

# 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

ENERGETICKÝ SYSTÉM PRO ENERGETICKY NEZÁVISLÝ OBJEKT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

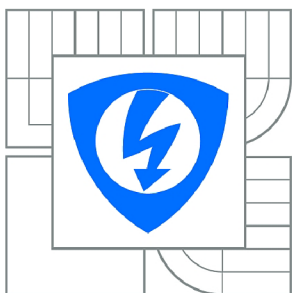
JIŘÍ KAŇOVSKÝ

BRNO 2013



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

## ENERGETICKÝ SYSTÉM PRO ENERGETICKY NEZÁVISLÝ OBJEKT

ENERGY SYSTEM FOR ENERGY INDEPENDENT OBJECT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

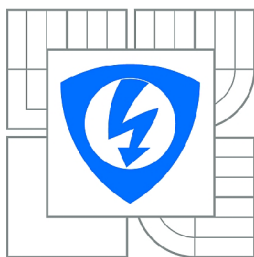
JIŘÍ KAŇOVSKÝ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. PETR MASTNÝ, Ph.D.

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

# Bakalářská práce

bakalářský studijní obor

**Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika**

**Student:** Jiří Kaňovský

**ID:** 136534

**Ročník:** 3

**Akademický rok:** 2012/2013

## NÁZEV TÉMATU:

**Energetický systém pro energeticky nezávislý objekt**

## POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Definice a kvantifikace energetických potřeb u RD.
2. Denní křivka spotřeby RD v návaznosti na roční období.
3. Ostrovní energetické systémy.
4. Návrh energetického systému.
5. Energetické a ekonomické zhodnocení.

## DOPORUČENÁ LITERATURA:

podle pokynů vedoucího práce

**Termín zadání:** 11.2.2013

**Termín odevzdání:** 31.5.2013

**Vedoucí práce:** doc. Ing. Petr Mastný, Ph.D.

**Konzultanti bakalářské práce:**

**doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.**

*Předseda oborové rady*

## UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské 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:

KAŇOVSKÝ, J. *Energetický systém pro energeticky nezávislý objekt*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2013. 68 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Petr Mastný, Ph.D..

Za vedení této práce bych chtěl především poděkovat panu doc. Ing. Petrovi Mastnému, Ph.D..

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské 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.

.....

**ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem energetického systému pro energeticky nezávislý objekt - rodinný dům. Nejprve jsou definovány výchozí parametry pro dům a je popsán vliv umístění domu v krajině na tepelné ztráty domu a na zisk tepelné energie vlivem slunečního záření. V této práci jsou odvozeny denní křivky spotřeby pro normální a otopné období. Na základě těchto křivek je pak navržen energetický systém vyrábějící elektrickou energii s využitím fotovoltaických solárních panelů, které budou umístěny na střeše rodinného domu. Práce nás také seznamuje se základními typy ostrovních energetických systémů. Cílem této práce je tedy návrh energetického systému pro vytápění a ohřev teplé užitkové vody (TUV) s využitím tepelného čerpadla, krbu a solárních kolektorů.

**KLÍČOVÁ SLOVA:** energeticky nezávislý; budova; fotovoltaika; fotovoltaický systém; tepelné čerpadlo; solární kolektory; ostrovní systém

## **ABSTRACT**

This bachelor's thesis deals with a design of energetic system for energetic independent family house. There are default parameters for the house defined, and an impact of house's placement in nature on thermal energy loss and on thermal energy gain due to solar radiation is described at first. There are daily diagrams of thermal energy consumption for common and heating periods derived in this thesis. An energetic system producing electric energy using photovoltaic solar panels which are placed on the house's roof is designed based on the diagrams. The thesis also introduces basic types of island energetic systems. The objective of this thesis is also a design of energetic system for heating-up (TUV) using a thermal pump, fireplace and solar collectors.

**KEY WORDS:** energy independent; building; fotovoltaic; photovoltaic system; thermal pump; solar collectors; island energetic system

**OBSAH**

<b>SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ.....</b>	<b>9</b>
<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>10</b>
<b>SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>11</b>
<b>1 ÚVOD .....</b>	<b>12</b>
<b>2 DEFINICE A KVANTIFIKACE ENERGETICKÝCH POTŘEB U RODINNÉHO DOMU .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1 KVANTIFIKACE POŽADAVKŮ NA TEPELNOU ENERGII.....</b>	<b>13</b>
2.1.1 STANOVENÍ PŮDORYSU UVAŽOVANÉHO OBJEKTU .....	14
2.1.2 POŽADAVKY NA NÍZKOENERGETICKÉ DOMY .....	14
<b>2.2 KVANTIFIKACE POŽADAVKŮ NA SPOTŘEBU ELEKTRICKÉ ENERGIE .....</b>	<b>17</b>
<b>2.3 REKAPITULACE VSTUPNÍCH POŽADAVKŮ PRO NAVRHOVANÝ OBJEKT.....</b>	<b>18</b>
<b>3 DENNÍ KŘIVKA SPOTŘEBY V NÁVAZNOSTI NA ROČNÍM OBDOBÍ.....</b>	<b>19</b>
<b>3.1 DENNÍ KŘIVKA SPOTŘEBY PRO NORMÁLNÍ OBDOBÍ (OD 1. ČERVNA DO 30. ZÁŘÍ).....</b>	<b>19</b>
<b>3.2 DENNÍ KŘIVKA SPOTŘEBY PRO TOPNÉ OBDOBÍ ( OD 1. ZÁŘÍ – 31. KVĚTNA) .....</b>	<b>22</b>
<b>4 OSTROVNÍ ENERGETICKÉ SYSTÉMY.....</b>	<b>32</b>
<b>4.1 POLOOSTROVNÍ ENERGETICKÉ SYSTÉMY .....</b>	<b>32</b>
4.1.1 BLOKOVÉ SCHÉMA ZAPOJENÍ POLOOSTROVNÍHO ENERGETICKÉHO SYSTÉMU PRO ZELENÝ BONUS BEZ AKUMULACE ELEKTRICKÉ ENERGIE.....	32
4.1.2 BLOKOVÉ SCHÉMA ZAPOJENÍ POLOOSTROVNÍHO ENERGETICKÉHO SYSTÉMU PRO PŘÍMÝ VÝKUP BEZ AKUMULACE ELEKTRICKÉ ENERGIE .....	33
<b>4.2 OSTROVNÍ ENERGETICKÉ SYSTÉMY .....</b>	<b>33</b>
4.2.1 BLOKOVÉ SCHÉMA MOŽNÉHO ZAPOJENÍ OSTROVNÍHO ENERGETICKÉHO SYSTÉMU.....	34
<b>4.3 POPIS HLAVNÍCH PROBLÉMŮ OSTROVNÍCH, POLOOSTROVNÍCH ENERGETICKÝCH SYSTÉMŮ ...</b>	<b>34</b>
<b>5 NÁVRH ENERGETICKÉHO SYSTÉMU .....</b>	<b>36</b>
<b>5.1 NÁVRH FOTOVOLTAICKÉHO SYSTÉMU.....</b>	<b>36</b>
5.1.1 POŘIZOVACÍ NÁKLADY NA FVS .....	39
<b>5.2 NÁVRH ENERGETICKÉHO SYSTÉMU PRO OHŘEV TEPLÉ VODY A VYTÁPĚNÍ.....</b>	<b>39</b>
5.2.1 POŘIZOVACÍ NÁKLADY NA EN. SYSTÉM PRO OHŘEV TUV A VYTÁPĚNÍ .....	40
<b>6 ENERGETICKÉ A EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....</b>	<b>41</b>
<b>6.1 NÁKLADY, POČÁTEČNÍ INVESTICE.....</b>	<b>41</b>

---

6.2 ZHODNOCENÍ INVESTIC NA FVS .....	41
6.3 ZHODNOCENÍ INVESTIC NA ENERGETICKÝ SYSTÉM PRO VYTÁPĚNÍ A OHŘEV TUV .....	44
6.4 ZHODNOCENÍ NÁKLADŮ NA ENERGIE POTŘEBNÉ PRO PROVOZ RD PO DOBU JEDNOHO ROKU ..	47
7 ZÁVĚR.....	49
8 POUŽITÁ LITERATURA .....	51
9 PŘÍLOHY .....	53
PŘÍLOHA A – PŮDORYS A ORIENTACE UVAŽOVANÉHO DOMU .....	53
PŘÍLOHA B – TABULKY HODNOT SPOTŘEBY ELEKTRICKÉ ENERGIE .....	55
PŘÍLOHA C – TECHNICKÁ SPECIFIKACE POUŽITÝCH FVP .....	57
PŘÍLOHA D – TECHNICKÉ ÚDAJE STRÍDAČE SB 4000TL-20 .....	59
PŘÍLOHA E – NÁVRH FOTOVOLTAICKÝCH PANELŮ A STRÍDAČE POMOCÍ PROGRAMU SUNNY DESIGN 2. 3.....	60
PŘÍLOHA F – ROZMÍSTĚNÍ ROZVADĚČŮ, FVP A SYSTÉMU TUBOSOL .....	63
PŘÍLOHA G – JEDNOPÓLOVÉ SCHÉMA ZAPOJENÍ FVE (ZELENÝ BONUS).....	63
PŘÍLOHA H – TEPELNÝ OKRUH – PŘÍZEMÍ.....	63
PŘÍLOHA CH – TEPELNÝ OKRUH 1. PODLAŽÍ .....	63
PŘÍLOHA I – TECHNICKÉ ÚDAJE TEPELNÉHO ČERPADLA IVT PREMIUMLINE EQ E8 .....	63
PŘÍLOHA J – TECHNICKÉ ÚDAJE AKUMULAČNÍ NÁDRŽE LOGALUX PNR 500 – 80E.....	64
PŘÍLOHA K – TECHNICKÉ ÚDAJE KRBOVÉ VLOŽKY HAAS+SOHN NOVARA 17 S VÝMĚNÍKEM65	
PŘÍLOHA L – TECHNICKÉ ÚDAJE SYSTÉMU TUBOSOL AP20/200 PRO OHŘEV TUV .....	66
PŘÍLOHA M – TECHNICKÉ ÚDAJE ZEMNÍCH PLOŠNÝCH KOLEKTORŮ GETRA PE100 RC STRONG.....	67
PŘÍLOHA N – CENOVÁ NABÍDKA PRO PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ FV THERM.....	68



## SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

<i>Obrázek 2-1 Optimální umístění budovy v krajině [9].....</i>	<i>15</i>
<i>Obrázek 2-2 Ideální rozmístění místností v budově [9] .....</i>	<i>16</i>
<i>Obrázek 3-1 Obecný princip tepelného čerpadla [8] .....</i>	<i>26</i>
<i>Obrázek 4-1 Blokové schéma poloostrovního energetického systému zapojení pro zelený bonus bez akumulace elektrické energie [23].....</i>	<i>32</i>
<i>Obrázek 4-2 Blokové schéma poloostrovního energetického systému zapojení pro přímý výkup bez akumulace elektrické energie [23].....</i>	<i>33</i>
<i>Obrázek 4-3 Blokové schéma ostrovního energetického systému .....</i>	<i>34</i>
<i>Obrázek 4-4 Závislost nabíjecích cyklů na hloubce vybíjení olověných akumulátorů elektrické energie [12].....</i>	<i>35</i>
<i>Obrázek 5-1 Blokové schéma energetického systému pro vytápění a ohřev teplé vody 1 zpětný ventil; 2 filtr; 3 oběhové čerpadlo; 4 trojcestný ventil.....</i>	<i>40</i>
<i>Figure 3-1 Denní křivka spotřeby pro normální období roku od 1. června – 30. září .....</i>	<i>22</i>
<i>Figure 3-2 Závislost topného faktoru tepelného čerpadla na rozdílu teplot pracovních látek <math>\Delta T_v</math> (primár/sekundár) .....</i>	<i>27</i>
<i>Figure 3-3 Denní křivka spotřeby pro topné období roku 1. září - 31. května .....</i>	<i>31</i>
<i>Figure 5-1 Odhad vyrobené elektrické energie v daných měsících [16] .....</i>	<i>37</i>
<i>Figure 6-1 Přehled elektrické energie.....</i>	<i>48</i>
<i>Figure 6-2 Podíl vlastní spotřeby elektrické energie z celkové vyrobené elektrické energie .....</i>	<i>48</i>

## SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 2-1 Výpočtové hodnoty pro brněnskou lokalitu [1]</i> .....	14
<i>Tab. 2-2 Měrná denní potřeba teplé vody v obytných domech [3]</i> .....	14
<i>Tab. 2-3 Přehled vstupních požadovaných parametrů pro navrhovaný objekt</i> .....	18
<i>Tab. 3-1 Počet provozních hodin za den pro uvažovaná zařízení</i> .....	21
<i>Tab. 3-2 Tabulka průměrných měsíčních teplot přechodného období [6]</i> .....	23
<i>Tab. 3-3 Tabulka potřebné roční tepelné a elektrické energie pro vytápění</i> .....	24
<i>Tab. 3-4 Parametry použitého TČ pracujícího na principu země - voda [10]</i> .....	26
<i>Tab. 3-5 Potřebná roční tepelná energie pro ohřev teplé vody z 35 °C na 55 °C</i> .....	29
<i>Tab. 3-6 Uvažované spotřebiče a zařízení pro návrh denní křivky spotřeby pro topné období (1. září – 31. května)</i> .....	30
<i>Tab. 5-1 Přehled spotřeby elektrické energie</i> .....	36
<i>Tab. 5-2 Vstupní parametry pro návrh FVS</i> .....	36
<i>Tab. 5-3 Předpokládaná vyrobená elektrická energie FVS [16]</i> .....	38
<i>Tab. 5-4 Pořizovací náklady na FVS</i> .....	39
<i>Tab. 5-5 Náklady na energetický systém pro ohřev teplé vody a vytápění</i> .....	40
<i>Tab. 6-1 Přehled nákladů na jednotlivé energetické systémy</i> .....	41
<i>Tab. 6-2 Výkupní ceny a výše zeleného bonusu vyrobené elektřiny pomocí FVS [18]</i> .....	41
<i>Tab. 6-3 Ceny pro dvoutarifní tarif D56d od společnosti EON [19]</i> .....	42
<i>Tab. 6-4 Určení ročního zisku FVE</i> .....	42
<i>Tab. 6-5 Vyhodnocení investic FVE</i> .....	43
<i>Tab. 6-6 Určení ročního zisku energetického systému pro ohřev TUV a vytápění</i> .....	45
<i>Tab. 6-7 Vyhodnocení investic energetického systému pro vytápění a ohřev TUV</i> .....	46
<i>Tab. 6-8 Přehled nákladů za potřebnou energii na rok pro provoz rodinného domu</i> .....	47
<i>Tab. 6-9 Energetická bilance pro RD</i> .....	48

**SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK**

RD – rodinný dům

TČ – tepelné čerpadlo

TUV – teplá užitková voda

FV – fotovoltaický

FVS – fotovoltaický systém

FVE – fotovoltaická elektrárna

ERU – energetický regulační úřad

FVP – fotovoltaický panel

W – elektrická práce

TF – topný faktor

$W_{nod}$  – denní spotřeba elektrické energie pro normální období

$W_{no}$  – celková spotřeba elektrické energie pro normální období

$W_{tod}$  – denní spotřeba elektrické energie pro topné období

$W_{to}$  – celková spotřeba elektrické energie pro topné období

$W_{oTČ}$  – spotřeba elektrické energie tepelného čerpadla

$Q_{VYT}$  – celková tepelná energie pro vytápění

$Q_{VYTTČ}$  – celková tepelná energie pro vytápění tepelným čerpadlem

$Q_{VYTKR}$  – celková tepelná energie pro vytápění krbem

$Q_{TUV,d}$  – tepelná energie pro ohřev vody na jeden den

$Q_{TUV,r}$  – tepelná energie pro ohřev vody na jeden rok

NT – nízký tarif

VT – vysoký tarif

# 1 ÚVOD

Předmětem této bakalářské práce je navrhnout energeticky nezávislý RD. Největším problémem energeticky nezávislých objektů je vysoká počáteční investice na pořízení energetického systému. Jedná se především o objekty, kde nemůžeme využít vlastní přebytky (například dřevní štěpku) pro výrobu tepelné energie, nebo je možnost využití obnovitelných zdrojů zanedbatelná. Za těchto podmínek je obtížné navrhnout systém tak, aby byl schopen fungovat po celý rok nezávisle na dodávce elektrické energie a zároveň aby byla dodržena přípustná míra počáteční investice. Obtížnost návrhu je dána také tím, že v případě využití fotovoltaické elektrárny pro výrobu elektrické energie je problematické vyrobit dostatek energie v průběhu topného období, kdy je spotřeba elektrické energie vyšší než celková výroba. Z výše uvedeného důvodu může být řešení tohoto problému velmi nákladné. Hlavním cílem je tedy najít optimální řešení z hlediska nákladů vynaložených na realizaci projektu. Toto je také jeden z důvodů, proč v navrhovaném domě nebude chybět přípojka el. energie. Bude se jednat o připojení fotovoltaického systému pro čerpání zeleného bonusu.

Ještě před tím, než začneme s návrhem energetického systému pro RD, je důležité stanovit výchozí parametry domu a lokalitu výstavby, podle kterých se budeme nadále po celou dobu návrhu energetického systému řídit. Pro výrobu elektrické energie bude využívána fotovoltaická elektrárna a pro vytápění a ohřev TUV bude použito TČ.

Je nutné také stanovit denní, roční křivku spotřeby rodinného domu v návaznosti na roční období, abychom měli z čeho vycházet při návrhu energetického systému pro rodinný dům. Při stanovení těchto křivek a ročních spotřeb energie musíme uvažovat o tom, jaké energetické systémy budeme využívat po dobu celého roku, a také o tom, jaká zařízení budou běžně používána v rodinném domě. Nesmí být také opomenuta skutečnost zvýšení spotřeby energie v budoucnu. Těmito kroky jsme schopni určit přibližnou spotřebu energií rodinného domu za celý rok.

Z odvozených křivek spotřeby RD budeme vycházet při návrhu energetických systémů, které budou sloužit jako primární zdroje energie pro rodinný dům. Musí být zjištěno, kolik elektrické energie dokážeme vyrobit během každého měsíce roku. Na základě této skutečnosti bude systém naddimenzován tak, aby počáteční náklady nebyly příliš vysoké a celý projekt byl realizovatelný v praxi pro širší veřejnost.

## 2 DEFINICE A KVANTIFIKACE ENERGETICKÝCH POTŘEB U RODINNÉHO DOMU

Energetické požadavky rodinného domu můžeme rozdělit z principu věci do dvou skupin.

První skupinou jsou požadavky na pokrytí spotřeby elektrické energie. Teoretickou roční spotřebu el. energie musíme stanovit na počátku z toho důvodu, aby mohl být navržen co nejefektivnější energetický systém pro výrobu elektrické energie a pokrytí spotřeby el. energie rodinného domu. Tento úhel pohledu na věc je důležitý proto, abychom v budoucnosti nebyli nuceni odebírat el. energii přímo z elektrické sítě od dodavatelů (distributorů). Ba naopak - budeme schopni přebytečnou elektrickou energii prodávat do elektrické sítě za výkupní cenu, nebo využijeme čerpání zeleného bonusu. Základní snahou je omezit odběr elektrické energie ze sítě jen na tzv. topné období, což jsou dny s nízkým slunečním svitem. Stanovení optimální míry výroby elektrické energie je také důležitým krokem. Pokud budeme k dané problematice přistupovat tímto způsobem, pak můžeme celkové pořizovací náklady výrazně snížit. Takto navržený rodinný dům bude dostupnější pro širší okolí.

Druhou skupinou jsou požadavky na pokrytí spotřeby tepelné energie. Na počátku musíme dobře znát tzv. celkové tepelné ztráty objektu, aby mohl být navržen systém určený pro výrobu tepelné energie co nejefektivněji.

Budeme také počítat s tím, že využijeme solární panely pro ohřev pitné a užitkové vody. U tohoto zařízení je nejdůležitější stanovit celkovou spotřebu teplé vody tak, aby nedocházelo k přehřívání systému zejména v letních měsících, což snižuje celkovou životnost zařízení.

### 2.1 Kvantifikace požadavků na tepelnou energii

Jedním z prvních požadavků je potřebná tepelná energie pro vytápění rodinného domu. Hned na počátku musí být stanoveny tzv. celkové tepelné ztráty rodinného domu, jak už bylo zmíněno v úvodu této kapitoly. Tyto ztráty tvoří zejména ztráty obvodovým zdívem, střechou a zemí. V našem případě budou celkové tepelné ztráty stanoveny na hodnotu 7 kW, což je hodnota odpovídající tepelným ztrátám objektu při okolní venkovní teplotě -15 °C.

Dále je nutné pamatovat na to, o jakou lokalitu výstavby RD se bude jednat. Výstavba navrhovaného RD bude uvažována v lokalitě Brno a jeho okolí. Je nutné myslet na to, že každá lokalita má své specifické výpočtové parametry, které se musí respektovat. Tyto parametry jsou výchozí pro další výpočty návrhu RD. Pro brněnskou lokalitu jsou to následující parametry dle Tab. 2-1.

Tab. 2-1 Výpočtové hodnoty pro brněnskou lokalitu [1]

lokality	nadmořská výška	venkovní výpočtová teplota	topné období pro					
			$t_{em} = 12\text{ °C}$		$t_{em} = 13\text{ °C}$		$t_{em} = 15\text{ °C}$	
	$h$ [m]	$t_e$ [°C]	$t_{es}$ [°C]	$d$ [dny]	$t_{es}$ [°C]	$d$ [dny]	$t_{es}$ [°C]	$d$ [dny]
<b>Brno</b>	227	-12v	3,6	222	4	232	5,1	263

$t_{em}$  [°C] – střední venkovní teplota pro začátek a konec otopného období

$t_{es}$  [°C] – střední venkovní teplota za otopného období

$d$  [dny] – počet dnů otopného období

$v$  – značí větrnou oblast

O tom, zda se jedná o pitnou či užitkovou vodu, pojednává vyhláška č. 252/2004 Sb. Tato vyhláška stanovuje hygienické požadavky na pitnou a teplou užitkovou vodu. Doporučená teplota teplé pitné vody je 55°C [2].

Denní spotřebu teplé vody stanovíme na základě normy ČSN 06 0320 určené pro návrh zařízení pro přípravu teplé vody. Na základě tabulky Tab. 2-2 budeme uvažovat spotřebu při středním standardu a teplotě 45 °C, čemuž odpovídá spotřeba  $V = 50$  l/os./den. Požadovaná teplota vody ale bude 55 °C [3].

Tab. 2-2 Měrná denní potřeba teplé vody v obytných domech [3]

standard	60 °C	45 °C	tepelná energie
nízký	10 až 20 l/os./den	15 až 30 l/os./den	0,6 až 1,2 kWh/os./den
střední	20 až 40 l/os./den	30 až 60 l/os./den	1,2 až 2,4 kWh/os./den
vysoký	40 až 80 l/os./den	60 až 120 l/os./den	2,4 až 4,8 kWh/os./den

V našem případě bude jako vlastní zdroj pitné vody sloužit studna o výchozí teplotě vody 10 °C. Ohřev pitné a užitkové vody zajistíme pomocí tepelného čerpadla, topné spirály, solárních panelů nebo krbu s tepelnou vložkou a výměníkem tepla.

### 2.1.1 Stanovení půdorysu uvažovaného objektu

Půdorysy přízemí a prvního podlaží uvažovaného RD jsou uvedeny v přílohách této práce jako PŘÍLOHA A.

### 2.1.2 Požadavky na nízkoenergetické domy

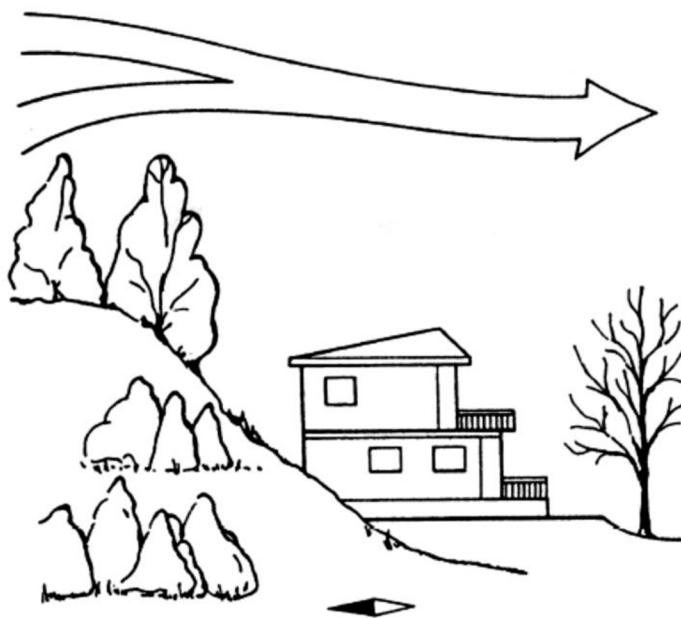
Už od prvopočátku lidstva se člověk snažil chránit pomocí staveb či úkrytů před nepříznivými vlivy prostředí, ve kterém žil. Zejména proti povětrnostním vlivům a

okolní teplotě. Toto chování můžeme považovat v určitém slova smyslu za nízkoenergetické smýšlení. V současnosti je snahou minimalizovat množství energie, která je potřebná pro docílení tepelné pohody uvnitř stavby. V minulosti bylo také záměrem co nejefektivněji využít sluneční energii. Například ve starém Řecku využívali sloupové představy s trojúhelníkovým štítovým prvkem nazývaným tympanon. V létě stínil jižní okna a v zimě umožňoval využití slunečního záření. Už známý řecký filosof Sokrates se vyjádřil k výstavbě domů svým výrokem, že

*“ideální dům je v létě chladný a v zimě teplý [9].“*

Celá problematika je spjata s vazbou budova – klima – energie. Musíme tedy co nejvíce šetřit energií a také myslet na využití energeticky obnovitelných zdrojů jako je energie solární, geotermální, větrná a jiné. Celý objekt musí být proveden tak, aby celkové tepelné ztráty byly co nejnižší. Celkové tepelné ztráty ovlivňují jak fyzikální vlastnosti použitých materiálů pro výstavbu objektu, tak fyzikální vlastnosti vnitřního zařízení budovy. Velmi důležitým faktorem je způsob větrání budovy, které by nemělo být za žádných okolností prováděno napříč celým domem. Důležitá je i vazba budova – prostředí. Z tohoto hlediska musíme dbát na [9]:

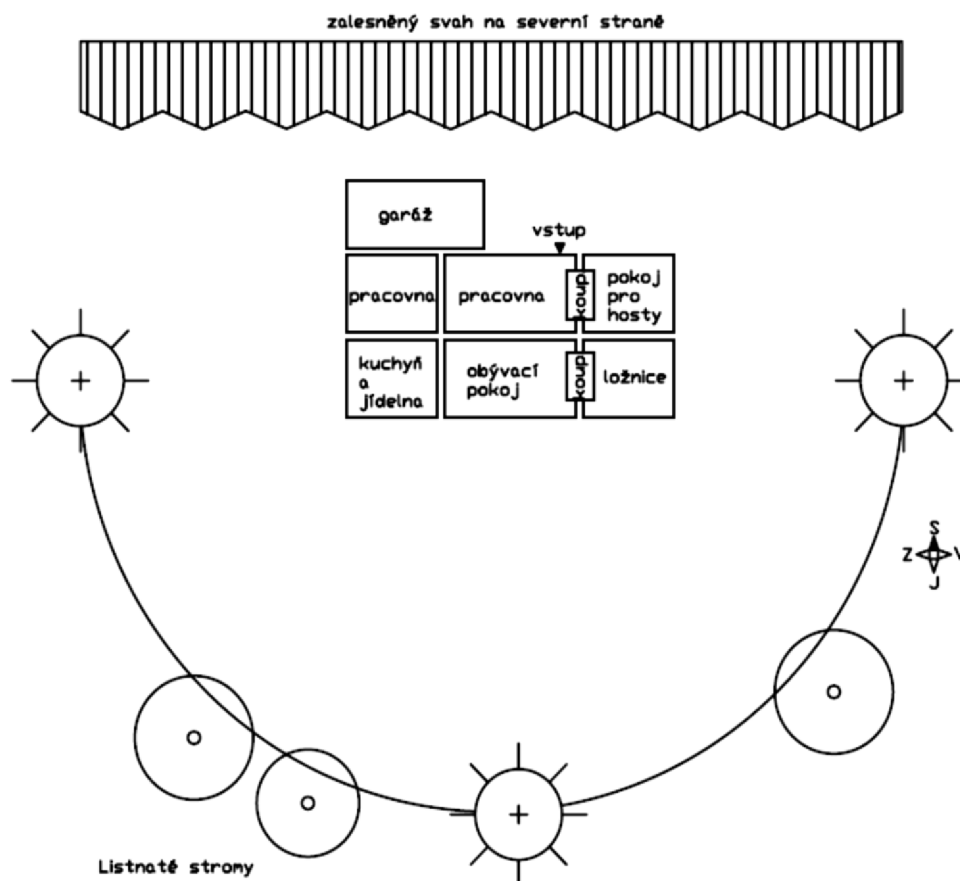
1. orientaci budovy ke světovým stranám,
2. orientaci budovy k převládajícím větrům,
3. umístění budovy do reliéfu terénu – stínění horizontu,
4. barva vnějších povrchů budovy,
5. celoroční stínění budovy.



Obrázek 2-1 Optimální umístění budovy v krajině [9]

Optimální umístění rodinného domu v krajině je názorně zobrazeno na obrázku Obrázek 2-1. Rodinný dům by měl být umístěn v závětrří od severu tak, aby byl chráněn stráněmi (svahy) před nepříznivými povětrnostními vlivy, které způsobují tepelné ztráty

rodinného domu tzv. tepelnou infiltrací. Pokud toto není možné, je žádoucí, aby byl RD chráněn stálým zalesněným porostem. V ideálním případě by na jižní straně domu měly být vysázeny listnaté stromy. V létě poskytují rodinnému domu stín, v zimě, když jsou holé od listů, umožňují průchod slunečního záření směrem k domu [9].



Obrázek 2-2 Ideální rozmístění místností v budově [9]

Dále musíme pamatovat na to, že sluneční energie představuje potenciální zisk tepelné energie. Tohoto bychom měli využít především v zimních měsících roku. Na obrázku Obrázek 2-2 je znázorněno, jak by měly být rozmístěny různé druhy obytných prostor v rodinném domě v závislosti na orientaci ke světovým stranám. Místnosti, které jsou nejvíce využívány v průběhu celého dne (kuchyň s jídelnou, obývací pokoj), by měly být orientovány na jižní stranu. Místnosti, které jsou využívány jen v určitou denní dobu, by měli být orientovány na východní nebo západní stranu. Může se jednat o pracovnu, ložnici, nebo také kuchyň, která je využívána jen dopoledne. V tomto případě by mohla být umístěna na východní stranu domu. Pokud by byla využívána spíše v odpoledních hodinách, pak by měla být kuchyň umístěna na západní straně domu. Koupelny a místnosti, které jsou využívány jen krátkodobě, by měly být umístěny uvnitř domu - klidně i bez oken. Tyto místnosti by mohly být vytápěny i lokálně. Pod tímto pojmem si můžeme představit například elektrický přímotop. Vstup do domu by měl být v domě umístěn tak, aby docházelo k co



nejmenším tepelným ztrátám při otevírání a zavírání domovních dveří. V praxi by tedy měl být umístěn na severní straně tak, aby byl v závětrří a nedocházelo ke vniknutí studeného vzduchu do domu. V případě umístění vstupu na jižní straně by totiž došlo ke zmenšení prosklené sluneční plochy domu [9].

## 2.2 Kvantifikace požadavků na spotřebu elektrické energie

Pro to, aby mohly být určeny požadavky na spotřebu elektrické energie, je nutno znát denní, roční křivku spotřeby elektrické energie, ze které bude návrh dále vycházet.

Tímto se budeme zabývat v následující kapitole a také teoreticky naplánujeme, jaké elektrospotřebiče budou v uvažovaném objektu a kdy budou nejvíce využívány. Denní, roční křivku spotřeby elektrické energie odvodíme ze známých spotřeb elektrických zařízení a známých hodin, kdy budou zařízení v provozu. Požadavky na spotřebu elektrické energie tedy budou plně stanoveny.

Nabízí se zde otázka, která je silně spjata s celkovou spotřebou elektrické energie během celého roku. Tato otázka zní následovně: Jak moc naddimenzovat zdroj (systém) pro výrobu elektrické energie v tom smyslu, aby zdroj elektrické energie byl dostačující i v budoucnu, kdy spotřeba elektrické energie může být navýšena o značnou část? Touto otázkou je nutné se zabývat z důvodu ekonomické návratnosti investic vložených do celého systému, aby byla investice co nejefektivnější.

Proto bude energetický systém navržen tak, aby vyrobená elektrická energie pokrývala spotřebu elektrické energie, a aby případné přebytky mohly být prodány za výkupní cenu do distribuční sítě, nebo za ně byly získány finance zpět v rámci zeleného bonusu.

## 2.3 Rekapitulace vstupních požadavků pro navrhovaný objekt

V následující tabulce Tab. 2-3 jsou shrnuty vstupní parametry pro návrh RD. Tyto vstupní parametry budou nadále používány po dobu celého návrhu RD.

Tab. 2-3 Přehled vstupních požadovaných parametrů pro navrhovaný objekt

vstupní požadované parametry	
tepelné ztráty objektu	7 kW
vstupní teplota vody pro ohřev z 35 °C na 55 °C (topné období)	35 °C
teplota teplé pitné, užitkové vody	55 °C
teplota vody pro podlahové vytápění	35 °C
teplota pracovní látky primárního okruhu tepelného čerpadla	4 °C
spotřeba teplé vody	50 l/os./den. => 4*50 = 200 +200 =400 litrů/den
celková spotřeba elektrické energie	viz kapitola 3
lokality výstavby	Brno
ohřev užitkové, pitné vody	Tepelným čerpadlem, solární, krb s tepelnou vložkou a výměníkem, topná spirála 2,5 kW

Spotřeba teplé pitné a užitkové vody je počítána pro čtyřčlennou rodinu. Celková spotřeba elektrické energie bude více rozvedena v následující kapitole Denní křivka spotřeby v návaznosti na ročním období, kde se touto problematikou budeme zabývat podrobněji.

## 3 DENNÍ KŘIVKA SPOTŘEBY V NÁVAZNOSTI NA ROČNÍM OBDOBÍ

Denní křivka spotřeby je závislost okamžité spotřeby elektrické energie v závislosti na čase (denní, týdenní, měsíční, roční). V uvažovaném objektu bude instalováno TČ pro vytápění objektu o výkonu menším než celkové tepelné ztráty objektu. To proto, že ve dnech, kdy teplota bude výrazně nižší a vytápění TČ nebude dostačující, bude pro přitápění využíván krb s tepelnou vložkou. Tato kombinace zdrojů tepelné energie také výrazně ovlivní spotřebu elektrické energie, ale o tom se zmíníme ještě podrobněji při samotném návrhu celého systému. Pokud tedy budeme uvažovat o vytápění pomocí TČ, pak celková spotřeba elektrické energie naroste zejména v průběhu topného období v závislosti na okolní teplotě.

Hned na počátku si proto musíme uvědomit, že rok je z hlediska vytápění rozdělen na topné a normální období. Musíme tudíž rozdělit rok na normální období a topné období, které je stanoveno dle vyhlášky ministerstva průmyslu a obchodu č. 194/2007 Sb.,

*“kterou se stanoví pravidla pro vytápění a dodávku teplé vody, měrné ukazatele spotřeby tepelné energie pro vytápění a pro přípravu teplé vody a požadavky na vybavení vnitřních tepelných zařízení budov přístroji regulujícími dodávku tepelné energie konečným spotřebitelům [4].“*

Otopné období dle této vyhlášky začíná 1. října a končí 31. května. Avšak,

*“dodávka tepelné energie se zahájí v otopném období, když průměrná denní teplota venkovního vzduchu v příslušném místě nebo lokalitě poklesne pod  $+13^{\circ}\text{C}$  ve 2 dnech po sobě následujících a podle vývoje počasí nelze očekávat zvýšení této teploty nad  $+13^{\circ}\text{C}$  pro následující den. Průměrná denní teplotou venkovního vzduchu je čtvrtina součtu venkovních teplot měřených ve stínu s vyloučením vlivu sáláním okolních ploch v 7.00, 14.00 a ve 21.00 hod., přičemž teplota měřená ve 21.00 hod. se počítá dvakrát[4].“*

Přerušení topného období je možné za opačných podmínek jako zahájení topné sezóny.

### 3.1 Denní křivka spotřeby pro normální období (od 1. června do 30. září)

Při určování denní křivky spotřeby pro normální období, což je období, kdy neuvažujeme vytápění objektu, bude postup takový, že nejprve stanovíme zařízení, které budou využívána při běžném používání navrhovaného rodinného domu. Přehled těchto uvažovaných zařízení najdeme v následující tabulce Tab. 3-1. V této tabulce je uveden počet provozních hodin zařízení za den. Tyto hodnoty byly odhadnuty nejprve jako počet provozních hodin po dobu celého týdne, a poté byly poděleny počtem dnů

v týdnu. Vynásobili bychom tedy počet provozních hodin za den a vynásobili jej 7 dny, dostali bychom počet provozních hodin zařízení za jeden týden. Také je v této tabulce uvedena spotřeba el. energie uvažovaného zařízení za hodinu v kWh. Tyto hodnoty byly vypočítány pro uvažované zařízení na základě příkonu zařízení dle následujícího vztahu pro výpočet elektrické práce

$$W = P_0 * t = U * I * t \text{ (Wh; U, A, s) [5],} \quad (3.1)$$

kde:

$P_0$  [W] – elektrický příkon,

$t$  [s] – doba, po kterou prochází vodičem proud  $I$ .

Známe-li elektrický příkon zařízení, pak můžeme dle uvedeného vztahu vypočítat elektrickou práci. Platí, že  $1 \text{ Ws} = 1 \text{ J}$ . Pak  $1 \text{ Wh} = 3600 \text{ J}$ .

Na základě této tabulky budeme dále vycházet pro návrh denní křivky spotřeby pro normální období.

V tabulce, která je uvedena v příloze této práce jako PŘÍLOHA B, je uvedena celková denní spotřeba elektrické energie všech zařízení  $W_{nod}$  a je zde také uvedena celková spotřeba elektrické energie pro normální období  $W_{no}$ . Normálnímu období odpovídá 122 dnů, což je období od 1. června do 30. září. Hodnota celkové spotřeby elektrické energie pro normální období je uvedena s ohledem na koeficient soudobosti (náročnosti). Hodnota tohoto koeficientu je pro rodinné domy uvažována  $\beta = 0,35 [-]$ . Tento koeficient nám říká, jaká je pravděpodobnost, že budou všechny spotřebiče využívány v jeden okamžik. Celkovou spotřebu v kWh za normální období vypočítáme dle následujícího vztahu

$$W_{no} = W_{nod} * 122 * \beta = (16,548 * 0,35) * 122 = 706,581 \text{ kWh,} \quad (3.2)$$

kde:

$W_{no}$  – celková spotřeba elektrické energie pro normální období,

$W_{nod}$  – denní spotřeba elektrické energie pro normální období,

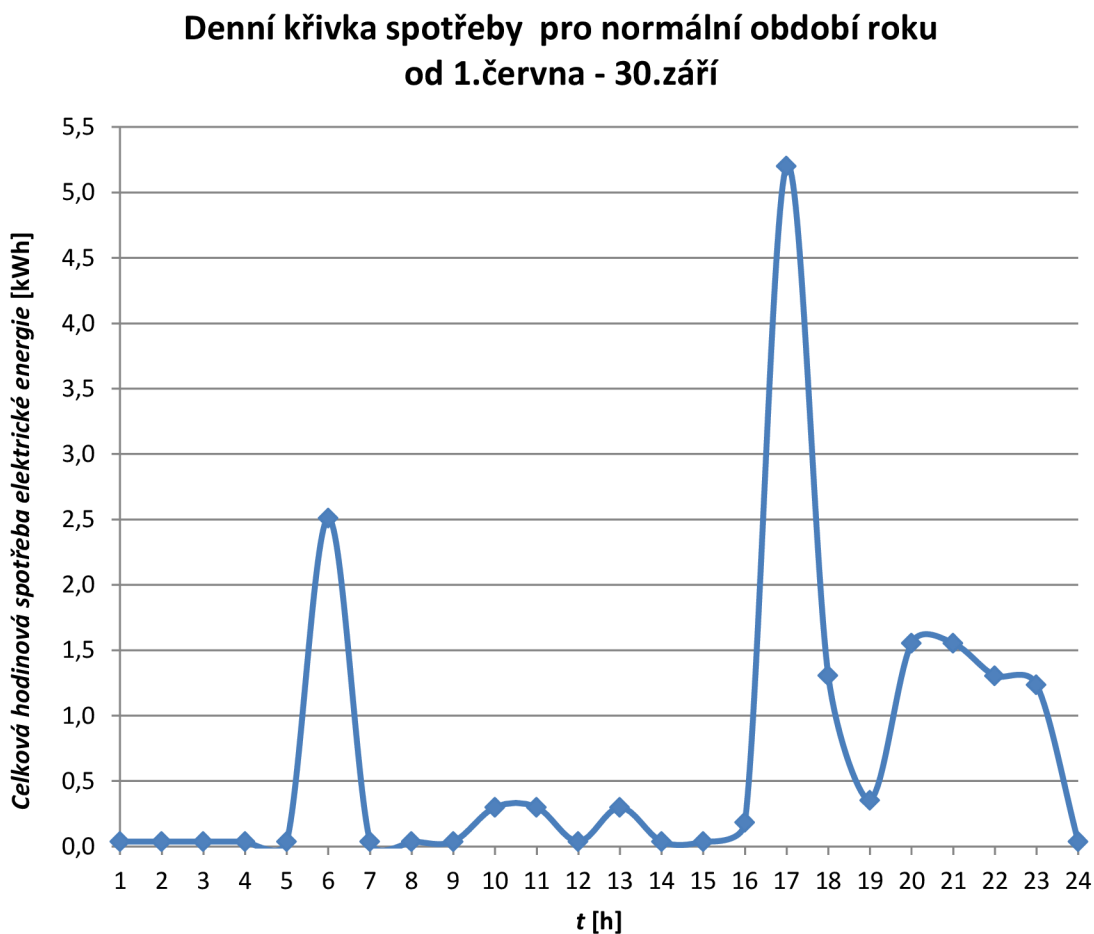
122 – počet dnů normálního období,

$\beta$  – koeficient soudobosti.

Tab. 3-1 Počet provozních hodin za den pro uvažovaná zařízení

provozní počet hodiny [zařízení/den]		spotřeba el. energie [kWh]	odkaz na uvažované zařízení
televize	4	0,067	<a href="http://www.mall.cz/led-televize-uhlopricka-101-107-cm/lg-42ls570s">http://www.mall.cz/led-televize-uhlopricka-101-107-cm/lg-42ls570s</a>
pračka	1	1,02	<a href="http://www.mall.cz/vestavne-pracky-susicka/electrolux-ewx147410w">http://www.mall.cz/vestavne-pracky-susicka/electrolux-ewx147410w</a>
myčka	0,5	1,05	<a href="http://www.epton.cz/mycka-nadobi-gorenje-gi-62224-x/248140-set.html">http://www.epton.cz/mycka-nadobi-gorenje-gi-62224-x/248140-set.html</a>
elektrická trouba	1	0,79	<a href="http://www.epton.cz/trouba-vest-gorenje-bo-8640-ax/150442-set.html">http://www.epton.cz/trouba-vest-gorenje-bo-8640-ax/150442-set.html</a>
lednička + mrazák	24	0,037	<a href="http://lednice-kombinace.elektromedia.cz/bosch-kg-39vi20">http://lednice-kombinace.elektromedia.cz/bosch-kg-39vi20</a>
počítač	4	0,25	<a href="http://www.alza.cz/lenovo-ideacentre-b520-d323965.htm#popis">http://www.alza.cz/lenovo-ideacentre-b520-d323965.htm#popis</a>
rychlovarná konvice	0,2	2,2	<a href="http://www.mall.cz/rychlovarne-konvice-kov/rowenta-bv-500947-prelude">http://www.mall.cz/rychlovarne-konvice-kov/rowenta-bv-500947-prelude</a>
mikrovlnná trouba	0,2	1,28	<a href="http://mikrovlne-trouby.heureka.cz/baumatic-bmg-200ss/specifikace/#section">http://mikrovlne-trouby.heureka.cz/baumatic-bmg-200ss/specifikace/#section</a>
varná deska	1	6,5 (všechny plotýnky)	<a href="http://www.epton.cz/varna-deska-sklo-gorenje-ect-610-asc1/150527-set.html">http://www.epton.cz/varna-deska-sklo-gorenje-ect-610-asc1/150527-set.html</a>
osvětlení domu 20*60W	4	1,2	---

Figure 3-1 Denní křivka spotřeby pro normální období roku od 1. června – 30. září



Na zhotovené denní křivce spotřeby dochází ke dvěma významným špičkám. První špička neboli značný nárůst spotřeby elektrické energie nastává kolem 6. hodiny, kdy je využívána značná část elektrických zařízení z důvodu konání běžných ranních aktivit obyvatel RD. Domácnost se ve své podstatě “probouzí“.

Druhá významná špička této křivky nastává kolem 17. hodiny, kdy se lidé vrací ze zaměstnání domů. V tuto hodinu jsou nároky na spotřebu elektrické energie nejvyšší a to 5,2 kWh.

### 3.2 Denní křivka spotřeby pro topné období ( od 1. září – 31. května)

Vyjádřit denní křivku spotřeby pro topné období je náročnější než pro normální období. Tato problematika je silně ovlivněna zdroji potřebné tepelné energie. Celá energetická soustava rodinného domu je zatížena zvýšenou spotřebou elektrické energie v průběhu topného období, která je z největší části způsobena vytápěním pomocí tepelného čerpadla a ohřevem teplé užitkové vody. Hned na počátku tedy musíme teoreticky vypočítat, kolik elektrické energie bude potřeba pro přeměnu na energii

tepelnou v jednotlivých měsících. Ta bude využívána pro vytápění RD a pro ohřev teplé vody, jak už bylo zmíněno.

Budeme uvažovat, že topné období trvá od 1. září do 31. května. Měsíc září bude zahrnut proto, že je někdy nutné dům vytápět i v tomto měsíci. Toto budeme chápat jako dostatečné naddimenzování systému.

Při výpočtu potřebné energie pro vytápění musíme vzít v potaz také průměrné měsíční venkovní teploty v průběhu topného období. Tyto průměrné teploty pro brněnskou lokalitu jsou v níže uvedené tabulce Tab. 3-2.

Tab. 3-2 Tabulka průměrných měsíčních teplot přechodného období [6]

lokality (místo měření)	průměrné měsíční venkovní teploty									nadmořská výška
	9.	10.	11.	12.	1.	2.	3.	4.	5.	<i>H</i>
	[°C]									[m]
<b>Brno</b>	13,8	8,6	3,5	-0,2	-2,1	-0,7	3,6	8,5	13,8	227

Celková požadovaná tepelná energie pro vytápění potřebná pro topné období bude vypočítána dle následujícího vztahu

$$Q_{vyt} = \frac{\varepsilon}{\eta_0 * \eta_r} * \frac{24 * Q_c * D}{(t_{is} - t_e)} * 3,6 * 10^{-3} \quad [7], \quad (3.3)$$

kde:

$\varepsilon$  – opravný součinitel  $\varepsilon = 0,765$ ,

$\eta_0, \eta_r$  – účinnost regulace soustavy, rozvodu vytápění;  $\eta_0 = 0,95, \eta_r = 0,97$ ,

$Q_c$  – celkové tepelné ztráty viz Tab. 2-3,

$D$  – vytápěcí denostupně,

$t_{is}$  – průměrná vnitřní výpočtová teplota  $t_{is} = 19 \text{ °C}$ ,

$t_e$  – venkovní výpočtová teplota viz Tab. 2-1.

Vztah pro výpočet denostupňů

$$D = d * (t_{is} * t_{es}), \quad (3.4)$$

kde:

$t_{es}$  – průměrná teplota během topného období viz Tab. 3-2,

$d$  – délka topného období viz Tab. 3-3.

Tab. 3-3 Tabulka potřebné roční tepelné a elektrické energie pro vytápění

--	měsíc	počet dnů	$Q_{vyt}$ [GJ/měsíc]	$Q_{vyt}$ [MWh/měsíc]
září	9	30	2,5	0,556
říjen	10	31	5,2	1,156
listopad	11	30	7,5	1,667
prosinec	12	31	9,6	2,133
leden	1	31	10,6	2,356
únor	2	28	8,9	1,978
březen	3	31	7,7	1,711
duben	4	30	5,1	1,133
květen	5	31	2,6	0,578
$\Sigma Q_{vyt}$ [Gj/ot.ob]; $Q_{vytTČ}$ [MWh/ot.ob.]			59,7	13,267
potřebná tepelná energie dodaná krbem $Q_{vytKR}$ [GJ/ot.období]			11,94	
$Q_{vytTČ}$ [GJ/ot.období]			47,76	
spotřeba elektrické energie TČ za otopné období [MWh/ot.ob]			2,5811	
průměrná spotřeba elektrické energie TČ na jednu hodinu $W_{OTČ}$ [Wh]			393,94	
délka topného období [dny]			273	

Byla vypočtena celková potřebná tepelná energie pro topné období dle výpočtového vztahu 3.3 a to tak, že jsme vypočítali potřebnou tepelnou energii v daných topných měsících viz Tab. 3-3, ve které je uvedena potřebná celková tepelná energie pro vytápění a také celková elektrická energie potřebná pro vytápění pomocí tepelného čerpadla. V tabulce jsou uvedeny průměrné spotřeby elektrické energie na jeden den topného období a na hodinu topného období. Hodnoty v tabulce byly vypočítány pro celkové tepelné ztráty 7 kWh.

Celková vypočtená tepelná energie pro topné období potřebná pro vytápění je rovna

$$\Sigma Q_{vyt} = 59,7 \frac{\text{GJ}}{\text{ot}} \cdot \text{období}. \quad (3.5)$$

Dále budeme předpokládat, že tepelné čerpadlo bude pokrývat 80 procent celkové požadované tepelné energie a zbytek tepelné energie pro vytápění bude vyroben krbem. Pak tepelná energie pokrytá tepelným čerpadlem bude nabývat hodnoty



$$\sum Q_{vytT\check{C}} = 0,8 * 59,7 \frac{\text{GJ}}{\text{ot. období}} = 47,76 \frac{\text{GJ}}{\text{ot. období}} \quad (3.6)$$

a této hodnotě tepelné energie odpovídá ekvivalentní spotřeba elektrické energie

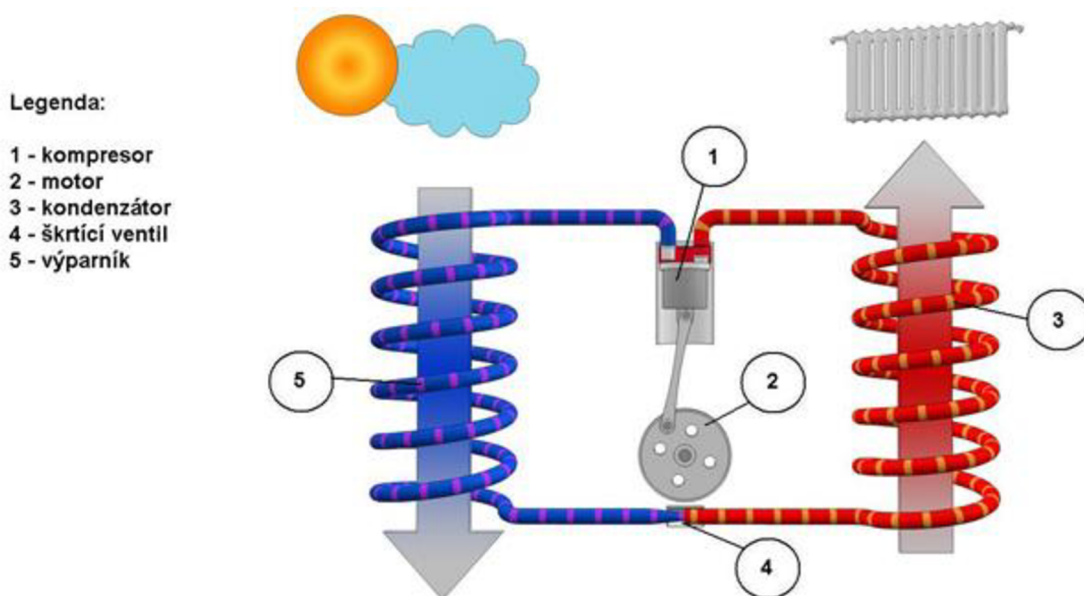
$$\sum Q_{vytT\check{C}} = \frac{47,76 \frac{\text{GJ}}{\text{ot. období}}}{3600} = 13,267 \frac{\text{MWh}}{\text{ot. období}} \quad (3.7)$$

Musíme zjistit, kolik elektrické energie je potřeba přivést na vstup tepelného čerpadla  $W_{OT\check{C}}$ , abychom pokryli celkovou spotřebu tepelné energie dodanou tepelným čerpadlem pro vytápění.

V našem případě bude použito TČ na principu země – voda. Tepelná čerpadla obecně přeměňují nízkopotenciální teplo za současné spotřeby elektrické energie. Použití tepelných čerpadel je výhodné, protože jsme schopni vyrobit například z 1kWh spotřebované elektrické energie TČ tepelnou energii ekvivalentní 2 až 5kWh elektrické energie v závislosti na provozních podmínkách.

Hlavní výhodou tohoto systému vytápění je tedy to, že využíváme nízkopotenciální teplo obsažené v pracovní látce primárního okruhu tepelného čerpadla, který je zabudován v zemi. Pracovní látka primárního okruhu tepelného čerpadla není téměř ovlivněna venkovní teplotou, protože se primární okruh nachází v nezámrazné hloubce, kde můžeme dosáhnout stálé teploty pracovní látky primárního okruhu např. 4 °C.

Základní princip tepelného čerpadla je následující. Pracovní látka (kapalina) primárního okruhu (zdroj nízkopotenciálního tepla) jde přes filtrační systém do výparníku tepelného čerpadla. Zde pracovní látka primárního okruhu tepelného čerpadla (kapalina) odevzdává svou tepelnou energii podchlazenému cirkulujícímu chladivu, což způsobuje vypařování chladiva. Ochlazená kapalina primárního okruhu, které byla odebrána tepelná energie, cirkuluje dále primárním okruhem. Kompresor tepelného čerpadla poté nasává páry z výparníku do kondenzátoru. Dojde ke zvýšení tlaku a teploty pracovní látky okruhu tepelného čerpadla. K výsledné tepelné energii, obsažené v kondenzátoru, se dále přičte tepelná energie motoru kompresoru. Z kondenzátoru tepelného čerpadla se teplo odvádí pracovní cirkulující látkou (topné médium) v sekundárním okruhu (odvod do soustavy topení, podlahového vytápění). Odvodem tepla páry chladiva kondenzují. Chladivo v kapalném stavu se po zkondenzování v kondenzátoru škrtí do výparníku. Zde se zase vypaří při nižším tlaku a celý proces se opakuje. Obecný princip tepelného čerpadla ilustruje obrázek Obrázek 3-1 uveden níže [8], [9].



Obrázek 3-1 Obecný princip tepelného čerpadla [8]

Vybereme tepelné čerpadlo s následujícími parametry viz Tab. 3-4.

Tab. 3-4 Parametry použitého TČ pracujícího na principu země - voda [10]

tepelné čerpadlo	IVT Premium Line EQ E8/C8
výkon/příkon při 0°C/35°C	7,6/1,63 kW
topný faktor při 0°C/35°C	4,7
výkon/příkon při 0°C/45°C	7,3/2,03 kW
topný faktor při 0°C/45°C	3,6
cena se zásobníkem C (bez DPH)	226 000,-
<b>cena bez zásobníku E (bez DPH)</b>	<b>191 000,-</b>

Aby mohla být určena průměrná spotřeba elektrické energie  $W_{OTČ}$  TČ na jednu hodinu topného období, musí být určen topný faktor tepelného čerpadla.

“Topný faktor tepelného čerpadla udává poměr vyprodukovaného tepla a spotřebované energie [11].“

Topný faktor je dán tímto vztahem

$$TF = \frac{|\Delta Q|}{\Delta W} \quad (-; J, J) \quad [11], \quad (3.8)$$

kde:

$|\Delta Q|$  – změna tepla,

$\Delta W$  – mechanická práce spotřebovaná tepelným čerpadlem.

Víme, že teplota pracovní látky primárního okruhu tepelného čerpadla bude 4 °C viz Tab. 2-3. Vyneseme-li do grafu závislost TF udávaného výrobcem v závislosti na rozdílu teplot pracovních látek primárního a sekundárního okruhu tepelného čerpadla, pak tuto závislost můžeme popsat následující rovnicí

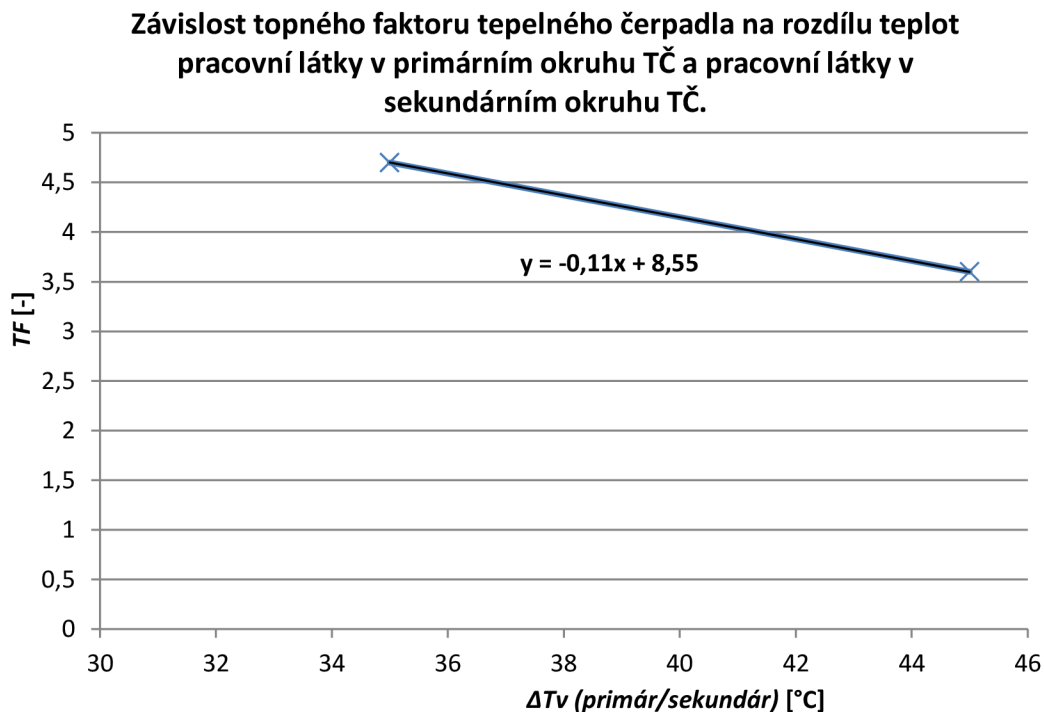
$$y = -0,11 * x + 8,55. \quad (3.9)$$

Rovnice této závislosti byla zjištěna pomocí grafického řešení viz Figure 3-2. Po dosazení do rovnice 3.9, dostaneme topný faktor tepelného čerpadla. V našem případě dosadíme za  $x = 31$  °C, což představuje rozdíl teplot pracovní látky primárního (4 °C) a sekundárního okruhu (35 °C). Po dosazení do rovnice 3.9 dostaneme následující topný faktor

$$TF = -0,11 * 31 + 8,55 = 5,14 [-]. \quad (3.10)$$

Topný faktor bude stálý, protože teplota pracovní látky primárního okruhu TČ bude stálá.

Figure 3-2 Závislost topného faktoru tepelného čerpadla na rozdílu teplot pracovních látek  $\Delta T_v$  (primár/sekundár)



Je-li zjištěn topný faktor TČ, pak může být vypočítána průměrná spotřeba elektrické energie  $W_{OTČ}$  tepelného čerpadla na jednu hodinu topného období.

$$W_{OTČ} = \frac{\sum Q_{vyt}}{TF * 273 * 24} = \frac{13,267 \frac{\text{MWh}}{\text{ot. období}}}{5,14 * 273 * 24} = 393,94 \text{ Wh} = 0,39394 \text{ kWh} \quad (3.11)$$

Pro ohřev teplé vody během topného období z 35 °C na 55 °C, bude používána i topná spirála o příkonu 2,5 kW. Dále bude používán krb s tepelnou vložkou a výměníkem tepla a mimo jiné také solární ohřev vody (technologie vakuových trubíc tubosol). Solární ohřev vody bude využíván zejména pro normální období.

Tepelnou energii potřebnou pro ohřev teplé vody z 35 °C na 55 °C na jeden den vypočítáme dle vztahu

$$Q_{TUV,d} = (1 + z) * \frac{\rho * c * V_{2p} * (t_2 - t_1)}{3600} [7], \quad (3.12)$$

kde:

$t_1$  – teplota studené vody,

$t_2$  – teplota teplé vody,

$V_{2p}$  – celková spotřeba vody za den,

$\rho$  – hustota vody,

$c$  – měrná tepelná kapacita vody,

$z$  – koeficient ztrát v systému.

Po dosazení do vztahu 3.12

$$Q_{TUV,d} = (1 + 0,5) * \frac{1000 * 4186 * 0,4 * (55 - 35)}{3600} = 14 \text{ kWh}. \quad (3.13)$$

Roční spotřebu tepla pro ohřev teplé vody z 35 °C na 55 °C vypočítáme dle vztahu

$$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} * d + 0,8 * Q_{TUV,d} * \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} * (N - d) [7], \quad (3.14)$$

kde:

$d$  – počet dnů topného období Tab. 3-5,

$N$  – počet pracovních dnů soustavy pro ohřev vody v roce,

$t_{svl}$  – teplota studené vody v létě,

$t_{svz}$  – teplota studené vody v zimě.

Po dosazení do vztahu 3.14

$$Q_{TUV,r} = 14000 * 273 + 0,8 * 14000 * \frac{55 - 35}{55 - 35} * (273 - 273) = 3,8 \text{ MWh/rok.} \quad (3.15)$$

Tab. 3-5 Potřebná roční tepelná energie pro ohřev teplé vody z 35 °C na 55 °C

<b>d [dny]</b>	273
<b><math>Q_{TUV,r}</math> [GJ/rok]</b>	13,7
<b><math>Q_{TUV,r}</math> [MWh/rok]</b>	3,8
<b>spotřeba elektrické energie topné spirály [kWh/den]</b>	13,92
<b>spotřeba elektrické energie topné spirály na jednu hodinu [kWh]</b>	0,579

Nyní jsou známy průměrné spotřeby elektrické energie TČ pro vytápění a předeřev vody na 35 °C a také spotřeba elektrické energie topné spirály pro ohřev teplé vody z 35 °C na 55 °C během topného období. Pokud jsou známy tyto hodnoty, pak můžeme graficky vyjádřit denní křivku spotřeby pro topné období roku (1. září – 31. května).

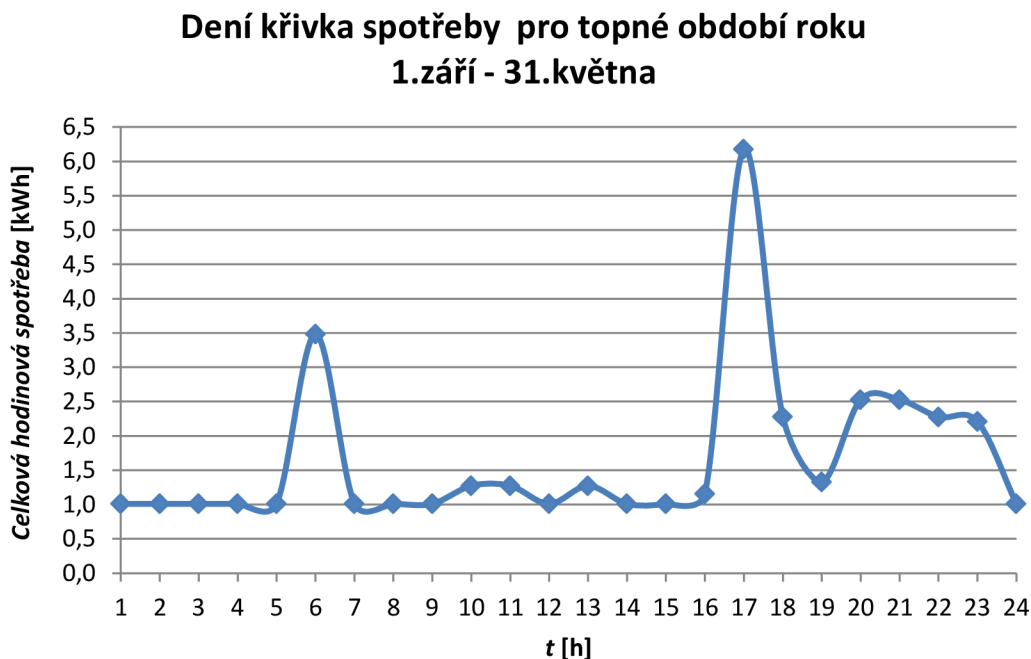
V následující tabulce Tab. 3-6 je uveden přehled uvažovaných spotřebičů, které budou využívány v průběhu topného období. Na základě spotřeby elektrické energie těchto uvažovaných spotřebičů v danou hodinu dne bude navržena denní křivka spotřeby pro topné období.

Tab. 3-6 Uvažované spotřebiče a zařízení pro návrh denní křivky spotřeby pro topné období (1. září – 31. května)

provozní počet hodiny [zařízení/den]		spotřeba el.en. [kWh]	odkaz na uvažované zařízení
TV	4,00	0,067	<a href="http://www.mall.cz/led-televize-uhlopricka-101-107-cm/lg-42ls570s">http://www.mall.cz/led-televize-uhlopricka-101-107-cm/lg-42ls570s</a>
pračka	1,00	1,020	<a href="http://www.mall.cz/vestavne-pracky-susicka/electrolux-ewx147410w">http://www.mall.cz/vestavne-pracky-susicka/electrolux-ewx147410w</a>
myčka	0,50	1,050	<a href="http://www.epton.cz/mycka-nadobi-gorenje-gi-62224-x/248140-set.html">http://www.epton.cz/mycka-nadobi-gorenje-gi-62224-x/248140-set.html</a>
trouba	1,00	0,790	<a href="http://www.epton.cz/trouba-vest-gorenje-bo-8640-ax/150442-set.html">http://www.epton.cz/trouba-vest-gorenje-bo-8640-ax/150442-set.html</a>
lednička + mrazák	24,00	0,037	<a href="http://lednice-kombinace.elektromedia.cz/bosch-kg-39vi20">http://lednice-kombinace.elektromedia.cz/bosch-kg-39vi20</a>
počítač	4,00	0,250	<a href="http://www.alza.cz/lenovo-ideacentre-b520-d323965.htm#popis">http://www.alza.cz/lenovo-ideacentre-b520-d323965.htm#popis</a>
rychlovarná konvice	0,20	2,200	<a href="http://www.mall.cz/rychlovarne-konvice-kov/rowenta-bv-500947-prelude">http://www.mall.cz/rychlovarne-konvice-kov/rowenta-bv-500947-prelude</a>
mikrovlnná trouba	0,25	1,280	<a href="http://mikrovlne-trouby.heureka.cz/baumatic-bmg-200ss/specifikace/#section">http://mikrovlne-trouby.heureka.cz/baumatic-bmg-200ss/specifikace/#section</a>
varná deska	1,00	6,500	<a href="http://www.epton.cz/varna-deska-sklo-gorenje-ect-610-asc1/150527-set.html">http://www.epton.cz/varna-deska-sklo-gorenje-ect-610-asc1/150527-set.html</a>
osvětlení domu 20*60W	4,00	1,200	-
tepelné čerpadlo	24,00	0,394	<a href="http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/ivt-premiumline-eq-zeme-voda_IVT_PremiumLine_EQ_E8/C8">http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/ivt-premiumline-eq-zeme-voda_IVT_PremiumLine_EQ_E8/C8</a>
topná spirála	24,00	0,579	-

Byla zhotovena denní křivka spotřeby pro topné období. Z této zhotovené grafické závislosti je patrné, že opět dochází ke dvěma významným odběrovým špičkám, a to v 6.00 hod a v 17.00 hod, kdy spotřeba elektrické energie dosahuje hodnoty 6,18 kWh.

Figure 3-3 Denní křivka spotřeby pro topné období roku 1. září - 31. května



V tabulce, která je uvedena v příloze této práce jako Příloha č. 2B, je uvedena celková denní spotřeba elektrické energie všech zařízení pro topné období  $W_{tod}$  a je zde uvedena i celková spotřeba elektrické energie pro topné období  $W_{to}$ . Topnému období odpovídá 273 dnů, což je bráno od 1. září do 31. května, protože musíme brát v úvahu potřebu přitápění v měsíci září. V tomto měsíci by bylo možné přitápet krbem, který bude také součástí RD. Proto uvažování měsíce září budeme brát jako dostatečné naddimenzování systému TČ. Hodnota celkové spotřeby elektrické energie pro topné období je uvedena s ohledem na koeficient soudobosti (náročnosti). Hodnota tohoto koeficientu je pro rodinné domy uvažována  $\beta = 0,35 [-]$ . Tento koeficient nám říká, jaká je pravděpodobnost, že budou všechny spotřebiče využívány v jeden okamžik. Celkovou spotřebu v kWh za topné období vypočítáme dle následujícího vztahu

$$W_{to} = W_{tod} * 273 * \beta = 39,9 * 0,35 * 273 = 3812,445 \text{ kWh}, \quad (3.16)$$

kde:

$W_{to}$  – celková spotřeba elektrické energie za topné období,

$W_{tod}$  – denní spotřeba elektrické energie pro topné období,

273 – počet dnů topného období,

$\beta$  – koeficient soudobosti.

## 4 OSTROVNÍ ENERGETICKÉ SYSTÉMY

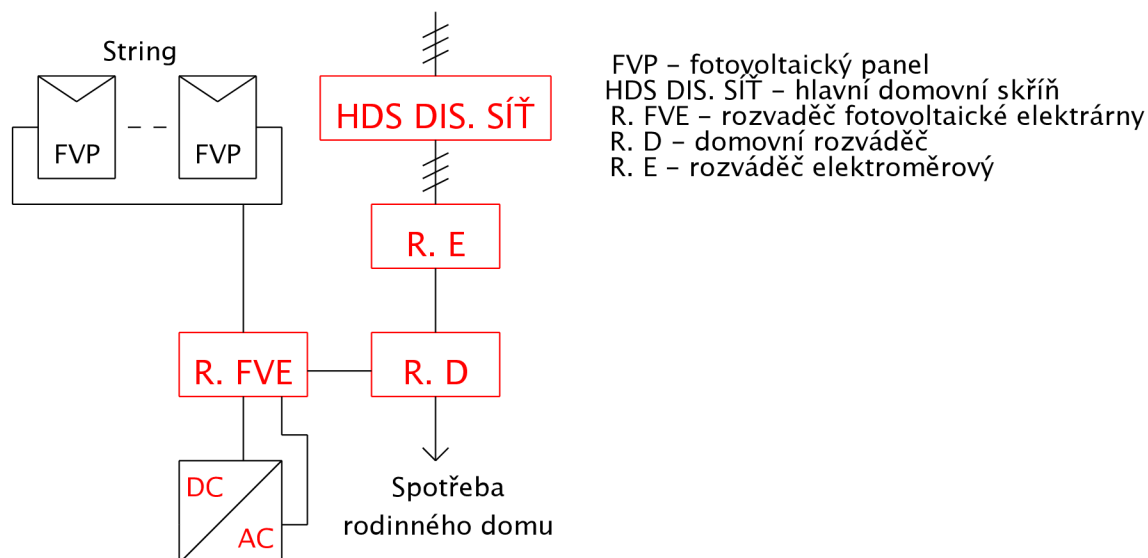
Pokud mluvíme o ostrovním energetickém systému, pak mluvíme o lokální síti, která zajišťuje napájení všech zařízení v uvažovaném objektu.

Ostrovní FV energetické systémy je možné využívat také jako záložní zdroj elektrické energie. Ostrovní energetické systémy můžeme dělit následovně.

### 4.1 Poloostrovní energetické systémy

Jedná se o energetické systémy, které jsou z části nezávislé na dodávce elektrické energie ze sítě. Pokud vlastní energetické zdroje pokryjí celkovou spotřebu energií uvažovaného objektu, pak systém pracuje nezávisle na dodávce elektrické energie ze sítě a můžeme říci, že systém je soběstačný. Pokud energetické zdroje (solární panely, větrné a malé vodní elektrárny) dodávají nadbytek elektrické energie, pak je energie uchována v akumulčních bateriích. Může být také prodána do sítě za tržní či výkupní cenu, nebo může být čerpán zelený bonus. Uchovaná energie je následně využívána, je-li celková dodávka energetických zdrojů uvažovaného objektu nižší než celková spotřeba elektrické energie uvažovaného objektu. Pokud jsou akumulátory vybity, pak musíme odebírat elektrickou energii z elektrické rozvodné sítě od dodavatelů [12], [13], [14].

#### 4.1.1 Blokové schéma zapojení poloostrovního energetického systému pro zelený bonus bez akumulace elektrické energie



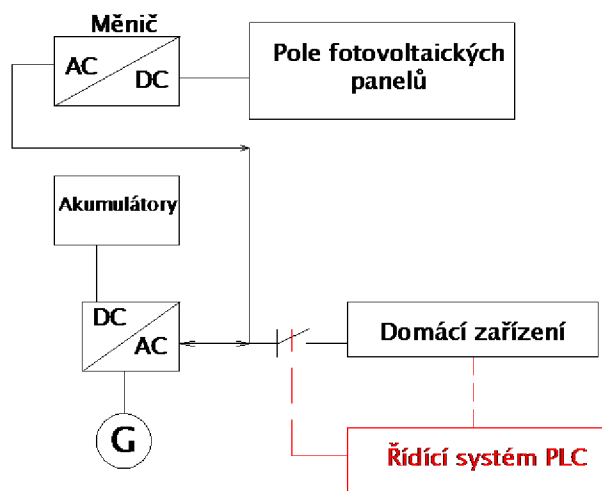
Obrázek 4-1 Blokové schéma zapojení poloostrovního energetického systému pro zelený bonus bez akumulace elektrické energie [23]

Výhodou tohoto zapojení je získání zeleného bonusu za celkové množství vyrobené elektrické energie. Výši zeleného bonusu stanoví ERU. Pokud aktuálně vyrábíme více energie, než je spotřebováváno, můžeme přebytky prodat za tržní cenu el. energie do distribuční sítě. Pokud nevyrábí tento systém dostatek elektrické energie, pak můžeme





### 4.2.1 Blokové schéma možného zapojení ostrovního energetického systému

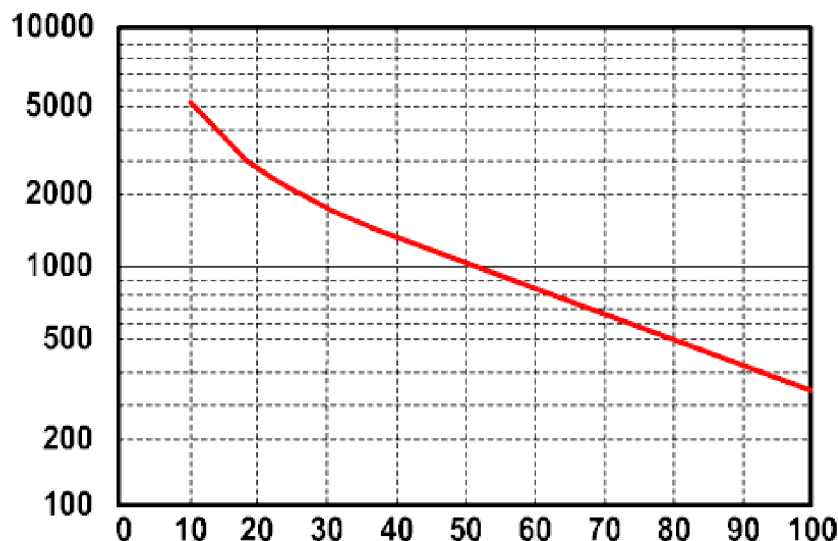


Obrázek 4-3 Blokové schéma ostrovního energetického systému

Princip funkce ostrovního energetického systému je obdobný jako u poloostrovního energetického systému, avšak s tím rozdílem, že systém musí být plně energeticky soběstačný, jak už bylo zmíněno. Není zde možnost výkupu elektrické energie do distribuční sítě v rámci zeleného bonusu, výkupní ceny a tržní ceny jako u poloostrovního systému.

### 4.3 Popis hlavních problémů ostrovních a poloostrovních energetických systémů

U ostrovních energetických systémů je obecně velmi důležité dokázat uchovat co nejvíce přebytečné elektrické energie pro budoucí využití. Největším problémem ostrovních energetických systémů jsou tedy akumulátory elektrické energie z hlediska životnosti, kapacity akumulátorů a především ceny. Nejpoužívanější akumulátory elektrické energie jsou olovňené akumulátory. Tyto akumulátory jsou cenově dostupné a jejich konstrukce je velmi jednoduchá pro samotnou výrobu. Hlavní nevýhodou olovňených akumulátorů elektrické energie je jejich váha a také úniky plynů do ovzduší vlivem chemických reakcí probíhajících uvnitř akumulátoru. Nejvíce závadějíci nevýhodou je však jejich životnost. Výběr akumulátorů elektrické energie se musí řídit zejména tím, kolik nabíjecích a vybíjecích cyklů jsou schopny provést po dobu životnosti akumulátoru. Na tuto skutečnost nesmíme zapomenout. Jako jeden nabíjecí a vybíjecí cyklus je považováno vybití akumulátoru z nominální hodnoty 100% své kapacity na 20% hodnotu a znovu nabití na 100% kapacity akumulátoru elektrické energie. Tomu, na jakou hodnotu akumulátor vybíjíme, říkáme hloubka vybíjení. Tento parametr výrazně ovlivňuje pořizovací cenu akumulátoru a také životnost akumulátoru. V následujícím grafu můžeme pozorovat závislost počtu nabíjecích a vybíjecích cyklů v závislosti na hloubce vybíjení akumulátoru [12], [13], [14].



Obrázek 4-4 Závislost nabíjecích cyklů na hloubce vybíjení olověných akumulátorů elektrické energie [12]

Kdyby měly být olověné akumulátory elektrické energie použity v praxi u fotovoltaických energetických systémů, pak bychom museli z hlediska životnosti baterií naddimenzovat kapacitu baterií až 4krát, aby bylo dosaženo nižší hodnoty hloubky vybíjení. Pokud dosáhneme 25% hloubky vybíjení akumulátorů, pak navýšíme celkovou životnost olověných akumulátorů až na 2000 nabíjecích cyklů. Toto řešení však výrazně navýší pořizovací cenu akumulátorů elektrické energie. Alternativní možností jsou lithiové baterie, jako například LIFEYPO<sub>4</sub>. Jedná se o lithium-železo-fosfátové akumulátory. Tyto akumulátory elektrické energie byly vynalezeny výzkumnou skupinou na texasské univerzitě v roce 1996. Životnost akumulátorů je 4000 – 8000 nabíjecích cyklů. Jsou schopné dodávat vysoké proudy při špičkových odběrech. Zaručují nízkou výrobní cenu v poměru s jejich výkonem. Tyto akumulátory neobsahují žádné žiraviny nebo kyseliny, dostupnost železa je také výhodou pro samotnou výrobu. Jsou tepelně stabilní a mají vysokou specifickou kapacitu (170 mAh/g) [12], [13], [14].

## 5 NÁVRH ENERGETICKÉHO SYSTÉMU

### 5.1 Návrh fotovoltaického systému

V našem případě bude využito zapojení fotovoltaického systému pro čerpání zeleného bonusu viz PŘÍLOHA G – jednopólové schéma zapojení FVE (zelený bonus). To znamená, že provozovatel využívá vyrobenou elektrickou energii přednostně. Pokud dochází k přebytkům vyrobené elektrické energie, může provozovatel prodávat přebytky do distribuční sítě za tržní cenu energie. Pokud provozovatel nemá dostatek elektrické energie pro provoz objektu, pak může nakupovat elektrickou energii z distribuční sítě. U těchto energetických systémů je výhodou především to, že téměř veškerá energie je spotřebována pro provoz uvažovaného objektu a za veškerou vyrobenou energii obdržíme zelený bonus [14]. Dále musí být určen nominální instalovaný výkon fotovoltaické elektrárny. Dle největší dosažené špičky spotřeby a celkové roční spotřeby elektrické energie viz Tab. 5-1 budeme volit nominální instalovaný výkon fotovoltaické elektrárny  $P_{iv} = 4,6 \text{ kWhp}$ . Tato hodnota vyjadřuje výkon vyrobený solárním panelem při energetické hustotě slunečního záření  $1000 \text{ W/m}^2$  při  $25^\circ\text{C}$  [15].

Tab. 5-1 Přehled spotřeby elektrické energie

	[kWh]
<b><math>W_{no}</math> (1. května - 30. září)</b>	706,581
<b><math>W_{to}</math> (1. září - 31. května)</b>	3812,404
<b><math>W_{cel}</math></b>	4518,99
<b><math>W_{nod}</math> (1. května - 30. září)</b>	5,792
<b><math>W_{tod}</math> (1. září - 31. května)</b>	13,935
<b>největší špičková spotřeba elektrické energie (topné období v 17.00 hod)</b>	6,2

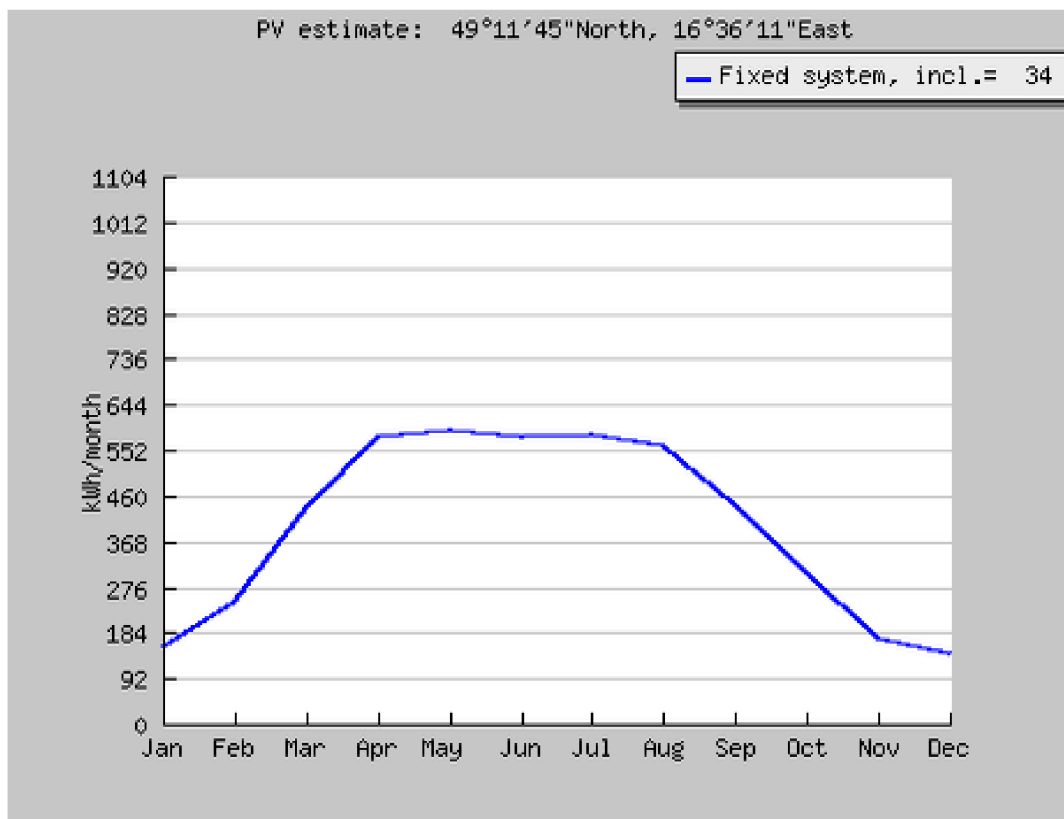
Tab. 5-2 Vstupní parametry pro návrh FVS

vstupní parametry	
<b>PV technologie</b>	krystalický křemík
<b>špičkový instalovaný výkon <math>P_{iv}</math></b>	4,6 kWhp
<b>odhadované ztráty systému</b>	6%
<b>náklon modulu</b>	$34^\circ$
<b>orientace modulu (V-90, J0)</b>	$-1^\circ$
<b>lokality</b>	Brno $49^\circ 11' 49''$ sever, $16^\circ 36' 37''$ východ, nadmořská výška: 222 m.n.m.,

Musíme dále zjistit, kolik jsme schopni vyrobit elektrické energie za den a za celý rok pomocí FVS. Tyto výpočty, byly provedeny pomocí portálu Sunbird [16]. Vstupní hodnoty pro výpočty viz Tab. 5-2 .

Odhadovaná výroba elektrické energie v jednotlivých měsících pro lokalitu Brno je znázorněna graficky viz Figure 5-1.

Figure 5-1 Odhad vyrobené elektrické energie v daných měsících [16]



V následující tabulce je uvedena vyrobená elektrická energie pro dané měsíce roku.

Tab. 5-3 Předpokládaná vyrobená elektrická energie FVS [16]

vyrobená elektrická energie FVS		
nominální výkon $P_{iv} = 4,6\text{kW}$		
náklon = $34^\circ$ , orientace = $-1^\circ$ , ztráty systému 6%		
měsíc	výroba/měsíc [kWh]	výroba/den [kWh]
leden	156	5,03
únor	248	8,87
březen	438	14,1
duben	577	19,2
květen	592	19,1
červen	579	19,3
červenec	584	18,8
srpen	563	18,2
září	443	14,8
říjen	305	9,85
listopad	171	5,69
prosinec	140	4,53
<b>roční průměr [kWh]</b>	<b>400</b>	<b>13,1</b>
<b>celková roční výroba elektrické energie [kWh/rok]</b>	<b>4800</b>	

Byl zvolen nominální instalovaný výkon fotovoltaické elektrárny  $P_{iv} = 4,6 \text{ kWhp}$ . Návrh, výběr střídače a fotovoltaických panelů byl proveden pomocí programu Sunny design 2. 3 [17]. Návrh a výstupy tohoto návrhu jsou uvedeny v PŘÍLOHA E – návrh fotovoltaických panelů a střídače pomocí programu sunny design 2. 3.

Použité FVP panely jsou podrobně popsány v PŘÍLOHA C – technická specifikace použitých FVP. Použitý střídač je podrobně popsán v PŘÍLOHA D – technické údaje střídače SB 4000TL-20. Provedení FVS je znázorněno v PŘÍLOHA F – rozmístění rozvaděčů, FVP a systému tubosol pro ohřev TUV.

Jednopolové schéma zapojení se nachází v PŘÍLOHA G – jednopolové schéma zapojení FVE (zelený bonus)

V následující tabulce jsou uvedeny použité zařízení pro fotovoltaický systém a jejich pořizovací cena. Označení použitých zařízení odpovídá označením použitých u jednopolového zapojení FVS (zelený bonus).

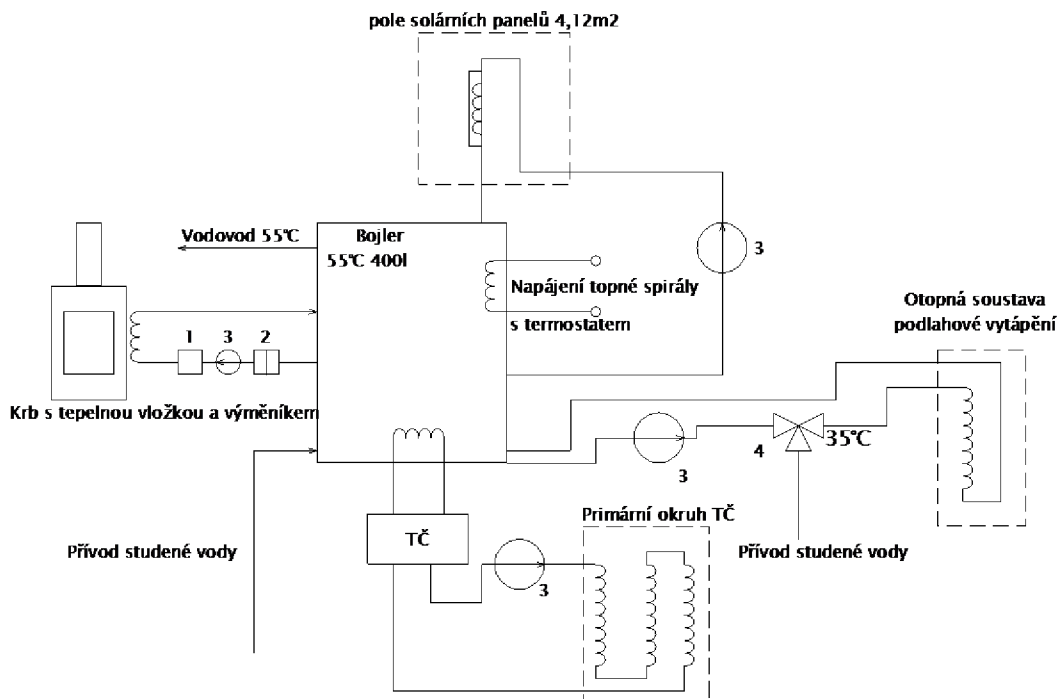
### 5.1.1 Pořizovací náklady na FVS

Tab. 5-4 Pořizovací náklady na FVS

použité zařízení pro realizaci FVS		
označení	specifikace	cena [Kč]
konzole pro FVP	montážní systém intersol	20 047,-
20 x FVP	Auxin solar AXN P6T 230 W; 20 ks	136 620,-
solární kabel	SOL 4.0 mm <sup>2</sup> 30 m	690,-
solární kabel	SOL 6.0 mm <sup>2</sup> 30 m	960,-
VYP1	jednopolový vypínač modulový 230/400V; 25A	100,-
VYP2	jednopolový vypínač modulový 230V 16A Hager	165,-
FV1, FV2	svodič přepětí PHOTEC C TII 20kA; 1000 VDC	3 957,-
SB 4000 TL	střídač	62 000,-
3 x FA20A	jistič NOARC jednofázový 1PC20 20A (B)	207,-
1F-E	elektroměr jednofázový MANELER 9901M	547,-
DS134S	svodič přepětí DS134S-230 4-pólový TNS 4+0 CITEL 1+2	4 069,-
<b>celková cena FVS [Kč]</b>		<b>229 362,-</b>

## 5.2 Návrh energetického systému pro ohřev teplé vody a vytápění

Energetický systém pro ohřev teplé vody a pro vytápění bude fungovat následovně. Po dobu normálního období od 1. června do 30. září bude pro ohřev teplé vody využíván solární ohřev vody. Pro vytápění během topného období, které trvá od 1. září do 31. května, bude pro ohřev vody pro podlahové vytápění využíváno TČ země – voda a to z teploty 4°C na teplotu 35°C. Mimo jiné bude TČ předehřívat vodu na 35°C ve společném zásobníku vody o celkovém objemu 400 l. Pro dohřívání vody z 35 °C na 55 °C bude využíván krb s tepelnou vložkou a výměníkem tepla. Pokud však nebude krb využíván, pak pro ohřev vody z 35 °C na 55 °C může být využit solární ohřev vody. Pokud nebude možné využívat ani solární ohřev vody, pak se jako záložní možnost nabízí dohřívání vody pomocí topné spirály. To vše je patrné z celkového nákresu blokového schématu energetického systému pro vytápění a ohřev teplé vody níže.



Obrázek 5-1 Blokové schéma energetického systému pro vytápění a ohřev teplé vody  
1 zpětný ventil; 2 filtr; 3 oběhové čerpadlo; 4 trojcestný ventil

Celá energetická soustava pro vytápění a ohřev teplé vody je řízena systémovou jednotkou, která zde není řešena.

### 5.2.1 Pořizovací náklady na en. systém pro ohřev TUV a vytápění

Technické údaje použitých zařízení jsou uvedeny v přílohách práce a to v PŘÍLOHA I – technické údaje tepelného čerpadla IVT premiumline EQ E8 až PŘÍLOHA N – cenová nabídka pro podlahové vytápění FV THERM.

Tab. 5-5 Náklady na energetický systém pro ohřev teplé vody a vytápění

název	typ	[ks]	cena [Kč]
tepelné čerpadlo	IVT Premium Line EQ E8	1	191 000,-
oběhové čerpadlo SR3	Po = 0,4-0,7kW; 50l/min; dopravní výška 4,1 m	3	6 540,-
Logalux PNR 500E	500l (Akumulační nádrž), kotel na tuhá paliva, TČ, solar	1	37 000,-
HAAS+SOHN NOVARA 17	5,1-17,4 kW; s tep. vlož. a výměníkem tepla	1	36 261,-
trojcestný ventil elektrický	-	1	2 420,-
zpětný ventil	-	1	2 058,-
filtr	-	1	1 000,-
solární panely (vakuové) TUBOSOL	AP 20 200 l (cena za kompletní systém, bez nádrže)	1	34 990,-
zemní plošný kolektor Getra	cca 200m <sup>2</sup>	1	50 000,-
podlahové vytápění FV therm	cena za kompletní systém	1	70 668,-
čerpadlo	Eurojet	1	6 640,-
<b>celková cena</b>			<b>438 577,-</b>



## 6 ENERGETICKÉ A EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

### 6.1 Náklady, počáteční investice

Celkové náklady na zařízení jsou shrnuty v následující tabulce Tab. 6-1. Podrobnější přehled nákladů na daný energetický systém je uveden u návrhu daného energetického systému viz 5. kapitola. Náklady na energetické systémy jsou počítány bez nákladů za práci.

Tab. 6-1 Přehled nákladů na jednotlivé energetické systémy

<b>náklady na energetický systém</b>	<b>cena [Kč]</b>
energetický systém pro ohřev teplé vody a vytápění	438 577,-
FV energetický systém	229 362,-
<b>celkové náklady na energetické systémy</b>	<b>667 939,-</b>

### 6.2 Zhodnocení investic na FVS

Pro zjednodušení finančního vyhodnocení FVS nebude uvažováno snížení výkonu FVP v čase. Pro tuto práci bude projekt realizován v dubnu roku 2013. Energetický regulační úřad stanovuje výši výkupní ceny elektrické energie vyrobené pomocí FVS a výši zeleného bonusu viz Tab. 6-2.

Tab. 6-2 Výkupní ceny a výše zeleného bonusu vyrobené elektřiny pomocí FVS [18]

ř./sl.	Druh podporovaného zdroje (výroby)	Datum uvedení výroby do provozu		Instalovaný výkon výroby [kW]		Jednotarifní pásmo provozování	
		od (včetně)	do (včetně)	od	do (včetně)	Výkupní ceny [Kč/MWh]	Zelené bonusy [Kč/MWh]
		b	c	d	e	j	k
500		-	31.12.2005	-	-	7 273	6 343
501		1.1.2006	31.12.2007	-	-	15 260	14 330
502		1.1.2008	31.12.2008	-	-	14 882	13 952
503		1.1.2009	31.12.2009	0	30	13 964	13 414
504		1.1.2009	31.12.2009	30	-	13 862	12 932
505		1.1.2010	31.12.2010	0	30	13 005	12 455
506	Výroba elektřiny využitím slunečního záření	1.1.2010	31.12.2010	30	-	12 903	11 973
507		1.1.2011	31.12.2011	0	30	7 803	7 253
508		1.1.2011	31.12.2011	30	100	6 141	5 211
509		1.1.2011	31.12.2011	100	-	5 723	4 793
510		1.1.2012	31.12.2012	0	30	6 284	5 734
511		1.1.2013	30.6.2013	0	5	3 410	2 860
512		1.1.2013	30.6.2013	5	30	2 830	2 280
513		1.7.2013	31.12.2013	0	5	2 990	2 440
514		1.7.2013	31.12.2013	5	30	2 430	1 880

V tomto případě se jedná o čerpání zeleného bonusu elektrické energie pro FVE o instalovaném výkonu  $P_{iv} = 4,6 \text{ kWp}$ , čemuž odpovídá výše zeleného bonusu 2860 Kč/MWh. Výše zeleného bonusu je čerpána každý rok, avšak každý rok energetický regulační úřad stanoví novou výši zeleného bonusu.

Dále budeme využívat dvoutarifní tarif D56d (jistič 3x32A) od distribuční společnosti EON. Tento tarif je nabízen pro domácnosti s tepelnými čerpadly. Výhodou tohoto tarifu je 22 hodin využití nízkého tarifu (NT). Cena za elektřinu pro tento tarif je uvedena v tabulce Tab. 6-3. Ceny v této tabulce jsou uvedeny včetně DPH.

Tab. 6-3 Ceny pro dvoutarifní tarif D56d od společnosti EON [19]

VT [Kč/MWh]	3497,-
NT [Kč/MWh]	2686,-
měsíční paušál [Kč/měsíc]	442,-

Ekonomické zhodnocení investice na FVS bude posuzováno dle metod současné čisté hodnoty, kde budeme porovnávat investici na FVS vůči měnové inflaci v průběhu dvaceti let. Dále budou využity metody indexu ziskovosti, prosté návratnosti a metody diskontované návratnosti. Dosažené výsledky těchto metod jsou uvedeny v tabulce Tab. 6-5.

Musí být zjištěn roční zisk FVE. Roční zisk FVE je tvořen výší zeleného bonusu za veškerou vyrobenou elektrickou energii pomocí FVE za rok. Dále obsahuje úsporu za elektrickou energii, které je dosaženo vlastní spotřebou elektrické energie vyrobené FVE.

Další zisk představuje prodání přebytků vyrobené elektrické energie za smluvní tržní cenu do distribuční sítě. Společnost CENTROPOL vykupuje elektrickou energii za 700 Kč/MWh [20].

V níže uvedené tabulce jsou uvedeny roční zisky FVE.

Tab. 6-4 Určení ročního zisku FVE

	[MW/h]	cena energie [Kč/MWh]	[Kč]
celková vyrobená el. energie	4,70	2 860,-	13 442,-
vlastní spotřeba el. energie	1,72	4 200,-	7 224,-
přebytky el. energie	2,98	700,-	2 083,-
<b>zisk [Kč/rok]</b>	-	-	<b>22 749,-</b>

Výpočet celkového ročního zisku FVE

$$Zisk = 4,7 * 2860 + 1,72 * 4200 + 2,98 * 700 = 22\,749 \frac{\text{Kč}}{\text{rok}}. \quad (6.1)$$

Tab. 6-5 Vyhodnocení investic FVE

rok [-]	zisk [Kč]	zisk diskontovaný [Kč]	návratnost prostá [let]	návratnost diskontní [let]	NPV [Kč]	PI [-]
0	-	-229362,-				
1.	22749,-	21874,-				
2.	22749,-	21033,-				
3.	22749,-	20224,-				
4.	22749,-	19446,-				
5.	22749,-	18698,-				
6.	22749,-	17979,-				
7.	22749,-	17287,-				
8.	22749,-	16622,-				
9.	22749,-	15983,-				
10.	22749,-	15368,-	10,08	14,84	79 804,-	1,35
11.	22749,-	14777,-				
12.	22749,-	14209,-				
13.	22749,-	13662,-				
14.	22749,-	13137,-				
15.	22749,-	12632,-				
16.	22749,-	12146,-				
17.	22749,-	11679,-				
18.	22749,-	11230,-				
19.	22749,-	10798,-				
20.	22749,-	10382,-				

Výpočty pro 1. rok

$$Zisk\ diskontovaný_j = \frac{zisk}{(1+i)^j} = \frac{22\,749}{(1+0,04)^1} = 21\,874 \left( \frac{Kč}{rok}; \frac{Kč}{rok}, - \right), \quad (6.2)$$

kde:

$i = 4\%$  - diskontní míra (diskontní míra byla zvolena jako průměrná hodnota roční inflace měny v ČR),

$j$  – uvažovaný rok.

Výpočet čisté současné hodnoty

$$NPV = \sum_{j=1-20} zisk\ diskontovaný - počáteční\ investice = \\ = 309166 - 229362 = 79804\ Kč, \quad (6.3)$$

$$\text{Návratnost prostá} = \frac{\text{počáteční investice}}{\text{zisk}} = \frac{229\,362}{22\,749} = 10,08 \text{ let}, \quad (6.4)$$

$$\begin{aligned} \text{Návratnost diskontní} &= \frac{\text{počáteční investice}}{\text{zisk diskontovaný průměrný}} = \frac{229\,362}{15\,458} = \\ &= 14,84 \text{ let.} \end{aligned} \quad (6.5)$$

Výpočet indexu ziskovosti

$$PI = \frac{\sum_{j=1-20} \text{zisk diskontovaný}}{\text{počáteční investice}} = \frac{309166}{229362} = 1,35 [-]. \quad (6.6)$$

Na základě dosažených výpočtů můžeme říci, že investice je výhodná. Prostá návratnost investice je 10,08 let. Prostá návratnost investice není v praxi využívána, protože není dostatečným důkazem toho, že se investice vyplatí. Proto byla vypočtena diskontní návratnost investice a to 14,84 let, kde byla brána v potaz měnová inflace v ČR.

Investice do FVS za dvacet let po přepočtu zisků v průběhu dvaceti let na čistou současnou hodnotu vydělá NPV = 79 804 Kč. Investice je také výhodná z hlediska metody indexu ziskovosti PI = 1,35 [-].

### 6.3 Zhodnocení investic na energetický systém pro vytápění a ohřev TUV

Musí být určeny náklady na provoz TČ. Určení těchto nákladů bude vycházet ze spotřeby elektrické energie TČ viz kapitola 3.2 vztah (3.11)

$$W_{OTČ} = \frac{\sum Q_{vyt}}{TF * 273 * 24} = \frac{13,267 \frac{\text{MWh}}{\text{ot. období}}}{5,14} = 2,58 \frac{\text{MWh}}{\text{ot. období}} \quad (6.7)$$

Pak náklady na provoz tepelného čerpadla

$$\text{Náklady na provoz TČ} = 2,58 \frac{\text{MWh}}{\text{ot. období}} * 3128 = 8070 \frac{\text{Kč}}{\text{rok}} \quad (6.8)$$

Dále musí být určeny náklady na provoz krbu s tepelnou vložkou a výměníkem tepla. Tyto náklady byly vypočteny pomocí portálu TZB-info [21]. Určení těchto nákladů bude vycházet z tepelné energie, kterou pokrývá krb viz kapitola 3.2. vztah (3.6). Bylo stanoveno, že krb bude pokrývat 20 % celkové tepelné energie potřebné pro vytápění a ohřev TUV.

Pak

$$\sum Q_{vytKRB} = 0,2 * 59,7 \frac{\text{GJ}}{\text{ot. období}} = 11,94 \frac{\text{GJ}}{\text{ot. období}} \quad (6.9)$$

Náklady na provoz krbu s tepelnou vložkou a výměníkem tepla jsou uvedeny v tabulce níže.

Dále budeme uvažovat, že celkové náklady na vytápění a ohřev TUV pomocí plynu pro RD s tepelnou ztrátou 7kWh budou činit 55 000 Kč. Tato hodnota byla zjištěna pomocí portálu TZB-info [22].

Celkové náklady na provoz TČ a provoz krbu s tepelnou vložkou a výměníkem tepla jsou uvedeny v tabulce níže. Je zde uveden i roční zisk

$$Zisk = 55\,000 - 8\,070 - 3\,271 = 43\,659 \frac{\text{Kč}}{\text{rok}} \quad (6.10)$$

Tab. 6-6 Určení ročního zisku energetického systému pro ohřev TUV a vytápění

	<i>spotřeba energie</i>	<i>cena energie</i>	<i>náklady na provoz [Kč/rok]</i>
TČ	2,58 [MWh/rok]	3 128 [Kč/MWh]	8 070,-
KRB+TV (dřevo)	11,94 [GJ/rok]	274 [Kč/GJ]	3 271,-
náklady za topení pomocí plynu	-	-	55 000,-
<i>zisk [Kč/rok]</i>	43 659,-		

Ekonomické zhodnocení investice na energetický systém pro vytápění a ohřev TUV bude posuzováno dle metod současné čisté hodnoty, kde budeme porovnávat investici na tento systém vůči měnové inflaci v průběhu dvaceti let. Dále použijeme metody indexu ziskovosti, prosté návratnosti a metodu diskontované návratnosti. Dosažené výsledky těchto metod jsou uvedeny v tabulce.

Tab. 6-7 Vyhodnocení investic energetického systému pro vytápění a ohřev TUV

rok [-]	zisk [Kč]	zisk diskontovaný [Kč]	návratnost prostá [let]	návratnost diskontní [let]	průměr zisk. disk. [Kč]	NPV [Kč]	PI [-]
0	-	- 438 577,-					
1.	43 659,-	41 980,-					
2.	43 659,-	40 365,-					
3.	43 659,-	38 812,-					
4.	43 659,-	37 320,-					
5.	43 659,-	35 884,-					
6.	43 659,-	34 504,-					
7.	43 659,-	33 177,-					
8.	43 659,-	31 901,-					
9.	43 659,-	30 674,-					
10.	43 659,-	29 494,-	10,05	14,78	29 667,-	154 760,-	1,35
11.	43 659,-	28 360,-					
12.	43 659,-	27 269,-					
13.	43 659,-	26 220,-					
14.	43 659,-	25 212,-					
15.	43 659,-	24 242,-					
16.	43 659,-	23 310,-					
17.	43 659,-	22 413,-					
18.	43 659,-	21 551,-					
19.	43 659,-	20 722,-					
20.	43 659,-	19 925,-					

Výpočty pro 1. rok

$$Zisk\ diskontovaný_j = \frac{zisk}{(1+i)^j} = \frac{43\,659}{(1+0,04)^1} = 41\,980 \left( \frac{Kč}{rok}; \frac{Kč}{rok}, - \right), \quad (6.11)$$

kde:

$i = 4\%$  - diskontní míra (diskontní míra byla zvolena jako průměrná hodnota roční inflace měny v ČR),

$j$  – uvažovaný rok.

Výpočet čisté současné hodnoty

$$NPV = \sum_{j=1-20} \text{zisk diskontovaný} - \text{počáteční investice} =$$

$$= 593\,337 - 438\,577 = 154\,760 \text{ Kč}, \quad (6.12)$$

$$\text{Návratnost prostá} = \frac{\text{počáteční investice}}{\text{zisk}} = \frac{438\,577}{43\,659} = 10,05 \text{ let}, \quad (6.13)$$

$$\text{Návratnost diskontní} = \frac{\text{počáteční investice}}{\text{zisk diskontovaný průměrný}} = \frac{438\,577}{29\,667} =$$

$$= 14,78 \text{ let}. \quad (6.14)$$

Výpočet indexu ziskovosti

$$PI = \frac{\sum_{j=1-20} \text{zisk diskontovaný}}{\text{počáteční investice}} = \frac{593\,337}{438\,577} = 1,35 [-]. \quad (6.15)$$

Na základě dosažených výpočtů můžeme říci, že investice je výhodná. Prostá návratnost investice je 10,05 let. Prostá návratnost investice není v praxi využívána, protože není dostatečným důkazem toho, že se investice vyplatí. Proto byla vypočtena diskontní návratnost investice a to 14,78 let, kde byla uvažována měnová inflace v ČR. Investice do tohoto energetického systému za dvacet let po přepočtu zisků v průběhu dvaceti let na čistou současnou hodnotu vydělá  $NPV = 154\,760 \text{ Kč}$ . Investice je také výhodná z hlediska metody indexu ziskovosti  $PI = 1,35 [-]$ .

## 6.4 Zhodnocení nákladů na energie potřebné pro provoz RD po dobu jednoho roku

Náklady za energie potřebné pro provoz RD tvoří náklady za chybějící nakoupenou elektrickou energii pro provoz RD na rok. Dále jsou tyto náklady tvořeny náklady na provoz krbu s tepelnou vložkou a výměníkem tepla, ve kterém je jako palivo použito dřevo. Přehled těchto nákladů je uveden v následující tabulce.

Tab. 6-8 Přehled nákladů za potřebnou energii na rok pro provoz rodinného domu

	<i>množství energie</i>	<i>cena energie</i>	<i>[Kč/rok]</i>
<i>nákup elektrické energie za rok dle tarifu EON D56d</i>	3,276 [MWh/rok]	3128 [Kč/MWh]	10247
<i>KRB+TV (Dřevo)</i>	11,94 [GJ/rok]	274 [Kč/GJ]	3271
<i>celkové roční náklady na provoz rodinného domu [Kč/rok]</i>			13518

V následující tabulce je uvedena energetická bilance pro RD.

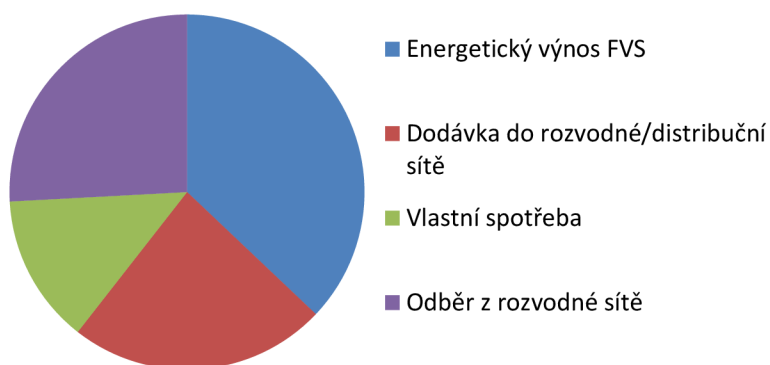
Tab. 6-9 Energetická bilance pro RD

	[kWh]	podíl vlastní spotřeby [%]
<b>energetický výnos FVS</b>	4699	36,7
<b>dodávka do rozvodné/distribuční sítě</b>	2976	
<b>vlastní spotřeba</b>	1723	
<b>odběr z rozvodné sítě</b>	3276	

Přehled elektrické energie je zpracován i graficky viz Figure 6-1.

Figure 6-1 Přehled elektrické energie

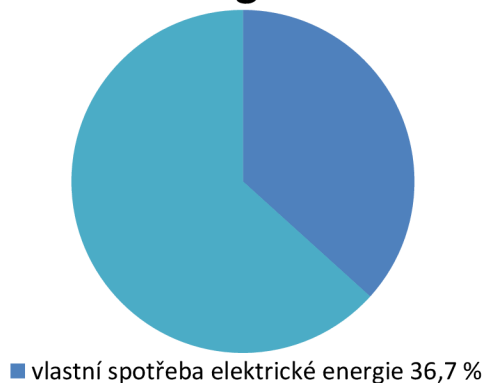
### Přehled elektrické energie



Podíl vlastní spotřeby elektrické energie vůči energetické výnosnosti FVS je vyjádřen graficky níže.

Figure 6-2 Podíl vlastní spotřeby elektrické energie z celkové vyrobené elektrické energie

### Podíl vlastní spotřeby elektrické energie





## 7 ZÁVĚR

Tato bakalářská práce je rozdělena do šesti kapitol. První kapitolou je úvod. Druhá kapitola se zabývá definicí výchozích parametrů pro rodinný dům. V této kapitole jsou řešeny postupy, jakými budou definovány energetické požadavky na RD. Tepelné ztráty RD činí 7 kW při okolní venkovní teplotě -15 °C. Rodinný dům bude orientován dle požadavků na orientaci domu, které jsou popsány v této kapitole. Dům by měl být umístěn na závětrné straně, aby odolával nepříznivým povětrnostním vlivům. Tyto nepříznivé vlivy způsobují tepelné ztráty RD. Umístění místností v RD je v této kapitole popsáno také. Orientace domu a orientace vchodu do domu je znázorněna viz PŘÍLOHA A –půdorys a orientace uvažovaného domu. Spotřeba TUV vody byla stanovena na 400 l/den. Další stanovené výchozí parametry RD jsou uvedeny v tab. 2.3.

Třetí kapitola řeší stanovení denních křivek spotřeby elektrické energie. Rok jsme museli rozdělit na normální období (1. června – 30. září) a na topné období (1. září – 31. května). Rok jsme rozdělili na tato dvě období z důvodu použití TČ IVT PremiumLine Q8/QE pro vytápění a ohřev TUV. TČ výrazně zvýší spotřebu elektrické energie topného období. Při odvození křivek spotřeby jsme postupovali následujícím způsobem. Museli jsme navrhnout, jaké elektrické spotřebiče budou instalované v RD a kdy budou používány v jednotlivých obdobích. Byla odhadnuta spotřeba elektrické energie pro provoz těchto elektrospotřebičů a z jejich příkonů jsme vypočítali, kolik elektrické energie bude potřeba. Také jsme vypočítali potřebný příkon TČ. Na základě těchto hodnot byly graficky vyjádřeny křivky spotřeby pro jednotlivá období viz figure 3–1 a figure 3–3. Největší špičková spotřeba elektrické energie byla dosažena v průběhu topného období a to 6,18 kWh. Podrobné spotřeby el. energie pro jednotlivá období jsou uvedeny v příloze: PŘÍLOHA B – tabulky hodnot spotřeby elektrické energie. Celková spotřeba elektrické energie za celý rok činí 4 519 kWh.

Ve čtvrté kapitole byly popsány základní typy ostrovních energetických systémů.

V páté kapitole byl řešen samotný návrh energetického systému pro RD. Energetický systém pro výrobu elektrické energie je tvořen FVE v zapojení pro čerpání zeleného bonusu viz PŘÍLOHA G – jednopólové schéma zapojení FVE (zelený bonus). Instalovaný výkon FVE byl stanoven na hodnotu  $P_{iv} = 4,6$  kWp. Byly použity FVP AUXIM SOLAR P6T 230 a střídač SB 4000TL – 20. Pořizovací cena FVE činí 229 362 Kč. Do těchto nákladů nejsou započítány náklady za práci. Návrh tohoto systému byl proveden pomocí programu SMA Sunny design 3. 2. Samotný návrh a rozmístění panelů a rozvaděčů je v práci uvedeno v příloze PŘÍLOHA E – návrh fotovoltaických panelů a střídače pomocí programu sunny design 2. 3 a v příloze PŘÍLOHA F – rozmístění rozvaděčů, FVP a systému tubosol. Umístění hromosvodu je v bezpečné vzdálenosti od FVE dle platných norem ČSN. Další částí této kapitoly je návrh energetického systému pro vytápění a ohřev TUV. Pro vytápění a ohřev TUV je použito TČ IVT PremiumLine Q8/E8. Další použitá zařízení jsou krb HAAS+SOHN NOVARA

17 s tepelnou vložkou a výměníkem tepla a solární panel tubosol s technologií vakuových trubic. Technické parametry těchto zařízení jsou uvedeny v PŘÍLOHA I – technické údaje tepelného čerpadla IVT premiumline EQ E8 až PŘÍLOHA M – technické údaje zemních plošných kolektorů GETRA PE100 RC STRONG. Provedení tohoto systému je v přílohách PŘÍLOHA H – tepelný okruh – přízemí a PŘÍLOHA CH – tepelný okruh 1. Podlaží. Bude využit systém podlahového vytápění. Celková pořizovací cena bez práce činí 438 577 Kč.

V šesté kapitole bylo provedeno ekonomické zhodnocení investic na FVS a investic na energetický systém pro vytápění a ohřev TUV. Investice byly porovnány vůči inflaci měny v ČR v průběhu 20ti let. Toto zhodnocení bylo provedeno pomocí metod čisté současné hodnoty, diskontní návratnosti a indexu ziskovosti. Investice na FVE je výhodná a dle čisté současné hodnoty za dvacet let investice vydělá  $NPV = 79\,804$  Kč. Návratnost diskontní činí 14,84 let. Na základě indexu ziskovosti můžeme říci, že investice je výhodná  $PI = 1,35$ . Byla také vypočtena prostá návratnost investice, ta činí 10,08 let. Výpočet jen prosté návratnosti by byl nedostačující. Investice na energetický systém pro vytápění a ohřev TUV je výhodný a dle čisté současné hodnoty za dvacet let investice vydělá  $NPV = 154\,760$  Kč. Návratnost diskontní činí 14,78 let. Na základě indexu ziskovosti můžeme také říci, že investice je výhodná  $PI = 1,35$ . Byla také vypočtena prostá návratnost investice, ta činí 10,05 let. V této kapitole byly zhodnoceny náklady na provoz RD na jeden rok. Tyto náklady činí 13 518 Kč/rok. Dále byla vyhodnocena energetická bilance elektrické energie RD. Podíl vlastní spotřeby vyrobené energie činí 36,7 %.

Počáteční investice by mohla být ještě snížena o příspěvky, které můžeme dostat při koupi TČ. Docílili bychom snížení počáteční investice a návratnost investice by byla urychlena.

Na základě této bakalářské práce můžeme říci, že FVE je vhodná pro použití jako doplňkový zdroj pro RD. Náklady na provoz rodinného domu byly výrazně sníženy oproti běžným domácnostem v ČR, což je dle mého názoru dostačující výhodou. Instalace na střeše RD je šetrná k prostředí, nedochází k zastavění užitečné plochy v krajině, jak je tomu u velkých instalací FVE, které způsobují problémy při provozu distribuční sítě během léta. Tento boom způsobili investoři, kteří viděli jen zisk. Možná i proto v posledních letech dochází ke snížení zelených bonusů. Dostupnost tohoto systému se v současné době oddaluje.

Výhodou zapojení FVE pro čerpání zeleného bonusu je zejména to, že téměř všechna vyrobená elektrická energie je spotřebována v místě výroby. FVE jsou šetrné k ovzduší, protože neprodukují emise  $CO_2$ . FVP jsou recyklovatelné a poplatek za recyklaci je zaplacen již při jejich koupi.

## 8 POUŽITÁ LITERATURA

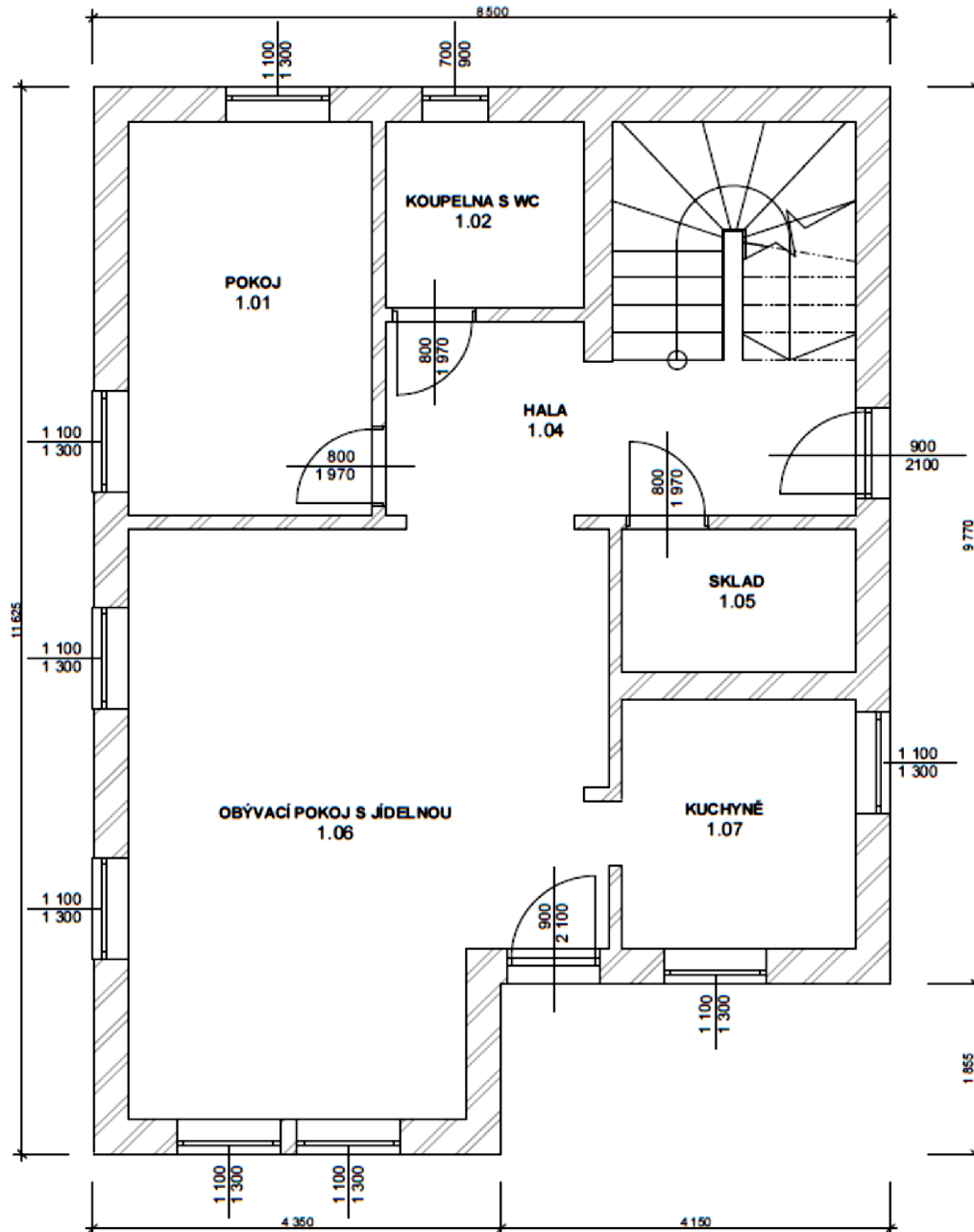
- [1] Tzb - info. *Tzb - info* [online]. 2001 - 2012 [cit. 2013-03-14]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/25-venkovni-vypoctove-teploty-a-otopna-obdobi-dle-lokalit>
- [2] *Ministerstvo vnitra české republiky* [online]. 2010 [cit. 2013-03-15]. Dostupné z: [http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=252/2004&typeLaw=zakon&what=Cislo\\_zakona\\_smlouvy](http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=252/2004&typeLaw=zakon&what=Cislo_zakona_smlouvy)
- [3] Potřeba teplé vody. VAV ING. TOMÁŠ MATUŠKA. *Ekowatt* [online]. [2011] [cit. 2013-03-18]. Dostupné z: <http://panelovedomy.ekowatt.cz/tepla-voda/36-potreba-teple-vody>
- [4] *Ministerstvo průmyslu a obchodu: Sbirka zákonů a Sbirka mezinárodních smluv* [online]. 2007 [cit. 2013-03-20]. Dostupné z: [http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=194/2007&typeLaw=zakon&what=Cislo\\_zakona\\_smlouvy](http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=194/2007&typeLaw=zakon&what=Cislo_zakona_smlouvy)
- [5] *Encyklopedie fyziky* [online]. 2006-2012 [cit. 2013-03-25]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/258-elektricka-prace-a-vykon-v-obvodu-stejnosmerneho-proudu>
- [6] Tabulky a výpočty. *Tzb-info* [online]. 2001 - 2012 [cit. 2013-04-07]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/26-prumerne-venkovni-teploty-v-otopnem-obdobi-pro-vybrane-lokality>
- [7] Potřeba tepla pro vytápění. *Tzb-info* [online]. 2001 - 2012 [cit. 2013-04-08]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapani-a-ohrev-teple-vody>
- [8] Tepelná čerpadla. *Energetický poradce PRE* [online]. [cit. 2013-4-15]. Dostupné z: <http://www.energetickyporadce.cz/cs/uspory-energie/vytapani/tepelna-čerpadla/>
- [9] PETRÁŠ, Dušan. *Nizkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie*. 1. vyd. Bratislava: Jaga, 2008, 207 s. ISBN 978-80-8076-069-4.
- [10] *Cerpadla-ivt* [online]. 2013 [cit. 2013-04-16]. Dostupné z: [http://www.cerpadla-ivt.cz/?utm\\_source=google&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=s\\_brand\\_tepelna+čerpadla\\_ivt](http://www.cerpadla-ivt.cz/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=s_brand_tepelna+čerpadla_ivt)
- [11] Topný faktor. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 21. 3. 2013 [cit. 2013-04-18]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Topn%C3%BD\\_faktor](http://cs.wikipedia.org/wiki/Topn%C3%BD_faktor)

- 
- [12] *PavelRichter* [online]. 2012 [cit. 2013-04-20]. Dostupné z: <http://pavelrichter.net/2012/04/maly-fotovoltaicky-ostrovni-system-akumulator-a-uschova-energie/>
- [13] *Solarnimoduly* [online]. 2011 [cit. 2013-04-22]. Dostupné z: <http://www.solarnimoduly.cz/jaky-akumulator.html>
- [14] *Mypower* [online]. 2007 [cit. 2013-04-22]. Dostupné z: <http://forum.mypower.cz/index.php#.UMZdioNFXh5>
- [15] *Zkratky.cz* [online]. 2012 [cit. 2013-04-22]. Dostupné z: <http://www.zkratky.cz/Wp/16927>
- [16] *Sunbird.jrc.it* [online]. 2001-2007 [cit. 2013-04-23]. Dostupné z: <http://sunbird.jrc.it/pvgis/apps/pvest.php?lang=sk&map=europe>
- [17] *Sma-czech*. *Sma-czech* [online]. 2013 [cit. 2013-04-24]. Dostupné z: <http://www.sma-czech.com/cs/produkty/stridace-pro-zapojeni-do-rozvodne-site/sunny-boy.html>
- [18] *Eru* [online]. 2013 [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: [http://www.eru.cz/user\\_data/files/ERV/ERV8\\_2012.pdf](http://www.eru.cz/user_data/files/ERV/ERV8_2012.pdf)
- [19] *EON* [online]. 2013 [cit. 2013-05-12]. Dostupné z: <http://www.eon.cz/cs/domacnosti/archiv-dokumentu-pro-domacnosti-elektrina.shtml>
- [20] *CENTROPOL* [online]. 2013 [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: <http://www.centropol.cz/vykup-elektriny/nabidka-vykupu-elektriny/page/nabidka-vykupu-elektriny-z-obnovitelnych-zdroju>
- [21] *TZB-info* [online]. 2013 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: [http://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/139-porovnani-nakladu-na-vytapeni-podle-druhu-paliva?energie\\_gj=126.8](http://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/139-porovnani-nakladu-na-vytapeni-podle-druhu-paliva?energie_gj=126.8)
- [22] *TZB-info* [online]. 2013 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/138-porovnani-nakladu-na-vytapeni-tzb-info>
- [23] *Fotovoltaické systémy investice do rozvoje a vzdělání*. Brno. VUT, 2011.

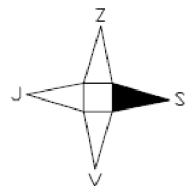
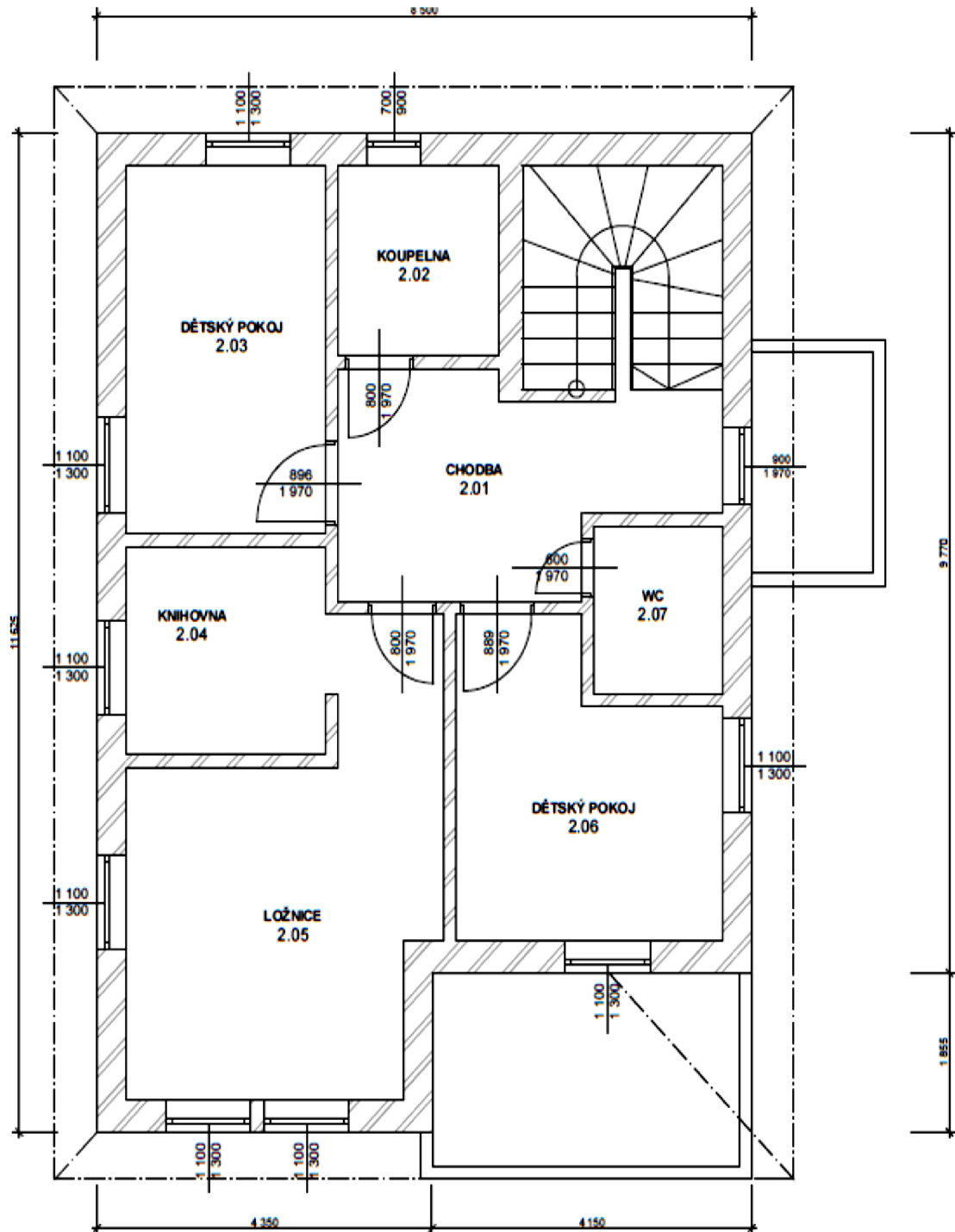
## 9 PŘÍLOHY

### PŘÍLOHA A –půdorys a orientace uvažovaného domu

Příloha č. 1A Půdorys přízemí rodinného domu



Příloha č. 2A Půdorys 1. podlaží rodinného domu



## PŘÍLOHA B – tabulky hodnot spotřeby elektrické energie

Příloha č. 1B Tabulka hodnot spotřeby elektrické energie pro normální období

Hodina dne zařízení	letní (normální) část roku bez vytápění (1. června - 30. září)																								W [kWh]	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
TV																			0,0670	0,0670	0,0670	0,0670	0,0670			0,268
pračka																		1,0200								1,020
mýčka												0,2625					0,2625									0,525
trouba											0,2633	0,2633					0,2633									0,790
lednička + mrazák	0,0369	0,0369	0,0369	0,0369	0,0369	0,0369	0,0369	0,0369	0,0369	0,0369	0,0369	0,0369	0,0369	0,0369	0,0369	0,0369	0,0369	0,0369	0,0369	0,0369	0,0369	0,0369	0,0369	0,0369	0,0369	0,885
počítač																		0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500				1,000
rychlouvarná konvice						0,1467										0,1467	0,1467									0,440
mikrovlnná trouba						0,1600										0,1600	0,1600									0,320
varná deska						2,1666										4,3330	4,3330									6,500
osvětlení domu 13*60W																				1,2000	1,2000	1,2000	1,2000	1,2000		4,800
<b>Celková hodinová spotřeba [kWh]</b>	<b>0,0369</b>	<b>0,0369</b>	<b>0,0369</b>	<b>0,0369</b>	<b>0,0369</b>	<b>2,5102</b>	<b>0,0369</b>	<b>0,0369</b>	<b>0,0369</b>	<b>0,0369</b>	<b>0,3002</b>	<b>0,0369</b>	<b>0,2994</b>	<b>0,0369</b>	<b>0,0369</b>	<b>0,1836</b>	<b>5,2024</b>	<b>1,3069</b>	<b>0,3539</b>	<b>1,5539</b>	<b>1,5539</b>	<b>1,3039</b>	<b>1,2369</b>	<b>0,0369</b>	<b>-</b>	
																							<b>W<sub>nod</sub></b>			<b>16,548</b>
																							<b>W<sub>no</sub></b>			<b>706,581</b>

Příloha č. 2B Tabulka hodnot spotřeby elektrické energie pro topné období

otopné (přechodné) období roku s vytápěním (1.září - 31.května)																											
Hodina dne	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	spotřeba el.en [kWh]		
zařízení	spotřeba v kWh v danou hodinu dne																								-		
TV																			0,0670	0,0670	0,0670	0,0670				0,268	
pračka																		1,0200								1,020	
myčka												0,2625					0,2625									0,525	
trouba										0,2633	0,2633						0,2633									0,790	
lednička + mrazák	0,0369	0,0369	0,0369	0,0369	0,0369	0,0369	0,0369	0,0369	0,0369	0,0369	0,0369	0,0369	0,0369	0,0369	0,0369	0,0369	0,0369	0,0369	0,0369	0,0369	0,0369	0,0369	0,0369	0,0369	0,0369	0,885	
počítač																			0,2500	0,2500	0,2500	0,2500				1,000	
rychlovarná konvice						0,1467										0,1467	0,1467									0,440	
mikrovlnná trouba						0,1600											0,1600									0,320	
varná deska						2,1666											4,3330									6,500	
osvětlení domu 13*60W																				1,2000	1,2000	1,2000	1,2000			4,800	
tepelné čerpadlo	0,394	0,394	0,394	0,394	0,394	0,394	0,394	0,394	0,394	0,394	0,394	0,394	0,394	0,394	0,394	0,394	0,394	0,394	0,394	0,394	0,394	0,394	0,394	0,394	0,394	9,456	
topná spirála	0,579	0,579	0,579	0,579	0,579	0,579	0,579	0,579	0,579	0,579	0,579	0,579	0,579	0,579	0,579	0,579	0,579	0,579	0,579	0,579	0,579	0,579	0,579	0,579	0,579	13,896	
<b>Celková hodinová spotřeba [kWh]</b>	<b>1,0099</b>	<b>1,0099</b>	<b>1,0099</b>	<b>1,0099</b>	<b>1,0099</b>	<b>3,4832</b>	<b>1,0099</b>	<b>1,0099</b>	<b>1,0099</b>	<b>1,2732</b>	<b>1,2732</b>	<b>1,0099</b>	<b>1,2724</b>	<b>1,0099</b>	<b>1,0099</b>	<b>1,1566</b>	<b>6,1754</b>	<b>2,2799</b>	<b>1,3269</b>	<b>2,5269</b>	<b>2,5269</b>	<b>2,2769</b>	<b>2,2099</b>	<b>1,0099</b>	<b>-</b>		
																										<b>Wtod [kWh]</b>	<b>39,900</b>
																										<b>Wto [kWh]</b>	<b>3812,404</b>



## PŘÍLOHA C – technická specifikace použitých FVP

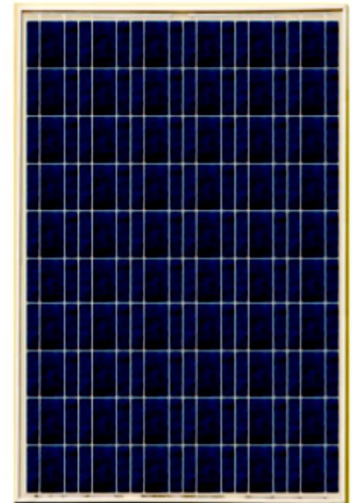
### AUXIM SOLAR P6T 230

#### 210 – 235 WATT HIGH QUALITY POLY-CRYSTALLINE PV MODULES

##### AUXIN SOLAR®

Using automated production lines, top of the line solar cells and materials complying to highest industry standards, Auxin Solar provides a complete set of poly and mono-crystalline PV modules ranging from **10W to 315W**.

Auxin Solar offers panels for use in small off-grid systems to the largest on-grid solar farms. Panels are tested and qualified for the severest weather conditions.



FEATURES	BENEFITS
Solar cell efficiency over 16.1%	Generate more energy per square meter
Protective, Bypass diodes	Avoids effect of partial shading
Factory equipped weatherproof junction box Waterproof(UL94, V-O) connector Anodized aluminum frame 24v system	Flawless operation in wet weather and marine applications Perfect for GRID applications
White tempered glass EVA resin Weather proof film Anodized aluminum frame	Resilient to harsh weather conditions
Highest standards in manufacturing and design quality Cleanroom-like production line ISO9001:2008	Optimal panel performance Long term product performance

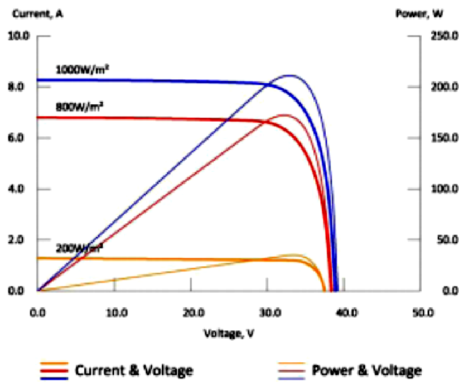
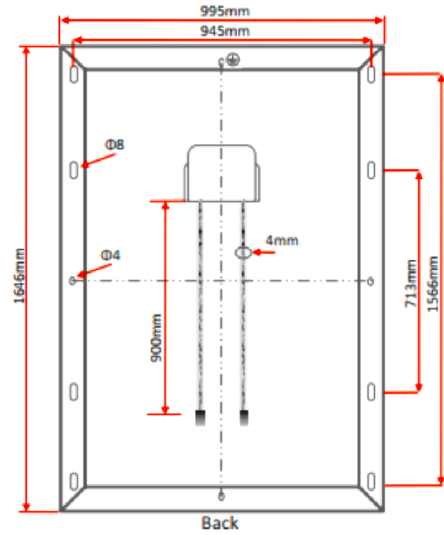
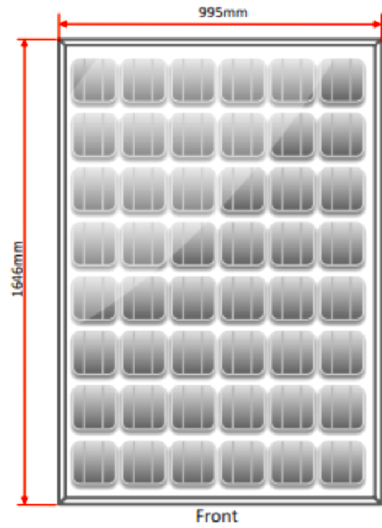
##### QUALITY ASSURANCE

- Backed by liability insurance
- Salt Mist Corrosion Certified
- Wind Resistance Load: 6000Pa
- ISO9001:2008
- Electrical insulation test
- Outdoor exposure test
- Hot spot endurance test
- UV exposure IEC61345
- Thermal cycling
- Humidity freeze
- Damp heat test
- Robustness of termination test
- Wet leakage current test
- Mechanical load test
- Hail impact test
- Bypass diode thermal test

##### INVESTMENT PROTECTION

- 5 years product workmanship guarantee
- 12 years 90% power output warranty
- 25 years 80% power output warranty

Electrical Characteristics	AXN-P6T210	AXN-P6T215	AXN-P6T220	AXN-P6T225	AXN-P6T230	AXN-P6T235
Maximum Power [W]	210	215	220	225	230	235
Tolerance	+ 3%					
Open circuit Voltage [V]	35.94	36.00	36.06	36.42	36.60	36.72
Short circuit Current [A]	7.60	7.83	7.95	8.10	8.17	8.23
Maximum Power Voltage [V]	29.64	29.94	30.12	30.36	30.48	30.60
Maximum Power Current [A]	7.09	7.18	7.30	7.41	7.55	7.68
Solar Cell Efficiency [%]	14.37	14.87	15.12	15.62	15.87	16.12
Series Fuse Rating [A]	15					
Terminal Box Protection Code	IP65					
Maximum System Voltage [V]	DC1000(IEC), DC600(UL)					
Operating Temperature [C]	-40 to 85					
Number of cells	60 (6" Poly)					



Mechanical Characteristics	
Frame	Anodized Aluminum
Dimension (L x W x D)	64.80" x 39.17" x 1.97" / 1646mm x 995mm x 50mm
Weight/pc	20.0kg/44.1lbs
Packing	10pcs/carton
Loading/container	240pcs/20ft; 560/40ft
Maximum wind load	6000 Pa

Temperature Coefficients		Standard Test Conditions (STC)	
NOCT	44.9±0.1°C	Irradiance	1000W/m <sup>2</sup>
Short circuit current	+0.06%/C	Module Temperature	25 °C
Open circuit voltage	-0.15%/C	AM	1.5
Max power output	-0.45%/C		

Specifications subject to change without notice.

## PŘÍLOHA D – technické údaje střídače SB 4000TL-20

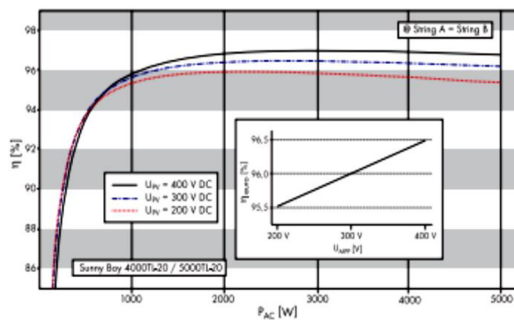
	SB 4000TL-20	SB 5000TL-20
<b>Input (DC)</b>		
Max. DC power	4200 W	5300 W
Max. DC voltage	550 V	550 V
PV voltage range, MPPT	125 V - 440 V	125 V - 440 V
Recommended range at nominal power	175 V - 440 V	175 V - 440 V
Max. input current	2 x 15 A	2 x 15 A
Number of MPPT trackers	2	2
Max. number of strings (parallel)	2 x 2	2 x 2
<b>Output (AC)</b>		
Nominal AC output	4000 W	4600 W
Max. AC power	4000 W	5000 W
Max. output current	22 A	22 A
Nominal AC voltage / range	220 V - 240 V / 180 V - 280 V	220 V - 240 V / 180 V - 280 V
AC grid frequency / range	50 Hz, 60 Hz / $\pm 5$ Hz	50 Hz, 60 Hz / $\pm 5$ Hz
Power factor (cos $\phi$ )	1	1
AC Connection	single-phase	single-phase
<b>Efficiency</b>		
Max. efficiency	97.0 %	97.0 %
Euro ETA	96.4 %	96.5 %
<b>Protective equipment</b>		
DC reverse polarity protection	●	●
DC load disconnecting switch ESS	●	●
AC short circuit protection	●	●
Ground fault monitoring	●	●
Grid monitoring (SMA grid guard)	●	●
Integrated all pole sensitive residual current monitoring unit	●	●
<b>General Data</b>		
Dimensions (W / H / D) in mm	470 x 445 x 180	470 x 445 x 180
Weight	25 kg	25 kg
Operating temperature range	-25 °C ... +60 °C	-25 °C ... +60 °C
Noise emission (typical)	$\leq 29$ dB(A)	$\leq 29$ dB(A)
Consumption: operating (standby) / night	< 10 W / < 0.5 W	< 10 W / < 0.5 W
Topology	transformerless	transformerless
Cooling concept	OptiCool	OptiCool
Installation: Indoor / Outdoor (electronics IP 65 / connection compartment IP 54)	●/●	●/●

Features	SB 4000TL-20	SB 5000TL-20
DC connection: MC3 / MC4 / Tyco	○/●/○	○/●/○
AC-connection: Terminals	●	●
Graphic display	●	●
Interfaces: Bluetooth / RS485	●/○	●/○
Warranty: 5 years / 10 years	●/○	●/○
Certificates and approvals	www.SMA.de	www.SMA.de

● Standard    ○ Optional

Values apply for nominal conditions - Version: February 2009

### Efficiency curve



## PŘÍLOHA E – návrh fotovoltaických panelů a střídače pomocí programu sunny design 2.3

### Přehled systému

#### 20 x Auxin Solar AXN-220P6 (230W) (FV generátor 1)

Azimut: -1°, Sklon: 34°, Způsob montáže: Střecha, Špičkový (peak) výkon: 4,60 kWp


#### 1 x SB 4000TL-20

### Konfigurační údaje

Celkový počet FV panelů:	20	Faktor využití energie:	100 %
Špičkový (peak) výkon:	4,60 kWp	Výkonový poměr (cca)*:	84,5 %
Počet střídačů:	1	Spec. energetický výnos (cca)*:	1022 kWh/kWp
Jmenovitý AC výkon:	4,00 kW	Ztráty ve vedení (v % z FV energie):	---
Činný AC výkon:	4,00 kW	Nesouměrné zatížení:	4,00 kVA
Poměr činného výkonu:	87 %	Vlastní spotřeba:	1723,36 kWh
Roční energetický výnos (cca)*:	4699,60 kWh	Podíl vlastní spotřeby:	36,7 %

Sunny Design 2.30.0.R

### 1 x SB 4000TL-20

Špičkový (peak) výkon:	4,60 kWp
Celkový počet FV panelů:	20
Počet střídačů:	1
Max. DC výkon:	4,20 kW
Max. AC výkon:	4,00 kW
Síťové napětí:	230 V
Poměr jmenovitých výkonů:	91 % 



SB 4000TL-20









### Konfigurační údaje

#### Vstup A: FV generátor 1

13 x Auxin Solar AXN-220P6 (230W), Azimut: -1°, Sklon: 34°, Způsob montáže: Střecha

#### Vstup B: FV generátor 1

7 x Auxin Solar AXN-220P6 (230W), Azimut: -1°, Sklon: 34°, Způsob montáže: Střecha

	Vstup A:		Vstup B:	
Počet stringů:	1		1	
FV panelů na každý string:	13		7	
Špičkový (peak) výkon (vstup):	2,99 kWp		1,61 kWp	
Typické FV napětí:	356 V 		192 V 	
Min. FV napětí:	323 V 		174 V 	
Min. DC napětí (síťové napětí 230 V):	125 V		125 V	
Max. FV napětí:	533 V 		287 V 	
Max. DC napětí (střídač):	550 V		550 V	
Max. proud FV generátoru:	7,6 A 		7,6 A 	
Max. DC proud:	15,0 A		15,0 A	

## Dimenzování kabelů:

Projekt **Kabely DC** Kabely AC1 Kabely AC2  Podružný rozvod je k dispozici

**DC kabely od FV panelů ke střídačům:**

Dílčí projekt 1							
1 x SB 4000TL-20	A		10,0 m		7,55 A	396 V	0,65 V 0,16 % ✓
	B		10,0 m		7,55 A	213 V	0,65 V 0,30 % ✓

Projekt **Kabely DC** **Kabely AC1** Kabely AC2  Podružný rozvod je k dispozici

**AC kabely od střídače až k napájecímu místu:**

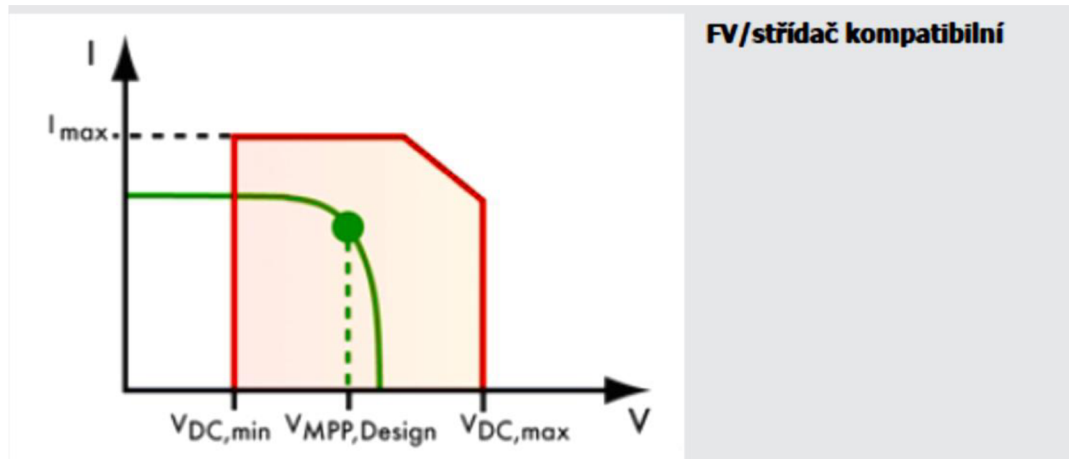
Dílčí projekt 1							
1 x SB 4000TL-20			10,0 m		17,39 A	1-230 V	1,00 V 0,43 % ✓

Projekt **Kabely DC** **Kabely AC1** Kabely AC2  Podružný rozvod je k dispozici

Nastavení  
Zohlednit ve výpočtu energetického výnosu ztráty ve vedení:  DC  AC

Celkové ztráty

	DC	AC	Celkem
Délka vedení celkem:	40,00 m	10,00 m	50,00 m
Průřezy kabelů:	4 mm <sup>2</sup>	6 mm <sup>2</sup>	4 mm <sup>2</sup> .6 mm <sup>2</sup>
Ztracený výkon při jmenovitém provozu:	9,80 W	17,34 W	27,15 W
Rel. ztracený výkon při jmenovitém provozu:	0,21 % ✓	0,43 % ✓	0,65 % ✓



### Údaje k vlastní spotřebě

**Profil spotřeby:** 4členná domácnost  
Soukromá domácnost s typickými zátěžovými špičkami kolem poledne a dalšími dobami zvýšené spotřeby v ranních a večerních hodinách.

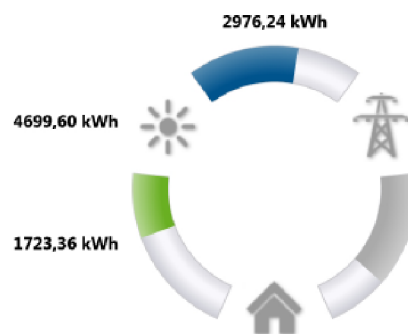
Spotřeba elektrické energie za 5000,00 kWh

### Výsledek

Energetický výnos FV systému	4699,60 kWh
Dodávka do rozvodné/distribuční sítě	2976,24 kWh
Odběr z rozvodné sítě	3276,64 kWh
Vlastní spotřeba	1723,36 kWh
Podíl vlastní spotřeby (v % z FV energie)	36,7 %



Podíl vlastní spotřeby 36,7 %



Zobrazované výsledky jsou odhadované hodnoty. Pro jejich zjištění se používají matematické výpočty. Společnost SMA Solar Technology AG nepřebírá žádnou odpovědnost za skutečnou vlastní spotřebu, která se může lišit od zde uvedených hodnot. Možná vlastní spotřeba výrazně závisí na individuálním chování při spotřebě elektrické energie, které se může lišit od profilu spotřeby použitého ve výpočtu.

## PŘÍLOHA F – rozmístění rozvaděčů, FVP a systému tubosol

Výkres je přiložen k práci jako volná příloha.

## PŘÍLOHA G – jednopólové schéma zapojení FVE (zelený bonus)

Výkres je přiložen k práci jako volná příloha.

## PŘÍLOHA H – tepelný okruh – přízemí

Výkres je přiložen k práci jako volná příloha.

## PŘÍLOHA CH – tepelný okruh 1. Podlaží

Výkres je přiložen k práci jako volná příloha.

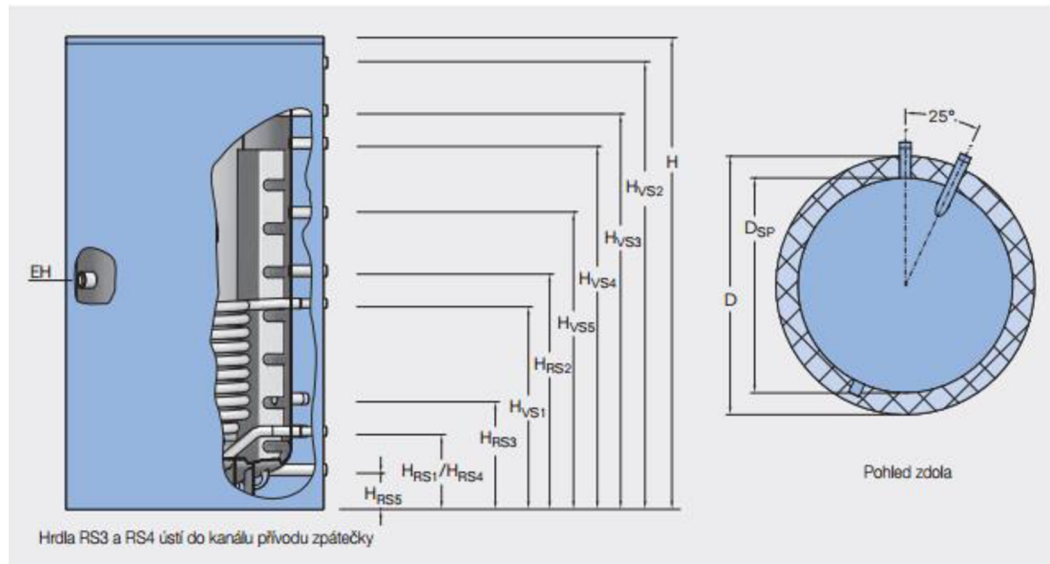
## PŘÍLOHA I – technické údaje tepelného čerpadla IVT premiumline EQ E8

Tepelné čerpadlo	IVT PremiumLine EQ E6/C6	IVT PremiumLine EQ E8/C8	IVT PremiumLine EQ E10/C10	IVT PremiumLine EQ E13	IVT PremiumLine EQ E17
Výkon/příkon při 0 °C/35 °C <sup>1</sup>	5,8/1,32 kW	7,6/1,63 kW	10,4/2,19 kW	13,3/2,80 kW	17/3,64 kW
Topný faktor při 0 °C/35 °C	4,4	4,7	4,8 (4,7) <sup>3</sup>	4,8	4,7
Výkon/příkon při 0 °C/45 °C <sup>1</sup>	5,6/1,60 kW	7,3/2,03 kW	10,0/2,63 kW	12,8/3,37 kW	16,1/4,47 kW
Topný faktor při 0 °C/45 °C	3,5	3,6	3,8 (3,7) <sup>3</sup>	3,8	3,6
<b>Topný faktor při 0 °C / 35 °C<sup>4</sup></b>	–	<b>5,1</b>	<b>5,1 (5,0)<sup>3</sup></b>	<b>5,1</b>	<b>5,0</b>
Cena se zásobníkem C <sup>2</sup>	219 000,-	226 000,-	239 000,-		
Cena bez zásobníku E <sup>2</sup>	183 000,-	191 000,-	205 000,-	225 000,-	235 000,-

<sup>1</sup> Podle EN 14 511. <sup>2</sup> Cena bez DPH. <sup>3</sup> Hodnota v závorce platí pro model G. <sup>4</sup> Podle EN 255.

## PŘÍLOHA J – technické údaje akumulční nádrže Logalux PNR 500 – 80E

Logalux PNR - Akumulační zásobníky se solárním výměníkem tepla



			PNR500 E	PNR750 E	PNR1000 E
Objem zásobníku	Celkový	l	500	750	960
	Pohotovostní část Vaux (přes RS2)	l	225	379	515
	Solární část VSol	l	275	371	445
Průměr s tepelnou izolací 80 mm	Ø D	mm	815	955	955
Průměr s tepelnou izolací 120 mm	Ø D	mm	895	1035	1035
Průměr bez tepelné izolace	Ø D <sub>sp</sub>	mm	650	790	790
Výška s tepelnou izolací 80 mm	H	mm	1805	1790	2230
Výška s tepelnou izolací 120 mm	H	mm	1845	1830	2270
Rozměr sklopení		mm	1780	1790	2250
Výstup - zásobník	Ø VS2-VS5	DN	R1 1/4	R1 1/4	R1 1/4
	H <sub>VS2</sub>	mm	1643	1631	2068
	H <sub>VS3</sub>	mm	1468	1454	1891
	H <sub>VS4</sub>	mm	1348	1334	1771
	H <sub>VS5</sub>	mm	1180	1165	1415
Zpátečka - zásobník	Ø RS2-RS5	DN	R1 1/4	R1 1/4	R1 1/4
	H <sub>RS2</sub>	mm	963	865	1015
	H <sub>RS3</sub>	mm	428	395	395
	H <sub>RS4</sub>	mm	308	275	275
	H <sub>RS5</sub>	mm	148	133	133
Výstup zásobník na solární straně	Ø VS1	DN	R1	R1	R1
	H <sub>VS1</sub>	mm	843	745	895
Zpátečka zásobník na solární straně	Ø RS1	DN	R1	R1	R1
	H <sub>RS1</sub>	mm	308	275	275
Elektrická topná vložka	Ø EH	DN	Rp1 1/2	Rp1 1/2	Rp1 1/2
Velikost solárního výměníku tepla		m <sup>2</sup>	2,0	2,2	2,7
Objem solárního výměníku tepla		l	17	18	23
Množství tepla pro pokrytí pohotovostní ztráty s tepelnou izolací 80 mm <sup>1)</sup> / 120 mm <sup>2)</sup> dle DIN V4701-10 <sup>3)</sup>	kWh/24h		4,1 / 2,12	5,1 / 2,53	5,6 / 2,99
	kWh/24h		1,26	1,63	1,89
Hmotnost netto, s tepelnou izolací 80 mm		kg	146	173	213
Hmotnost netto, s tepelnou izolací 120 mm		kg	155	183	215
Maximální provozní tlak pro solární výměník tepla		bar		8	
Maximální provozní teplota pro solární výměník tepla		°C		160	
Maximální provozní tlak otopné vody		bar		3	
Maximální provozní teplota otopné vody		°C		110	

<sup>1)</sup> Naměřená hodnota při 45 K teplotní diference (celý zásobník natopen) dle DIN 4753-8

<sup>2)</sup> Naměřená hodnota při 45 K teplotní diference (celý zásobník natopen) dle EN 12897

<sup>3)</sup> Hodnota zjištěná výpočtem dle normy



## Příslušenství pro zásobníky Logalux PR

Typ	Popis	Objednací číslo	Cena v Kč (bez DPH)
Elektrická topná vložka	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Přípojka R 1 1/2</li> <li>• Komplet s regulací</li> <li>2,0 kW (střídavé napětí 230 V, délka 440 mm)</li> <li>3,0 kW (Střídavé napětí 400 V, délka 440 mm)</li> <li>4,5 kW (Střídavé napětí 400 V, délka 440 mm)</li> <li>6,0 kW (Střídavé napětí 400 V, délka 440 mm)</li> <li>9,0 kW (Střídavé napětí 400 V, délka 500 mm)</li> </ul>	5 238 250 5 238 254 5 238 258 5 238 262 5 238 264	7000,- 7200,- 7400,- 7600,- 7800,-
Digitální teploměr (DTA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pro zásobník (L / LT) ≤ 300 l, (SU / SF / SM) ≥ 400 l (PR / PNR, Duo FWS)</li> <li>• se 120 mm tepelnou izolací</li> <li>• Možnost vestavby do čelní stěny nebo uzavírací lišty</li> <li>• Délka kabelu čidla 3 m a baterie</li> </ul>	7 747 201 004	990,-
Teploměr	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ukazatel teploty 30 – 80 °C</li> <li>• S tělesem a analogovým teploměrem</li> <li>• Čtvrtkruhové čidlo s kapilární trubičkou, délka 3 m</li> </ul>	5 236 210	570,-
Teploměr	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pro zásobník (L / LT) ≤ 300 l, (SU / SF / SM) ≥ 400 l (PR / PNR, Duo FWS)</li> <li>• se 120 mm tepelnou izolací</li> <li>• Možnost vestavby do čelní stěny nebo uzavírací lišty</li> <li>• Ukazatel teploty 30 - 80 °C</li> <li>• se čtvrtkruhovým čidlem s kapilární trubičkou, délka 3 m</li> </ul>	5 236 200	630,-

## PŘÍLOHA K – technické údaje krbové vložky HAAS+SOHN NOVARA 17 s výměníkem

### Novara 17 s výměníkem

Palivo	Výkon topidla		Výkon topidla		Výkon topidla	
	100%	33%	100%	33%	100%	33%
	Množství paliva		Primární vzduch		Sekundární a terciální vzduch	
Dřevěná polena	4,5 kg/hod	1,5 kg/hod	uzavřen	uzavřen	otevřen 100%	otevřen 50%
Ekobrikety	4,4 kg/hod	1,5 kg/hod	otevřen 40%	otevřen 10%	otevřen 50%	otevřen 20%
Uhlé brikety	3,4 kg/hod	1,1 kg/hod	otevřen 100%	otevřen 50%	otevřen 50%	otevřen 20%

TECHNICKÁ DATA:	Dřevo	Ekobrikety	Uhlé brikety		
Dosažený tepelný výkon (100%)	17,4 kW	17,2 kW	15,6 kW	Výška	1720 mm
Snižovaný tepelný výkon (33%)	5,7 kW	5,7 kW	5,1 kW	Šířka	778 mm
Výkon předávaný pouze tělesem kamen	6,6 kW	6,9 kW	5,8 kW	Hloubka	566 mm
Použitelný výkon pro ohřev vody	10,8 kW	10,3 kW	9,8 kW	Hmotnost	292 kg
Maximální dávka paliva pro přiklopení	4,5 kg/hod	4,4 kg/hod	3,4 kg/hod	Průměr kouřovodu	180 mm
Prům. teplota spalin za hrdl. kouřovodu	166 °C	175 °C	162 °C	Maximální provozní tlak výměníku	0,2 MPa
Hmotnostní průtok suchých spalin	10,3 g/s	14,5 g/s	16,6 g/s	Vodní obsah výměníku	74 l
Energetická účinnost	90,5 %	86,7 %	84 %	Doporučený tepelný spád (t výstupní – t vstupní)	75 - 60 °C
Průměrná koncentrace CO <sub>2</sub>	12,45 %	9,15 %	7,22 %	Minimální tah komína v hrdle kouřovodu	12 Pa
Koncentrace CO ve spalinách při 13% O <sub>2</sub>	0,05 %	0,13 %	0,17 %	Vytápěcí schopnost (střední tepelné ztráty) při 17,4 kW	cca. 313 m <sup>3</sup>
Množství spalovacího vzduchu při jmenovitém výkonu	30 m <sup>3</sup> /h	40 m <sup>3</sup> /h	53 m <sup>3</sup> /h	Regulovatelný výkon	5,1 - 17,4
Zkoušeno dle ČSN EN 13229:2002/A2:2005				Maximální teplota výstupní vody	80 °C



## PŘÍLOHA L – technické údaje systému Tubosol AP20/200 pro ohřev TUV

Typ	AP-10	AP-20	AP-30
Délka	2005mm		
Výška	136mm (bez konstrukce)		
Šířka	796mm	1496mm	2196mm
Špičkový výkon*	648W	1296W	1944W
Plocha apertury	0.94m <sup>2</sup>	1.88m <sup>2</sup>	2.83m <sup>2</sup>
Plocha kolektoru	1.59m <sup>2</sup>	3m <sup>2</sup>	4.4m <sup>2</sup>
Suchá hmotnost	35kg	63.5kg	95kg
Objem kapaliny	310ml	550ml	790ml

Data z reportu ITW 09COL805. Vypočteny v poledne (příčný IAM=1), G=1000W/m<sup>2</sup>, DeltaT (tm-ta)=0

### Popis funkce kolektoru

#### Konstrukce

Solární kolektor Apricus AP se skládá ze 4 hlavních částí:

#### Vakuové trubice

Absorbují sluneční energii a přeměňují ji na využitelné teplo. Vakuum vytvořené mezi stěnami trubice funguje jako izolant a zamezuje tepelným ztrátám.

#### Heat Pipe trubice

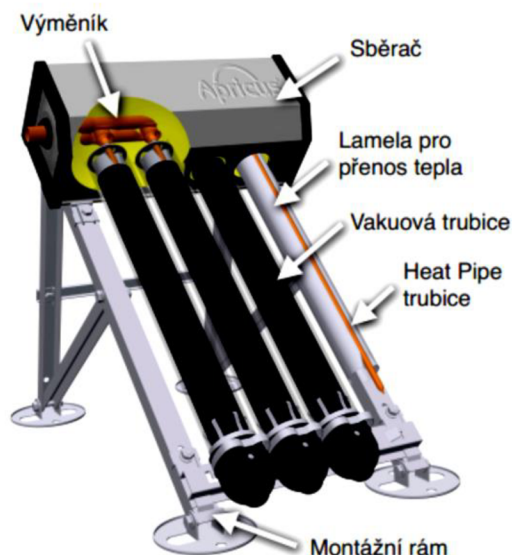
Měděná trubice, která přenáší teplo z vakuové trubice do měděného výměníku.

#### Sběrač

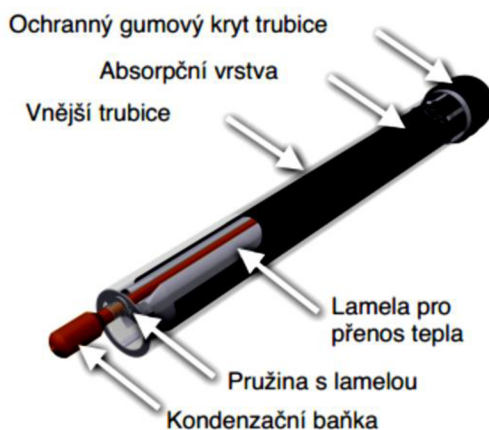
Izolovaný box s měděným výměníkem. Výměník se skládá ze segmentů, do kterých se zasunují Heat Pipe trubice.

#### Montážní rám

Stabilní a jednoduše sestavitelný rám s mnoha možnostmi montáže.



### Popis vakuové trubice



Rozpis komponentů sestav:

Typ	AP 20/200	AP 30/300	AP 60/500
Solární kolektor Apricus® AP	AP-20	AP-30	2ks AP-30
Háky pro montáž na šikmou střechu	4 ks	6 ks	12 ks
Čerpadlová jednotka Resol FlowSol S s regulací DeltaSol BS Plus (4 ks teplotních čidel)	1 ks	1 ks	1 ks
Expanzní nádoba	18 l	25 l	40 l
Montážní sada k expanzní nádobě	1 ks	1 ks	1 ks
Odvzdušňovací ventil s kulovým kohoutem	1 ks	1 ks	1 ks
Solární kapalina Kolekton P Super	20 l	25 l	50 l
Nerezové předizolované potrubí DN 16	25 m	25 m	25 m
Fitinky pro ukončení nerezového potrubí	8 ks	8 ks	10 ks

## PŘÍLOHA M – technické údaje zemních plošných kolektorů GETRA PE100 RC STRONG

### PE100 RC STRONG - Erdwärme

Potrubí pro jímání zemního tepla s nejvyšší odolností vůči bodovému zatížení a pomalému šíření trhlin splňující normy PAS 1075.

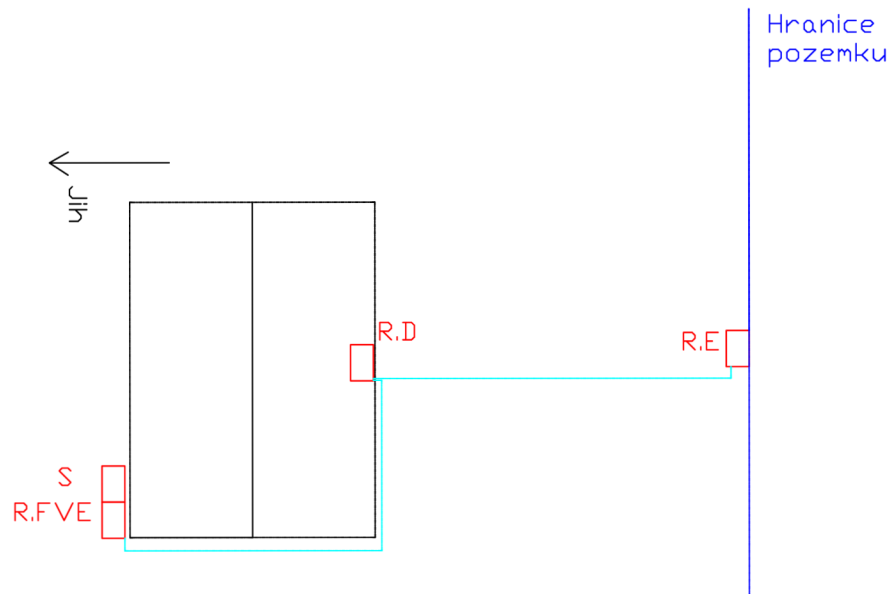
Průměr (mm)	Hmotnost (kg/m)	Tlaková řada (bar)	Délka (m)	Cena (Kč/m)
25 x 2,3	0,17	16	100	26,-
32 x 2,9	0,27	16	100, 150, 180, 200	32,-
40 x 3,7	0,43	16	100, 150, 200	47,-
50 x 4,6	0,66	16	50, 100	78,-
63 x 5,8	1,05	16	50, 100	124,-
Délkový modul pro výrobu je á 10m (50, 100 m, 110 m, 120 m.....300 m).				

## PŘÍLOHA N – cenová nabídka pro podlahové vytápění FV THERM

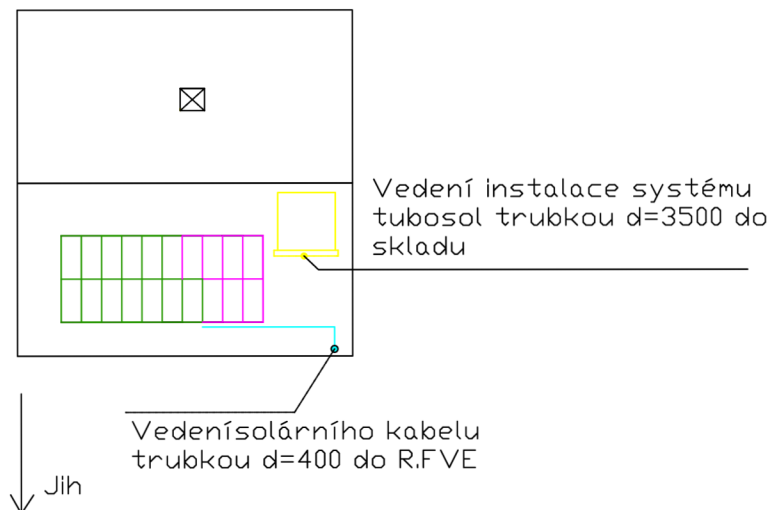
Název	Rozměr	Cena bez DPH (Kč)	M.J.	Množství	Cena bez DPH (Kč)
FV THERM PE-RT trubka pro vytápění	15 x 1,8	22.00	m	860	18 920.00
FV THERM systémová role EPS 12 x 1 m	20 mm	149.00	m <sup>2</sup>	192	28 608.00
FV THERM rozdělovač s průtokoměry	7 okruhů	3999.00	sada	2	7998.00
FV THERM skříň rozdělovače na omítku	Vel. 1520 mm	1890.00	ks	1	1890.00
FV THERM skříň rozdělovače pod omítku	Vel. 1520 mm	1810.00	ks	1	1810.00
FV THERM spona tacker	dlouhá	0.95	ks	2500	2375.00
FV THERM okrajový pás	150 mm	12.00	m	200	2400.00
FV THERM click vodící koleno	15	26.00	ks	28	728.00
FV THERM PE chránička	400 mm	9.00	ks	28	252.00
FV THERM samolepicí páska	50 mm x 66 m	35.00	ks	6	210.00
FV THERM plastifikátor	10 l	90.00	ks	7	630.00
FV THERM termopohon	230 V	399.00	ks	5	1995.00
FV THERM pokojový termostat	230 V	349.00	ks	4	1396.00
FV THERM svěrné šroubení k rozdělovači (Euro konus 3/4")	15 x 1.8	52.00	ks	28	1456.00
<b>CELKEM</b>					<b>70668.00</b>

# PŘÍLOHA F - rozmístění rozváděčů, FVP panelů a umístění systému tubosol

Půdorys rozmístění rozvaděčů



Rozmístění panelů a systému tubosol na půdorysu střechy



## TECHNICKÉ ÚDAJE FV SYSTÉMU

INSTALOVANÝ VÝKON 4600 Wp

### FV PANELE:

VÝROBCE: AUXIM SOLAR AXN  
VÝKON: 230Wp  
POČET: 20

### MĚNIČ:

VÝROBCE: SMA  
TYP MĚNIČE: SB 4000-TL  
JMENOVITÝ VÝKON: DC 4,2 kW; AC 4 kW  
POČET MĚNIČŮ: 1  
VÝSTUP: 1f/230V/50Hz  
POČET DC SMYČEK (STRINGŮ): 2  
POČET FVP 1. STRING: 13  
POČET FVP 2. STRING: 7

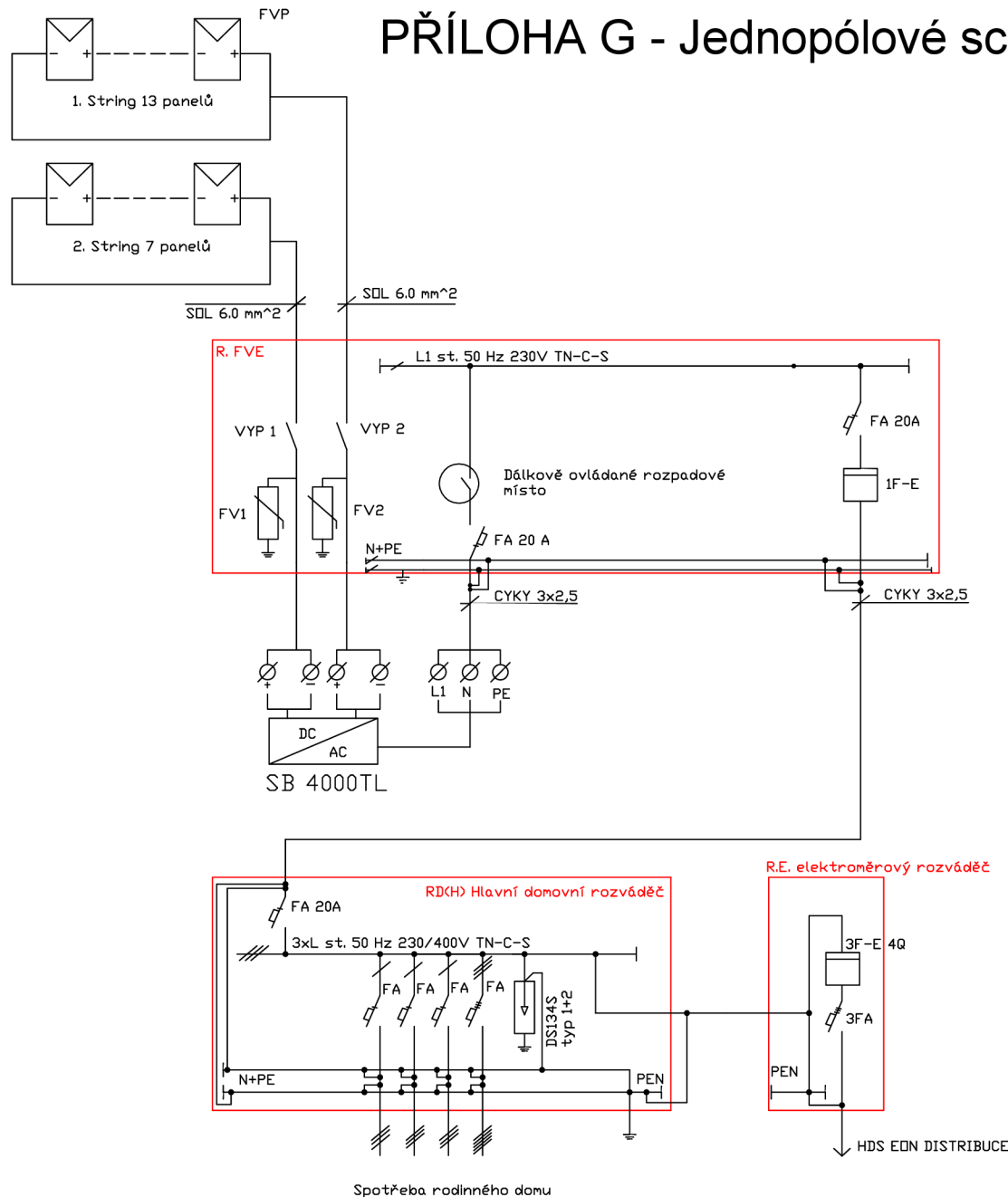
### SYSTÉM TUBOSOL TECHNICKÉ ÚDAJE

VÝROBCE: TUBOSOL  
PLOCHA: 4,12m<sup>2</sup>  
TECHNOLIE: VAKUOVÉ TRUBICE

- R.FVE □ ROZVADĚČ FOTOVOLTAICKÉ ELEKTRARNY
- S □ STRÍDAČ
- R.D □ ROZVADĚČ DOMOVNÍ HLAVNÍ
- R.E □ ROZVADĚČ ELEKTROMĚROVÝ
- 1. STRING 13 FVP
- 2. STRING 7 FVP
- SYSTÉM TUBOSOL OHŘEV TUV
- KOMÍN

VYPRACOVAL:	FEKT VUT BRNO	
JIŘÍ KAŇOVSKÝ	Datum:	10.5.2013
Rozmístění rozváděčů, FVP a systému tubosol	Formát:	A3
	Strana:	1
	Výkres č.:	1

# PŘÍLOHA G - Jednopolové schéma zapojení FVE (zelený bonus)



Spotřeba rodinného domu

## TECHNICKÉ ÚDAJE FV SYSTÉMU

INSTALOVANÝ VÝKON	4600 Wp
FV PANELE:	
VÝROBCE:	AUXIM SOLAR AXN
VÝKON:	230Wp
POČET:	20
MĚNIČ:	
VÝROBCE:	SMA
TYP MĚNIČE:	SB 4000-TL
JMENNÝ VÝKON:	DC 4,2 kW; AC 4 kW
POČET MĚNIČŮ:	1
VÝSTUP:	1f/230V/50Hz
POČET DC SMYČEK (STRINGŮ):	2
POČET FVP 1. STRING:	13
POČET FVP 2. STRING:	7
ROZVODNÁ SOUSTAVA:	
2XDC MAX 1000V IT	
1NPE 50Hz 230/TN-C-S	

R.FVE □ ROZVADĚČ FOTOVOLTAICKÉ ELEKTRÁRNY

R.D □ ROZVADĚČ DOMOVNÍ (HLAVNÍ)

R.E □ ROZVADĚČ ELEKTROMĚROVÝ

FVP - FOTOVOLTAICKÉ PANELE

ELEKTROMĚR

## OCHRANA PŘED ÚRAZEM EL. PROUDEM - ČSN 332000-4-41

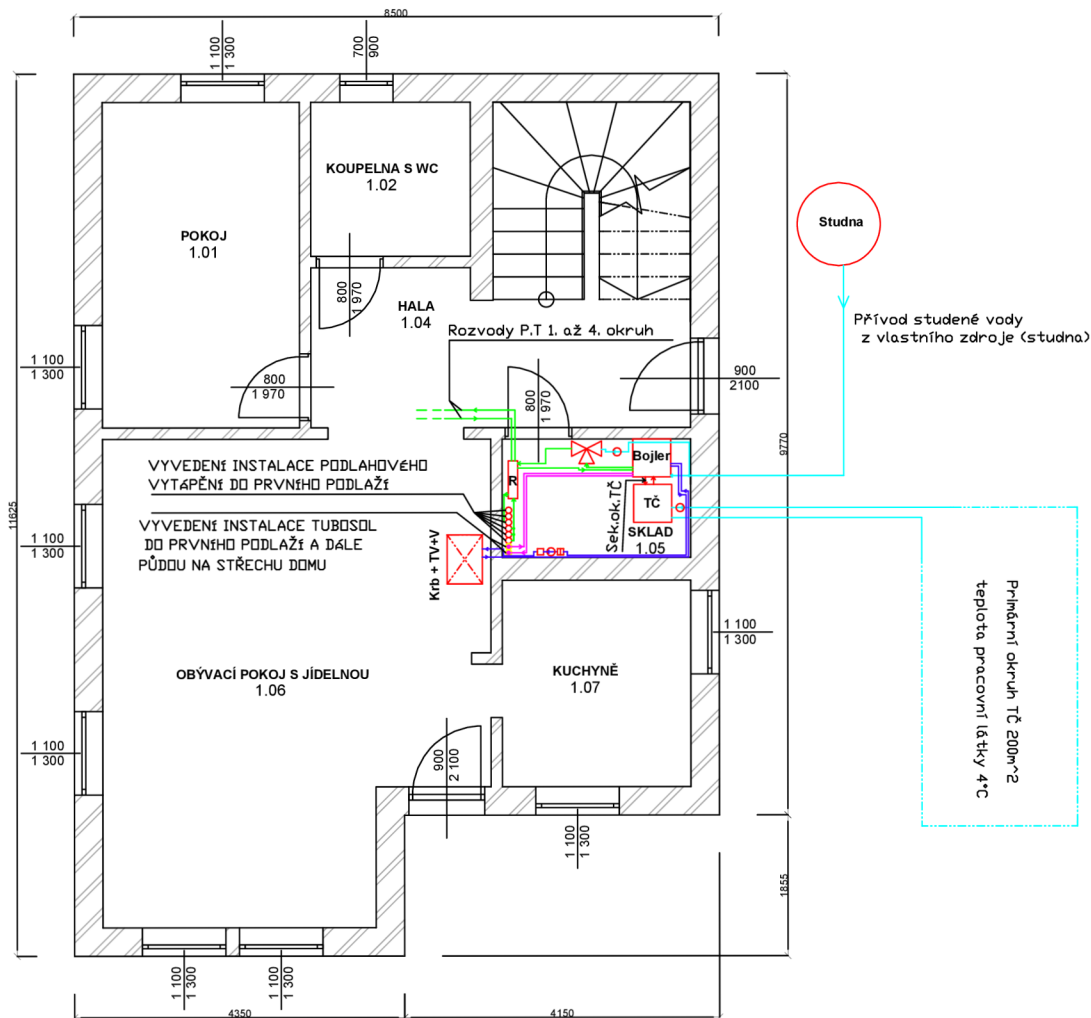
- A.1 - OCHRANA IZOLACÍ ŽIVÝCH ČÁSTÍ
- A.2 - OCHRANA KRYTÍ NEBO PŘEPÁŽKAMI
- 411.2 - OCHRANA PŘED NEBEZPEČNÝM DOTYKEM ŽIVÝCH ČÁSTÍ
- 411.3 - OCHRANA PŘI PORUŠĚ
- 411.3.1 - OCHRANNÉ UZEMNĚNÍ A OCHRANNÉ POSPOJOVÁNÍ
- 411.3.2 - AUTOMATICKÉ ODPOJENÍ V PŘÍPADĚ PORUCHY
- 411.4 - OCHRANA V SÍTÍCH TN A TT
- 415 - DOPLNĚKOVÁ OCHRANA
- 415.1 - PROUDOVÉ CHRÁNIČE
- 415.2 - DOPLNĚJÍCÍ OCHRANNÉ POSPOJOVÁNÍ

## POZNÁMKY:

JISTIČ A ELEKTROMĚR DODÁ DISTRIBUTOR (R.E)  
 BUDDU UMÍSTĚNY SAMOSTATNĚ DLE POŽADAVKU DISTRIBUTORA.  
 ROZPADOVÉ MÍSTO JE OVLÁDÁNO NA DÁLKU DISTRIBUTOREM  
 POMOCÍ HDD. MŮŽE KDYKOLIV ODPOJIT FVE.

VYPRACOVAL:	FEKT VUT BRNO	
JIŘÍ KAŇOVSKÝ	Datum:	10.5.2013
JEDNOPÓLOVÉ SCHÉMA FOTOVOLTAICKÉ ELEKTRÁRNY 4,6 KWp	Formát:	A3
	Strana:	1
	Výkres č.:	2

# PŘÍLOHA H - tepelný okruh - přízemí



PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ BUDE ROZDĚLENO NA 7 OKRUHŮ:

PŘÍZEMÍ:

- 1. OKRUH MÍSTNOST 1.01 + 1.02
- 2. OKRUH MÍSTNOST 1.06
- 3. OKRUH MÍSTNOST 1.05 + 1.07
- 4. OKRUH MÍSTNOST 1.04

1. PODLAŽÍ

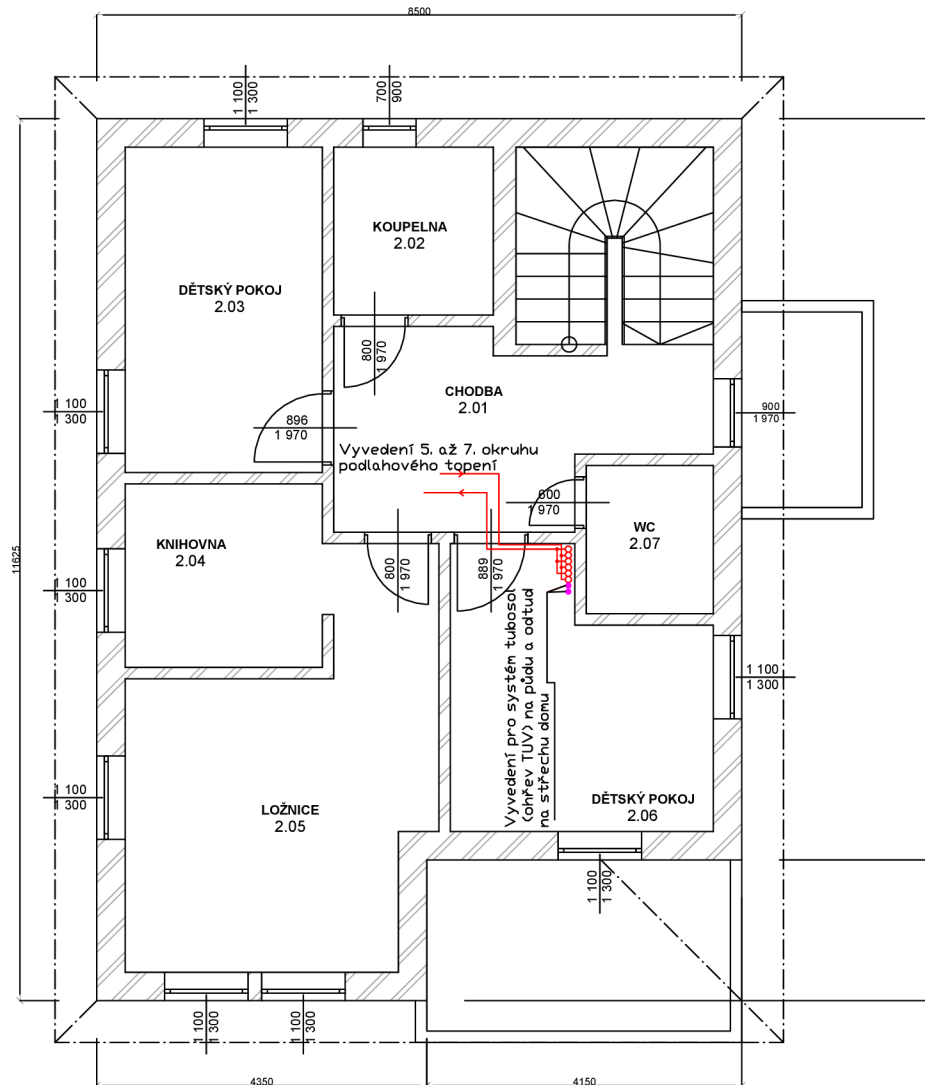
- 5. OKRUH MÍSTNOST 2.02 + 2.03
- 6. OKRUH MÍSTNOST 2.01 + 2.07 + 2.06
- 7. OKRUH MÍSTNOST 2.04 + 2.05

- ROZVADĚČ PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ
- OBĚHOVÉ ČERPADLO
- TROJCESTNÝ VENTYL
- TEPELNÉ ČERPADLO
- ZPĚTNÝ VENTYL
- FILTR
- VYVEDENÍ 5. 6. 7. OKRUHU PODLAHOVÉHO TOPĚNÍ DO PRVNÍHO PODLAŽÍ
- VYVEDENÍ INSTALACE SYSTÉMU TUBOSOL PRO OHŘEV TUV DO PRVNÍHO PODLAŽÍ, PŮDU A NA STŘECHU

POZNÁMKA:  
TECHNICKÉ ÚDAJE POUŽITÝCH ZAŘÍZENÍ VIZ. TABULKA  
POUŽITÝCH ZAŘÍZENÍ PRO TEPELNÝ OKRUH

VYPRACOVAL:	FEKT VUT BRNO	
JIŘÍ KAŇOVSKÝ	Datum:	10.5.2013
TEPELNÝ OKRUH - PŘÍZEMÍ	Formát:	A3
	Strana:	1
	Výkres č.:	3

# PŘÍLOHA CH - tepelný okruh 1.podlaží



PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ BUDE ROZDĚLENO NA 7 OKRUHŮ:

PRŮZEMÍ:

- 1. OKRUH MÍSTNOST 1.01 + 1.02
- 2. OKRUH MÍSTNOST 1.06
- 3. OKRUH MÍSTNOST 1.05 + 1.07
- 4. OKRUH MÍSTNOST 1.04

1. PODLAŽÍ

- 5. OKRUH MÍSTNOST 2.02 + 2.03
- 6. OKRUH MÍSTNOST 2.01 + 2.07 + 2.06
- 7. OKRUH MÍSTNOST 2.04 + 2.05

- VYVEDENÍ 5. 6. 7. OKRUHU PODLAHOVÉHO TOPENÍ DO PRVNÍHO PODLAŽÍ
- VYVEDENÍ INSTALACE SYSTÉMU TUBOSOL PRO OHŘEV TUV DO PRVNÍHO PODLAŽÍ, PŮDDU A NA STŘECHU

POZNÁMKA:

TECHNICKÉ ÚDAJE POUŽITÝCH ZAŘÍZENÍ VIZ. TABULKA POUŽITÝCH ZAŘÍZENÍ PRO TEPELNÝ OKRUH

VYPRACOVAL:	FEKT VUT BRNO	
JIŘÍ KAŇOVSKÝ	Datum:	10.5.2013
TEPELNÝ OKRUH - 1. podlaží	Formát:	A3
	Strana:	1
	Výkres č.:	4