé vody a také osvětlení.

**Primární energie:** energie z obnovitelných a neobnovitelných zdrojů, jež neprošla žádnou reakcí přeměny nebo změny.

**Větší změna budovy:** taková změna dokončené stavby, při níž:

- souhrnné výdaje na stavební modifikace obvodového pláště budovy, modifikace nebo vyměnění technických systémů budovy jsou vyšší než 25 % hodnoty budovy bez hodnoty parcely, nebo;
- stavební změna/úprava postupuje u více než 25 % plochy obvodového pláště budovy.

**Nákladově optimální úroveň:** hladina energetické náročnosti, jež směřuje k minimálním výdajům v průběhu odhadovaného hospodářského životního cyklu, kde:

- minimální náklady se stanovují se zřetelem na investiční náklady v oblasti energií, náklady na údržbu a provoz (počítaje v to náklady na energie, spoření anebo příjmy z vyrobené energie) a také náklady na odstranění;

- odhadovaný ekonomický životní cyklus stanovují individuální členské země. Určuje zbývající odhadovaný ekonomický životní cyklus budov, kdy jsou nároky na energetickou náročnost vymezeny pro budovu jako celek nebo odhadovaný životní cyklus prvku budovy, kdy jsou požadavky na energetickou náročnost stanoveny pro prvky budovy.

Nákladově nejprůzračnější hladina se pohybuje v rozhraní úrovně náročnosti, ve kterých je analýza nákladů a zisků počítána pro odhadovaný ekonomický životní cyklus kladný.

### 1.1.2 Přílohy Směrnice

Příloha I vymezí hromadný rámec pro propočet energetické náročnosti budov. Energetická náročnost budovy se stanovuje na podstatě vypočítaného či reálného počtu energie, která se spotřebuje za rok na vytápění a ochlazování budovy a ohřívání teplé vody. Energetická náročnost budovy obsahuje i numerický indikátor spotřeby primární energie. Postup výpočtu energetické náročnosti by měl zohledňovat evropské předpisy a musí být určen se zřetelem na základní aspekty uvedené v příloze I směrnice. Pro záměry propočtu budou budovy rozvrženy do kategorií podle přílohy I.

Příloha II se věnuje především volným ověřovacím soustavám pro certifikáty energetické náročnosti a inspekčním informacím.

Příloha III charakterizuje záměr užití a vymezení nezbytných kritérií srovnávacího metodického

kého rámce pro určení nákladově ideálních rovin předpokladů na energetickou náročnost budov a prvků budov. [1]

## 1.2 Vývoj růstu cen tepla z CZT a předpokládaný vývoj

Ceny tepla pro další roky se zvýší jen nepatrně. V dalších letech se takřka pro čtvrtinu domácností napojených na soustavy zásobování teplem, ceny tepla spíše nezmění, nebo bude navýšení cen zanedbatelné. Podle tepelných elektráren, které spalují domácí hnědé uhlí, se předpokládá cenový nárůst do 5 %. Díky přívětivější zimě, lidé dostanou zpět své velké přeplatky. Čtvrtinám domácností, které jsou napojeny na teplárny se teplo pro následující roky nezdraží buď vůbec, nebo bude nárůst ceny jen minimální. V případě tepláren využívajících hnědé uhlí bude navýšení do 5 %.

Teplárenské sdružení České republiky provedlo u příslušných členů a ostatních výrobců tepla běžný průzkum předpokládaného vývoji ceny tepla pro následující roky. Do zkoumání se připojili dodavatelé, kteří zásobují teplem ve 167 městech a obcích takřka 1,2 milionu bytů, téměř čtyři pětiny (78 %) celkového množství na dálku vytápěných bytů v České republice.

Vyvíjení ceny závisí na využití paliva a mnoha dalších činitelích. Teplárny využívající zemní plyn, černé uhlí či biomasu ve spoustě směrech nebudou ceny navyšovat vůbec nebo pouze nepatrně do 3 %. U variant tepláren, které vytvářejí teplo z lokálního hnědého uhlí, je případné očekávat navýšení ceny tepla okolo 3 % (16 Kč/GJ), ve schopnosti tepláren, které mají nejnižší ceny do 5 %. Nejnižší teplo proto setrvává vytěžené z černého uhlí, i když odlišnost v ceně na rozdíl od zemního plynu se v minulých letech pomalu zmenšuje.

Roční výdaje na teplo z uhelných tepláren by se v následujících letech při průměrném využití tepla mohly zvýšit zhruba o 300 až 500 Kč. Domácnosti by tudíž mohly naspořit za topnou sezónu 3 až 5 GJ tepla, což je něco okolo 1750 a 3000 Kč.

Do ceny tepla, které se produkuje převážně z hnědého uhlí vyjma ceny paliva a vrácení nákladů u spotřebitelů, se začínají taktéž objevovat investice do snižování emisí. Uskutečněním tvrdých emisních limitů od roku 2016 je v případě využití hnědého uhlí spjato s největšími náklady. Ovlivňování má i cena povolenky na emise skleníkových plynů, jejíž cena meziročně narostla v korunách českých o více než půlku.

Teplárnám se rovněž krátí množství zdarma přidělených povolenek na výrobu tepla. To se větší měrou projevuje v možnosti hnědého uhlí, jež má početnější měrné emise na jednotku



vyráběného tepla a zároveň teplárny při jeho užití nabývají relativně menší příděl neplacených povolenek.

Oproti tomu, že vzrůst ceny tepla se bude týkat obzvláště hnědouhelných tepláren s doposavad nejmenšími cenami, setrvá i v příštím roce uchráněna cenová konkurenceschopnost dálkového vytápění v absolutní majoritě lokalit. V nemnoha místech s relativně větší cenou tepla se nadto soudí její snížení.

Následuje výhledový vývin části nákladů na bydlení a energie v %. Podle současné informace Českého statistického úřadu, který meziročně porovnává změnu cen, se v úseku bydlení snížily jen ceny elektřiny a to o 10,2 %. Rovněž se pak zvýšily ceny tepla a teplé vody, konkrétně o 0,7 %. Ceny ostatních komodit v sekci bydlení se zvětšily o něco více – čisté nájemné o 1,0 %, zemní plyn o 2,4 %, stočné o 3,2 % a vodné o 3,4 %.

U domácností, které jsou napojeny na soustavy dodávání tepla v bytových budovách, se díl výdajů na vytápění dlouhodobě redukuje. Cena tepla se v řadě zvyšuje, ale takovýto růst je likvidován našetřenými penězi tepla v zásobovaných domácnostech.

Někdy kolem roku 1993 vyčerpala obyčejná domácnost v České republice ročně kolem 60 GJ tepla na vytápění a ohřev vody. V roce 2003 průměrná roční spotřeba tepla domácnosti poklesla na 45 GJ za rok a v momentálně se pohybuje mezi 28 až 30 GJ tepelné energie.

Výdaje na zaopatření tepelné pohody se na celkových peněžních vydáních domácností podílejí necelými 6 %.

### **1.3 Problematika úspor tepelné energie v objektech napojených na CZT**

Zóna šetření energií je velice složitá. Je zapotřebí řešit šetření energií na vytápění objektů v budovách mimo držení státu. Jedná se především o bytové domy, které jsou v privátním držení majitelů bytů a vede je společenství vlastníků jednotek či bytová družstva.

#### **1.3.1 Vývoj růstu cen tepla**

Jeden z nejzávažnějších důvodů je stále zvyšující se cena energií. Navyšování cen energií je zapříčiněno zejména 4 faktory:

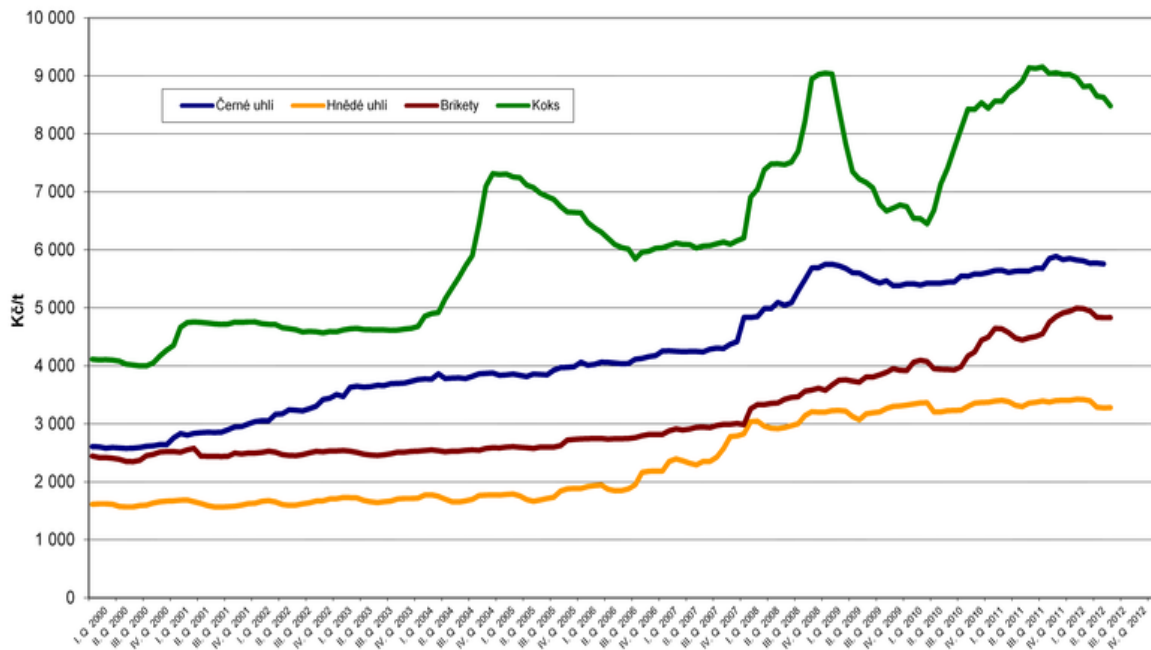
- Narůstající cena fosilních paliv (vstupů potřebných pro výrobu energií)
- Vzrůstající výše snížené sazby DPH (daň z přidané hodnoty) a ekologické daně
- Narůstající fixní výdaje na chod teplárenských zařízení
- Snižující se množství odebíraného tepla z CZT

#### **1.3.1.1 Vzrůstající cena fosilních paliv**

V posledních 20 letech ceny paliv a energií neustále rostou (s výjimkou krátkodobých snížení, které byly poté potlačeny výraznějším zvýšením). Příčinou je především nárůst ceny fosilních paliv, což je způsobeno stoupající poptávkou a omezeností zdrojů. Stoupající poptávka je způsobena nejen zvyšujícím se počtem obyvatel, ale také prudkým zvýšením poptávky v rozvojových zemích, jako je např. Čína nebo Indie.

Ze statistik je více než zřejmé, že se jako více než 60 % paliv při výrobě dálkového tepla pro vytápění zejména bytových budov využívá uhlí a ze 17 % se využívá zemní plyn. Jiné paliva se využívají v zanedbatelné míře.

Vývoj spotřebitelských cen uhlí  
(maloobchod; tříděné druhy uhlí, koks a brikety; cena v Kč/t vč. daní)  
Zdroj dat: ČSÚ



Obrázek 1 Vývoj spotřebitel. cen uhlí

Graf znázorňuje vývin spotřebitelských cen uhlí. Od roku 2000 do roku 2011 cena uhlí stále stoupá. Nákupní ceny uhlí pro teplárny, které se každý rok pravidelně navyšují, nápadně ovlivňují konečnou cenu dodaného tepla do obytných budov. Podobný nárůst jako u uhlí se zaznamenalo i u plynu.

### 1.3.1.2 Narůstající výše snížené sazby DPH a ekologické daně

Výslednou cenu pro zákazníka ovlivňuje nejen zvyšující se cena paliva, ale také velice nápadně zvyšující se snížená sazba daně z přidané hodnoty. Od roku 2007 do roku 2011 narostla snížená sazba DPH o necelý trojnásobek. V tabulce je ilustrován přehled vývoje sazeb DPH od roku 1993 do roku 2012.

Datum platnosti	Snížená sazba DPH	Základní sazba DPH
1/1993 - 12/1994	5 %	23 %
1/1995 - 4/2004	5 %	22 %
5/2004 - 12/2007	<b>5 %</b>	19 %
1/2008 - 12/2009	9 %	19 %
1/2010 - 12/2011	10 %	20 %
1/2012 - 12/2012	14 %	20 %

Tabulka 1 Sazby DPH a ekologické daně

Při ceně tepla a teplé vody, které se připravují v centrálních zdrojích tepla pro bytové domy, naroste cena na jednu bytovou jednotku z běžných 25.000,- Kč včetně 10 % DPH (viz tabulka rok 2011) o celých 1.000,- Kč včetně 14 % DPH (rok 2012) a v dalším roce vrostou opět o dalších 910,- Kč včetně 17,5 % DPH (viz tabulka rok 2012). Velký vliv na vývoj ceny tepla mají přímé daně. Vývoj ceny tepla ale velmi ovlivňuje také tzv. ekologická daň. Od roku 2008 byl uplatněn zákon, který obsahuje informace ke zdaňování pevných paliv. V závislosti na výhřevnosti, je jedna tuna hnědého uhlí zdaněna cenou, která se přibližně pohybuje okolo 140,- Kč. V příštích letech však můžeme očekávat nátlak Evropské unie na další zvyšování ekologických daní.

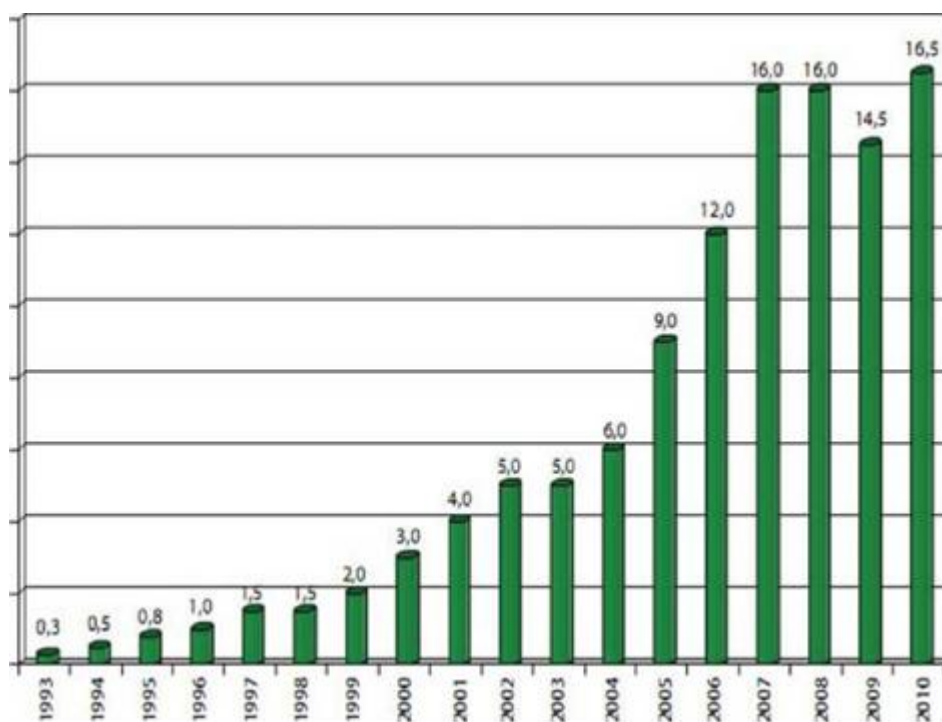
### 1.3.1.3 Vzdávající fixní náklady na provoz tepláren

Jedny z dalších důvodů, proč se stále navyšují ceny tepla, jsou neustále rostoucí fixní náklady na provoz tepláren. Do zvyšujících se fixních nákladů tepláren lze zahrnout zvýšení platů pro zaměstnance, ztráty v rozvodech, nutnou údržbu, nutnost měnit stávající technologie za „ekologičtější“ apod. Hlavním důsledkem těchto zvyšujících se nákladů, je především růst ceny tepla pro konečné odběratele.

### 1.3.1.4 Snižující se množství odebíraného tepla z CZT

Navyšování ceny tepla můžeme zejména chápat také jako úbytek poptávaného tepla, které dochází na straně konečných odběratelů z důvodu úsporných opatření (např. zateplení, regulace, instalace měřidel apod.). Tato skutečnost vedla především k tomu, že fixní náklady byly rozpuštěny do menších množství vyrobených a prodaných GJ.

V roce 2000 bylo zatepleno přibližně 3 miliónů metrů čtverečních obvodových stěn. Nicméně, toto zateplování se nijak výrazně neprojevovalo na sníženém množství tepla, které se vyrábí. Naopak od roku 2007 můžeme zaznamenat nárůst, jelikož se každým rokem zateplí cca 14,5 - 16,5 miliónů metrů čtverečních obvodových stěn. Toto zateplování ale již velmi ovlivňuje odebírané množství tepla z CZT.[2]



Obrázek 2 Množství zateplených ploch

## 2 PROSTŘEDKY KE SNIŽOVÁNÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOV

Energetická náročnost budov se dá, také snížit různými způsoby stavebních úprav objektů a regulací topných soustav. v následující kapitole budou rozebrány.

### 2.1 Stavební úpravy

Stále narůstající ceny energií a stále zhoršující se stavy objektů patří mezi dva hlavní důvody, proč se majitelé domů často rozhodnou pro realizaci energeticky úspornějších opatření, které daleko více minimalizují celkové spotřeby energií. Nejběžnějším řešením na minimalizaci energetické náročnosti budov je výměna veškerých stávajících výplní otvorů (okna a dveře) za plastové či hliníkové výplně. Jako další krok probíhá zateplení obvodových stěn domů. Do dalších řešení na snížení energetické náročnosti budovy, lze zařadit také výměnu zdroje tepla, regulaci otopné soustavy a zateplení střech. [17]

**Celkově lze energetická opatření shrnout do pěti celků:**

- Záměna stavebních výplní
- Zateplení obvodových stěn
- Zateplení střešního pláště

#### 2.1.1 Záměna stavebních výplní

Stavebními výplněmi se rozumí dveře a okna. Jak dveře, tak i okna se běžně vyrábějí dřevěná, plastová, hliníková, ocelová, dřevo-hliníková nebo bezrámová.

Vzhledem ke kvalitě i ceně se pro účely výměn stavebních výplní v bytech nejčastěji používají plastové či hliníkové výplně. Výměna stávajících oken a dveří za plastové nebo hliníkové se vyznačuje jako významný krok v cestě za úsporou financí. Původní okna a dveře mají za následek větší únik tepla (v některých případech až o téměř 50 %) a někdy také mohou způsobit vznik plísní. Zastaralé vstupní vchodové dveře způsobují větší chlad a průvan na chodbách. Takto se ochlazují stěny bytů a z toho důvodu poté dochází k zbytečným únikům tepla. Staré vchodové dveře do bytových jednotek jsou často taky překážkou pro případné neoprávněné vniknutí do bytové jednotky a hrozí tak možné nebezpečí krádeží.

Při výměně oken a dveří získají uživatelé bytových jednotek následující výhody:

- Snížení energetické náročnosti = vysoká úspora energie
- Vylepšení zvukově-izolačních vlastností = výrazně příjemnější bydlení
- Esteticky příjemnější dům = nový vzhled objektu
- Zhodnocení ceny objektu = navýšení tržní hodnoty bytů
- Zlepšení technického stavu objektu = úspora nákladů při opravách v budoucnu
- Minimalizace rizika úrazu při rozbití okna či dokonce vypadnutí z něj. [3]



Obrázek 3 Plastové okna a dveře

### 2.1.2 Zateplení obvodových plášťů

Mezi základní opatření k získání úspory energie, se používá zateplení obvodových stěn.

Při použití zateplení objektu lidé mohou většinou ušetřit největší množství energie na vytápění.

Důvodů, proč je dobré zateplovat budovy je hned několik.

Mezi hlavní ekonomické důvody patří např.:

- Snížení nákladů na vytápění o 20 - 50 %
- Ochrana konstrukcí (čímž dojde k prodloužení životnosti objektu)
- Snížení provozního výkonu otopné soustavy (tak se prodlouží životnost otopné soustavy).

Dalšími důvody, proč zateplovat fasádu, jsou např.:

- Odstranění případně vyskytlých plísní, které vznikly kondenzací na vnitřních stranách obvodové konstrukce
- Zvýšení tepelné pohody navýšením teploty na povrchu na vnitřních stranách obvodové konstrukce
- Zvýšení tržní hodnoty objektu (lepší vzhled a nižší náklady na vytápění).

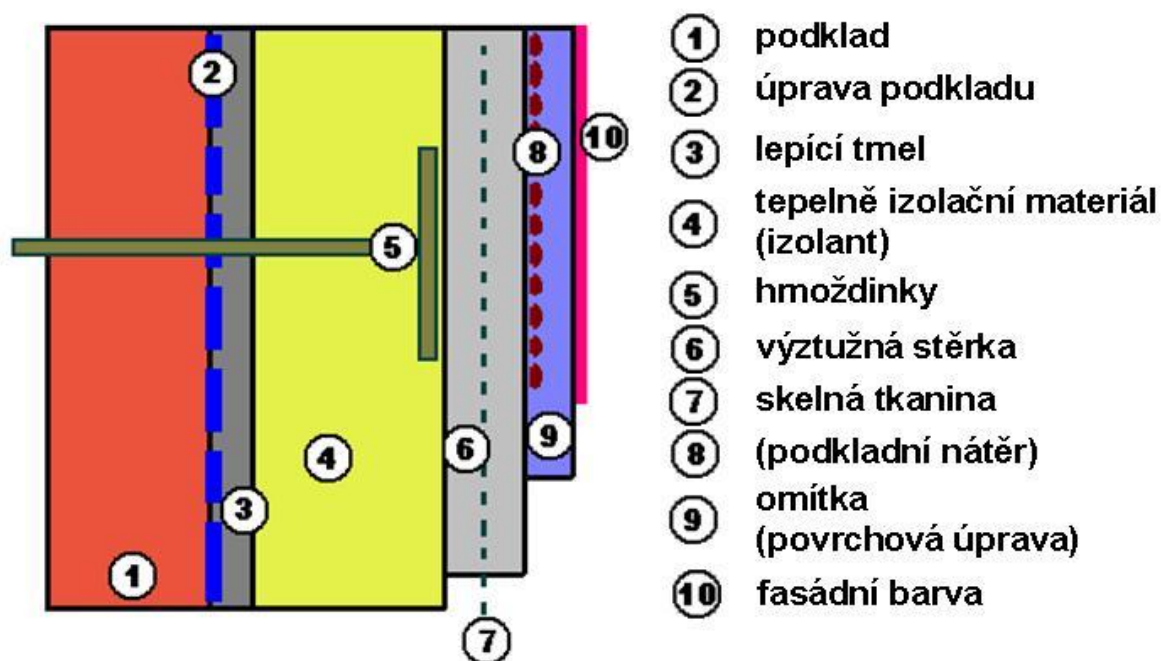
Zateplovací fasádní systém je označujeme jako takový systém, který má schválení ETA (evropské technické schválení). Zateplení objektu je velice složitý technologický proces. Aby zateplovací systém správně fungoval, je nezbytné přesně dodržet technologický proces a certifikovaný systém.

V ČR se používá norma ČSN 73 2901 - Provádění vnějších tepelně izolačních kompozitních systémů (ETICS).

#### **Systém ETICS od výrobce systému stanovuje následující součásti:**

- Lepicí hmotu (která specifikuje cementové či bez cementové lepidlo nebo pěnové lepidlo)
- Mechanické kotvící prvky (specifikují kotvícího materiály)
- Tepelně izolační materiál (specifikuje polystyren nebo minerální vaty)
- Základní vrstvu nebo vrstvy na izolant (specifikace cementového nebo bez cementového lepidla)
- Výztuž (specifikovanou výztuž - sklo-vláknité tkaniny)
- Konečná povrchová úprava (specifikovaná omítka)
- a další (např. ukončovací, dilatační, rohové profily).





Obrázek 4 Zateplovací systém ETICS

Certifikovaný zateplovací systém je velice důležitý pro použití pro správné zateplení budov. Důvod je logický. Jestliže dojde ke špatné volbě a technologicky nevhodně použitým systému zateplení, tak následně vzniká vyšší riziko poruch a poškození systému, které by mohly nastat. Zateplení není jen o tom, zdali má izolant např. 10 cm nebo 14 cm. Nesprávně provedený zateplovací systém s větším izolantem může mít horší tepelně izolační vlastnosti, než dobře provedený systém s menší tloušťkou izolantu. ČR se řadí mezi evropskými státy k nejvíce zateplováných stěn na 1 obyvatele. Když se vezme v potaz počet obyvatel a množství m<sup>2</sup> zateplení obvodových stěn (cca 14-16 miliónů m<sup>2</sup> za ročně), řadí se Česká republika v Evropě na první místo. Nicméně, toto číslo neznačí, že je vše technologicky správně prováděno. [16]

Certifikovaný zateplovací systém je důkladně testován a podrobován nemnoha testům od TZÚS (Technický a zkušební ústav stavební Praha, s. p.). Mezi zkoušky a testy, jež jsou konány na zateplovacích systémech, můžeme zařadit především:

- Test klimatických změn
- Test rázu (imunita proti úderu, odolnost proti vniknutí)
- Test propustnosti vodních par
- Test soudržnosti (mezi základní vrstvou a izolací, a také mezi adhezivem a podkladem)
- Test odtrhu (tzv. odtrhové zkoušky od podkladu)

- Test odolnosti (zkoušky odolnosti proti zatížení větrem)
- Test pevnosti v přetržení a poměrného prodloužení výztužné tkaniny.

Nejen tyto testování, ale také ostatní zkoušky dle ETAG 004 bývají velice obtížné. V případě, že zateplovací systém získá certifikát shody a ETA, je možné, aby byl certifikován a dodáván na stavby. Certifikovaný systém neznamena, že bude správně realizován. Veškerý certifikovaný systém může ztratit nejen na své hodnotě, ale i kvalitě a to zejména špatným provedením. Špatně provedený zateplovací systém neuspokojí předpokládané a požadované úspory.

V ČR vznikl tzv. „registr Osvědčení ETICS“, který byl vytvořen ve spolupráci s Cechem pro zateplování budov a TZÚS Praha, s. p. Výsledek této hromadné spolupráce je zajistit, že realizační organizace budou po veškerou dobu trvání zakázky používat vhodnou metodu a podle závazných ustanovení. Ve výsledku dojde k tomu, že bude objekt zateplen bez jakýchkoli technologických chyb a zároveň dojde ke skutečnému spojení na vytápění. Systém osvědčení ETICS vznikl kvůli nesprávnému provádění systému ETICS. Z příčiny špatného provedení, vznikly chyby a poruchy systému, které redukovaly životnost systému. Současně takto neodborně použitý systém přinesl zvýšení nákladů na údržbu v budoucnu.

Systémem osvědčování ETICS je také zajišťován systém hlášených i nehlášených kontrol na stavbách ze strany nezávislého Technického a zkušebního ústavu stavebního Praha, s. p., který uděluje Osvědčení ETICS. V současnosti drží tento certifikát jen přibližně 34 firem, které se zabývají zateplováním budov.[3,4,5]

### **2.1.3 Zateplování střech**

Při zateplování objektů dochází k častému zapomínání na zateplení střech. Ztráty tepla, ke kterým dochází přes střešní plášť, bývají okolo 12 %, tudíž zateplování střech je pro celkový pokles energetické náročnosti objektu velmi důležité. Střechy na bytových domech dělíme na ploché a šikmé.

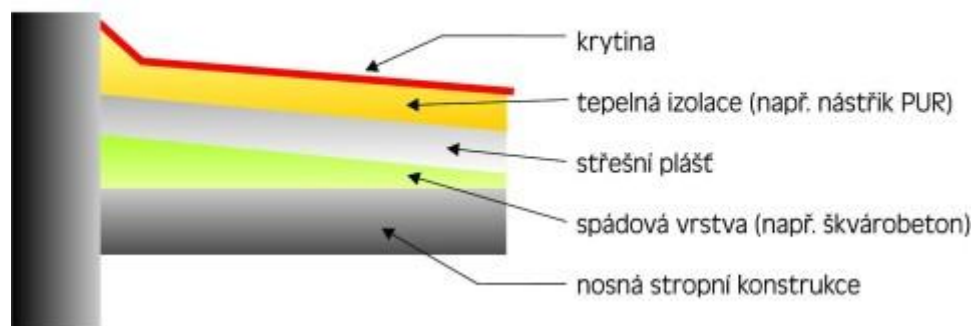
#### **2.1.3.1 Zateplování plochých plášťů**

Ploché střechy patřily mezi nejběžnější řešení při panelové výstavbě. Ploché střechy se dělí na tzv. jednoplášťové, dvouplášťové a výjimečně tříplášťové.

### 2.1.3.2 Jednoplášťové střechy

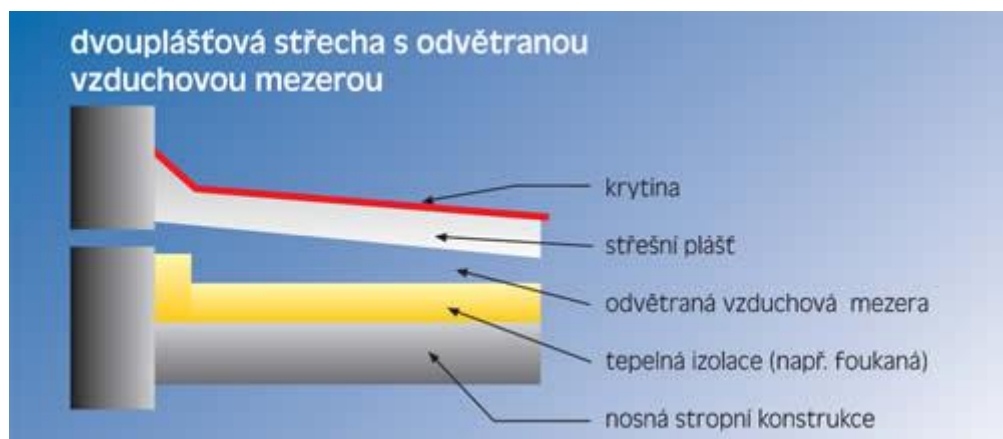
Obsahují izolant, který je umístěný bezprostředně na poslední skladbě konstrukce a ta je poté překryta hydroizolační vrstvou. Dvouplášťová střecha má pláště dva. Horní plášť má obrannou funkci proti atmosférickým srážkám, slunečnímu záření a také větru. Funkce dolního pláště je ochrana proti úniku tepla z místností, které se nachází pod ním. Současně musí zabránit vnikání vodní páry do vzduchové mezery. Mezi oběma plášti se nachází vzduchová mezera. V této vzduchové mezeře je třeba, aby bylo dostatečné provětrání, které zabráni kondenzaci vody a umožní odvést vodní páru mimo střešní plášť.

jednoplášťová střecha



Obrázek 5 Zateplení jednoplášť. střecha

**Zateplení dvouplášťové střechy** se u stávající panelové výstavby ve většině případů uskutečňuje tzv. nafoukáním izolantu. Nafoukání izolantu je způsob, kdy je do stávající vzduchové mezery dodán izolant. S dodáním izolantu se také provádí nová hydroizolační vrstva a to v majoritě případů povrchem z asfaltových pásů či PVC krytiny. Další možnost, jak izolovat plochou střechu, je úplná přeměna konstrukce a předělání ploché střechy na střechu šikmou. Do volného prostoru je také možné umístit izolaci. [8]



Obrázek 6 Zateplení dvouplášť. střecha

## 2.2 Regulace topných soustav

Dosáhnout úspor v řádech desítek procent, je možné pomocí správné regulace otopné soustavy. Naopak špatná nebo chybějící regulace může způsobit daleko větší spotřebu energií. Jakmile dojde k poklesu energetické náročnosti bytových domů, měla by být pokaždé regulace optimálně nastavena a je nezbytné, aby bylo vše seřízeno odborně. Vlivem špatně seřízené regulace, může docházet k takřka nulovým úsporám na vytápění. K této situaci dojde tehdy, pokud nedochází k optimalizaci otopné soustavy, například po zateplení objektů. Spousta majitelů objektů provedla četná opatření s cílem minimalizace energetické náročnosti objektu, nicméně nedosáhla takových úspor, které se předpokládaly. Jako hlavní důvod se často uvádí fakt, že otopná soustava není vhodně nastavena. Jestliže dojde ke špatnému nastavení, vyrábí se zbytečně teplá otopná voda. [15]

Úspora na regulaci otopné soustavy lze správně docílit pomocí:

- Ekvitermní regulace
- Pomocí instalace termostatických ventilů a termostatických hlavice
- Regulací IRC
- Zavádění nočních a denních útlumů.

### 2.2.1 Ekvitermní regulace

Základem při vytápění veškerých objektů je využití ekvitermní regulace pro dodávky teploty topné vody. Tato ekvitermní regulace se zakládá především na přizpůsobení teploty topné vody v závislosti na vnější teplotě.

Čím větší vnější teplota je, tím se může vyrábět nižší teplota topné vody a opačně. Pro každou z místností lze stanovit soustava ekvitermních křivek.

### **2.2.2 Zavedení termostatických ventilů a termostatických hlavic**

Vzhledem ke stále zvyšujícím se cenám energií, je regulace vytápění zcela nezbytná. Teplota topného média se reguluje na základě výpočtu teploty, která je venku a také vytápěných objektů. Reálná vnější hodnota tepla se z pravidla liší, tudíž při dodání tepla dochází povětšinou k přetápění daných objektů či naopak, kdy topná soustava nemá dostatečný výkon. V takovém případě předimenzovaného systému mluvíme o vyšší spotřebované energii. [14]

K úspoře nákladů spojené s vytápěním, dojde v případě regulovaného objektu.

Možností, které lze vzít do úvahy je spousta. Nejběžnější bývá instalace termostatických ventilů a termostatických hlavic.

### **2.2.3 Regulace IRC**

IRC (z anglického Individual Room Control) regulace je častěji označována jako zónová regulace, či individuální pokojová teplota. Termostatické ventily a hlavice jsou schopny ovlivnit přívod tepla do otopného tělesa. Docílení optimálních úspor a optimálního množství nebo teploty vyrobeného tepla pomocí instalace termostatických hlavic avšak závisí na celkové regulaci objektu. Systémy, které řídí teplotu v místnostech, chrání komplexní regulaci tepla v dané bytové jednotce od samotného zdroje až po jednotlivé místnosti. Jednotlivé místnosti mohou být vytápěny podle nastaveného časového harmonogramu. V každé z místností je osazena termostatická hlavice, která se ovládá IRC systémem a řídicí jednotka. Uživateli je pak umožněno nastavit si v místnostech denní a noční režimy s přesně nastavenými teplotami. [10]

### 3 SOUČASNÉ ZPŮSOBY REGULACE TOPNÝCH SOUSTAV

#### 3.1 Regulace tepelného výkonu

Hlavním opatřením k zabezpečení úsporné dodávky tepla pro vytápění budov je dokonalý technický stav kotelen a úpraven parametrů a jejich vybavení odpovídající regulací.

U rozměrnějších subjektů, které jsou navíc ještě vhodně zaměřovány vzhledem ke světovým stranám, a tak s rozdílným osluněním fasád, je nejvýš příhodné uplatnění oblastní regulace, která přesněji postihuje proměnnou nutnost tepla. [13]

Řízení tepelného výkonu vytápěcích mechanismů lze dosáhnout:

- řízením zdrojů tepla;
- centrální regulací otopné soustavy nebo jejích částí;
- lokální řízení spotřebičů tepla.

Předností vodních otopných systémů je možnost usměrňovat tepelný výkon dvěma způsoby:

- kvalitativně;
- kvantitativně.

Přičemž při sestavě obou uvedených druhů mluvíme o spojené regulaci

##### 3.1.1 Kvalitativní regulace

Při této regulaci se mění teplota otopné vody a průtok setrvává konstantní. Kvalitativní regulaci lze realizovat transformací teploty vody ze zdroje tepla, popř. směřováním v trojcestných

nebo čtyřcestných směšovacích ventilech či v stálém směšovací části potrubní sítě.

Stanovme stav reálného přenášeného výkonu do místnosti ke jmenovitému výkonu pro tutéž místnost  $\phi$ . Reálný přenášený výkon  $Q$  je podléhající na vnější teplotě  $t_e$ , jmenovitý výkon  $Q_N$  je stanoven při vnější oblastní výpočtové teplotě  $t_e$ . Poměr  $\phi$  označme zátěží struktury. [11]

$$\varphi = \frac{Q}{Qn} \approx \frac{t_i - t_e}{t_i - t_e}$$

Rovnice 1

kde  $t_i$  je výpočtová interní teplota pokoje.

Ze vztahu výkonů otopné plochy stanovených z kalorimetrické rovnice se shodnými průtoky plyne:

$$\varphi = \frac{\delta t}{\delta t_N} = \frac{t_{W1} - t_{W2}}{(t_{W1} - t_{W2}) N}$$

Rovnice 2

kde  $\delta t$  a  $\delta t_N$  jsou konkrétní a nominální ochlazení na otopné ploše (v otopných tělesech).

Ze vztahu výkonů otopné plochy stanovených prostupem tepla teplosměnnou plochou je dán následující souvislost

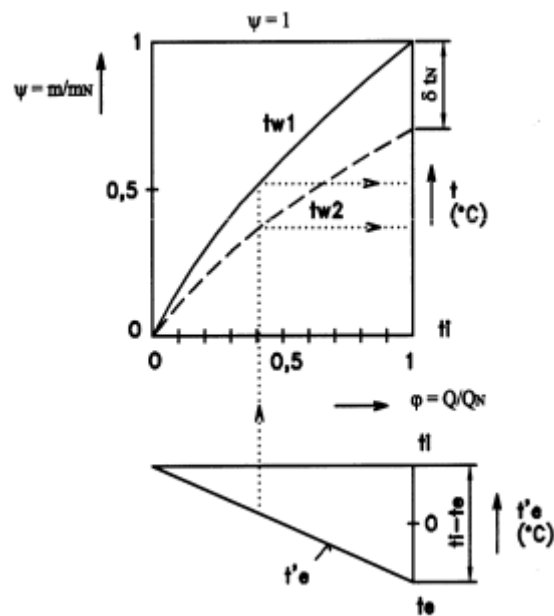
$$\varphi = \left( \frac{\Delta t}{\Delta t_N} \right)^n = \left( \frac{\frac{t_{W1} + t_{Wi}}{2} - t_i}{\left( \frac{t_{W1} + t_{W2}}{2} - t_i \right) N} \right)^n$$

Rovnice 3

kde  $\Delta t$  a  $\Delta t_N$  znamenají konkrétní a určený průměrný teplotní distinkci mezi teplotou teplotnosné látky a teplotou prostředí. Výsledkem dvou výše zaznamenaných rovnic získáme pro otopnou soustavu s otopnou plochou (např. otopná tělesa) vazbu regulované teploty  $t_{w1}$  na zatížení soustavy  $\phi$ :

$$t_{w1} = t_i + \Delta t_N * \varphi^{\frac{1}{n}} + \frac{\delta t_N}{2} \cdot \varphi$$

Rovnice 4



Obrázek 7 Kalitativní regulace digram

### 3.1.2 Kvantitativní regulace

Při této regulaci se mění hmotnostní průtok a teplota zůstává konstantní. Kvantitativní regulaci lze provést přiškrcením, nebo oddělením proudu v trojcestné dělicí armatuře.

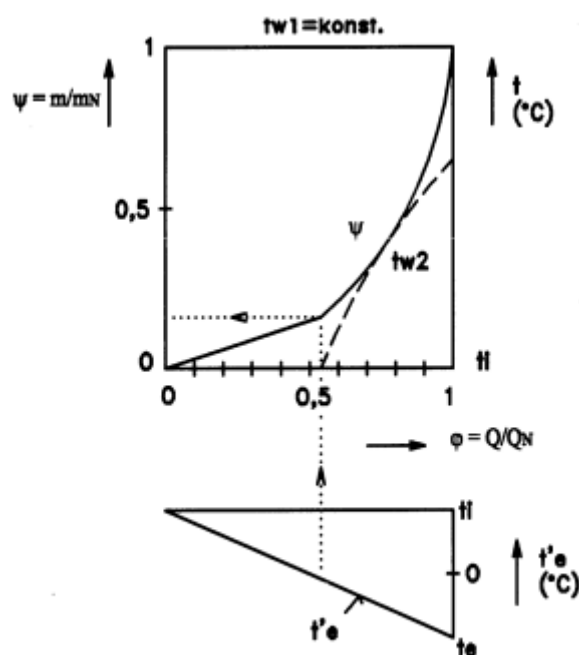
Pro zatížení soustavy získáme vztah

$$\varphi = \frac{m}{mN} * \frac{t_{w1} - t_{w2}}{(t_{w1} - t_{w2})N} = \psi * \frac{t_{w1} - t_{w2}}{(t_{w1} - t_{w2})N}$$

Rovnice 5

kde  $m$  a  $mN$  znamenají reálný a jmenovitý hmotnostní průtok vody soustavou a  $\psi$  je poměrný průtok soustavou.





Obrázek 8 Kvantitativní regulace diagram

Výsledkem předcházející rovnice a rovnice pro poměr výkonů otopných těles stanovených pro-  
stupem tepla teplosměnnou plochou získáme vazbu regulovaného relativního průtoku  $\psi$  na zatí-  
žení soustavy  $\phi$

$$\psi = \frac{0,5 * \Delta t_N * \phi}{t_{w1} - t_i - \Delta t_N * \phi^{\frac{1}{n}}}$$

Rovnice 6

### 3.2 Regulace příkonu tepla

V objektech je možno vesměs uplatnit rozdílnou regulaci tepelného příkonu. Tudiž si na úvod  
uvedme alespoň prosté roztřídění této regulace. Regulovat příkon tepla lze, jak ukazuje následu-  
jící rozdělení, podle:

1. výstupní teploty vody ze zdroje tepla
2. vnitřní teploty vzduchu a to
  - a) přímo, kdy je regulován přímo zdroj tepla

b) nepřímě, kdy je regulována vstupní teplota vody do otopné soustavy (např. směšováním) a zdroj tepla je regulován samostatně

c) místně, kdy je regulován výkon jednotlivých otopných těles (ploch) a zdroj tepla je regulován opět samostatně

3. vnější teploty ovzduší – ekvitermně, resp. podle vnějších klimatických předpokladů a to opět

a) přímo, kdy je regulován přímo zdroj tepla

b) nepřímě, kdy je regulována vstupní teplota vody proudící do soustavy. Zdroj tepla je regulován samostatně.

4. zátěže či zátěží. Tato regulace je přímá a hovoříme zde již o využívání fuzzy logiky.

Při použití regulátorů, které regulují teplotu otopné vody v závislosti na venkovní teplotě vzduchu, tedy při použití ekvitermní regulace dosahujeme úspor tepla vzhledem k původní spotřebě podle druhu objektu 10 až 25 %. Jestliže doplníme tento druh regulace o tzv. zónovou regulaci, úspory tepla se ještě zvýší a dosáhnou hodnot 15 až 30 %. [6]

### 3.2.1 Návrh regulace

Při návrhu regulace pro danou otopnou strukturu je příhodné zachovávat následující části:

1. velikost a druh budovy (nizkopodlažní zástavba, výšková stavba, administrativní budova apod.)

2. atributy tepelně akumulční (hmotnost stavby, druh stavebního materiálu, druh a síla tepelné izolace, velikost zasklené plochy, infiltrace, apod.)

3. tepelně akumulční vlastnosti otopné soustavy (typ soustavy, vodní obsah, apod.)

4. vlivy venkovních klimatických vlivů na budovu (poloha jednotky v terénu, orientace k světovým stranám, venkovní teplota, oslunění, síla větru apod.)

5. vnitřní – mikroklimatické podmínky (světlo, počet osob v místnosti, vlhkost).

6. peněžní náklady na regulační zařízení (tyto náklady je správné porovnávat s úsporami, kterých lze dosáhnout na tepelné energii)

7. nároky uživatele na vyšší standard a jaké přímé požadavky bude mít. V dnešní době je snaha o zateplování objektů, tudíž zlepšovat jejich tepelně-technické vlastnosti, s cílem na úspory energií. Nestačí jen provést zateplení objektu, ale je potřeba, aby byla tomuto zateplení přizpůsobena také otopná soustava. Proto je potřebné a nezbytné co nejdříve si prostudovat jednotlivé typy regulace.

## 4 PROBLEMATIKA REGULACE VYTÁPĚNÍ V SOUSTAVÁCH CZT

Zateplování budov slibovalo úsporu bezmála 50 %, nicméně reálné úspory jsou pouhých 20 % nebo žádné a v některých případech lze naměřit vyšší hodnotu spotřebovaného tepla, než jaká byla před samotným zateplením. Soustavy v jednotlivých podlažích nejsou správně dotápěny a na jiných místech hlučí i přesto, že jejich seřízení proběhlo opakovaně podle diagnostických měření. Otázkou je, zda je diagnostika schopna odhalit důvody a vyregulování soustavy schopno zjednat nápravu.

Problém se nachází v metodice, která se použije na vyregulování soustav a v řešení oboru vytápění obecně. Kdyby byla soustava seřízena správně, žádné nové seřízení, ani opakované „diagnostické měření“ by po zateplení objektu nebylo nutné. Zateplení budov je degradováno běžným algoritmem oboru vytápění, jež se dívá na soustavu a řeší ji jako statickou, ale nikoliv jako soustavu dynamickou, která je postavena na jiných principech.

V obou případech těchto typů soustav platí závislost parametrů, nicméně dynamická soustava je velmi odlišná od soustavy statické v absolutních hodnotách správného průtoku  $G = 100 \%$ , na který bývá soustava seřizována a organizace se snaží vyregulovat běžné (chybné) průtoky. [7]

### 4.1 Regulace vytápění ve statických topných soustavách

Průtok u statické soustavy závisel pouze na hydraulických poměrech, tudíž stačilo, aby byl nastaven hydraulický odpor radiátorové armatury, který byl tvořen pouze ze škrtícího elementu. Lze říci, že bylo takřka vše jednoduché, jelikož průtok závisel především jen na tom, jak se nastaví škrtící element. [12]

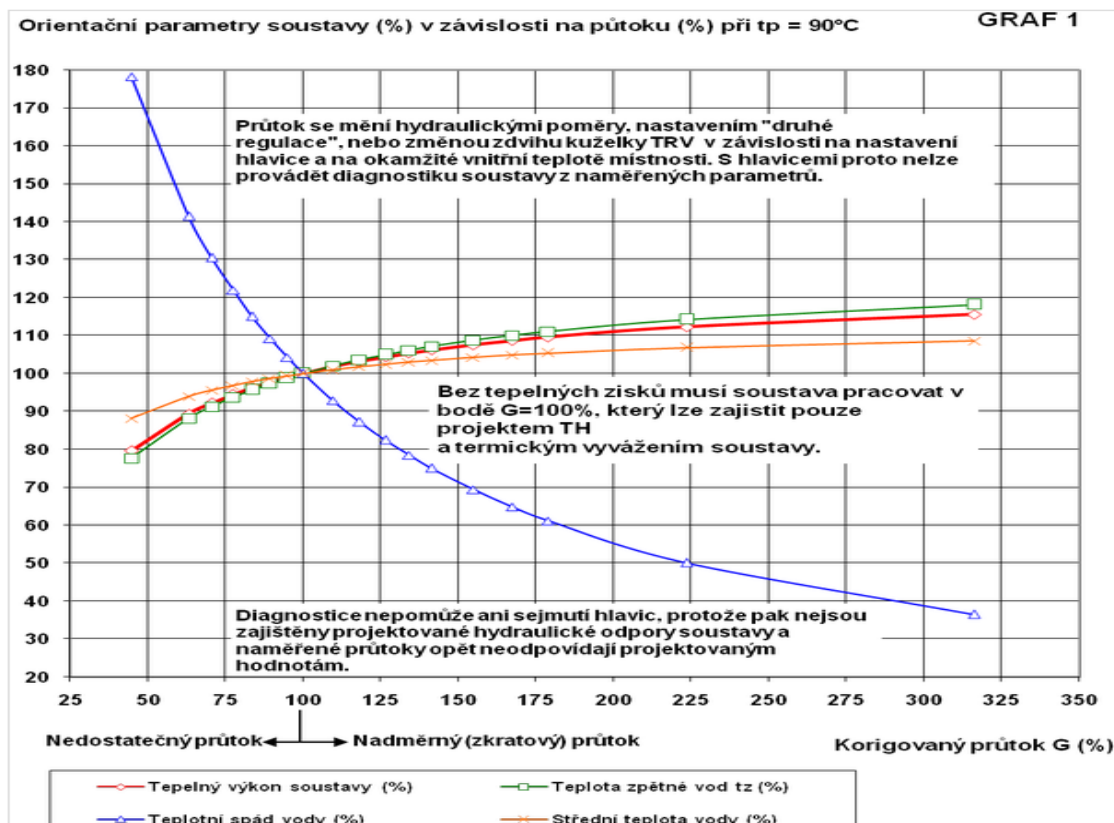
### 4.2 Regulace vytápění v dynamických topných soustavách

Radiátorová armatura u dynamické soustavy obsahuje dva hydraulické odpory (škrtící element a kuželka). Aby nastavení škrtícího elementu TRV bylo uvedené výrobcem, tak by měl zdvih kuželky odpovídat uvedenému proporcionálnímu pásmu. Teplotní čidlo poté musí působením tepla soustavy aktivovat kuželku k tomu správnému zdvihu, jinak nastavení těchto škrtících elementů není možné považovat za platné. Je tudíž nezbytné řešení přenosu tepla soustavou při skutečných teplotních parametrech vody a tomu poté odpovídá průtok značně odlišný.

TAB. 1 Orientační hodnoty závislosti parametrů soustav na diferenčním tlaku při  $t_p = 90\text{ }^\circ\text{C}$

Diferenční tlak na vstupu do soustavy $H_{dif}$ [%]	1. Průtok soustavou $G$ [%]	2. Tepelný výkon soustavy $P$ [%]	3. Teplota zpětné vody $t_z$ [ $^\circ\text{C}$ ] = %	4. Teplotní spád $\Delta t_m$ [K] = %	5. Střední teplota vody $t_{zm}$ [ $^\circ\text{C}$ ] = %
20	44,72	79,61	54,35 = 77,64%	35,65 = 178,25%	70,07 = 88,20%
40	63,25	89,40	61,71 = 88,16%	28,29 = 141,45%	74,64 = 93,96%
50	70,71	92,24	63,90 = 91,29%	26,10 = 130,50%	75,94 = 95,59%
60	77,46	94,43	65,61 = 93,73%	24,39 = 121,95%	76,94 = 96,85%
70	83,67	96,21	66,99 = 95,70%	23,01 = 115,05%	77,74 = 97,86%
80	89,44	97,67	68,15 = 97,36%	21,85 = 109,25%	78,40 = 98,69%
90	94,87	98,92	69,14 = 98,77%	20,86 = 104,30%	78,96 = 99,40%
100	100,00 výchozí	100,00	70,00 = 100,00%	20,00 = 100,00%	79,44 = 100,00%
120	109,54	101,78	71,42 = 102,03%	18,58 = 92,90%	80,23 = 100,99%
140	118,32	103,19	72,56 = 103,66%	17,44 = 87,20%	80,86 = 101,79%
160	126,49	104,37	73,50 = 105,00%	16,50 = 82,50%	81,38 = 102,44%
180	134,16	105,36	74,30 = 106,14%	15,70 = 78,50%	81,82 = 102,99%
200	141,42	106,20	74,99 = 107,13%	15,01 = 75,05%	82,19 = 103,46%
240	154,92	107,59	76,12 = 108,74%	13,88 = 69,40%	82,80 = 104,23%
280	167,33	108,70	77,02 = 110,03%	12,98 = 64,90%	83,29 = 104,85%
320	178,89	109,60	77,76 = 111,08%	12,24 = 61,20%	83,68 = 105,34%
500	223,61	112,29	79,97 = 114,24%	10,03 = 50,15%	84,85 = 106,81%
1000	316,23	115,59	82,70 = 118,14%	7,30 = 36,50%	86,28 = 108,61%
5000	707,11	120,27	86,60 = 123,71%	3,40 = 17,00%	88,29 = 111,14%
10000	1000,00	121,42	87,58 = 125,11%	2,42 = 12,10%	88,78 = 111,76%

Tabulka 3 Orientační hodnoty soustav



Obrázek 9 Orientační parametry soustav



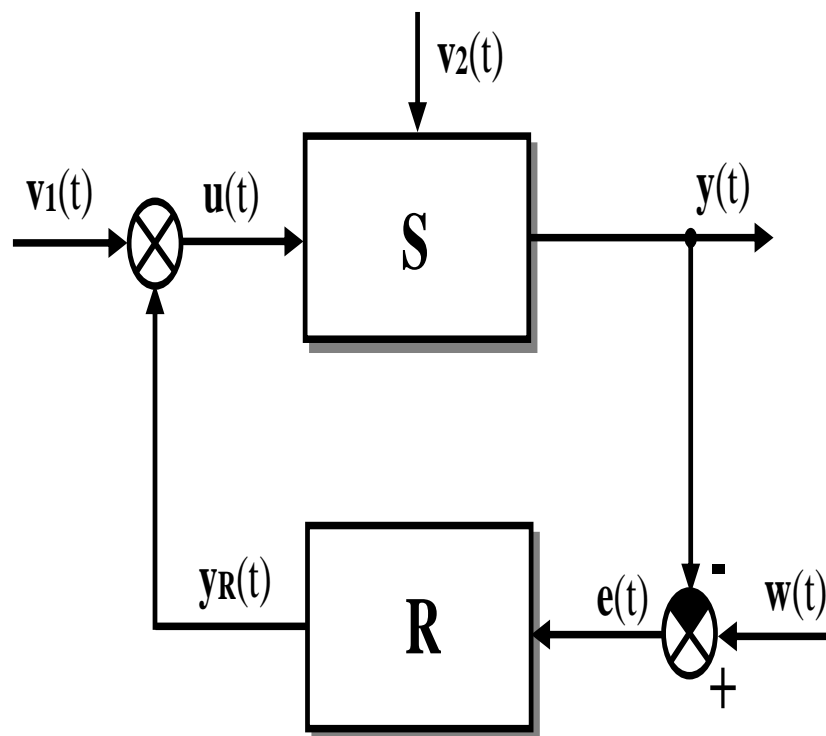
## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 POŽADAVKY NA REGULAČNÍ SOUSTAVU

V případě automatické regulace vytápění jde vždy v zásadě o jeden cíl – a to zajistit ve vytápěném prostoru dostatečnou tepelnou pohodu s minimem nároků na tepelnou energii (bez zbytečného přetápění objektu). Otázkou však je, jaký typ zpětné vazby (vazby na co – na který parameter) je v dané regulační soustavě použit.

### 5.1 Praktické požadavky na regulační soustavu

1) U menších vytápěných objektů, s malou otopnou plochou se dá celkem jednoznačně určit tzv. referenční bod (referenční místnost). Proto se v tomto případě používá regulace vytápění se zpětnou vazbou na požadovanou (nastavenou) teplotu v referenční místnosti - viz Obr. 10



Obrázek 10 Regulační vytápění se zpětnou vazbou

#### Legenda

S ... regulovaná soustava (zde referenční místnost)

R ... regulátor (řídící systém)

y ... regulovaná veličina (zde teplota v ref. místnosti)



w ... žádaná hodnota (nastavená teplota)

e ... regulační odchylka ( $e=w-y$ )

yR ... akční veličina (k řízení výkonu tepelného zdroje)

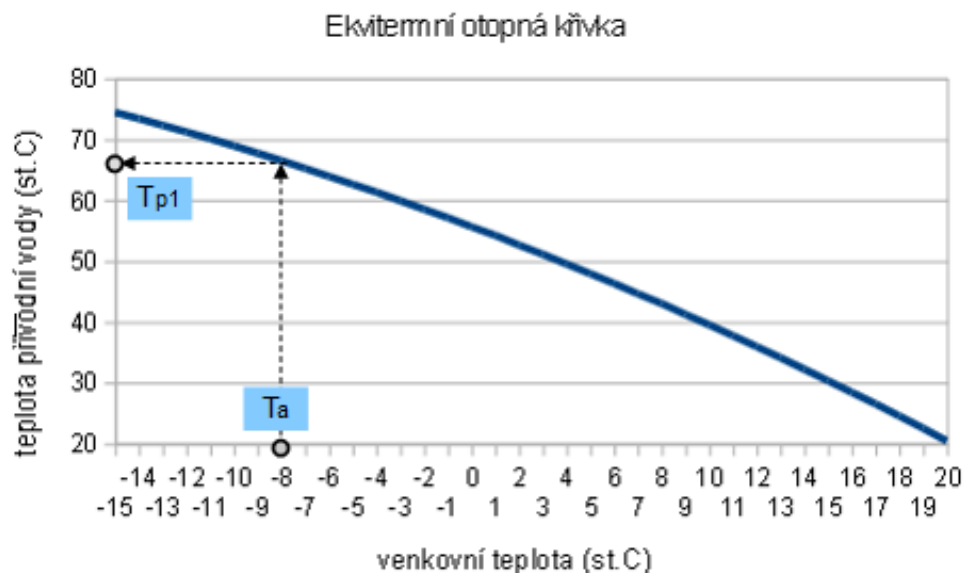
u ... řídicí veličina (zde množství tepelné energie)

v1 ... poruchová veličina (např. změna výkonu zdroje)

v2 ... poruchová veličina (např. změna venkovní teploty)

2) U větších vytápěných objektů, s velkou otopnou plochou, tam kde se obtížně definuje tzv. referenční bod (referenční místnost), se v současné době pro regulaci vytápěného objektu (jako celku) používá tzv. ekvitermní regulace – viz Obr. 2, kdy se teplota přívodního teplosnosného média (množství tepelné energie vstupujícího do objektu) reguluje v závislosti na venkovní teplotě.

Protože tento typ regulace nemá klasickou zpětnou vazbu na regulovanou soustavu (vytápěný objekt), ale pouze vazbu na uživatelem zvolenou ekvitermní křivku, je tato regulace nepřesná, neboť nezohledňuje poruchové veličiny (zejména pak míru tepelných vnějších i vnitřních zisků a míru tepelné akumulace vytápěného objektu, popřípadě změnu výkonu tepelného zdroje)



Obrázek 11 Ekvitermní otopná křivka

## 5.2 Praktická aplikace regulační soustavy

V návrhu tohoto regulačního systému je hlavním přínosem DP snížení stávajících nákladů na vytápění. Diplomant se na tomto regulačním systému podílel vytvořením jeho zásadních částí a to:

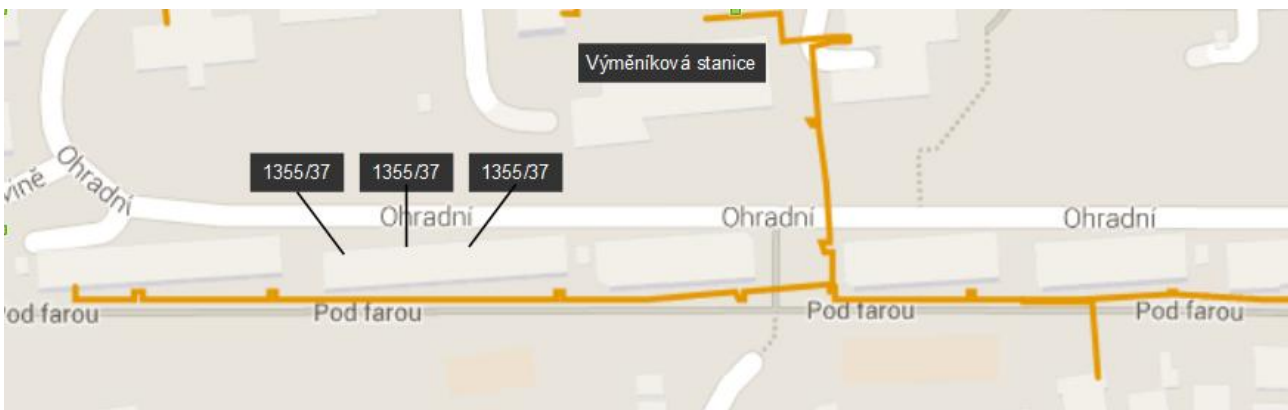
- návrh schématu a následné zhotovení topného okruhu
- naprogramování řídicího software a zbývající softwarové části byli vytvořeny ve samostatné spolupráci s firmou Wilkop s.r.o.
- ekonomické zhodnocení a analýza úspor jsou opět samostatnou prací diplomanta



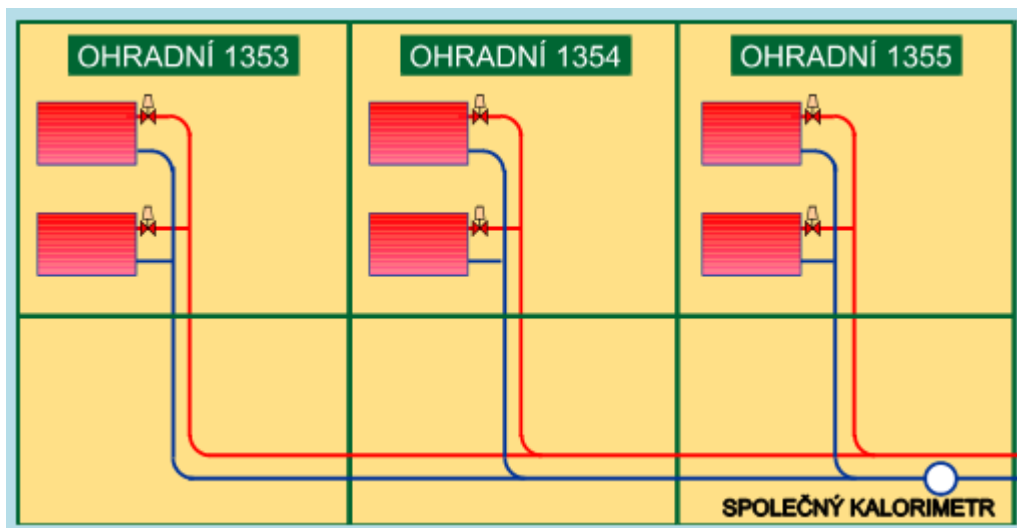
Obrázek 12 Praktická aplikace Ohradní

Na adrese Ohradní 1353/33 sídlí Společenství vlastníků pro dům 1353 a na adrese Ohradní 1354/35 sídlí bytové družstvo Ohradní 1354. V podstatě každý vchod bytové ho domu je v majetku jiné právnické osoby.

Celý kompletní dům je vytápěn ze soustavy CZT Pražské teplárenské, a.s. - viz Obr. A2.

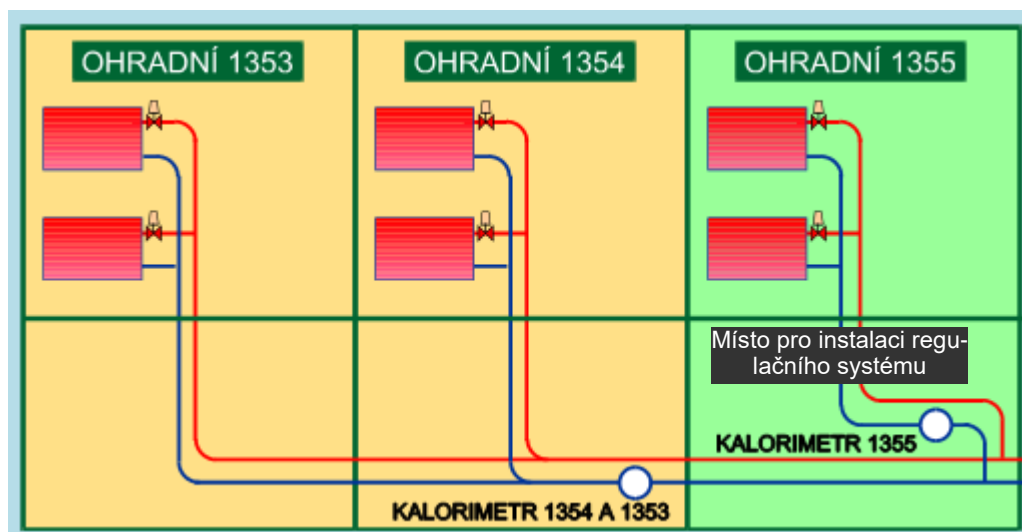


Obrázek 13 Společná topná větev



Obrázek 14 Společný kalorimetr

Jelikož o dodávku a montáž regulačního systému v závislosti na tepelné ztrátě a tepelných ziscích projevílo zájem pouze Bytové družstvo Ohradní 1355, bylo nutné před samotnou instalací systému na základě samostatné projektové dokumentace provést oddělení topné soustavy a samostatný topný okruh pro Bytové družstvo 1355 navíc se souhlasem dodavatele tepla vybavit dalším kalorimetrem – viz Obr. A4.



Obrázek 15 Instalace regul. systému

Do samostatného topného okruhu byl následně instalován regulační systém.

### 5.2.1 Průměrná spotřeba tepla před instalací regulačního systému

Celý bytový dům měl za období let 2009 až 2011 průměrnou roční spotřebu tepla ve výši 1.158 GJ, což při celkové otopné ploše 3.392 m<sup>2</sup> představuje měrnou roční spotřebu tepla ve výši 0,341 GJ/m<sup>2</sup>. Vzhledem k tomu že v uvedeném období byl již celý dům kompletně revitalizován (zateplení obvodového pláště, výměna oken, zateplení střechy), je jeho měrná roční spotřeba tepla značně vysoká.

Optimální hodnota měrné spotřeby by se měla pohybovat v rozmezí 0,16 GJ/m<sup>2</sup> až 0,18 GJ/m<sup>2</sup>.

### 5.2.2 Návrh hlavních prvků regulační soustavy

Vzhledem k tomu, že regulační systém bude optimalizovat pouze jednu třetinu domu, je nutné v návrhu počítat pouze s otopnou plochou 1.131 m<sup>2</sup>.

### 5.2.3 Výpočet tepelné ztráty

Pro potřeby návrhu regulačního systému není nutné provádět výpočet tepelné ztráty objektu dle ČSN 06 210, ale postačí zjednodušený propočet tepelné ztráty na základě optimální měrné spotřeby a průměrné venkovní teplotě v topné sezóně v lokalitě Prahy.

### 5.2.4 Optimální spotřeba objektu Q<sub>s</sub> (GJ)

$$Q_s = M_s \times O_p$$

kde

M<sub>s</sub> je optimální měrná spotřeba tepla (GJ/m<sup>2</sup>) – zde 0,18 GJ/m<sup>2</sup>

O<sub>p</sub> je celková otopná plocha objektu (m<sup>2</sup>) – zde 1.131 m<sup>2</sup>

$$Q_s = 203,58 \text{ GJ}$$

### 5.2.5 Stanovení maximální tepelné ztráty objektu $T_z$ (kW)

Tepelná ztráta objektu  $T_{zpt}$  (kW) při průměrné venkovní teplotě v topné sezóně  $5,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  (dlouhodobě se průměrná venkovní teplota v topné sezóně pohybuje v rozmezí  $5,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  až  $5,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ )

$$T_{zpt} = (Q_s \times 1000) / (p_m \times 30 \times 24 \times 3,6)$$

kde  $p_m$  je počet měsíců topné sezóny – zde 6,5

$$T_{zpt} = 12,08\text{ kW}$$

Pokud při průměrné venkovní teplotě v topné sezóně  $5,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  je  $T_{zpt}$  12,08 kW, pak maximální tepelná ztráta objektu je při minimální výpočtové venkovní teplotě  $+12\text{ }^{\circ}\text{C}$

$$T_z = 26,7\text{ kW}$$

Maximální tepelná ztráta objektu (s rezervou 10%) je 30 kW

### 5.2.6 Volba technologické části regulačního systému

Maximální tepelné ztrátě objektu 30 kW plně vyhovuje technologická část v provedení pro maximální tepelný příkon 100 kW, která je vybavena těmito hlavními prvky:

Oběhové čerpadlo WILO - tlakově řízené, typ Stratos 30/1-10

Dvoucestný zdvihový ventil BELIMO (kv 6,3 , DN 20), typ H420B

Servopohon BELIMO, typ NVY 24 – MFT

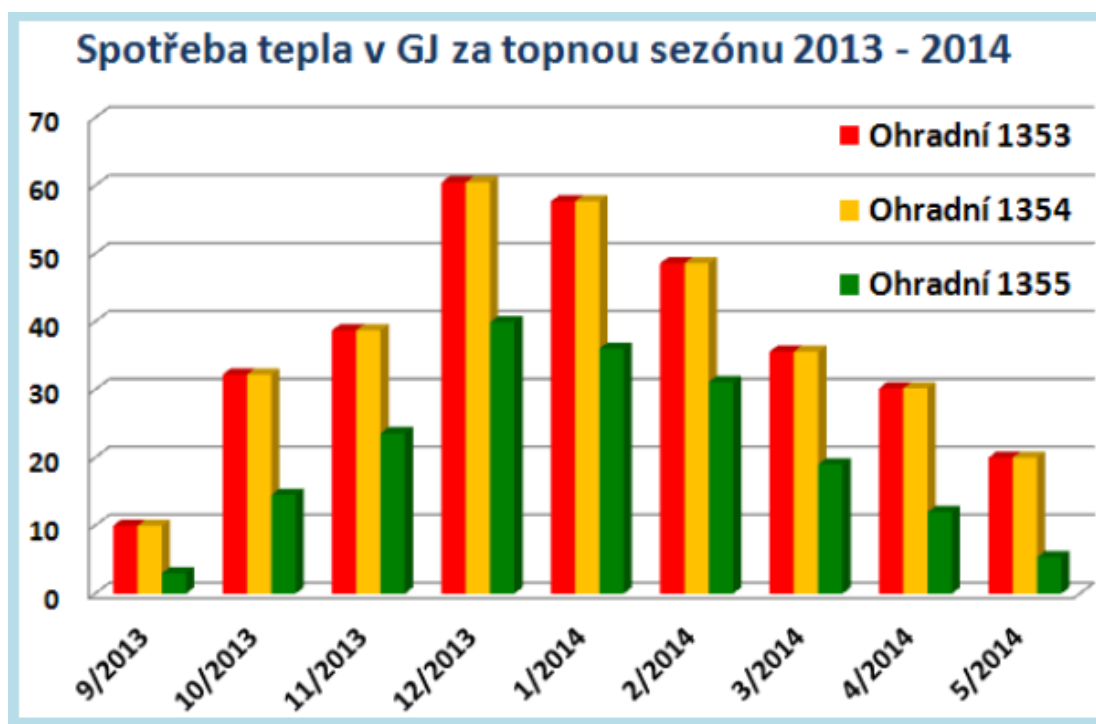
Ultrazvukový průtokoměr (6m<sup>3</sup>/hod), typ SHARKY FS 473

### 5.2.7 Účinnost regulačního systému

Kompletní regulační systém o maximálním příkonu 100 kW byl do části domu (vchod 1355) instalován a uveden do trvalého provozu v září 2013.

Od tohoto data byla každý měsíc odečítaná spotřeba tepla z kalorimetrů pro část č.p 1355 a společného kalorimetru pro části č.p. 1353 a č.p. 1354.

Porovnání spotřeby tepla v části bez regulačního systému (č.p. 1353 a č.p. 1354) se spotřebou tepla v části, která je vybavena regulačním systémem (č.p. 1355) je uvedeno na Obr.



Obrázek 16 Spotřeba tepla 2013-2014

Celkové spotřeby tepla za topnou sezónu 2013 - 2014 v GJ a Kč (při ceně 595,70 Kč za 1 GJ) jsou uvedeny v Tabulce

Ohradní 1353	Ohradní 1354	Ohradní 1355
333,56 GJ	333,56 GJ	<b>184,55 GJ</b>
198.702 Kč	198.702 Kč	<b>109.936 Kč</b>

Tabulka 4 Celková spotřeba tepla 1



Měrná roční spotřeby tepla na 1 m<sup>2</sup> otopné plochy za topnou sezónu 2013 – 2014 (v GJ/m<sup>2</sup> a v kWh/m<sup>2</sup>) jsou uvedeny v Tabulce B2

Ohradní 1353	Ohradní 1354	Ohradní 1355
0,295 GJ/m <sup>2</sup>	0,295 GJ/m <sup>2</sup>	<b>0,163 GJ/m<sup>2</sup></b>
81,95 kWh/m <sup>2</sup>	81,95 kWh/m <sup>2</sup>	<b>45,27 kWh/m<sup>2</sup></b>
Kategorie – <b>vyhovující</b>	Kategorie - <b>vyhovující</b>	Kategorie - <b>úsporný</b>

Tabulka 5 Měrná roční spotřeba tepla

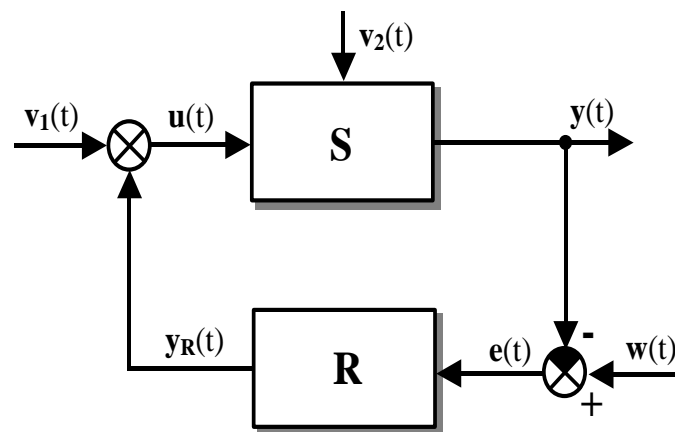
### Snížení spotřeby tepla

BD Ohradní 1355 snížilo za topnou sezónu 2013 – 2014 spotřebu **o 44,7%**, což představuje **úsporu nákladů na vytápění ve výši 88.765 Kč**

**Investiční návratnost** (bez nákladů na oddělení topného okruhu) – **3,3 topné sezóny**

### **5.3 Vlastnosti regulační soustavy s vazbou na tepelné zisky**

U větších vytápěných objektů jako tento, lze s výhodou použít způsob regulace vytápění v závislosti na tepelné ztrátě a tepelných ziscích. V tomto případě se používá regulace vytápění se zpětnou vazbou na projekčně definovanou tepelnou ztrátu objektu - viz Obr



Obrázek 16 Využití způsobu regulace

### Legenda

S ... regulovaná soustava (zde celý objekt)

R ... regulátor (řídící systém)

y ... regulovaná veličina (zde aktuální tepelná ztráta)

w ... žádaná hodnota (zde projekčně def. tepelná ztráta)

e ... regulační odchylka ( $e=w-y$ )

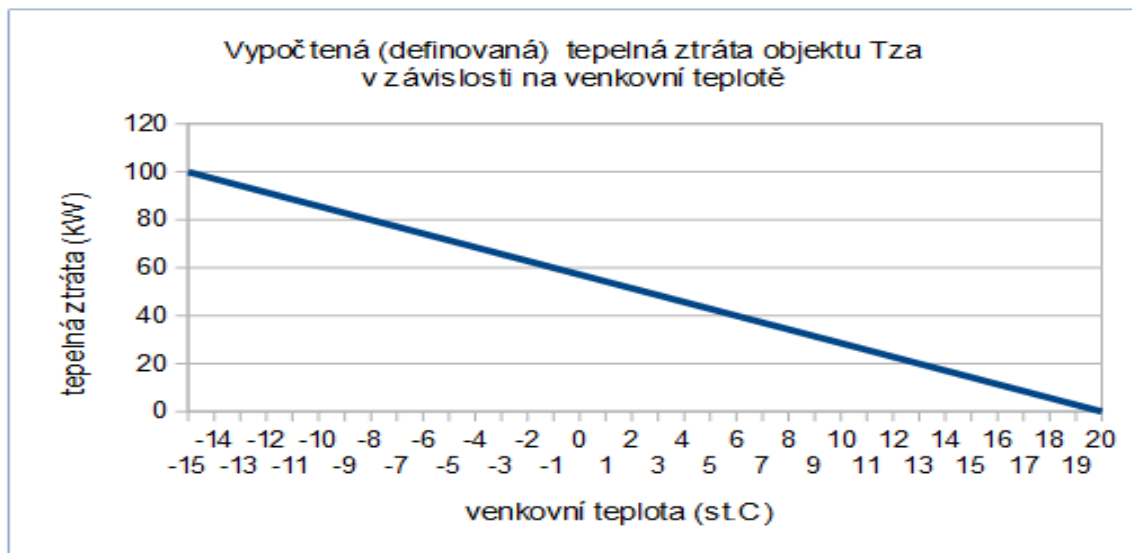
$y_R$  ... akční veličina (k řízení výkonu tepelného zdroje)

u ... řídicí veličina (zde množství tepelné energie)

$v_1$  ... poruchová veličina (např. změna výkonu zdroje)

$v_2$  ... poruchová veličina (např. tepelné zisky)

Projekčně definovaná tepelná ztráta objektu stanovuje, kolik tepelné energie (jaký tepelný příkon) je nutné dodat objektu v závislosti na venkovní teplotě, aby ve vytápěném objektu byla zajištěna patřičná tepelná pohoda. Příklad projekčně definované ztráty je uveden na Obr. 4.



Obrázek 17 Vypočtená tepelná ztráta objektu

Princip spočívá v tom, že v daných regulačních periodách (ať už konstantních nebo proměnných) se vždy na konci dané periody vyhodnotí z aktuální tepelné spotřeby objektu  $Q_f$  aktuální tepelný příkon  $P_f$ .

$$\text{Aktuální tepelná spotřeba objektu v (J)} \quad Q_f = m * q * (T_p - T_v)$$

, kde  $m$  – hmotnost teplotosného média (kg)

$q$  – měrná tepelná konstanta teplotosného média (J/kg/°C)

$T_p$  – teplota přívodního teplotosného média

$T_v$  - teplota výstupního teplotosného média

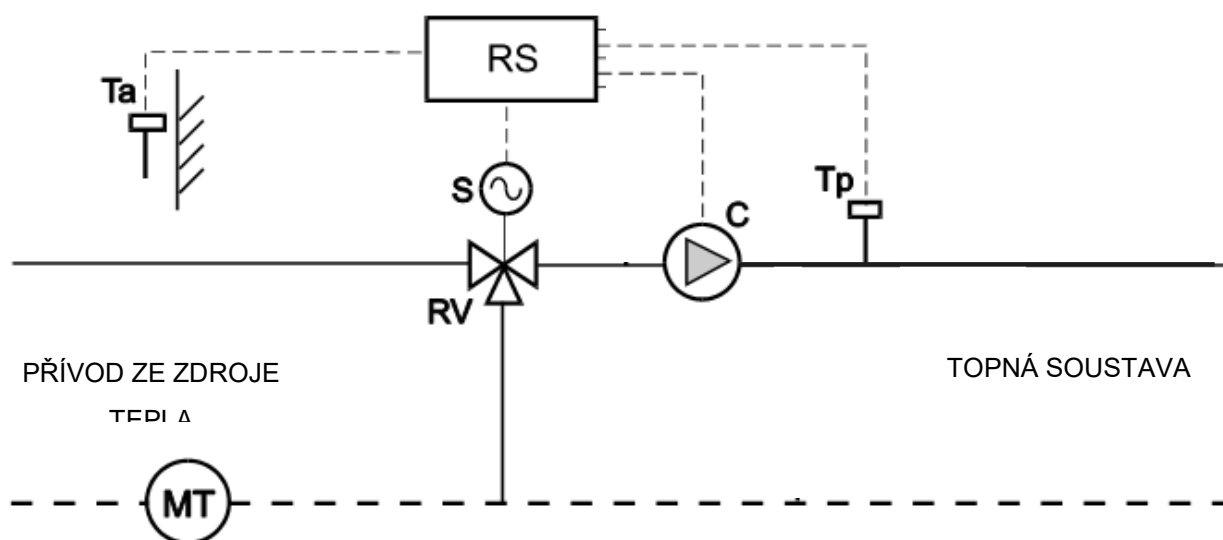
$$\text{Aktuální tepelný příkon ve (W)} \quad P_f = Q_f / 3.600$$

Na základě porovnání aktuálního tepelného příkonu s projekčně definovanou tepelnou ztrátou objektu se v případě regulační odchylky provádí korekce (úprava) teploty vstupního teplotnosného média (tepelného příkonu).

#### 5.4 Praktické provedení regulační soustavy

Praktické provedení celé regulační soustavy se na rozdíl od klasické ekvitermní regulace značně odlišuje, kdy do řídicí části celé regulační soustavy musí vstupovat více informací o regulované soustavě, než v případě klasické ekvitermní regulace.

Příklad praktického provedení klasické ekvitermní regulace je znázorněn na Obr.



Obrázek 18 Praktické provedení regul. soustavy klasické ekvitermní regulace

RS ... řídicí systém

S .....servopohon regulačního ventilu

RV ... regulační ventil

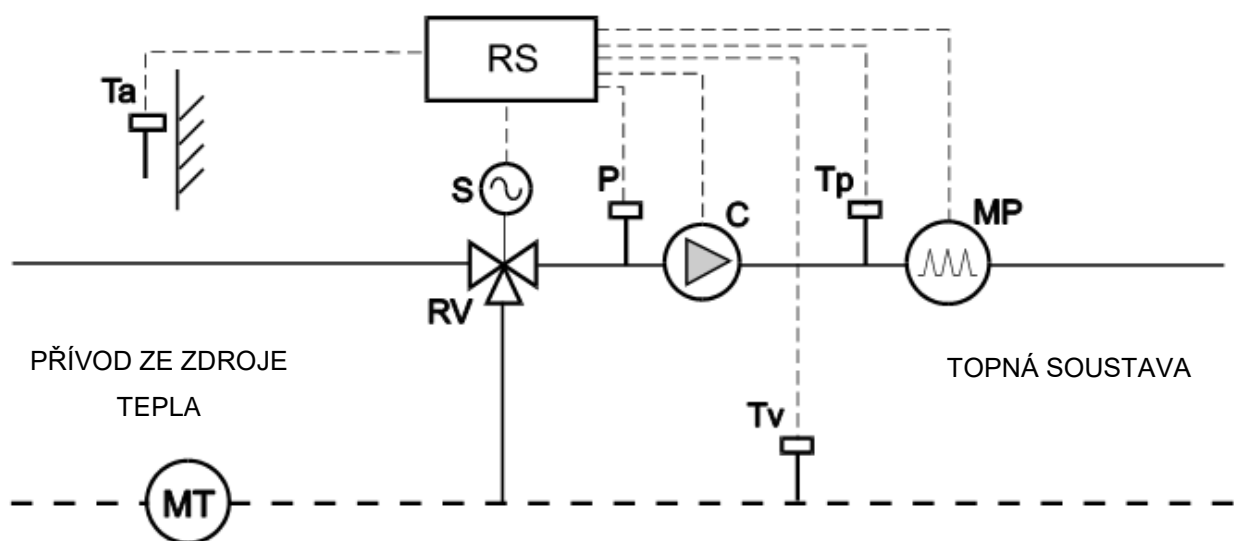
C ..... oběhové čerpadlo

Ta ... snímač venkovní teploty

Ta ... snímač teploty přívodní topné vody

MT ....měřič tepla (kalorimetr) – není součástí regulační soustavy

Příklad praktického provedení regulace vytápění v závislosti na tepelné ztrátě a tepelných ziscích je znázorněn na Obr.



Obrázek 19 Příklad praktického použití regulace

**Legenda**

RS ... řídicí systém

S .....servopohon regulačního ventilu

RV ... regulační ventil

C ..... oběhové čerpadlo

Ta ... snímač venkovní teploty

Ta ... snímač teploty přívodní topné vody

Tv .... snímač teploty vratné topné vody

MP ... měřič průtoku topné vody soustavou

P ..... snímač statického tlaku topné vody (má pouze informační funkci)

MT ....měřič tepla (kalorimetr) – není součástí regulační soustavy

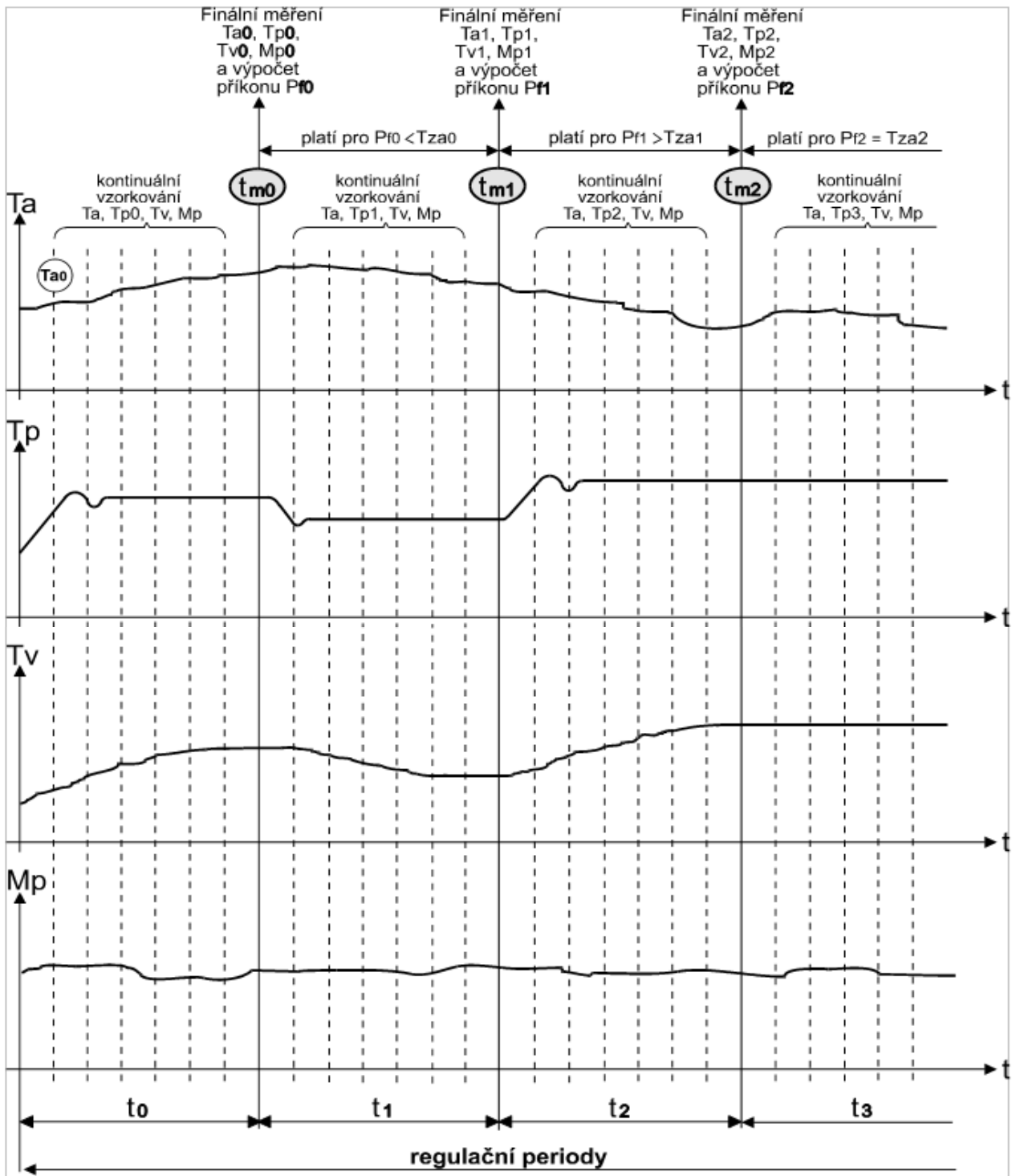
## 6 NÁVRH REGULAČNÍCH FUNKCÍ A ARCHITEKTURA HMI

Veškeré regulační funkce musí být navrženy tak, aby regulační systém dokázal spolehlivě detekovat případné tepelné zisky (vnitřní i vnější) a na základě této detekce dokázal regulovat celkový tepelný příkon s ohledem na tyto tepelné zisky.

Navíc systém musí vyhodnocovat i tepelnou akumulaci vytápěného objektu v závislosti na venkovní teplotě a případnou korekci tepelného příkonu provádět až v okamžiku, kdy změna venkovní teploty má vliv na tepelnou bilanci v daném objektu.

### 6.1 Regulační funkce

Proces regulace vytápění v závislosti na tepelné ztrátě a tepelných ziscích probíhá v regulačních periodách ( $t_x$ ) – viz Obr.



Obrázek 20 Regulační periody



V úvodní regulační periodě vytápění ( $t_0$ ) se do topné soustavy vytápěného objektu přivádí topná voda s teplotou ( $T_{p0}$ ), jejíž hodnota je regulována v závislosti na aktuální venkovní teplotě ( $T_{a0}$ ) na začátku testovacího režimu a to podle předem zvolené ekvitermní otopné křivky.

Po celou dobu testovacího režimu ( $t_0$ ) se provádí kontinuální vzorkování:

- teploty přívodní topné vody ( $T_{p0}$ )
- teploty vratné topné vody ( $T_v$ )
- venkovní teploty ( $T_a$ )
- průtoku topné vody ( $M_p$ )

V okamžiku ukončení testovacího režimu, v čase ( $t_{m0}$ ), se provede finální měření teploty přívodní topné vody ( $T_{p0}$ ), teploty vratné topné vody ( $T_{v0}$ ), venkovní teploty ( $T_{a0}$ ) a průtoku topné vody ( $M_{p0}$ ) topnou soustavou a z těchto hodnot se provede finální výpočet aktuálního tepelného příkonu ( $P_{f0}$ ) podle vzorce:

$$P_f = Q_f / 3.600$$

kde hodnota aktuální tepelné spotřeby  $Q_f$  v (J) se definuje ze vzorce :

$$Q_f = m * q * (T_p - T_v)$$

, kde  $m$  – hmotnost teplonosného média (kg)

$q$  – měrná tepelná konstanta teplonosného média (J/kg/°C)

$T_p$  – teplota přívodního teplonosného média

$T_v$  - teplota výstupního teplonosného média

Hodnota finálního tepelného příkonu ( $P_{f0}$ ) se nyní porovná s tepelnou ztrátou vytápěného objektu ( $T_{za0}$ ) při aktuální venkovní teplotě ( $T_{a0}$ ), přičemž průběh tepelné ztráty ( $T_{za}$ ) v závislosti na venkovní teplotě se pro konkrétní vytápěný objekt předem definuje podle standardního projekčního výpočtu.

V případě, že hodnota finálního tepelného příkonu ( $P_{f0}$ ) je různá od tepelné ztráty ( $T_{za0}$ ) při venkovní teplotě ( $T_{a0}$ ), provede se pro další regulační periodu ( $t_1$ ) korekce teploty přívodní topné vody ( $T_{p0}$ ) na novou hodnotu ( $T_{p1}$ ) podle zvolené ekvitermní otopné křivky, ale nyní v zá-

vislosti na korigované venkovní teplotě ( $T_{ak0}$ ). Korigovaná venkovní teplota ( $T_{ak0}$ ) se určí z projekčně definovaného průběhu tepelné ztráty vytápěného objektu ( $T_{za}$ ) tak, že do průběhu závislosti tepelné ztráty ( $T_{za}$ ) vytápěného objektu na venkovní teplotě se za hodnotu konkrétní tepelné ztráty dosadí hodnota finálního tepelného příkonu ( $P_{f0}$ ) a z tohoto průběhu závislosti tepelné ztráty na venkovní teplotě ( $T_{za}$ ), se odečte hodnota korigované venkovní teploty ( $T_{ak0}$ ), odpovídající finálnímu tepelnému příkonu - tepelné ztrátě ( $P_{f0}$ ). V případě, že hodnota finálního tepelného příkonu ( $P_{f0}$ ) je vyšší, než tepelná ztráta ( $T_{za0}$ ) při venkovní teplotě ( $T_{a0}$ ), může být při korekci teploty přírodní topné vody ( $T_{p0}$ ) na novou hodnotu ( $T_{p1}$ ) navíc použita limitace (omezení) maximálního tepelného příkonu. [9]

V případě, že hodnota finálního tepelného příkonu ( $P_{f0}$ ) je srovnatelná s tepelnou ztrátou ( $T_{za0}$ ), korekce teploty přírodní topné vody ( $T_{p0}$ ) na novou hodnotu ( $T_{p1}$ ) se neprovádí a pro další regulační periodu platí, že  $T_{p1} = T_{p0}$ .

Regulační algoritmus v každé další regulační periodě ( $t_n$ ) je vždy shodný s regulačním algoritmem předchozí regulační periody ( $t_{n-1}$ ).

## 6.2 Architektura HMI

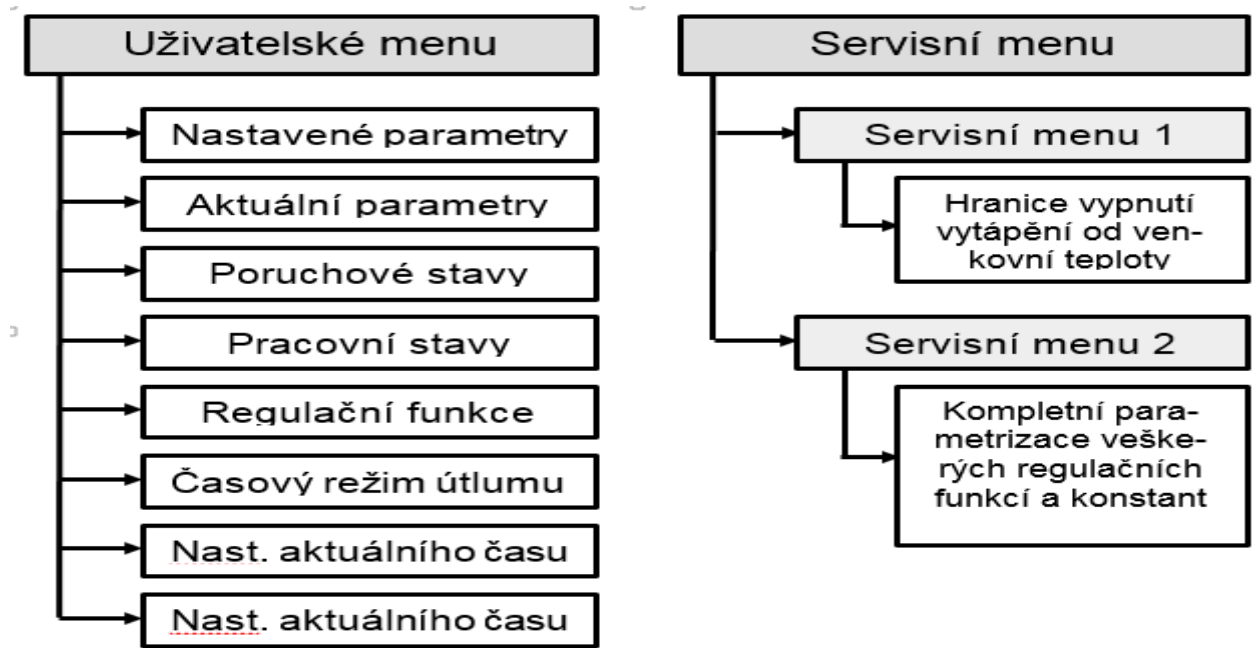
Jelikož tento typ regulační soustavy se ve většině případů instaluje na paty objektů bytových domů nebo objektů občanské vybavenosti, popřípadě zdravotnických objektů, musí požadavky na architekturu HMI odpovídat technické úrovni obsluhy v těchto objektech.

V praxi to znamená, že obslužná úroveň musí být jednoduchá a maximálně intuitivní, bez rizika neoprávněného zásahu obsluhy do nastavení regulačních funkcí.

Proto je celá obslužná úroveň rozdělena do dvou základních menu:

- Uživatelské menu (volně přístupná část)
- Servisní menu (vstup do této části chráněn PIN kódem)

Struktura obslužné úrovně je znázorněna na Obr. 8



Obrázek 21 Servisní menu

## 7 JEDNOTLIVÉ PRVKY REGULAČNÍ SOUSTAVY

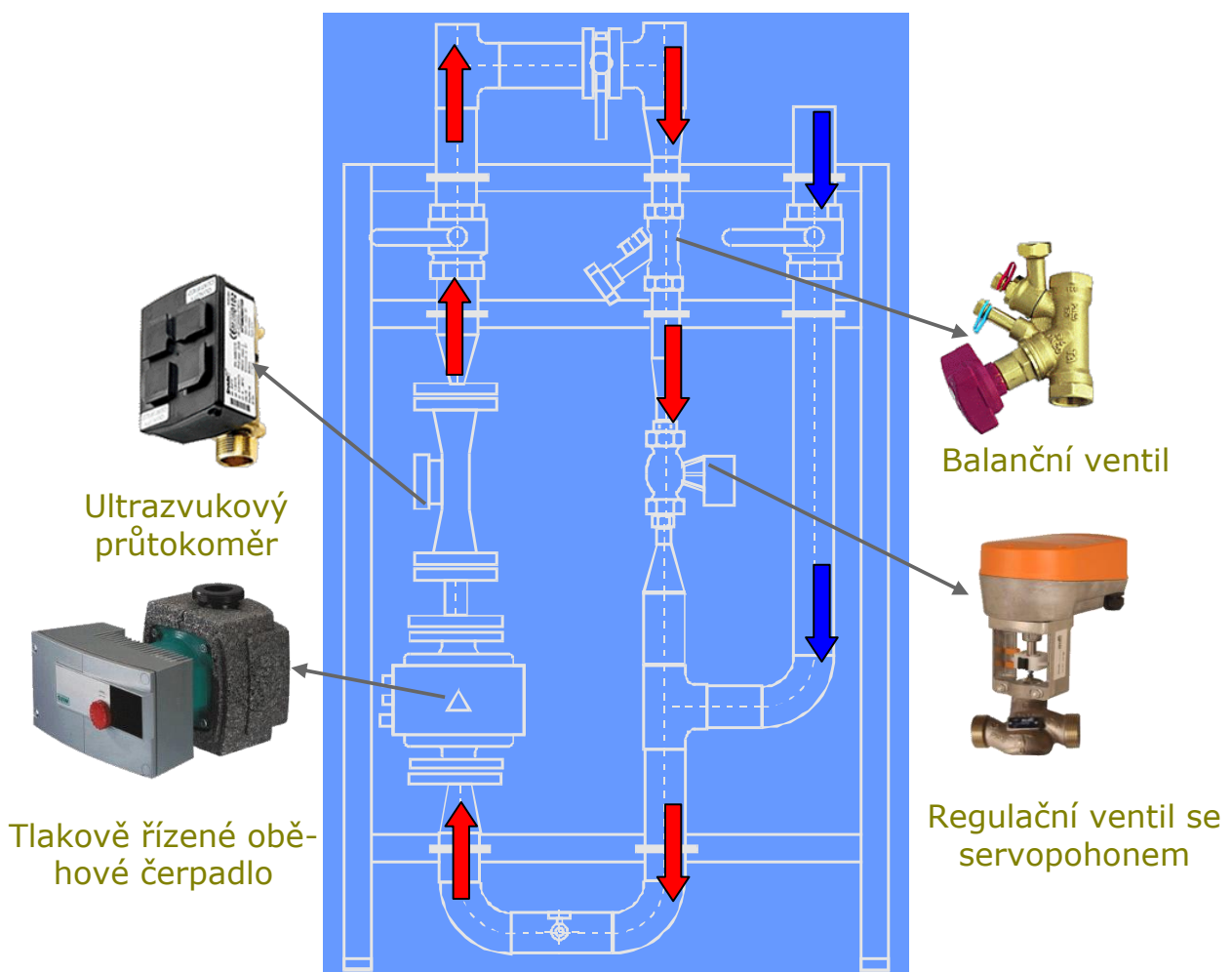
Vzhledem k tomu, že se celá regulační soustava vždy instaluje do stávající topné soustavy daných objektů, musí její koncepce vyhovovat minimálně těmto požadavkům.

- Jednoduchá instalace
- Minimální náklady na instalaci
- Minimalizace možných chyb při její instalaci

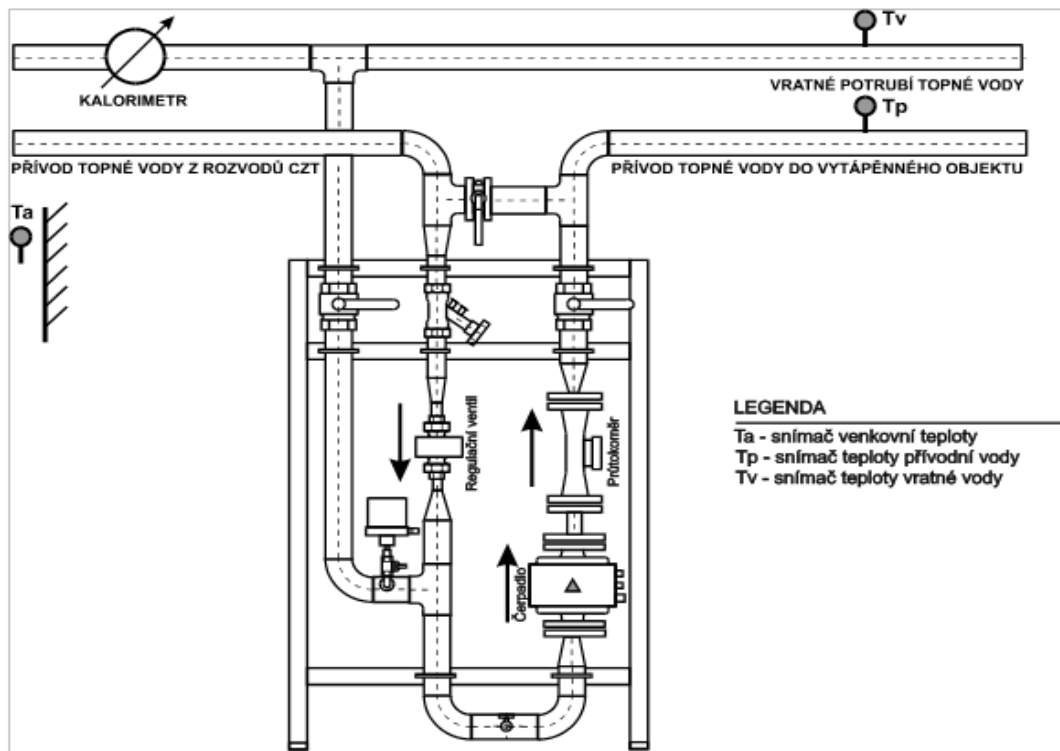
Z těchto důvodů je celá regulační soustava koncipovaná modulárně a obsahuje dvě hlavní části.

- Technologickou část (montážní rám se všemi topenářskými prvky)
- Řídící část (řídící rozvaděč)
- Technologická část regulační soustavy

Kompletní technologická část se všemi topenářskými prvky je umístěna na montážním rámu – viz Obr.



Obrázek 22 Způsob instalace regulačního systému do topné soustavy



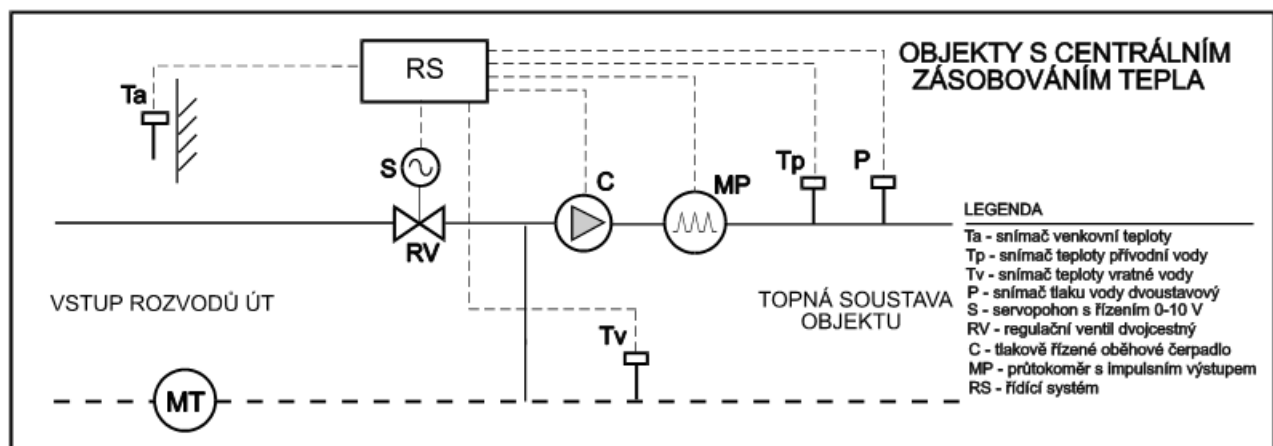
Praktická aplikace technologického rámu je uvedena na Obr.

Regulační soustavy lze aplikovat jak v systémech centrálního zásobování tepla (SCZT), tak i v případě regulace topných soustav s lokálním zdrojem tepla (SLZT). U obou dvou typů systémů se využívá stejný regulační algoritmus, pouze každý z těchto typů systémů klade jiné nároky na ekonomiku provozu topné soustavy.

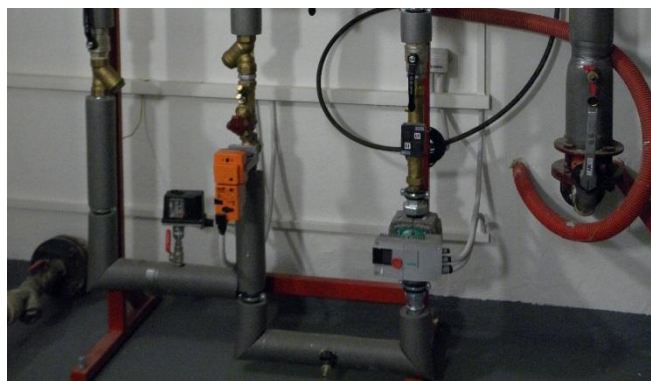
### 7.1.1 Varianta pro soustavy CZT

V soustavách CZT se vzhledem k delší topné soustavě (od zdroje k vytápěnému objektu) klade důraz na to, aby se případným nevychlazováním teploty vratné vody nezhoršovala ekonomika provozu vlivem zvyšování tepelných ztrát v této části topné soustavy.

Proto se v SCZT používá dvoucestné (škrťící provedení) hlavního regulačního ventilu – viz Obr.



Obrázek 24 Použití dvoucestného škrťícího ventilu

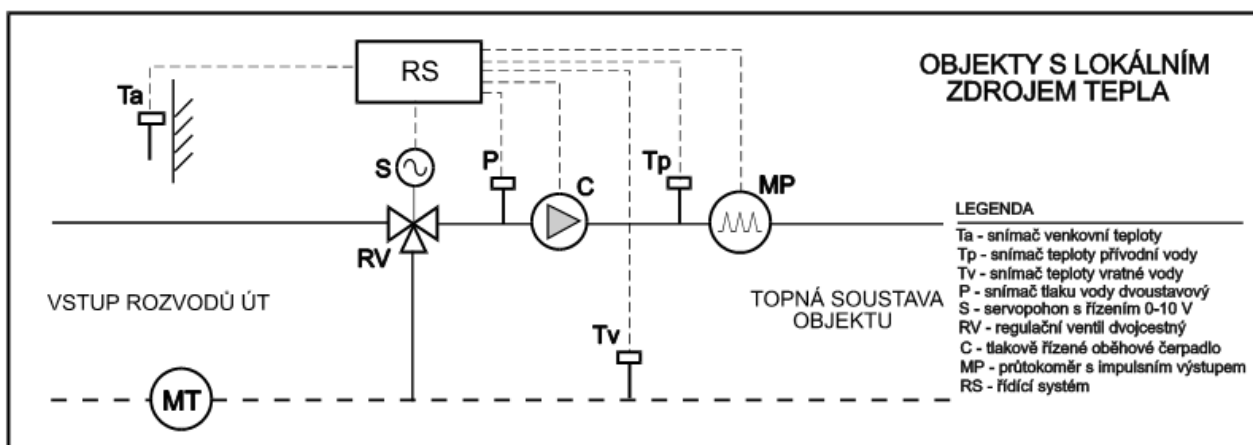


Obrázek 23 Instalace rámu

V tomto případě je tepelná energie injektována regulačním ventilem RV do vnitřního okruhu topné soustavy s vlastním oběhovým čerpadlem.

### 7.1.2 Varianta pro soustavy s lokálním zdrojem tepla

U soustav SLZT je dopravní cesta topné vody od zdroje k topné soustavě velmi krátká, proto lze s výhodou využít k regulaci tepelného výkonu principu směšování topné vody – viz Obr.



Obrázek 25 Soustava s lokálním zdrojem tepla

## 7.2 Řídicí část regulační soustavy

Kompletní řídicí část regulační soustavy tvoří řídicí rozvaděč, vybavený všemi nezbytnými prvky (PLC, převodníky snímačů teploty, D-A převodníky k řízení servopohonu apod.) - viz Obr. 14.



Obrázek 26 Řídící část

Na čelní straně tohoto rozvaděče je umístěn barevný TFT 3,5“ dotykový displej – viz Obr.



Obrázek 27 Ovládací panel





## 8 JEDNOTLIVÉ ÚROVNĚ A MOŽNOSTI VZDÁLENÉ SPRÁVY

Základní verze regulační soustavy je vybavena autonomní regulací s možností obsluhy v místě instalace. I když provoz tohoto systému je po základním nastavení naprosto bezobslužný, je velmi výhodné vybavit regulační systém některou z úrovní vzdálené správy.

### 8.1 Přenos informací prostřednictvím GSM brány

Tento jednoduchý typ přenosu vzdálené správy poskytuje uživateli velmi důležité informace o výskytu jednotlivých případných provozních poruch technologie.

Princip spočívá v tom, že z řídicího rozvaděče regulační soustavy je vyveden kontaktní signál, který je zapojen do GSM brány. Tento kontaktní signál se aktivuje v případě výskytu libovolného poruchového stavu celé technologie, který umí rozeznat řídicí rozvaděč a GSM brána pak odešle uživateli informaci o výskytu obecné poruchy technologie.

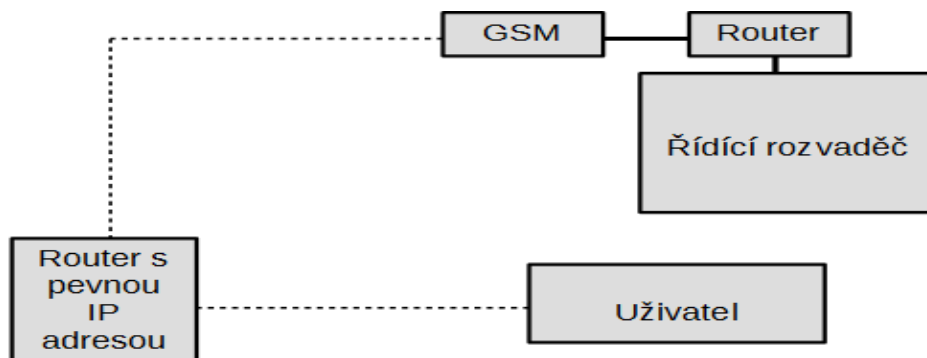
Konkrétní typ poruchy technologie je pak adresně zobrazen na dotykové displeji řídicího rozvaděče.

Řídicí rozvaděč dokáže detekovat tyto typy poruchových stavů technologie:

- Porucha snímače venkovní teploty
- Porucha snímače teploty přívodní vody
- Porucha snímače teploty vratné vody
- Porucha oběhového čerpadla
- Porucha průtokoměru
- Nízký (nedostatečný) statický tlak v topné soustavě

### 8.2 Vzdálený dohled

Na rozdíl od vzdálené správy prostřednictvím GSM modulu, poskytuje systém vzdáleného dohledu uživateli daleko větší komfort. Princip vzdáleného dohledu je znázorněn na Obr. 28.



Obrázek 28 Vzdálený dohled

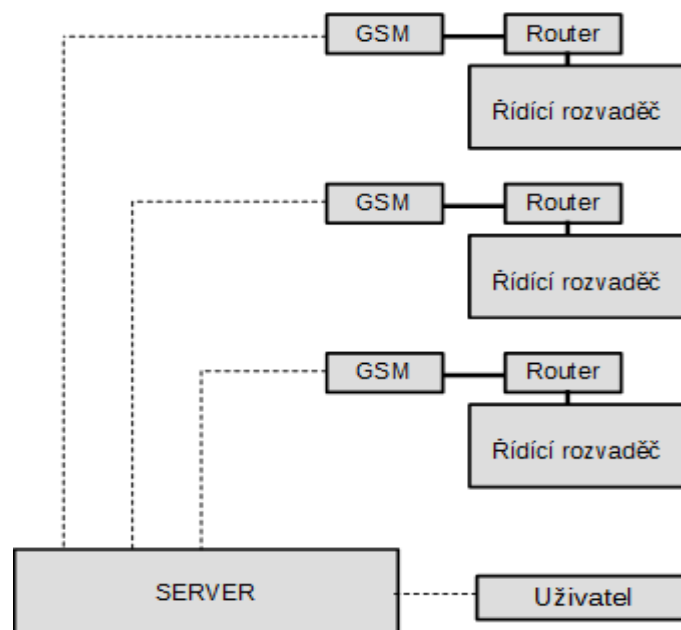
Při tomto typu vzdálené správy má uživatel možnost vstupu do Uživatelského menu a po zadání PIN kódu i do servisního menu prostřednictvím tzv. Vzdálené obrazovky. Na počítači uživatele se zobrazuje stejný dotykový displej, jako v případě autonomního provozu regulační soustavy – viz Obr.



Obrázek 29 Uživatelské menu PC

### 8.3 Dispečerské pracoviště

Dispečerské pracoviště představuje nejvyšší formu vzdálené správy regulačních systémů, kdy jednotlivé routery řídicích rozvaděčů jsou přes webové rozhraní připojeny k výkonnému serveru



Obrázek 30 Připojení rozhraní k serveru

na který se připojuje i uživatel systému – viz Obr.

Tento typ vzdálené správy umožňuje na rozdíl vzdáleného dohledu trvalý monitoring jednotlivých regulačních systémů, což má svůj význam například při včasné lokalizaci technologických poruch regulačních systémů.

Tento typ vzdálené správy se buduje vždy pro konkrétní okruh uživatelů regulačních systémů, například pro bytová družstva, bytové domy ve správě jednoho majitele apod.

## 9 TECHNICKO EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ

Systémy regulace vytápění v závislosti na tepelné ztrátě a tepelných ziscích výrazným způsobem snižují celkovou energetickou náročnost objektů na vytápění. Jejich efekt v úspoře tepla je daleko větší, než v případě dosavadních způsobů patní (objektové) regulace. Tento efekt dostatečně vyvažuje vyšší náklady na dodávku a montáž těchto systémů.

### 9.1 Současné náklady na vytápění objektů

Náklady domácností a podniků na energie v posledních letech výrazně vzrostly, podle odborníků však lidé úspory ve výdajích podceňují a s energiemi zbytečně plýtvají.

Lidé pod vlivem reklamy spoří v těch oblastech, které svým podílem na celkových nákladech nejsou tak významné. Například šetří na osvětlení. To přitom ve spotřebě domácností představuje pouze necelé tři procenta z celkových nákladů.

Největší díl spotřeby energií například domácností připadá na vytápění a ohřev vody – přibližně 60% - viz Obr.



Obrázek 31 Rozdělení spotřeby energie

### 9.2 Investiční náklady dodávky a instalace regulační soustavy

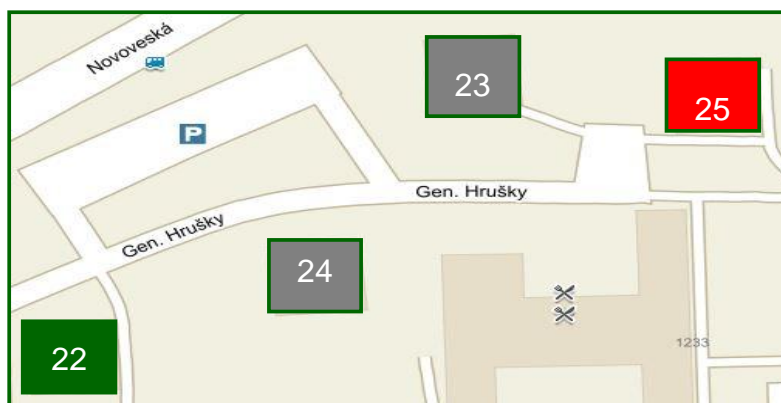
Investiční náklady kompletních regulačních systémů regulujících dodávku tepla v závislosti na tepelné ztrátě a tepelných ziscích jsou vyšší, než u klasických patních systémů s ekvitermní regulací.

Tato zdánlivou nevýhoda je však převážena mírou dosažených úspor a investiční návratností.

### 9.3 Investiční návratnost

Příklad investiční návratnosti systému regulace tepla v závislosti na tepelné ztrátě a tepelných ziscích v objektu SBD Vítkovice, na ulici Generála Hrušky 22.

V Ostravě, na ulici Generála Hrušky se nacházejí čtyři naprosto shodné bytové domy (č.p. 22 až 25), s otopnou plochou 5.161 m<sup>2</sup> – viz Obr.



Obrázek 32 Instalace systému Generála Hrušky 22

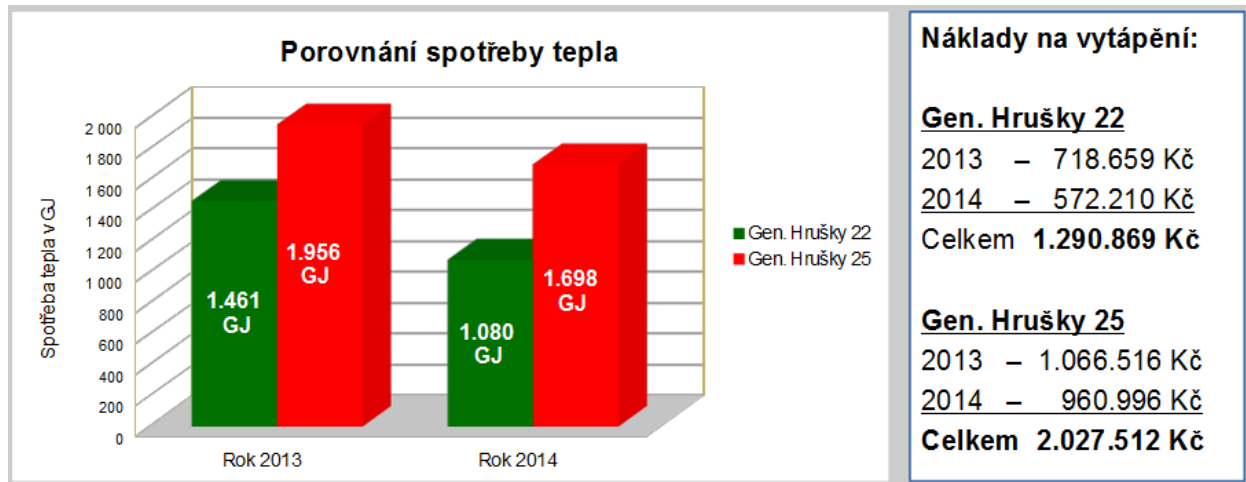
Všechny tyto bytové domy jsou kompletně zateplené. Dva z těchto domů, dům s č.p. 22 a č.p. 25 jsou v majetku SBD Vítkovice. Ostatní dva domy, s č.p. 23 a s č.p. 24 jsou ve vlastnictví SVJ.

Všechny domy jsou zásobovány teplem z CZT fy VEOLIA prostřednictvím domovních předávacích stanic **s ekvitermní regulací.**

V září roku 2013 byl do domu č.p. 22, **za domovní předávací stanicí instalován** a uveden do trvalého provozu regulační systém s regulací v závislosti na tepelné ztrátě a tepelných ziscích

Následně, v roce 2015 bylo ve spolupráci s SBD Vítkovice provedeno vyhodnocení spotřeby tepla v obou domech – č.p. 22 a č.p. 25.

Výsledky vyhodnocení jsou znázorněny na Obr. 22



Obrázek 33 Porovnání spotřeby tepla dvou objektů Gen. Hrušky 22 a 25

**Za pouhé dvě topné sezóny** ušetřili obyvatelé domu Generála Hrušky 22 na vytápění celkem **736.643 Kč**, při investiční návratnosti 1,2 topné sezóny.

## ZÁVĚR

Hlavním cílem diplomové práce byla analýza, porovnání a vyhodnocení úsporných opatření, které budou mít za následek minimalizaci energetické náročnosti staveb. Systémy regulace vytápění v závislosti na tepelné ztrátě a tepelných ziscích výrazným způsobem snižují celkovou energetickou náročnost objektů na vytápění. Jejich efekt v úspoře tepla je tak daleko větší, než v případě dosavadních způsobů patní (objektové) regulace. Tento efekt dostatečně vyvažuje vyšší náklady na dodávku a montáž těchto systémů.

V teoretické části byly popsány informace o problematice úspor energií spojené s vývojem růstu cen tepla, dále byly uvedeny prostředky ke snižování energetické náročnosti budov pomocí stavebních úprav. Následující kapitoly přiblížily současné způsoby regulace topných soustav a také problematiku regulace vytápění v soustavách CZT. Ke zpracování teoretické části byly použity pečlivě prostudované internetové zdroje a knižní publikace.

V části praktické bylo zjištěno, že náklady domácností a podniků na energie v posledních letech výrazně vzrostly. Největší díl spotřeby energií například domácností připadá především na vytápění a ohřev vody. Jako příklad pro investiční návratnost systému regulace tepla v závislosti na tepelné ztrátě a tepelných ziscích, byl použit objekt SBD Vítkovice. Všechny tyto bytové domy jsou kompletně zatepleny a zásobovány teplem z CZT. V září roku 2013 byl do domu č.p.22 za domovní předávací stanicí instalován a uveden do trvalého provozu regulační systém s regulací v závislosti na tepelné ztrátě a tepelných ziscích. Následně, v roce 2015 bylo ve spolupráci s SBD Vítkovice provedeno vyhodnocení spotřeby tepla v obou domech – č.p.22 a č.p.25. Bylo zjištěno, že za pouhé dvě topné sezóny ušetřili obyvatelé domu Generála Hrušky 22 na vytápění celkem 736.643 Kč, při investiční návratnosti 1,2 topné sezóny.



**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] Nová evropská směrnice o energetické náročnosti budov. *Nová evropská směrnice o energetické náročnosti budov* [online]. [cit. 2016-04-14]. Dostupné z: [http://www.casopisstavebnictvi.cz/nova-evropska-smernice-o-energeticke-narocnosti-budov\\_N3686](http://www.casopisstavebnictvi.cz/nova-evropska-smernice-o-energeticke-narocnosti-budov_N3686)
- [2] BINHACK, Petr. Agenda "20-20-20": na cestě k jednotnému energetickému trhu. *Agenda "20-20-20": na cestě k jednotnému energetickému trhu* [online]. 2011 [cit. 2016-04-12]. Dostupné z: <http://www.amo.cz/publikace/agenda-20-20-20-na-cestech-k-jednotnemu-energeticke-trhu-.html>
- [3] Sulko.cz [online]. 2012 [cit. 2016-04-10]. Dostupné z: <http://www.sulko.cz>
- [4] ASB-portal.cz. *ASB-portal* [online]. 2012 [cit. 2016-04-08]. Dostupné z: <http://www.asb-portal.cz>
- [5] Energostat.cz. *Energostat* [online]. 2012 [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: <http://energostat.cz/ceny-tepla-v-cr.html>
- [6] BAŠTA, Jiří. *Regulace v technice prostředí staveb*. Praha: ČVUT Praha, 2014. ISBN 978-80-0105-455-0.
- [7] Vyregulování otopných soustav – úspory tepla a diagnostika. *TZB-info*. [online]. 2012 [cit. 2016-04-10]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/uspory-vytapani/8777-vyregulovani-otopnych-soustav-uspory-tepla-a-diagnostika>
- [8] HEMZAL, K. a K. LABOUTKA. *Regulace klimatizačních a vytápěcích zařízení*. Praha: ČVUT Praha. ISBN 55-528-75.
- [9] BAŠTA, Jiří. *Hydraulika a řízení otopných soustav*. Praha: ČVUT Praha, 2003. ISBN 80-01-02808-9.
- [10] BAŠTA, Jiří. *Regulace vytápění*. Praha: ČVUT Praha, 2002. ISBN 80-01-02582-9.
- [11] CHYSKÝ, J., HEMZAL, K. et al.: *Větrání a klimatizace*. ČMT. Praha 1993. ISBN 80-901574-0-8
- [12] Regulace. *Jablotron* [online]. [cit. 2016-04-10]. Dostupné z: <http://www.jablotron.com/cz/regulace/>
- [13] Výpočtová pomůcka EKONOMICKÁ EFEKTIVNOST INVESTIC (III). *TZB-info* [online]. [cit. 2016-04-10]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/2810-vypoctova-pomucka-ekonomicka-efektivnost-investic-iii>

[14] Výpočtová pomůcka EKONOMICKÁ EFEKTIVNOST INVESTIC (II). *TZB-info* [online]. [cit. 2016-04-10]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/2786-vypoctova-pomucka-ekonomicka-efektivnost-investic-ii>

[15] Výpočtová pomůcka EKONOMICKÁ EFEKTIVNOST INVESTIC (I). *TZB-info* [online]. 2015 [cit. 2016-04-10]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/2770-vypoctova-pomucka-ekonomicka-efektivnost-investic-i>

[16] Vytápění dynamickou soustavou podle předpokladů a podle fyziky. *TZB-info* [online]. 2015 [cit. 2016-04-10]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/mereni-a-regulace/12349-vytapani-dynamickou-soustavou-podle-predpokladu-a-podle-fyziky>

[17] JELÍNEK, Vladimír a Rudolf NOVÁK. *Technická zařízení budov: plynová zařízení*. Dot. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické, 1998. ISBN 80-01-01376-6.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

Q Reálný přenášený výkon

QN jmenovitý výkon

$\phi$  Poměr

t Teplota

$\delta t$  a  $\delta t_N$  jsou konkrétní a nominální ochlazení na otopné ploše

$\Delta t$  a  $\Delta t_N$  znamenají konkrétní a určený průměrný teplotní distinkci mezi teplotou teplosnosné látky a teplotou prostředí

$\psi$  regulovaného relativního průtoku  $\psi$

S regulovaná soustava (zde referenční místnost)

R regulátor (řídící systém)

y regulovaná veličina (zde teplota v ref. místnosti)

w žádaná hodnota (nastavená teplota)

e regulační odchylka ( $e=w-y$ )

yR akční veličina (k řízení výkonu tepelného zdroje)

u řídicí veličina (zde množství tepelné energie)

v1 poruchová veličina (např. změna výkonu zdroje)

v2 poruchová veličina (např. změna venkovní teploty)

Qs optimální spotřeba objektu

Ms optimální měrná spotřeba tepla

Op celková otopná plocha objektu

Tz stanovení maximální tepelné ztráty objektu

Tzpt Tepelná ztráta objektu

m hmotnost teplonosného média (kg)

q měrná tepelná konstanta teplonosného média (J/kg/°C)

Tp teplota přívodního teplonosného média

---

$T_v$	teplota výstupního teplotonosného média
$Q_f$	aktuální tepelná spotřeba objektu
$P_f$	aktuální tepelný příkon ve
RS	řídící systém
S	servopohon regulačního ventilu
RV	regulační ventil
C	oběhové čerpadlo
$T_a$	snímač venkovní teploty
$T_a$	snímač teploty přívodní topné vody
MT	měřič tepla (kalorimetr) – není součástí regulační soustavy
RS	řídící systém
S	servopohon regulačního ventilu
RV	regulační ventil
C	oběhové čerpadlo
$T_a$	snímač venkovní teploty
$T_a$	snímač teploty přívodní topné vody
$T_v$	snímač teploty vratné topné vody
MP	měřič průtoku topné vody soustavou
P	snímač statického tlaku topné vody (má pouze informační funkci)
MT	měřič tepla (kalorimetr) – není součástí regulační soustavy

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Vývoj spotřeby tel. cen uhlí

Obrázek 2 Množství zateplených ploch

Obrázek 3 Plastové okna a dveře

Obrázek 4 Zateplovací systém ETICS

Obrázek 5 Zateplení jednoplášť. střecha

Obrázek 6 Zateplení dvouplášť. střecha

Obrázek 7 Kalitativní regulace digram

Obrázek 8 Kvantitativní regulace diagram

Obrázek 9 Orientační parametry soustav

Obrázek 10 Regulační vytápění se zpětnou vazbou

Obrázek 11 Ekvitermní otopná křivka

Obrázek 12 Praktická aplikace Ohradní

Obrázek 13 Společná topná větev

Obrázek 14 Společný kalorimetr

Obrázek 15 Instalace regul. systému

Obrázek 16 Spotřeba tepla 2013-2014

Obrázek 16 Využití způsobu regulac

Obrázek 17 Vypočtená tepelná ztráta objektu

Obrázek 18 Praktické provedení regul. soustavy klasické ekvitermní regulace

Obrázek 19 Příklad praktického použití regulace

Obrázek 20 Regulační periody

Obrázek 21 Servisní menu

Obrázek 22 Způsob instalace regulačního systému do topné soustavy

Obrázek 23 Instalace rámu

Obrázek 24 Použití dvoucestného škrťacího ventilu

Obrázek 25 Soustava s lokálním zdrojem tepla

Obrázek 26 Řídící část

Obrázek 27 Ovládací panel

Obrázek 28 Vzdálený dohled

Obrázek 29 Uživatelské menu PC

Obrázek 30 Připojení rozhraní k serveru

Obrázek 31 Rozdělení spotřeby energie

Obrázek 32 Instalace systému Generála Hrušky 22

Obrázek 33 Porovnání spotřeby tepla dvou objektů Gen. Hrušky 22 a 25

## **SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 Sazby DPH a ekologické daně

Tabulka 2 Orientační hodnoty soustav

Tabulka 3 Celková spotřeba tepla

Tabulka 4 Měrná roční spotřeba tepla

**SEZNAM ROVNIC**

Rovnice 1.....	31
Rovnice 2.....	31
Rovnice 3.....	31
Rovnice 4.....	31
Rovnice 5.....	32
Rovnice 6.....	33



## SEZNAM PŘÍLOH

**PŘÍLOHA P I: NÁZEV PŘÍLOHY**