

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY**

**FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING**

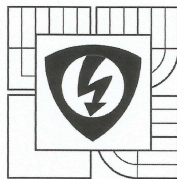
**INTELIGENTNÍ ŘÍZENÍ AKUMULAČNÍHO
OHŘEVU TEPLÉ VODY**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS**

**AUTOR PRÁCE
AUTHOR**

BC. RADOSLAV VAŠICA

BRNO 2014



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Elektroenergetika

Student: Bc. Radoslav Vašica

Ročník: 2

ID: 125688

Akademický rok: 2013/14

NÁZEV TÉMATU:

Inteligentní řízení akumulačního ohřevu teplé vody

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Proveďte analýzu současného stavu ohřevu teplé vody v domácnostech a zaměřte se na akumulační elektrické ohřivače.
2. Proveďte posouzení vlivů akumulačních ohřevů na provoz elektrické sítě.
3. Zhodnoťte energetickou účinnost současných ohřivačů a navrhnete možnosti zlepšení v oblasti řízení akumulačních ohřivačů teplé vody.
4. Navrhnete vlastní systém řízení akumulačních ohřivačů, který zajistí jejich lepší účinnost. Ověřte navržený systém vhodnými experimenty.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

podle pokynů vedoucího práce

Termín zadání: 10.2.2014

Termín odevzdání: 23.5.2014

Vedoucí práce: Ing. Jan Šlezinger

Konzultanti diplomové práce:



doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

Bibliografická citace práce:

VAŠICA, R. *Inteligentní řízení akumulčního ohřevu teplé vody*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2014. 50 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Jan Šlezinger..

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. Díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

.....



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ



**Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
Ústav elektroenergetiky**

Diplomová práce

Intelligentní řízení akumulačního ohřevu teplé vody

Bc. Radoslav Vašica

vedoucí: Ing. Jan Šlezingr

Ústav elektroenergetiky, FEKT VUT v Brně, 2014

Brno



BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Faculty of Electrical Engineering and Communication
Department of Electrical Power Engineering

Master's Thesis

Intelligent control of the storage water heater

by

Bc. Radoslav Vařica

Supervisor: Ing. Jan řlezinger

Brno University of Technology, 2014

Brno

ABSTRAKT

Práca sa všeobecne zaoberá možnosťami prípravy teplej vody v domácnosti a analyzuje možnosti úspory. Na začiatku práce je stručne uvedená história prípravy teplej vody. Kapitola 3 sa zaoberá rôznymi spôsobmi ohrevu. Podrobnejšie popísaný elektrický akumulčný ohrev je v kapitole 4, kde možno nájsť vplyv tohoto ohrevu na elektrizačnú sústavu, špeciálne na denný diagram zaťaženia. Ďalej sú uvedené údaje o tarifnej politike, ako o nástroji k motivácii odberateľov využívať akumulčný ohrev.

V ďalšej časti práce, začínajúc piatou kapitolou, je písané o možnosti energetickej úspory prostredníctvom inteligentne riadeného bojleru. Ten eliminuje nevýhodu zásobníkového ohrevu, ktorou sú tepelné straty nádoby. Ohrev zakladá na určitej pravidelnosti v správaní užívateľa a riadi prípravu vody podľa očakávanej spotreby. V kapitole šiestej je potom navrhnutý vlastný algoritmus pre úsporné riadenie ohrevu a tiež energetické a ekonomické zhodnotenie možných úspor.

KLÚČOVÉ SLOVÁ: teplá úžitková voda; zásobníkový ohrievač; tepelné straty; hromadné diaľkové ovládanie; denný diagram zaťaženia

ABSTRACT

The work generally deals with the possibilities of preparing hot water in household and analyzes saving possibilities. At the beginning of work the history of hot water preparation is briefly indicated. Chapter 3 deals with different ways of heating. Described in more detail electric storage heating is in chapter 4, where can be found the effect of heating to the power network, especially to the daily load diagram. The following are the information of the tariff policy, as a tool for motivation of consumers, for using the storage heating.

In the next part, beginning with the fifth chapter, is written about the possibility of energy saving by means of intelligently controlled boiler. That eliminates the disadvantage of storage heating, which are the tank thermal losses. Heating is based on a certain regularity in the behaviour of the user and manages the preparation of water according to expected consumption. The sixth chapter then contains design of own algorithm for economical control of heating and also energetic and economic assessment of potential savings.

KEY WORDS: domestic hot water; storage water heater; thermal losses; ripple control; daily load diagram

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ.....	10
SEZNAM TABULEK	11
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	12
1 ÚVOD	13
2 HISTÓRIA PRÍPRAVY TUV.....	14
3 PRÍPRAVA TEPLEJ ÚŽITKOVEJ VODY.....	15
3.1 PRIETOKOVÝ OHREV	16
3.1.1 PLYNOVÉ PRIETOKOVÉ OHRIEVAČE.....	16
3.1.2 ELEKTRICKÉ PRIETOKOVÉ OHRIEVAČE.....	17
3.2 ZÁSOBNÍKOVÝ OHREV	17
3.2.1 NEPRIAMO OHREVNÉ ZÁSOBNÍKY.....	19
3.2.2 PRIAMO OHREVNÉ ZÁSOBNÍKY	19
3.2.3 KOMBINOVANÉ ZÁSOBNÍKY	20
3.2.4 TLAKOVÉ ZÁSOBNÍKY	20
3.2.5 BEZTLAKOVÉ ZÁSOBNÍKY	20
3.3 ZMIEŠANÝ OHREV	20
3.4 ELEKTRICKÝ OHREV TUV	20
3.4.1 POROVNANIE AKUMULAČNÉHO A PRIETOKOVÉHO OHREUV	21
4 ELEKTRICKÝ AKUMULAČNÝ OHREV VODY.....	22
4.1 VZNIK AKUMULAČNÉHO OHREUV.....	22
4.1.1 PREPÍNANIE SADZIEB SPÍNACÍMI HODINAMI	22
4.1.2 HROMADNÉ DIAĽKOVÉ OVLÁDANIE	22
4.2 VÝVOJ AKUMULAČNÉHO OHREUV V ČR.....	23
4.3 TARIFNÁ POLITIKA	26
4.3.1 VÝVOJ NÍZKEHO TARIFU DO ROKU 1989.....	26
4.3.2 TARIFY V SÚČASNOSTI.....	29
4.4 POČET ELEKTRICKÝCH BOJLEROV V ČR.....	29
5 AKUMULAČNÉ OHRIEVAČE S INTELIGENTNÝM RIADENÍM.....	31
5.1 AKUMULAČNÉ OHRIEVAČE VODY DZD DRAŽICE	31
5.2 AKUMULAČNÉ OHRIEVAČE VODY TATRAMAT.....	33
5.3 AKUMULAČNÉ OHRIEVAČE VODY GORENJE, ALIZ, ARISTON	34
6 NÁVRH INTELIGENTNÉHO OHREUV.....	35
6.1 MERANIE A VYHODNOTENIE DÁT	35
6.1.1 ZÍSKANIE ÚDAJOV	35
6.1.2 VYHODNOTENIE ÚDAJOV	35
6.2 NÁVRH RIADENÉHO OHREUV	36
6.2.1 RIADENIE OHREUV POČAS DOSTUPNÉHO EL. PRÍVODU	38

6.2.2 RIADENIE OHREVVU DO ZÁSOBY	40
6.3 NÁVRH ĎALŠIEHO POSTUPU	42
6.4 EKONOMICKÝ PRÍNOS INTELIGENTNÉHO OHREVVU	45
7 ZÁVER.....	47
POUŽITÁ LITERATURA	49

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 3-1.: Rozdelenie zdrojov TUV.....	16
Obr. 3-2.: Prechod tepla vedením valcovou stenou	18
Obr. 4-1.: Priebeh zaťaženia ES ČSSR (priemer ut – pia, december)	24
Obr. 4-2.: Denný diagram zaťaženia východočeského kraja január 1987	25
Obr. 4-3.: Denný diagram zaťaženia elektrizačnej sústavy ČR január 2014 [30]	25
Obr. 5-1.: Schéma zapojenia bojleru Dražice OKHE SMART (bez HDO)[7].....	33
Obr. 6-1.: Namerané teploty počas siedmich dní s vyznačením zapnutého ohrevu (hdo), smernicou teploty a vyhodnotením odberu teplej vody	36
Obr. 6-2.: Priebeh nabíjania a chladnutia.....	37
Obr. 6-3.: Priebeh teploty priemerného pracovného dňa	37
Obr. 6-4.:Algoritmus pre ohrev počas zapnutého HDO	39
Obr. 6-5.: Potrebný priebeh nabíjania pre týždňový interval (pondelok 00:00 až nedeľa 23:59)	42
Obr. 6-6.:Algoritmus ohrevu pre dobu vypnutého HDO a prvej hodiny zapnutého HDO (časť 1/2)	43
Obr. 6-7.:Algoritmus ohrevu pre dobu vypnutého HDO a prvej hodiny zapnutého HDO (časť 2/2)	44

SEZNAM TABULEK

Tab. 3-1.: Denná spotreba vody [21]	15
Tab. 3-2.: Veľkosť bojlera podľa počtu osôb v domácnosti [21]	19
Tab. 4-1.: Rozvoj elektrického akumulčného vykurovania a ohrevu vody [9]	23
Tab. 4-2.: Prehľad sadzieb pre občanov[9]	28
Tab. 4-3.: Časové pásma platnosti NT u sadzby BV [9]	28
Tab. 4-4.: Porovnanie sadzieb v minulosti a súčasnosti [22]	29
Tab. 4-5.: Počet elektrických ohrievačov v domácnostiach ČR[25]	29
Tab. 4-6.: Počet elektrických ohrievačov v domácnostiach SR[26]	30
Tab. 5-1.: Inteligentné bojler Dražice [7]	33
Tab. 5-2.: Inteligentné bojler Tatramat[15]	34
Tab. 6-1.: Intervaly spínania ohrevu pomocou HDO	35
Tab. 6-2.: Vyjadrenie úspory počas vypnutého hdo pri prevádzke za zníženej teploty.....	45
Tab. 6-3.: Tepelné straty v potrubí.....	45

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

ČR	Česká republika
ČSSR	Československá socialistická republika
DDZ	Denný diagram zaťaženia
EE	Elektrická energia
HDO	Hromadné diaľkové ovládanie
NT	Nízky tarif
PDS	Prevádzkovateľ distribučnej sústavy
SR	Slovenská republika
TUV	Teplá úžitková voda
VT	Vysoký tarif

1 ÚVOD

Prítomnosť teplej úžitkovej vody (TUV) je dnes už takmer v každej domácnosti samozrejmosťou. Teplá voda pomáha udržiavať hygienu a zvyšovať komfort v ľudských domácnostiach. Používa sa na množstvo nevyhnutných činností – umývanie, sprchovanie, kúpanie, upratovanie, pranie atď. Teplá voda má prívlastok úžitková, pretože aj napriek tomu, že je pripravovaná z pitnej vody, samotnou prípravou v nej prebiehajú chemické a biologické procesy, ktoré z nej robia vodu úžitkovú.

Spotreba energie na prípravu TUV tvorí 10 až 30 % celkovej energetickej spotreby v domácnosti. Je to množstvo, ktoré sa pri súčasných cenách energie oplatí minimalizovať, preto je spôsob prípravy teplej vody veľmi dôležitý. Rovnako je dôležité rozumné hospodárenie s teplou vodou a správna údržba systému.[19]

Jednou z možností na prípravu TUV je elektrický akumulčný ohrev. Tento spôsob umožňuje užívateľovi nárazový odber aj väčšieho množstva teplej vody. Ďalšou výhodou je možnosť ohrevu vody za nižšiu sadzbu elektrickej energie (EE). Nevýhodou akumulčného ohrevu je, že teplota na termostate je nastavená tak, aby nároky na teplú vodu boli vždy splnené. No nie vždy sa všetka ohriata voda spotrebuje a do ďalšieho ohrevu v dôsledku tepelných strát zásobníka ochladne. Tým sa zbytočne ohrieva voda, ktorá nebola spotrebovaná a plytvalo sa tým energiou aj financiami. Túto nerovnováhu medzi množstvom ohriatej vody a dennou spotrebou rieši inteligentný akumulčný ohrievač, ktorý pripraví na každý deň iba predpokladané množstvo potrebnej teplej vody.

Na druhej strane má akumulčný ohrev prínos aj pre prevádzkovateľa distribučnej sústavy (PDS). Pomocou spínania akumulčných spotrebičov je totiž možné formovať denný diagram zaťaženia (DDZ), a tým zvýšiť hospodárnosť a využiteľnosť elektrizačnej sústavy.

Cieľom tejto práce je preskúmať možnosti úspor pri príprave TUV pomocou inteligentných ohrievačov. Cieľom je tiež na základe nameraného priebehu teploty v zásobníku v konkrétnej domácnosti vyhodnotiť spotrebu teplej vody a následne navrhnúť vlastný algoritmus pre inteligentné ohrievanie bojleru. Ďalej je cieľom vyčíslieť možnosti úspory spôsobené nasadením riadeného ohrevu.

2 HISTÓRIA PRÍPRAVY TUV

Tečúca teplá voda nebola vždy v domácnostiach samozrejmosťou. Podobne ako iné technické výdobytky aj ohrev teplej vody prešiel svojim vývojom a bol spočiatku časovo a technologicky náročný.

Prvý plynový prietokový ohrievač vody pre domácnosti, ktorý nevyužíval tuhé palivá bol vynájdený v roku 1868 maliarom Angličanom Benjaminom Maughanom. Studená voda v tomto ohrievači pretekala hornou časťou cez drôty, ktoré boli ohrievané plynovým horákom umiestneným v dolnej časti. Horúca voda potom tiekla do vane alebo dresu. Tento ohrievač bol pomerne nebezpečný, pretože neobsahoval prieduch na odvod horúcich spalín.[16],[28]

V roku 1889 vynášiel Nór Edwin Ruud prvý elektrický ohrievač vody. Pri práci bol inšpirovaný práve ohrievačom Benjamina Maughana.

V roku 1927 bol vynájdený prvý elektrický prietokový ohrievač spoločnosťou Stiebel-Eltron. Tieto ohrievače boli bežne používané v Európe a vo väčšom množstve v Ázii.[23]

Pred týmito vynálezmi bol najčastejším spôsobom prípravy teplej vody len hrniec s vodou na sporáku, prípadne nádoba s vodou ohrievaná nad otvoreným ohňom pomocou horenia dreva alebo uhlia. Neskôr sa používali kúpeľňové kotle „brutary“ alebo tzv. „kúpeľňové kachle“, v ktorých sa kúrilo priamo v kúpeľni drevom alebo uhlím. Bol to síce priamy a účinný ohrev ale nevýhodou bola pracnosť, prašnosť, časová náročnosť a tiež nemožnosť centrálného rozvodu teplej vody. Boli to nádoby beztlakové s otvorenou hladinou, spravidla prikryté pokrievkou. [27]

3 PRÍPRAVA TEPLEJ ÚŽITKOVEJ VODY

V tejto kapitole sú primárne čerpané informácie z knižky *Príprava teplej úžitkovej vody* [24].

Príprava TUV prebieha v zariadení, ktoré slúži k ohriatiu úžitkovej vody na teplotu, ktorá umožní odberateľovi odber teplej vody v požadovanom množstve a teplote. Zariadenie na prípravu TUV pozostáva z:

- zariadenia pre vlastný ohrev vody
- rozvodu TUV vrátane potrebných armatúr
- výtokových zmiešavacích armatúr pre nastavenie požadovanej výstupnej teploty

Systém na prípravu TUV musí spĺňať tieto požiadavky

- voda musí byť k dispozícii v potrebnom množstve, pokiaľ možno bez výrazného čakania
- teplota vody musí byť regulovateľná
- bezchybná hygienická kvalita
- bezpečná prevádzka a jednoduchá obsluha

Všeobecne sa za dennú spotrebu teplej vody v domácnosti počíta priemerne 50 l na osobu.

Tab. 3-1.: Denná spotreba vody [21]

činnosť	umývanie rúk	umývanie hlavy	sprchovanie	vaňový kúpeľ	umývanie riadu	upratovanie
teplota vody [°C]	37	37	37	40	55	50
spotreba [l/os.]	3 - 4	5 - 10	30 - 50	120 - 150	5 - 10	10

Presný výpočet spotreby teplej vody a množstva energie potrebného k jej príprave sa riadi normou ČSN EN 15 316 – 3.[5]. Obsahuje 3 časti:

Prvá časť (3-1) stanovuje výpočet spotreby teplej vody a energie pre byty (v závislosti na veľkosti podlahovej plochy) a nebytové priestory (podľa mernej spotreby a počtu merných jednotiek v nebytovej budove).

V druhej časti (3-2) je uvedený princíp výpočtu tepelných strát rozvodov (tepelný tok z rozvodov do okolia). Sú tu normalizované metódy výpočtu (a) strát tepla rozvodov, (b) využiteľných strát tepla pre vykurovanie a (c) potreby pomocnej energie pre rozvod teplej vody.

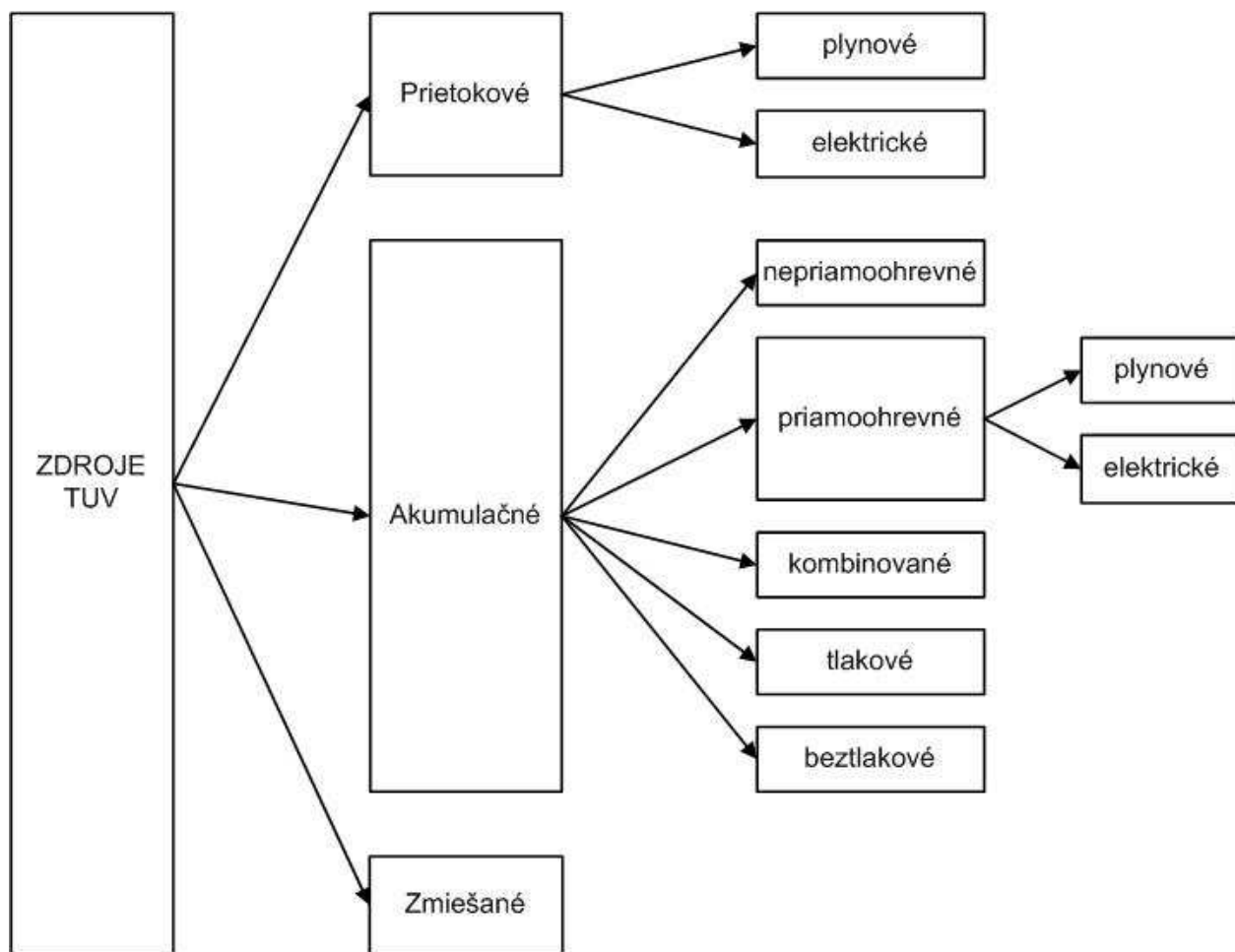
Tretia časť (3-3) sa zaoberá zdrojom prípravy TUV z pohľadu energetických potrieb. Empirické fyzikálne vzťahy určujú výpočet tepelných strát (a) priamo a nepriamo ohrevných zásobníkov, (b) okruhov zdroja tepla a (c) pomocnej energie.

Rozdelenie prípravy TUV podľa spôsobu napájania odberného miesta:

- centrálna
- skupinová
- individuálna (lokálna)

Centrálna a skupinová slúžia pre zásobovanie viacerých odberateľov, poprípade celej lokality (obytné súbory a pod.) Lokálna umožňuje dodávku teplej vody výhradne jednému užívateľovi.

Podľa spôsobu ohrevu možno zdroje rozdeliť do skupín podľa Obr. 3-1



Obr. 3-1.: Rozdelenie zdrojov TUV

3.1 Prietokový ohrev

V prietokovom ohrievači dochádza k ohrevu stykom vody s teplovýmennou plochou, ktorú tvorí trubkovnica, sada dosiek s prelismi alebo iné usporiadanie. Ohrev nastáva priamo pri prietoku vody ohrievačom, preto je pre tento spôsob ohrevu charakteristická potreba veľkého výkonu, ktorý musí byť kedykoľvek k dispozícii. V porovnaní so zásobníkovým ohrevom je prietokový ohrev podstatne menej náročný na priestor. Zdrojom tepla potrebného k ohrevu vody môže byť plyn, elektrická energia, menej často horúca voda alebo para.

3.1.1 Plynové prietokové ohrievače

Tento zdroj teplej vody je riešený buď ako samostatný alebo ako súčasť malého plynového kotla.

Samostatné jednotky sú z hľadiska plynu riešené ako otvorené spotrebiče bez odtáhu spalín (do 10 kW), s odtáhom spalín, alebo uzavreté spotrebiče s núteným prívodom aj odtáhom spalín. Bežne sa vyrábajú do výkonu 28 kW, čo odpovedá prietoku cca 16 l/min. Súčasne je tento zdroj schopný zásobovať dve až tri odberné miesta. Plynové ohrievače sú citlivé na tlak vody, pretože plynový horák je spínaný hydraulicky a pri nedostatočnom tlaku sa nezopne vôbec.

Kombinovaný plynový kotol sa z hľadiska zásobovania TUV chová ako prietokový ohrievač. Myšlienka kombinovaného kotla je postavená na fakte, že príkon potrebný na vykurovanie

odpovedá približne príkonu na ohrev teplej vody. Toto však platilo najmä v minulosti, kedy tepelná strata rodinného domu bývala cca 20 kW a tento príkon bol dostatočný aj pre ohrev TUV. V dnešnej dobe sa však tieto dve hodnoty od seba stále viac vzdávajú. Jednak sa tepelné straty budov znižujú v dôsledku stále sa sprísňujúcich požiadaviek na kvalitu obvodového plášťa a naopak požiadavky na teplú vodu sa vďaka zvyšujúcemu sa komfortu rastú. Tepelné straty rodinných domov sú už dnes bežne pod hodnotou 10 kW, kým nároky na prietokový ohrev sú minimálne uvádzaných 28 kW. Riešením je aplikácia kotla s modulovaným výkonom, ktorý umožňuje jak prevádzku s nízkym výkonom pre vykurovanie, tak krátkodobé navýšenie výkonu pre potreby ohrevu TUV.

3.1.2 Elektrické prietokové ohrievače

Tieto zdroje teplej vody pracujú s veľkou účinnosťou. Nevýhodou je potreba relatívne vysokého inštalovaného výkonu (pre jednu komfortnú sprchu 18 až 24 kW), ktorý je používaný len jednorázovo. Toto spôsobuje komplikácie z hľadiska odberu elektrickej energie. Preto sú používané predovšetkým malé ohrievače s výkonom 2 až 6kW, ktoré tak výrazne nezvyšujú celkový potrebný inštalovaný príkon a postačia k ohrevu vody pre umývadlo, dres či úspornú sprchu. Elektrické prietokové ohrievače bývajú vybavené rôznou úrovňou regulácie. Najjednoduchšie sú riadené hydraulicky, ktoré spínajú plný výkon pri dosiahnutí pevne nastaveného prietoku, avšak teplota vody sa regulovať nedá. Zložitejšie bývajú vybavené elektronickou reguláciou, ktorá umožňuje meniť výkon ohrievacej vložky tak, že výstupná teplota z ohrievača je konštantná.

3.2 Zásobníkový ohrev

Tam kde je potrebné ohrievať vodu do zásoby, aby bolo možné pokryť nerovnomernosti spotreby vody je použitý zásobníkový ohrievač (bojler). Tento zdroj sa používa hlavne vtedy, ak nie je zdroj tepla trvale k dispozícii (využitie solárnej energie, pevné palivá) alebo nie je dostatočne výkonný pre prietokový ohrev (tepelné čerpadlo, elektrická energia).

Zásobníkový ohrievač je nádoba so vstavanou teplovýmennou plochou, prostredníctvom ktorej je ohrievaná voda v nádrži. Nádrž býva zhotovená z ocele, menej častejšími materiálmi sú meď a plast. Oceľové nádrže sú buď nerezové, alebo sú pred koróziou chránené smaltovou vrstvou. Práve u smaltovaných nádrží sa často používa aktívna protikorózna ochranná tyč. Táto kovová tyč v nádrži tvorí anódu, plášť nádrže katódu elektrochemického článku a pri poruche smaltovej vrstvy dochádza k transportu častíc z anódovej tyče na poškodené miesto.

Dôležitým parametrom každého zásobníka na teplú vodu je jeho tepelná izolácia. Udáva sa koeficientom merných tepelných strát [Wh/24h/liter]. Je to ekonomický ukazovateľ prevádzky a vyjadruje, ako rýchlo voda v bojleri chladne. U moderných zásobníkov sa táto hodnota pohybuje pod 8 Wh/24h/liter.

Meranie tepelných strát u elektrických ohrievačov je určené normou EN 60 379 (Metódy merania funkcie elektrických akumulčných ohrievačov vody pre domácnosť a podobné účely). Tá definuje statickú stratu za 24 hodín ako množstvo energie potrebnej k udržaniu teploty vody na hodnote 65 °C po dobu 24 hodín pri teplote okolia 20 °C. Teplota okolia je stredná hodnota nameraných teplôt vo výške odpovedajúcej polovici výšky bojleru a v polovici vzdialenosti medzi bojlerom a stenou miestnosti (ale ak je polovičná vzdialenosť medzi stenou a zásobníkom väčšia než 1m, tak vo vzdialenosti 1 m od bojleru). Ďalej sú tu definované pojmy, ako menovitý objem bojleru, priemerná teplota vody, súčiniteľ zmiešavania (porovnanie výtokovej teploty vody

pri súčasnom pritekaní studenej vody a bez neho) a pod. Norma tiež určuje podmienky merania týchto údajov.[4]

Chladnutie teplej vody v bojleri je spôsobené prenosom tepla vedením (kondukciou) cez stenu nádoby do okolia. Tento proces popisuje Fourierov zákon [2]:

$$\phi = -\lambda A \text{ grad } T \quad 1$$

, kde ϕ [W] je tepelný tok; λ [$\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$] je tepelná vodivosť materiálu (materiálová konštanta); A [m^2] je plocha; $\text{grad } T$ je gradient teploty.

Po úpravách dostaneme pre tepelný tok prechádzajúci valcovou stenou, zloženou z niekoľkých vrstiev, vzťah:

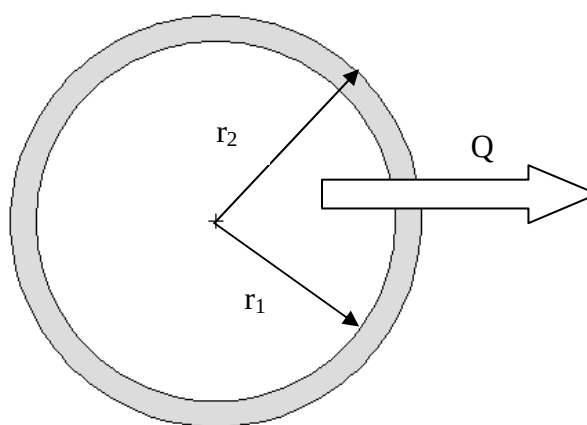
$$\phi = \frac{2\pi l (T_1 - T_{n+1})}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{\lambda_i} \ln \frac{r_{i+1}}{r_i}} \quad 2$$

Stena zásobníka je síce zložená z viacerých vrstiev (smaltovaný povlak, samotná stena nádoby, izolácia, opláštenie), no až na izoláciu sú to materiály dobre tepelne vodivé, a preto sa výpočet môže zjednodušiť iba na prechod tepla tepelnou izoláciou:

$$\phi = \frac{2\pi l \lambda (T_1 - T_2)}{\ln \frac{r_2}{r_1}} \quad 3$$

, kde l [m] je dĺžka zásobníka; λ [$\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$] je tepelná vodivosť izolácie; T_1 [K] je termodynamická teplota vo vnútri nádoby; T_2 [K] je termodynamická teplota okolia; r_1 [m] je vnútorný polomer nádoby; r_2 [m] je vonkajší polomer nádoby. Pre hrúbku izolácie h [m] platí: $h = r_2 - r_1$.

Ako vyplýva z vyššie uvedeného, aby bol teplotný spád medzi bojlerom a okolím čo najnižší, a tým straty minimálne, neodporúča sa inštalovať zásobník do chladných miestností.



Obr. 3-2.: Prechod tepla vedením valcovou stenou

Pre vyčíslenie energie odobranej zásobníku vplyvom chladnutia bude používaná jednoduchá kalorimetrická rovnica [2]:

$$Q = m c \Delta T \quad 4$$

, kde Q [J] je množstvo tepla (energie), m [kg] je hmotnosť, c [$\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$] merná tepelná kapacita látky a ΔT [K] je rozdiel teplôt. Pre praktické použitie je lepšie vyjadriť množstvo energie v kWh, preto energiu v jouloch vydelíme hodnotou $3,6\cdot 10^6$. Merná tepelná kapacita vody je približne $4,2 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

Pri zásobníkových ohrievačoch je tiež dôležité správne nastavenie termostatu. Maximálna nastavená teplota by v domácnosti nemala prekračovať 60°C . Ako vidno z Tab. 3-1, vyššia teplota vody ani nie je potrebná. Pri teplote nad 60°C je teleso zásobníka zanášané tzv. kotlovým kameňom a prevádzka je tým neekonomická. Naopak, pri teplotách nižších než 50°C sa v bojleri vytvárajú vhodné podmienky pre baktériu *Legionella*, a preto je odporúčaná hodnota teploty od 55 do 60°C .

Dimenzovanie veľkosti bojlera je ďalšou kľúčovou časťou správnej a ekonomickej prípravy TUV. Pri prehnane veľkom objeme bojlera trvá ohrev zbytočne dlho a nespotrebovaná teplá voda potom chladne. Na druhej strane, pri poddimenzovanom objeme nastáva problém s nedostatkom teplej vody. Optimálna veľkosť zásobníkového ohrievača závisí na predpokladanej spotrebe teplej vody a požadovanom komforte. Približná veľkosť bojlera v domácnosti môže byť určená podľa Tab. 3-2

Tab. 3-2.: Veľkosť bojlera podľa počtu osôb v domácnosti [21]

Počet osôb v domácnosti	1 - 2 dospelí / 1 izb. byt	2 dospelí, 1 - 2 deti, / 2 izb. byt	2 dospelí, 2 - 3 deti, / 3 izb. byt	2 - 3 dospelí, 2 - 3 deti, / 4 izb. byt
Objem zásobníka [l]	80	120	150	200

Norma zaoberajúca sa stanovením objemu zásobníka je ČSN 060320 (Príprava teplej vody – navrhovanie a projektovanie). Určuje akým spôsobom sú stanovené krivky odberu, na základe ktorých sa volí optimálny objem zásobníka. [3]

Zásobníkové ohrievače možno podľa vzťahu k zdroju tepla rozdeliť na nepriamo-ohrevné, priamo-ohrevné a kombinované.

3.2.1 Nepriamo ohrevné zásobníky

V nepriamo-ohrevných zásobníkoch sa teplo prenáša pomocou teplotnosného média (najčastejšie vody) a väčšinou sa vyskytujú v spolupráci s kotlom na vykurovanie. V zásobníku je zabudovaný výmenník tepla napojený na rozvod teplotnosnej látky.

3.2.2 Priamo ohrevné zásobníky

Voda v priamo ohrevných zásobníkoch prijíma teplo uvoľnené priamo pri spaľovaní (najčastejšie plynu) alebo z elektrickej vykurovacej vložky. Princíp plynových priamo ohrievaných zásobníkov je obdobou historického spôsobu prípravy TUV v kúpeľňových kachliach, popísaných vyššie v kap. 2. Objemy týchto zásobníkov sa pohybujú v rozmedzí od 80 do 400 litrov a výkony od 7 do cca 100 kW. Tieto ohrievače sa konštruujú ako uzavreté, alebo otvorené plynové spotrebiče s odtáhom spalín do komína alebo cez fasádu.

Elektrické priamo ohrevné ohrievače sú vybavené elektrickou vložkou a termostatom. Niekedy sa vybavujú aj dvojicou ohrievacích vložiek, jedna s menším a druhá s väčším výkonom. Vložka s menším výkonom ohrieva vodu priebežne (snaha využiť nižšiu sadzbu elektriny)

a druhá, výkonnejšia vložka, umožňuje operatívne prihriatie vody kedykoľvek v priebehu dňa v závislosti na potrebe užívateľa.

3.2.3 Kombinované zásobníky

Pod pojmom kombinované ohrievače sa rozumejú nádrže s dvojitém zdrojom ohrevu – najčastejšou variantou je elektrický ohrev spolu s nepriamym ohrevom prostredníctvom vykurovacej sústavy.

Zásobníkové ohrievače možno ďalej rozlišovať podľa vzťahu k vodovodnej sieti na tlakové a beztlakové.

3.2.4 Tlakové zásobníky

Tlakové zásobníkové ohrievače vody sú trvale napojené na rozvod vody a sú teda pod tlakom vodovodu. Pretože je nádrž uzavretá a mení sa v nej teplota, musí byť vybavená poistným ventilom a prívod studenej vody musí byť chránený spätným ventilom. Teplotné objemové zmeny vody sa vyrovnávajú buď funkciou poistného ventilu (odkvapkávanie vody), alebo malou expanznou nádobou umiestnenou na prívode studenej vody.

3.2.5 Beztlakové zásobníky

Otvorené beztlakové zásobníky majú akumulčný priestor neuzatvárateľne prepojený s výtokom TUV (s atmosférou), a preto nie je potrebné prívod studenej vody vybaviť poistným a spätným ventilom. Teplá voda sa pustí otvorením prítoku studenej vody, pričom pritekajúca studená voda vytláča teplú vodu do hornej časti, kde odteká do neuzatvárateľného prepadu. Nevýhodou je možnosť napojenie iba jedného odberného miesta so špeciálnou výtokovou armatúrou. Podľa vyhotovenia môžu byť otvorené zásobníky nad, alebo pod úrovňou odberného miesta.

3.3 Zmiešaný ohrev

Tento spôsob je kombináciou dvoch už uvedených ohrevov. Najčastejšie sa jedná o prietokový ohrev doplnený akumulčnou nádobou pre pokrytie občasných špičiek, trvajúcich najviac 20 až 60 minút. Konštrukčne sa tieto zariadenia zhodujú so zásobníkovými. Rozdiel je len vo väčšom príkone ohrievača a v menšom objeme zásobníka. Cieľom je teda využiť výhody oboch spôsobov a to menšie nároky na priestor a menší potrebný elektrický príkon. Príkon však musí byť dostupný počas celého dňa. [17]

3.4 Elektrický ohrev TUV

Využitie elektrickej energie pri príprave TUV má niekoľko výhod:

- vysoká účinnosť a hospodárnosť
- hygienická nezávadnosť a prevádzková bezpečnosť
- dokonalá a ekonomická regulácia
- minimálne inštalačné a stavebné úpravy
- jednoduchá prevádzka a údržba
- absencia likvidácie odpadov a odvodu spalín

3.4.1 Porovnanie akumuláčného a prietokového ohrevu

Elektrický prietokový ohrievač je vhodný tam, kde nie je potrebné dodávať veľké množstvo teplej vody, resp. napájať viac odberných miest. Ohrieva len požadované množstvo vody, ktorá je hneď spotrebovaná a teda nespôsobuje zbytočné straty. Výhodou je nízky nárok na priestor v porovnaní s akumuláčným zásobníkom a tiež možnosť okamžitého získania teplej vody. Pri použití prietokového ohrievača odpadá nutnosť použitia rozvodov teplej vody, pretože ohrev vody je priamo v mieste spotreby a tým sú minimalizované tepelné straty.

Možnosť okamžitého získania teplej vody nesie so sebou aj požiadavku na vysoký okamžitý príkon a tým aj vyšší nárok na dimenzovanie elektrických rozvodov. V porovnaní s bojlermi sú tieto ohrievače aj investične viac nákladné, poruchovejšie, vyžadujú väčšiu údržbu a sú citlivejšie na tvrdosť vody.

Akumulačné elektrické zásobníky majú uplatnenie tam, kde je nárok na dodanie väčšieho množstva teplej vody v krátkom čase a napájanie viacerých odberných miest. Voda sa zohrieva do zásoby počas dlhšieho času, preto nevyžadujú taký veľký okamžitý príkon ako prietokové. Medzi výhody patrí aj možnosť využívania k ohrevu vody obnoviteľných zdrojov energie (solárne kolektory, fotovoltaický ohrev, tepelné čerpadlo). V tomto prípade sa však jedná už o bojler kombinovaný.

Nutnosť použiť rozvody teplej vody je jednou z nevýhod akumuláčného ohrevu. V tomto potrubí totiž vznikajú tepelné straty, a preto je potrebné venovať tepelnej izolácii rozvodov značnú pozornosť. Podľa [24], pri rozvodoch dlhších ako 3 m, je vhodné použiť ďalší zdroj bližšie k miestu spotreby. Tepelné straty vznikajú aj priamo v nádobe zásobníka a preto nároky na izoláciu plášťa sú vysoké.

Napriek svojim nevýhodám sú akumuláčné ohrievače v domácnostiach výhodné, pretože sú investične menej nákladné a aj prevádzkové náklady sú nižšie. Náklady na ohrev vody do zásoby je lacnejší, pretože využíva elektrickú energiu mimo energetických špičiek a dodávateľ energie ju poskytuje v tomto čase za nižšiu sadzbu.

4 ELEKTRICKÝ AKUMULAČNÝ OHREV VODY

V oblasti výroby a spotreby elektrickej energie je dôležitá podmienka určitej rovnováhy medzi týmito dvomi javmi. Rovnováha musí platiť v každom okamžiku a jej významné narušenie môže viesť až ku kolapsu elektrizačnej sústavy. Táto energetická bilancia je udržiavaná pomocou rôznych nástrojov. Vzhľadom k tomu, že skladovanie elektriny je náročné, bolo nutné zaviesť spôsob, prostredníctvom ktorého by bolo možné meniť spotrebu elektriny. Toto je možné pripojovaním alebo odpojovaním vhodných spotrebičov, hlavne tých, ktoré sú početne rozšírené a ich príkony sú značné. [8]

4.1 Vznik akumulčného ohrevu

Ako je známe, priebeh denného diagramu zaťaženia nie je počas dňa rovnaký. Počas nočných hodín je dopyt po elektrickej energii menší, ale nočné odstavovanie a následné ranné nabíjanie zdrojov je neekonomické. Rovnako je neefektívne aj posilňovanie prenosových a výrobných kapacít kvôli niekoľkým hodinám zvýšeného dopytu počas dňa. Z týchto dôvodov vznikla už v počiatoch elektrifikácie myšlienka presunúť časť spotreby z doby vyššieho zaťaženia sústavy do doby s nižším nárokom na výkon. Toto bolo riešené zapínaním akumulčných elektrických spotrebičov v dobe nízkeho zaťaženia sústavy. Elektrická energia sa v danom spotrebiči naakumulovala a spätne využívaná bola hlavne v dobe vysokého zaťaženia. Jednalo sa hlavne o elektrické bojler a akumulčné kachle, ktoré elektrickú energiu skladovali vo forme energie tepelnej. Motiváciou k tomu, aby boli akumulčné spotrebiče využívané, bola znížená sadzba za elektrickú energiu v dobe nízkeho zaťaženia. Pôvodne sa jednalo hlavne o nočnú dobu, preto bol pre túto lacnejšiu sadzbu zaužívaný pojem „nočný prúd“. [8]

Prepínanie nižšej sadzby a tým riadenie spotreby v DDZ sa spínalo dvoma spôsobmi. Spočiatku to bolo prostredníctvom spínacích hodín a neskôr pomocou hromadného diaľkového ovládania.

4.1.1 Prepínanie sadzieb spínacími hodinami

Elektromechanické spínacie hodiny, namontované na rozvádzači pri elektromere, sú nastavené spínacími časmi. Najčastejšie bol čas zopnutia nastavený na 22:00 a vypnutie o 6:00. Spínacie relé spína stykač, ktorým je akumulčný spotrebič napájaný a zároveň je prepnuté meranie spotreby na dvojsadzbovom elektromere s nižšou sadzbou. Toto riešenie je výhodné hlavne pre odberateľa, ktorý vie kedy má nízku sadzbu. Na druhej strane, tak ako plynú z nasledujúcej kapitoly 4.1.2, pre dodávateľa táto forma riadenia až tak výhodná nie je. [8]

4.1.2 Hromadné diaľkové ovládanie

Snaha lepšie formovať DDZ viedla k ďalšej technickej možnosti, ktorou je možné meniť spotrebu elektriny počas dňa. Umožňovalo to hromadné diaľkové ovládanie. Spočiatku HDO nahradzovalo prepínacie hodiny pre ovládanie taríf a spotrebičov, tiež slúžilo pre komunálnu sféru (verejné osvetlenie, reklamy), pre potreby ministerstva národnej obrany a civilnej obrany. Systém HDO používa pre prenos informácie silové vedenie elektrizačnej sústavy. Riadiace povelý sú z vysielača smerované v tvare impulzného kódu s kmitočtom rádovo kHz. Tento kód je následne superponovaný na kmitočet siete. Impulz sa vysiela do každej fázy z rozvodní 110/22 kV do siete 22 kV a cez transformátor sa dostáva až do siete NN k spotrebiči. Prijímač signálu ovláda stykač, ktorý zapína/vypína spotrebiče. Súčasne je prepínaný aj dvojsadzbový elektromer. Systém HDO využíva hromadný efekt, t.j. na vyslanie jednej informácie reagujú všetky

spotrebiče, ktoré sú pre jej príjem nastavené. Počet prijímačov nie je podmienený výkonom vysielača, ale závisí len na záujme alebo možnostiach odberateľov. V dobe prepnutia elektromeru na nižšiu sadzbu je nižšou sadzbou spoplatnená všetka spotrebovaná elektrina, preto sú do tejto časovej oblasti presunuté aj iné energeticky náročné aktivity. HDO je dôležitým prostriedkom k formovaniu DDZ a ovplyvneniu rovnováhy medzi výrobou a spotrebou v ES. Umožňuje tiež zvýšiť využitie už inštalovaných zariadení so súčasným uspokojovaním ďalších žiadateľov o pripojovanie akumulčných spotrebičov. Jeho prvotná výhoda je prospech dodávateľa elektriny s pridanou hodnotou pre odberateľa. Nemusí spínať len v dobe nočného poklesu spotreby, ale podľa jednotlivých taríf aj viac krát za deň (napr. pri obedňajších prestávkach, pri výmene smeny a pod). [18]

Na území bývalej ČSR bol prvý vysielač HDO inštalovaný v roku 1962 v rozvodni 110/35 kV Všetstary. Vysielač bol o výkone 100 kVA s ovládacím kmitočtom 1050 Hz s impulzným kódom. Dodávateľ tohoto zariadenia bol podnik ZPA Praha a bol to experiment jak pre dodávateľa, tak pre prevádzkovateľa. Zdrojom kmitočtu bol horizontálny motorgenerátor s pružnou spojkou na spoločnom ráme a betónovom základe.

Prvý záujem o HDO v ČSR vznikol však už v roku 1930 v súvislosti s jeho využívaním vo Francúzsku od roku 1925. História HDO teda začala už v roku 1934, kedy v obci Stěžery došlo k hromadnému zapínaniu zásobníkov teplej vody a parákov na zemiaky prostredníctvom samostatného vodiča. Jednalo sa o malý počet asi 30 odberateľov, ktorý využívali toto ovládanie z dôvodu výrazne nižšej sadzby za elektrickú energiu v čase od soboty 11:00 do pondelka 6:00. [10],[18]

4.2 Vývoj akumulčného ohrevu v ČR

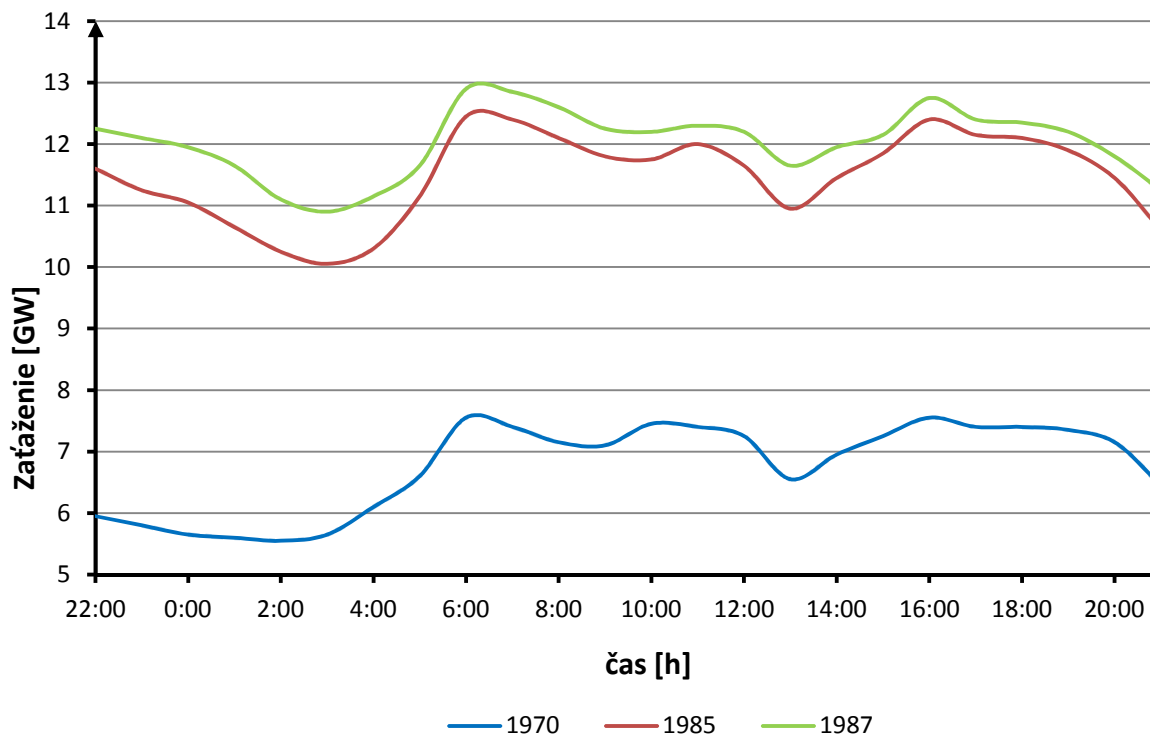
V kapitole 4.2 a 4.3 sú použité informácie zo zborníku prednášok *Elektrické vytápění a ohřev teplé úžitkové vody* [9]

Elektrická energia bola pre účely vykurovania a ohrevu teplej vody v minimálnom rozsahu využívaná už pred druhou svetovou vojnou. Až do roku 1970 nedošlo v tejto oblasti spotreby k výraznému navýšeniu. Až zvýšenie cien tekutých palív (najmä nafty) a problémy s triedenými pevnými palivami, ako aj otázky ekologické viedli k prudkému rozvoju elektrického ohrevu vody a vykurovania predovšetkým v nevýrobnej sfére. Nárast počtu akumulčných elektrických ohrievačov ČSSR medzi rokmi 1970 a 1985 je v Tab. 4-1.

Tab. 4-1.: Rozvoj elektrického akumulčného vykurovania a ohrevu vody [9]

	rok	1970		1985	
		počet [tis.]	Inštalovaný príkon [MW]	počet [tis.]	Inštalovaný príkon [MW]
Obyvateľstvo	Akum. kachle	68	306	210	945
	Akum. ohrev vody	257	370	800	1280
Socialistické organizácie	Akum. kachle	60	270	205	923
	Akum. ohrev vody	70	154	215	537
Celkom maloodber	Akum. kachle	128	576	415	1868
	Akum. ohrev vody	317	524	1015	1817

Rozvoj akumulčného vykurovania (s vymedzenou dobou nabíjania 8 hodín prevažne v čase od 22:00 do 06:00) spôsobil v období 1970 – 1985 výrazne zmeny v tvare denného diagramu zaťaženia (DDZ), predovšetkým v nočnej dobe. Pretože riadenie (blokovanie) akumulčných spotrebičov sa ešte takmer z 80% dialo pomocou sadzbových spínačov a zvyšok prijímačmi hromadného diaľkového ovládania (HDO), výrazne sa zvyšuje nočná špička práve okolo 23. hodiny v zimnom období a naopak dochádza k značnému poklesu zaťaženia v čase od 02:00 do 05:00 hod. Toto je zrejmé z Obr. 4-1.

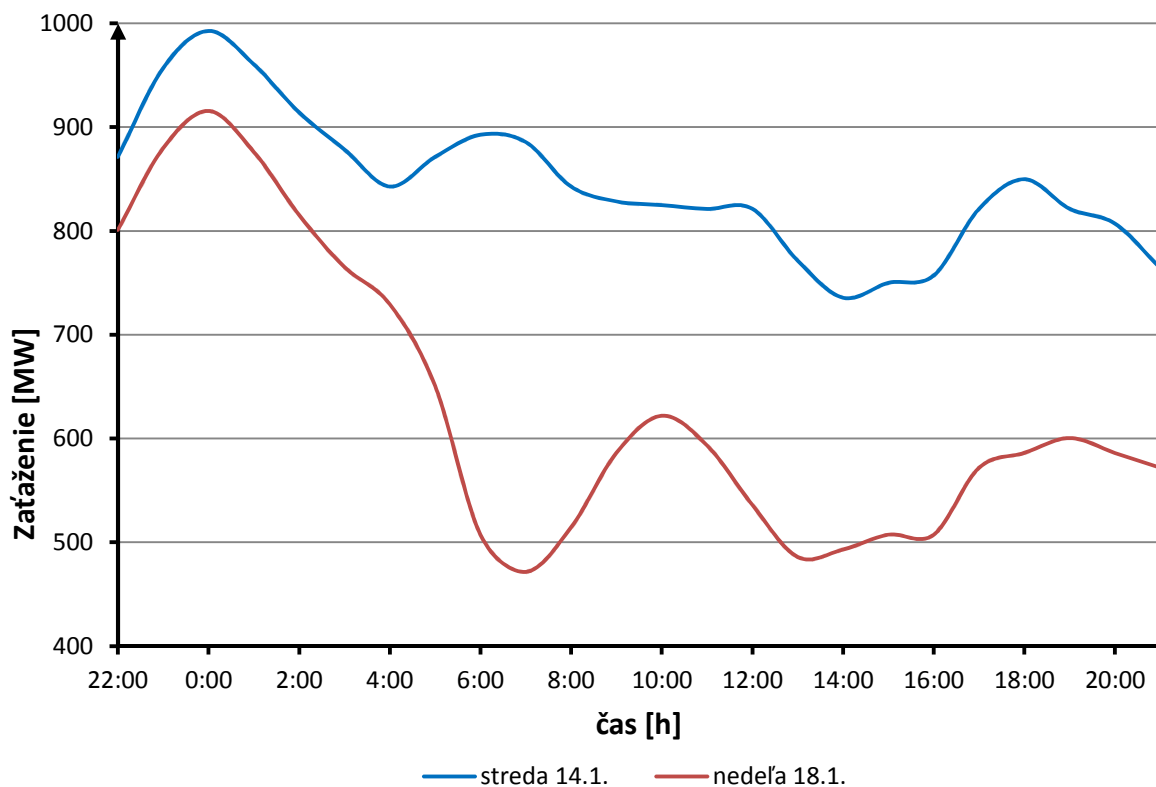


Obr. 4-1.: Priebeh zaťaženia ES ČSSR (priemer ut – pia, december)

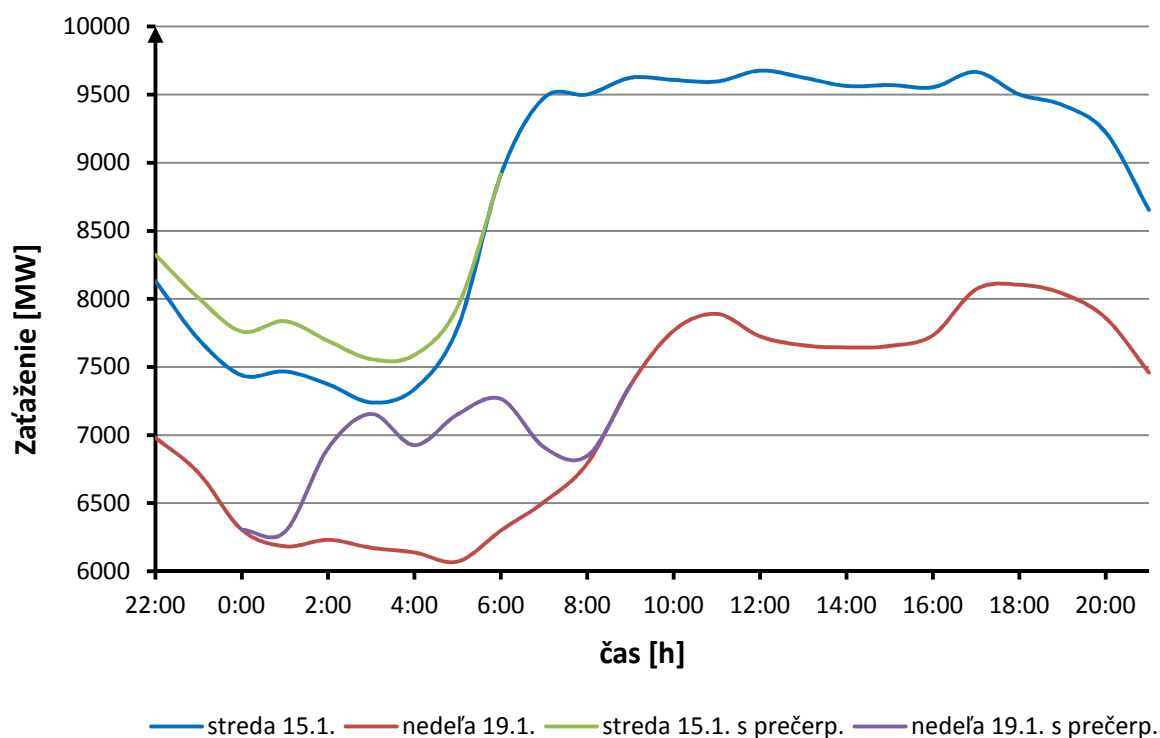
Už v roku 1987 bolo v niektorých krajoch dnešnej ČR dosiahnuté v zimnom období výkonové maximum v DDZ práve v dobe nočnej a nie ráno medzi 6. až 8. hodinou. Túto skutočnosť vidno z DDZ Východočeského kraja z roku 1987 na Obr. 4-2. Tento stav obmedzuje energetickým rozvodným záväzkom technické možnosti ďalšieho pripojovania akumulčných spotrebičov na existujúcu rozvodnú sieť bez dodatočných investícií. Túto situáciu bolo možné čiastočne riešiť nasledujúcimi opatreniami.

- V prípadoch, kde bolo použité u odberateľa prijímacie relé HDO (v ČSSR asi u 200 000 odberateľov), rozdeliť nabíjaciu 8 hodinovú dobu na dve až tri pásma v priebehu celého dňa (24 h) s tým, že jedno pásmo bude v noci po 24. hodine (napr. 01:00 až 06:00) a druhé v popoludňajšom odľahčení siete (napr. od 13:00 do 16:00)
- U nových akumulčných systémoch, alebo u jestvujúcich, kde bola inštalácia pripravená využiť nabíjaciu spätnú automatiku, ktorá posunie nabíjanie k šiestej hodine ráno za súčasného skrátenia nabíjacej doby podľa zostatkového tepla v spotrebiči (príp. podľa vonkajšej teploty u akumulčného vykurovania).

Pre porovnanie je na Obr. 4-3 zobrazený DDZ elektrizačnej sústavy ČR z januára 2014.[30]



Obr. 4-2.: Denný diagram zaťaženia východočeského kraja január 1987



Obr. 4-3.: Denný diagram zaťaženia elektrizačnej sústavy ČR január 2014 [30]

4.3 Tarifná politika

Pri neustále sa meniacich ekonomických a technických podmienkach pre hospodárnu prevádzku československej elektrizačnej sústavy a pri trvalom záujme o maximálnu racionalizáciu spotreby elektriny zohrávala sústava tarifierov za elektrinu a tarifné zásady vysoko aktívnu úlohu.

Rozsah a význam tejto aktivity tarifnej sústavy perspektívne rástol s rozvojom a užitím technických prostriedkov riadenia (napr. hromadné diaľkové ovládanie) a rastúcou váhou ekonomických stimulov v modeli riadenia národného hospodárstva. Ak mala tarifná sústava plniť svoju aktívnu úlohu, musela pružne reagovať na nové vznikajúce skutočnosti a progresívne tendencie podporovať. V tarifnej sústave ide však o dlhodobejšie opatrenie, pretože aj stabilizovanosť tarifnej sústavy má svoj význam.

Poslanie tarifu je treba vidieť predovšetkým v orientácii ekonomického tlaku do štruktúry spotreby elektriny s cieľom podporiť dlhodobejšie záujmy štátnej energetickej politiky. Konkrétne ide o to, aby tarif zainteresoval odberateľa na racionálne užitie elektriny, a to nielen z pohľadu absolútnej výšky spotreby, ale aj rozloženie odberu v priebehu dňa, týždňa, roku. [9]

4.3.1 Vývoj nízkeho tarifu do roku 1989

Nízky tarif (NT) je určený pre odber v dobách nízkeho zaťaženia ES, a preto je nutné do tejto doby situovať nabíjanie elektrických akumulčných spotrebičov. Táto zásada bola uvedená vo vyhláške FMPE č.171 sb., ktorá tiež stanovuje zákaz používania elektrických akumulčných spotrebičov bez blokovania odberu v dobe od 6:00 do 22:00.

U veľkoodberateľov a stredných odberateľov sa pásma platnosti nízkeho tarifu zásadne stanovovali v celkovej dĺžke 8 hodín denne (spravidla od 22:00 do 6:00) s tým, že ich časové vymedzenie dodávateľ vopred oznámil príslušným odberateľom. V prípadoch, kedy podiel odberu elektriny pre vykurovanie a ohrev vody presahoval v ročnom období 40% celkovej spotreby elektriny a prepínanie tarifierov a blokovanie akumulčných spotrebičov bol riadený pomocou HDO, bol dodávateľ oprávnený meniť časové pásma platnosti NT operatívne bez predčasného oznámenia odberateľovi. V tomto prípade bol dodávateľ oprávnený aj skracovať pásma NT za predpokladu, že tým nebola narušená správna funkcia spotrebičov (napr. podľa vonkajšej teploty).

Veľkoodberatelia a strední odberatelia mali nárok na účtovanie odberu elektrickej energie v nízkej sadzbe iba v tom prípade, ak jeho výška v príslušnom mesiaci prekročila 20% kWh, odobraných v ostatnej dobe. V opačnom prípade sa táto elektrická energia účtovala sadzbou vysokého tarifu.

U maloodberateľov socialistických organizácií bol NT určený predovšetkým pre prevádzku elektrických spotrebičov s pevným prívodom. Ich odber zo siete mohol dodávateľ pomocou HDO operatívne presúvať podľa vývoja zaťaženia v ES, t.j. bez predčasného oznámenia meniť časové pásma platnosti NT. Celková doba platnosti NT bola u maloodberateľov stanovená na max 8 hodín denne s tým, že nemusela byť pre všetkých odberateľov a pre jednotlivé dni vymedzená rovnako, a ani nemusela byť v súvislej dobe trvania. To znamenalo, že akumulčné spotrebiče bolo možné nabíjať v 2 až 3 pásmach s tým, že celková doba nabíjania nesmela prekročiť 8 hodín. Obdobne ako u veľkoodberateľov bol dodávateľ oprávnený operatívne skracovať pásma NT za predpokladu, že nebude narušená správna funkcia akumulčných spotrebičov.

Maloodberatelia socialistických organizácií mohli o sadzbu NT požiadať, ak bolo možné predpokladať, že v pásme platnosti NT odoberú v ročnom období aspoň 17% z celkového odberu. Ak odberateľ s priznanou sadzbou NT v dvoch po sebe idúcich ročných obdobiach neodoberie v pásmach platnosti NT toto množstvo, je dodávateľ oprávnený NT odberateľovi zrušiť.

V roku 1989 došlo v oblasti cien elektrickej energie k niektorým zmenám, ktoré sledovali predovšetkým zvýšenie vplyvu taríf na racionalizáciu prevádzky ES a zlepšenie reprodukčnej schopnosti koncernov ČEZ a SEP. Jednou zo zmien bolo výrazné navýšenie nízkeho tarifu u veľkoodberateľov a stredných odberateľov. Cieľom bolo priblížiť relácie medzi sadzbami nízkymi, vysokými a špičkovým skutočným reláciám nákladov na zaobstaranie elektrickej energie v jednotlivých pásmach DDZ. Ďalšou úpravou bolo podstatné navýšenie sadzby za odber EE v pásme nízkeho zaťaženia ES pre maloodberateľov a úprava základných dodacích podmienok tak, aby umožňovali operatívne riadenie zaťaženia ES a usmerňovanie tejto odberateľskej kategórie. Pôvodne bola totiž sadzba NT konštruovaná tak, že vychádzala z premenných nákladov na výrobu a dodávku EE zo siete nízkeho napätia (nákladov na palivo). Stále náklady a zisk boli premietnuté do sadziieb za odber v pásme vysokého zaťaženia sústavy. Tieto zmeny boli prijaté z dôvodu rozvoja prevádzky elektrických akumulčných spotrebičov a ich vplyvu na DDZ, kde niektoré podniky dosahovali max odberu v zimnom období v nočných hodinách.

Tieto zmeny teda priniesli aj nové sadzby pre odberateľov. Pre občanov platilo celkovo 5 sadziieb (B, BS, N, BV a BH). Každý odberateľ mal právo zvoliť si ľubovoľnú z uvedených sadziieb, ak splňoval podmienky, ktoré boli pre priznanie konkrétnej sadzby stanovené. Bolo tiež možné voliť kombinácie sadziieb B a N alebo BS a N. Pri týchto kombináciách sa však pevné mesačné poplatky sčítali.

Pre odberateľov s elektrickými akumulčnými spotrebičmi boli z ekonomického hľadiska vhodné sadzby N, BV a BH. Odberateľ bol v tomto prípade povinný vykonať také opatrenia, aby akumulčný spotrebič nemohol byť zapnutý v dobe od 6:00 do 22:00, ak dodávateľ nestanovil inak. Toto opatrenie mohlo byť odberateľom zabezpečené aj za použitia spínacieho zariadenia (spínacie hodiny, frekvenčné relé, HDO) dodávateľa, ak s tým súhlasil. Prehľad sadziieb za elektrickú energiu pre občanov je uvedený v Tab. 4-2.

Sadzba N je vhodná pre odberné miesta s väčším odberom elektriny v dobách nízkeho zaťaženia ES. Pretože sa tieto časové pásma môžu meniť, je nízky tarif N vhodný najmä pre odberné miesta s elektrickými akumulčnými spotrebičmi. Dodávateľ el. energie stanovuje pásma platnosti nízkeho tarifu v celkovej minimálnej dĺžke 8 hodín denne vo všetkých dňoch týždňa. Časové vymedzenie týchto pásem, ktoré nemusia byť v súvislej dĺžke trvania, a ani nemusia byť rovnaké pre všetkých obyvateľov, oznámi dodávateľ vhodným spôsobom (tiskom, rozhlasom) minimálne 10 dní vopred. V prípade rozdelenia pásma NT do viacerých časových úsekov počas dňa (maximálne však 3), musí aspoň jeden z nich byť stanovený v súvislej dĺžke trvania minimálne 3 hodín v rozmedzí od 21:00 do 7:00 a zároveň nesmie byť žiaden časový interval kratší než 1 hodina.

Tab. 4-2.: Prehľad sadzieb pre občanov[9]

Typ sadzby	Určenie sadzby	Pevný mes. plat [Kčs]	Plat [Kčs/kWh]
BS	odberné miesta s malou spotrebou energie (do 414 kWh/rok)	1,8	1,05
B	odberné miesta s väčšou spotrebou energie (od 414 kWh/rok)	22,5	0,45
N	odberné miesta s väčšou spotrebou energie v NT (napr. el bojler)	15	0,21
BV	odberné miesta s el. akumulčným vykurovaním (min 3 kW) a el. bojlerom (min 50 l)		
	1 - 2 obytné miestnosti	51,5	VT 0,41 NT 0,14
	3 - 4 obytné miestnosti	65,5	
	5 a viac obytných miestností	79,5	
BH	odberné miesta s el. regulovaným zmiešaným vykurovaním (v akumulčnej časti min 2 kW) a el. bojlerom (min 50 l)		
	1 - 2 obytné miestnosti	44	VT 0,37 NT 0,14
	3 - 4 obytné miestnosti	55	
	5 a viac obytných miestností	65	

U **sadzby BV** platia pre vymedzenie časových pásem platnosti NT tieto podmienky:

- a) Pre odbery v oblastiach so systémom HDO sú pásma platnosti NT stanovené podľa Tab. 4-3. Z tejto tabuľky vidno, že dodávateľ za čiastočné operatívne vymedzovania pásiem platnosti NT poskytuje odberateľom v dňoch pracovného voľna denne o 2 hodiny dlhšie pásmo platnosti NT. Operatívne vymedzovania platnosti NT zvyšuje hospodárnosť prevádzky ES.

Tab. 4-3.: Časové pásma platnosti NT u sadzby BV [9]

Spôsob vymedzenia časových pásem platnosti NT u sadzby BV	Celková dĺžka platnosti NT [hodín denne]	
	Pracovný deň	Nepracovný deň
Programovo, t.j. vopred stanovená a oznámená min. 10 dní vopred	3	5
Operatívne stanovená podľa skutočného zaťaženia ES, t.j bez ohlásenia vopred	5	5
Celková dĺžka platnosti pásma NT poskytnutá odberateľom	8	10

- b) Pre odbery v oblastiach, kde nie je signál HDO, alebo kde dodávateľ nepoužíva operatívne riadenie, stanoví dodávateľ pásma platnosti NT v celkovej dĺžke trvania 8 hodín denne v dňoch pondelok až nedeľa. Ostatné zásady vrátane oznámenia pásem NT odberateľom sú zhodné so zásadami uvedenými u sadzby N.

Priznanie **sadzby BH** je podmienené, podobne ako v iných tarifoch, blokováním zapnutia akumulčných elektrických spotrebičov a zmiešaného elektrického vykurovania v dobách mimo pásma vymedzené dodávateľom. Vykurovacie články priamo vykurovacej časti zmiešaného

systému vykurovania sú odblokované pomocou HDO v pásme od 6:00 do 22:00 na súvislú dobu maximálne 6 hodín, a to iba v dňoch jedy vonkajšia teplota klesne o 11,00 pod stanovenú hodnotu, ktorá závisí na danej geografickej oblasti. Ak je blokovanie ovládané pomocou sadzbového spínača, musí byť prevádzka priamo-vykurovacích článkov navyše ešte riadená vonkajším termostatom. Vymedzenie pásma platnosti NT sa riadi rovnakými zásadami, ako u sadzby BV.[9]

4.3.2 Tarify v súčasnosti

V súčasnosti sú pre domácnosti k dispozícii rôzne dvojtarifné sadzby v závislosti na type zariadenia pre prípravu TUV a vykurovanie a na jeho výkone vzhľadom k energetickej náročnosti objektu. V nasledujúcej tabuľke je stručný prehľad dvojtarifných sadzieb používaných v minulosti a dnes spolu s dobou platnosti NT, cenami a vyjadrením pomeru NT a VT. Tento pomer vlastne vypovedá o motivácii odberateľa využívať platnosť NT a sústreďovať do tejto doby spotrebu el. energie.

Tab. 4-4.: Porovnanie sadzieb v minulosti a súčasnosti [22]

Označenie sadzby	BV	BH	D25d	D26d	D27d	D35d	D45d	D55d	D61d
Platnosť NT [hod]	8 (10)	6	8	8	8	16	20	22	víkend
Cena VT [Kč/kWh]	0,41	0,37	4,64	3,37	4,72	2,99	2,90	2,79	5,80
Cena NT [Kč/kWh]	0,14	0,14	1,93	1,93	1,93	2,19	2,35	2,3	2,08
NT/VT [%]	34	38	42	57	41	73	81	82	36

pozn.: ceny v súčasných sadzbách sú určené ako priemerné ceny distribútorov E.ON, Pre, Čez

4.4 Počet elektrických bojlerov v ČR

Elektrické bojlerov predstavujú značnú spotrebu elektriny v domácnosti a pre vyčíslenie celkového inštalovaného výkonu v krajine, príp. ročnú spotrebu elektrickej energie je potrebné poznať ich počet.

Množstvo elektrických akumulčných spotrebičov v ČSSR v rokoch 1970 a 1985 je uvedený v Tab. 4-1. Aktuálny počet nie je jednoduché vyčísliť. Do určitej miery je však možné využiť štatistické údaje. V ČR prebehli v rokoch 1996 a 2003 štatistické prieskumy o vybavení domácností elektrickými spotrebičmi. Prieskum sa týkal 1 % domácností, čo predstavuje počet asi 40 000. Vybavenosť domácností elektrickým spotrebičom na prípravu teplej vody spolu s údajom priemerného veku zariadenia je v Tab. 4-5. Prieskum však nerozlišuje medzi elektrickým akumulčným a prietokovým ohrievačom. [25]

Tab. 4-5.: Počet elektrických ohrievačov v domácnostiach ČR[25]

rok	Lokalita				Celkovo vo všetkých domácnostiach	
	mestská		vidiecka			
	vybavenosť [%]	priemerný vek [rokov]	vybavenosť [%]	priemerný vek [rokov]	vybavenosť [%]	priemerný vek [rokov]
1996	24,2	9,9	77	10,7	38,8	10,4
2004	24,8	9,3	67,4	10,4	34,8	9,9

Na základe týchto čísel môžeme odhadnúť, že v ČR je v domácnostiach nainštalovaných približne 1,4 mil. elektrických zariadení na prípravu TUV.

Pre porovnanie sú uvedené aj štatistické údaje zo SR, kde v rámci sčítania obyvateľstva v roku 2011 prebehol aj prieskum o spôsobe prípravy teplej vody v domácnostiach. Podobne ako v predchádzajúcom prípade, údaj nerozlišuje akumulčný a prietokový ohrev.[26]

Tab. 4-6.: Počet elektrických ohrievačov v domácnostiach SR[26]

	nezistený	mimo bytu (kotelňa, tepláreň)	vlastné ústredné kúrenie	elektrický bojler alebo prietokový ohrievač	plynový bojler alebo prietokový ohrievač	solárny ohrev	iný zdroj	bez teplej vody
Počet [-]	341 568	699 204	358 179	314 481	203 236	4 206	15 761	58 262
[%]	17,12	35,05	17,95	15,76	10,19	0,21	0,79	2,92

pozn.: celkový počet domácností v SR 1 994 897

Ďalším možným spôsobom ako spresniť informáciu o počte inštalovaných elektrických bojlerov je údaj o množstve pridelených sadziieb, určených pre akumulčné spotrebiče. Tento údaj tiež nemá veľkú vypovedaciu hodnotu, pretože sadzby distribučných spoločností nerozoznávajú akumulčné spotrebiče určené pre prípravu TUV a na vykurovanie.

5 AKUMULAČNÉ OHRIEVAČE S INTELIGENTNÝM RIADENÍM

Klasický elektrický bojler má štandardne užívateľom nastavenú konštantnú teplotu pomocou termostatu. Samotné zapínanie ohrevu je dnes zaistené diaľkovým ovládaním, ktoré spína distribútor energie. Ohrev je tak spoplatnený nižšou sadzbou, pretože sa koná v dobe nízkeho zaťaženia sústavy. Zaužívaný pojem „nočný prúd“ platil hlavne v minulosti. Ako vyplýva z predchádzajúcej kapitoly, dnes už nižšie zaťaženie sústavy nie je len v nočných hodinách. Takto nastavený ohrev prebieha bez ohľadu na deň v týždni a bez ohľadu na to, aké sú počas daného dňa požiadavky na množstvo teplej vody. Bežné bojlerové teda za každých podmienok zohrievajú rovnaké množstvo vody na rovnakú teplotu. Teplota býva často zadaná tak, aby bol vždy dostatok teplej vody. Lenže v niektorých dňoch sa nemusí všetka teplá voda spotrebovať a do ďalšieho ohrevu, vplyvom tepelných strát nádoby, voda vychladne.

Tento problém dokáže riešiť inteligentný bojler. Takýto bojler má inteligentný termostat, ktorý využíva samoučiaci algoritmus k zníženiu spotreby elektriny pri ohreve vody. Ako však vyplynie z ďalšieho, o skutočnej „samoučiacej inteligencii“ tu nemožno hovoriť. Vo väčšine známych prípadov prebieha učenie po dobu jedného týždňa a následne je teplota ohrevu nastavovaná podľa zostatkovej teploty na konci časového úseku, porovnávanéj s prednastavenou hodnotou. Termostat stavia na pravidelnosti v správaní ľudí, ktorá sa odráža v spotrebe teplej vody a to jak v čase, tak v množstve. Väčšina ľudí totiž dodržiava určitý týždenný režim. V určitý čas vstáva, odchádza do práce, prichádza domov, chodí spať, v určitý deň sa venuje športu, v iný deň iným aktivitám apod. Tieto zvyky sa termostat dokáže naučiť a ohrev uskutoční tak, aby v daný čas bola pripravená teplá voda, a to len v potrebnom množstve. V čase, kedy nie je požiadavka na teplú vodu, udržiava jej teplotu len na minimálnej hodnote a tým dokáže ušetriť 10 – 25 % elektrickej energie. [14]

Ako vyplýva z vyššie uvedeného, inteligentný bojler dokáže šetriť energiu a financie na základe pravidelného správania ľudí v domácnosti a s ním súvisiacou spotrebou teplej vody. V niektorých domácnostiach však k pravidelnému odberu teplej vody nedochádza a možno ani nemôže dochádzať (napr. pri práci na smeny). V takomto prípade sú úspory s inteligentným ohrievačom nižšie. Rovnako výška úspor závisí na teplote okolia, v ktorom je bojler umiestnený. V chladnom okolí (pivničné priestory) bude úspora vyššia, než keď je bojler umiestnený vo vykurovanej kúpeľni, príp. inej technickej miestnosti. [13], [20]

Na českom trhu sú tieto inteligentné produkty momentálne dostupné od výrobcov ako Dražice, Tatramat, Gorenje, Ariston a Eliz.

5.1 Akumulačné ohrievače vody DZD Dražice

Od firmy DZ Dražice možno inteligentný bojler nájsť pod označením OKHE SMART. [6] Tento ohrievač má inteligentný termostat E1 od spoločnosti UNITES Systems a.s. Tento termostat získal v roku 2012 ocenenie ZLATÝ AMPÉR za najprínosnejší exponát. Bojlerové sú v zvislom závesnom prevedení hranatého tvaru o objemoch 80, 100, 125 a 160 litrov. Príkon každého modelu je 2 kW. Ďalšie parametre, ako aj cena sú uvedené v Tab. 5-1. Súčasťou termostatu je displej s ovládacími piatimi tlačidlami. Na displeji možno vyčítať napr. tieto údaje:

- aktuálna a nastavená teplota

- množstvo dostupnej vody prepočítanej na množstvo zmiešanej vody o teplote 40 °C (pri väčšom nárazovom odbere ukazuje chybnú nulovú hodnotu v dôsledku rozprúdenia vrstiev pritekajúcou studenou vodou; po ustálení vrstiev opäť ukazuje správne)
- indikácia činnosti vyhrievacieho telesa
- približná spotreba elektrickej energie v kWh s možnosťou nulovania (určená výpočtom z príkonu telesa a doby jeho chodu)
- aktuálne zvolený režim prevádzky

Termostat umožňuje nastaviť prevádzku z nasledovných režimov

- a) **NORMAL** – regulátor udržiava ohrievač na konštantnej užívatelom nastavenej teplote v rozmedzí 5 až 65 °C. V tomto režime sa bojler správa rovnako ako klasický bojler s kapilárovým termostatom
- b) **HDO** – regulátor udržiava ohrievač na konštantnej nastavenej teplote iba v dobe, kedy je napájaný elektrickou energiou v lacnejšej sadzbe.
- c) **ECO** – rovnaká funkcia ako *normal*, ale teplota je obmedzená na max 55 °C
- d) **Smart** – V tomto režime je snahou regulátoru ušetriť minimálne 10 % elektrickej energie oproti režimu *normal*. Počas prvých siedmych dní od zapnutia tohto režimu sa udržiava konštantná teplota ako v režime *normal* a sleduje sa správanie užívateľa z pohľadu spotreby vody. Tieto informácie sú zaznamenávané a následne spracovávané. V ďalších dňoch regulátor aplikuje získané informácie tak, aby pripravil len také množstvo vody, ktoré užívateľ v danom čase skutočne spotrebuje. Pre prípad nečakaného odboru je voda ohriata s určitou rezervou. Aj počas tohto obdobia dochádza naďalej k zberu dát a vyhodnocovaniu informácií o odberoch vody. Takto získané informácie sú aplikované takým spôsobom, aby dochádzalo k nepretržitému prispôsobovaniu sa požiadavkám užívateľa. Minimálna hodnota, pod ktorú teplota vody pri režime *smart* neklesne, je 45 °C.
- e) **Smart HDO** – v tomto režime je ohrev uskutočnený v dobe nižšej sadzby, prepnutie pomocou HDO. Teplota je v prvom týždni nastavená automaticky na 65 °C a prebieha zber a spracovávanie informácií. Rozhodnutie o navýšení alebo naopak znížení teploty prebieha od druhého týždňa. Teplota je teda automaticky nastavovaná pre každý deň zvlášť s ohľadom na potreby odboru. Ak sa v daný deň všetka nahriata voda nespotrebuje, o týždeň teplotu zníži a naopak, až kým nenastane rovnováha medzi spotrebou vody a naakumulovaným teplom v ohrievači.

Vo všetkých režimoch je aktivovaná aj funkcia **Antifrost** – režim odstavenia prevádzky. Teplota vody v tomto režime neklesne pod teplotu 5 °C a tým je zabránené poškodeniu zariadenia vplyvom mrazu. Podmienkou je samozrejme prívod elektrickej energie.

Pre voľbu vypnutia bojleru je funkcia **STOP**. V tomto režime nedôjde k zapnutiu výhrevnej špirály za žiadnych okolností.

Množstvo ušetrenej energie v režime *Smart* alebo *Smart HDO* možno zistiť odčítaním spotrebovanej energie na displeji po 7 dňoch od spustenia režimu (t.j. kým sa bojler správa ako klasický a učí sa návykom užívateľa) a porovnaním so spotrebou v nasledujúcich týždňoch, kedy je už príprava teplej vody prispôbovaná požiadavkám spotreby.[6], [7]

od 30 do 150 litrov. Vykurovacie teleso v dvojokruhovom prevedení umožňuje základný ohrev príkonom 2 kW a nárazový rýchloohrev zvýšeným príkonom 3 kW. Rovnako ako u predchádzajúceho výrobcu aj tu je garantovaná úspora minimálne 10 % oproti klasickým bojlerom. Tieto bojlerly disponujú tromi ECO programami [15]:

- a) **ECO Comfort** – tento program zabezpečuje vždy maximálne množstvo teplej vody, a tým najvyšší komfort. Požadovaná teplota sa po jednom týždni automaticky zníži z 85 °C na 60 °C, ale možno ju kedykoľvek ručne nastaviť na teplotu od 61 °C do 70 °C. Ak sa nastaví vyššia teplota než 70 °C, zníži sa požadovaná teplota po jednom týždni opäť automaticky na 60 °C.
- b) **ECO Plus** – ohrev nastáva až po väčšom odbere teplej vody. Prístroj automaticky ohrieva vodu až na požadovanú teplotu 60 °C, ako náhle je odobraných 40 % objemu zásobníku.
- c) **ECO Dynamic** – tento režim úspory prináša maximálnu energetickú účinnosť inteligentným a dynamickým prispôbením k spotrebe teplej vody. Je optimálna vtedy, ak v priebehu týždňa je spotreba vody v domácnosti v rovnakú dobu. Podobne ako pri režime *Smart* od firmy Dražice, aj tento program sa počas prvého týždňa učí návyky v spotrebe vody (t.j. zaznamenáva čas a množstvo spotrebovanej vody), a to potom aplikuje v ďalšom týždni a pripraví požadované množstvo v pravý čas.

Tab. 5-2.: Inteligentné bojlerly Tatramat[15]

Typ bojleru	EO 30 EL	EO 50 EL	EO 80 EL	EO 100 EL	EO 120 EL	EO 150 EL
Objem [l]	30	50	80	100	120	150
Tepelné straty [kWh/24h]	0,52	0,69	0,72	0,84	0,91	1,21
Fin. vyjadrenie strát [Kč/24h] ¹	0,98	1,31	1,37	1,6	1,73	2,3
Čas ohrevu z 15 °C na 65 °C výkonom 3 kW [min]	32	53	85	106	128	160
Cena bez DPH [Kč]	7 670	7 940	8 080	8 550	8 700	9 220
Cena klasického bojleru bez DPH [Kč]	4 740	4 890	5 290	5 680	6 020	6 590
Rozdiel v cene [Kč]	2 930	3 050	2 790	2 870	2 680	2 630

5.3 Akumulačné ohrievače vody Gorenje, Aliz, Ariston

Inteligentné ohrievače sú dostupné aj od výrobcov Gorenje, Aliz a Ariston. Ich produkty sú podobné ako u vyššie uvedených výrobcov. Väčšinou disponujú iba jedným ECO programom (7 dní učenie a následne aplikovanie). U výrobcu Ariston je navyše vyzdvihovalá vysoká presnosť merania teploty a tým aj presnejšia regulácia vďaka NTS snímaču. Na druhej strane, tepelné straty bojleru sú v porovnaní s produktmi Dražice takmer dvojnásobné. [1], [11], [12]

¹ Použitá sadzba E.ON pre r. 2014, NT: 1,9 Kč/kWh [22]

6 NÁVRH INTELIGENTNÉHO OHREVVU

Táto časť je venovaná návrhu inteligentného ohrevu pre konkrétny zásobníkový ohrievač. Cieľom je navrhnúť algoritmus, ktorý s rešpektovaním ľubovlnného režimu HDO (obmedzená doba prívodu el. energie) zabezpečí prípravu teplej vody v požadovanom množstve podľa predpokladaných odberov. To by malo smerovať k eliminácii tepelných strát a úspore energie. Základom ohrevu je vyhodnotenie spotreby teplej vody v určitom časovom intervale a k začiatku daného intervalu teplú vodu pripraviť.

Pre porovnanie, režim *smart HDO* u ohrievača Dražice pracuje tak, že každému dňu je pridelená teplota, na ktorú je termostat nastavený. Samotné spínanie ohrevu je teda dané zapínaním a vypínaním HDO. V závere každého dňa je potom na základe teploty vypočítané množstvo zostatkovej teplej vody prepočítanej na množstvo teplej vody o teplote 40 °C. Ak je toto množstvo príliš malé, termostat o týždeň v rovnakom dni nastaví vyššiu teplotu a naopak.[6]

6.1 Meranie a vyhodnotenie dát

K návrhu algoritmu je potrebné zmerať skutočný priebeh teploty v bojleri v bežných užívateľských podmienkach. K tomuto účelu bol zvolený, s ohľadom na parametre a cenu, datalogger teploty s externým čidlom Woltcraft DL 111K. Toto zariadenie umožňuje zaznamenávať hodnoty v časových intervaloch 2 s až 24 h, do pamäti uloží až 32 000 hodnôt a teplotný rozsah čidla je -200 až 1370 °C.[29]

6.1.1 Získanie údajov

Meranie bolo nasadené do bojleru o objeme 150 l (Dražice OKCE 160, zvislé zavesenie na stenu). Vek bojleru je 10 rokov. Príkon el. vložky je 2 kW a tomu odpovedá aj výrobcom udávaná rýchlosť ohrevu 10 °C/hod (prírastok teploty v celom objeme v ustálenom stave). Externé čidlo bolo zavedené do jímky zásobníku, ktorá siaha približne do polovice výšky, teda približne 60 cm. Bojler je spínaný pomocou HDO (ozn. D25d; sadzba + TUV; povel A1B6Dp5). Spínacie časy sú v Tab. 6-1. Interval záznamu hodnôt bol zvolený s rešpektovaním veľkosti zásobníka na 2 min (tj. 30 záznamov za 1 hodinu). Záznam teplôt prebiehal po dobu 7 dní, následne boli údaje vyhodnocované a ďalej spracované.

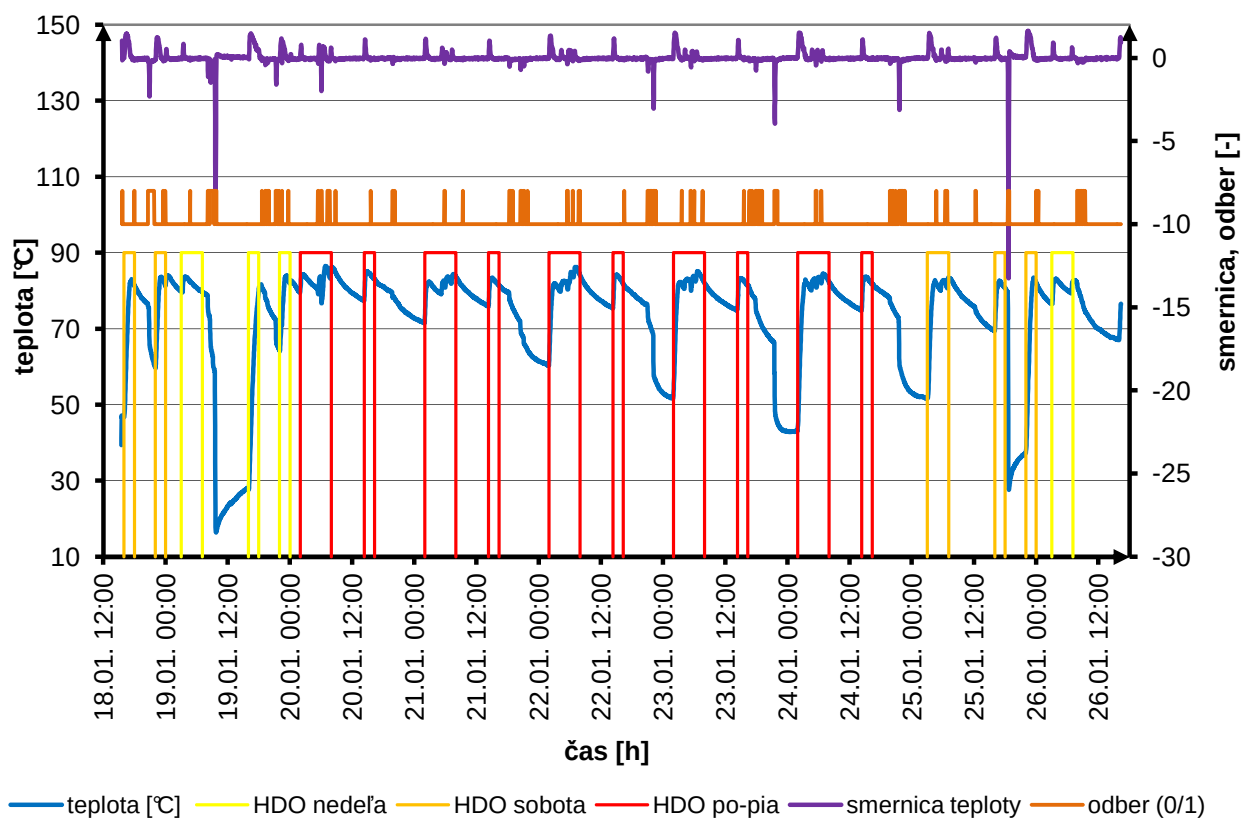
Tab. 6-1.: Intervaly spínania ohrevu pomocou HDO

deň	dĺžka platnosti NT	zapnutie	vypnutie	zapnutie	vypnutie	zapnutie	vypnutie
Po - Pia	8	1:55	8:00	14:15	16:15	-	-
So - Ne	8	3:00	7:05	16:00	18:00	22:00	24:00

6.1.2 Vyhodnotenie údajov

Priebeh teplôt je vždy po piatich po sebe idúcich bodoch preložený priamkou. Hodnoteným kritériom je smernica tejto priamky. Táto smernica nadobúda hodnoty od -13,26 do 1,64. Pre ďalší postup sú podstatné hlavne záporné hodnoty smernice, teda pokles teploty v zásobníku, či už v dôsledku odberu teplej vody, alebo samovoľným chladnutím (tepelné straty stenami nádoby). Najskôr je skúmaná smernica v intervale chladnutia bez odberu, tj. v nočnej dobe, kedy sa odber nepredpokladá, alebo nastane len malý odber, ktorý teplotu v zásobníku zásadne neovplyvní. Najväčší pokles teploty nastáva prirodzene pri vysokých teplotách (80 °C) a tomu odpovedá hodnota smernice -0,14. Predpokladá sa, že tento pokles nastáva skutočne len

chladnutím tepelnými stratami (ustálený stav v nádobe). Preto každý pokles teploty, ktorému prislúcha smernica menšia než $-0,14$, je vyhodnotený ako odber teplej vody.



Obr. 6-1.: Namerané teploty počas siedmich dní s vyznačením zapnutého ohrevu (hdo), smernicou teploty a vyhodnotením odberu teplej vody

6.2 Návrh riadeného ohrevu

Pri riadení ohrevu je potrebné rešpektovať tieto základné požiadavky a fakty:

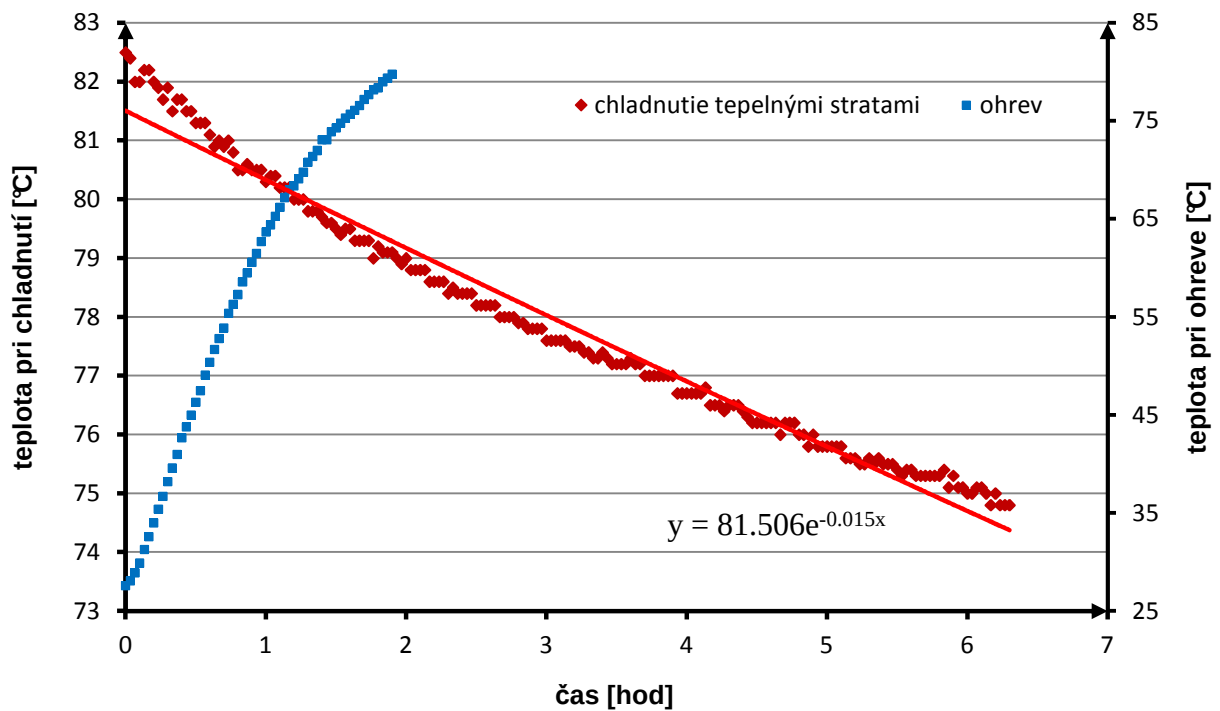
- Teplota v bojleri nesmie klesnúť pod $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, aby mal odberateľ aj v prípade neočakávaného odberu aspoň minimum teplej vody.
- Vodu možno zohrievať iba v dobe zapnutého prívodu el. energie (ďalej len zapnuté/vypnuté HDO). Do časového intervalu bez možnosti ohrevu je potrebné vodu pripraviť (akumulovať) včas a v odpovedajúcom množstve už v predchádzajúcom intervale, kedy je prívod el. energie zapnutý. Počet zapnutých intervalov počas dňa je ľubovoľný a žiaden z nich netrvá menej než 2 hodiny.
- Priebeh teploty pri ohreve (za súčasného neodoberania teplej vody) je vykreslený na Obr. 6-2. V ďalšom postupe bude prírastok teploty pri ohreve zjednodušene považovaný za konštantný a rýchlosť ohrevu je rovná $30^{\circ}\text{C/hod.}^2$
- Priebeh chladnutia bojleru vplyvom tepelných strát vidno na Obr. 6-2. Tento priebeh je získaný z priemerných teplôt počas piatich dní (po – pia) v čase vypnutého HDO, kedy nedochádzalo k odberom (8:00 – 14:20 Obr. 6-3). Priemerný pokles teploty je

² Vzhľadom k príkonu el. vložky a rýchlosti ohrevu udávanej výrobcom, je daný prírastok teploty uvažovaný v 1/3 objemu (cca 50 l).

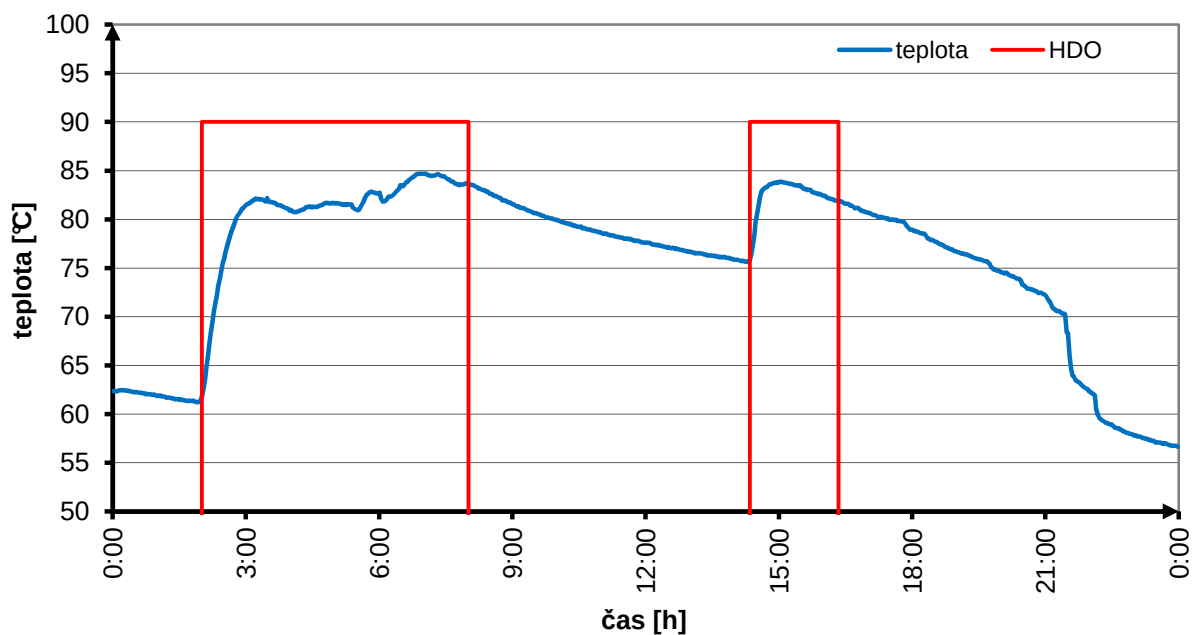
približne 1 °C za hodinu. Chladnutie je preložené exponenciálou, ktorej rovnica bude ďalej využívaná v tvare:

$$t(x) = A \cdot e^{-B x} \quad 5$$

, kde t [°C] je teplota a x [hod] je čas. Konštanty sú pre referenčný prípad $A = 81,506$ a konštanta $B = 0,015$. Vzhľadom k tomu, že vyhodnocované údaje sú merané v 2 minútových intervaloch, konštanta B bude v ďalšom postupe uvažovaná $B = 0,0005$.



Obr. 6-2.: Priebeh nabíjania a chladnutia



Obr. 6-3.: Priebeh teploty priemerného pracovného dňa

Samotný algoritmus sa skladá z dvoch častí. Prvá časť riadi prípravu vody počas dostupnosti el. energie (zapnuté HDO). V druhej časti, pred vypnutím prívodu elektriny, prebieha akumulácia teplej vody pre neskorší odber, hlavne počas vypnutého HDO.

6.2.1 Riadenie ohrevu počas dostupného el. prívodu

Tento ohrev je zabezpečovaný cyklom, ktorý kontroluje odber (resp. smernicu teploty) počas zapnutého HDO s výnimkou prvej hodiny tohto intervalu. Prvá hodina intervalu je vyhodnocovaná samostatne, pretože v nej môže nastať odber, ktorý nebude možné pokryť vzhľadom k rýchlosti ohrevu a čiastočne musí byť tento odber obsiahnutý v predchádzajúcej akumulácii. Algoritmus vyhodnocuje odbery počas intervalu jednej hodiny. Predpokladá sa, že každý odber spôsobí pokles teploty 2 °C. Podľa kumulovaného poklesu teploty za jednu hodinu je voda k začiatku danej hodiny pripravená na takú teplotu, aby po uskutočnení všetkých odberov v danej hodine, klesla opäť na 40 °C. Východisková teplota je 40 °C, maximálna teplota ohrevu 70 °C. Vyhodnocovanie odberov prebieha hodinu pred začatím vyhodnocovanej hodiny, pretože na prírastok teploty 30 °C (zo 40 °C na 70 °C) je potrebný čas práve jedna hodina. Ak je potrebný prírastok teploty nižší, začatie ohrevu je odložené podľa konečnej žiadanej teploty.

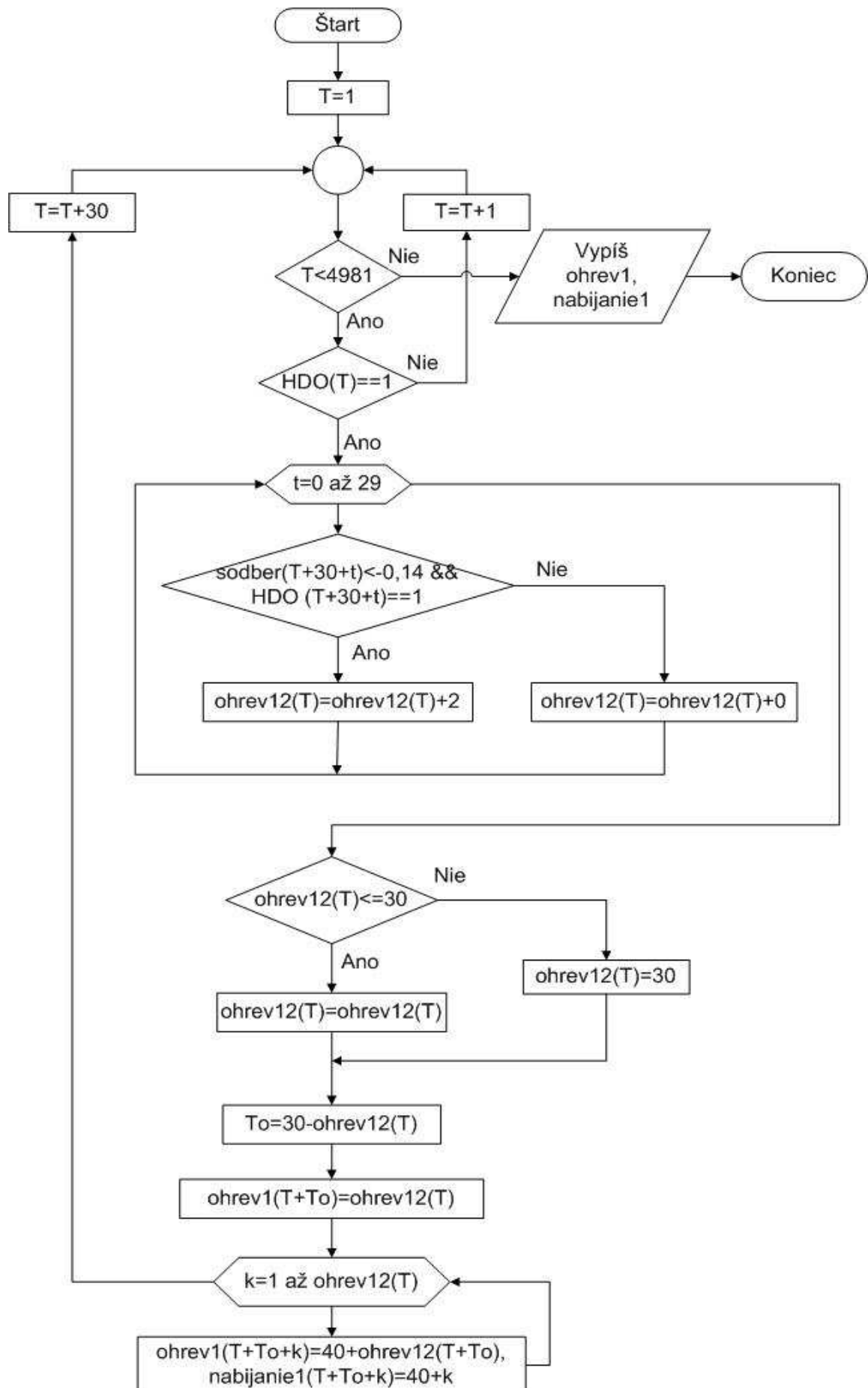
Pre každú hodinu (okrem prvej) je teda v hodine predchádzajúcej vytvorený potrebný vývoj teploty (priebeh nabíjania bojleru „*nabíjanie1*“) podľa rovnice:

$$t(x) = 40 + x \quad 6$$

, kde $t(x)$ [°C] je potrebný vývoj teploty v intervale predchádzajúcom skúmanej hodiny a x [-] je vyjadrenie času od začatia príslušného ohrevu.

Takto vzniknutý pílový priebeh („*nabíjanie1*“) zároveň stanovuje hranicu, pod ktorú by sa okamžitá teplota v ľubovoľnom čase nemala dostať, aby mohla teplota do začiatku príslušnej hodiny dosiahnuť požadovanú hodnotu. Výstupom tohto cyklu je ďalej indikatívny obdĺžnikový priebeh informujúci o zapnutí, nastavenej teplote a dĺžke trvania ohrevu („*ohrev1*“). Vzhľadom k tomu, že tieto intervaly sú dlhé max 1 hodinu (a väčšinou ich počet neprekračuje 8 za deň, z toho cca 30 % v nočných hodinách) a nepredpokladá sa ohrev na vysoké teploty, chladnutie vplyvom strát je zanedbané. Preto nemá na žiadanú teplotu vplyv okamžik spotreby, teda či sa odber uskutoční na začiatku, alebo na konci danej hodiny.

Cyklus je vytvorený v programe Matlab a vývojovým diagramom je znázornený nasledovne:



Obr. 6-4.: Algoritmus pre ohrev počas zapnutého HDO

6.2.2 Riadenie ohrevu do zásoby

Teplú vodu pre spotrebu v čase vypnutého HDO je nutné naakumulovať vopred, ešte v čase kedy je ohrev možný. Rovnako, je treba brať do úvahy aj nároky na teplú vodu počas prvej hodiny zapnutého HDO a množstvo potrebnej energie nepokrytej ohrevom v tomto, pomerne krátkom, intervale naakumulovať do ohrevu predchádzajúceho.

6.2.2.1 Akumulácia pre odber počas prvej hodiny zapnutého HDO

Požiadavky na teplú vodu by v prvej hodine zapnutého HDO mohli prekročiť schopnosť prípravy, danú rýchlosťou ohrevu, a preto môže nastať prípad, kedy je potrebné teplotu vody navýšiť už v predchádzajúcom nabíjaní bojleru. V tomto časovom horizonte bude pre zjednodušenie chladnutie bojleru zanedbané a prípadný ohrev bude vždy zahájený v okamžiku zapnutia HDO. Zanedbanie chladnutia je možné prijať, pretože sa jedná o krátky časový interval (1 hod) a nepredpokladá sa ohrev na vysoké teploty (zapnutie HDO je v polovici prípadov práve v neskorých nočných hodinách, kde sa nároky na teplú vodu nepredpokladajú, alebo len zanedbateľné). Keďže sú straty zanedbané, ohrev pre pokrytie tohto intervalu nastáva pri zapnutí HDO a nezávisí teda na tom, v akom čase od zapnutia HDO sa odber nachádza.

Hodnotenie odberu je, podobne ako v predchádzajúcom, podľa smernice teploty ("sodber"). Takže, ak je smernica teploty menšia ako hodnota $-0,14$, nastane v tomto okamžiku odber, ktorý spôsobí pokles teploty o $2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Vzhľadom k tomu, že hodnotenie odberu počas nabíjania nie je jednoznačné, sú tieto hodnoty určené s prihliadnutím k nameraným hodnotám odhadom.

Základom algoritmu tejto časti je detekcia odberu počas prvej hodiny. Pre pokrytie jedného odberu (pokles teploty o $2\text{ }^{\circ}\text{C}$) je potrebné nabíjať bojler po dobu dvoch časových jednotiek (4 min). Ak v daný okamžik odber nenastáva, navyšuje sa disponibilný čas (" D_O ") potrebný pre prípadné ďalšie ohrevy (odbery). Podľa toho, kde sa odber nachádza, teda či je možné v danom čase ešte ohrievať, môžu nastať dve situácie.

Ak je odber ešte v okamžiku, kedy neprebíha plánované nabíjanie podľa predchádzajúcej kapitoly (6.2.1), nabíjaním medzi okamihom odberu a predchádzajúcou časovou jednotkou možno prispieť teplotou $1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Zvyšok (opäť $1\text{ }^{\circ}\text{C}$) je pokrytý buď predchádzajúcim nevyužitým (disponibilným) časom (ak je dostatočný) a ohrev ($+2\text{ }^{\circ}\text{C}$) bude vykonaný na začiatku daného intervalu zapnutia HDO, alebo je zvyšok pokrytý navýšením teploty pri nabíjaní do zásoby (" O_Z ") na konci predchádzajúceho intervalu zapnutého HDO.

Ak je odber už v čase, kedy prebieha plánované nabíjanie podľa kap. 6.2.1, musí byť odber pokrytý buď nabitím počas predchádzajúceho nevyužitého času D_O (ak je dostatočný), alebo navýšením teploty pri nabíjaní do zásoby (O_Z) na konci predchádzajúceho intervalu zapnutého HDO.

Výsledkom je teplota (" O "), na ktorú treba ohrievať pri zapnutí HDO v danom intervale a teplota (" O_Z "), o ktorú je potrebné navýšiť ohrev v intervale predchádzajúcom. Priebeh nabíjania (" $nabijanie2$ ") daný súčtom $O + O_Z$ je obdĺžnikového priebehu, pretože nabíjať na potrebnú teplotu je potrebné hneď pri zapnutí HDO. Indikácia zapnutia, nastavenej teploty a dĺžky trvania ohrevu (" $ohrev2$ ") je v tomto prípade totožný s obdĺžnikovým priebehom nabíjania (" $nabijanie2$ ").

6.2.2.2 Akumulácia pre odber počas vypnutého HDO

V tejto časti algoritmus skúma predpokladané odbery od okamžiku vypnutia HDO až do opätovného zapnutia. Prieskum odberov počas tejto beznapät'ovej pauzy je v okamžiku 80 minút pred vypnutím HDO, pretože v najhoršom prípade bude potrebné pripraviť vodu na teplotu 80 °C a k takému prírastku teploty ($\Delta t = 40$ °C) je potrebný predstih práve 80 min.

Odbery sú hodnotené podľa smernice teploty a keďže jej rozsah môže byť značný (až -14), váha odberu je priradená nasledovne:

- ak je smernica v intervale (-0,14 ; -2> príslušný odber spôsobí pokles teploty o 0,6 °C
- ak je smernica v intervale (-2 ; -4> príslušný odber spôsobí pokles teploty o 1,2 °C
- ak je smernice menšia než -4, príslušný odber spôsobí pokles teploty o 7 °C

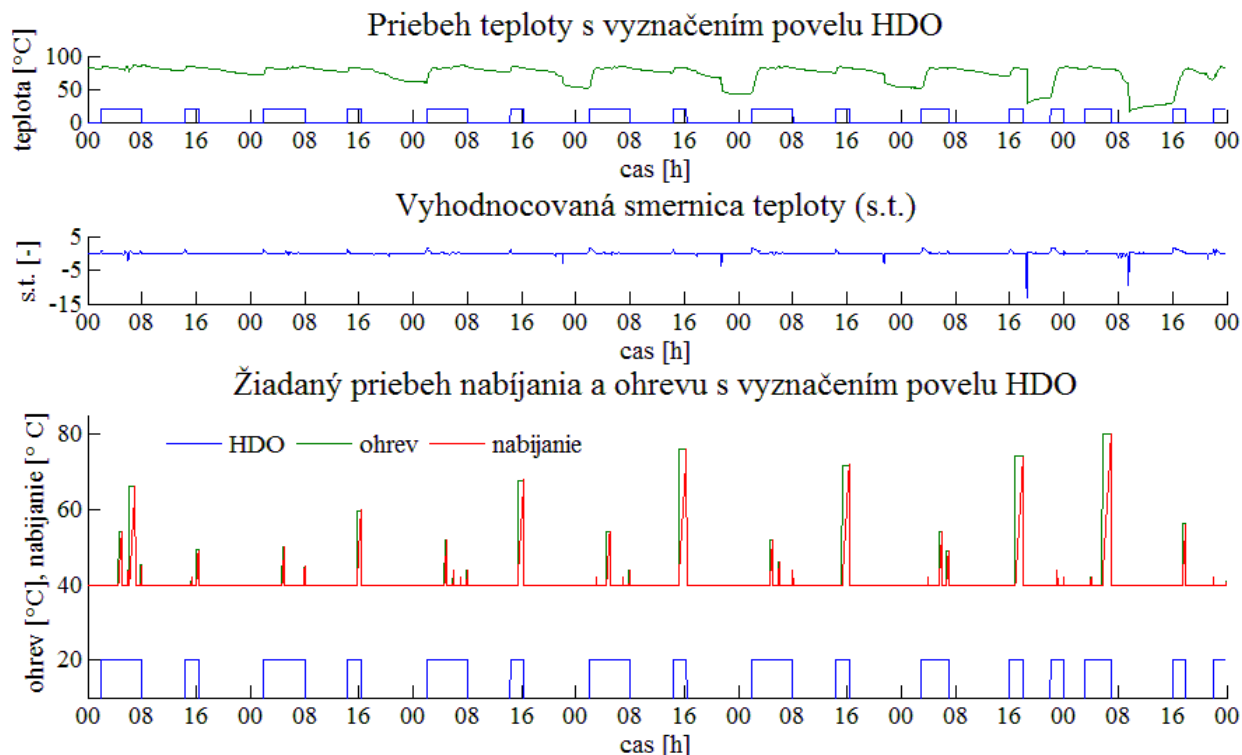
Ohrev do zásoby je nastavený na takú teplotu, aby po poklesoch teploty spôsobených odbermi a tepelnými stratami (exponenciála chladnutia) bola teplota v čase opätovného zapnutia HDO 40 °C, prípadne navýšená o potrebu O_Z pre nasledujúcu hodinu podľa 6.2.2.1.

Vyhľadávanie odberov prebieha od konca intervalu vypnutého HDO. Ak je v danom kroku zistený odber, navýši sa požadovaná teplota ohrevu o príslušnú teplotu (kritéria uvedené vyššie) a pripočíta sa tiež úbytok teploty v dôsledku chladnutia medzi dvomi po sebe idúcimi krokmi. Ak odber zistený nie je, pripočíta sa iba úbytok teploty spôsobený chladnutím. Po každom kroku je na základe žiadanej kumulovanej teploty počítaná pozícia na krivke chladnutia (rov. 5).

Po skontrolovaní celého intervalu (vypnuté HDO), je podľa žiadanej teploty vypočítaný odklad ohrevu (" To ") tak, aby do okamihu vypnutia HDO bola voda pripravená na požadovanú teplotu. Výstupom je opäť potrebný priebeh nabíjania podľa rov. 6 (" $nabijanie3$ ") a obdĺžnikový priebeh vyjadrujúci dobu ohrevu a žiadanú teplotu (" $ohrev3$ "). Grafické zobrazenie algoritmu pre ohrev do zásoby je na Obr. 6-6 a Obr. 6-7.

V konečnom kroku sú jednotlivé priebehy nabíjania (" $nabijanie1$ ", " $nabijanie2$ ", " $nabijanie3$ ") vybraním maximálnej hodnoty v každom bode spojené do jedného výsledného (" $nabijanie$ "). Podobne aj priebehy potrebných teplôt a dĺžok ohrevu (" $ohrev1$ ", " $ohrev2$ ", " $ohrev3$ ") sú premietnuté do výsledného obdĺžnikového priebehu " $ohrev$ ". Tieto dva priebehy sú pre napr. použitý týždňový interval vykreslené na Obr. 6-5.

V reálnom nasadení je potom porovnávaná okamžitá teplota v zásobníku s priebehom žiadaného nabíjania. Ak je okamžitá teplota v danom čase vyššia ako žiadaná teplota (" $nabijanie$ "), ohrev sa nezapne, pretože by tým bola žiadaná konečná teplota dosiahnutá skôr než je potrebné a dochádzalo by k oscilovaniu (nabíjanie a chladnutie) okolo žiadanej teploty. Priebeh " $ohrev$ " teda nesie iba informáciu o teoretickom zapnutí a výške požadovanej teploty. Zapnutie a vypnutie ohrevu sa riadi priebehom " $nabijanie$ " a slúži k zohľadneniu okamžitej teploty, čiže k odloženiu ohrevu do okamžiku, kedy už je zahájenie ohrevu skutočne potrebné.



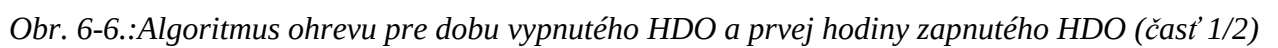
Obr. 6-5.: Potrebný priebeh nabíjania pre týždňový interval (pondelok 00:00 až nedeľa 23:59)

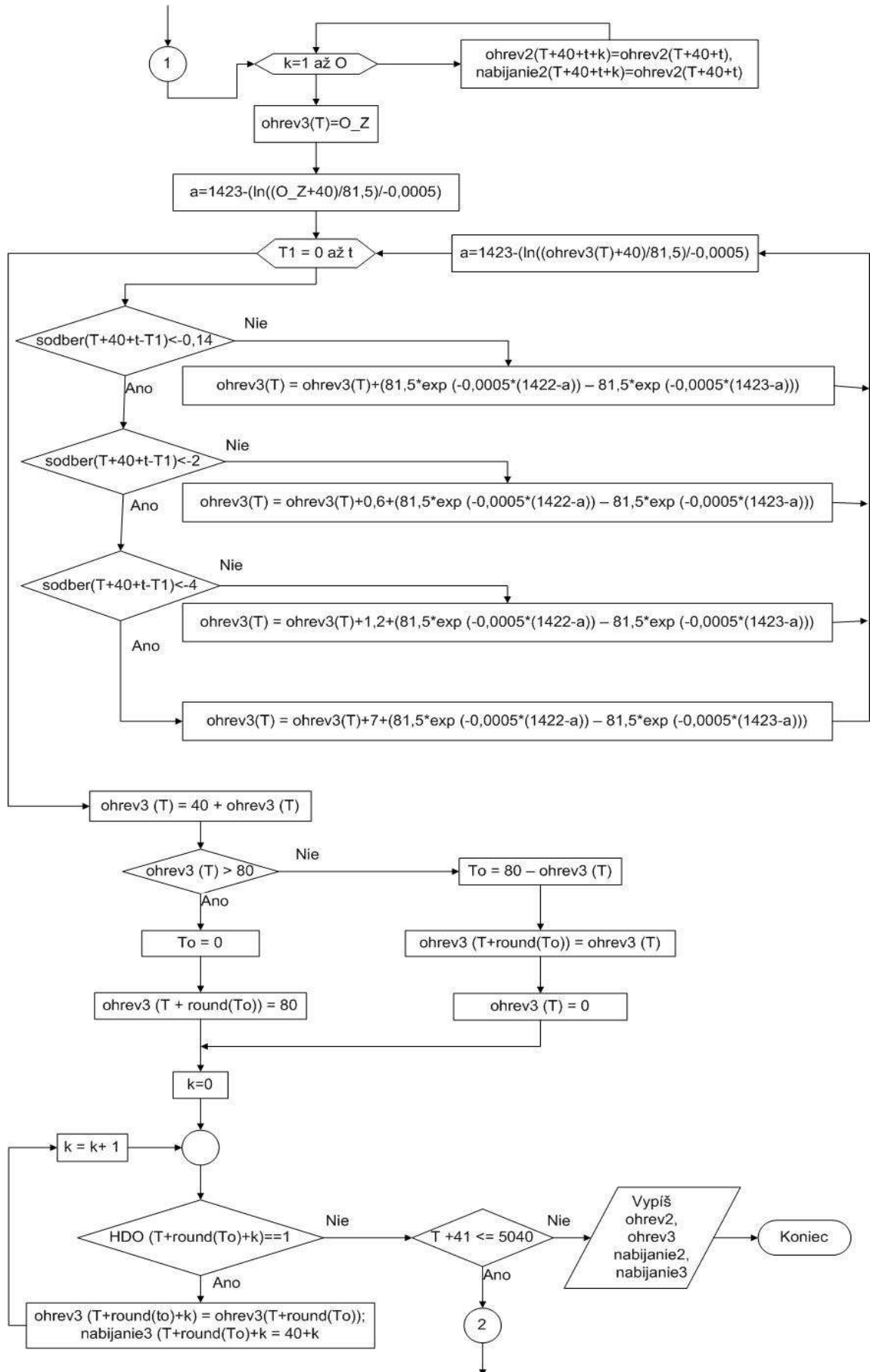
6.3 Návrh ďalšieho postupu

V uvedenom algoritme sú konštanty, ktoré boli stanovené do určitej miery odhadom. Pre správne fungovanie systému je potrebné rozsiahle testovanie na väčšom počte vzoriek domácností. Je možné, že množstvo ohriatej vody nebude na základe vyhodnotenia pre potreby odberu postačujúce, pretože úbytok teploty spôsobený pri vyšších teplotách umožní prípravu väčšieho množstva zmiešanej vody než rovnaký úbytok teploty pri teplote nižšej. V tomto prípade bude potrebné zvýšiť teplotu ohrevu a/alebo začať ohrev skôr, aby sa na žiadanú teplotu stihla ohriať väčšia časť zásobníka.

Po doladení vyhodnocovacieho algoritmu sa musí systém ďalej prispôbovať užívateľským podmienkam. Možným spôsobom je vyhodnocovanie okamžitej teploty na konci určitého časového intervalu a porovnanie s predvolenou hodnotou. Ak by bola teplota zbytočne vysoká, možno ohrev v intervale predchádzajúcom primerane znížiť a naopak.

Užívateľské návyky sa časom môžu meniť, či už razantne alebo pozvoľna. Kvalitný systém by mal umožňovať užívateľovi vstupovať do programu prípravy. Tým je myslené napr. zadanie priority novších návykov, zmenšenie váhy, príp. úplné ignorovanie starších údajov o odbere vody. Ďalej možnosť ignorovania určitého časového obdobia, kedy nastala atypická spotreba vody a v ďalšom období opäť nastane pôvodný režim a v neposlednom rade možnosť úplného vynulovania a aktivovanie nového učenia.





Obr. 6-7.: Algoritmus ohrevu pre dobu vypnutého HDO a prvej hodiny zapnutého HDO (časť 2/2)

6.4 Ekonomický prínos inteligentného ohrevu

V prípade, ak počas 6 hodinového intervalu bez možnosti ohrevu (HDO vyp) nedochádza k spotrebe teplej vody, teplota klesá len chladnutím, a ak bola pred vypnutím HDO zbytočne vysoká (80 °C), klesne o 7 °C. Ak sa však ohrev nastaví len na skutočne potrebnú teplotu (tj. aby do ďalšieho zapnutia HDO vychladla maximálne na 40 °C), bude strata teploty menšia než 4 °C. Ak uvažujeme, že tento pokles teploty nastal v celom objeme, teda v 150 l, za 6 hodín činí dosiahnutá úspora 0,5 kWh.

Tab. 6-2.: Vyjadrenie úspory počas vypnutého hdo pri prevádzke za zníženej teploty

Východisková teplota [°C]	Pokles teploty za 6 hod [°C]	Tepelné straty za 6 hod [kWh]	Finančné vyjadrenie pri cene 1,9 Kč/kWh [Kč]
80	7	1,219	2,3
43.7	3,7	0,644	1,2
Úspora	3,3 °C	0,575 kWh	1,1 Kč

Okrem tepelných strát počas vypnutého HDO dochádza k stratám aj počas zapnutého HDO, kedy je ohrev spustený predčasne (samotným zapnutím prívodu el. energie) a do okamihu spotreby (až 4 hodiny) teplota osciluje okolo nastavenej teploty. Týmto ohrievaním a chladnutím sa v referenčnom prípade počas nočných hodín "stratia" 2 až 4 °C (Obr. 6-1). Pri odložení ohrevu podľa očakávaného odberu, by bolo toto chladnutie eliminované a pri uvažovaní strednej hodnoty ušetrenej teploty 3 °C, tomu odpovedá dodatočný energetický a ekonomický prínos 0,522 kWh a 1 Kč. Celkovo by teda mohlo dôjsť k dennej úspore cca 1,1 kWh (2 Kč). Tepelná strata referenčného (10 ročného) bojleru je približne 3,3 kWh/24h, došlo tak k zníženiu strát o 33 %.³

Nutno však uviesť, že tepelné straty použitého bojleru sú v porovnaní s odpovedajúcimi súčasne dostupnými výrobkami až trojnásobné. Spomedzi výrobcov bojlerov uvádza najmenšie tepelné straty spol. Dražice a u zásobníku s rovnakým objemom (150 l) udávajú tepelné straty iba 1,05 kWh/24h. Výmenou starého bojleru za novší, úspornejší, by aj pri prevádzkovaní na rovnakej teplote bez riadeného ohrevu vznikla denná úspora 2,2 kWh (4,2 Kč) a náklady na tepelné straty by tým klesli o 66 %. Vzniknutá ročná úspora činí 1 500 Kč.

Tepelné straty ale nastávajú aj v potrubí spájajúcom zásobník a výtokové miesto a tiež závisia na teplote vody. Ak nie je pri zásobníku použitý zmiešavací ventil a voda sa zmiešava až v mieste odberu, vzdialenom aj niekoľko metrov, voda o vysokej teplote po každom odbere v potrubí vychladne. Ak by bola príprava teplej vody prevádzkovaná na nižšiu teplotu, tepelné straty by boli nižšie. Vyčíslenie možnej dennej úspory je v Tab. 6-3, kde je uvažované, že voda v potrubí dlhom 10 m po každom odpustení vychladne na teplotu okolia (20 °C).

Tab. 6-3.: Tepelné straty v potrubí

priemer trubky [mm]	dĺžka potrubia [m]	objem vody v trubke [l]	počet vychladnutí denne [-]	Strata energie pri chladnutí z 80 °C [kWh]	Strata energie pri chladnutí z 50 °C [kWh]	Úspora pri chladnutí z nižšej teploty [kWh]
15	8	1,4	10	1	0,5	0,5

³ Tepelné straty určené podľa vypočítaného poklesu teploty zo 65 °C za 24 h, rov.5 (pokles 19 °C)

Organizovaným ohrevom by mohlo v uvedených modelových prípadoch v sústave zásobník s potrubím dôjsť k dennej úspore 1,6 kWh (3 Kč). V klasickej neregulovanej prevádzke by tepelné straty činili 4,3 kWh denne (pokles o 37 %). Ročná úspora je viac než 1 000 Kč.

Finančné vyjadrenie možnej úspory z pohľadu užívateľa nemusí byť v porovnaní s nákladmi na prípravu vody až tak motivujúce. Dôvodom je relatívne nízka cena energie v čase platnosti NT a tiež skutočnosť, že množstvo energie odoberanej z distribučnej siete je „dostatočné“. Inú váhu by možno nadobudla ušetrená energia v prevádzke nepripojenej k distribučnej sieti. Príkladom môže byť ostrovná prevádzka využívajúca hlavne obnoviteľné zdroje (slnečná, veterná energia), zálohovaná elektrocentrálou, kde množstvo dostupnej energie je často limitované a hodnota takto vyrobenej energie je vyššia.

Ak podľa kap. 4.4 uvažujeme v ČR 1 000 000 elektrických bojlerov, ktoré majú podobné vlastnosti ako uvedený experimentálny a sú prevádzkované pri zbytočne vysokej teplote, nasadením riadeného ohrevu by pri uvažovaní strát len bojleru došlo k ročnej úspore energie cca 400 GWh.

Na základe vyššie uvedeného možno konštatovať, že ak uvažujeme dennú spotrebu referenčného bojleru 10 kWh (Tab. 5-1), úspora energie 10 % , tak ako uvádzajú výrobcovia, nesúvisí len s inteligentným riadením ohrevu, ale je podmienená aj lepšími tepelnými vlastnosťami zásobníka a závisí aj na dĺžke a izolácií rozvodov TUV. V neposlednom rade podstatne závisí aj na pravidelnosti spotreby vody a režime danej domácnosti.

7 ZÁVER

Akumulačný ohrev vody je jedným z nástrojov, ktorým môže prevádzkovateľ distribučnej sústavy riadiť spotrebu elektrickej energie v danom čase, a tým priamo formovať denný diagram zaťaženia. Prvým nástrojom k spínaniu a rozpínaniu akumulačných spotrebičov boli spínacie hodiny. Najčastejšie hodiny spotrebič zapli o 22,00 a vypli o 6,00. Zároveň bolo prepnuté meranie spotreby na dvojsadzbom elektromere. Toto riešenie bolo pomerne jednoduché, avšak na formovanie DDZ nemalo až tak výrazný a priaznivý vplyv.

Ďalšou možnosťou, ako spínať a odpínať akumulačné spotrebiče bolo hromadné diaľkové ovládanie. Prvý vysielateľ a prijímač bol v ČSR nainštalovaný v roku 1962. HDO umožňovalo spínať spotrebiče, a tým priamo meniť spotrebu počas celého dňa operatívne podľa aktuálnej situácie v ES. Tým bolo dosiahnuté presunutie časti spotreby napríklad do popoludňajších hodín (13,00 až 15,00), kedy bolo inak zaťaženie ES nízke.

Elektrický akumulačný ohrev prináša užívateľovi komfort v podobe dostatočného množstva teplej vody aj pri nárazovom odbere. Ekonomickým prínosom je možnosť zohrievať vodu lacnejšou sadzbou, pretože distribútori el. energie umožňujú v dobe nízkeho zaťaženia ES odoberať elektrinu za nižšiu cenu.

Hospodárnejšie nabíjanie zásobníka rieši inteligentný bojler, ktorý na základe užívateľských návykov pripravuje na každý deň len potrebné množstvo vody. Výrobcovia uvádzajú min 10 % úsporu oproti klasickému bojleru. Pritom, ako vidno v tab. Tab. 5-1, príplatok za inteligentne riadený bojler oproti klasickému nie je v porovnaní s celkovou cenou vysoký. V súčasnej dobe, kedy spotreba a cena energií zaujíma čoraz viac spotrebiteľov, výrobcovia bojlerov dbajú tiež na kvalitnú tepelnú izoláciu zásobníka. Spomedzi uvedených výrobcov majú najmenšie tepelné straty produkty od spoločnosti Dražice. Napr. pri 160 l zásobníku sú tepelné straty energie za 24h 1,05 kWh. Pri nabíjaní zásobníka v nízkej tarife a cene 1,9 Kč/kWh to znamená stratu cez 700 Kč ročne.

V práci je navrhnutý vlastný riadiaci algoritmus, ktorý na základe priebehu teplôt týždňovej prevádzky v režime klasického termostatu pripraví s rešpektovaním povelov HDO týždňový priebeh ohrevu tak, aby bolo k dispozícii také množstvo vody, ktoré sa pravdepodobne aj spotrebuje. Uvedený algoritmus je prispôbený pre referenčný ohrievač. Po zmene parametrov chladnutia a rýchlosti ohrevu je aplikovateľný aj na iné bojleri. Režim povelov HDO nemá na funkčnosť vplyv, pokiaľ dĺžka trvania zapnutého HDO nie je kratšia ako 2 h. Navrhnutý algoritmus bude nasadený k testovaniu na referenčnom bojleri v danej domácnosti a výsledky budú zhodnotené.

Nasadenie inteligentného ohrevu by v referenčnom prípade spôsobilo pokles tepelných strát o 1,1 kWh denne (760 Kč ročne), tj. pokles o 33%. Referenčný bojler však vykazuje až trojnásobne vyššie tepelné straty, ako súčasne dostupný odpovedajúci produkt. Ak by došlo k výmene starého bojleru za nový, došlo by aj bez aplikácie riadeného ohrevu k dennej úspore 2,2 kWh (1 520 Kč ročne), teda k poklesu strát o 66 %. Ak uvažujeme, že inteligentný ohrev spôsobí pokles strát o 33 %, nasadením do nového bojleru by došlo k dennej úspore 0,35 kWh (240 Kč ročne). Každopádne, jedná sa o porovnanie s novým produktom, ktorý patrí k najlepším z pohľadu tepelnej izolácie a konkurenčné produkty majú tepelné straty vyššie, niektoré až dvojnásobné. Aplikáciou riadeného ohrevu sa predpokladá ohrev na nižšie teploty, a tým aj zníženie strát v rozvodoch teplej vody. Toto môže v krajnom prípade priniesť dodatočný denný profit 0,5 kWh (350 Kč ročne).

Inteligentný ohrev teplej vody teda prináša určité úspory, ktoré závisia predovšetkým na tepelných vlastnostiach bojleru. Veľkosť úspor závisí tiež na pravidelnosti užívateľského správania, na ktorom tento ohrev zakladá. Je teda na rozhodnutí užívateľa, zvážiť možné úspory na úkor komfortu v podobe dostatku teplej vody v každom okamihu. Na druhej strane, už samotným používaním dvojtarifnej sadzby pristupuje na určité obmedzenia kompenzované možnosťou prípravy teplej vody lacnejšou sadzbou.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] ARISTON. *PLOCHÝ ELEKTRICKÝ ZÁSOBNÍKOVÝ OHŘÍVAČ VODY: technická data – rozměry* [online]. [cit. 2014-02-18]. Dostupné z: http://www.ariston.com/cz/media/files/470_El.%20ohrivac%20VELIS.pdf
- [2] Baxant P., Drápela J., Lázníčková I.: *Elektrotepelná technika* [elektronické skriptá]. 173 s. [cit. 2014-03-17].
- [3] ČSN 06 0320 *Tepelné soustavy v budovách - Příprava teplé vody - Navrhování a projektování*. ČNI, 2006. [cit. 2014-03-17].
- [4] ČSN EN 60 379 *Metody měření funkce elektrických akumulčních ohřivačů vody pro domácnost a podobné účely*. ČNI, 2004. [cit. 2014-03-17].
- [5] ČSN EN 15 316-3 *Tepelné soustavy v budovách - Výpočtová metoda pro stanovení energetických potřeb a účinností soustavy*. ČNI, 2008. [cit. 2014-03-17].
- [6] DRAŽICE. *Návod na obsluhu a inštaláciu: Zásobníkové ohrievače vody na zvislú montáž* [online]. [cit. 2014-01-18]. Dostupné z: http://www.dzd.sk/images/download/Navod_OKHE_SMART_SK.pdf
- [7] DRAŽICE. *Ohrievače vody s elektronickým termostatom: OKHE Smart* [online]. [cit. 2014-01-18]. Dostupné z: <http://www.dzd.sk/images/download/dzd-sk-okhe-smart.pdf>
- [8] DUCHEK, P. *Půlstoletí HDO*. [online]. 2010 [cit. 2013-10-16]. Dostupné z: <http://3pol.cz/892-pulstoleti-hdo>
- [9] *Elektrické vytápění a ohřev teplé užitkové vody: sborník přednášek*. 1. vyd. Trutnov: Dům kultury ROH, 1988, 127 s., příl
- [10] *Elektroenergetika ve východních Čechách 1911-1996*. Hradec Králové: Východočeská energetika, 1996, 200 s. ISBN 80-238-2110-5
- [11] ELIZ. *Ohrievače vody a vykurovanie: Elektrické zvislé - SMART* [online]. [cit. 2014-02-18]. Dostupné z: http://www.eliz.sk/images/pdf/ELIZ_katalog_SK_09_2013.pdf
- [12] GORENJE. *Nová generácia elektrických ohrievačov vody: OGB ELECTRONIC 50, 80 a 120 litrov* [online]. [cit. 2014-02-18]. Dostupné z: http://www.gorenje.sk/bojlery/stredny_objem/ogb-50-120
- [13] *I bojler muže byť inteligentní*. Electronic engineering magazine [online]. 2012, roč. 2012, č. 4 [cit. 2014-03-17]. Dostupné z: <http://www.floowie.com/cs/cti/eem-04-2012/#/strana/24/zvacseni/200/>
- [14] *Inteligentní termostat E1*. [online]. [cit. 2014-03-16]. Dostupné z: <http://www.unites-systems.com/cz/l.php?id=380>
- [15] *Inteligentní úsporné ohřivače vody s elektronickou regulací EO 30-150 EL*. [online]. [cit. 2014-03-17]. Dostupné z: <http://www.tatramat.cz/?page=5.pozvanka-na-vystavu-shk>
- [16] JIE, W. *The history of the electric water heater*. [online]. [cit. 2014-01-16]. Dostupné z: http://www.ehow.com/facts_7171627_history-electric-water-heater.html
- [17] KAPALO, P. *Analýza systému teplej vody v administratívnej budove*. [online]. 2011 [cit. 2014-01-17]. Dostupné z: <http://www.tzbportal.sk/kurenje-voda-plyn/analiza-systemu-teplej-vody-v-administrativnej-budove.html>
- [18] KUBÍN, M. *Rozvoj energetiky Jižní Moravy*. Brno: Jihomoravská energetika, 1993, 384 s.

-
- [19] MACINSKÁ, J. Teplá voda bez kompromisov. [online]. 2013 [cit. 2014-03-19]. Dostupné z: <http://mojdom.zoznam.sk/cl/10027/1338248/>
- [20] MOCOVA, L. Ohrev TUV pomocí chytrého bejleru. [online]. 2013 [cit. 2014-03-17]. Dostupné z: <http://www.drevo-stavby.info/ohrev-tuv-pomoci-chytreho-bejleru>
- [21] Ohrev vody. [online]. 2005 [cit. 2014-03-16]. Dostupné z: <http://www.e-filip.sk/default.aspx?contentID=1272>
- [22] Přehled cen elektrické energie: ceny platné od 1.1.2014. TZB-info [online]. 2014 [cit. 2014-04-11]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/prehled-cen-elektricke-energie>
- [23] REINHART, K. The history of tankless water heater technology. [online]. [cit. 2013-11-16]. Dostupné z: http://www.ehow.com/about_6624085_history-tankless-water-heater-technology.html
- [24] ŠÍMA, J. Příprava teplé užitkové vody. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 1999, 68 s. Sešit projektanta - pracovní podklady (Společnost pro techniku prostředí). ISBN 80-020-1284-4.
- [25] Spotřeba energie v domácnostech ČR za rok 2003. Český statistický úřad [online]. 2004 [cit. 2014-11-20]. Dostupné z: <http://www.czso.cz/csu/2005edicniplan.nsf/p/8109-05>
- [26] Strelka, K.. 2013. objednávka štatistických informácií [eletronická pošta]. Správa pre: R. Vašica. 2.12.2013 [cit. 2013-12-20]. Osobná komunikácia.
- [27] SÝKORA, P. Teplá voda. Jak snížit náklady na ohrev? Moderní příprava TUV. [online]. [cit. 2014-03-10]. Dostupné z: http://www.jakbydlet.cz/clanek/512_tepla-voda-jak-snizit-naklady-na-ohrev-moderni-priprava-tuv.aspx
- [28] Water heater history. [online]. [cit. 2013-12-17]. Dostupné z: <http://waterheatersconcord.com/water-heater-history/>
- [29] WOLTCRAFT. USB Datalogger DL 111 K: Technické parametry [online]. [cit. 2014-04-18]. Dostupné z: <http://www.voltcraft.cz/usb-datalogger-dl-111k-k-typ.k100034>
- [30] Zatížení elektrizační soustavy. ČEPS a.s.. [online]. 2014 [cit. 2014-01-27]. Dostupné z: <http://www.ceps.cz/CZE/Data/Vsechna-data/Stranky/Zatizeni.aspx>