

**České vysoké učení technické v Praze**

**Fakulta elektrotechnická**

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**

Studijní obor: **Elektrotechnika a management**



**Zásobování rodinného domu energií**

Family House Energy Supply

**Bakalářská práce**

Vedoucí práce:

**Ing. Martin Beneš Ph.D.**

**2018**

Zpracoval:

**Michal Vlček**



## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Vlček** Jméno: **Michal** Osobní číslo: **457090**  
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**  
Zadávací 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:

**Zásobování rodinného domu energií**

Název bakalářské práce anglicky:

**Family House Energy Supply**

Pokyny pro vypracování:

1. Určete spotřebu energie v domě.
2. Analyzujte stávající náklady na energii.
3. Vypočítejte vliv instalace FVE, případně dalších opatření pro snížení spotřeby energie.
4. Určete náklady na energii v RD.

Seznam doporučené literatury:

Murtinger K., Beranovský J., Tomeš M.: Fotovoltaika. Elektřina ze slunce. ERA vydavatelství, 2008. ISBN: 978-80-7366-133-5.  
Murtinger K.: Úsporný rodinný dům. GRADA Publishing, 2013. ISBN: 978-80-247-4559-6.  
Brealey R. A., Myers S. C., Allen F.: Principles of corporate finance. McGraw-Hill/Irwin, 2011. ISBN 978-0-07-353073-4.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

**Ing. Martin Beneš, Ph.D., katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd FEL**

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

Datum zadání bakalářské práce: **26.01.2018**

Termín odevzdání bakalářské práce: **25.05.2018**

Platnost zadání bakalářské práce: **30.09.2019**

\_\_\_\_\_  
Ing. Martin Beneš, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) práce

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

\_\_\_\_\_  
prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.  
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 bakalářskou práci **Zásobování rodinného domu energií** vypracoval samostatně pod vedením Ing. Martina Beneše, Ph.D. a uvedl v ní všechny použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne

Podpis

Vlček Michal

## **Poděkování**

Rád bych tímto poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Martinu Benešovi, Ph.D. za jeho praktické rady, podporu, trpělivost a čas, který mi věnoval při řešení a zpracování této bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval Ing. Martinu Brejchovi za poskytnuté údaje, které jsem využil v této práci.

## **Abstrakt**

Cílem této bakalářské práce „Zásobování rodinného domu energií“ je určit spotřebu elektrické energie v rodinném domě ve Strakonici a spočítat, jaké jsou náklady na elektrickou energii. Dále chci zjistit vliv již instalované fotovoltaiky a porovnat její efektivnost s různými dalšími variantami a následně zhodnotit, která možnost je nejekonomičtější.

## **Klíčová slova**

Elektrická energie, fotovoltaický systém, náklady, příjem, rodinný dům

## **Abstract**

The aim of this bachelor thesis „Family House Energy Supply“ is to determine the consumption of electrical energy in a family house in Strakonice and to calculate the cost of electricity. I also want to assess the effect of already installed photovoltaics and to compare its efficiency with various other variants and then evaluate, which option is the most economical.

## **Keywords**

Electrical energy, photovoltaic system, cost, earnings, family house

# Obsah

Úvod	1
1 Rodinný dům	2
1.1 Popis rodinného domu	2
1.2 Degradace solárních panelů SUNPOWER SPR-225-WHT	5
1.3 Spotřeba rodinného domu	5
1.4 Denní diagram spotřeby elektrické energie v domě	8
1.5 Bilance elektřiny v rodinném domě	9
2 Náklady na elektrickou energii	10
2.1 Distribuční složka	10
2.2 Silová složka	12
2.3 Náklady na elektrickou energii v rodinném domě	12
3 Fotovoltaika	16
3.1 Historie fotovoltaiky	16
3.2 Solární panely	16
3.3 Optimální umístění solárních panelů	17
3.4 Výhody a nevýhody fotovoltaiky	17
3.5 Možné způsoby umístění fotovoltaické elektrárny na dům	18
3.5.1 Zelený bonus	18
3.5.2 Přímý prodej	19
3.6 Střídač	19
4 Revize o rozhodnutí instalace fotovoltaického systému na rodinný dům	21
4.1 Varianta 0 – Náklady na elektrickou energii bez instalace fotovoltaiky na dům	21
4.2 Varianta 1 – Náklady na elektrickou energii s fotovoltaickým systémem	23
4.3 Varianta 2 – Fotovoltaika s bateriemi pro akumulaci přebytečné energie	27
4.3.1 Solární baterie	27
4.3.2 Baterie PowerWall	28
5 Ekonomické zhodnocení jednotlivých variant	32
Závěr	34
Seznam použité literatury	35
Přílohy	37



## **Seznam obrázků**

Obrázek 1 Rodinný dům	2
Obrázek 2 Voltampérová charakteristika solárního panelu SUNPOWER SPR-225-WHT	4
Obrázek 3 Spotřeba elektrické energie v rodinném domě	6
Obrázek 4 Přijímač HDO	11
Obrázek 5 Zelený bonus	18
Obrázek 6 Přímý prodej	19
Obrázek 7 Střídač Fronius IG Plus 70	20
Obrázek 8 Cena elektřiny v jednotlivých letech	21
Obrázek 9 Akumulátor PowerWall	28

## Seznam tabulek

Tabulka 1 Nabídkový list od firmy Terms	3
Tabulka 2 Celková spotřeba elektrické energie	6
Tabulka 3 Bilance elektřiny v rodinném domě	9
Tabulka 4 Distribuční složka ceny elektřiny	13
Tabulka 5 Vysvětlení k tabulce 4	13
Tabulka 6 Silová složka ceny elektřiny	14
Tabulka 7 Vysvětlení k tabulce 6	14
Tabulka 8 Výhody a nevýhody fotovoltaiky	17
Tabulka 9 Roční náklady na elektrickou energii odebranou od distributora (varianta 0)	22
Tabulka 10 Roční náklady na elektrickou energii odebranou od distributora (varianta 1)	24
Tabulka 11 Náklady na elektrickou energii (varianta 1)	24
Tabulka 12 Roční náklady na elektrickou energii odebranou od distributora (varianta 2)	30
Tabulka 13 Náklady na elektřinu (varianta 2)	31
Tabulka 14 Porovnání jednotlivých variant	32
Tabulka 15 Parametry solárního panelu SUNPOWER SPR-225-WHT	37
Tabulka 16 Odhadované odběry spotřebičů v průběhu dne (květen-září)	38
Tabulka 17 Odhadované odběry spotřebičů v průběhu dne (říjen-duben)	39
Tabulka 18 Parametry střídače Fronius IG Plus 70	40
Tabulka 19 Základní parametry baterie PowerWall	40
Tabulka 20 Náklady pro jednotlivé varianty	41

## Seznam grafů

Graf 1 Výroba elektřiny pomocí fotovoltaického systému	4
Graf 2 Vliv degradace solárních panelů SUNPOWER SPR-225-WHT	5
Graf 3 Celková spotřeba elektrické energie během let	7
Graf 4 Průměrné rozložení spotřeby elektrické energie v rodinném domě	7
Graf 5 Čas sepnutí nízkého a vysokého tarifu	8
Graf 6 Denní diagram zatížení rodinného domu	8
Graf 7 Bilance elektřiny v rodinném domě	9
Graf 8 Spotřebovaná energie v rodinném domě (varianta 0)	22
Graf 9 Efektivnost investice do fotovoltaického systému	25
Graf 10 Spotřebovaná energie v rodinném domě (varianta 1)	26
Graf 11 Výroba elektrické energie pomocí fotovoltaického systému na domě	27
Graf 12 Efektivnost investice do baterie PowerWall podle kritéria NPV	30
Graf 13 Spotřebovaná energie v rodinném domě (varianta 2)	31
Graf 14 Celkové náklady na elektřinu dle NPV s diskontní sazbou 4 %	33

## Úvod

V současnosti spotřeba elektrické energie stále narůstá. Náklady na energii jsou nejvyšší položkou v rozpočtu rodinných domů a každý rok se nepatrně zvyšují. Vliv na cenu elektřiny může v budoucnu mít i postupné odstavování uhelných elektráren, které vyrábí přibližně polovinu elektrické energie v České republice. V případě, že nebudeme schopni tuto energii vyrobit jinak a budeme ji muset odkupovat od okolních států, dojde pravděpodobně k nárůstu ceny elektřiny.

Cílem majitelů domů je proto snaha náklady na energii minimalizovat. Protože rodinný dům, kterým se v této práci zabývám, je novostavba, má již provedené základní opatření pro zvýšení úspor (zateplení fasády, meziokenní vložky...). Obdobná opatření pro snížení nákladů tedy nebudu navrhovat.

V rámci práce bych chtěl najít variantu, při které dosáhnu nejnižších nákladů na odebranou elektřinu. Porovnávat budu tři možnosti. V nulté variantě uvažuji, že na domě není instalován fotovoltaický systém. V první variantě se zabývám skutečností, tedy již aplikovaného fotovoltaického systému na střechu domu. Ve druhé variantě k fotovoltaickému systému přidám baterie, pro akumulaci přebytečné energie, abych zjistil, zda se vyplatí do baterií investovat.

Práci jsem rozdělil do několika kapitol. V kapitole 1 vás seznámím s domem a spočítám celkovou spotřebu energie v jednotlivých letech. Ve 2. kapitole zjistím, z jakých složek se cena elektřiny skládá. Také v ní uvedu, jak se spočítají náklady rodinného domu. V kapitole 3 se budu zabývat fotovoltaikou a v kapitole 4 spočítám náklady pro jednotlivé varianty. Zjistím, jaká je přibližná návratnost investice do fotovoltaického systému a baterie. V kapitole 5 pak jednotlivé varianty porovnáám, abych zjistil, jaká je z ekonomického hlediska nejvýhodnější.

# 1 Rodinný dům

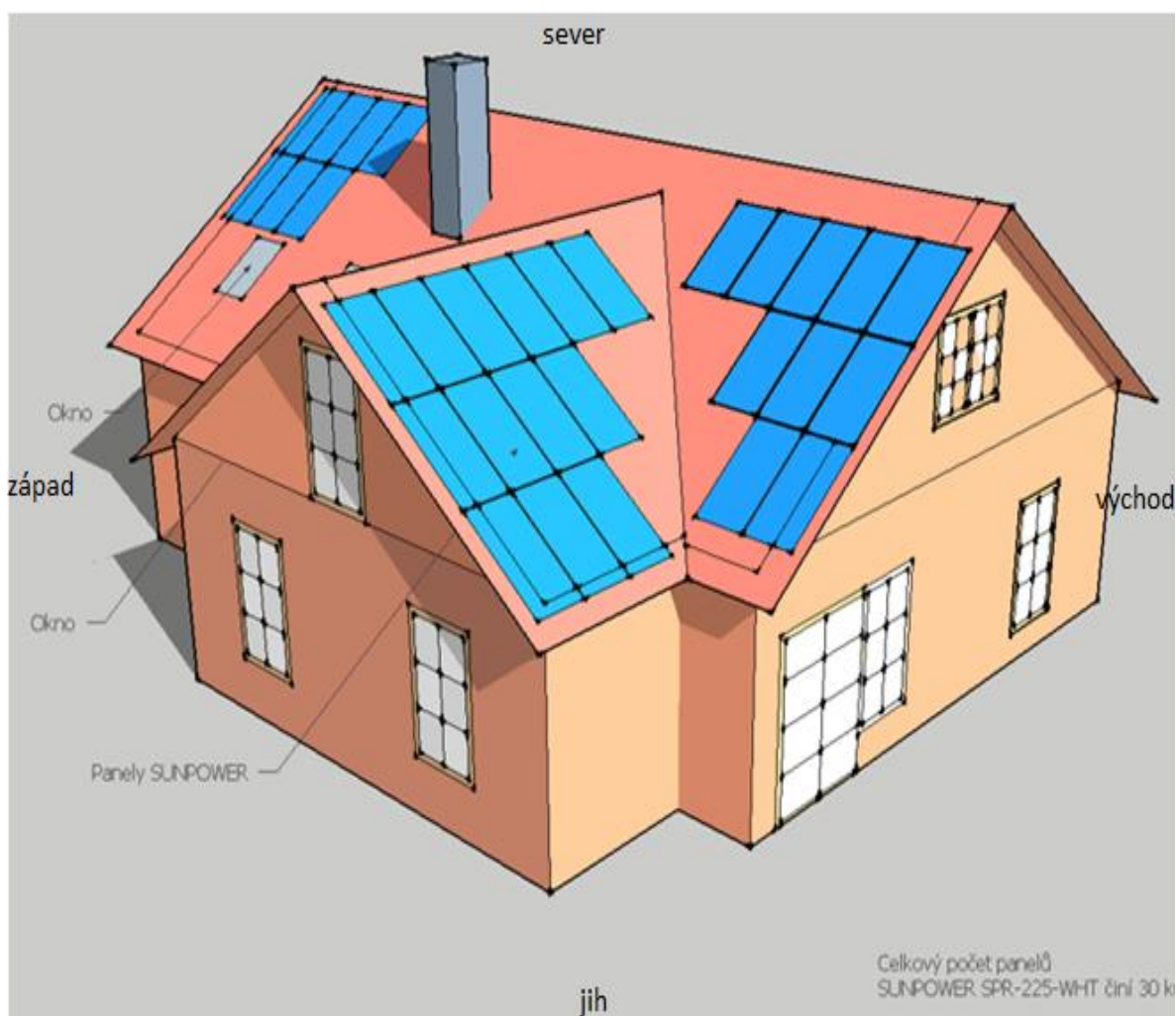
Rodinný dům (obrázek 1) má dvě patra a nachází se na jihu České republiky ve městě Strakonice. Byl postaven v roce 2005 a je obýván čtyřčlennou rodinou.

## 1.1 Popis rodinného domu

Ve spodním patře se nachází kuchyně, obývací pokoj a toaleta. V horním patře nalezneme ložnici, dětské pokoje, posilovnu a koupelnu. Do domu není přivedený zemní plyn ani teplá užitková voda. Na ohřev vody se využívá elektrický boiler. Pro vytápění se používají přímotopy a elektrické podlahové rohože, které jsou nastaveny na pokojovou teplotu 18 °C.

Rodinný dům je energeticky náročný, proto distributor umožňuje využívat sazbu D45 d. To znamená, že dům využívá dvacet hodin nízký tarif s cenou 72,22 Kč/MWh a čtyři hodiny vysoký tarif s cenou 238,08 Kč/MWh. Uvedené ceny jsou pro rok 2017 za distributorské služby bez dalších poplatků a bez silové složky.

Elektrickou energii dodává do domu společnost E.ON, což je holdingová energetická společnost se sídlem v Essenu (Německo), která zajišťuje distribuci elektrické energie a zemního plynu.



Obrázek 1 Rodinný dům

V květnu 2009 bylo na střechu umístěno celkem třicet solárních panelů SUNPOWER SPR-225-WHT od firmy Terms s cílem snížit náklady na elektrickou energii. Pro tuto investici se využila státní dotace Zelený bonus.

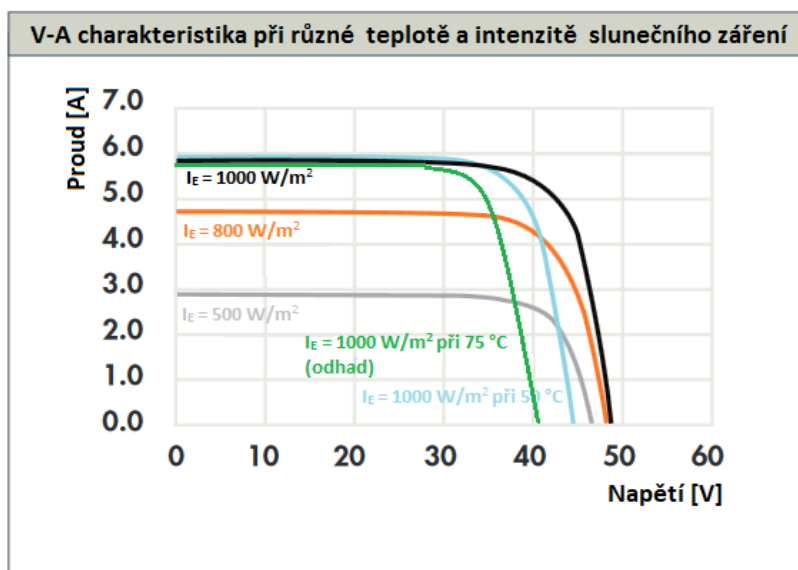
Třináct solárních panelů je situovaných na jihovýchod a sedmnáct na jihozápad s celkovou plochou 37,33 m<sup>2</sup>. Střecha, na které je fotovoltaický systém umístěn, má sklon přibližně 40°, což je ideální pro provoz solárních panelů.

Základní parametry těchto panelů jsou zapsané v příloze 1. Firma garantuje záruční lhůtu po dobu 10 let. Nabídkový list můžete vidět v tabulce 1. Fotovoltaický systém obsahuje vysoce účinné monokrystalické solární články, s účinností 17-18 %.

Počet panelů	ks	30
Parametr panelu	Wp/panel	225
Aktivní plocha	m <sup>2</sup>	38
Instalovaný výkon	kWp	6,75
Solární energie	MWh/kW/rok	1,10
Výkonový faktor	koef.	0,95
Roční získaný výkon	MWh/rok	7,05
Roční výnos	Kč/rok	95 226
Akviziční činnost, EON, ERU	OPCE	10 000
Projekt pro SP		0
Realizační dokumentace konstrukční		0
Realizační dokumentace elektro		10 000
Statika		0
Konstrukce+spojovací materiál		67 500
Rozvaděče+výbava (upřesněno dle RDS)		13 635
Kabeláž (upřesněno dle RDS)		11 509
Montáž elektro+ konstr.		54 270
SUNPOWER SPR-225_WHT	Pc	571 184
SUNPOWER SPR-225_WHT	Euro/Wp	3,18
Komunikace+ přenos dat		0
Fronius IG Plus 70 – 1 ks		76 637
Doprava		6 800
HSV		7 000
<b>Celková investice</b>		<b>811 534</b>

Tabulka 1 Nabídkový list od firmy Terms

Na voltampérové charakteristice solárního panelu SUNPOWER SPR-225-WHT (obrázek 2) je vidět, jaký vliv má změna teploty na účinnost solárního panelu při konstantní intenzitě slunečního záření. Čím vyšší teplota, tím má článek menší účinnost. To plyne ze vzorce  $P = U \times I$ . Při extrémních teplotách by mohlo dojít i k poškození nebo zničení solárního panelu.

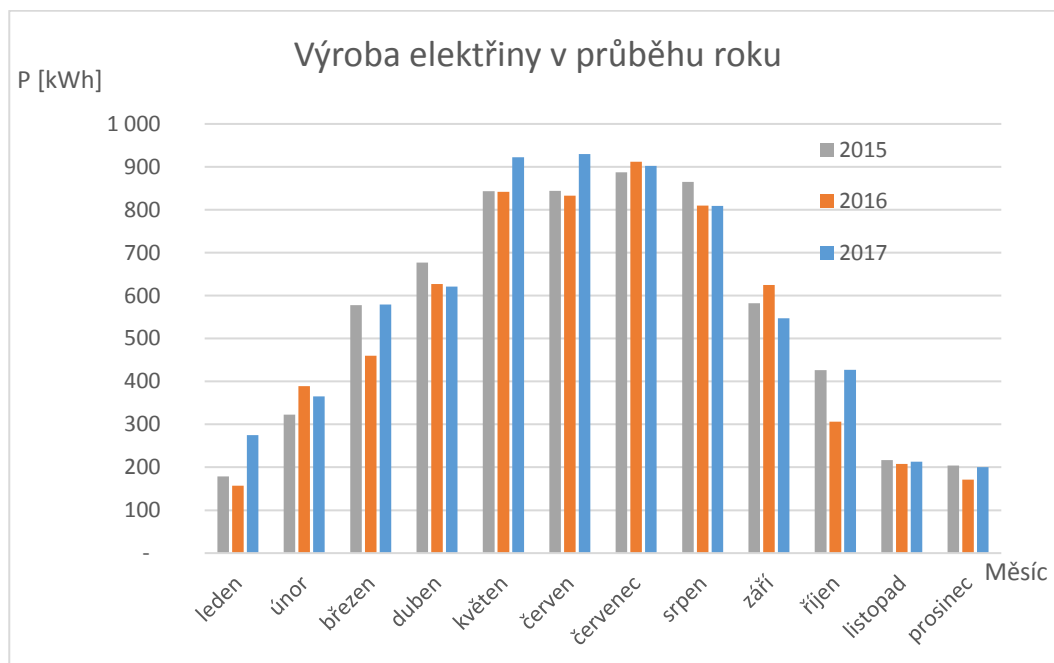


Obrázek 2 Voltampérová charakteristika solárního panelu SUNPOWER SPR-225-WHT [1]

Zároveň lze z obrázku 2 vyčíst, jak se mění účinnost solárního panelu SUNPOWER SPR-225-WHT, při změně intenzity slunečního záření a konstantní teplotě. Jelikož je v zimním období Země odvrácena od Slunce, intenzita slunečního záření nedosahuje takových hodnot, a proto je účinnost solárních panelů v tomto období nejnižší.

Pokud jsou solární panely zasněžené nebo nějak znehodnocené, mohou mít účinnost dokonce 0 %. Proto je potřeba solární panely opatrně očišťovat, pokud to je možné. Přestože jsou panely chráněny ochranným sklem, je při čištění nutná opatrnost, aby nedošlo ke zbytečnému poškození.

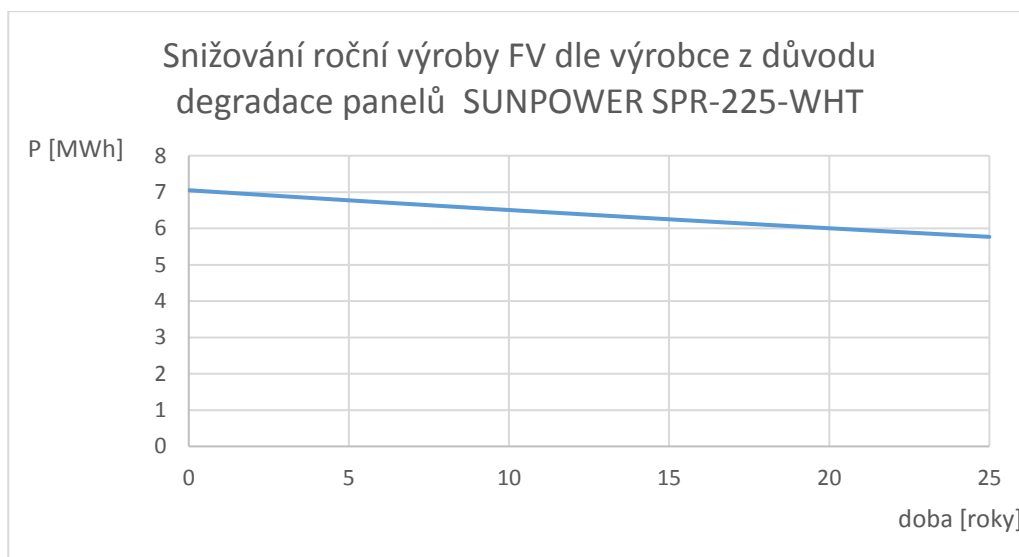
Výrobu elektrické energie pomocí fotovoltaického systému v průběhu jednoho roku jsem vynesl do grafu 1. [1]



Graf 1 Výroba elektřiny pomocí fotovoltaického systému

## 1.2 Degradace solárních panelů SUNPOWER SPR-225-WHT

Solární panely SUNPOWER SPR-225-WHT mají životnost garantovanou výrobcem 25 let. Během tohoto období ale dochází k postupné degradaci panelů. Vlivem degradace může dojít k poklesu až na hodnotu 80 % z původního výkonu. Z těchto údajů lze spočítat, že panely degradují přibližně o 0,8 % ročně. Průběh snižování výkonu vlivem degradace fotovoltaiky je vyneseny do grafu 2.



Graf 2 Vliv degradace solárních panelů SUNPOWER SPR-225-WHT

Výhodou těchto panelů je, že nepodléhají světlem vyvolané degradaci dle institutu pro výzkum solární energie GmbH Hameln (ISFH), který odhadl, že „světlem vyvolaná degradace snižuje výkon konvenčních solárních buněk o 2 až 7%. Buňky od SunPoweru jsou vyráběny z destiček bez bóru a jsou tím pádem zcela imunní vůči této prvotní světlem vyvolané degradaci“. [2]

## 1.3 Spotřeba rodinného domu

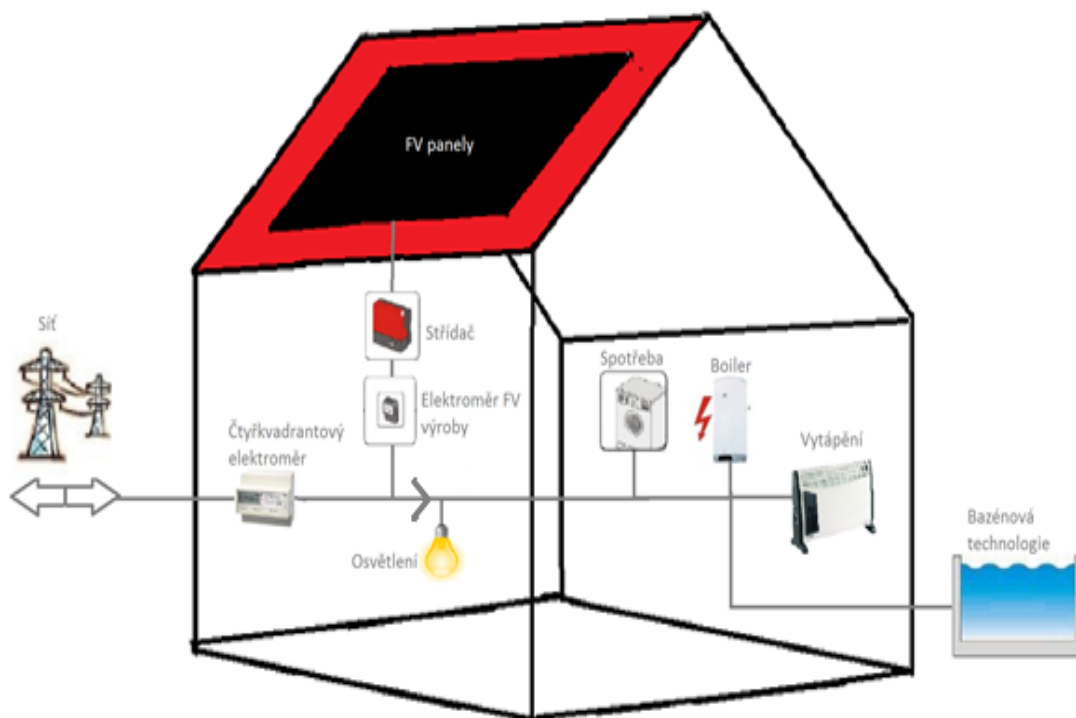
Jak již bylo řečeno v kapitole 1.1, v rodinném domě se využívá pouze elektrická energie. V tabulce 2 uvádím reálnou spotřebu elektrické energie během jednotlivých let. Za tyto hodnoty bych chtěl poděkovat Martinovi Břejchovi.



Spotřeba rodinného domu [kWh]					
rok	2013	2014	2015	2016	2017
leden	2 493	2 431	2 397	1 853	2 530
únor	2 523	2 133	2 226	1 597	2 025
březen	2 472	1 707	2 006	2 068	1 574
duben	1 428	1 131	1 262	1 149	1 167
květen	1 019	962	789	721	806
červen	954	994	736	791	749
červenec	884	582	1 064	788	574
srpen	860	532	678	668	531
září	965	646	707	596	879
říjen	1 416	1 086	1 187	1 072	1010
listopad	1 860	1 565	1 192	1 747	1843
prosinec	2 529	2 220	1 826	2 143	2037
celkem	19 403	15 989	16 070	15 193	15 725

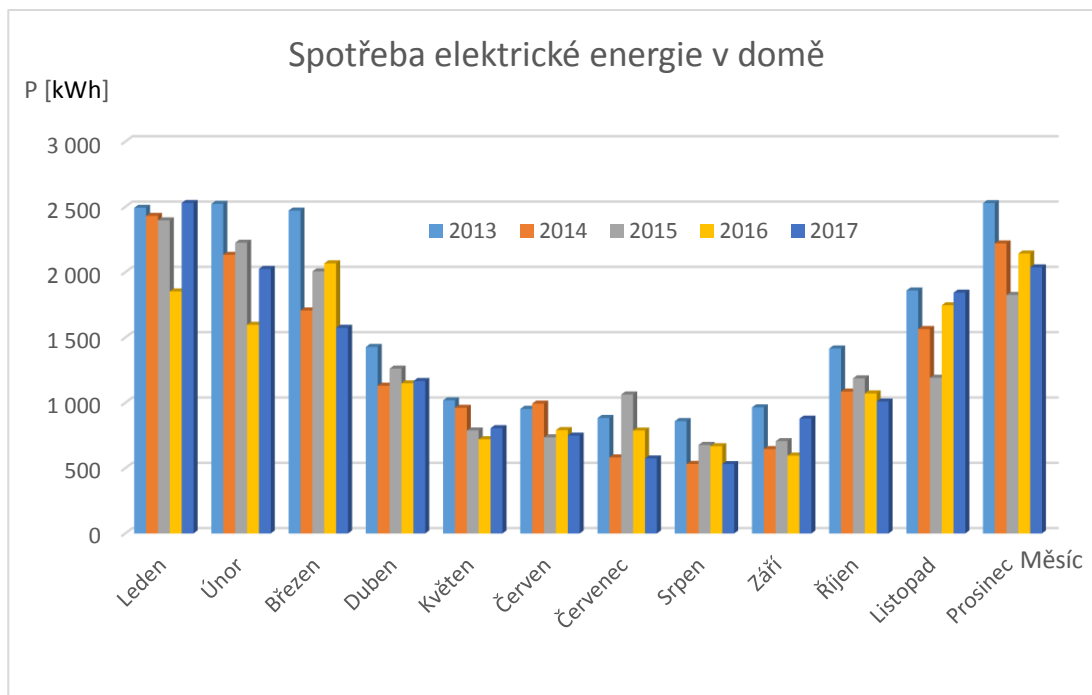
Tabulka 2 Celková spotřeba elektrické energie

Spotřebu elektrické energie v rodinném domě jsem rozdělil do několika skupin. Následně je zakreslil schematicky do obrázku 3, kde je vidět využití elektrické energie.

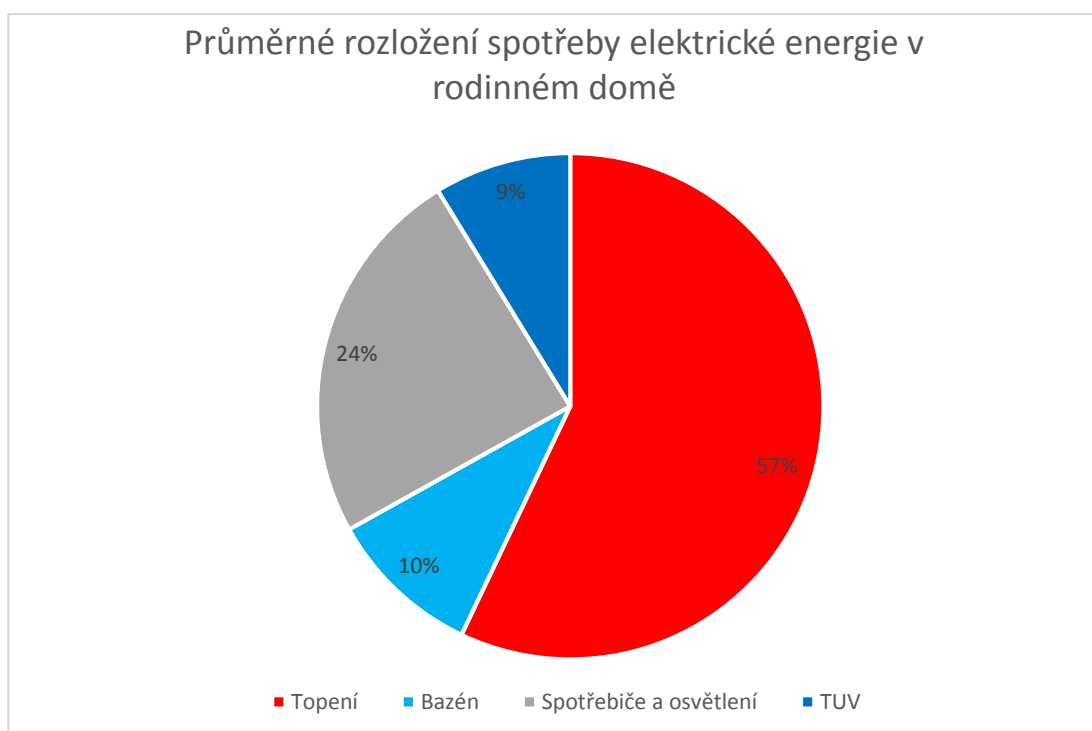


Obrázek 3 Spotřeba elektrické energie v rodinném domě

Na grafu 3 můžeme vidět, že nejvyšší spotřeby elektrické energie se dosáhne během zimního období. To je způsobeno elektrickým vytápěním celého rodinného domu pomocí elektrických přímotopů a podlahových rohoží, což je vidět na grafu 4.



*Graf 3 Celková spotřeba elektrické energie během let*

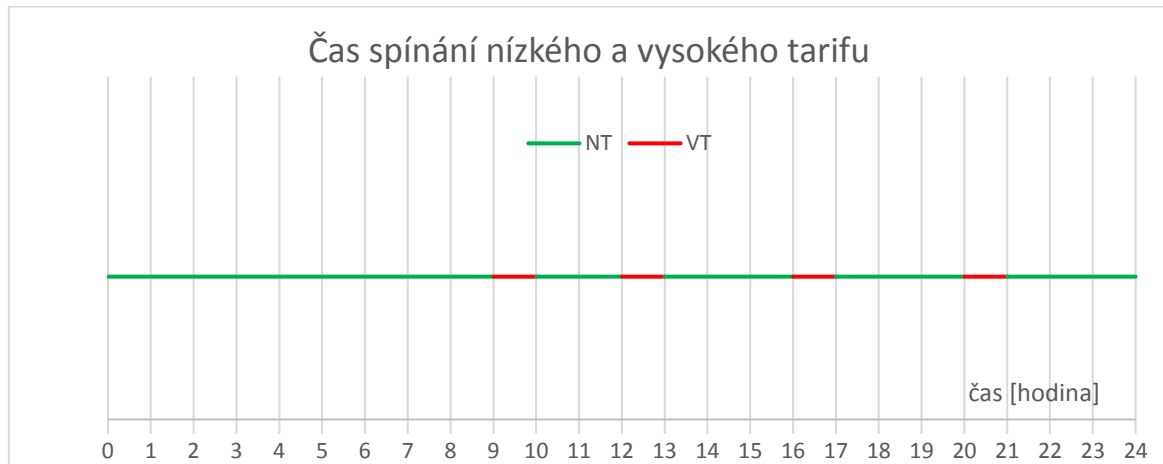


*Graf 4 Průměrné rozložení spotřeby elektrické energie v rodinném domě*

V únoru 2017 bylo na rodinném domě provedeno zateplení střechy, které vedlo ke snížení tepelných ztrát.

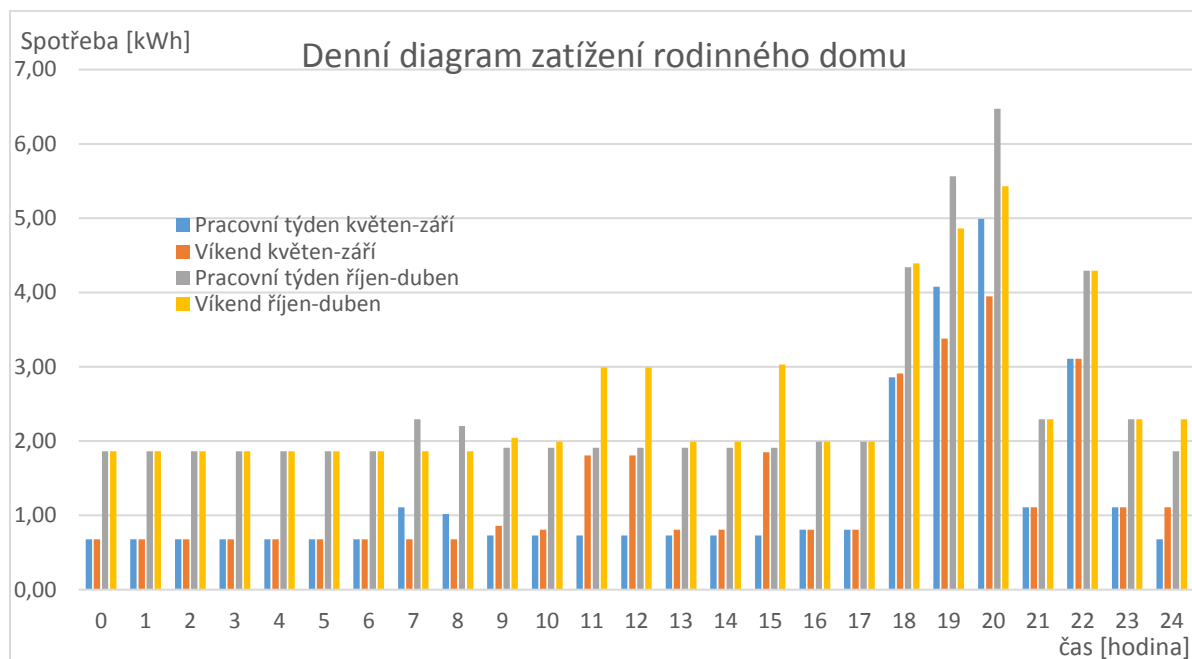
## 1.4 Denní diagram spotřeby elektrické energie v domě

Sepnutí nízkého a vysokého tarifu (graf 5) je pevně dáno distributorem, proto není třeba mít v domě instalován přijímač HDO. V domě je elektrický boiler SMART, který se spustí pouze v případě, když běží nízký tarif. U vytápění možnost „spouštění v nízkém tarifu“ není využívána, přestože to topný systém umožňuje. Pokud je v domě naměřená teplota pod 18 °C, tak se automaticky spustí podlahové vytápění a přímotopy.



Graf 5 Čas sepnutí nízkého a vysokého tarifu

Denní diagramy se liší, podle toho zda je pracovní den nebo víkend. Dále jsou výrazně ovlivněny ročním obdobím a počasím. Do příloh 2 a 3 jsem zapsal jednotlivé příkony nejpoužívanějších spotřebičů v rodinném domě a přibližnou dobu jejich využívání. Z těchto hodnot jsem odhadl denní diagram, který je zakreslen v grafu 6. Vidíme, že v pracovním týdnu je spotřeba energie vyšší v ranních a večerních hodinách. O víkendu je již spotřeba více proměnlivá, jelikož se využívá v průběhu dne více náročných spotřebičů.



Graf 6 Denní diagram zatížení rodinného domu

## 1.5 Bilance elektřiny v rodinném domě

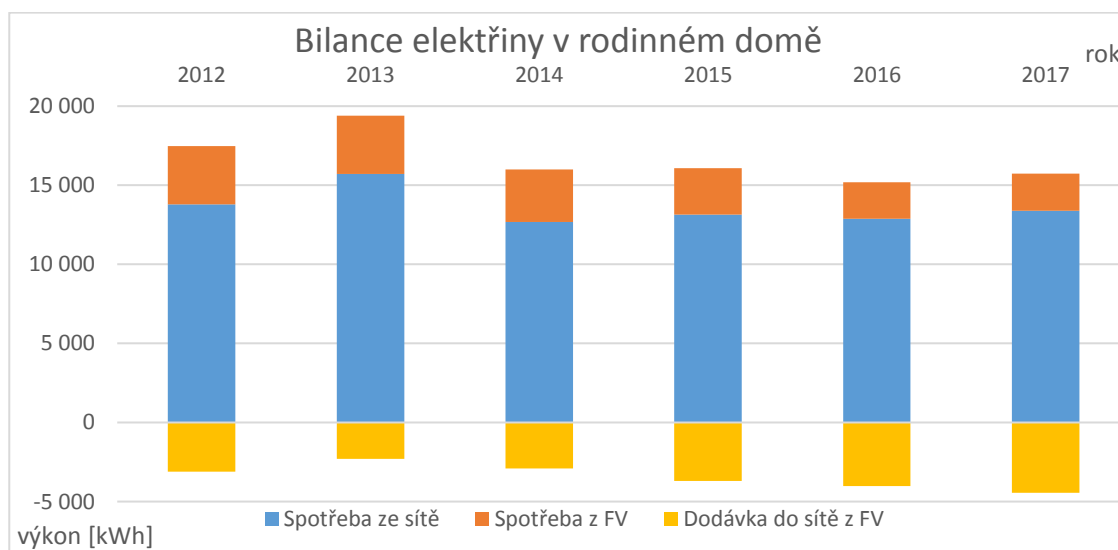
V této části jsem uvedl energetické toky v rodinném domě za posledních 6 let.

rok	změřené hodnoty			spočítané hodnoty	
	spotřeba ze sítě	výroba FV	dodávka FV do sítě	spotřeba celkem	spotřeba z FV
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
2 012	13 797	6 796	-3 110	17 483	3 686
2 013	15 722	5 972	-2 291	19 403	3681
2 014	12 672	6 218	-2 901	15 989	3317
2 015	13 151	6 625	-3 706	16 070	2919
2 016	12 877	6 340	-4 024	15 193	2316
2 017	13 389	6790	-4454	15 725	2336

Tabulka 3 *Bilance elektřiny v rodinném domě*

$$\text{spotřeba z FV} = \text{výroba FV} + \text{dodávka FV do sítě} \quad (1)$$

$$\text{spotřeba celkem} = \text{spotřeba ze sítě} + \text{spotřeba z FV} \quad (2)$$



Graf 7 *Bilance elektřiny v rodinném domě*

## 2 Náklady na elektrickou energii

V této kapitole se budu zabývat skladbou ceny elektrické energie. Potom vypočítám náklady rodinného domu na elektrickou energii.

Cenu odebrané elektřiny z přenosové soustavy můžeme rozdělit do těchto složek:

- distribuční složka
- silová složka
- DPH

Cenu elektrické energie reguluje energetický regulační úřad.

### 2.1 Distribuční složka

V České republice působí tři provozovatelé distribuční soustavy (PDS). Jsou to společnosti ČEZ Distribuce, E. ON Distribuce a PRE distribuce. PDS soustavy mají vymezené konkrétní území, kde mohou rozvádět elektrickou energii pro odběratele. Cena za distribuci elektřiny podléhá regulaci od Energetického regulačního úřadu.

Distribuční cena elektrické energie se skládá z těchto poplatků:

- podpora obnovitelných zdrojů energie (OZE)
- měsíční plat za příkon, podle proudové hodnoty jističe
- distribuční sazba elektřiny
- systémové služby
- činnost operátora trhu s elektřinou (OTE)

#### Podpora obnovitelných zdrojů energie

*„Cena na podporu výkupu elektřiny z obnovitelných zdrojů (OZE) a kombinované výroby elektřiny a tepla. V souvislosti se vstupem do EU se Česká republika zavázala tento typ výroby podporovat s ohledem na jeho ekologický přínos. Výrobní náklady u těchto zdrojů jsou ale vyšší, proto jsou pokrývány z tohoto poplatku“ [3]*

#### Měsíční plat za příkon podle jmenovité proudové hodnoty hlavního jističe

Tato cena se odvíjí od jmenovité proudové hodnoty hlavního jističe. Umisťuje se před elektroměr. Čím vyšší jmenovitá proudová hodnota, tím může být vyšší energetická náročnost spotřebičů. Zároveň se to ale projeví tak, že budu muset zaplatit vyšší částku. Tato částka je fixní a nezávisí na spotřebě elektrické energie. Pouze pokrývá stálé náklady distributora. Z toho důvodu se nevyplatí mít předimenzované jističe. Pokud ale jistič nebude dostatečně dimenzovaný, tak bude docházet k výpadkům proudů při přetížení. [3]

## Distribuční sazba elektřiny

Existují tři základní kategorie, do kterých se řadí spotřebitele podle spotřeby elektrické energie.

### kategorie:

- 1) Domácnosti, které využívají elektrickou energii pouze pro osvětlení a běžný provoz elektrických spotřebičů.
- 2) Domácnosti, které používají energii pro běžný provoz, ale navíc využívají energii pro vytápění a ohřev vody. Tyto domácnosti jsou energeticky náročné.
- 3) Chataři

V první kategorii jsou domácnosti v jednotarifové sazbě. To znamená, že platí pořád stejnou cenu, za odebranou MWh.

Ve druhé kategorii už to je složitější, jelikož tyto domácnosti jsou energeticky náročnější a distributor jim často umožňuje využívat dvoutarifové sazby (nízký a vysoký tarif). Cena elektrické energie závisí na době odběru elektřiny. Nízký tarif je zvýhodněná cena elektřiny. Pro zjištění času spínání nízkého tarifu je nutné znát povel nebo kód HDO (obrázek 4). Další možností je, že distributor spínání vysokého a nízkého tarifu stanoví v předem stanovený čas. Každá smlouva musí obsahovat informace o čerpání jednotlivých tarifů.

Chataři využívají také dvoutarifové sazby. Jejich cena se ale odvíjí od toho, jestli je pracovní den nebo víkend.

Tyto ceny podléhají regulaci Energetického regulačního úřadu. [3,4]

## HDO

Hromadné dálkové ovládání je skupina technických prostředků. Umožňují vysílat signály nebo povel, pomocí kterých je možné přepínání nízkého a vysokého tarifu nebo zapínání a vypínání spotřebičů. S HDO tedy můžeme výrazně ušetřit. [5]



Obrázek 4 Přijímač HDO [5]

### **Systémové služby**

Systémové služby definují povinnosti provozovatele přenosové soustavy. Jedná se hlavně o zajištění rovnováhy mezi spotřebou elektřiny a výrobou v každém okamžiku. Tyto služby zajišťuje na území České republiky Česká energetická přenosová soustava – ČEPS. Tyto služby se zajišťují pomocí podpůrných služeb, které při převaze spotřeby dodávají chybějící výkon. V opačném případě mají za úkol snížit výrobu nebo zajistit spotřebu elektrické energie.

### **Operátor trhu s elektřinou (OTE)**

Operátor trhu s elektřinou je akciová společnost, kterou vlastní stát. Stará se o krátkodobý trh s elektřinou a plynem. Zabývá se vyhodnocováním a zúčtováním odchylek mezi plánovaným a reálným množstvím dodávky. Zpracovává měsíční a roční zprávy o trhu s elektřinou a plynem v České republice. [6]

## **2.2 Silová složka**

### **Pevná cena**

Tuto cenu určuje, jaký produkt od distributora odebíráme. Tato částka je fixní.

### **Sazba elektřiny**

Cena za vyrobenou elektřinu, která může být rozdělena na nízký a vysoký tarif.

### **Daň**

Tato částka tvoří část ceny elektřiny od roku 2008, kterou provozovatelé distribuční soustavy hradí Celní správě. Jedná se o tzv. ekologickou daň.

## **2.3 Náklady na elektrickou energii v rodinném domě**

Při snížení teploty o 1 °C se dle statistik průměrně sníží náklady o 6 % z celkových ročních nákladů, které vynaložíme na teplo. Ideální teplota pro spánek se pohybuje okolo 18-19 °C. Náklady na elektrickou energii uvádím v následujících tabulkách 4 a 6.

	NT <sub>s</sub>	VT <sub>s</sub>	I <sub>JISTIČ</sub>	cena NT	cena VT	jistič	SS	OZ	OT	distribuce
Datum	[kWh]	[kWh]	[A]	[Kč/MWh]	[Kč/MWh]	[Kč]	[Kč/MWh]	[Kč/MWh]	[Kč]	[Kč]
I/2016	1 469	315	32	68,78	219,08	333,00	99,71	495,00	6,58	1 571
II/2016	1 157	224	32	68,78	219,08	333,00	99,71	495,00	6,58	1 290
III/2016	1 534	291	32	68,78	219,08	333,00	99,71	495,00	6,58	1 594
IV/2016	747	177	32	68,78	219,08	333,00	99,71	495,00	6,58	979
V/2016	388	92	32	68,78	219,08	333,00	99,71	495,00	6,58	672
VI/2016	388	105	32	68,78	219,08	333,00	99,71	495,00	6,58	682
VII/2016	337	93	32	68,78	219,08	333,00	99,71	495,00	6,58	639
VIII/2016	329	95	32	68,78	219,08	333,00	99,71	495,00	6,58	635
IX/2016	358	106	32	68,78	219,08	333,00	99,71	495,00	6,58	663
X/2016	751	201	32	68,78	219,08	333,00	99,71	495,00	6,58	1 001
XI/2016	1 353	321	32	68,78	219,08	333,00	99,71	495,00	6,58	1 499
XII/2016	1 669	377	32	68,78	219,08	333,00	99,71	495,00	6,58	1 754
I/2017	1 931	433	32	72,22	238,08	362,00	93,94	495,00	4,9	2 002
II/2017	1 509	332	32	72,22	238,08	362,00	93,94	495,00	4,9	1 639
III/2017	1 103	232	32	72,22	238,08	362,00	93,94	495,00	4,9	1 288
IV/2017	740	189	32	72,22	238,08	362,00	93,94	495,00	4,9	1 012
V/2017	420	114	25/32	72,22	238,08	354,10	93,94	495,00	4,9	731
VI/2017	340	121	25	72,22	238,08	283,00	93,94	495,00	4,9	613
VII/2017	242	83	25	72,22	238,08	283,00	93,94	495,00	4,9	571
VIII/2017	276	96	25	72,22	238,08	283,00	93,94	495,00	4,9	550
IX/2017	504	175	25	72,22	238,08	283,00	93,94	495,00	4,9	766
X/2017	695	181	25	72,22	238,08	283,00	93,94	495,00	4,9	897
XI/2017	1399	334	25	72,22	238,08	283,00	93,94	495,00	4,9	1 489
XII/2017	1605	335	25	72,22	238,08	283,00	93,94	495,00	4,9	1 626

Tabulka 4 Distribuční složka ceny elektřiny

Zkratka	Vysvětlení
NT <sub>s</sub>	spotřeba elektřiny v nízkém tarifu
VT <sub>s</sub>	spotřeba elektřiny ve vysokém tarifu
I <sub>JISTIČ</sub>	pro jaký proud je dimenzován použitý jistič v domě
cena NT	cena za distribuci elektřiny pro nízký tarif
cena VT	cena za distribuci elektřiny pro vysoký tarif
jistič	platba za příkon podle jmenovité proudové hodnoty jističe
SS	systémové služby
OZ	podpora obnovitelných zdrojů
OT	cena za činnost zúčtování nízkého a vysokého tarifu od operátora trhu s elektřinou
distribuce	celková cena za distribuční služby

Tabulka 5 Vysvětlení k tabulce 4



datum	Silová složka					Celková cena		
	NT	VT	stálý plat	daň	silová složka	bez DPH	s DPH	DPH
	[Kč/MWh]	[Kč/MWh]	[Kč]	[Kč/MWh]	[Kč]	[Kč]	[Kč]	[%]
I/2016	1 293,00	1 699,00	58,00	28,30	2 543	4 114	4 978	21
II/2016	1 293,00	1 699,00	58,00	28,30	1 974	3 263	3 948	21
III/2016	1 293,00	1 699,00	58,00	28,30	2 588	4 182	5 060	21
IV/2016	1 293,00	1 699,00	58,00	28,30	1 351	2 330	2 819	21
V/2016	1 293,00	1 699,00	58,00	28,30	730	1 401	1 696	21
VI/2016	1 293,00	1 699,00	58,00	28,30	752	1 434	1 736	21
VII/2016	1 293,00	1 699,00	58,00	28,30	664	1 303	1 576	21
VIII/2016	1 293,00	1 699,00	58,00	28,30	657	1 292	1 563	21
IX/2016	1 293,00	1 699,00	58,00	28,30	714	1 377	1 667	21
X/2016	1 293,00	1 699,00	58,00	28,30	1 397	2 399	2 903	21
XI/2016	1 293,00	1 699,00	58,00	28,30	2 400	3 899	4 717	21
XII/2016	1 293,00	1 699,00	58,00	28,30	2 914	4 668	5 649	21
I/2017	1 293,00	1 699,00	58,00	28,30	3 357	5 359	6 484	21
II/2017	1 293,00	1 699,00	58,00	28,30	2 625	4 264	5 160	21
III/2017	1 293,00	1 699,00	58,00	28,30	1 916	3 204	3 877	21
IV/2017	1 293,00	1 699,00	58,00	28,30	1 362	2 375	2 873	21
V/2017	1 293,00	1 699,00	58,00	28,30	810	1 541	1 864	21
VI/2017	1 293,00	1 699,00	58,00	28,30	716	1 329	1 608	21
VII/2017	1 293,00	1 699,00	58,00	28,30	521	1 038	1 256	21
VIII/2017	1 293,00	1 699,00	58,00	28,30	588	1 138	1 377	21
IX/2017	1 293,00	1 699,00	58,00	28,30	1 026	1 792	2 168	21
X/2017	1 293,00	1 699,00	58,00	28,30	1 289	2 186	2 645	21
XI/2017	1 293,00	1 699,00	58,00	28,30	2 483	3 973	4 807	21
XII/2017	1 293,00	1 699,00	58,00	28,30	2 757	4 383	5 304	21

Tabulka 6 Silová složka ceny elektřiny

Zkratka	Vysvětlení
NT	cena silové elektřiny pro nízký tarif
VT	cena silové elektřiny pro vysoký tarif
stálý plat	pevná cena za měsíc pro sazbu D45d
daň	

Tabulka 7 Vysvětlení k tabulce 6

$$distribuce = NT_S \times \frac{cena\ NT}{1000} + VT_S \times \frac{cena\ VT}{1000} + jistič + (NT_S + VT_S) \times \left(\frac{SS+OZ}{1000}\right) + OT \quad (3)$$

$$silová\ složka = \frac{NT \times NT_S}{1000} + \frac{VT \times VT_S}{1000} + stálý\ plat + \frac{daň}{1000} \times (NT_S + VT_S) \quad (4)$$

$$cena\ bez\ DPH = silová\ složka + distribuce \quad (5)$$

$$cena\ s\ DPH = cena\ bez\ DPH \times \left(\frac{DPH}{100} + 1\right) \quad (6)$$

## 3 Fotovoltaika

V této kapitole se budu zabývat fotovoltaickým systémem. Nejdříve se zaměřím krátce na historii a jednotlivé typy solárních panelů. Následně popíši, jakým způsobem je možné aplikovat solární panely na rodinný dům.

### 3.1 Historie fotovoltaiky

Francouzský fyzik Alexandr Edmond Becquerel při náhodných experimentech s kovovými elektrodami ponořenými v elektrolytu zjistil že „*proud mezi kovovými elektrodami ponořenými v roztoku (kapalině) se mění v závislosti na intenzitě osvětlení*“. [7] Tomuto jevu se říká fotoelektrický jev.

Další významný objev učinili Williams Grylls Adams a jeho student Richard Evans Day při objevení fotovoltaického jevu „*Na rozdíl od fotoelektrického jevu pozorovaného Becquerelem, kdy se proud elektrického článku měnil působením světla, v tomto případě vznikalo elektrické napětí (a proud) bez působení vnějšího elektrického pole pouze působením světla*“. [7]

První fotovoltaický článek byl vyroben v roce 1954. Jeho účinnost se pohybovala okolo 6 %. Jako elektrický zdroj byl použit ale až v roce 1958 na kosmických družicích.

Zájem o využití fotovoltaiky pro komerční výrobu elektrické energie vyvolala ropná krize v sedmdesátých letech. V tomto období se za pomoci intenzivního výzkumu povedla zvýšit účinnost a snížit náklady fotovoltaiky.

Nejvyšší zájem byl ale až na začátku 21. století po zavedení různých dotací. Nejčastěji se využívala dotace Zelený bonus. [7]

### 3.2 Solární panely

Při sérioparalelním zapojení fotovoltaických článků, které se přilepí na tedlarový podklad, což je speciální materiál odolný vůči UV záření a nepropustný pro vodní páru, vzniká solární panel. Články jsou chráněné vysoce propustným a odolným sklem. Sklo chrání solární panel před znečištěním, mechanickým poškozením a korozí. Moderní články mají antireflexní vrstvu, která snižuje ztrátu světla. Toto opatření zvýší účinnost o několik procent. Ze zadní strany jsou často chráněny laminátovou deskou.

Vše se uloží do duralového rámu. Pomocí tohoto rámu se pak fotovoltaické panely upevňují na různé konstrukce. Ty můžeme rozdělit na dva základní typy, tedy na statické a natáčivé konstrukce. Natáčivé konstrukce můžeme ještě rozdělit na jednoosé a dvouosé. Jednoosé konstrukce se natáčí za sluncem pouze horizontálně. Dvouosé konstrukce se umí natáčet za Sluncem horizontálně i vertikálně, proto mají nejvyšší účinnost. Jsou ale nejnáročnější a nejdražší. Životnost panelů bývá stanovena výrobcem na 25 let s minimální účinností 80 %. [8,11]

#### Fotovoltaické panely z monokrystalického křemíku

Jedná se o základní a nejstarší typ fotovoltaických panelů. Jejich průměrná tloušťka se pohybuje okolo 10 cm. Nejčastěji se vyrábí Czochralského metodou. Tato metoda spočívá v tom, že do kelímku, který je z křemenného skla se vloží materiál a zárodek monokrystalu je umístěn do tažičky. Zárodek se v tažičce pomalu otáčí a vytahuje. Čistota křemíku by měla dosahovat alespoň hodnoty 99,99999 %. Nevýhoda u těchto panelů je náročnější výroba a proto i vyšší pořizovací cena.

### Fotovoltaické panely z polykrystalického křemíku

V dnešní době nejvyužívanější. Vyrábí se odléváním čistého křemíku do speciálních forem a řezáním vzniklých ingotů na tenké plátky. Tato metoda je výrazně jednodušší než tažení monokrystalu. Mají ale nižší účinnost. To je způsobeno tím, že na styku krystalových zrn je vyšší odpor. Výhodou je, že jsou levnější než monokrystalické a lze je vyrábět ve větších rozměrech.

### Fotovoltaické panely z amorfního křemíku

Princip výroby spočívá v rozkladu vhodných sloučenin křemíku ve vodíkové atmosféře. Touto metodou se dají vytvářet velmi tenké a ohebné vrstvy. Proto na výrobu není třeba velké množství materiálu. Mají však nízkou účinnost. Pohybuje se okolo 7 %. Dají se využít i jako nášivky na batohy a na oblečení, proto se využívají třeba v armádách.

## 3.3 Optimální umístění solárních panelů

Konstrukce se solárními panely se umísťují tak, aby byly orientované směrem na jih, protože tak mají nejvyšší výkon. Při odchylce do 20° od jižního směru se snižuje výkon sluneční elektrárny přibližně o 5 %. Pokud umístíme panely ve směru na západ nebo východ, tak už jsou ztráty výraznější. V České republice to je přibližně okolo 25 %.

Sklon panelů závisí na způsobu využívání. Pokud máme v úmyslu je využívat pro ostrovní provoz, doporučuje se sklon okolo 50°, jelikož je v zimním období slunce nízko a sluneční paprsky dopadají na fotovoltaické panely pod vyšším úhlem. Pro maximalizaci výroby je ideální úhel okolo 33°. Intenzita slunečního záření dosahuje nejvyšších hodnot během léta při mírně oblačném počasí vlivem dalších odrazů od mraků. Může dosáhnout až 1400 W/m<sup>2</sup>.

Solární panely je také potřeba očišťovat od nečistot (spadané listí, prach) a v zimním období od sněhu, abychom zajistili co nejvyšší výkon. Při čištění je nutné být opatrný, aby nedošlo k poškrábání nebo jinému znehodnocení fotovoltaického panelů.

Dále výkon výrazně ovlivňuje zastínění, proto je nutné předvídat, zda nemůže dojít k zastínění od okolních budov nebo stromů.

Další významný vliv na fotovoltaický systém má teplota. Při zvyšování teploty dochází k poklesu výkonu fotovoltaického panelu přibližně o 4 % na 1 °C. [9]

## 3.4 Výhody a nevýhody fotovoltaiky

Výhody	Nevýhody
nevyčerpatelný zdroj energie	nízká průměrná roční intenzita slunečního záření v ČR
žádné emise a škodlivé látky	krátká průměrná roční doba slunečního svitu v ČR
bezhluchý provoz	kolísání intenzity záření v průběhu roku
jednoduchá a rychlá instalace	malá účinnost přeměny
není třeba obsluha	vysoké investiční náklady na instalaci
státní dotace	náročná likvidace
provozní spolehlivost	životnost do 30 let

Tabulka 8 Výhody a nevýhody fotovoltaiky [10,11]

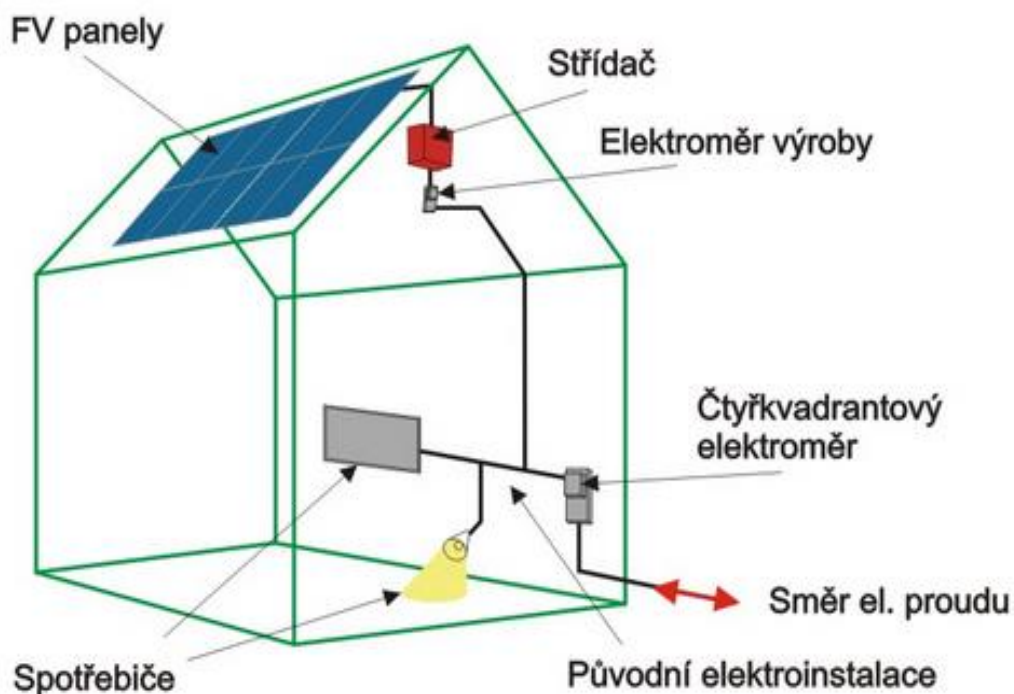
### 3.5 Možné způsoby umístění fotovoltaické elektrárny na rodinný dům

V dnešní době se stává čím dál populárnějším umísťovat fotovoltaické systémy na domy za účelem snížení nákladů na elektrickou energii. To je výrazně podpořeno státními dotacemi. Například dotaci Zelený bonus šlo využít pro instalaci fotovoltaického systému do konce roku 2013. Od roku 2015 je možné získat od státu dotaci Nová zelená úsporám, u které lze získat zpátky až 50 % investičních nákladů. O tuto dotaci je možné požádat do konce roku 2021.

#### 3.5.1 Zelený bonus

Nejdříve se spotřebuje vyrobená energie. Pokud má spotřebitel energie nedostatek, distributor ji za klasickou cenu dodává. Při přebytku energie spotřebitel prodává vyrobenou elektrickou energii distributorovi za výkupní cenu. Je třeba mít v domě nainstalovaný čtyřkvadrantový elektroměr, který měří vyrobenou i spotřebovanou energii odděleně. Pokud má elektrárna výkon do 10 kW, tak není nutné vlastnit licenci. Spotřebitel ale musí mít smlouvu s obchodníkem s elektřinou a s provozovatelem distribuční soustavy o připojení do sítě. Obchodník s elektřinou rezervuje v síti výkon a přebírá odpovědnost za způsobené odchylky v dodávkách elektrické energie.

Pro spotřebitele je tato dotace výhodná, protože se počítá z vyrobené elektřiny s danou výkupní cenou a přitom vyrobenou elektřinu z fotovoltaického systému může bezplatně spotřebovat. Cena zeleného bonusu se vždy stanovuje na rok podle ceny silové elektřiny. Výkupní cena je garantována po dobu dvaceti let a je navyšována o index cen průmyslových výrobců v rozmezí 2-4 % ročně. Tento způsob využití solárních panelů na domech je v dnešní době nejrozšířenější. Způsob zapojení je vidět na obrázku 5.

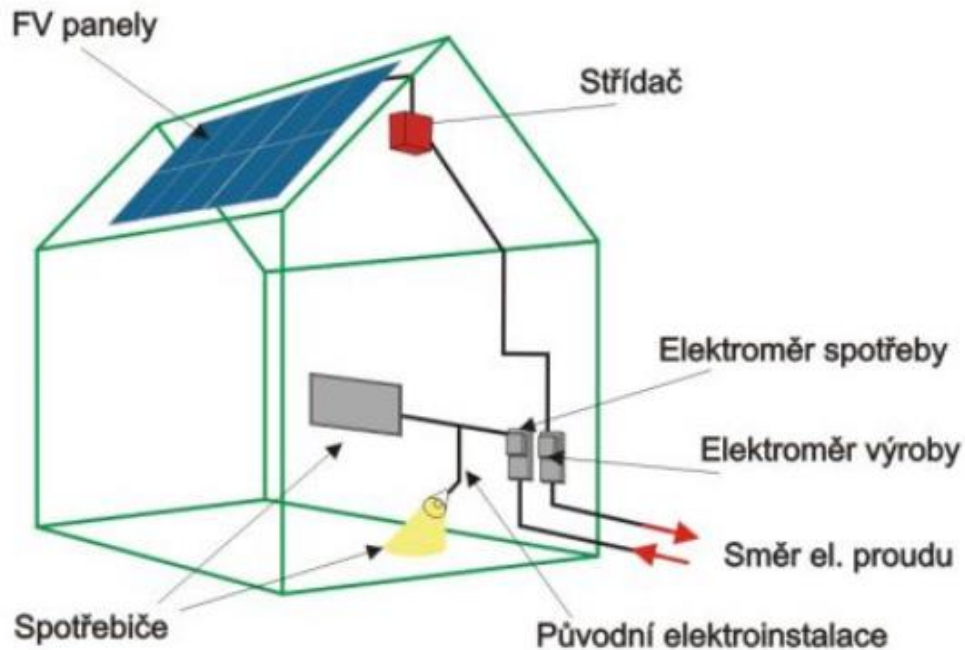


Obrázek 5 Zelený bonus [8]

### 3.5.2 Přímý prodej

V dnešní době se tolik nevyužívá, jelikož veškerá vyrobená elektřina se musí prodat za výkupní cenu provozovateli distribuční sítě. Výkupní cena je dána ERÚ pro daný rok ale nemůže se snižovat pod minimální hodnotu po dobu 20 let. Při inflaci se může ale nepatrně zvyšovat. Distributor má povinnost elektřinu odkoupit podle zákona č. 180/05 Sb.

Při odběru elektřiny ze sítě se platí klasická cena distributorovi. Způsob zapojení je vidět na obrázku 6.



Obrázek 6 Přímý prodej [8]

### 3.6 Střídač

Střídače, někdy nazývané invertory jsou důležitou součástí domácí fotovoltaické elektrárny, jelikož se v zásuvkách vyskytuje střídavé elektrické napětí. Dokáží přeměnit stejnosměrné napětí, které je vyrobeno fotovoltaickými panely na střídavé elektrické napětí. Další důležitou činností střídače je, že řídí výrobu ze solárních panelů a zároveň monitoruje frekvenci a napětí v síti. Dokáže elektrárnu odpojit od sítě v případě výpadku, nebo nedodržení kvalitativních požadavků na vyrobenou elektřinu. V domě se umísťují nejčastěji na zed'. Rozdělují se podle velikosti maximálního výkonu, který jsou schopné přeměnit. Podle toho se musí vhodně dimenzovat. Jelikož výkon fotovoltaických panelů časem klesá, tak není nutné fotovoltaický systém výrazně předimenzovat a tím pádem nemusíme platit za výrazně dražší zařízení. Střídač je nejcitlivější součástí fotovoltaické elektrárny.

Na rodinném domě je využit střídač Fronius IG Plus 70 (obrázek 7) se záruční lhůtou 10 let. Parametry tohoto střídače jsou uvedeny v příloze 4. [8]



*Obrázek 7 Střídač Fronius IG Plus 70 [18]*

## 4 Revize o rozhodnutí instalace fotovoltaického systému na dům

V této kapitole spočítám, jaké jsou celkové náklady při aplikaci těchto variant. V nulté variantě se budu zabývat, jakých nákladů na elektřinu dosáhnu, pokud veškerou potřebnou energii získám od distributora. V první variantě se budu zabývat skutečnými náklady. Tedy náklady, kterých dosáhnu s využitím fotovoltaického systému. Ve druhé variantě fotovoltaický systém rozšířím o baterie pro akumulaci přebytečné energie. Cílem je najít nejekonomičtější variantu.

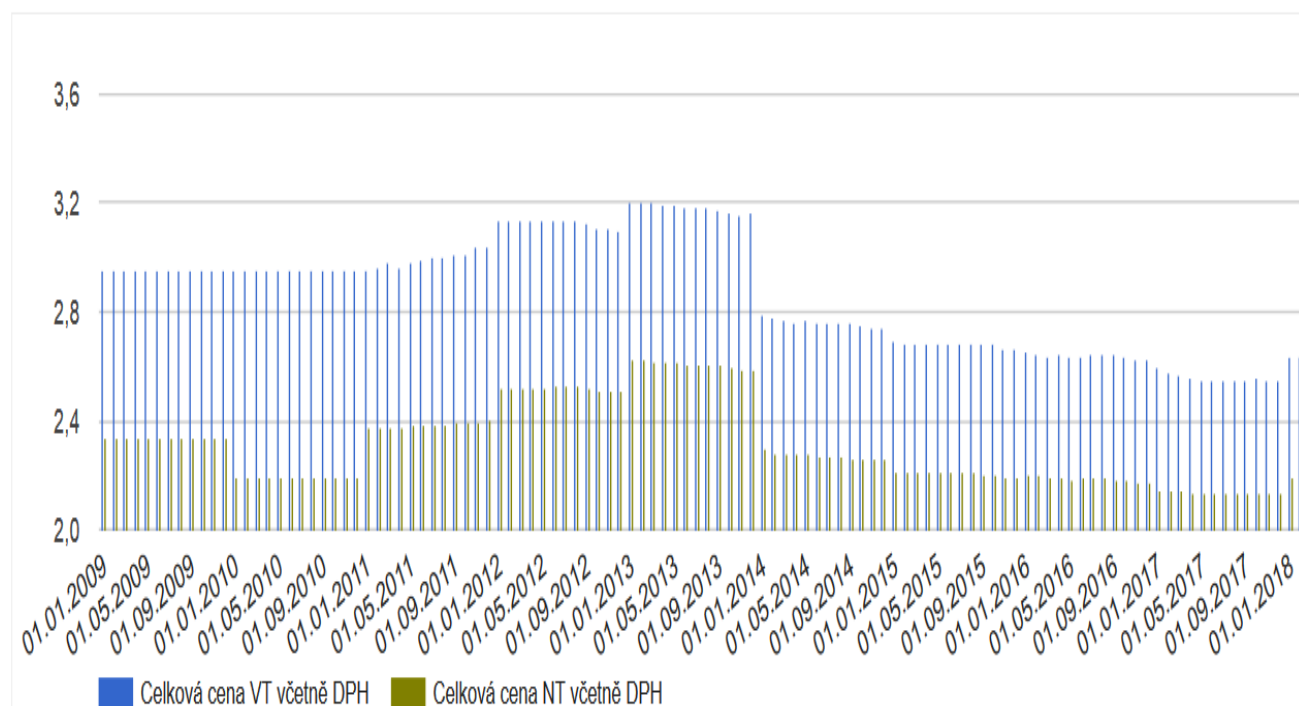
### 4.1 Varianta 0 – Náklady na elektrickou energii bez instalace fotovoltaiky na dům

Tato varianta se zabývá náklady na elektrickou energii v případě, že by v roce 2009 nebyla provedena instalace fotovoltaického systému. Spotřebovanou energii by nám zajišťoval pouze distributor. Proto jsem tedy musel odebranou energii od distributora v nízkém a vysokém tarifu poměrně navýšit podle denních digramů o spotřebovanou energii z fotovoltaického systému.

Předpověď budoucích nákladů na elektřinu u této varianty se dá výrazně lépe předpovědět, jelikož nejsme závislí na počasí a nemusíme provádět další reinvestice do fotovoltaických komponent, které mají různou životnost.

Při predikci budoucího vývoje ceny elektřiny vycházím z obrázků 8. Data na tomto obrázku zahrnují téměř všechny veřejně dostupné nabídky dodavatelů. Na grafu si můžeme všimnout, že na začátku každého roku se cena pohybuje skokově, jelikož dodavatelé nejčastěji provádí změnu ceny jednou ročně. Nejvyšší změny bylo dosaženo na přelomu roku 2013/2014. Cena vysokého tarifu klesla přibližně o 0,44 Kč/kWh a nízký tarif klesl o částku 0,35 Kč/kWh.

#### Celková cena elektřiny Česká republika - D45d [Kč/kWh]



Obrázek 8 Cena elektřiny v jednotlivých letech

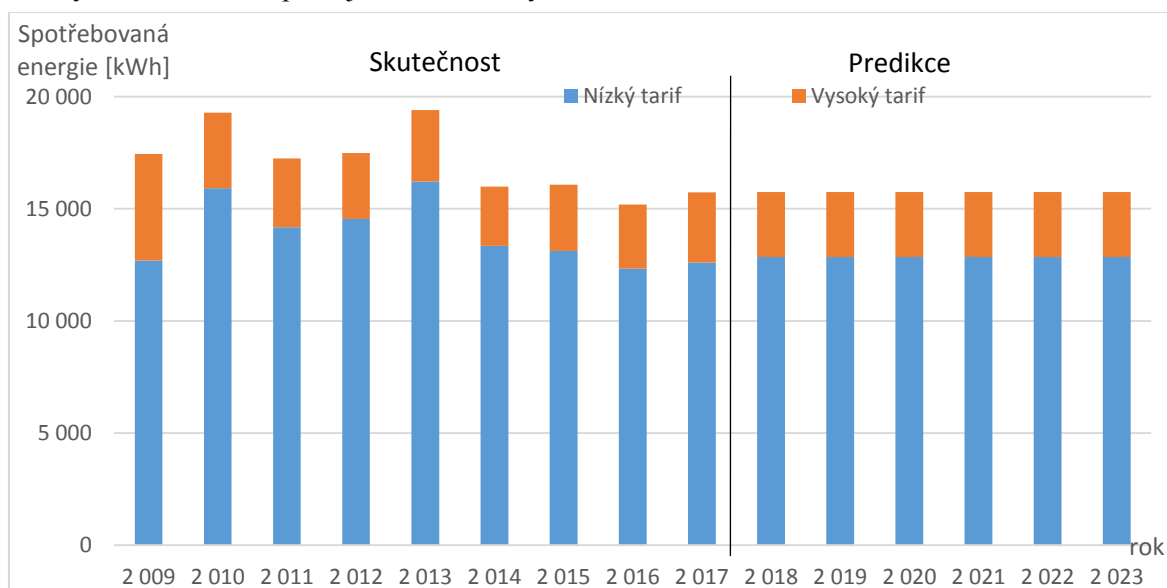


Cena elektřiny podle mého názoru již dosáhla minimální hodnoty nebo se k ní výrazně přiblížila, jelikož v minulých letech byla výrazně vyšší, proto jsem uvažoval při predikci růst elektrické energie o 2 %. Podobného růstu by měla nabývat i inflace podle plánu ČNB.

	Náklady na odebranou elektřinu od distributora (varianta 0)				
	Rok	NT	VT	Celkem	Náklady
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[Kč]
skutečné	2 009	12 697	4 744	17 441	53 527
	2 010	15 916	3 373	19 289	54 762
	2 011	14 179	3 058	17 237	50 013
	2 012	14 553	2 930	17 483	52 726
	2 013	16 210	3 193	19 403	60 011
	2 014	13 345	2 644	15 989	45 380
	2 015	13 125	2 945	16 070	45 609
	2 016	12 332	2 861	15 193	44 186
2 017	12 609	3 116	15 725	45 368	
predikované	2 018	12 853	2 892	15 744	46 686
	2 019	12 853	2 892	15 744	47 619
	2 020	12 853	2 892	15 744	48 572
	2 021	12 853	2 892	15 744	49 543
	2 022	12 853	2 892	15 744	50 534
	2 023	12 853	2 892	15 744	51 545

Tabulka 9 Roční náklady na elektrickou energii odebranou od distributora (varianta 0)

Při předpovědi odebrané elektřiny v nízkém a vysokém tarifu od distributora jsem uvažoval průměr za poslední 4 roky. V těchto letech odebraná elektřina nabývá nižších hodnot a lze očekávat podobný průběh i v budoucnu kvůli globálnímu oteplování. Nižší hodnoty jsou také způsobeny výměnou klasických žárovek za úspornější LED žárovky.



Graf 8 Spotřebovaná energie v rodinném domě (varianta 0)

## 4.2 Varianta 1 – Náklady na elektrickou energii s fotovoltaickým systémem

Tato varianta se zabývá náklady na elektrickou energii s využitím instalace fotovoltaického systému, který byl na dům pořízen v roce 2009.

Pro posouzení této varianty budu vycházet z reálných odečtů. Celková investice do fotovoltaického systému činila 811 534 Kč. Do této ceny jsou započítány všechny náklady, které byly nutné pro úspěšnou instalaci fotovoltaického systému (tabulka 1). Roční ekvivalentní náklady jsem určil pomocí anuity, která představuje stálou roční platbu. Diskontní sazbu jsem si zvolil 4 %. Životnost fotovoltaických panelů je garantována výrobcem po dobu 25 let.

### Roční ekvivalentní náklady na fotovoltaický systém

$$A = U \times \frac{q^n \times (q-1)}{q^n - 1} = 811534 \times \frac{1,04^{25} \times (1,04-1)}{1,04^{25} - 1} = 51\,948 \text{ Kč} \quad (7)$$

$$q = 1 + \frac{i}{100} = 1,04 \quad (8)$$

Roční ekvivalentní náklady na fotovoltaický systém	A
Počáteční investice	U = 811 534 Kč
Diskontní sazba	i = 4 %
Životnost fotovoltaických panelů	n = 25 let

Do fotovoltaického systému nebyla provedena žádná reinvestice. Solární panely nelze vyměnit za výkonnější, jelikož by majitel přišel o dotaci Zelený bonus. V případě poruchy je ale možné vyměnit porouchaný kus za typově stejný panel. Každý rok se musí platit provozní náklady. Na certifikát pro vykazování výroby do OTE jsou roční náklady 396 Kč. Od roku 2014 se platí poplatek na likvidaci panelů 1527 Kč po dobu 5 let. [12]

Nejvyšší příjem je získán z dotace Zelený bonus, který bylo možno využít v době instalace fotovoltaického systému. Tento bonus je navyšován každý rok o index cen průmyslových výrobců a je garantován po dobu 20 let. Zelený bonus pro daný rok lze zjistit na webové stránce [13].

Dalšího příjmu dosáhnou dodáním nespotřebované energie do sítě (pro rodinný dům je výkupní cena stanovena distributorem na částku 0,4 Kč/kWh).

		Náklady na odebranou elektřinu od distributora (varianta 1)				
		Rok	NT	VT	celkem	Náklady
			[kWh]	[kWh]	[kWh]	[Kč]
Skutečné	2 009	11 586	4 486	16 072	49 811	
	2 010	13 377	2 686	16 063	46 392	
	2 011	11 331	2 264	13 595	40 490	
	2 012	11 687	2 110	13 797	42 517	
	2 013	13 273	2 449	15 722	49 520	
	2 014	10 741	1 931	12 672	36 947	
	2 015	10 850	2 301	13 151	38 236	
	2 016	10 480	2 397	12 877	38 312	
	2 017	10 764	2 625	13 389	39 424	
Predikované	2 018	10 709	2 314	13 022	39 464	
	2 019	10 709	2 314	13 022	40 253	
	2 020	10 709	2 314	13 022	41 058	
	2 021	10 709	2 314	13 022	41 879	
	2 022	10 709	2 314	13 022	42 717	
	2 023	10 709	2 314	13 022	43 571	

Tabulka 10 Roční náklady na elektrickou energii odebranou od distributora (varianta 1)

	Rok	Zelený bonus	Výroba FV systému	Příjem za zelený bonus	Dodaná energie do sítě	Příjem za dodanou energii do sítě	Náklady na provoz FV systému	Náklady na elektřinu odebranou ze sítě	Roční ekvivalentní náklady na FV systém	Náklady na elektřinu
		[Kč/MWh]	[kWh]	[Kč]	[kWh]	[Kč]	[kWh]	[Kč]	[Kč]	[Kč]
Skutečné	2 009	11 910	3 616	43 067	2 247	899	396	49 811	51 948	58 190
	2 010	12 180	6 001	73 092	2 775	1 110	396	46 392	51 948	24 534
	2 011	12 420	6 757	83 922	3 115	1 246	396	40 490	51 948	7 666
	2 012	12 610	6 796	85 698	3 110	1 244	396	42 517	51 948	7 919
	2 013	13 414	5 972	80 108	2 291	916	396	49 520	51 948	20 839
	2 014	13 643	6 218	84 832	2 901	1 160	1 923	36 947	51 948	4 825
	2 015	13 878	6 625	91 942	3 706	1 482	1 923	38 236	51 948	-1 317
	2 016	14 119	6 340	89 514	4 024	1 610	1 923	38 312	51 948	1 059
Predikované	2 017	14 415	6 790	97 878	4 454	1 782	1 923	39 424	51 948	-6 364
	2 018	14 587	6 437	93 902	3 715	1 486	1 923	39 464	51 948	-2 053
	2 019	14 879	6 437	95 780	3 715	1 486	396	40 253	51 948	-4 669
	2 020	15 176	6 437	97 696	3 715	1 486	396	41 058	51 948	-5 780
	2 021	15 480	6 437	99 650	3 715	1 486	396	41 879	51 948	-6 913
	2 022	15 789	6 437	101 643	3 715	1 486	396	42 717	51 948	-8 068
	2 023	16 105	6 437	103 675	3 715	1 486	396	43 571	51 948	-9 246

Tabulka 11 Náklady na elektrickou energii (varianta 1)

$$\text{Příjem za zelený bonus} = \text{Výroba FV systému} \times \frac{\text{Zelený bonus}}{1000} \quad (9)$$

$$\text{Příjem za dodanou energii do sítě} = \text{Dodaná energie do sítě} \times 0,4 \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \text{Náklady na elektřinu} = & \text{Náklady na provoz FV systému} + \text{Náklady na elektřinu odebranou ze sítě} + \\ & + \text{Roční náklady na FV} - \text{Příjem za Zelený bonus} - \\ & - \text{Příjem za dodanou energii do sítě} \end{aligned} \quad (11)$$

Instalace fotovoltaického systému na rodinný byla provedena v květnu 2009. Pro zjištění efektivity investice do fotovoltaického systému musím také respektovat časovou hodnotu peněz, jelikož peníze jsou postupně znehodnocovány inflací a také bych je mohl využít efektivněji v jiném projektu. Návratnost fotovoltaického systému jsem spočetl pomocí kritéria NPV. Dle tohoto kritéria se investice s diskontní sazbou 4 % vrátí na začátku roku 2020, což je po 10,5 letech. V grafu 9 jsem to znázornil oranžově. Pokud bych do výpočtů časovou hodnotu peněz nezahrnul, tak bych došel k chybnému závěru, že se investice vrátí již po 9 letech. V grafu 9 jsem to znázornil modře.

### **Kritérium NPV - Čistá současná hodnota**

NPV patří k nejužívanějším kritériím pro výběr investic a jejich zhodnocení. Pro výpočet musíme znát počáteční investici a předpokládaný roční výnos. V NPV počítáme s životností daného projektu a zahrnuje i možnost investování do stejně rizikového projektu. Diskontní sazba nám představuje časovou hodnotu peněz a rizikovost investice. Čím rizikovější investice, tím volíme diskont vyšší. Pokud naše investice obsahuje výnosy, tak zvolíme variantu s nejvyšším NPV. Pokud hodnotíme investici podle nákladů, chceme co nejnižší NPV. [14]

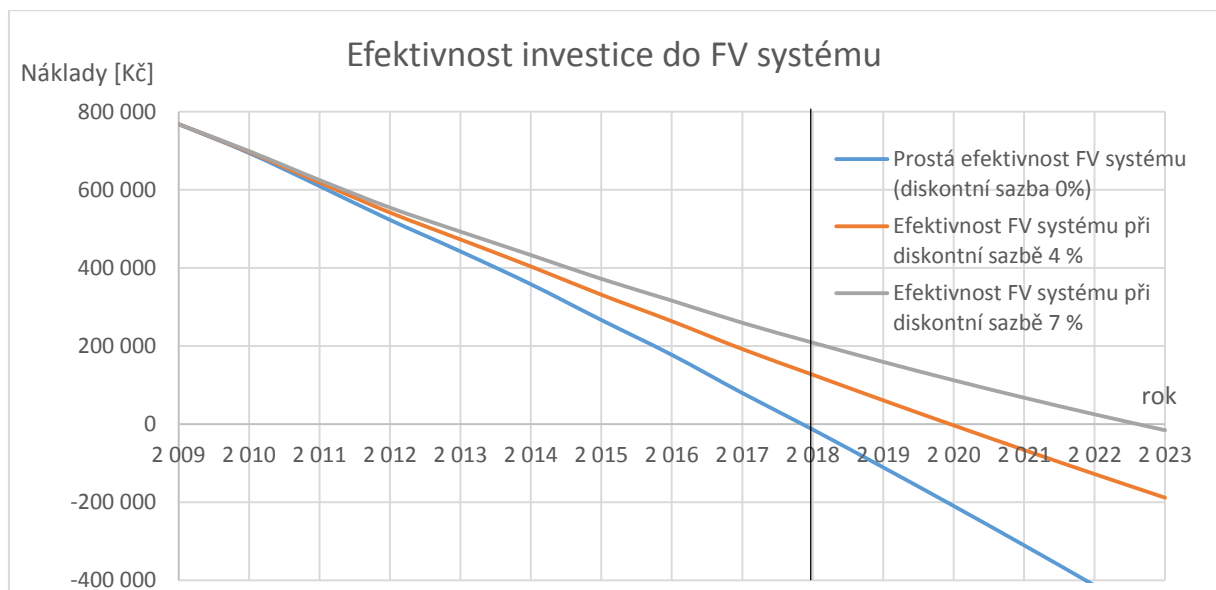
#### **Vzorec pro NPV**

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{CF_t}{(1+r)^t}$$

$CF_t$  – peněžní tok v daném roce

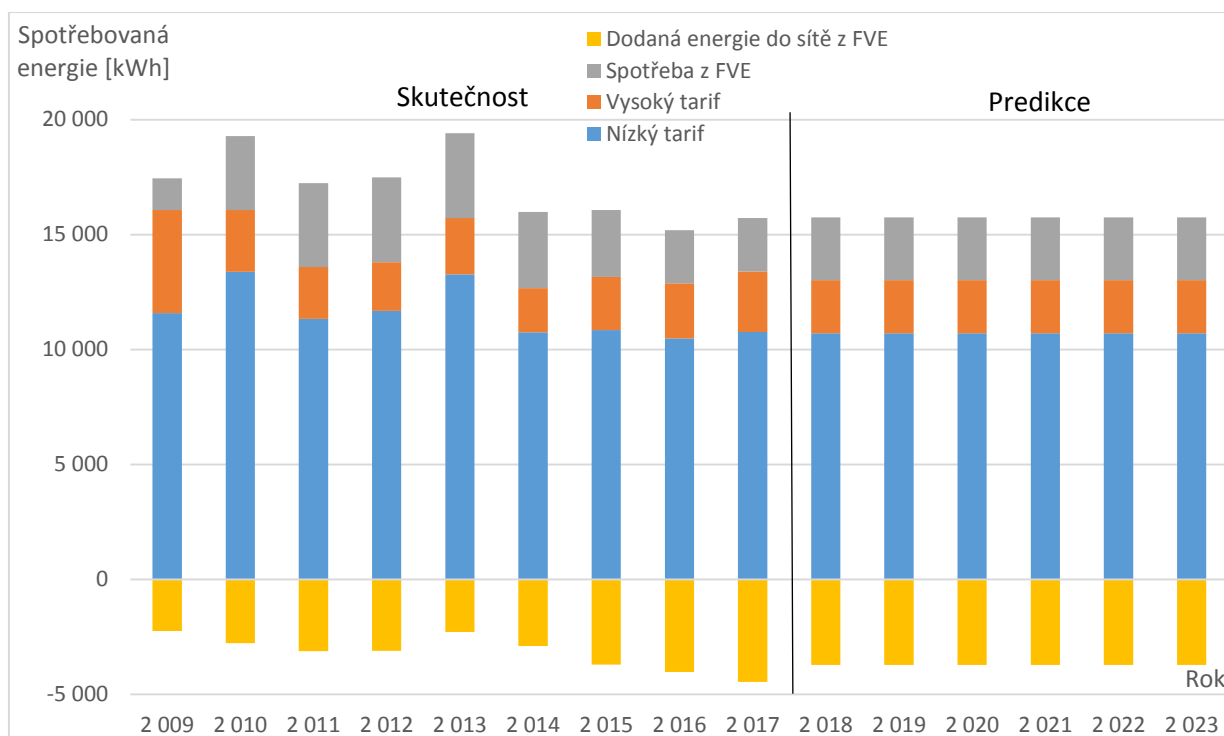
T – doba životnosti projektu

r – diskontová míra



Graf 9 Efektivnost investice do fotovoltaického systému

V polovině roku 2015 dochází k nárůstu dodávání elektrické energie do sítě a k nižší spotřebě energie z fotovoltaického systému díky výměně čtyřkvadrantového elektroměru. Nový elektroměr neumožňuje saldování, což znamená, že měří ve stejném okamžiku po jednotlivých fázích spotřebu i dodávku do sítě. Už neměří rozdíl mezi vyrobenou energií a spotřebovanou energií v domě. Pro spotřebitele je tento způsob nevýhodný, jelikož do sítě dodává větší množství přebytečné energie, kterou by jinak mohl spotřebovat, pokud by čtyřkvadrantový elektroměr saldoval.

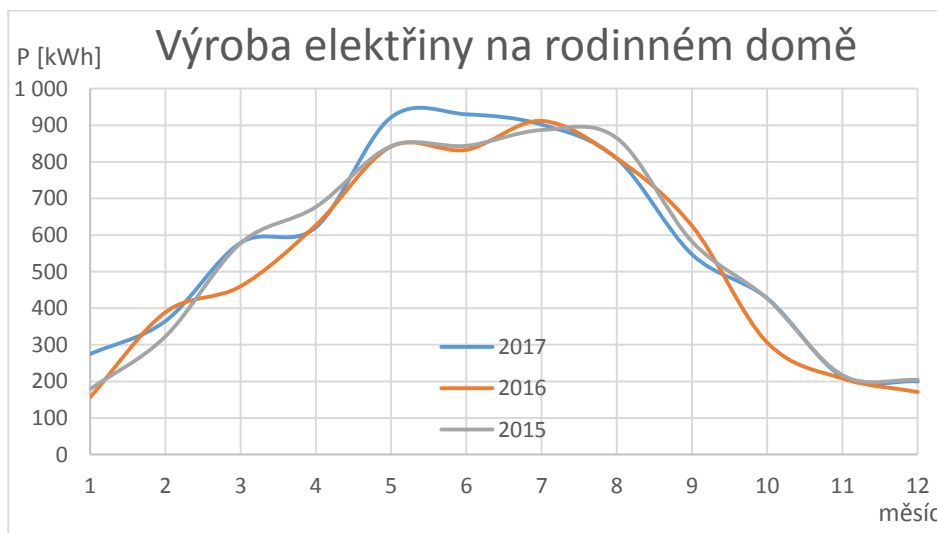


Graf 10 Spotřebovaná energie v rodinném domě (varianta 1)

Při predikci budoucích nákladů na elektřinu vycházím obdobně jako u varianty 0. Komponenty fotovoltaického systému jsou na rodinném domě stále plně funkční a není na nich pozorováno žádné poškození, proto do fotovoltaického systému v nejbližších letech pravděpodobně nebude nutné reinvestovat.

### 4.3 Varianta 2 – Fotovoltaika s bateriemi pro akumulaci přebytečné energie

Tato kapitola se zabývá investováním do akumulace energie pomocí bateriového uložení pro rodinný dům. Do grafu 11 jsem vynesl hodnoty rozložení výroby fotovoltaického systému na domě během roku. Je vidět, že v zimním období je nejmenší výroba a přitom rodinný dům spotřebovává nejvíce energie, jak je vidět z grafu 3 a 11. Fotovoltaický systém vyrábí energii pouze v průběhu dne, pokud má k tomu uzpůsobené podmínky. V noci neprodukuje žádnou energii.



Graf 11 Výroba elektrické energie pomocí fotovoltaického systému na domě

#### 4.3.1 Solární baterie

Solární baterie se využívají pro akumulaci přebytečné energie. Tuto energii by jinak vykoupil distributor. Pro nejvyšší úsporu nákladů na energii se doporučuje využívat baterie primárně ve vysokém tarifu. V dnešní době se využívají nejvíce trakční olověné baterie.

Dříve se používaly i klasické autobaterie, ale ty jsou v dnešní době již nevhodné. To kvůli tomu, že autobaterie jsou navrženy tak, aby dodávaly vyšší výkon pouze při startu motoru, což je krátký okamžik. Delší odběr autobaterii ničí.

Trakční baterie jsou uzpůsobeny pro dodávání výkonu po delší dobu a jsou nejdolnější při opakovaném úplném vybití baterií. Baterie jsou ale drahé v porovnání s jejich životností. [15]

#### Základní typy akumulátorů

1. **Autobaterie** – V dnešní době nevhodná pro fotovoltaické systémy, jelikož má životnost v ostrovním provozu přibližně 2 roky.
2. **Trakční akumulátor se zaplavenými elektrodami** – Nevhodný do vnitřních prostor, neboť hrozí zápach a únik kyseliny. Jsou také méně výkonné a dvakrát dražší než autobaterie stejného výkonu. Životnost v ostrovním provozu se pohybuje přes 8 let.
3. **Trakční akumulátor v provedení VRLA** – Hermeticky uzavřený bezúdržbový akumulátor, který je náchylnější na přebíjení ale má menší samovybití. Jsou přibližně čtyřikrát dražší než autobaterie o stejném výkonu. Životnost v ostrovním provozu přes 8 let. [16]

### Výhody fotovoltaiky s bateriemi

- Úspora odebrané elektřiny od distributora
- Čerpání energie z baterií i v noci
- Plně nezávislý a automatický systém
- Malý rozměr baterií
- Bezúdržbový systém
- Baterie zdravotně nezávadné, prostor nemusí být odvětrávaný

Pro investici do rodinného domu jsem si vybral baterii PowerWall. Jedná se o revoluční bez zápachovou technologii, která je navržena tak, aby pracovala s ideálním pracovním napětím při výkonu 2 kW. Dále využívá kapalinové chlazení. Proto životnost této baterie je výrazně vyšší. Tesla si tudíž může dovolit delší záruční lhůtu (10 let). Baterie může mít životnost až 20 let, v následujících výpočtech budu uvažovat životnost baterie 15 let. Základní parametry této baterie jsem uvedl do příloh 5. [17]



Obrázek 9 Akumulátor PowerWall [17]

Rodinný dům v průběhu roku průměrně dodává z fotovoltaického systému do sítě 9 kWh za den, proto budu uvažovat o koupení baterií o kapacitě 7 kWh, kterou by rodinný dům měl zužít bez problémů. Pro posouzení investice použiju opět kritérium NPV.

#### 4.3.2 Baterie PowerWall

Investice bude placená z vlastních zdrojů. Diskontní sazba zahrnuje inflaci, rizikovost investice a stárnutí baterie, což se projeví postupným snižováním maximální kapacity.

Při analýze, na jakou hodnotu se baterie dokáže nabít, jsem vyzkoušel dvě různé metody. Nejdřív jsem zjišťoval, na jakou hodnotu se baterie dokáže nabít v jednotlivých měsících. Hodnoty slunečního záření v Českých Budějovicích jsem získal od Českého hydrometeorologického ústavu. Tato metoda ale neodpovídá skutečnosti. Proto jsem se rozhodl využít druhou jednodušší metodu, která spočívá v tom, že se baterie nabije za měsíc dle dodávky do sítě z varianty 1.

V období od října do března se baterie pravděpodobně nestihne nabít na maximální hodnotu, jelikož sluneční záření je v tomto období výrazně nižší. Uvažoval jsem tedy, že do sítě nebudu dodávat žádnou elektřinu, ale raději ji využiju pro akumulaci do baterie. Ta se nabije na hodnotu dle dodávky do sítě

z varianty 1. V období od dubna do září je již zpravidla dodávka do sítě vyšší než kapacita baterie, proto se baterie nabije na maximální hodnotu a přebytečná energie je již dodávána do sítě. Do výpočtů jsem také zahrnul účinnost baterie, kterou jsem si stanovil na 92 %. Tuto účinnost jsem si zvolil, protože je to nejnižší účinnost garantována výrobcem.

Dále jsem uvažoval, že energii z baterií využiju každý den od 20:00 přes celou noc, během které by se měla baterie vybit. Od 20:00 se využívají proto, abych snížil spotřebu ve vysokém tarifu. V době výroby fotovoltaického systému jsem pro zjednodušení předpokládal, že získám potřebnou energii na pokrytí spotřeby. Pokud by to nestačilo, tak zbytek energie odeberu ze sítě. V období od listopadu do února mohu uvažovat stejný způsob využívání baterie, jelikož se baterie nabije na hodnotu, která zvládne pokrýt pouze spotřebu ve vysokém tarifu od 20:00 do 21:00.

V polovině roku 2015 proběhla výměna elektroměru. Nový elektroměr již neumožňuje saldování, a proto se navýšila dodávka elektrické energie do sítě, kterou využiji pro akumulaci energie do baterie. Pro zvýšení úspor budu odteď baterie využívat v období od listopadu do února od 16:00 do 17:00 a dále dle původního plánu od 21:00, abych snížil spotřebu ve vysokém tarifu.

V případě, že bych dopředu věděl, že následující den nebude slunce svítit, tak se vyplatí si energii v baterii uchovat na další den na pokrytí vysokého tarifu. V této práci jsem pro zjednodušení tento předpoklad zanedbal, jelikož se počasí nedá snadno předvídat a dopustil bych se pravděpodobně vyšších nepřesností.

Pokud bych věděl podle předpovědi počasí, že nebude svítit delší dobu Slunce a baterie již byla vybitá z předchozího dne, tak by bylo možné ji nabít ze sítě. Nabíjet ji dle denního diagramu v nízkém tarifu na hodnotu, aby pokryla téměř celý vysoký tarif. Nabíjet na vyšší hodnotu nemá smysl, jelikož energii z baterie nikdy nevyužiji se 100% účinností. Tuto elektřinu bych pak využil ve vysokém tarifu. Pomocí tohoto opatření bych ale dosáhl úspory pouze v desítkách korun měsíčně, proto nemá smysl ji na dům aplikovat.

Při počítání efektivnosti baterie opět musím počáteční investici rozpočítat na roční ekvivalentní náklady pomocí anuity. Bateriový systém je bezúdržbový, proto další náklady neuvažuji. Dále musím do efektivnosti investice započítat finance, které jsem ušetřil pomocí využívání energie z baterie.

$$A = U \times \frac{q^n \times (q-1)}{q^n - 1} = 75\,000 \times \frac{1,04^{15} \times (1,04-1)}{1,04^{15} - 1} = 6\,746 \text{ Kč} \quad (12)$$

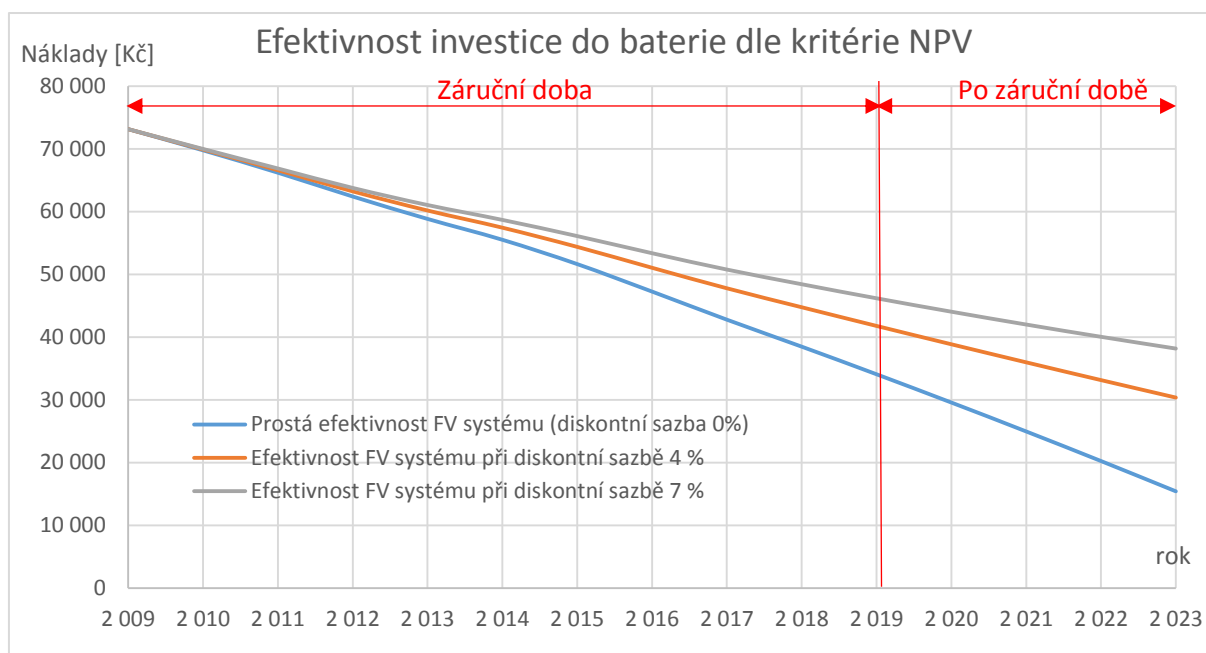
$$q = 1 + \frac{i}{100} = 1,04 \quad (13)$$

Roční ekvivalentní náklady na bateriové uložení	A
Počáteční investice	U = 811 534 Kč
Diskontní sazba	i = 4 %
Životnost baterie	n = 15 let

$$Ušetřené finance = \text{Náklady na odebranou elektřinu (varianta 1 – varianta 2)} - \text{Příjem za dodanou energii do sítě (varianta 1 – varianta 2)} \quad (14)$$

Z grafu 12 je vidět, že investice do baterie PowerWall se zvolenou diskontní sazbou 4 % se nevyplatí. Poněvadž ale vývoj baterií neustále postupuje dopředu, tak je možné, že za pár let tato investice již bude výhodná.





*Graf 12 Efektivnost investice do baterie PowerWall podle kritéria NPV*

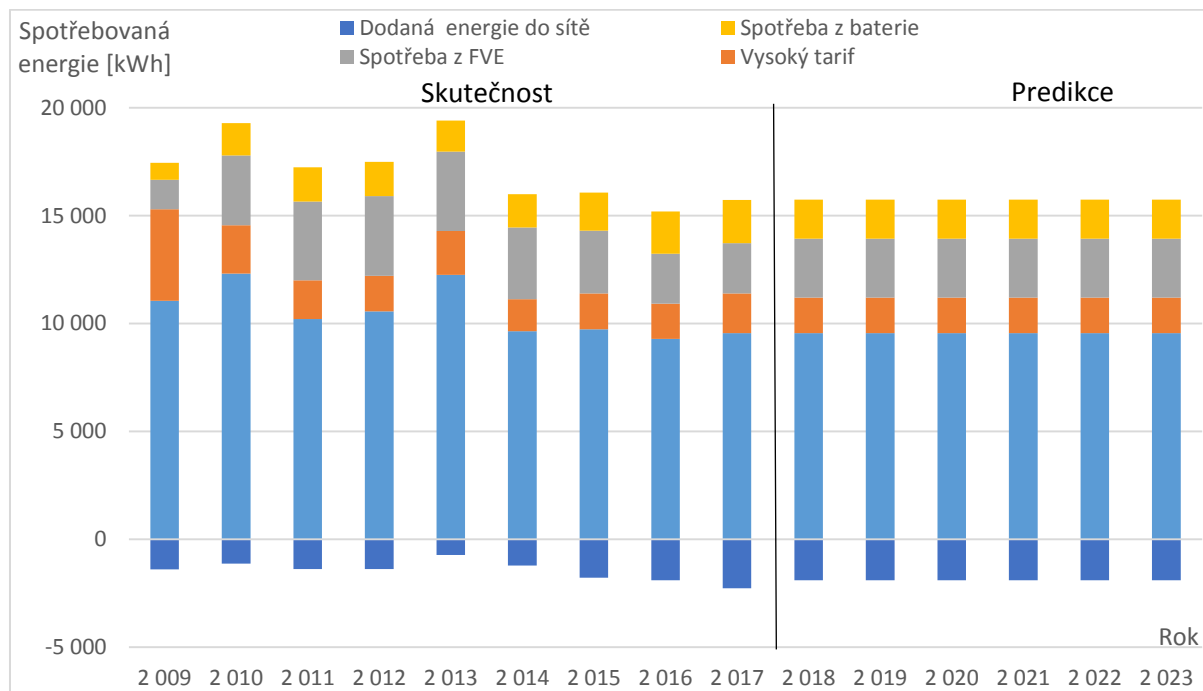
		Náklady na odebranou elektřinu od distributora (varianta 2)				
		Rok	NT	VT	celkem	Náklady
			[kWh]	[kWh]	[kWh]	[Kč]
Skutečné	2 009	11 044	4 246	15 289	47 627	
	2 010	12 315	2 239	14 554	42 363	
	2 011	10 208	1 799	12 006	36 235	
	2 012	10 555	1 654	12 209	38 032	
	2 013	12 254	2 033	14 287	45 327	
	2 014	9 642	1 489	11 131	32 950	
	2 015	9 726	1 660	11 386	33 599	
	2 016	9 289	1 625	10 915	33 080	
Predikované	2 017	9 550	1 837	11 387	34 077	
	2 018	9 552	1 653	11 205	34 434	
	2 019	9 552	1 653	11 205	35 123	
	2 020	9 552	1 653	11 205	35 825	
	2 021	9 552	1 653	11 205	36 542	
	2 022	9 552	1 653	11 205	37 273	
	2 023	9 552	1 653	11 205	38 018	

*Tabulka 12 Roční náklady na elektrickou energii odebranou od distributora (varianta 2)*

rok	Příjem za zelený bonus	Dodaná energie do sítě	Příjem za dodanou energii do sítě	Náklady na provoz FV	Náklady na elektřinu odebranou ze sítě	Roční ekvivalentní náklady	Náklady na elektřinu
	[Kč]	[kWh]	[Kč]	[Kč]	[Kč]	[Kč]	[Kč]
2 009	43 067	1 396	558	396	47 627	58 693	63 091
2 010	73 092	1 135	454	396	42 363	58 693	27 906
2 011	83 922	1 388	555	396	36 235	58 693	10 847
2 012	85 698	1 384	554	396	38 032	58 693	10 870
2 013	80 108	731	292	396	45 327	58 693	24 016
2 014	84 832	1 226	490	1 923	32 950	58 693	8 244
2 015	91 942	1 787	715	1 923	33 599	58 693	1 559
2 016	89 514	1 898	759	1 923	33 080	58 693	3 422
2 017	97 878	2 278	911	1 923	34 077	58 693	-4 096
2 018	93 902	1 898	759	1 923	34 434	58 693	389
2 019	95 780	1 898	759	396	35 123	58 693	-2 327
2 020	97 696	1 898	759	396	35 825	58 693	-3 540
2 021	99 650	1 898	759	396	36 542	58 693	-4 777
2 022	101 643	1 898	759	396	37 273	58 693	-6 040
2 023	103 675	1 898	759	396	38 018	58 693	-7 327

Tabulka 13 Náklady na elektřinu (varianta 2)

V grafu 13 uvádím bilanci elektrické energie s využitím bateriového uložení. Můžeme si všimnout, že dodaná energie do sítě je nižší, než u varianty 1.



Graf 13 Spotřebovaná energie v rodinném domě (varianta 2)

## 5 Ekonomické zhodnocení jednotlivých variant

Ukazatel NPV se běžně využívá tak, že se vybírá projekt s nejvyšším NPV. Já ale v této práci uvažuji náklady na elektrickou energii, a proto je v tomto případě nejvýhodnější projekt s nejnižším NPV. Dle NPV je nejvýhodnější tedy varianta 1, kterou jsem zvýraznil zeleně. Pro přehlednost jsem spočetl i průměrnou cenu za 1 kWh. Abych dosáhl korektního výsledku, tak jsem diskontoval také spotřebovanou energii v rodinném domě.

Ekonomické zhodnocení		
	NPV	Průměrná cena elektřiny
	[Kč]	[Kč/kWh]
varianta 0	578 246	2,99
varianta 1	89 946	0,47
varianta 2	123 321	0,64

Tabulka 14 Porovnání jednotlivých variant

### Varianta 0

$$\text{Průměrná cena elektřiny} = \frac{NPV}{\text{Diskontovaná odebraná elektřina}} = \frac{578\,259}{193\,237} = 2,99 \text{ Kč/kWh} \quad (15)$$

### Varianta 1

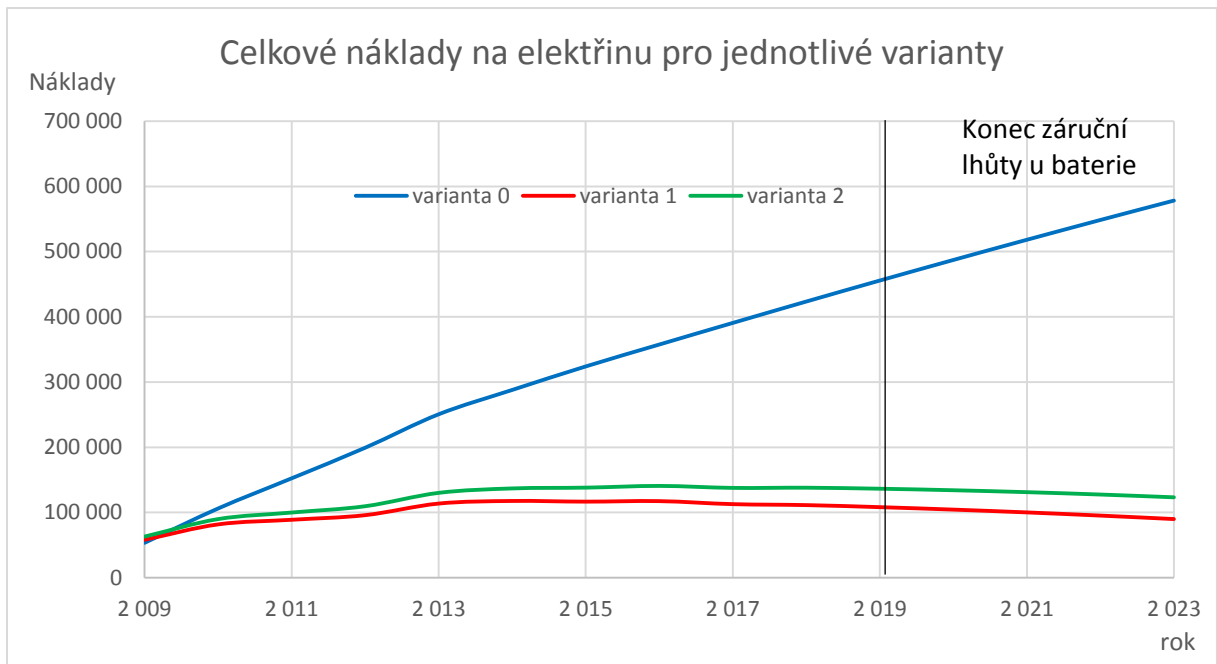
$$\text{Průměrná cena elektřiny} = \frac{NPV}{\text{Diskontovaná odebraná elektřina}} = \frac{89\,946}{193\,237} = 0,47 \text{ Kč/kWh} \quad (16)$$

### Varianta 2

$$\text{Průměrná cena elektřiny} = \frac{NPV}{\text{Diskontovaná odebraná elektřina}} = \frac{123\,306}{193\,237} = 0,64 \text{ Kč/kWh} \quad (17)$$

Z tabulky 14 vidíme, že nejnižších nákladů dosáhnou s využitím fotovoltaického systému bez akumulace energie do baterie (varianta 1), tedy již aplikovaného řešení. Navíc si můžeme v kapitole 4.2 všimnout neobvyklé situace, že díky dotaci Zelený bonus dokonce v některých letech dostávám náklady se zápornou hodnotou. V případě investování do baterií (varianta 2) by se náklady nepatrně zvýšily, proto se tato investice nevyplatí. U varianty 0 jsou náklady na elektrickou energii podstatně vyšší než u varianty 1. V průměru to je o 2,52 Kč/kWh.

V příloze 6 jsem uvedl celkové náklady v jednotlivých letech pro jednotlivé varianty. Graficky znázorněno v grafu 14. Ceny jsem uvedl včetně DPH.



*Graf 14 Celkové náklady na elektřinu dle NPV s diskontní sazbou 4 %*

## Závěr

V této bakalářské práci jsem se zabýval náklady na elektrickou energii pro rodinný dům ve Strakonících. Cílem bylo určit spotřebu elektrické energie, přičemž jsem vycházel z reálných měsíčních odečtů na hlavním jističi a fotovoltaickém systému. Skutečné měsíční platby za elektřinu jsem dopočítal pomocí veřejně dostupných ceníků. Porovnával jsem tři zvolené varianty.

V nulté variantě jsem uvažoval, že na domě není fotovoltaický systém instalován. Musel jsem proto odebranou energii od distributora v nízkém a vysokém tarifu navýšit o energii, kterou jsem byl schopný spotřebovat z fotovoltaického systému. Abych toto mohl udělat, tak jsem nejdřív musel sestavit denní diagramy. Z těch jsem mohl následně odhadnout, kolik energie se denně spotřebuje v nízkém a vysokém tarifu. Podle toho jsem poměrně navýšil odebranou energii od distributora o spotřebovanou energii z fotovoltaického systému.

V první variantě jsem uvažoval skutečnost, tedy že na rodinném domě fotovoltaický systém je již nainstalovaný. V této variantě jsem využil skutečné údaje od majitele. Následně jsem ověřil pomocí kritéria čistá současná hodnota s diskontní sazbou 4 %, že investice do fotovoltaického systému byla správné rozhodnutí.

Ve druhé variantě jsem uvažoval předpoklad, že na rodinném domě mám fotovoltaický systém doplněný o baterii PowerWall o kapacitě 7 kWh. V této variantě jsem opět musel upravit odebranou elektřinu od distributora. Tentokrát jsem ji poměrně snížil dle denních diagramů o energii, kterou využiji z baterie. Počítal jsem s účinností baterie 92 %. Dále jsem spočítal efektivnost baterie dle kritéria NPV.

Následně jsem mohl určit, při jaké variantě dosáhnu nejnižších nákladů. Výrazně vyšších nákladů jsem dosáhl u varianty 0. Spočetl jsem, že nejnižších nákladů dosáhnu pomocí varianty 1, proto se investovat do baterie momentálně pro rodinný dům nevyplatí. Jelikož firmy investují vysoké finance do oblasti vývoje baterií, doporučil bych si tuto možnost za 5 let propočítat znovu.

## Seznam použité literatury

- [1] *Energymatters: SUNPOWER SPR-225-WHT* [online], [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: [https://www.energymatters.com.au/images/sunpower/SPR-225\\_com.pdf](https://www.energymatters.com.au/images/sunpower/SPR-225_com.pdf)
- [2] *Nemakej: Fotovoltaické elektrárny* [online], str. 6 [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <http://www.nemakej.cz/pdf/BilaknihaSunPowerCZ.pdf>
- [3] *ČEZ: Skladba ceny elektřiny* [online], [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/podpora/ceny/elektrina/3.html#X-201207031148032>
- [4] *Dodavatelektřiny.cz: Elektrina: druhy sazeb a tarifu* [online], [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <https://dodavatelektřiny.cz/uzitecne-informace/sazby-tarify>
- [5] *ČEZ Distribuce: Hromadné dálkové ovládání (HDO)* [online], [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <http://www.cezdistribuce.cz/cs/pro-zakazniky/spinani-hdo.html>
- [6] *Skupina ČEZ: https://www.cez.cz/cs/podpora/ceny/elektrina/3.html* [online], [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/podpora/ceny/elektrina/3.html>
- [7] *Tzb-info: Stručná historie fotovoltaiky* [online], [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/11652-strucna-historie-fotovoltaiky>
- [8] *Protech group s.r.o.: Základní informace o fotovoltaice* [online], [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <http://www.protech-group.cz/zelena-energetika/fotovoltaicke-elektrarny/princip-fotovoltaiky/>
- [9] *Mastny, Petr. Obnovitelné zdroje elektrické energie: str. 79-Návrh orientace a rozložení panelů.* Praha: ČVUT, 2011. ISBN 978-80-01-04937-2
- [10] *ČEZ: Fotovoltaika - Solární (fotovoltaické) články* [online], [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k32.htm>
- [11] *Oenergetice.cz: Fotovoltaické elektrárny – princip funkce a součásti, elektrárny v ČR* [online], [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje/fotovoltaicka-elektrarna-princip-funkce-a-soucasti/>
- [12] *Frank Bold Advokáti: Novela vyhlášky o likvidaci solárních panelů* [online], [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <http://www.fbadvokati.cz/cs/clanky/218-novela-vyhlasky-o-likvidaci-solarnich-panelu>
- [13] *Tzb-info: Výkupní ceny a roční zelené bonusy na elektřinu pro výrobu elektřiny využitím slunečního záření:* [online], [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energii/91-vyse-vykupnich-cen-a-zelenych-bonusu>

[14] *Businessvize: Hodnocení investic: Čistá současná hodnota (NPV) stručně a jasně* [online], [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <http://www.businessvize.cz/rizeni-a-optimalizace/hodnoceni-investic-cista-soucasna-hodnota-npv-strucne-a-jasne>

[15] *Sunfin: Trakční baterie - rozdělení* [online], Praha [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <http://www.sunfin.cz/cs/page/trakcni-baterie-rozdeleni/>

[16] *Deramax: Základní technické informace o akumulátorech* [online], [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <https://www.deramax.cz/7-jake-akumulatory-pouzit-7-dil-ze-serialu-clanku>

[17] *Oenergetice.CZ: Baterie pro domácnosti PowerWall pod drobnohledem* [online], [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/elektrina/baterie-pro-domacnosti-powerwall-pod-drobnohledem/>

[18] *Nemakej.cz: Fotovoltaické elektrárny, FRONIUS IG PLUS 70* [online], [cit. 2018-04-09]. Dostupné z: <http://www.nemakej.cz/FRONIUS-IG-PLUS-70-n21890>

Murtinger Karel, Beranovský Jiří, Tomeš Milan.: *Fotovoltaika, elektřina ze slunce. ERA vydavatelství, 2008. ISBN:978-80-7366-133-5.*

## Přílohy

### Příloha 1 - Základní parametry solárních panelů SUNPOWER SPR-225-WHT

<b>Mechanické vlastnosti</b>	
Typ	Monokrystalický
Hmotnost	15 kg
Délka	1559 mm
Šířka	798 mm
Výška	46 mm
Teplota	-40 °C / +85 °C
<b>Elektrické vlastnosti</b>	
Nominální výkon	225 W
Nominální napětí	41 V
Nominální proud	5,49 A
Napětí naprázdno	48,5 V
Zkratový proud	5,87 A
Maximální napětí systému	1000 V
Maximální počet panelů v sérii	20
Pojistky	20 A
Špičková účinnost	0,181
12 let	90 % P <sub>N</sub>
25 let	80 % P <sub>N</sub>
Roční degradace	0,8 %

Tabulka 15 Parametry solárního panelu SUNPOWER SPR-225-WHT [1]



## Příloha 2 - Základní parametry střídače Fronius IG Plus 70

Spotřebič	květen-září						
	Pracovní týden				Víkend		
	příkon	používání	Doba používání	spotřeba	používání	Doba používání	spotřeba
	[kW]	[hodina]		[kWh]	[hodina]		[kWh]
pračka	1,14	1,5	18:30-20:00	1,71	1,5	18:30-20:00	1,71
myčka	1,04	1	19:00-20:00	1,04	1	14:00-15:00	1,04
elektrická trouba	1	0		0	2	10:00-12:00	2
mikrovlnná trouba	1,4	0,5	18:00-18:30	0,7	0		0
osvětlení	0,3	5	6:00-8:00; 20:00-23:00	1,5	4	20:00-00:00	1,2
odběr stand-by	0,07	24	00:00-0:00	1,68	24	00:00-0:00	1,68
televize	0,08	9,5	6:00-7:30; 15:00-23:00	0,76	16	8:00-00:00	1,28
kávovar	0,3	0,33	6:45-6:55; 17:00-17:10	0,1	0,5	8:00:8:10; 17:00-17:20	0,15
notebook	0,05	17	6:00-23:00	0,85	16	8:00-00:00	0,8
boiler	2	4	17:00-20:00; 21:00-22:00	8	4	17:00-20:00; 21:00-22:00	8
bazénová filtrace	0,5	24	00:00-0:00	12	24	00:00-0:00	12
vytápění, ostatní		24	00:00-0:00	2,1	24	00:00-0:00	2,1
celková denní spotřeba				30			32

Tabulka 16 Odhadované odběry spotřebičů v průběhu dne (květen-září)

$spotřeba = příkon \times používání$

### Příloha 3 - Základní parametry střídače Fronius IG Plus 70

Spotřebič	říjen-duben						
	Pracovní týden				Víkend		
	příkon	používání	Doba používání	spotřeba	používání	Doba používání	spotřeba
	[kW]	[hodina]		[kWh]	[hodina]		[kWh]
pračka	1,14	1,5	18:30-20:00	1,71	1,5	18:30-20:00	1,71
myčka	1,04	1	19:00-20:00	1,04	1	14:00-15:00	1,04
elektrická trouba	1	0		0	2	10:00-12:00	2
mikrovlnná trouba	1,4	0,5	18:00-18:30	0,7	0		0
osvětlení	0,3	7	6:00-8:00 ; 18:00-23:00	2,1	6	18:00-00:00	1,8
odběr stand-by	0,07	24	00:00-0:00	1,68	24	00:00-0:00	1,68
televize	0,08	9,5	6:00-7:30 ; 15:00-23:00	0,76	16	8:00-00:00	1,28
kávovar	0,3	0,3	6:45-6:55; 17:00-17:10	0,1	0,5	8:00-8:10; 17:00-17:20	0,15
notebook	0,05	17	6:00-23:00	0,85	16	8:00-00:00	0,8
boiler	2	4	17:00- 20:00; 21:00-22:00	8	4	17:00-20:00; 21:00-22:00	8
bazénová filtrace	0,5	0		0	0		0
vytápění, ostatní		24	00:00-0:00	43	24	00:00-0:00	43
celková denní spotřeba				60			61

Tabulka 17 *Odhadované odběry spotřebičů v průběhu dne (říjen-duben)*

$spotřeba = příkon \times používání$

#### Příloha 4 - Základní parametry střídače Fronius IG Plus 70

<b>Základní informace - vstupní stejnosměrná strana:</b>	
Jmenovitý výkon DC:	6500 W
Rozsah napětí MPP:	230-500V
Max. vstupní proud z panelů:	29,7A
<b>Základní informace - výstupní střídavé veličiny:</b>	
Jmenovitý výkon:	6500 W
Maximální výkon:	6500 W
Síťové připojení:	2fázové
Maximální efektivita:	96,10%
Noční spotřeba:	1 W
Zkreslení:	<3,5%

Tabulka 18 Parametry střídače Fronius IG Plus 70 [18]

#### Příloha 5 - Základní parametry baterie PowerWall

kapacita	7 kWh
cena	\$ 3 000 (75 000 Kč)
záruční lhůta	10 let
kontinuální výkon	2 kW
špičkový kontinulální výkon	3,3 kW
bez zápachu	
typ článků	Li-ion
minimální účinnost	92%
napětí	350-450 V
proud	5,8 A
špičkový proud	8,6 A
váha	100 kg
rozměry (mm)	1300x860x180

Tabulka 19 Základní parametry baterie PowerWall [17]

## Příloha 6 - Náklady pro jednotlivé varianty

rok	skutečné náklady na odebranou elektřinu			náklady na elektřinu, které respektují časovou hodnotu peněz			Odebraná elektřina
	cena s DPH			NPV (diskontní sazba 4 %)			NPV (diskontní sazba 4 %)
	Varianta 0	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 0	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 0,1,2
	[Kč]	[Kč]	[Kč]	[Kč]	[Kč]	[Kč]	[kWh]
2 009	53 527	58 190	63 091	53 527	58 190	63 091	17 441
2 010	54 762	24 534	27 906	52 656	23 590	26 833	18 547
2 011	50 013	7 666	10 847	46 240	7 088	10 029	15 937
2 012	52 726	7 919	10 870	46 873	7 040	9 664	15 542
2 013	60 011	20 839	24 016	51 298	17 813	20 529	16 586
2 014	45 380	4 825	8 244	37 299	3 966	6 776	13 142
2 015	45 609	-1 317	1 559	36 046	-1 041	1 232	12 700
2 016	44 186	1 059	3 422	33 578	804	2 601	11 545
2 017	45 368	-6 364	-4 096	33 150	-4 650	-2 993	11 490
2 018	46 686	-2 053	389	32 801	-1 443	274	11 062
2 019	47 619	-4 669	-2 327	32 170	-3 154	-1 572	10 636
2 020	48 572	-5 780	-3 540	31 551	-3 754	-2 300	10 227
2 021	49 543	-6 913	-4 777	30 944	-4 318	-2 984	9 834
2 022	50 534	-8 068	-6 040	30 349	-4 845	-3 627	9 456
2 023	51 545	-9 246	-7 327	29 766	-5 340	-4 231	9 092
<b>celkem</b>	<b>746 080</b>	<b>80 621</b>	<b>122 239</b>	<b>578 246</b>	<b>89 946</b>	<b>123 321</b>	<b>193 237</b>
<b>zaokrouhleno</b>	<b>746 100</b>	<b>80 600</b>	<b>122 200</b>	<b>578 300</b>	<b>89 900</b>	<b>123 300</b>	<b>193 200</b>

Tabulka 20 Náklady pro jednotlivé varianty