



Fakulta elektrotechnická

# Bakalářská práce

Jakub Linhart

České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta elektrotechnická  
Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

***Návrh systému FVE pro rodinný dům***

Jakub Linhart

Bakalářský studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Studijní obor: Elektrotechnika a management

Vedoucí práce: doc. Ing. Jiří Vašíček, CSc.

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Linhart** Jméno: **Jakub** Osobní číslo: **426095**  
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**  
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**  
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**  
Studijní obor: **Elektrotechnika a management**

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Návrh systému FVE pro rodinný dům**

Název bakalářské práce anglicky:

**FVE systems for household**

Pokyny pro vypracování:

- popis možností získávání a využití solární energie,
- zjištění energetických potřeb rodinného domu tj. spotřeba a její průběh v čase
- návrh variant technického řešení FVE a ekonomické parametry (investice, provoz, výroba)
- variantní možnosti připojení FVE (zjednodušené připojení v. licence, způsob měření, dodávky do sítě)
- ekonomické vyhodnocení variant (včetně dotačních možností a podpor)

Seznam doporučené literatury:

- 1) Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Map. JRC, European Commission EU. Dostupné z: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=en&map=europe#>
- 2) Typové diagramy dodávek elektřiny: Normalizované TDD. OTE, a. s., Dostupné z: [http://www.ote-cr.cz/statistika/typove-diagramy-dodavek-elektriny/normalizovane-tdd/page\\_report\\_20](http://www.ote-cr.cz/statistika/typove-diagramy-dodavek-elektriny/normalizovane-tdd/page_report_20)
- 3) Kolektiv autorů: Obnovitelné zdroje energie. ČEZ, 2010. Dostupné z [www.cez.cz](http://www.cez.cz)

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

**doc. Ing. Jiří Vašíček CSc.**

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: \_\_\_\_\_ Termín odevzdání bakalářské práce: \_\_\_\_\_

Platnost zadání bakalářské práce: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Podpis vedoucí(ho) práce

\_\_\_\_\_  
Podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

\_\_\_\_\_  
Podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací.  
Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

\_\_\_\_\_  
Datum převzetí zadání

\_\_\_\_\_  
Podpis studenta

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem předloženou bakalářskou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze 9. 1. 2017

.....

**Jakub Linhart**

## **Poděkování**

Zde bych rád poděkoval vedoucímu této práce doc. Ing. Jiřímu Vašíčkovi, CSc., kterému vděčím za vedení této práce, cenné rady k získání informací, ochotu a trpělivost.

# **Abstrakt**

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem FV systému pro rodinný dům. V první části je popsána sluneční energie, využití této energie a dále typy FV článků a FV systémů. Ve druhé části je proveden návrh systému. Nejprve je popsán objekt, zjištěna jeho spotřeba energie a vybrán typ FVE. Dále jsou popsány jednotlivé komponenty pro vybraný typ FVE. Na závěr práce je provedena finanční bilance a spočítána ekonomická návratnost.

## **Klíčová slova**

FV systém, fotovoltaika, sluneční energie, elektrická energie, FV panely, hybridní měnič napětí, solární baterie, distribuční soustava, dotace, ekonomické hodnocení, cash flow

# **Abstract**

This bachelor project deals with design of PV system for the family house. In the first part is described solar energy, uses this energy and types of PV cells and systems. In the second part is the design of PV system. First is described the object, found energy consumption and selected the PV system. The following describes the individual components for the selected type PV system. Financial balance and economic return are at the end of this work.

# **Keywords**

PV system, photovoltaic, solar energy, electrical energy, PV panels, hybrid inverter, solar battery, distribution system, grant, economic analysis, cash flow

# Obsah

Obsah .....	7
Seznam zkratk .....	8
Seznam obrázků, tabulek a grafů .....	9
Úvod.....	11
Cíl práce .....	11
1 Solární energie .....	12
1.1 Parametry energie slunečního záření.....	12
1.2 Možnosti získávání sluneční energie.....	13
1.3 Možnosti využívání sluneční energie.....	15
1.3.1 Solární architektura .....	16
1.3.2 Fototermická přeměna.....	17
1.3.3 Fotovoltaická přeměna energie .....	19
2 Energetické potřeby rodinného domu .....	21
2.1 Potřeba tepla pro ohřev teplé užitkové vody (TUV) .....	21
2.2 Spotřeba elektřiny v rodinném domě .....	22
3 Návrh FVE .....	27
3.1 Lokalita a poloha objektu.....	28
3.2 Množství vyrobené sluneční energie.....	30
3.3 Komponenty FVE .....	31
3.3.1 Fotovoltaické panely .....	31
3.3.2 Měnič napětí.....	32
3.3.3 Baterie .....	33
3.3.4 Elektroměr.....	34
3.3.5 Regulátor optimalizace spotřeby.....	35
3.3.6 Vodiče .....	35
3.3.7 Svodiče přepětí.....	37
3.3.8 Konstrukce pro FV panely .....	37
4 Možnosti připojení FVE.....	38
4.1 Nová zelená úsporám .....	40
4.2 Zapojení FVE v domě .....	42
5 Ekonomické vyhodnocení projektu.....	42
5.1 Pořizovací náklady .....	43
5.2 Finanční bilance .....	43
6 Závěr .....	46
7 Použité zdroje.....	47
8 Přílohy.....	50



## Seznam zkratek

AM.....	air mass, tloušťka atmosférického vzduchového sloupce
EU.....	Evropská unie
PN.....	oblast na rozhraní polovodičů typu P a typu N
CdTe.....	typ článku, telurid kadmia
CIS.....	typ článku, složení mědi, india a selenu
CIGS.....	typ článku, složení mědi, india, gallia a selenu
CdS.....	typ článku, složení kadmium, selen
CuInSe.....	typ článku, složení mědi, india a selenu
InGaN.....	typ článku, nitrid gallitý a nitrid inditý
TUV.....	teplá užitková voda
NT.....	nízký tarif
VT.....	vysoký tarif
HDO.....	hromadné dálkové ovládání
OTE.....	Operátor trhu s elektřinou
DPH.....	daň z přidané hodnoty
FV.....	fotovoltaický
FV systém.....	fotovoltaický systém
TS.....	topná sezóna
FVE.....	fotovoltaická elektrárna
HFVE.....	hybridní fotovoltaická elektrárna
ERÚ.....	Energetický regulační úřad
DS.....	distribuční soustava
DC.....	stejnoseměrné napětí
AC.....	střídavé napětí
MPPT.....	maximum power point tracking, sledování maximálního bodu výkonu
LiFePO.....	lithium-železo-fosfátová baterie
UV záření.....	ultrafialové záření
PVC.....	polyvinylchlorid
PČR.....	Parlament České republiky
IČO.....	identifikační číslo
NZÚ.....	Nová zelená úsporám
CF.....	cash flow
DCF.....	diskontovaný cash flow
KDCF.....	kumulovaný diskontovaný cash flow

## Seznam obrázků, tabulek a grafů

Obrázek 1 – Důležité parametry mezi Sluncem a Zemí, převzato z [1].....	12
Obrázek 2 – Spektrum slunečního záření, převzato z [2].....	13
Obrázek 3 – Sluneční záření dopadající na ČR, převzato z [4].....	14
Obrázek 4 – Přímá přeměna sluneční energie, převzato z [8].....	15
Obrázek 5 – Nepřímá přeměna sluneční energie pomocí absorbérů, převzato z [8].....	15
Obrázek 6 – Možnosti využití sluneční energie, převzato z [10].....	16
Obrázek 7 – Konstrukce solárního kolektoru, převzato z [12].....	17
Obrázek 8 – Dvouokruhový a jednookruhový (bazénový) solární systém, převzato z [9] .....	18
Obrázek 9 – Princip sluneční tepelné elektrárny, převzato z [14].....	18
Obrázek 10 – Schéma fotovoltaické elektrárny, převzato z [16] .....	19
Obrázek 11 – Monokrystalický a barevné multikrystalické solární články, převzato z [15] .....	20
Obrázek 12 – Schéma HFVE, převzato z [19].....	27
Obrázek 13 – Typická denní výroba FVE, převzato z [20].....	28
Obrázek 14 – Pohled na rodinný dům a jižní stranu střechy uvažovanou pro instalaci FVE (vlastní zpracování).....	29
Obrázek 15 – Bokorys rodinného domu se sklonem střechy (vlastní zpracování) .....	29
Obrázek 16 – Sharp NU-RD285, převzato z [23] .....	32
Obrázek 17 – Uvažované rozložení panelů (vlastní zpracování) .....	32
Obrázek 18 – Měnič Fronius Symo Hybrid 4.0-3-S, převzato z [19] .....	33
Obrázek 19 – Fronius Solar Battery 12, převzato z [26].....	34
Obrázek 20 – Fronius Smart Meter, převzato z [27].....	34
Obrázek 21 – WATTrouter ECO, převzato z [28] .....	35
Obrázek 22 – Heisolar XH 6 mm <sup>2</sup> , převzato z [29] .....	36
Obrázek 23 – CYA H07V-K 4ZZ, převzato z [31].....	36
Obrázek 24 – CYKY-J 5x4 (5Cx4), převzato z [32].....	36
Obrázek 25 – DC svodič přepětí, převzat z [33], Obrázek 26 – AC svodič přepětí, převzat z [34]	37
Obrázek 27 – Hliníková konstrukce pro 12 FV panelů, převzato z [35].....	38
Obrázek 28 – Možnosti připojování FVE, převzato z [37] .....	39
Obrázek 29 – Lokality pro připojení FVE, převzato z [39] .....	40
Obrázek 30 – Požadavky NZÚ na systém, převzato z [40].....	41
Obrázek 31 – Zapojení FVE do vnitřní instalace [41] .....	42

Tabulka 1 – Přehled materiálů pro výrobu solárních článků, převzato z [15] .....	20
Tabulka 2 – Výpočet energie pro ohřev TUV (vlastní zpracování) .....	22
Tabulka 3 – Využití a spotřeba nejfrekventovanějších spotřebičů (vlastní zpracování) .....	23
Tabulka 4 – Denní spotřeba elektřiny, NT - oranžově zvýrazněná pole (vlastní zpracování) .....	24
Tabulka 5 – Přehled spotřeby elektřiny (vlastní zpracování) .....	24
Tabulka 6 – Předpokládané hodnoty FVE o výkonu 1 kWp, vlastní zpracování dle [22] .....	30
Tabulka 7 – Parametry panelu, převzato z [23] .....	32
Tabulka 8 – Parametry měniče Fronius Symo Hybrid 4.0-3-S, převzato z [26] .....	33
Tabulka 9 – Parametry solární baterie, převzato z [26] .....	34
Tabulka 10 – Parametry elektroměru Fronius, převzato z [26] .....	34
Tabulka 11 – Parametry solárního kabelu, převzato z [30] .....	36
Tabulka 12 – Parametry kabelu CYA, převzato z [31] .....	36
Tabulka 13 – Parametry CYKY-J 5x4, převzato z [32] .....	36
Tabulka 14 – Parametry svodičů, převzato z [33, 34] .....	37
Tabulka 15 – Pořizovací náklady FVE (vlastní zpracování) .....	43
Tabulka 16 – Příjmy během 20 let provozu (vlastní zpracování) .....	44
Tabulka 17 – Výpočet doby návratnosti (vlastní zpracování) .....	45
Graf 1 – Průběh spotřeby elektřiny v pracovní dny v TS (vlastní zpracování) .....	25
Graf 2 – Průběh denní spotřeby během víkendu v TS (vlastní zpracování) .....	25
Graf 3 – Průběh spotřeby elektřiny v pracovní dny mimo TS (vlastní zpracování) .....	26
Graf 4 – Průběh denní spotřeby během víkendu mimo TS (vlastní zpracování) .....	26
Graf 5 – Vyrobená energie v jednotlivých měsících, vlastní zpracování dle [22] .....	31

# Úvod

Otázkou obnovitelných zdrojů se lidstvo zabývá už řadu let. Z důvodu obavy vyčerpání neobnovitelných zdrojů se hledají alternativní zdroje. Alternativní zdroje jsou, jak je zřejmé z názvu, obnovitelné a hlavně jsou šetrné k životnímu prostředí. Mezi tyto zdroje patří energie vody, energie větru, biomasa, bioplyn, geotermální energie a sluneční energie. Na našem území se však nedá s alternativními zdroji vzhledem k přírodním podmínkám počítat jako hlavním zdrojem elektřiny.

V této práci bude řešen návrh FVE pro rodinný dům. Nejprve se bude zabývat teorií o sluneční energii, jejími parametry, získáváním a využíváním této energie. V druhé kapitole budou zjištěny energetické potřeby domu. Bude určen výkon FVE tak, aby pokryl spotřebu domu. Vypočítá se, kolik energie takový systém vyrobí. V kapitole 3 bude vybrán nejvhodnější FV systém a následně popsány jednotlivé komponenty. Dále se bude práce zabývat otázkou dotací. Jaké jsou v dnešní době možnosti dotace, jaké existují podmínky pro udělení dotace, jaká je výše dotace? Zároveň budou probrány možnosti připojení k distribuční soustavě, a jaké podmínky k tomu musí být splněny. V poslední kapitole se bude práce zabývat ekonomickou stránkou návrhu. Budou spočítány pořizovací náklady, celkové příjmy, roční výdaje, cash flow a také bude zodpovězena otázka návratnosti systému.

## Cíl práce

Mezi cíle práce patří seznámení se sluneční energií a způsoby, jakými tuto energii využíváme, typy fotovoltaických systémů a jejich uplatnění. Hlavním cílem je ovšem kompletní návrh FV systému pro rodinný dům, ve kterém budou řešeny veškerá povolení pro provozování FVE, výběr komponent pro splnění energetických potřeb domu a v neposlední řadě také dotace. Na základě získaných informací se sestaví finanční bilance a celý projekt se z pohledu ekonomické návratnosti zhodnotí.

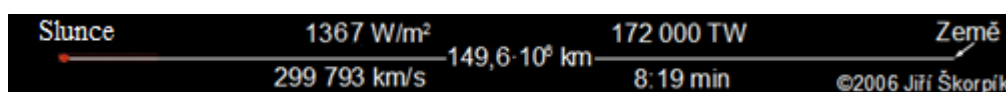
# 1 Solární energie

Z důvodu tenčení zásob fosilních paliv se hledají alternativní zdroje energie. Jedním takovým zdrojem je Slunce disponující energií, která dokáže dlouhodobě pokrýt energetické potřeby lidské společnosti. Energie, kterou produkuje sluneční záření, značně převyšuje spotřebu celé naší planety a představuje tak většinu energie, která se na Zemi vyskytuje. Výhodu sluneční energie představuje její dostupnost. Rozdíl v množství energie v zimních a letních měsících je značnou nevýhodou. Důvodem malé využitelnosti sluneční energie je nízká hustota slunečního záření.

## 1.1 Parametry energie slunečního záření

Slunce je hvězda stará přibližně 4,6 miliardy let a odhaduje se, že bude svítit ještě 5 - 7 miliard let. V jeho jádru probíhá termonukleární reakce za tlaku  $25 \times 10^9 \text{ MPa}$  a teploty  $15\,000\,000 \text{ K}$ , kdy se jádra vodíku mění na jádra helia a tím se uvolňuje obrovské množství energie. Sluneční energie je vyzařována formou elektromagnetického záření. Jelikož je slunce považováno za černé těleso, vyzařuje nejvíce energie v oblasti světelného záření o různých vlnových délkách, jmenovitě  $400\text{-}700 \text{ nm}$ .

Sluneční záření má stejnou teplotu jako povrch slunce, což je  $5\,770 \text{ K}$ . Intenzita slunečního záření se po dopadu na zemský povrch zeslabuje vlivem pohlcování a odrazy, ke kterým dochází při průchodu atmosférou. Sluneční energie dopadající na Zemi se určuje podle sluneční konstanty ( $1\,367 \text{ W/m}^2$ ) a průměru Země ( $12\,576 \text{ km}$ ). Vyzařovaný výkon slunce směrem k Zemi je na hranici atmosféry přibližně  $172\,000 \text{ TW}$ . Celkový sluneční výkon činí  $3,8 \times 10^{23} \text{ kW}$ . Na povrch Země se však nedostane celý tento zářivý tok, nýbrž jen zlomek a to  $1,8 \times 10^{14} \text{ kW}$ . Sluneční konstanta se mění v důsledku proměnné vzájemné vzdálenosti Slunce a Země, proto se stanovila průměrná hodnota  $1\,360 \text{ W/m}^2$ . [1]



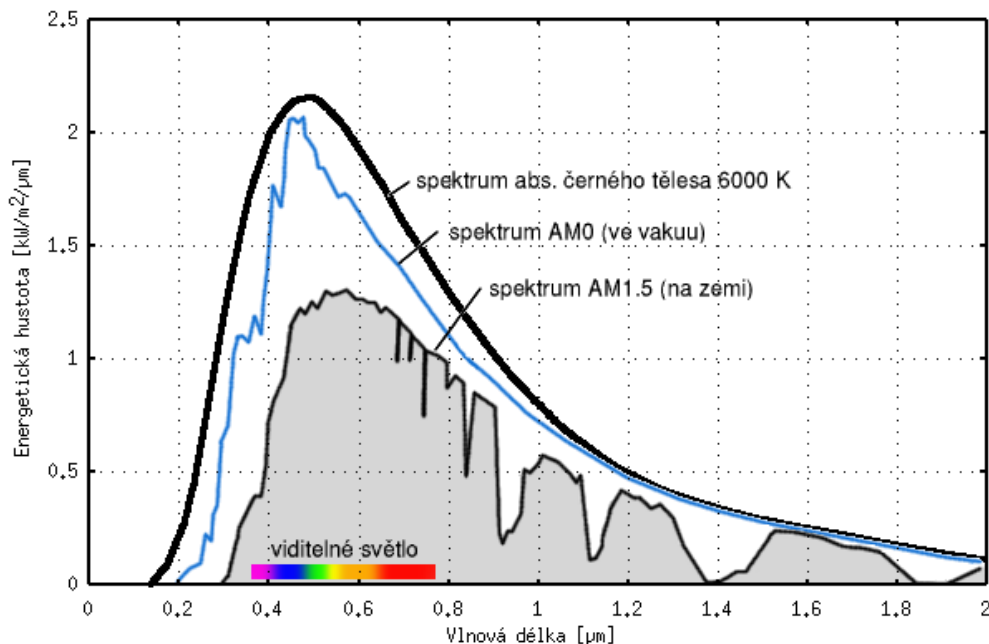
Obrázek 1 – Důležité parametry mezi Sluncem a Zemí, převzato z [1]

Obrázek 1 zobrazuje veličiny ve vztahu mezi Sluncem a Zemí. Střední vzdálenost Slunce-Země je  $149,6 \times 10^6 \text{ km}$ . Jak je známo, číslo  $1\,367 \text{ W/m}^2$  značí sluneční konstantu,  $172\,000 \text{ TW}$  je přibližný výkon záření dopadající na hranici atmosféry,  $299\,793 \text{ km/s}$  je rychlost světla ve vakuu.  $8:19 \text{ min}$ , tak dlouho trvá záření, než ze Slunce dorazí na Zemi. [1]

Sluneční záření dopadající na povrch Země se nazývá globální záření. Toto záření se skládá z následujících složek: přímého slunečního záření a difúzního záření. Přímé záření je nerozptýlené záření dopadající na zemský povrch bez změny směru. Difúzní záření vzniká rozptylem přímého záření. Rozptyl nastává po odrazu záření od molekul plynů atmosféry a od prachových částic, ale

také od zemského povrchu. Difúzní záření tvoří velkou část globálního záření nad Evropou. V porovnání s přímým zářením dopadá difúzní záření na povrch Země ze všech směrů. Podle znečištění ovzduší a oblačnosti se odvíjí, jak velký podíl konkrétního záření dopadá na zemský povrch. Čím je větší oblačnost nebo znečištění, tím větší část dopadajícího záření je tvořena právě difúzním zářením. [1]

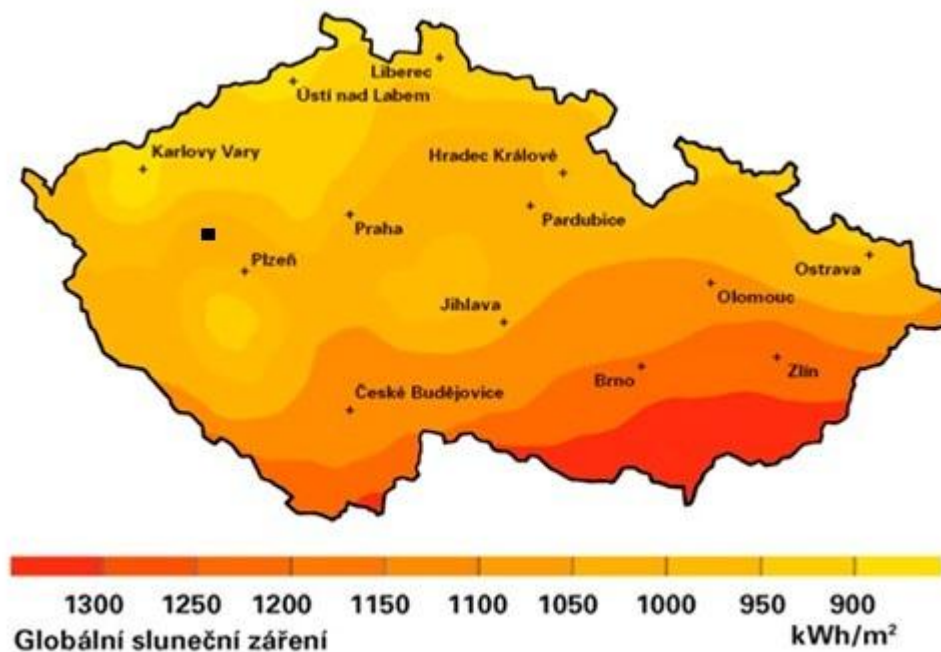
Spektrum slunečního záření je charakterizováno koeficientem AM (air mass, lze přeložit jako hmotnost vzduchu nebo tloušťku vzduchového sloupce). Využívány jsou hodnoty  $AM_0 = 1\,367\text{ W/m}^2$ , která odpovídá intenzitě záření na hranici atmosféry Země, a  $AM_{1.5} = 1\,000\text{ W/m}^2$ , která odpovídá intenzitě po průchodu atmosférou. Tato hodnota je také považována za průměrnou roční hodnotu v České republice a používá se také pro testování solárních zařízení. Na obrázku 2 je pod šedou křivkou zobrazen teoretický využitelný výkon slunce. [2, 3]



Obrázek 2 – Spektrum slunečního záření, převzato z [2]

## 1.2 Možnosti získávání sluneční energie

Z geografického hlediska je patrné, že se bude množství sluneční energie na jednotlivých částech země lišit. Na místa blíže k rovníku bude oproti severu dopadat více sluneční energie. Z toho plyne, že je vhodnější využívat sluneční energii, tam kde je celoročně dostupná. V dnešní době se neustále zkoumají a hledají způsoby, jak tuto energii co nejefektivněji využít. Na výzkumu se kromě nejvyspělejších států světa a EU zapojují také státy, kterým roste spotřeba elektrické energie. Takovou zemí je například Indie, kde docházelo v hlavním městě Dillí k častým výpadkům energie. Díky podpoře politiky tak byly nainstalovány solární panely na střechy domů a město tím udělalo krok k možné energetické nezávislosti, které by chtělo do budoucna dosáhnout.

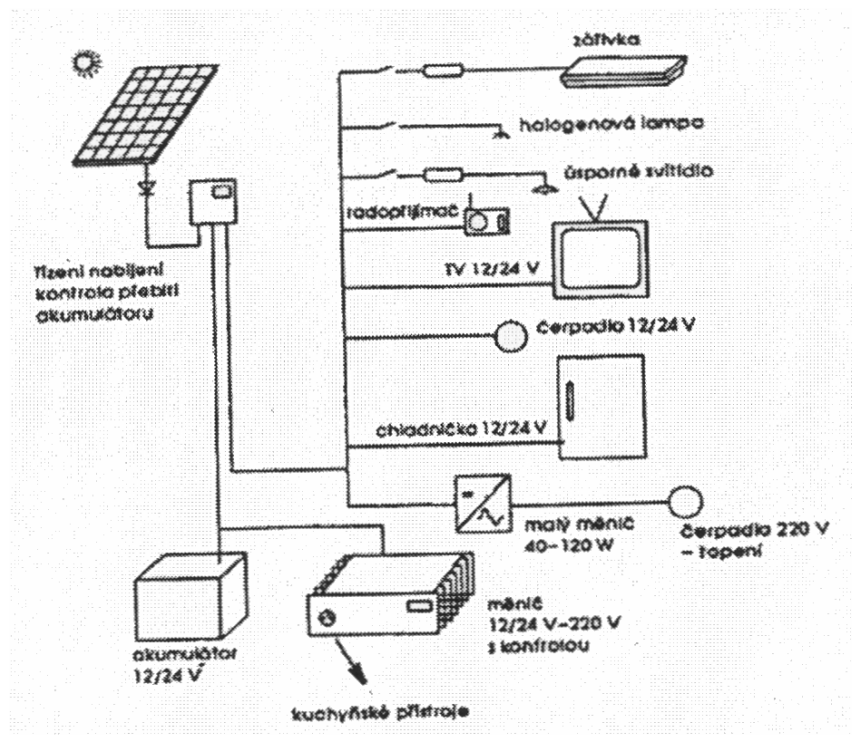


Obrázek 3 – Sluneční záření dopadající na ČR, převzato z [4]

Jak je vidět na obrázku 4, nejvíce slunečního záření dopadá na jih našeho území. Nejvíce energie na 1 m<sup>2</sup> dopadá na oblast Jižní Moravy. Konkrétně jde o hodnotu přibližně 1250 kWh/m<sup>2</sup>. Naopak nejméně energie dopadá na severní část republiky. Jde především o horské oblasti a hodnota dopadající energie je 900 kWh/m<sup>2</sup>. Většina této energie dopadá na naše území přes letní období. Pro využívání sluneční energie je důležitá doba slunečního svitu. Doba slunečního svitu se pro Českou republiku pohybuje v průměru mezi hodnotami 1330 – 1800 hodin. [5]

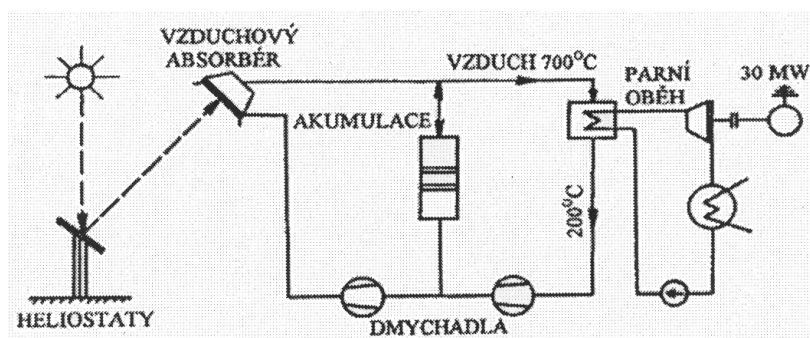
Rozlišujeme dva druhy získávání sluneční energie. Jde o přímou a nepřímou přeměnu sluneční energie. Podle těchto dvou metod se také rozlišují pojmy fotovoltaická přeměna a fototermická přeměna. Fotovoltaika mění sluneční energii na elektrickou pomocí fotovoltaických panelů. V tomto případě jde o přímou metodu. Druhý případ, nepřímá přeměna energie, slouží především pro získávání tepla ze sluneční energie. Teplo se dále využívá pro ohřev vody, vytápění budov a výroby elektřiny v slunečních tepelných elektrárnách. [6]

Přímá metoda stojí na principu fotovoltaického jevu. Ten jako první objevil v roce 1839 francouzský fyzik Alexander Edmond Becquerel. Při fotovoltaickém jevu dochází vzájemným působením záření a určité látky k pohlcování fotonů a uvolňování elektronů. V polovodiči tím vzniknou elektrické náboje, které jsou ve formě elektrické energie odváděny ze solárního článku buď do spotřebiče, nebo akumulátoru. Tento jev se objevuje například v polovodičích germania nebo křemíku. [7]



Obrázek 4 – Přímá přeměna sluneční energie, převzato z [8]

Nepřímá metoda získává teplo pomocí slunečních sběračů. V jejich ohnisku jsou umístěny absorbery nebo termočlánky. Absorbéry obsahují olej, z kterého získáme pomocí výměníku horkou páru a ta funguje jako palivo pro roztocení turbíny, kterou je poháněn generátor a tím je vyráběna elektrická energie. V případě termočlánků se jedná o přeměnu tepla na elektrickou energii. Termoelektrická přeměna využívá Seebeckova jevu. [7]



Obrázek 5 – Nepřímá přeměna sluneční energie pomocí absorbérů, převzato z [8]

### 1.3 Možnosti využívání sluneční energie

Sluneční energie se využívá k výrobě jiné energie různými způsoby. Sluneční energii využíváme zpravidla dvěma způsoby, aktivně a pasivně. Aktivní způsob potřebuje k přeměně energie různá technická zařízení, např. sluneční kolektory, fotovoltaické panely a mnoho dalších. Aktivního způsobu využívá jak fototermická, tak fotovoltaická přeměna. Fotovoltaika se skládá z panelů, které se připojují na akumulátor nebo přes měnič do sítě. Jeden fotovoltaický panel



o výkonu 250 Wp (watt - peak) dokáže při maximálním slunečním svitu a jasné obloze vyrobit 250 W. Fototermická přeměna mění sluneční energii na tepelnou energii. Ta je dále využívána k ohřevu vody nebo vytápění budov.

Druhý způsob je pasivní. V podstatě jde o využívání skleníkového efektu. Nejvíce využívána je v solární architektuře. U budovy záleží na jejím architektonickém řešení. Musí být postavena tak, aby zachycovala maximální možné množství sluneční energie. Těto metody se využívá pro vytápění v pasivních domech, které mají roční spotřebu tepla maximálně 15 kWh/m<sup>2</sup> [9].



Obrázek 6 – Možnosti využití sluneční energie, převzato z [10]

### 1.3.1 Solární architektura

Solární architektura se v dnešní době využívá u nově stavěných nízkoenergetických budov. Využívá se skleníkového efektu. Takto řešené vytápění je sice levné a jednoduché, ale nelze jím plně nahradit vytápění domu. Solární architekturou lze ušetřit až 20 % energie na vytápění. Toto řešení vymyslel už ve Starověkém Řecku Sokrates, proto se také někdy uvádí název Sokratův dům. Už i Sokrates věděl, že nejdůležitějším faktorem je poloha a tvar domu. Největší množství tepla akumuluje jižní fasáda a z toho důvodu se snažíme domy stavět na jižních svazích, tak aby byly otevřené jižním směrem a hlavně, aby jiné objekty, nebo rostliny nebránily průchodu slunečním paprskům. Aby se interiér v létě nepřehřával, instaluje se mechanické stínění a důležité je také dostatečné větrání a návyky uživatele. Při navrhování se rozvrhují také teplotní zóny. Ty tvoří severní, jádrová a jižní zóna. V severní zóně jsou umístěny méně frekventované místnosti, jako jsou garáže, úložné prostory nebo koupelna. Tato zóna je od jádrové zóny oddělena tepelně-akumulační stěnou, aby nedocházelo k únikům tepla. V jádrové zóně jsou nejvíce frekventované místnosti. Je orientovaná směrem na jih a tato jižní strana je tvořena velkoplošnými skly, aby se dosáhlo prohřátí

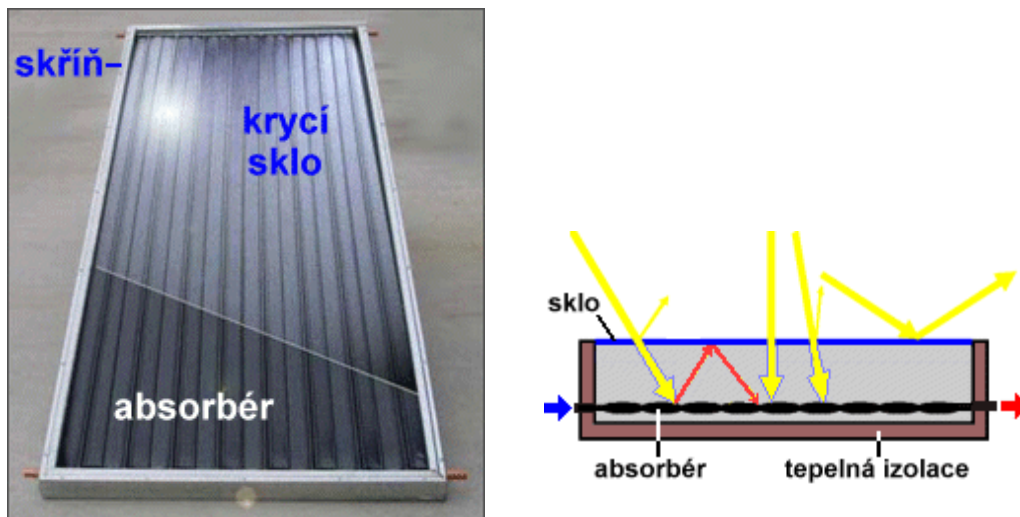
domu i v zimním období. Jižní zónu tvoří například zimní zahrady. Této zóně se také říká akumulární. Aby budova teplo akumulovala, musí být postavena z takových materiálů, které mají vysokou tepelnou hustotu a tepelnou kapacitu. [11]

### 1.3.2 Fototermická přeměna

Při fototermické přeměně dochází k přeměně slunečního záření na teplo. Tato přeměna se nejvíce využívá k ohřevu užitkové vody, ohřevu vody v bazénech (nejvyužívanější), pro přitápění v budovách a také pro výrobu elektřiny ve slunečních tepelných elektrárnách. Ohřev vody je realizován přes sluneční kolektory. Ty mají tmavou barvu, většinou černou, aby absorbovaly teplo. Přes ně poté protéká voda, která se tím ohřívá. Jelikož sluneční energie není regulovatelným zdrojem, opatřují se solární systémy akumulárními nádržemi pro zachycení a skladování tepla. [12]

#### 1.3.2.1 Ohřev vody pomocí solárního systému

Základním prvkem pro ohřev vody je sluneční kolektor. Sluneční kolektory můžeme mít ploché, trubicové a koncentrační. Dále se rozlišují také jako kapalinové, teplovzdušné a kombinované. Nejpoužívanějším je plochý kapalinový, který se skládá ze skříně, absorbéru, izolace a krycího skla. Absorbér je z plechu a po stranách má trubice, kterými je přiváděna kapalina. Absorbér má uzpůsoben povrch tak, aby pohltil co nejvíce tepla. Toho se dá dosáhnout tzv. selektivními spektrálními nátěry, které zachytí až 96% záření. Absorbér je poté uložen do skříně, která musí mít masivní konstrukci, protože slouží k montáži kolektoru např. na střechu. Izolace brání únikům tepla přes stěny skříně. Krycí sklo zase brání únikům tepla čelní stranou. [12]

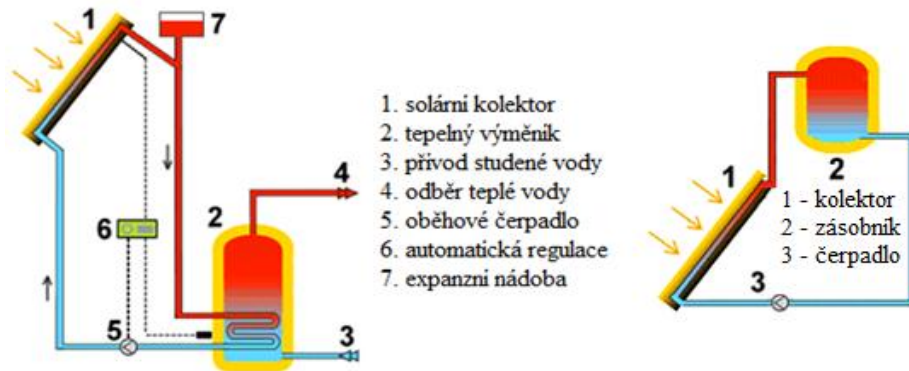


Obrázek 7 – Konstrukce solárního kolektoru, převzato z [12]

Dalšími částmi solárního systému jsou trubice, zásobník, tepelný výměník, čerpadlo, expanzní nádoba a regulační prvky. Podle parametrů se poté dělí na systémy sezónní nebo celoroční, oběh kapaliny může být nucený, samotížný, jednookruhový nebo dvouokruhový. Nejpoužívanější je však dvouokruhový kapalinový solární systém pro celoroční použití. K přenosu tepla je používána

nemrznoucí kapalina, která předává teplo užitkové vodě stěnami měděných trubek ve výměníku. Cirkulaci v uzavřeném systému obstarává čerpadlo. Systém je vybaven automatickou regulací, která pracuje podle parametrů naměřených čidly v systému. [9]

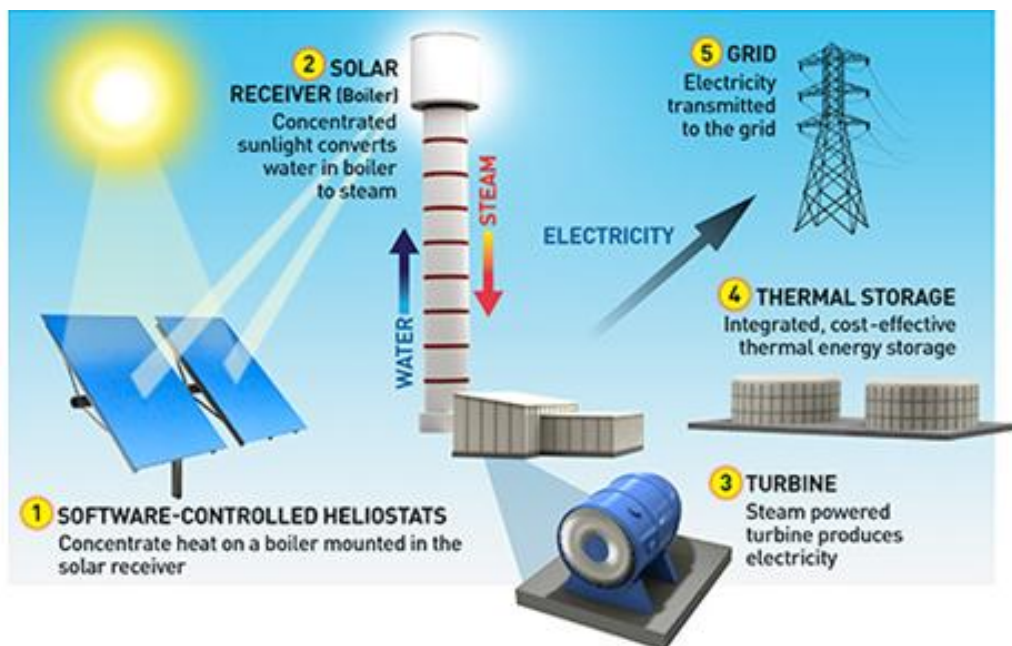
Pro ohřev vody v bazénu je použit jednodušší jednookruhový systém. Zde je přenosovým médiem přímo voda, která se ohřívá protékáním kolektorem. Zde je jako zásobník využíván přímo bazén.



Obrázek 8 – Dvouokruhový a zjednodušený jednookruhový (bazénový) solární systém, převzato z [9]

### 1.3.2.2 Sluneční tepelné elektrárny

Sluneční tepelná elektrárna pracuje stejně jako klasická tepelná, elektřinu vyrábí parní turbína. Pára je generována slunečním zářením. Celá elektrárna je tvořena otáčivými zrcadlovými kolektory (heliostaty), které odrážejí paprsky směrem k hlavní věži, na které je umístěn absorběr. V absorběru se ohřívá voda nebo syntetický olej, díky kterým se v parogenerátoru vytváří pára a ta roztáčí parní turbínu. Princip je poté stejný jako u tepelných elektráren. Tyto elektrárny jsou hojně využívány ve Španělsku. [13]



Obrázek 9 – Princip sluneční tepelné elektrárny, převzato z [14]

### 1.3.3 Fotovoltaická přeměna energie

Fotovoltaická přeměna mění sluneční záření na elektrickou energii přímo za pomoci polovodičových prvků zvaných fotovoltaický nebo solární články. Fotovoltaický článek je dioda s minimálně jedním PN přechodem. Pokud je článek ozářen, generuje elektricky nabitě částice (elektron-díra). Tyto částice jsou elektrickým polem PN přechodu oddělovány a tím vzniká napěťový rozdíl mezi přední a zadní elektrodou článku. Po připojení článku k vnějšímu obvodu pak obvodem protéká stejnosměrný proud přímo úměrný ploše článku a intenzitě záření. Jelikož napětí jednoho článku je přibližně  $0,5\text{ V}$ , musí se články spojovat, abychom dosáhli použitelného napětí. U fotovoltaických panelů se používá napětí  $12\text{ V}$  nebo  $24\text{ V}$ . Pokud články spojíme za sebe, získáme větší napětí. Pokud je zapojíme vedle sebe, dosáhneme většího proudu. Spojením článků paralelně a sériově vzniká solární panel. Jejich výkon se pohybuje v rozmezí od  $10\text{ W}$  do  $300\text{ W}$ . Nejpoužívanějším materiálem pro výrobu solárních článků je krystalický křemík, který se používá o tloušťce přibližně  $0,3\text{--}0,5\text{ mm}$ . Plátek musí mít monokrystalickou nebo multikrystalickou strukturu, čtvercový tvar o rozměrech přibližně  $200\times 200\text{ mm}$ . Účinnost slunečních článků se v dnešní době pohybuje okolo  $20\%$  a životnost článků je minimálně 30 let. [15]



Obrázek 10 – Schéma fotovoltaické elektrárny, převzato z [16]

#### 1.3.3.1 Typy fotovoltaických článků

V současnosti nejpoužívanější články tvoří monokrystalický, multikrystalický a amorfní. Jak je zmíněno výše, u multikrystalického a monokrystalického článku je používáno při výrobě větší množství materiálu a proto se začínají více využívat články vyrobené tenkovrstvou technologií. Zásadní rozdíl také hraje účinnost. Zatímco monokrystalický a multikrystalický mají účinnost téměř totožnou  $13\text{--}16\%$ , amorfní články mají účinnost  $7\text{--}9\%$ .

Hlavní důvod výroby amorfních článků je úspora materiálu. Články se vytvoří přímo na nosnou podložku ze skla, plastové fólie nebo ocelového plechu. Struktura křemíku na aktivní vrstvě je mikrokrytalická nebo amorfní. Z důvodu zvýšení účinnosti se začínají vyrábět také články se strukturami CdTe, CIS a CIGS (měď, indium, galium, síra a selen). Zde se dostáváme na účinnost 12 - 15 %. Testovány také jsou články třetí generace, u kterých se počítá s malou výrobní cenou a vysokou účinností. [15]

Objemové materiály	Tenkvrstvé technologie	Alternativní technologie
Monokrystalický Si	Amorfní křemík	Polymerní vrstvy
Multikrystalický Si	Mikrokrytalický křemík	Články s fotocitlivým barvivem
Polykrystalické plátky Si	CdTe a Cds	
	CuInSe - CIS	
	Amorfní SiGe	
	InGaN	

Tabulka 1 – Přehled materiálů pro výrobu solárních článků, převzato z [15]



Obrázek 11 – Monokrystalický a barevné multikrystalické solární články, převzato z [15]

### 1.3.3.2 Fotovoltaické systémy

Abychom mohli elektřinu ze solárních panelů využít, musí se k panelům připojit další zařízení, jako jsou střídač, akumulátor, regulátor a různé měřicí přístroje. Této skupině zařízení se říká fotovoltaický systém. Podle způsobu dodávání energie se systémy dělí na Grid-On a Grid-off systémy.

Grid-On systém se využívá v místech, kde je možnost připojení na veřejnou síť střídavého napětí. Všechnu vyrobenou elektřinu můžeme spotřebovat a pouze přebytek převádět do veřejné sítě, nebo všechnu elektřinu rovnou převádíme do veřejné sítě. Pokud máme solární energie dostatek, spotřebiče jsou napájeny právě z této energie. O přepínání mezi solární energií a odběrem z veřejné sítě se nemusíme starat, o to se stará mikroprocesorový síťový měnič.

Grid-Off systém, někdy také ostrovní systém, se buduje v případech, kdy síťová přípojka má stejnou pořizovací hodnotu jako fotovoltaika. Jde například o horské chaty. Objekt s tímto systémem se stává nezávislý na okolní elektrické síti. Z tohoto důvodu se také musí instalovat akumulátory. V době, kdy není možné vyrábět elektřinu solárními panely, se čerpá elektřina právě z akumulátorů. Důraz u těchto systému je kladen na minimální ztráty energie, proto je vhodné používat energeticky úsporné spotřebiče. Ostrovní systémy můžeme rozdělit na systémy s přímým napájením, systémy s akumulací a hybridní systémy. Systémy s přímým napájením se používají,



když nám nevadí, že spotřebič funguje pouze při slunečním záření (například dobíjení mobilních telefonů). Systémy s akumulací jsou popsány výše. Hybridní systémy mají celoroční provoz s velkým zatížením. Jelikož v zimě solární panely vyrobí značně méně elektřiny, je nutné při pořizování počítat s vyšším instalovaným výkonem a také s pořízením doplňkového zdroje elektřiny. Ten bude pokrývat potřebu v období s nedostatečným zářením. Jako doplňkový zdroj může být použita jiná elektrárna využívající obnovitelné zdroje nebo elektrocentrála. [15]

## 2 Energetické potřeby rodinného domu

Fotovoltaika bude používána v rodinném domě, obývaném 5 členy rodiny. Dům má dvě patra, sklepní prostory, sedlovou střechou z pálených tašek a sklonem 32°. Jižní strana střechy disponuje rozměry 12,7 x 5,2 m a bude využita pro umístění fotovoltaických panelů. Jižní strana střechy disponuje plochou 66 m<sup>2</sup>, po odečtení zabrané plochy komínem, satelitní parabolou a odvětráváním se plocha zmenší na využitelných 60,4 m<sup>2</sup>.

### 2.1 Potřeba tepla pro ohřev teplé užitkové vody (TUV)

Pro určení energetické náročnosti budovy je potřeba určit teplo potřebné pro přípravu teplé užitkové vody. Potřebné teplo získáme podle následujících vzorců:

$$Q_{TUV,d} = (1 + z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600}$$

$$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{(t_2 - t_{svl})}{(t_2 - t_{svz})} \cdot (N - d)$$

kde:  $Q_{TUV,d}$  – denní potřeba tepla pro ohřev TUV

$z$  – koeficient energetických ztrát systému (50-100%, u nových rozvodů úvaha max. 0,5)

$\rho$  – měrná hmotnost vody

$c$  – měrná tepelná kapacita vody

$V_{2p}$  – potřeba teplé vody na 1 den

$t_2$  – teplota ohřáté vody

$t_1$  – teplota studené vody

$Q_{TUV,r}$  – roční potřeba tepla pro ohřev TUV

$d$  – délka topného období

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

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

$N$  – počet pracovních dní soustavy v roce

Vzhledem k tomu, že v domě se při výměně topení realizoval kompletně nový rozvod vody, uvažujeme koeficient energetických ztrát v systému 0,5. Z portálu TZB-info [17] jsou převzaty

vzorce a ostatní vztažné hodnoty. Doba topného období je podle výše zmíněné stránky pro Plzeň 242 dní a pro Karlovy Vary 254 dní. Jelikož se dům nachází mezi těmito městy, zvolil jsem hodnotu 248 dní. Objem bojleru je 200 litrů. Z toho plyne potřeba teplé vody v domě 40 litrů na osobu, což je považováno při navrhování jako minimum podle normy ČSN EN 15316-3-1.

$t_1 = 10^\circ\text{C}$	$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$	$V_{2p} = 0,2 \text{ m}^3$	$t_{svl} = 15^\circ\text{C}$	$N = 365$
$t_2 = 55^\circ\text{C}$	$c = 4186 \text{ J/kgK}$	$z = 0,5$	$t_{svz} = 5^\circ\text{C}$	$d = 248$
$Q_{TUV,d} = 15,70 \text{ kWh}$				
$Q_{TUV,r} = 5,07 \text{ MWh}$				

Tabulka 2 – Výpočet energie pro ohřev TUV (vlastní zpracování)

## 2.2 Spotřeba elektřiny v rodinném domě

V domě je pro vytápění použit kotel na tuhá paliva, používáno je dřevo. Vaření probíhá na elektrickém vařiči a dále je elektřinou ohřívána voda v 200l kombinovaném bojleru. Přes topnou sezonu se tak k ohřevu vody používá pouze kotel. Každý den se vaří, otec pracuje z domova, takže téměř celý den je zapnut počítač. Dále se v domě používá myčka nádobí a pračka. V domě je celkem 5 televizorů, z toho se využívají výhradně 3, a 4 stolní počítače. Televizor v obývacím pokoji funguje také od dopoledne do večera. Pro určení spotřeby při vaření uvažuji, že během týdne se využívají pouze sklokeramické plotýnky a o víkendů se i peče v troubě. Přes noc elektřinu spotřebovává pouze lednice a druhý mrazák ve sklepě. Mezi 14 – 16 hodinou v domě nikdo není, takže spotřeba je opět totožná s nocí. Osvětlení v domě je řešeno úspornými LED žárovkami v každé místnosti. Mimo topnou sezonu (přibližně 16. 5. – 9. 9.) je elektřina využívána pro filtraci bazénu a bojler. Filtrace bazénu je zapnuta nepřetržitě 24 hodin každý den a bojler pracuje 8 hodin denně v NT (časy spínání HDO uvedeny v příloze). Dodavatelem elektřiny je ČEZ Prodej, s.r.o. a distribuční sazba je D25d, neboli PRODUKT Comfort D Akumulace 8. Cena elektřiny včetně veškerých poplatků (silová elektřina za příkon jističe 3x25A, poplatek za podporu výkupu elektřiny, systémové služby, OTE a ostatní poplatky) a DPH je v jednotlivých tarifech následovná:

- nízký tarif - 1 567,56 Kč/MWh
- vysoký tarif – 4 232,68 Kč/MWh

Detail jednotlivých poplatků uveden v příloze *Ceník služeb ČEZ*. Celková spotřeba elektřiny za uplynulá fakturační období je uvedena níže v tabulce 5.

Pro skutečnou a přesnou spotřebu by bylo nutné sledovat průběh spotřeby každý den v roce. Byly vybrány takové spotřebiče, které se využívají pravidelně ve stejnou dobu. Poté se změnila jejich hodinová spotřeba a byla sestavena tabulka pro denní spotřebu v týdnu a o víkendů a také pro topnou a mimo topnou sezonu. Ze získaných hodnot byl sestaven graf denní spotřeby. Spotřeba spotřebičů byla měřena přístrojem Solight DT25 a je vidět v tabulce 3. Grafy poté zobrazují spotřebu během pracovních dní a víkendů. U zařízení byla spotřeba měřena po dobu 3 hodin využívání a následně vydělena pro získání hodinové spotřeby. U zařízení, která nejsou v provozu

celou hodinu, jako je konvice, mikrovlnná trouba, bylo měření provedeno na jeden cyklus spuštění. Z nemožnosti změřit spotřebu elektrické trouby a sklokeramické plotýnky byly hodnoty spotřeby převzaty z webové stránky [18]. Pro konvici byla měřena spotřeba při plném objemu konvice na jedno ohřátí. U mikrovlnné trouby byl nastaven výkon na 800 W a spotřeba byla měřena po dobu 5 minut, poté vynásobena, aby byla známá hodinová spotřeba.

Spotřebič	Spotřeba za 1 h provozu [kWh]	Čas využívání v týdnu [hod]	Délka provozu (denně)	Čas využívání o víkendu [hod]	Délka provozu (denně)
Mrazák	0,0295	0-24	24 hodin	0-24	24 hodin
Lednice	0,081	0-24	24 hodin	0-24	24 hodin
TV obývací pokoj	0,246	10-13, 17-22	8 hodin	11-12, 17-22	6 hodin
TV ložnice	0,026	7-8, 22-24	3 hodiny	22-24	2 hodiny
El. Trouba (180°C pečení)	0,83	-----	0 hodin	9 - 12	3 hodiny
Sklokeramická plotýnka	1,1	11 - 12	1 hodina	10 - 12	2 hodiny
Sklokeramická plotýnka	1,1	-----	0 hodin	10 - 11	1 hodina
Mikrovlnná trouba	1,32	17 - 18	5 minut	----	0 hodin
Rychlovarná konvice (1 vaření)	0,11 kWh/vaření	v 6 h, 1x v 8 h, 1x	dvě vaření	v 8 h, 1x v 9 h, 1x	dvě vaření
PC v pracovně	0,0945	9-14, 16-20	9 hodin	10-13, 16-19	6 hodin
TV dětský pokoj 2	0,031	20-22	2 hodiny	-----	0 hodin
PC pokoj 1	0,1435	19-21	2 hodiny	19-21	2 hodiny
PC pokoj 2	0,152	18-19	1 hodina	17-18	1 hodina
PC pokoj 3	0,144	19-20	1 hodina	-----	0 hodin
Myčka nádobí (60°C voda, 2 h mycí cyklus)	0,373	13 -15	2 hodiny	13 - 15	2 hodiny
Pračka	0,3175	0	0 hodin	16-18	2 hodiny
Osvětlení: pracovna	0,015	17-20	3 hodiny	17-19	2 hodiny
Osvětlení: kuchyně	0,016	6-6:15, 8-9, 16-18	3 h 15 min	8-9, 16-18	3 hodiny
Osvětlení: obývací pokoj	0,012	17-20	3 hodiny	18-19	1 hodina
Osvětlení: ložnice	0,009	7:30-8, večer 20 minut	50 minut	večer 20 minut	20 minut
Osvětlení: dětský pokoj 1	0,016	5:40-6, 19-20	1 h 20 min	19-20	1 hodina
Osvětlení: dětský pokoj 2	0,016	7-8, 17-20	4 hodiny	17-20	3 hodiny
Osvětlení: dětský pokoj 3	0,012	7-7:30,17-18	1 h 30 min	7-7:30, 18-18:30	1 hodina
Osvětlení: koupelna 2	0,025	5:50-6:00, 7:20-8, 19-20	1 h 50 min	7:20-7:30, 19-20	1 h 10 min
Osvětlení koupelna 1	0,009	8:30-9:30, 20-21	2 hodiny	8 - 9, 19 - 20	2 hodiny
Vysavač	0,06	11-11:30	30 minut	-----	0 hodin
Žehlička	0,52	12:30-13:30	1 hodina	-----	0 hodin
Bazénová filtrace (mimo topnou sezónu)	0,183	0-24	24 hodin	0-24	24 hodin
Bojler (mimo topnou sezónu)	1,44	dle HDO	8 hodin v NT	dle HDO	8 hodin v NT

Tabulka 3 – Využití a spotřeba nejjfrekventovanějších spotřebičů (vlastní zpracování)



hodina	topná sezóna (10.9. - 15.5.)		mimo topnou sezónu (16.5. -9.9.)	
	spotřeba během týdne [kWh]	spotřeba za víkend [kWh]	spotřeba během týdne [kWh]	spotřeba za víkend [kWh]
1	0,1105	0,1105	0,2935	1,7335
2	0,1105	0,1105	1,7335	1,7335
3	0,1105	0,1105	1,7335	0,2935
4	0,1105	0,1105	1,7335	0,2935
5	0,1105	0,1105	1,7335	0,2935
6	0,1200	0,1105	1,7430	1,7335
7	0,2845	0,1105	0,4675	1,7335
8	0,1797	0,1207	0,3627	1,7437
9	0,2410	0,2455	0,4240	1,8685
10	0,2095	1,1505	0,3925	1,3335
11	0,4860	3,3350	0,6690	3,5180
12	1,6460	2,5160	1,8290	2,6990
13	0,7460	0,2050	0,9290	0,3880
14	0,8380	0,4835	1,0210	0,6665
15	0,4835	0,4835	2,1065	0,6665
16	0,1105	0,1105	1,7335	0,2935
17	0,2210	0,5385	0,4040	2,1615
18	0,6670	1,0025	0,8500	2,6255
19	0,6810	0,5350	0,8640	0,7180
20	0,8145	0,5850	0,9975	0,7680
21	0,5780	0,5380	2,2010	0,7210
22	0,4225	0,3915	0,6055	0,5745
23	0,1365	0,1365	0,3195	0,3195
24	0,1365	0,1365	0,3195	0,3195
Celkem za den [kWh]:	9,5542	13,2872	25,4662	29,1992

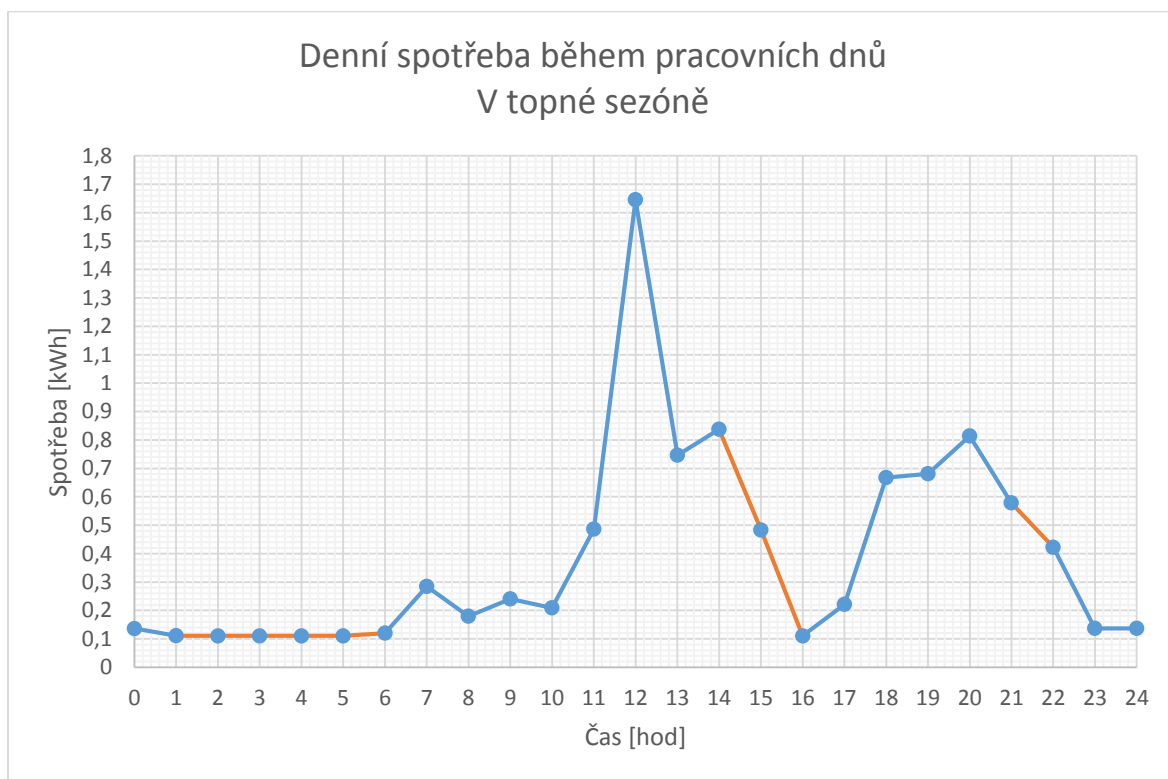
Tabulka 4 – Denní spotřeba elektřiny, NT - oranžově zvýrazněná pole (vlastní zpracování)

Fakturační období	Spotřeba VT [kWh]	Spotřeba NT [kWh]	Celkem (VT + NT) [kWh]
8.8.2013 - 6.8.2014	3103	2343	5446
7.8.2014 - 4.8.2015	2837	2560	5397
Průměr těchto období	2970	2451,5	5421,5
Změřená průměrná roční spotřeba	3514,90	2214,39	5729,30

Tabulka 5 – Přehled spotřeby elektřiny (vlastní zpracování)

V tabulce 4 je zaznamenána hodnota spotřeby, která byla určena měřením jednotlivých spotřebičů. Oranžová pole představují dobu, kdy je pomocí HDO spuštěn nízký tarif. Tabulka 5 zobrazuje roční spotřebu v uplynulých letech. Dále ukazuje průměrnou spotřebu za dva roky a spotřebu, kterou jsem změřil. Změřená hodnota je oproti hodnotě průměrné vyšší, ale při návycích domácnosti by již vyšší spotřeba nastat neměla. Proto FV systém budu navrhovat pro spotřebu, kterou jsem změřil. Rozdíl mezi změřenou spotřebou a spotřebou z faktury bude způsoben rozdíly ve vaření, kdy se například pouze ohřívá jídlo z předešlého dne, a také spotřebou bojleru. Tu uvažuji

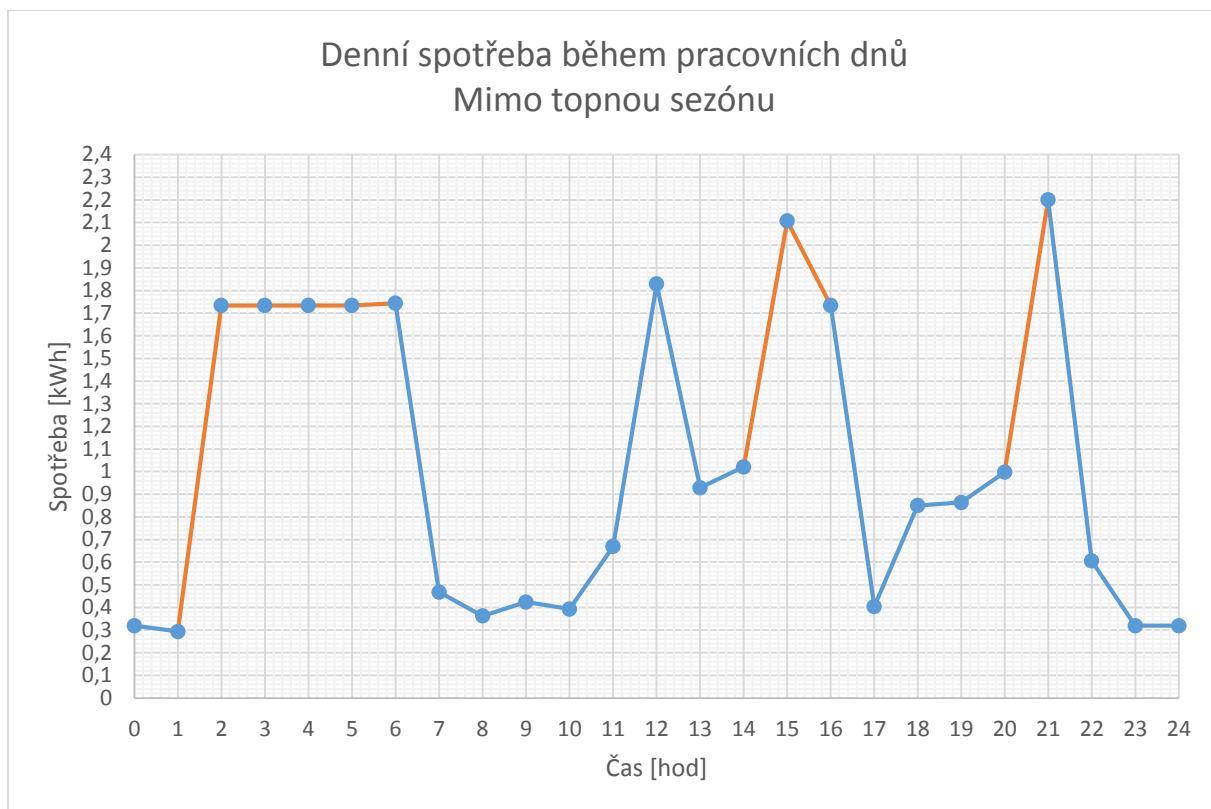
takovou, že se bojler musí ohřívát celý z 5°C na 55°C, což se nemusí stávat pravidelně. Ve chvíli, kdy se celý bojler nevytřebuje, se pouze dohřívá, například z 35°C na požadovaných 55°C. Poté je spotřeba elektřiny na ohřev nižší.



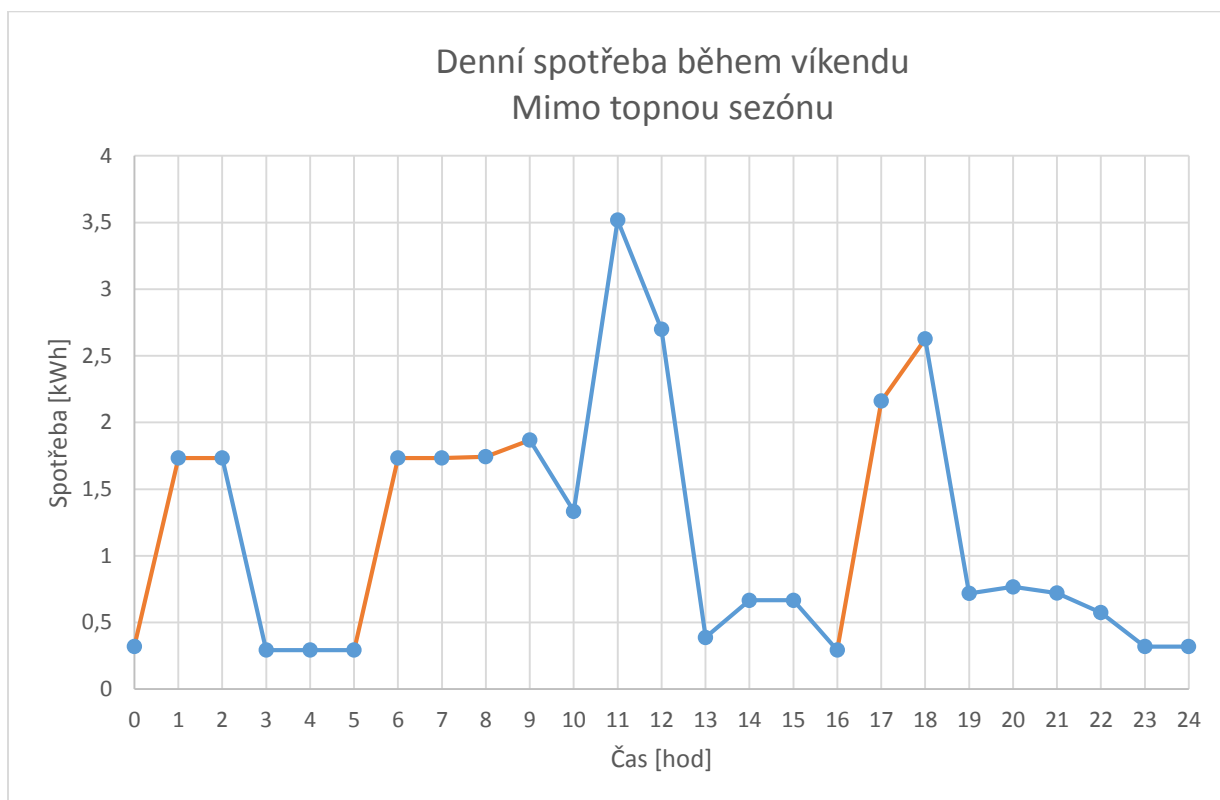
Graf 1 – Průběh spotřeby elektřiny v pracovní dny v TS, oranžová = NT, modrá = VT (vlastní zpracování)



Graf 2 – Průběh denní spotřeby během víkendu v TS, oranžová = NT, modrá = VT (vlastní zpracování)



Graf 3 – Průběh spotřeby elektřiny v pracovní dny mimo TS, oranžová = NT, modrá = VT (vlastní zpracování)



Graf 4 – Průběh denní spotřeby během víkendu mimo TS, oranžová = NT, modrá = VT (vlastní zpracování)

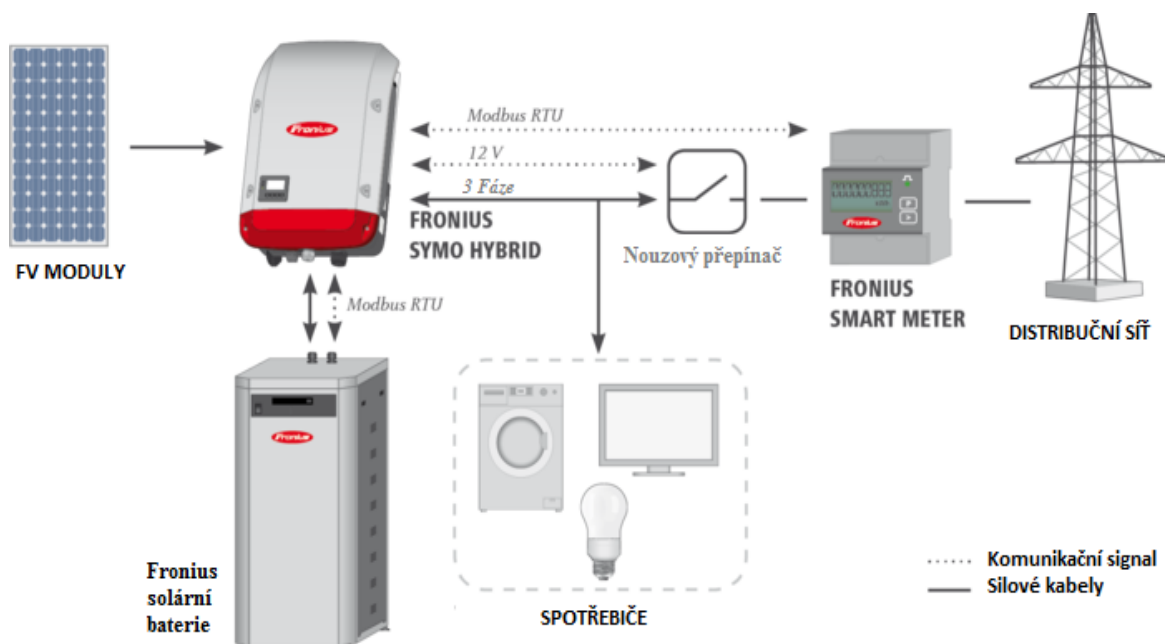
### 3 Návrh FVE

Pro návrh systému je třeba brát zřetel na různé faktory, jako například orientaci panelů, zda není dopadající záření omezováno překážejícími objekty, nedopadá na střechu stín stromů a podobně. Výkon fotovoltaických panelů je ovlivňován intenzitou záření, počasím a oblačností a orientací a sklonem panelů.

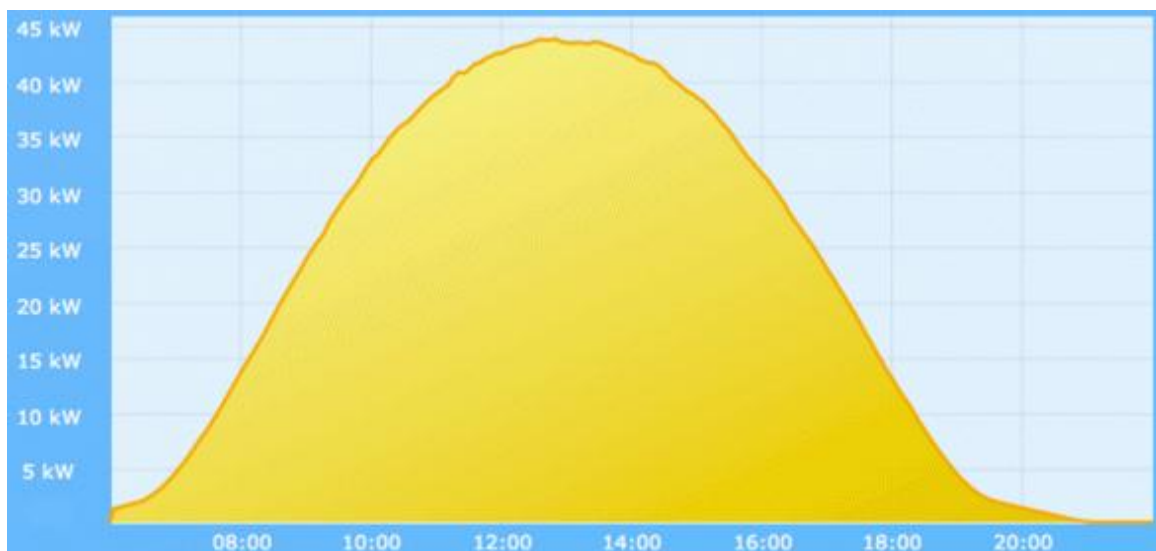
Výhodou využívání FV systému je:

- spolehlivost a životnost panelů – neobsahuje pohyblivé části, čímž je snížena poruchovost
- nízké provozní náklady, jelikož nepotřebuje žádné palivo
- šetrnost k životnímu prostředí
- bez škodlivých emisí a hluku

Fotovoltaický systém se skládá ze solárních panelů, měniče (střídače FVE), elektroměru, nosné konstrukce a doplňujících komponent například baterie. Při procházení typů FVE jsem se rozhodl pro výběr FVE s akumulací (hybridní FVE, HFVE). Výhodou je, že lze spotřebovat veškerou vyrobenou elektřinu, tedy až 100% oproti 30-50% u běžné FVE. Díky HFVE se tak objekt stává méně závislým na distribuční síti. HFVE se dá použít i v ostrovním režimu a není nutné žádat o licenci ERÚ. To však není náš případ. Budeme chtít elektrárnu využívat během celého roku a v případě, kdy bude nedostatek elektřiny z FVE odebírat proud z distribuční sítě. Na rodinný dům bychom chtěli instalovat FVE o výkonu 6,5 kWp. [19]



Obrázek 12 – Schéma HFVE, převzato z [19]



Obrázek 13 – Typická denní výroba FVE, převzato z [20]

Při procházení nabídek různých firem jsem našel firmu Fronius. Ta se zabývá výrobou FV zařízení s možností akumulace. Snaží se také optimalizovat svá zařízení tak, aby bylo možné využívat solární energii 24 hodin denně. Firma se zabývá výrobou střídačů, elektroměrů a také baterií. Díky kompletní nabídce těchto důležitých komponent pro FVE lze využívat maximální množství vyrobené energie. Systém Fronius Energy Package dokáže sám řídit výrobu a také ukládání energie a optimalizovat tak celkovou spotřebu energie. Tento systém umožňuje akumulovat přebytečnou energii do baterií, čímž se minimalizují přetoky do distribuční sítě. Při instalaci této FVE s akumulací bychom chtěli využívat maximální množství vyrobené energie i z důvodu minimálních výkupních cen solární elektřiny. Cílem tedy je, aby pokud možno přes elektroměr neprotékala žádná elektřina. Toho lze docílit tak, že přes den budeme čerpat energii z panelů a zároveň dobíjet baterie a v noci čerpat energii z baterií. Při instalaci wattrouteru budeme energii akumulovat i do bojleru. V případě nedostatku energie však můžeme odebírat elektřinu z DS a platit za ní běžnou cenu podle našeho tarifu.

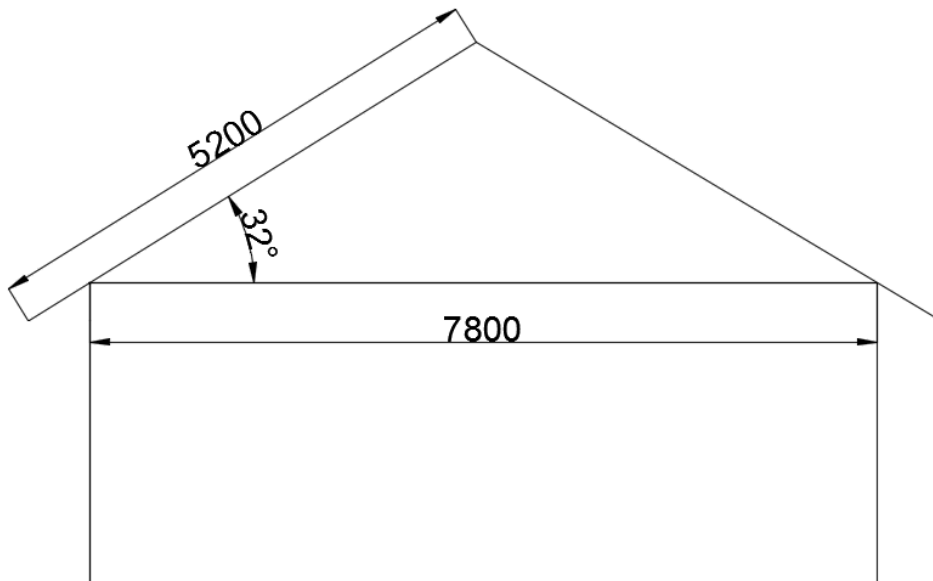
### 3.1 Lokalita a poloha objektu

Rodinný dům leží v obci Skupeč 30 km severozápadně od Plzně (na obrázku 4 vyznačeno černým čtverečkem). Dům se nachází v bytové zástavbě v nadmořské výšce 508 m n. m. Dům je dvoupatrový se sedlovou střechou z pálených tašek o sklonu 32°. FV panely se nejčastěji instalují se sklonem 30 - 45°. Střecha je orientována jižně a severně, což je pro FVE při využití právě jižní strany nejvýhodnější. V okolí domu jsou další domy v takové vzdálenosti, že žádný neomezuje dopadající sluneční záření. V okolí se nenachází ani jiné objekty, které by dosahovaly takové výšky,

aby mohly stínit na plochu pro fotovoltaické panely. Systém tedy budeme navrhovat pro plochu střechy  $66 \text{ m}^2$  se sklonem  $32^\circ$ .



Obrázek 14 – Pohled na rodinný dům a jižní stranu střechy uvažovanou pro instalaci FVE (vlastní zpracování)



Obrázek 15 – Bokorys rodinného domu se sklonem střechy (vlastní zpracování)

Při navrhování je dobré znát dobu slunečního svitu. Ta se pro Českou republiku pohybuje v rozmezí 1330 – 1800 hodin ročně [5]. Z údajů Českého hydrometeorologického ústavu [21] lze zjistit, že doba slunečního svitu v roce 2016 je pro Plzeň 1 516,8 hodin. Z obrázku 4 je vidět, že na lokalitu našeho domu dopadá ročně přibližně  $1150 \text{ kWh/m}^2$ .

## 3.2 Množství vyrobené sluneční energie

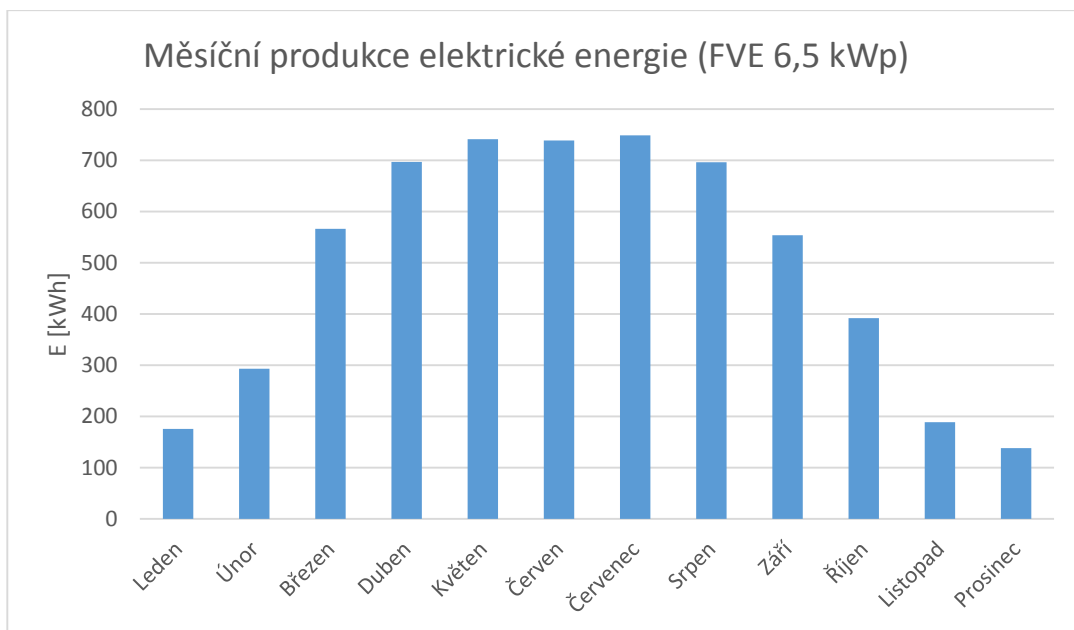
Jak velké množství energie se vyrobí, závisí jen na množství dopadající sluneční energie. Jak je již uvedeno výše, nejdůležitější je orientace FV panelů a jejich sklon. Pokud sluneční paprsky dopadají kolmo na FV panely, vyrábí se největší množství energie. Na webu Evropské komise [22] je k dispozici online program PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) na výpočet předpokládané výroby energie. Na této stránce se nejprve na mapě vybere umístění objektu, poté zadá, o jakou instalaci se jedná (polykrystalické nebo tenkovrstvé panely), dále ztráty systému při převodu z DC na AC a sklon a orientaci panelů. Lze také nastavit uvažovaný instalovaný výkon elektrárny. Program má pro výpočet k dispozici hodnotu slunečních hodin a také hodnoty teplot z daného místa, proto je pro odhad velice přesný.

Pro rodinný dům byly zadány polykrystalické panely, sklon 32%, orientace 0° (jih 0°, sever 180°), nepohyblivá instalaci a výkon 6,5 kWp. Ztráty byly uvažovány uvažovat 20%, i když tato hodnota může být ve skutečnosti nižší, ale raději se počítá se ztrátami vyššími.

Měsíc	$E_d$ [kWh]	$E_m$ [kWh]	$H_d$ [kWh/m <sup>2</sup> ]	$H_m$ [kWh/m <sup>2</sup> ]
Leden	5,66	176	1,11	34,4
Únor	10,5	293	2,08	58,1
Březen	18,3	566	3,74	116
Duben	23,2	697	4,97	149
Květen	23,9	741	5,24	163
Červen	24,6	739	5,49	165
Červenec	24,2	749	5,42	168
Srpen	22,4	696	4,99	155
Září	18,5	554	3,98	119
Říjen	12,7	392	2,63	81,6
Listopad	6,3	189	1,27	38
Prosinec	4,45	138	0,88	27,2
Průměrně	16,23	494,17	3,48	106,19
Celkem ročně		5930		1274

Tabulka 6 – Předpokládané hodnoty FVE o výkonu 1 kWp ( $E_d$  – denní průměrná výroba,  $E_m$  – měsíční průměrná výroba,  $H_d$  – denní průměrná hodnota intenzity záření dopadající na 1 m<sup>2</sup> modulů,  $H_m$  – měsíční průměrná hodnota intenzity záření dopadající na 1 m<sup>2</sup> modulů), vlastní zpracování dle [22]

Z tabulky 6 plyne, že největší množství energie se vyrobí v červenci a celkově v letních měsících, kdy je měsíční produkce přes 700 kWh. Hodnota vyrobené energie je pouze teoretická.



Graf 5 – Vyrobená energie v jednotlivých měsících, vlastní zpracování dle [22]

V grafu 5 je vyobrazená měsíční produkce energie. Hodnoty jsou pouze teoretické a každým rokem se budou měnit vlivem počasí a také klesající účinností FV panelů. Teoreticky naše 6,5 kWp elektrárna vyrobí ročně 5 930 kWh, změřená spotřeba je poté 5 729 kWh.

### 3.3 Komponenty FVE

Jak je již zmíněno výše, celý systém se skládá z několika částí. V této kapitole budou popsány jednotlivé komponenty, které budou pro tento FV systém vybrány.

#### 3.3.1 Fotovoltaické panely

Jednou z nejdůležitějších částí FVE jsou FV panely. Díky FV panelům a v nich probíhajícímu FV jevu se získává elektřina. Důležitým parametrem FV panelů je jejich účinnost a špičkový výkon (Wp). Pro návrh systému byly vybrány monokrystalické panely od firmy Sharp. Firma Sharp se zabývá výrobou FV panelů již od roku 1959. V produkci solárních panelů je společnost světovou jedničkou. Každý čtvrtý instalovaný panel je vyrobený firmou Sharp [23]. Pro návrh byl vybrán SHARP NU-RD285 – BLACK s účinností 17,3 % a výkonem 285 Wp. Výrobce na panel udává 10 let záruku a 25 let záruku na pokles výkonu na 80%, 0,8% ročně. Podrobné parametry jsou uvedeny v tabulce 7.

Pro naši FVE o výkonu 6,5 kWp bude potřeba 23 panelů. Tím je uvažovaný výkon 6,555 kWp.

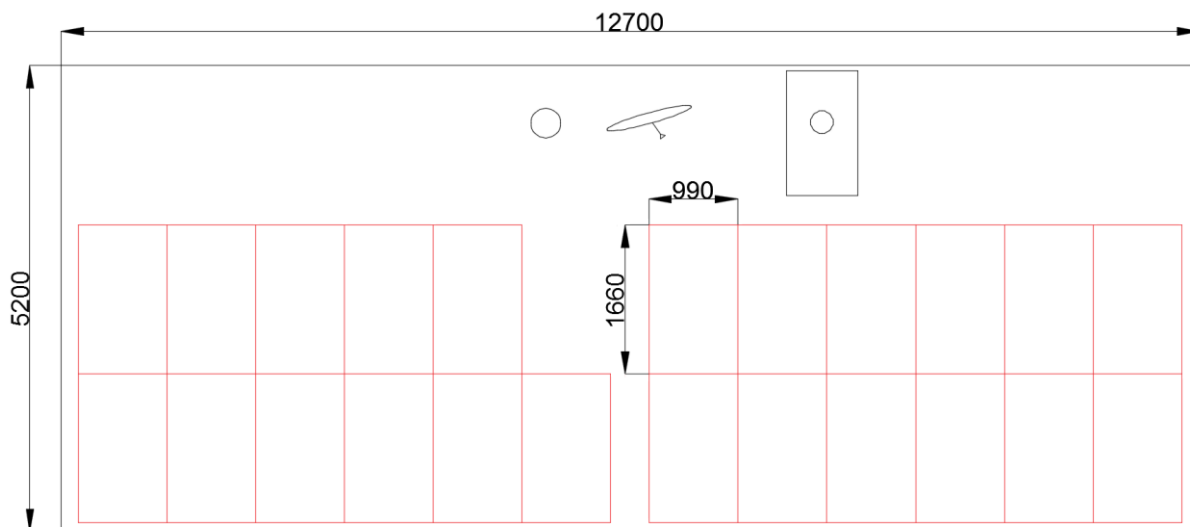




Obrázek 16 – Sharp NU-RD285, převzato z [23]

Výkon	285 W
Jmenovité napětí ( $V_{mp}$ )	31,3 V
Napětí naprázdno ( $V_{oc}$ )	39,2 V
Jmenovitý proud ( $I_{mp}$ )	9,1 A
Proud nakrátko ( $I_{sc}$ )	9,73 A
Účinnost	17 %
Rozměry	1660 x 990 x 50 mm
Cena s DPH	7985 Kč

Tabulka 7 – Parametry panelu, převzato z [23]



Obrázek 17 – Uvažované rozložení panelů (vlastní zpracování)

### 3.3.2 Měníč napětí

V domácnosti se v síti využívá střídavého napětí o hodnotě 230 V a 50 Hz. Jak je známo, solární články vyrábějí stejnosměrné napětí. Z toho plyne, že se napětí musí transformovat do použitelného napětí v síti. Pro takovou transformaci slouží měnič napětí DC/AC, nebo také střídač. Pro naši instalaci bude vhodné najít takový střídač, který umožní připojení k síti a přepínání mezi sítí a FVE. Takový měnič se nazývá hybridní měnič. Hybridní měniče mohou mít zabudované

MPPT regulátory dobíjení, ale není tomu tak u každého výrobce a někdy se musí regulátory dokoupit. Jak je již zmíněno výše, hlavní komponenty budou od firmy Fronius. Hybridní měnič bude Fronius Symo Hybrid 4.0-3-S se zabudovaným dobíječem baterií a MPP trackerem. Jelikož jeho jmenovitý výkon je 4 kW, bude pro naši instalaci potřeba měniče dva. Na jeden měnič bude připojeno 12 panelů, na druhý měnič 11 panelů. Hybridní měnič řídí celou výrobu energie. Pro největší možnou spotřebu vyrobené energie bude využíván systém s baterií. Měnič také umožňuje funkci backup, kdy v případě výpadku sítě pracuje měnič v ostrovním režimu. Pro delší životnost měniče je vhodnější zvolit měnič s vyšším výkonem. [24] Parametry měniče jsou uvedeny v tabulce 8. Střídač bude umístěn v neobydleném podkroví společně s bateriemi.



Obrázek 18 – Měnič Fronius Symo Hybrid 4.0-3-S, převzato z [19]

DC vstup	
Maximální vstupní výkon	6 500 W
Maximální DC napětí	1000 V
Jmenovité DC napětí	595 V
Rozsah MPP napětí	255 - 800 V
Počet MPP sledovačů	1
Účinnost MPPT	99,90%
AC výstup	
Maximální výstupní výkon	4 000 W
Síťové připojení (rozsah napětí)	3~NPE 400 V / 230 V
Frekvence (rozsah)	50/60 Hz
Maximální výstupní proud	8,3 A
Maximální účinnost (FV - síť)	97,90%
Maximální účinnost (Fv - baterie - síť)	>90 %
Cena s DPH	56 265 Kč

Tabulka 8 – Parametry měniče Fronius Symo Hybrid 4.0-3-S, převzato z [26]

### 3.3.3 Baterie

Pro solární systémy se využívají baterie s vysokou cyklickou odolností, dlouhou dobou životnosti a krátkou dobou dobíjení. Baterie se nejvíce využívají gelové nebo olovené. Pro hybridní systémy se nejvíce hodí lithium-železo-fosfátové (LiFePO). LiFePO baterie jsou velmi perspektivními bateriemi oloveného typu, protože u nich nedochází k sulfataci. Ta vlivem

neúplného dobíjení snižuje kapacitu baterie. Hlavní výhodou tedy je, že stačí částečné dobíjení baterií. [25] Vybrána byla baterie Fronius Solar Battery 12 LiFePO4 s kapacitou 12 kWh, ovšem využitelná kapacita je pouze 9,6 kWh. Z důvodu možnosti čerpání dotací z programu Nová zelená úsporám, musí mít baterie na naši instalaci kapacitu minimálně 11,5 kWh, viz kapitola 4.1 Nová zelená úsporám. Proto k baterii připojíme dva kusy Fronius Solar Modul 1,5. tento modul má kapacitu 1,5 kWh (1,2 kWh). Celkově tak vybrané baterie budou mít kapacitu 15 kWh (12 kWh). Baterie je plně kompaktní s měničem Fronius Symo Hybrid. Dále má krátkou dobu dobíjení, hlubokou míru vybití a je bez výparů kyslíku nebo vodíku. Parametry baterie jsou v tabulce 9.



Obrázek 19 – Fronius Solar Battery 12, převzato z [26]

Fronius Solar Battery 12	
Jmenovitá kapacita	12 kWh
Využitelná kapacita	9,6 kWh
Počet cyklů (při 23°C)	8000
Rozsah napětí	320 - 460 V
Udávaná životnost (při 23°C)	>20 let
Hmotnost	176 kg
Cena s DPH	283 987 Kč
Fronius Solar Modul 1,5	
Jmenovitá kapacita	1,5 kWh
Využitelná kapacita	1,2 kWh
Nominální napětí	51,2 V
Váha	18 kg
Cena s DPH	43 964 Kč

Tabulka 9 – Parametry solární baterie, převzato z [26]

### 3.3.4 Elektroměr

Pro FVE s akumulací je zapotřebí obousměrný elektroměr. Ten bude také od firmy Fronius, konkrétně Fronius Smart Meter. Elektroměr dokáže zaznamenávat křivky spotřeby a optimalizovat vlastní spotřebu energie. Měří energii, která je v domě vyráběna a spotřebovávána a také ta, která je do distribuční sítě dodávána nebo odebírána. Parametry jsou uvedeny v tabulce 10. [27]



Obrázek 20 – Fronius Smart Meter, převzato z [27]

Jmenovité napětí	400 - 415 V
Maximální proud	3 x 63 A
Třída přesnosti	1
Cena s DPH	9 438 Kč

Tabulka 10 – Parametry elektroměru Fronius, převzato z [26]

### 3.3.5 Regulátor optimalizace spotřeby

Z důvodu maximalizace využití vyrobené energie se do systému instaluje regulátor optimalizace spotřeby. Takové regulátory jsou na trhu k dispozici pod názvy WATTrouter nebo GreenBonO. Principálně jde o stejné zařízení, jen je každý od jiného výrobce. Zařízení vyhodnocuje, kdy FVE vyrábí elektřinu a podle toho spíná spotřebiče a snaží se udržet neustále nulový tok měřícím modulem. V naší instalaci bude tento regulátor z důvodu akumulace energie do bojleru. Pro naši instalaci byl vybrán WATTrouter ECO s proudovým měřícím rozsahem 3x20A a trvalým zatížením 3x40A s polovodičovým relé SSR. Cena WATTrouteru s relé SSR je 6 332 Kč. [28]



Obrázek 21 – WATTrouter ECO, převzato z [28]

### 3.3.6 Vodiče

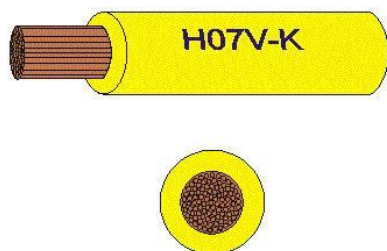
Spojení panelů mezi sebou a dále jejich spojení k měniči bude řešeno solárními kabely. Kabely byly vybrány od firmy Heiru a konkrétně Heisolar XH s průřezem 6 mm<sup>2</sup>. Tyto kabely mají pro FV instalace výhodu v odolnosti proti UV záření, jejich izolace je bez halogenového materiálu, jsou samozhášivé dle DIN 60332-1-2, IEC 60322-1. Kabely mají nízké ztráty a dobré vlastnosti pro nízkonapěťové instalace a navíc udávanou životnost minimálně 25 let. Pro celkové propojení panelů by mělo vystačit 100m kabelu. Vlastnosti kabelu jsou uvedeny v tabulce 11.



Jmenovitý průřez	6 mm <sup>2</sup>
Jmenovité napětí	600/1000 V
Zkušební napětí	3000 V
Teplota	-40 až +90 °C
Odpor	0,00323 Ω/m
Cena s DPH	30 Kč/m

Obrázek 22 – Heisolar XH 6 mm<sup>2</sup>, převzato z [29] Tabulka 11 – Parametry solárního kabelu, převzato z [30]

Měnič bude dále propojen s bateriemi. Přes tyto vodiče se budou baterie dobíjet a zároveň skrz ně bude odebrána energie. Jelikož baterie budou umístěny v těsné blízkosti měniče, postačí na každý pól baterie 2 m kabele, celkově tedy 4 m. Zvolen byl kabel CYA H07V-K 4ZZ s průřezem 4 mm<sup>2</sup>. Jeho izolace je z PVC a je samozhášivý. Parametry vodiče uvedeny v tabulce 12.



Jmenovitý průřez	4 mm <sup>2</sup>
Jmenovité napětí	450/750 V
Zkušební napětí	2500 V
Teplota	-40 až +70 °C
Odpor	0,00495 Ω/m
Cena s DPH	13 Kč/m

Obrázek 23 – CYA H07V-K 4ZZ, převzato z [31] Tabulka 12 – Parametry kabelu CYA, převzato z [31]

Ze střídače vystupuje již střídavé napětí. Pro jeho rozvod bude použit kabel CYKY-J 5x4 (5Cx4), kterým je řešen rozvod v celém domě. Tento kabel bude propojovat měnič, obousměrný elektroměr, wattrouter, svodiče přepětí a rozvaděč elektřiny. Střídač bude umístěn v podkroví a rozvaděč elektřiny je v přízemí, proto bude potřeba maximálně 25 m kabelu. Parametry vodiče jsou v tabulce 13.



Jmenovitý průřez	4 mm <sup>2</sup>
Počet žil	5
vnější průměr	13 mm
Jmenovité napětí	450/750 V
Odpor	0,0047 Ω/m
Cena s DPH	49,49 Kč/m

Obrázek 24 – CYKY-J 5x4 (5Cx4), převzato z [32] Tabulka 13 – Parametry CYKY-J 5x4, převzato z [32]

### 3.3.7 Svodiče přepětí

Z důvodu možnosti úderu blesku do FV systému se k systému připojují svodiče přepětí. Tyto svodiče se musí instalovat na DC i AC stranu vedení. Na DC stranu se musí tento svodič připojit, protože by se mohly bleskové proudy dostat do DC obvodu. Svodič přepětí byl zvolen od firmy CITEC a model DS60VGPV. Jeho parametry jsou v tabulce 14.

Na AC stranu vedení se instalují svodiče přepětí z důvodu ochrany elektrických systémů právě na AC straně vedení. Na AC stranu vedení byl vybrán svodič přepětí CITEC DS133VGS 3 pólový. Jeho parametry jsou uvedeny v tabulce 14.

	CITEC DS60VGPV (DC)	CITEC DS133VGS (AC)
Jmenovité napětí	1000 V	230/400 V
Mezní svodový proud	40 kA	150 kA
Jmenovitý svodový proud	20 kA	60 kA
Bleskový impulsní proud	12,5 kA	37,5 kA
Cena s DPH	3 796 Kč	3 358 Kč

Tabulka 14 – Parametry svodičů, převzato z [33, 34]



Obrázek 25 – DC svodič přepětí, převzato z [33]



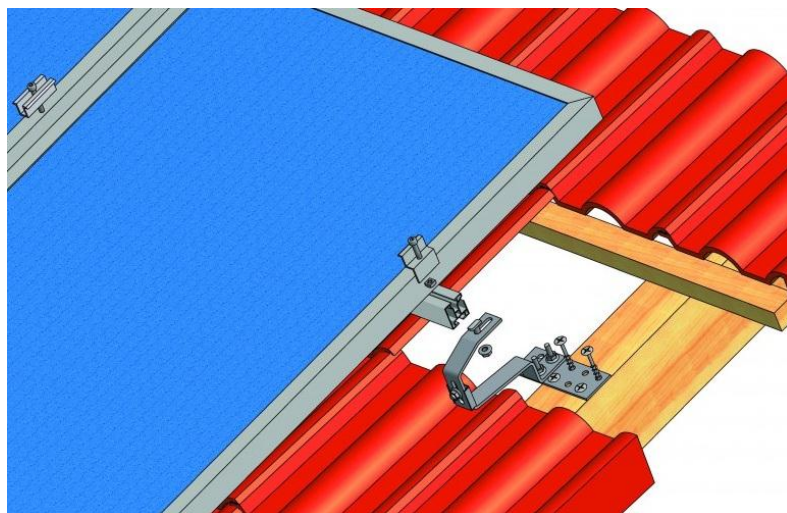
Obrázek 26 – AC svodič přepětí, převzato z [34]

### 3.3.8 Konstrukce pro FV panely

FV panely se montují na střechu pomocí hliníkové konstrukce. Firma ifTECH s.r.o. nabízí celé konstrukční sady pro určitý počet panelů. Set obsahuje veškerý spojovací materiál, hliníkové profily, střešní háky a plastové krytky. Pro naši instalaci byl zvolen set konstrukce pro 12 panelů, který bude potřeba dvakrát. [35]

- Cena setu s DPH – 10 022 Kč





Obrázek 27 – Hliníková konstrukce pro 12 FV panelů, převzato z [35]

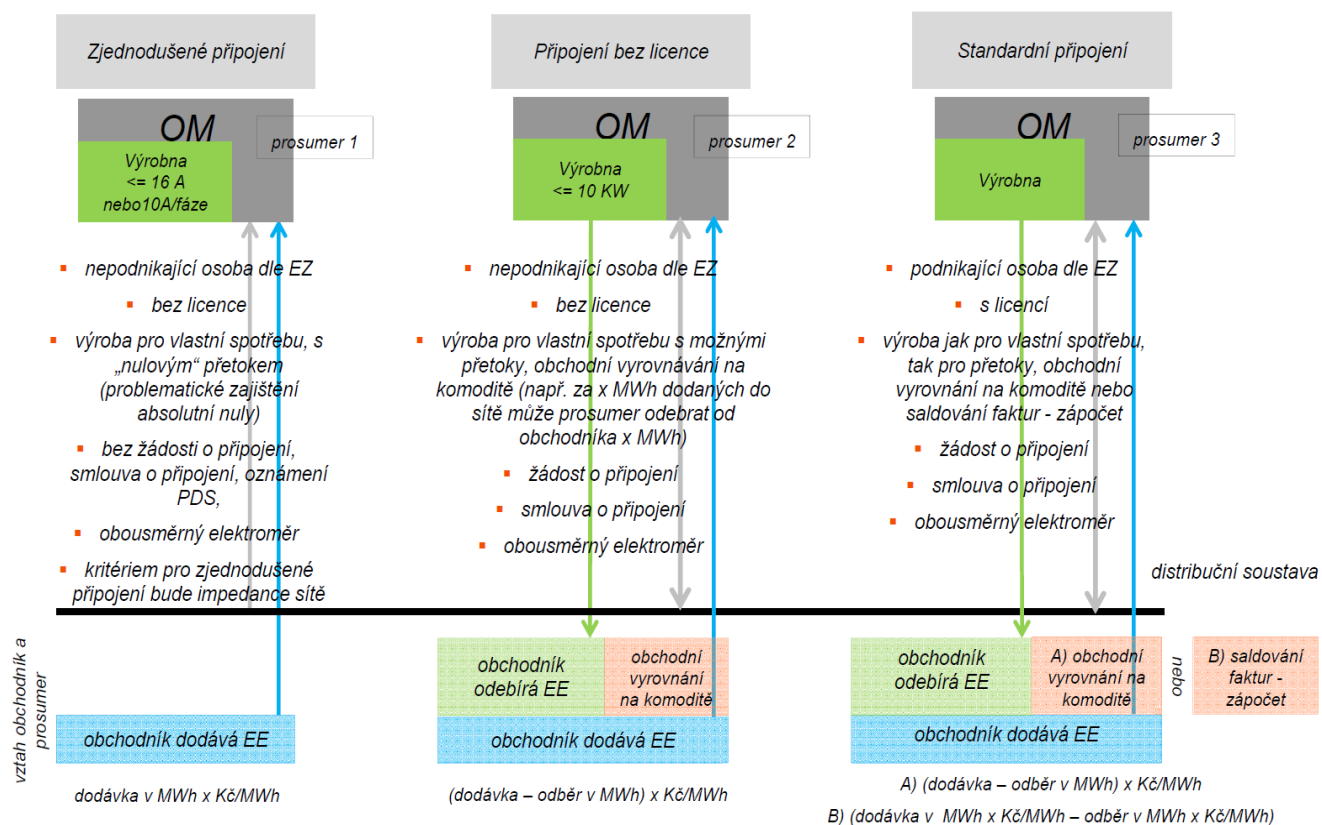
## 4 Možnosti připojení FVE

V roce 2015 došlo díky schválení ve Sněmovně k novelizaci energetického zákona č. 458/2000 Sb. Novela začala platit počátkem roku 2016 a pro FVE se tak rozšířily možnosti provozování. Díky novele § 3 odst. 3 zák. č. 458/2000 Sb., energetického zákona již není zapotřebí pro střešní instalace do deseti kWp i s připojením k DS licence ERÚ. To platí v případě, že vyrobená energie slouží pouze pro spotřebu v místě výroby. Zákon udává podmínku, že v místě odběru nesmí být jiná výrobní s licencí. [36]

Poslanecká sněmovna PČR dále schválila novelu zákona č. 586/1992 Sb., o daních z příjmu. Tím se mění příjem z vyrobené elektřiny z příjmu z podnikání na příjem ostatní. To umožňuje nepodnikatelům inkasovat platby za přebytky dodané do DS. Tento příjem se nepodnikateli zařadí mezi ostatní příjmy a podle toho se zdaní. [36]

FVE lze od 1. 2. 2016 podle vyhlášky č. 16/2016 Sb. připojit pomocí zjednodušeného připojení, připojení bez licence nebo standardního připojení viz *Obrázek 26*. Zjednodušené připojení díky vyhlášce o připojení č. 16/2016 Sb. umožňuje připojit tzv. mikrozdroje podle hodnoty impedance proudové smyčky, FVE však musí mít výkon do 10 kWp a hodnoty jističe maximálně 16A. Při instalaci mikrozdroje se musí instalovat zařízení, které zabraňuje dodávkám do sítě. V případě, že nějaký přetok nastane, tak podle rozhodnutí ERÚ č. 7/2015, bodu 3.28. písm. d) bude majiteli uložena pokuta. Standardní připojení slouží pro podnikání s vyrobenou energií, proto se pro podnikání musí zřídit IČO a vlastnit licenci ERÚ. [36]

Pro naši FVE je nejvhodnějším řešením připojení bez licence do 10 kWp. V tomto případě licence není potřeba. Oproti mikrozdrojům se nemusí instalovat zařízení na zabránění přetoků. Pokud přetoky nastanou, lze za ně inkasovat cenu dohodnutou s obchodníkem. Tento příjem se poté musí také zdanit.



Obrázek 28 – Možnosti připojování FVE, převzato z [37]

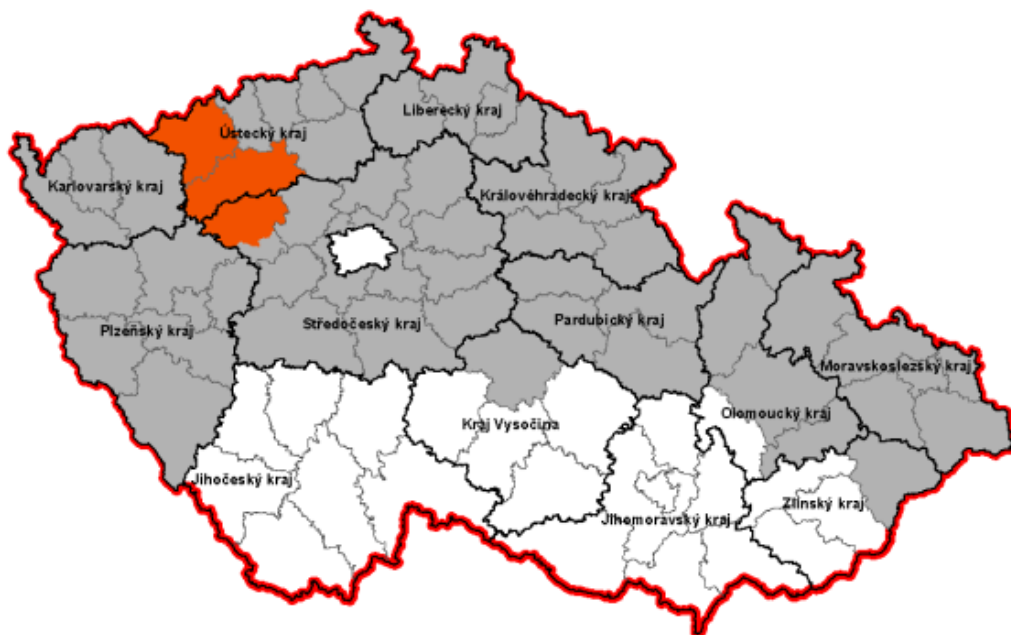
Pro možnost připojení bez licence se musí splnit tyto kroky: [38]

- 1) Žádost na stavební úřad o ohlášení stavby FVE podle § 104 stavebního zákona – v případě instalace na střechu nebo plášť domu
- 2) Žádost provozovateli DS o schválení připojení FVE – nutné zažádat ještě před výstavbou FVE
- 3) Schválení elektro-projektové dokumentace od provozovatele DS
- 4) Podepsat smlouvu s provozovatelem DS o připojení FVE
- 5) Podepsat smlouvu s dodavatelem elektřiny – dohoda o výkupu přebytků energie

Stavební úřad ve většině případů žádosti bez problému schválí. V některých případech požaduje územní souhlas pro výstavbu nové FVE.

O schválení připojení, schválení elektro-projektové dokumentace a následném podepsání smlouvy o připojení se bude jednat s ČEZ Distribuce, a.s. Schválení žádosti o připojení trvá 30 dnů. Žádost se posuzuje podle Vyhlášky č. 16/2016 Sb. a také podle kapacity DS v dané lokalitě. Z obrázku 27 je vidět, že FVE by nebylo možné připojit v části Ústeckého a Středočeského kraje. Zbylé kraje vyznačené šedou barvou, kam spadá i náš dům, jsou pro připojení FVE z pohledu přetoků do přenosové soustavy otevřeny. [39]





Obrázek 29 – Lokality pro připojení FVE, oranžová – oblast pro připojení uzavřena, převzato z [39]

Jak naložit s možnými přebytky energie lze vyřešit v podstatě dvěma způsoby. První je takový, že za způsobenou odchylku ponese výrobce a budeme platit cenu odchylky stanovenou OTE. Druhý případ je značně výhodnější. S dodavatelem, v tomto případě ČEZ Prodej, a.s., se dohodne na odkupu přebytků energie. Do smlouvy se zahrne, že odpovědnost za odchylku nese dodavatel. Výkupní cena se pohybuje v rozmezí 0 – 0,6 Kč/kWh, přičemž reálné je získat přibližně 0,3 Kč/kWh. Lze očekávat, že od obchodníka za vykoupenou 1 kWh výrobce obdrží 0 Kč, což lze chápat jako kompenzaci obchodníkovi za povinnost hradit odchylku. Pro návrh bude počítáno, že dodavatel bude platit 0,3 Kč/kWh za možné přetoky a zároveň převezme odpovědnost za hrazení odchylky. [36]

## 4.1 Nová zelená úsporám

Dotiční program Nová zelená úsporám (dále jen NZÚ) platí od 15. 10. 2015 a lze o dotaci požádat až do konce roku 2021. NZÚ se zabývá například možnostmi výměny zdrojů tepla, instalací solárních termických a fotovoltaických systémů, podporou na využití tepla z odpadní vody a dalšími ekologickými řešeními. Pro návrh je nejdůležitější podoblast C.3, tedy instalace solárních termických a fotovoltaických systémů. V této podoblasti lze najít několik typů podporovaných instalací. Pro získání dotace na FVE na rodinný dům je nutné splnit dané podmínky:

- Instalovaný výkon FVE nepřesáhne 10 kWp
- Minimální účinnost FV panelů je 10% u tenkovrstvých a 15% u mono a polykrystalických
- FVE musí být umístěna na rodinném domku, ne na zahradě apod.

Při instalaci FVE do 10 kWp nesloužící k podnikání není potřeba licence ERÚ ani živnostenský list, provozováním se tak nestává majitel FVE podnikatelem. [36]

Nás bude zajímat oblast C.3.6 FV systém s akumulací elektrické energie a celkovým využitelným ziskem  $\geq 3\,000$  kWh/rok. Díky této dotaci lze získat 100 000 Kč. Aby byla dotace schválena, musí systém kromě výše zmíněných podmínek splňovat také následující parametry: [40]

- V domě se musí spotřebovat alespoň 70% vyrobené elektřiny, maximální možné přetoky jsou tedy 30%
- Roční množství vyrobené elektřiny použité v domě dosáhne 3 000 kWh/rok
- FVE je připojena k DS až po 1. 1. 2016
- Měnič musí mít minimální účinnost 94%, MPPT pak 98%
- Měrná kapacita baterie musí být 1,75 kWh na každý kWp instalovaného výkonu.

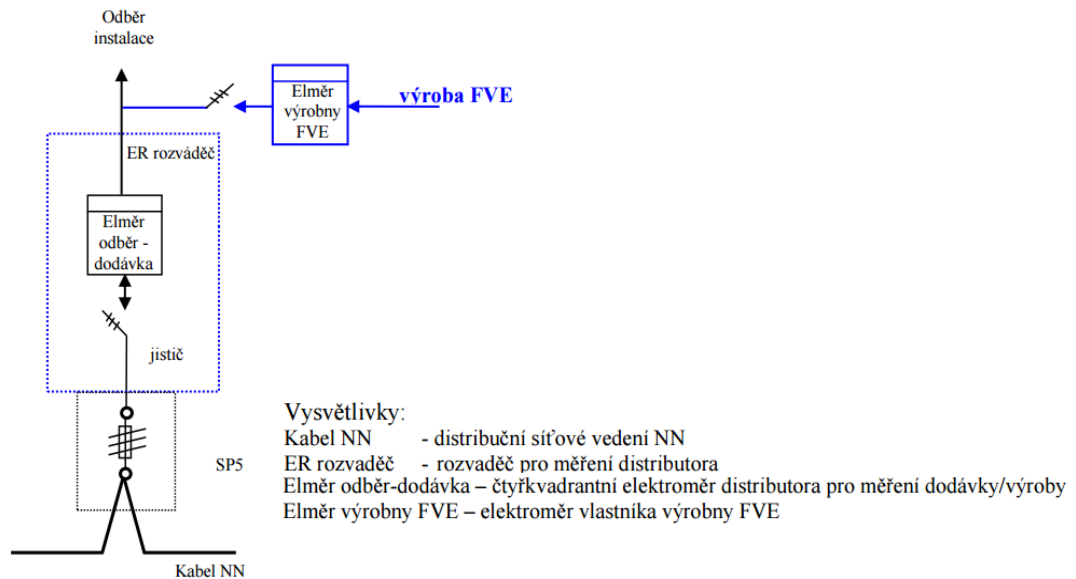
S podoblastí C.3.6 je možná i akumulace přebytků do teplé vody, viz obrázek níže. [40]

Sledovaný parametr	Označení [Jednotky]	C.3.4	C.3.5	C.3.6
Celkový využitelný zisk v budově	QFV.u [kWh.rok <sup>-1</sup> ]	$\geq 1\,700$	$\geq 1\,700$	$\geq 3\,000$
Minimální míra využití vyrobené elektřiny pro krytí spotřeby v místě výroby	[%]	70	70	70
Akumulace přebytků energie do teplé vody	-	Povinná	Možná	Možná
Minimální měrný objem zásobníku teplé vody nebo akumulační nádrže	[l·kW <sub>p</sub> <sup>-1</sup> ]	80	-	-
Akumulace přebytků energie do elektrických akumulátorů	-	Možná	Povinná	Povinná
Minimální měrná kapacita akumulátorů	[kWh·kW <sub>p</sub> <sup>-1</sup> ]	-	1,75	1,75

Obrázek 30 – Požadavky NZÚ na systém, převzato z [40]

## 4.2 Zapojení FVE v domě

Zapojení FVE v domě jde udělat pomocí stálého odběru, kdy je všechna vyrobená energie prodávána do sítě, nebo kdy se spotřebovává v domě a do sítě putují pouze přetoky. Pro naši instalaci je nejvhodnější zapojení FVE do vnitřní instalace domu. Při tomto zapojení lze uplatnit dotační podporu, kdy je spotřebováváno minimálně 70% vyrobené energie, jak je již popsáno výše. [41]



Obrázek 31 – Zapojení FVE do vnitřní instalace [41]

## 5 Ekonomické vyhodnocení projektu

V této kapitole bude vyhodnocena investice do FVE a její návratnost. Jak již je uvedeno výše, úspora pro tento systém bude hlavně v šetření peněz za nákup energie od dodavatele. FV systém je navržen tak, aby ve dne vyrobenou energii okamžitě spotřebovával, nebo ukládal přebytky do baterií a bojleru. Večer a v noci se poté bude odebírat energie z baterií. Takto se ušetří obě složky tarifu, VT i NT. Šetření NT složky tarifu se nemusí zdát na první pohled tolik výhodné, ale pokud se vyrobí energie a je jí dostatek, tak je výhodnější ji spotřebovávat i v době, kdy NT je zapnuto, než se jí zbavovat do DS. U FV systémů spuštěných do roku 2013 bylo výhodné elektřinu prodávat dodavateli, protože platil zelený bonus s vysokými výkupními cenami. Nyní nic takového neplatí a dotace je možná pouze ve formě NZÚ a z toho důvodu je nejvýhodnější pokud možno veškerou vyrobenou energii spotřebovat a zbytečně ji nekupovat. Jak je také uvedeno výše, jsme osvobozeni od veškerých daní, jelikož za elektřinu dodávanou do DS budou inkasovány malé částky a nepřekročí se tak částka 30 000 Kč, která je pro placení daně rozhodující, viz kapitola 5.2 Finanční bilance. Během provozu se bude platit pouze za revize a případný servis. Pro FVE jsou revize povinné podle normy ČSN 33 1500 jednou za čtyři roky [43]. Doporučené je však dělat revize

jednou za dva roky, předejde se tak zbytečným nákladům za opravu nebo výměnu poničené části FVE. Cena revizí je individuální pro daný typ FVE, složitosti systému atp. Technik si také do ceny připočítává cenu za dopravu. Dá se říct, že pro rodinný dům se cena revize pohybuje v rozmezí 2 000 Kč – 5 000 Kč. Pro naši FVE bude uvažována cena revize 4 000 Kč

## 5.1 Pořizovací náklady

V následující tabulce jsou zobrazeny pořizovací náklady. Jsou do nich zahrnuty veškeré investice, včetně instalace, vstupní revize, projektu a také dotace NZÚ. Cena za instalaci, projekt a vstupní revizi byla odhadnuta na 35 000 Kč.

Komponent	Počet [ks, m]	Cena/ks,m	Konečná cena
FV panel Sharp NU-RD285	23	7 985 Kč	183 655 Kč
Hybridní měnič Fronius Symo Hybrid 4.0-3-S	2	56 265 Kč	112 530 Kč
Baterie Fronius Solar Battery 12	1	283 987 Kč	283 987 Kč
Baterie Fronius Solar Modul 1,5	2	43 964 Kč	87 928 Kč
Elektroměr Fronius Smart meter	1	9 438 Kč	9 438 Kč
WATTrouter ECO s SSR relé	1	6 332 Kč	6 332 Kč
Solární vodič Heisolar XH	100	30 Kč	3 000 Kč
Vodič CYA H07V-4 4ZZ	4	13 Kč	52 Kč
Vodič CYKY 5JK (5Cx4)	25	49,49 Kč	1 237 Kč
DC Svodič CITELE DS60VGPV	1	3 796 Kč	3 796 Kč
AC svodič CITELE DS133VGS	1	3 358 Kč	3 358 Kč
Konstrukce set pro 12FV panelů	2	10 022 Kč	20 044 Kč
Montáž, revize	1	35 000 Kč	35 000 Kč
NZÚ	1	100 000 Kč	-100 000 Kč
<b>Celkem</b>			<b>650 357 Kč</b>

Tabulka 15 – Pořizovací náklady FVE (vlastní zpracování)

## 5.2 Finanční bilance

Ekonomický model bude počítán pro dobu 20. Taková je životnost baterií. Po uplynutí této doby, by se mohlo stát, že bude nutné nějaký komponent vyměnit a tudíž opět investovat nemalé peníze. Bude uvažováno, že na výstavbu nebude potřeba úvěru a investice bude zaplácena v hotovosti. Nejprve budou uvedeny parametry pro následné počítání (revize bude 1x za 4 roky, cena rozdělena do období 4 let):

- Investice po odečtení NZÚ - 644 025 Kč
- Průměrná roční výroba - 5 930 kWh
- Spotřeba a přetoky - 1. rok 80 % z výroby, poté stejná spotřeba, zbytek přetoky
- Výkupní cena energie s DPH - 0,3 Kč/kWh
- Nákupní cena energie s DPH - 4,23 Kč/kWh (VT), 1,57 Kč/kWh (NT)
- Náklady na provoz (ročně) - 2 000 Kč (údržba, revize)
- Diskontní sazba - 3,4%

Diskont se volí podle výnosu desetiletého státního dluhopisu, ke kterému se přičte riziková přírážka. Pro domácnosti lze volit diskontní sazbu jako úrokovou sazbu termínovaných vkladů. Při procházení nabídek bank lze zjistit, že nejvýhodnější úroková sazba je 3,4 %, což bude zde platit jako diskont [42]. Podle § 10 zákona o daních, Ostatní příjmy, se nemusí platit daň z příjmu, pokud příjem nepřesáhne hodnotu 30 000 Kč.

Parametry pro výpočty:

- Úspora VT = 4,23 Kč/kWh
- Úspora NT = 1,57 Kč/kWh
- Výkupní cena = 0,3 Kč/kWh

Rok	Výroba [kWh/rok]	Spotřeba vyrobené elektřiny [kWh]	Spotřeba VT [kWh]	Spotřeba NT [kWh]	Přetoky do DS [kWh]	Úspora šetřením	Příjem z přetoků	Příjem celkem
1	5930	4744	2894	1850	1186	15 146 Kč	356 Kč	15 501 Kč
2	5883	4744	2894	1850	1139	15 146 Kč	342 Kč	15 487 Kč
3	5835	4744	2894	1850	1091	15 146 Kč	327 Kč	15 473 Kč
4	5789	4744	2894	1850	1045	15 146 Kč	313 Kč	15 459 Kč
5	5743	4744	2894	1850	999	15 146 Kč	300 Kč	15 445 Kč
6	5697	4744	2894	1850	953	15 146 Kč	286 Kč	15 431 Kč
7	5651	4744	2894	1850	907	15 146 Kč	272 Kč	15 418 Kč
8	5606	4744	2894	1850	862	15 146 Kč	259 Kč	15 404 Kč
9	5561	4744	2894	1850	817	15 146 Kč	245 Kč	15 391 Kč
10	5516	4744	2894	1850	772	15 146 Kč	232 Kč	15 377 Kč
11	5472	4744	2894	1850	728	15 146 Kč	218 Kč	15 364 Kč
12	5429	4744	2894	1850	685	15 146 Kč	205 Kč	15 351 Kč
13	5385	4744	2894	1850	641	15 146 Kč	192 Kč	15 338 Kč
14	5342	4744	2894	1850	598	15 146 Kč	179 Kč	15 325 Kč
15	5299	4744	2894	1850	555	15 146 Kč	167 Kč	15 312 Kč
16	5257	4744	2894	1850	513	15 146 Kč	154 Kč	15 300 Kč
17	5215	4744	2894	1850	471	15 146 Kč	141 Kč	15 287 Kč
18	5173	4744	2894	1850	429	15 146 Kč	129 Kč	15 274 Kč
19	5132	4744	2894	1850	388	15 146 Kč	116 Kč	15 262 Kč
20	5091	4744	2894	1850	347	15 146 Kč	104 Kč	15 250 Kč

Tabulka 16 – Příjmy během 20 let provozu (vlastní zpracování)

Vzorce pro výpočty:

$$\text{Spotřeba vyrobené elektřiny} = 0,8 * \text{Výroba}; \text{další roky tato hodnota konstantní} \quad (5.2.1.)$$

$$\text{Spotřeba}_{VT} = 0,61 * \text{Spotřeba vyrobené elektřiny} \quad (5.2.2.)$$

$$\text{Spotřeba}_{NT} = 0,39 * \text{Spotřeba vyrobené elektřiny} \quad (5.2.3.)$$

$$\text{Úspora šetřením} = (\text{Spotřeba}_{VT} * \text{Cena}_{VT}) + (\text{Spotřeba}_{NT} * \text{Cena}_{NT}) \quad (5.2.4.)$$

$$\text{Příjem z přetoků} = \text{Přetoky do DS} * \text{Výkupní cena} \quad (5.2.5.)$$

$$\text{Příjem celkem} = \text{Příjem z přetoků} + \text{Úspora šetřením} \quad (5.2.6.)$$

Rok	Příjmy	Výdaje	CF	DCF	KDCF
1	15 501 Kč	2 000 Kč	13 501 Kč	13 058 Kč	-637 299 Kč
2	15 487 Kč	2 000 Kč	13 487 Kč	12 615 Kč	-624 685 Kč
3	15 473 Kč	2 000 Kč	13 473 Kč	12 187 Kč	-612 497 Kč
4	15 459 Kč	2 000 Kč	13 459 Kč	11 774 Kč	-600 723 Kč
5	15 445 Kč	2 000 Kč	13 445 Kč	11 375 Kč	-589 348 Kč
6	15 431 Kč	2 000 Kč	13 431 Kč	10 990 Kč	-578 358 Kč
7	15 418 Kč	2 000 Kč	13 418 Kč	10 618 Kč	-567 740 Kč
8	15 404 Kč	2 000 Kč	13 404 Kč	10 258 Kč	-557 481 Kč
9	15 391 Kč	2 000 Kč	13 391 Kč	9 911 Kč	-547 570 Kč
10	15 377 Kč	2 000 Kč	13 377 Kč	9 576 Kč	-537 995 Kč
11	15 364 Kč	2 000 Kč	13 364 Kč	9 252 Kč	-528 743 Kč
12	15 351 Kč	2 000 Kč	13 351 Kč	8 939 Kč	-519 804 Kč
13	15 338 Kč	2 000 Kč	13 338 Kč	8 636 Kč	-511 168 Kč
14	15 325 Kč	2 000 Kč	13 325 Kč	8 344 Kč	-502 824 Kč
15	15 312 Kč	2 000 Kč	13 312 Kč	8 062 Kč	-494 762 Kč
16	15 300 Kč	2 000 Kč	13 300 Kč	7 789 Kč	-486 973 Kč
17	15 287 Kč	2 000 Kč	13 287 Kč	7 526 Kč	-479 446 Kč
18	15 274 Kč	2 000 Kč	13 274 Kč	7 272 Kč	-472 174 Kč
19	15 262 Kč	2 000 Kč	13 262 Kč	7 026 Kč	-465 148 Kč
20	15 250 Kč	2 000 Kč	13 250 Kč	6 789 Kč	-458 359 Kč

Tabulka 17 – Výpočet doby návratnosti (vlastní zpracování)

Vysvětlivky k tabulce 17:

- CF – cash flow
- DCF – diskontovaný cash flow
- KDCF – kumulovaný diskontovaný cash flow = doba návratnosti

Vzorce pro výpočet hodnot v tabulce:

$$\text{Výdaje} = \text{Revize} + \text{Údržba} \quad (5.2.7.)$$

$$\text{CF} = \text{Příjmy} - \text{Výdaje} \quad (5.2.8.)$$

$$\text{DCF} = \frac{\text{CF}}{(1+d)^t} \quad (5.2.9.)$$

$$\text{KDCF} = -\text{Investice} + \sum_{t=0}^{24} \text{DCF}_t \quad (5.2.10.)$$

Kde:  $t$  = daný rok,  $d$  = diskontní sazba

## 6 Závěr

V této bakalářské práci jsem se zabýval problematikou fotovoltaické elektrárny. V teoretické části byly popsány způsoby získávání a využívání sluneční energie, stručně popsána fototermická energie a její využití v praxi a poté fotovoltaická přeměna a její využití.

V praktické části byl řešen návrh FVE s akumulací pro rodinný dům s roční spotřebou 5,8 kWh. Nejprve byl zjištěn průběh spotřeby v čase a poté podle této spotřeby navrhnout daný systém. Byl zvolen systém s výkonem 6,5 kWh a možností akumulace a to z několika důvodů. Tím hlavním bylo, že FVE již nejsou dotovány jako v dřívějších letech a prodej vyrobené elektřiny se již nevyplatí, protože výkupní ceny jsou v řádech haléřů. Dalším důvodem bylo využití většího množství vyrobené energie, kdy díky bateriím máme svoji energii i v době kdy slunce nesvítí. I přesto tu je možnost vzniku přebytků energie, které budeme dodávat do sítě. Velikost přetoků do sítě je 20 % z vyrobené energie, přičemž tento procentní podíl bude po dobu životnosti klesat. Dále byly v práci uvedeny možnosti připojení k distribuční síti a také dotační program Nová zelená úsporám. Tento dotační program nabízí až 100 000 Kč jako počáteční investici. V poslední řadě bylo provedeno ekonomické vyhodnocení.

V části komponenty FVE jsou rozebrány jednotlivé části systému. Nejdůležitější komponenty jsou od německé společnosti Fronius International GmbH. Panely jsou poté od největšího výrobce panelů Sharp, které se pro EU vyrábějí v Německu nebo velké Británii. Z tabulky pořizovacích nákladů je vidět, že nejdražší částí jsou baterie. Z důvodu získání dotace je nutné na náš 6,5 kWp systém instalovat baterie s kapacitou 11,5 kWh. My máme baterii o kapacitě 9,6 kWh rozšířenou dvěma externími články o celkové kapacitě 2,4 kWh. Cena tohoto bateriového kompletu je 371 915 Kč.

V současnosti je sice elektřina z FVE jednou z nejlevnějších, ale celkové investiční náklady jsou poměrně vysoké a návratnost FVE je tak značně vysoká, jak je vidět v této práci. Celková investice pro systém navržený v této práci je 750 357 Kč bez podpory NZÚ, s podporou je cena 650 357 Kč. I tak jde o dosti vysokou investici. V kapitole 5 Ekonomické vyhodnocení projektu vidíme, že úspora elektřiny spotřebováváním vlastní elektřiny je 15 146 Kč. Příjmy za přetoky jsou v řádech stovek, a tudíž jsou osvobozeny od daně, protože nepřesáhneme hodnotu 30 000 Kč za rok. Vidíme však, že inkasovaná platba je v porovnání s počáteční investicí v podstatě zanedbatelná. Celkový příjem se rovná součtu úspory a příjmu z přetoků. Pro určení doby návratnosti vypočítáme cash flow, diskontované cash flow a kumulované diskontované cash flow. Ve chvíli, kdy je KDCF kladné, je naše investice zaplácena a v podstatě už vyděláváme. Bohužel je vidět, že ani během udávané doby životnosti se nám investice nevrátí.

Nejperspektivnější využívání FVE vidím v ostrovních FVE v místech, kde není možnost elektřiny ze sítě, jako jsou např. různé horské chaty.

## 7 Použité zdroje

- [1] Sluneční záření jako zdroj energie. *Transformační technologie* [online]. [cit. 2016-08-15]. Dostupné z: <http://www.transformacni-technologie.cz/slunecni-zareni-jako-zdroj-energie.html>
- [2] Solární panely. *MICRONIX, spol. s r.o.* [online]. [cit. 2016-08-15]. Dostupné z: <http://www.micronix.cz/solarix/zakladni-informace/solarni-panely>
- [3] Air mass (solar energy). *Wikipedia, the free encyclopedia* [online]. [cit. 2016-08-15]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Air\\_mass\\_\(solar\\_energy\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Air_mass_(solar_energy))
- [4] Fotovoltaika, fotovoltaické elektrárny. *REGAM s.r.o.* [online]. [cit. 2016-08-20]. Dostupné z: <http://www.regam.cz/fotovoltaika.php?lang=cz>
- [5] MURTINGER, Karel, Jiří BERANOVSKÝ a Milan TOMEŠ. *Fotovoltaika, elektřina ze slunce*. Brno: ERA, 2007. 21. století. ISBN 978-80-7366-100-7.
- [6] Jak funguje sluneční elektrárna. *Skupina ČEZ* [online]. [cit. 2016-08-21]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/vyroba-elektřiny/obnovitelne-zdroje/slunce/flash-model-jak-funguje-slunecni-elektrarna.html>
- [7] *Jiří Olejníček: Moderní trendy ve fotovoltaice I Moderní trendy ve fotovoltaice RNDr.* [online]. [cit. 2016-08-22]. Dostupné z: [https://www.pf.jcu.cz/stru/katedry/fyz/download/olejnicek\\_20081205.pps](https://www.pf.jcu.cz/stru/katedry/fyz/download/olejnicek_20081205.pps)
- [8] *Sluneční energie* [online]. [cit. 2016-08-24]. Dostupné z: [http://www.ueen.feec.vutbr.cz/~mastny/vyuka/mmze/prednasky/06\\_pr.pdf](http://www.ueen.feec.vutbr.cz/~mastny/vyuka/mmze/prednasky/06_pr.pdf)
- [9] SOLÁRNÍ ENERGIE. *Topení ze Slunce* [online]. [cit. 2016-08-30]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k22.htm>
- [10] Sluneční energie. *Energetika - Odbor správy infrastruktury: Magistrát města Plzně* [online]. [cit. 2016-08-30]. Dostupné z: <http://energetika.plzen.eu/alternativni-zdroje-energie/slunecni-energie/>
- [11] Pasivní využívání sluneční energie. *Odborný portál pro profesionály v oblasti stavebnictví* [online]. [cit. 2016-08-31]. Dostupné z: <http://www.asb-portal.cz/tzb/energie/pasivni-vyuzivani-slunecni-energie>
- [12] SOLÁRNÍ ENERGIE. *Princip kolektoru* [online]. [cit. 2016-08-31]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k21.htm>
- [13] První solární elektrárna, která vyrábí elektřinu i v noci. *Skupina ČEZ: Výzkum a vývoj* [online]. [cit. 2016-09-01]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/vyzkum-a-vzdelavani/veda-a-vyzkum/zpravy-ze-sveta-vyzkumu-a-vyvoje/2.html>
- [14] Rio Mesa Solar Electric Generating Facility, California *Power Technology* [online]. [cit. 2016 - 09-01]. Dostupné z: <http://www.power-technology.com/projects/rio-mesa-solar-electric-power-california-us/rio-mesa-solar-electric-power-california-us3.html>



- [15] KOLEKTIV AUTORŮ. *Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich využití pro ČR* [online]. 2007. Praha: ČEZ, a. s., 2007 [cit. 2016-09-02]. Dostupné z: [https://www.cez.cz/edee/content/file/vzdelavani/obnovitelne\\_zdoje\\_energie\\_a\\_moznosti\\_jejich\\_vyuziti\\_pro\\_cr.pdf](https://www.cez.cz/edee/content/file/vzdelavani/obnovitelne_zdoje_energie_a_moznosti_jejich_vyuziti_pro_cr.pdf)
- [16] Residential Solar PV Installation. *Mapawatt* [online]. [cit. 2016-09-02]. Dostupné z: <http://www.mapawatt.com/education/clean-energy/residential-solar-pv-installation>
- [17] Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody. *TZB-info* [online]. [cit. 2016-11-20]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapani-a-ohrev-teple-vody>
- [18] Kolik stojí provoz domácích spotřebičů. *Ušetřeno.cz* [online]. [cit. 2016-11-20]. Dostupné z: <http://www.usetreno.cz/kolik-stoji-provoz-kuchynskych-spotrebicu/>
- [19] Fronius Symo Hybrid 4.0-3-S. *eshop.TERMS.eu* [online]. [cit. 2016-11-20]. Dostupné z: <http://eshop.terms.eu/cz/e-shop/1245446/c69164-sitove-on-grid/fronius-symo-hybrid-40-3-s.html>
- [20] Typická denní výroba FV panelu. *NWT Energy* [online]. [cit. 2016-11-20]. Dostupné z: <http://www.nwtenergy.co.uk/resource/photovoltaics-size-matters/>
- [21] Historická data : Počasí : Měsíční data. *Portál ČHMÚ* [online]. [cit. 2016-11-22]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mesicni-data#>
- [22] PV potential estimation utility. *EU Science Hub - European Commission* [online]. [cit. 2016-11-22]. Dostupné z: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=en&map=europe#>
- [23] SHARP NU-RD285 - BLACK. *eshop.TERMS.eu* [online]. [cit. 2016-11-22]. Dostupné z: <http://eshop.terms.eu/cz/e-shop/1255400/c68812-sharp/sharp-nu-rd285-black.html>
- [24] Jak vybrat správný měnič. *Deramax.cz s.r.o.* [online]. [cit. 2016-12-01]. Dostupné z: <https://www.deramax.cz/jak-vybrat-menic-napeti-stridac-a-nenapalit-se>
- [25] Lithium-železo-fosfátové baterie. *eshop.TERMS.eu* [online]. [cit. 2016-12-01]. Dostupné z: <http://eshop.terms.eu/cz/e-shop/c68835/lithium.html>
- [26] Datasheet výrobků Fronius SYMO Hybrid. *Fronius International GmbH* [online]. [cit. 2016-12-01]. Dostupné z: [http://www.fronius.com/cps/rde/xbc/SID-69872104-852881CE/fronius\\_international/SE\\_DS\\_Fronius\\_Symo\\_Hybrid\\_EN\\_386411\\_snapshot.pdf](http://www.fronius.com/cps/rde/xbc/SID-69872104-852881CE/fronius_international/SE_DS_Fronius_Symo_Hybrid_EN_386411_snapshot.pdf)
- [27] Fronius Smart Meter. *eshop.TERMS.eu* [online]. [cit. 2016-12-01]. Dostupné z: <http://eshop.terms.eu/cz/e-shop/1246458/c69156-prislusenstvi/fronius-smart-meter.html>
- [28] WATTrouter ECO. *Solarpartner.cz* [online]. [cit. 2016-12-02]. Dostupné z: <http://shop.solarpartner.cz/watrouter-eco>
- [29] Solární kabel Heisolar. *Solar shop* [online]. [cit. 2016-12-02]. Dostupné z: <http://www.obchodsolar.cz/solarni-kabel-6mm?tab=description>

- [30] Parametry solárního kabelu Heisolar. *Solar shop* [online]. [cit. 2016-12-02]. Dostupné z: [http://www.obchodsolar.cz/fotky13919/fotov/\\_ps\\_63heisolar\\_xh\\_rt.pdf](http://www.obchodsolar.cz/fotky13919/fotov/_ps_63heisolar_xh_rt.pdf)
- [31] Vodič H07V-K 4 ZZ. *Solar shop* [online]. [cit. 2016-12-02]. Dostupné z: <http://www.obchodsolar.cz/kabely/jednozilovy-vodic/4mm2>
- [32] Vodič CYKY-J 5x4 (5Cx4). *FSelektro-elektroinstalační materiál* [online]. [cit. 2016-12-02]. Dostupné z: <http://www.fselektro.cz/produkt/10-cyky-j-5x4-5cx4.html>
- [33] DC svodič CITEL DS60VGPV. *Solarpartner.cz* [online]. [cit. 2016-12-07]. Dostupné z: <http://shop.solarpartner.cz/svodic-ds60vgpv-1000-citel-2>
- [34] AC svodič CITEL DS133VGS. *Svodiče přepětí CITEL* [online]. [cit. 2016-12-07]. Dostupné z: <http://www.prepetova-ochrana.cz/kombinovany-svodic-prepeti-ds133vgs-tnc-3-polovy-citel-p-177.html>
- [35] Konstrukce pro 12 FV panelů. *ifTECH s.r.o.* [online]. [cit. 2016-12-07]. Dostupné z: <https://shop.iftech.cz/sikma-strecha-betonova-nebo-palena-taska/502-set-pro-12-panelu-3kw.html>
- [36] Možnosti připojení FVE 2016. *TZB-info* [online]. [cit. 2016-12-15]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/13918-moznosti-pripojzeni-domaci-elektřarny-v-roce-2016>
- [37] Nové obchodní příležitosti a využití net meteringu. *Skupina ČEZ* [online]. [cit. 2016-12-20]. Dostupné z: [https://www.cez.cz/edee/content/file-other/distribucni-sluzby/konference-2016/15\\_cez\\_kanta.pdf](https://www.cez.cz/edee/content/file-other/distribucni-sluzby/konference-2016/15_cez_kanta.pdf)
- [38] Jak legálně provozovat FVE. *Solární novinky* [online]. [cit. 2016-12-20]. Dostupné z: <http://www.solarninovinky.cz/?zpravy/2015012001/doporucujeme-jak-legalne-provozovat-fotovoltaickou-elektřarnu-v-roce-2015#.WHDtx1XhCUk>
- [39] Možnosti připojení FVE k DS. *Skupina ČEZ* [online]. [cit. 2016-12-28]. Dostupné z: <http://www.cezdistribuce.cz/cs/pro-zakazniky/potrebuji-vyresit/moznosti-prip-novych-vyroben.html>
- [40] Podmínky získání NZÚ. *NOVÁ ZELENÁ ÚSPORÁM* [online]. [cit. 2017-01-03]. Dostupné z: <http://www.novazelenausporam.cz/podminky-oblasti-podpory-c-3-vyzva/>
- [41] Připojení nových FVE k DS. *PRE distribuce* [online]. [cit. 2017-01-03]. Dostupné z: <https://www.predistribuce.cz/cs/potrebuji-zaridit/spolupracujici./MM501-sp-c6/>
- [42] Nejlepší termínovaný vklad. *Finance.cz* [online]. [cit. 2017-01-03]. Dostupné z: <http://www.finance.cz/ucty-a-sporeni/kalkulacky-a-aplikace/nejlepsi-terminovany-vklad/>
- [43] Revize FVE. *Revize elektro Praha* [online]. [cit. 2017-01-04]. Dostupné z: <http://www.revize-elektro-hromosvody.cz/lhuty-revizi>

# 8 Přílohy

## Časy spínání HDO

20. 12. 2016

Časy spínání HDO | Podpora | Skupina ČEZ

Používáme soubory cookies pro přizpůsobení obsahu webu a sledování návštěvnosti. Data o používání webu sdílíme s našimi partnery pro cílení reklamy a analýzu návštěvnosti.

[Více informací](#)

[Rozumím](#)

### Časy spínání HDO

Chcete se dozvědět víc o časech spínání HDO?

Pokud používáte elektřinu kromě svícení také na vytápění nebo ohřev vody, určitě byste si měli zjistit, jak funguje HDO. Zkratka znamená Hromadné dálkové ovládání, díky kterému váš bojler, přímotop, akumulární kamna nebo i tepelné čerpadlo využívá nízký tarif.

S HDO můžete významně ušetřit za elektřinu, pakliže využíváte dvoutarifový produkt a správný jistič. Nízký tarif může platit 8 až 22 hodin denně v závislosti na distribuční sazbě.

Zjistěte si čas spínání HDO konkrétně pro svou domácnost.

Nastavte si odložený start spotřebičů na dobu, kdy se spíná nízký tarif.

Časy spínání HDO naleznete v aplikaci [ČEZ ON-LINE](#) nebo na webu [ČEZ Distribuce, a. s.](#)

Jak zjistit, kdy na vašem odběrném místě platí nízký tarif?

Časy sepnutí HDO (hromadné dálkové ovládání) - přepnutí elektroměru z vysokého na nízký tarif - řídí přijímač HDO, kterým je vybaveno odběrné místo.

Podívejte se jaký kód je uveden na Vašem přijímači HDO a zadejte ho do naší on-line aplikace. Informace naleznete také v ČEZ ON-LINE v záložce Odběrná místa/Časy spínání HDO.

### Časy spínání HDO

Oblast Západ, povel A1B6DP5, upravit zadání

#### Sazba D25d + tarif + TUV

Povel: A1B6DP5

Kód povelu: 185

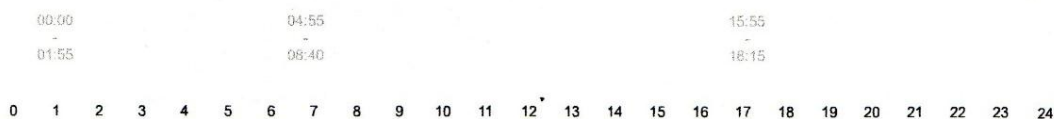
#### Pondělí - Pátek (8 hodin denně)

■ Platnost nízký tarif (NT)



#### Sobota - Neděle (8 hodin denně)

■ Platnost nízký tarif (NT)



[Vytisknout](#)

[Nové hledání](#)



# Ceník služeb ČEZ

PRODUKTY ROKU 2016	REGULOVANÉ PŁATBY ZA DOPRAVU ELEKTŘINY																						OSTAŇNÍ SLUŽBY			SÍŤOVÁ ELEKTŘINA	
	DISTRIBUCE																										
	měsíční plat za rezervovaný výkon podle manuálu proudové hodnotař hřanho jistice před elektroměrem																						OSTAŇNÍ SLUŽBY			SÍŤOVÁ ELEKTŘINA	
ID	odpovídající distribuční sazba																						OSTAŇNÍ SLUŽBY	OSTAŇNÍ SLUŽBY	OSTAŇNÍ SLUŽBY	OSTAŇNÍ SLUŽBY	OSTAŇNÍ SLUŽBY
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22					
D01d	7,00	12,00	14,00	19,00	23,00	29,00	36,00	46,00	-	-	-	-	-	0,72	0,24	2 112,10	-	99,71	23,96	2,9	1,29	2,39	60,00	1 213,00	-		
	(8,47)	(14,52)	(16,94)	(21,78)	(27,83)	(35,09)	(43,56)	(55,66)						(0,87)	(0,29)	(2 555,64)		(120,65)	(28,99)	(3,51)	(1,58)	(2,89)	(72,60)	(1 501,97)			
D02d	36,00	57,00	71,00	89,00	114,00	143,00	176,00	224,00	-	-	-	-	-	3,56	1,19	1 579,30	-	89,71	23,96	2,9	1,29	2,39	60,00	-	-		
	(43,56)	(68,97)	(85,91)	(107,99)	(137,94)	(173,03)	(215,36)	(271,04)						(4,31)	(1,44)	(1 911,56)		(120,65)	(28,99)	(3,51)	(1,58)	(2,89)					
D05d	49,00	78,00	97,00	121,00	155,00	194,00	243,00	306,00	-	-	-	-	-	4,85	1,62	1 647,54	60,86	99,71	23,96	2,9	1,29	2,39	60,00	1 611,00	895,00		
	(59,29)	(94,39)	(117,27)	(146,11)	(187,55)	(234,74)	(294,03)	(370,26)						(5,87)	(1,98)	(1 993,92)	(73,76)	(120,65)	(28,99)	(3,51)	(1,58)	(2,89)	(72,60)	(1 982,55)	(1 117,19)		
D06d	81,00	130,00	162,00	209,00	259,00	324,00	405,00	510,00	-	-	-	-	-	6,10	2,70	604,86	60,86	99,71	23,96	2,9	1,29	2,39	60,00	1 816,00	1 441,00		
	(98,01)	(157,30)	(196,02)	(245,63)	(313,39)	(392,04)	(490,05)	(617,10)						(9,80)	(3,27)	(731,64)	(73,76)	(120,65)	(28,99)	(3,51)	(1,58)	(2,89)	(72,60)	(1 992,02)	(1 414,85)		
D06d	107,00	171,00	214,00	269,00	343,00	428,00	536,00	675,00	-	-	-	-	-	10,71	3,57	259,42	60,86	99,71	23,96	2,9	1,29	2,39	60,00	1 816,00	1 441,00		
	(129,47)	(206,91)	(258,94)	(324,28)	(415,03)	(517,86)	(644,56)	(816,75)						(12,96)	(4,32)	(312,69)	(73,76)	(120,65)	(28,99)	(3,51)	(1,58)	(2,89)	(72,60)	(1 992,02)	(1 414,85)		
D45d	126,00	202,00	252,00	315,00	403,00	504,00	630,00	794,00	-	-	-	-	-	12,60	4,20	259,42	60,86	99,71	23,96	2,9	1,29	2,39	60,00	1 448,00	1 261,00		
	(152,46)	(244,42)	(304,92)	(381,15)	(487,63)	(609,84)	(762,30)	(960,74)						(15,25)	(5,08)	(312,69)	(73,76)	(120,65)	(28,99)	(3,51)	(1,58)	(2,89)	(72,60)	(1 786,32)	(1 560,05)		
D55d	126,00	202,00	252,00	315,00	403,00	504,00	630,00	794,00	-	-	-	-	-	12,60	4,20	259,42	60,86	99,71	23,96	2,9	1,29	2,39	60,00	1 413,00	1 261,00		
	(152,46)	(244,42)	(304,92)	(381,15)	(487,63)	(609,84)	(762,30)	(960,74)						(15,25)	(5,08)	(312,69)	(73,76)	(120,65)	(28,99)	(3,51)	(1,58)	(2,89)	(72,60)	(1 622,97)	(1 560,05)		
D56d	126,00	202,00	252,00	315,00	403,00	504,00	630,00	794,00	-	-	-	-	-	12,60	4,20	259,42	60,86	99,71	23,96	2,9	1,29	2,39	60,00	1 413,00	1 261,00		
	(152,46)	(244,42)	(304,92)	(381,15)	(487,63)	(609,84)	(762,30)	(960,74)						(15,25)	(5,08)	(312,69)	(73,76)	(120,65)	(28,99)	(3,51)	(1,58)	(2,89)	(72,60)	(1 622,97)	(1 560,05)		
D57d	105,00	169,00	211,00	264,00	338,00	433,00	552,00	700,00	1 594,00	2 924,00	6 034,00	10 269,00	64,18	21,39	141,73	131,27	99,71	23,96	2,9	1,29	2,39	60,00	1 913,00	1 261,00			
	(127,05)	(204,49)	(255,31)	(319,44)	(409,99)	(529,39)	(700,92)	(890,32)	(1 159,18)	(1 916,64)	(3 538,04)	(7 201,14)	(942,51)	(25,88)	(77,66)	(171,49)	(158,76)	(120,65)	(28,99)	(3,51)	(1,58)	(2,89)	(72,60)	(1 622,97)	(1 560,05)		
D61d	11,00	17,00	21,00	26,00	34,00	42,00	53,00	67,00	-	-	-	-	-	1,06	0,35	2 855,06	134,91	99,71	23,96	2,9	1,29	2,39	60,00	1 941,00	1 111,00		
	(13,31)	(20,57)	(25,41)	(31,46)	(41,14)	(50,82)	(64,13)	(81,07)						(1,28)	(0,42)	(3 451,62)	(163,24)	(120,65)	(28,99)	(3,51)	(1,58)	(2,89)	(72,60)	(1 656,83)	(1 978,55)		