

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA TECHNOLOGIÍ A MĚŘENÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Využití FV systému pro zásobení rodinného domu
elektrinou**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Ladislav SVATOŠ**
Osobní číslo: **E11B0517P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Komerční elektrotechnika**
Název tématu: **Využití FV systému pro zásobení rodinného domu elektřinou**
Zadávací katedra: **Katedra technologií a měření**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :


1. Uveďte možnosti využití FV panelů k výrobě elektřiny, objasněte princip této výroby, zhodnoťte výhody a nevýhody.
2. Popište jednotlivé komponenty FV systémů.
3. Presentujte využití FV pro konkrétní rodinný dům.
4. Proveďte ekonomickou analýzu a posuďte vhodnost tohoto způsobu zásobení elektřinou.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího
Rozsah pracovní zprávy: 20 - 30 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:


Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Pavla Hejtmánková, Ph.D.**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání bakalářské práce: **14. října 2013**
Termín odevzdání bakalářské práce: **9. června 2014**


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Vlastimil Skočil, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 14. října 2013

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá problematikou fotovoltaických zdrojů. Je zde popsán princip přeměny slunečního záření na elektřinu, tzv. fotovoltaický jev, jsou uvedeny možnosti využití fotovoltaických panelů k výrobě elektřiny a zhodnoceny výhody a nevýhody sluneční energie pro přeměnu na energii elektrickou. Dále je prezentováno využití fotovoltaiky pro dodávku elektřiny do konkrétního rodinného domu, popsány jednotlivé komponenty fotovoltaické elektrárny umístěné na střeše tohoto domu a provedena kompletní ekonomická analýza jeho zásobení elektřinou, včetně výpočtu doby návratnosti vynaložené investice a ziskovosti tohoto FV systému.

Klíčová slova

Obnovitelné zdroje, solární energie, fotovoltaická elektrárna, zelený bonus, ekonomická analýza.

Abstract

The bachelor thesis deals with photovoltaic sources. Here is described the principle of the converting solar radiation into electricity, that is called photovoltaic effect, the possibilities of the utilising of solar panels to generate electricity are present and advantages and disadvantages of solar energy for transformation to electric energy are assessed here. Next the utilising photovoltaics for supply of electricity to factual house are presented, components of photovoltaic plant placed on the roof of the house are performed and complete economic analysis of the supply of electricity of the house, including the calculation of the payback period of the investment and profitability from photovoltaic system.

Key words

Renewable energy sources, solar energy, photovoltaic power plant, green bonus, economic analysis.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

.....

podpis

V Plzni dne 9.6.2014

Ladislav Svatoš

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Pavle Hejtmánkové, Ph.D. za cenné profesionální rady, připomínky, metodické vedení práce a Ing. Pavlovi Novému, Ph.D. za dohled nad částí práce zaměřující se na ekonomickou analýzu. Rád bych také poděkoval realizační firmě a majiteli nemovitosti, zejména Petrovi Kolouchovi a Ing. Petrovi Kolouchovi mladšímu za veškerá poskytnutá data o fotovoltaické elektrárně pro tvorby této analýzy. Tímto také velmi děkuji Ing. Jiřímu Kasnerovi.

Obsah

| | |
|--|-----------|
| OBSAH | 8 |
| SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK | 9 |
| ÚVOD | 11 |
| 1 PRINCIP VÝROBY ELEKTŘINY FV PANELY | 14 |
| 2 MOŽNOSTI VYUŽITÍ FV PANELŮ K VÝROBĚ ELEKTŘINY | 17 |
| 2.1 AUTONOMNÍ SYSTÉM | 17 |
| 2.2 HYBRIDNÍ SYSTÉM | 18 |
| 2.3 SÍŤOVÝ PROVOZ | 19 |
| 3 VÝHODY A NEVÝHODY SOLÁRNÍ ENERGIE | 20 |
| 3.1 VÝHODY VYUŽÍVÁNÍ ENERGIE ZE SLUNCE | 20 |
| 3.2 NEVÝHODY VYUŽÍVÁNÍ ENERGIE ZE SLUNCE | 20 |
| 4 KOMPONENTY FV SYSTÉMU RODINNÉHO DOMU | 22 |
| 4.1 FOTOVOLTAICKÝ PANEL | 22 |
| 4.2 STŘÍDAČ FVE | 26 |
| 4.3 ROZVÁDĚČ FVE | 28 |
| 5 VYUŽITÍ FV PRO KONKRÉTNÍ RODINNÝ DŮM | 30 |
| 5.1 POPIS OBJEKTU | 30 |
| 5.2 MOŽNOSTI PRODEJE ELEKTŘINY FOTOVOLTAICKÉHO SYSTÉMU V SÍŤOVÉM PROVOZU | 31 |
| 5.3 TECHNICKÉ PARAMETRY FVE RODINNÉHO DOMU | 38 |
| 6 EKONOMICKÁ ANALÝZA FVE RODINNÉHO DOMU | 42 |
| 6.1 VÝSLEDEK HOSPODAŘENÍ | 42 |
| 6.2 NÁKLADY | 43 |
| 6.2.1 <i>Fixní náklady na pořízení investice</i> | 43 |
| 6.2.2 <i>Variabilní náklady projektu</i> | 48 |
| 6.2.3 <i>Celkové náklady</i> | 51 |
| 6.3 VÝNOSY | 54 |
| 6.3.1 <i>Výnosy z vyrobené energie</i> | 54 |
| 6.3.2 <i>Výnosy ze zelených bonusů</i> | 59 |
| 6.3.3 <i>Celkové výnosy</i> | 61 |
| 6.4 EKONOMICKÁ BILANCE ZA DOBU PROVOZU | 67 |
| 6.4.1 <i>Rok 2009</i> | 67 |
| 6.4.2 <i>Rok 2010</i> | 68 |
| 6.4.3 <i>Rok 2011</i> | 68 |
| 6.4.4 <i>Rok 2012</i> | 69 |
| 6.4.5 <i>Rok 2013</i> | 69 |
| 6.5 NÁVRATNOST FV PROJEKTU | 70 |
| 6.6 CELKOVÝ ZISK | 72 |
| ZÁVĚR | 73 |
| SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ | 75 |

Seznam symbolů a zkratk

| Značka | Název | Bližší určení |
|---------------------|--|-------------------------------|
| <i>4Q</i> | Čtyřkvadrantový | elektroměr |
| <i>AC</i> | Střídavý proud | |
| <i>AM</i> | Air Mass | množství vzduchu |
| <i>DC</i> | Stejnoseměrný proud | |
| <i>DS</i> | Distribuční soustava | |
| <i>EM</i> | Elektroměr | |
| <i>ERÚ</i> | Energetický regulační úřad | |
| <i>EVA</i> | Ethylen vinyl-acetát | laminát solárního článku |
| <i>f [Hz]</i> | Frekvence [Hertz] | |
| <i>FV</i> | Fotovoltaika | |
| <i>FVE</i> | Fotovoltaická elektrárna | |
| <i>I[A]</i> | Elektrický proud [Ampér] | |
| <i>IP</i> | Ingress Protection | stupeň krytí |
| <i>JZ</i> | Jihozápadní | |
| <i>LED</i> | Light-Emitting Diode | dioda emitující světlo |
| <i>MPP</i> | Regulátor nabíjení | |
| <i>NOCT</i> | Normal Operating Cell Temp | běžná provozní teplota článků |
| <i>NPU</i> | Ochrana 3-fázové sítě | |
| <i>NT</i> | Nízký tarif | |
| <i>OZE</i> | Obnovitelný zdroj energie | |
| <i>P[W]</i> | Činný elektrický výkon [Watt] | |
| <i>PPI</i> | Index průmyslové inflace | |
| <i>Q[Var]</i> | Jalový elektrický výkon [Voltampér reaktanční] | |
| <i>R[Ω]</i> | Elektrický odpor [Ohm] | |
| <i>RD</i> | Rodinný dům | |
| <i>RDS</i> | Regionální distribuční soustava | |
| <i>RS 485</i> | Standard sériové komunikace | |
| <i>STC</i> | Standard Test Conditions | standardní testovací podmínky |
| <i>TC</i> | Temperature Coefficient | teplotní koeficient |

| Značka | Název | Bližší určení |
|--------------------|--------------------------|----------------------------|
| <i>U</i> [V] | Elektrické napětí [Volt] | |
| <i>VT</i> | Vysoký tarif | |
| <i>WiFi</i> | Bezdrátová komunikace | |
| <i>Wp</i> | Watt-peak | jednotka špičkového výkonu |
| <i>ZB</i> | Zelený bonus | |

Úvod

Lidstvo, zejména v posledních dvou stoletích, prodělalo velice rychlý vývoj v oblasti vědy a techniky. Vývoj nových zařízení se neustále zrychluje a vzrůstá jejich použití v běžné a hlavně v pracovní činnosti. Rozvoj naší technické civilizace s sebou zároveň nese obrovský růst spotřeby elektrické energie. Elektřina je jedna z nejžádanějších forem energie, bez které si v současnosti nedovedeme život téměř představit. Poptávka lidstva po této energii neustále roste. Elektrickou energii je tedy nutné určitým způsobem získávat.

Celá řada zemí klade stále větší důraz na výrobu energie z tzv. obnovitelných zdrojů. Obnovitelné zdroje energie jsou takové zdroje, které se stále obnovují a jsou z pohledu nároků dnešní civilizace (na rozdíl od tradičních neobnovitelných fosilních zdrojů) nevyčerpatelné. Při přeměně z primární energie na jinou využitelnou formu energie mají minimální dopad na životní prostředí.

Mezi obnovitelné zdroje patří také fotovoltaické (solární) elektrárny. Rozboru tohoto obnovitelného zdroje bude závěrečná práce věnována. Fotovoltaické elektrárny používají energii dosaženou ze slunečních paprsků k přímé přeměně na elektřinu. Čerpání energie Slunce je jednou z cest, jak mnohem lépe využívat energetické zásoby naší planety. Přestože na naši Zemi dopadne ze Slunce pouze asi 45 miliardtin celkového výkonu, je možné tuto energii efektivně využít a značně ji znásobit. Ze zlomku dopadající energie lze vytvořit velké množství energie elektrické a tím ušetřit neobnovitelné zdroje.

Ačkoli je Země vzdálena od Slunce asi 150 milionů kilometrů, dopadající energie na 1 m² naší planety je přibližně 1,4 kW. Je to hodnota výkonu poměrně malá, ale přesto dostatečně významná pro hlubší vědecké zkoumání, technologický rozvoj, produkci, prodej a celkový business v oblasti fotovoltaických elektráren.

Fotovoltaiku jsme ještě před 20 lety vnímali pouze na úrovni malých elektronických zařízení, jako například kalkulačky nebo jako napájecí zdroj pro vesmírné družice. Technologie výroby elektrické energie prostřednictvím fotovoltaických panelů vstoupila v podvědomí veřejnosti až v několika posledních letech a zhruba od roku 2009 zažívala nebývalý rozvoj. Mnoho investorů se zajímalo právě o možnosti výstavby fotovoltaických

elektráren. Vedle velkých investičních projektů rychle přibývaly i obytné domy, které mají na svých střechách umístěny panely pro výrobu elektřiny. Fotovoltaika se stávala stále populárnější a mnoho lidí, nejen podnikatelů, se zajímalo o její využití. Myšlenka bezobslužného systému, který generuje elektrickou energii prostřednictvím slunečního záření, byla více než lákavá.

V letošním roce ale zaznamenaly instalace solárních elektráren na střechy rodinných domů soukromých investorů značný pokles. Vládou byly sníženy dotace za tuto ekologickou výrobu elektřiny až na nulovou hodnotu a podpora státem za výrobu elektřiny ze solárních elektráren byla k 1. 1. 2014 ukončena. Tudiž přestal být tento druh elektráren z pohledu ziskovosti zajímavý. Spoustu firem na zrušení dotací odpovídá nabídkami s heslem: „Jde to i bez dotací!“. Nabízí různé alternativy a možnosti zisku z instalace elektrárny bez možnosti dotací. Dle mého názoru již zisky z fotovoltaiky nebudou tak značné, jako byly díky výkupním cenám a zeleným bonusům do konce roku 2013.

Text této bakalářské práce je koncipován do šesti hlavních částí. V prvním bodě čtenáře seznámím s přeměnou slunečního paprsku na elektrický proud, s takzvaným fotovoltaickým jevem. Fotoelektrickému jevu položil základ Albert Einstein roku 1905, kterému se tento jev podařilo vyložit. Druhý bod se zabývá několika možnostmi využití fotovoltaických panelů k výrobě elektřiny a tyto možnosti podrobněji popisuje. Využití slunečního záření má také i své nevýhody. Předem nelze určit, jaké množství elektřiny bude pomocí solárních panelů vyrobeno. Vždy je vyráběno buď více, než zrovna potřebujeme pro spotřebu, nebo naopak méně a energii je tak nutné získávat z jiných zdrojů. Výroba elektřiny z tohoto obnovitelného zdroje velmi závisí na prostupnosti slunečních paprsků atmosférou. Tyto a další nevýhody společně popsání s výhodami solární energie podrobně popisují v kapitole třetí. Uvedu také klady a zápory této technologie na území České republiky. Čtvrtá kapitola je zaměřena na rozbor a složení komponent v konkrétní fotovoltaické elektrárně rodinného domu. Tento dům je prezentován v kapitole páté. Část se zabývá také využitím fotovoltaiky pro dodávku elektřiny do rodinného domu a popisem elektrárny. Poslední bod této práce si klade za cíl kompletní ekonomickou analýzu zásobení rodinného domu elektřinou. Je vypočtena prostá návratnost investice a předpokládaná hodnota zisku po konci životnosti elektrárny.

V závěrečné práci se tedy především zabývám využitím fotovoltaických panelů pro zásobení konkrétního rodinného domu elektřinou. Při analýze uvažuji i potřebný nákup

elektřiny z distribuční soustavy pro pokrytí spotřeby domu neboli nákup elektřiny, kterou nebyla schopna pokrýt fotovoltaická elektrárna. Pro investora může být tato analýza užitečným materiálem z důvodu uvažování veškerých nákladů spojených s provozem a údržbou elektrárny a spotřebou domu.

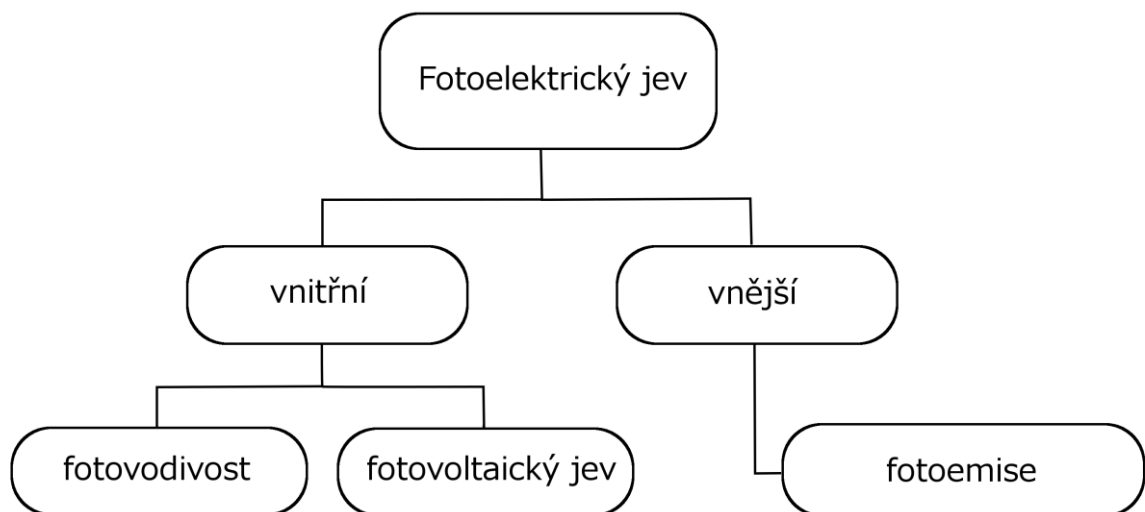
Vlastním přínosem práce je ekonomické posouzení vhodnosti tohoto způsobu zásobení elektřinou. Jde o ekonomickou stránku projektu provozovaného na střeše rodinného domu a využívajícího sluneční záření k výrobě elektrické energie. Provedu nákladovou analýzu tohoto systému a uvedu základní ekonomické výpočty týkající se návratnosti a ziskovosti. Dále posoudím celkovou vhodnost tohoto způsobu zásobení domu elektřinou.

Jedná se o malou fotovoltaickou elektrárnu na střeše rodinného domku o instalovaném výkonu do 5 kWp¹ s vlastní spotřebou. Tato elektrárna má za sebou již pětiletý provoz, tudíž je k dispozici dostatek potřebných informací pro celkové finanční hodnocení.

¹ kWp (Kilowatt peak) je jednotka výkonu uvádějící se u fotovoltaických zařízení. Jde o špičkový výkon a 1 kWp vyrobí cca 980 kWh elektrické energie za rok [1].

1 Princip výroby elektřiny FV panely

Fotoelektrický jev objevil v roce 1839 francouzský fyzik Alexander E. Bacquerel. O 66 let později v roce 1905 se podařilo jev Albertu Einsteinovi vyložit, za což získal v roce 1922 Nobelovu cenu za fyziku. Tato cena byla tehdy Einsteinovi udělena za výklad vnějšího fotoefektu. Nyní již známe mimo fotoefektu vnějšího (fotoemise) také fotoefekt vnitřní. Ten se rozděluje na dvě formy: fotovodivost a fotoelektrický jev. [2] Viz obr. 1.



Obr. 1 Fotoelektrický jev [2]

Fotoemise je uvolňování fotoelektronů, neboli emitovaných elektronů. Fotovodivost vzniká, pokud se nějaký materiál stane elektricky vodivějším díky pohlcení elektromagnetického záření. [2]

V solárním článku dochází k přeměně světla na elektrickou energii. Tato přeměna spočívá ve fyzikálním jevu, který probíhá nehlučně bez emisí a spotřeby látek v solárně aktivních materiálech. [3]

Mezi nejpoužívanější materiál pro fotovoltaické články patří křemík. Křemík má strukturu podobnou, jako struktura diamantu (má čtyři valenční elektrony jako uhlík). Křemík je tedy pevná krystalická látka. Na rozdíl od diamantu je ale křemík schopen absorbovat část slunečního záření (ve viditelné a blízké infračervené oblasti) a má vlastnosti polovodiče. [4]

Polovodiče jsou látky, které mají hodnotu elektrické vodivosti mezi vodivostí kovu a dielektrika. Respektive hodnota elektrické vodivosti polovodiče je menší, než vodivost kovu a naopak větší, než vodivost dielektrika. Polovodič se může stát vodivým, pokud bychom na něho přivedli energii. [3]

Zahřátím nebo osvětlením křemíku dochází k prudkému zvýšení jeho vodivosti. [4]

Čtyři vnější elektrony atomu křemíku vytváří vazby elektronových párů se sousedními atomy. Při tom vzniká u krystalických solárních článků pravidelná krystalická mřížka. V článku spolu přiléhají dvě elektricky odlišně dotované², a tím také rozdílně vodivé polovodičové oblasti. Mezi kladně dotovanou (p) a záporně dotovanou (n) oblastí pak vzniká vnitřní elektrické pole. [3]

Spojení vrstvy s nedostatkem elektronů (p) a vrstvy s nadbytkem elektronů (n) vzniká pn přechod. Pn přechod je základem pro usměrňovací diody, tranzistory a obecně pro většinu elektronických součástek. Na rozhraní vrstev totiž dojde k přechodu části elektronů z vrstvy, kde je jich více, do vrstvy, kde je jich méně. Díky tomu se na pn přechodu objeví elektrické pole. [4]

Vnitřní elektrické pole je způsobeno difuzí nadbytečných elektronů z polovodiče typu n do polovodiče typu p v prostoru pn přechodu. [3]

Vzniká vrstva prostorového náboje neboli oblast s malým počtem volných nosičů náboje. Kladně nabitě atomy dotujícího prvku zbývají v oblasti n vrstvy prostorového náboje a záporně nabitě atomy zbývají v oblasti p vrstvy prostorového náboje. Tímto vznikne elektrické pole, orientované proti směru pohybu nosičů náboje. Difuze elektronů nemůže tedy pokračovat donekonečna. [3]

Pokud dopadne na solární článek světlo, může zářivá energie fotonů³ uvolňovat elektrony z vazeb v atomové mřížce. Fotony se přitom absorbují. [3]

² Dotování je umělé dodávání atomů jiného prvku do polovodiče, neboli jeho „znečištění“. To se provádí za účelem změny elektrické vodivosti a vlastností. [3]

³ Foton (světelné kvantum) je označován jako nejmenší energetické množství elektromagnetického záření. [6]

Absorpcí fotonů se ve struktuře polovodiče generují nosiče náboje. Vždy je to dvojice elektron – díra. Pokud ale chceme donutit uvolněné elektrony a díry, aby prošly nějakým vnějším elektrickým obvodem a konaly tak užitečnou práci (např. roztočily motor), musíme je od sebe nejprve oddělit. Jinak by po nějaké chvíli elektrony znovu zapadly do děr a získanou energii vydaly ve formě tepla. Je to důvod, proč není fotovoltaický článek vyroben z čistého křemíku, ale je složen ze dvou vrstev. Jedna vrstva obsahuje příměs prvku s menším počtem valenčních elektronů a druhá vrstva obsahuje naopak příměs prvku s větším počtem valenčních elektronů. Jedná se například o bor (který má tři elektrony) a fosfor (který má pět elektronů). [4]

Uvolněné (záporně nabitě) elektrony jsou pak volně pohyblivé a na svém původním místě zanechají tak zvanou díru neboli kladný náboj. Již zmiňované vnitřní pole solárního článku způsobuje, že jsou oba elektrické náboje (elektrony a díry) přitahovány do opačných směrů. Záporné náboje putují k přední straně článku a kladně nabitě náboje k zadní straně článku. Postupují tedy takto odlišnými cestami. Díky tomu jsou vytvořeny opačné polarizace přední a zadní strany. Vzniká mezi nimi rozdíl potenciálů, který lze naměřit jako elektrické napětí a začne téci elektrický proud. Napětí naprázdno je u krystalických solárních článků většinou v rozmezí 0,6 – 0,7 V. [3]

Fotovoltaický článek může tedy sloužit jako zdroj elektrického proudu díky tomu, že elektrony, které se uvolní absorpcí fotonů ze slunečního záření musí nejprve projít skrz vnější obvod. Tím je nějaká zátěž či spotřebič. Teprve po průchodu vnějším obvodem se mohou spojit s dírami, neboli rekombinovat. [4]

Rekombinovaný elektron se nepodílí na průtoku proudu. [3]

Fotovoltaický jev je možné si vyzkoušet na obyčejné LED-diodě. Pokud ji osvětlíme, na jejích svorkách se objeví napětí. Jedná se tedy o děj opačný než ten, ke kterému LED diodu zpravidla využíváme, tj. přeměna elektrické energie na světlo. [4]

2 Možnosti využití FV panelů k výrobě elektřiny

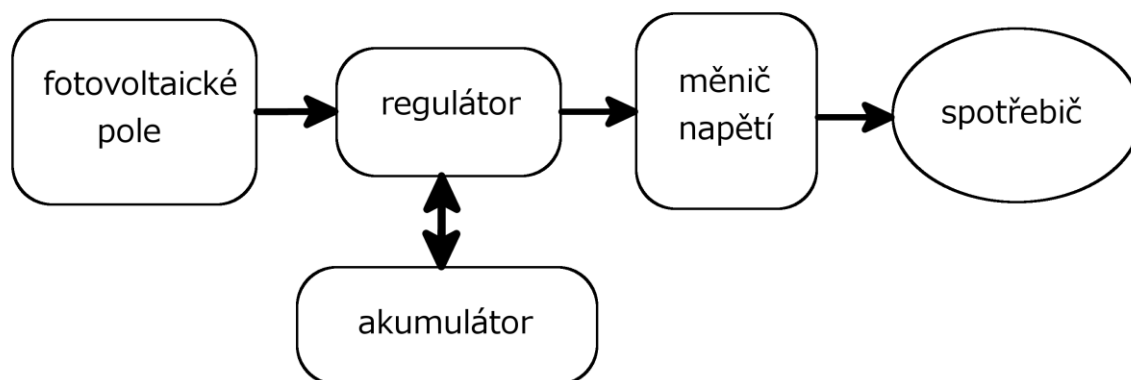
Fotovoltaické systémy jsou spojením fotovoltaických prvků do řetězce, na jehož konci jsou spotřebiče, vykonávaná práce atd. [2]

Kromě fotovoltaických systémů, které jsou základní součástí každého provozu, je ve většině případů zapotřebí mnoho dalších komponent. Tyto komponenty mají zásadní vliv na výslednou energetickou bilanci, cenu a také návratnost celého systému pro výrobu elektřiny. Mezi použité komponenty patří: akumulátory, regulátory nabíjení, střídače (měniče), transformátory, odpojovače zátěže, pojistná zařízení, měřicí zařízení, náhradní zdroje (motogenerátory). [4] Systémy lze rozdělit na tři aplikační typy: autonomní, hybridní a přímo spojené se sítí. [2]

V praxi se nejčastěji setkáváme s dvěma základními systémy, respektive způsoby provozu solárních fotovoltaických systémů: hybridní provoz a systém přímo spojený se sítí (sít'ový provoz). [4]

2.1 Autonomní systém

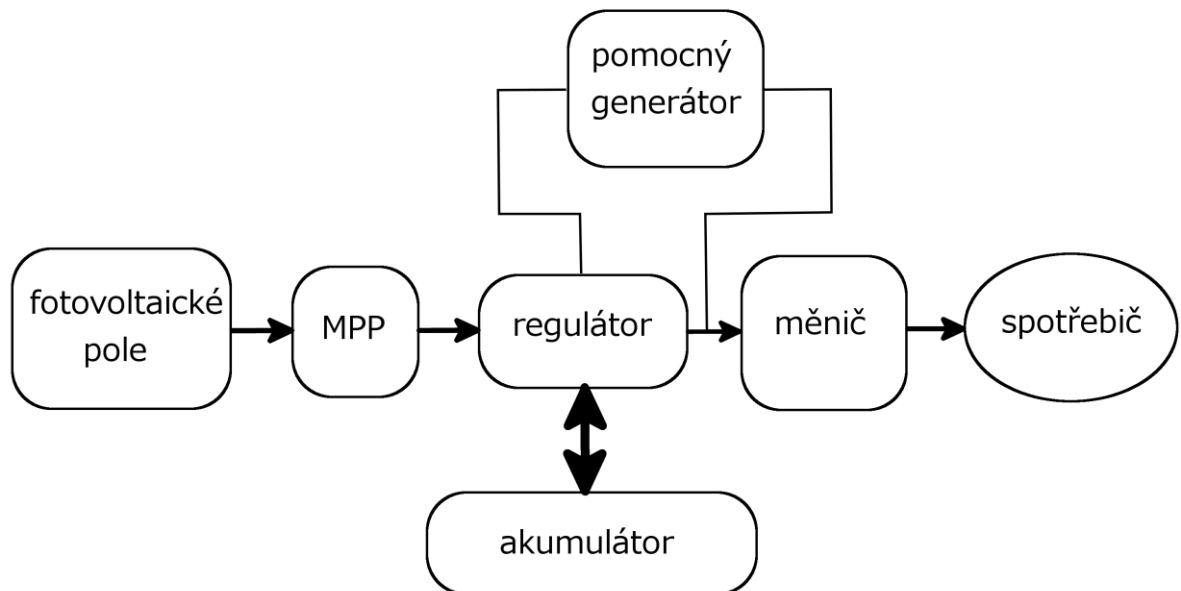
Tento systém vyžaduje akumulátory a používá se především v místech, kde není dostupná veřejná elektrická síť. Jedná se především o menší aplikace pracující v oblasti několika wattů. Používají se decentralizovaně a jsou určeny malým spotřebičům. Skládají se ze solárního generátoru, jednotky řídicí nabíjení, baterie a případně měniče proudu, které tento proud přeměňuje na střídavý. [2] Blokové schéma tohoto systému je na obr. 2.



Obr. 2 Autonomní systém [2]

2.2 Hybridní systém

Hybridní systém zajišťuje dodávku elektřiny bez připojení k rozvodné síti. Tento systém musí být vybaven akumulátory, které jsou schopny uložit energii na dobu, kdy nesvítí slunce. A také regulačním systémem zajišťujícím správné nabíjení a vybíjení. [4] Viz obr. 3.



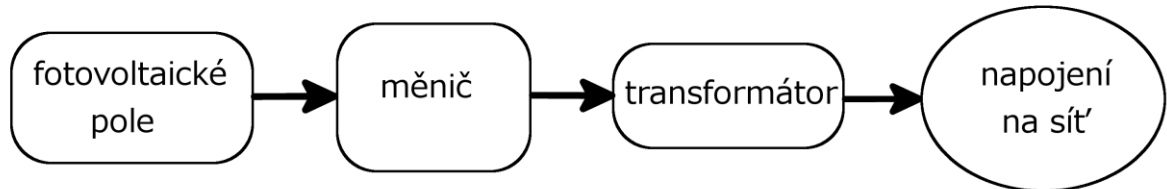
Obr. 3 Hybridní systém [2]

Často se vyplatí do systému přidat další zdroj elektrického proudu, nejčastěji motorgenerátor neboli elektrocentrálu. Přidáním elektrocentrály do systému je umožněno využívání spotřebičů, které mají velký příkon (cirkulárka, automatická pračka, apod.). Také se sníží potřebná velikost solárního systému (plocha panelů a kapacita akumulátorů) na přiměřenou hodnotu. [4]

Hybridní systém obsahuje fotovoltaické pole a jeden nebo několik pomocných generátorů. Tento provoz vyžaduje složitější regulátory a řídicí členy, které optimálně využijí vlastnosti zdrojů. Opět se jedná o systém pro decentralizované zásobování energií, kde není k dispozici elektrická síť. Hodí se pro středně velké výkony v řádech několika kilowat. Hybridní provoz obsahuje dieselův generátor, který zapíná, když energie dodávaná solárním generátorem nebo nasřádaná v baterii nestačí. Tento hybridní systém se využívá tam, kde by vybudování elektrické přípojky stálo více financí, než pořízení solárního fotovoltaického systému. Lze tento systém využít na jachtách, či v obytných přívěsech. [2]

2.3 Síťový provoz

Tento systém se někdy nazývá spolugenerující systém. Měnič (střídač) musí být navržen tak, aby pracoval v celém rozsahu napětí, které poskytují fotovoltaické panely. [2] Schéma systému přímo spojeného se sítí je na obr. 4.



Obr. 4 Systém přímo spojený se sítí [2]

Jedná se o systém připojený na rozvodnou síť. Tento systém nepotřebuje akumulátor. Vyrobený proud je totiž průběžně dodáván do elektrické sítě přes měnič. Ten tvoří vazební prvek mezi veřejnou sítí a solárním generátorem a mění stejnosměrné napětí 12 nebo 24 V na střídavé napětí 230 V s frekvencí 50 Hz. Některé velké systémy dodávají proud přímo do sítě vysokého napětí. [4]

Rozlišujeme dva způsoby přívodu do střídavé sítě [5]:

- vyrobený solární proud se nejprve spotřebovává ve vlastním domě prostřednictvím domácí rozvodné sítě v případě přebytku probíhá napájení do veřejné sítě. Tento způsob využívá analyzovaná elektrárna rodinného domu (podrobněji popsáno v kapitole 5.2),
- veškerý vyrobený solární proud se přímo převádí do veřejné elektrické sítě.

Pokud se jedná o jednoduchý systém síťového provozu, má pole a měnič na nízkém napětí. Pro vysokonapěťové systémy je charakteristické použití transformátorů, výkonových spínačů a také ochranných prvků. Tento systém lze využít v rozsahu MW. [2]

V některých případech může být užitečné zkombinovat oba systémy. To znamená používat jak elektřinu ze solárního systému, tak i elektřinu ze sítě. Důvodem může být maximální zajištění bezpečnosti a nezávislosti dodávky (např. velké servery, komunikační zařízení). [4]

3 Výhody a nevýhody solární energie

3.1 Výhody využívání energie ze slunce

Solární energii lze začlenit do skupiny takzvaných obnovitelných zdrojů. To znamená, že tyto zdroje budou k dispozici stále. Využívání solární energie má minimální dopad na životní prostředí, neprodukuje škodlivé odpady a lze také říci, že neovlivňuje tepelnou rovnováhu Země. Mezi další z mnoha výhod patří téměř univerzální, plošná dostupnost a pochopitelně také i to, že je k dispozici zadarmo. Systémy, které solární energii využívají, jsou vysoce decentralizované, bezpečné a nehrozí jim problémy se zastavením dodávek této energie. Konstrukce většiny solárních systémů je také technicky jednoduchá. Tyto systémy jsou robustní a vyznačují se dlouhou životností s minimálními nároky na obsluhu. Významnou výhodou je také to, že se systémy využívající sluneční záření k přeměně na elektrickou energii dají instalovat i v husté městské zástavbě. Díky uvedeným výhodám se v mnoha státech využívání solární energie intenzivně podporuje. [4]

Výše státní podpory má rozhodující vliv na rozvoj tohoto oboru. Například v Německu velice rychle roste počet instalací fotovoltaických solárních systémů a v některých případech už je tento růst limitován kapacitou výrobců fotovoltaických panelů. Nebo také je instalace fotovoltaiky omezována dokonce i produkcí samotného křemíku potřebného k jejich výrobě.[4]

V České republice je situace zabývající se legislativou ve fotovoltaice poněkud odlišná, než v sousedním Německu. Tuto problematiku jsem více rozebral v úvodu následující kapitoly 3.2.

3.2 Nevýhody využívání energie ze slunce

V letošním roce 2014 došlo v České republice ke sporům mezi státem a majiteli solárních elektráren. Jedná se především o 26 % solární daně z výnosu solárních elektráren. Současní politici na situaci reagovali tím, že podporu výroby elektřiny ze solárních elektráren uvedených do provozu od 1. ledna 2014 zcela ukončují. [7]

Od tohoto roku již fotovoltaika žádné dotace nedostává. Pro domácnost, která si chce instalovat fotovoltaickou elektrárnu na střechu svého domu, to znamená, že už nedostává žádné příspěvky v podobě zvláštních výkupních cen elektřiny. Jde tedy jen o to, snížit si vlastní náklady na elektřinu a dosáhnout alespoň částečné nezávislosti na energetických společnostech. [7]

Za základní nevýhodu lze považovat časovou proměnlivost solární energie a její malou plošnou hustotu v důsledku toho požadujeme solární systém poměrně velký a vždy je nutný další zdroj, který se použije v době nedostatečného slunečního svitu. [4]

Fotovoltaické panely navíc nemají příliš velkou účinnost. Například čtyřčlenná domácnost spotřebuje za rok kolem 6 MWh elektrické energie. Pro zajištění 60 % spotřeby by bylo třeba instalovat přibližně 40 m² fotovoltaických panelů a cena těchto panelů by se pohybovala okolo jednoho milionu korun. [4]

4 Komponenty FV systému rodinného domu

V této kapitole se zaměřím na konkrétní komponenty, které jsou použité ve fotovoltaické elektrárně rodinného domu. Uvedu základní funkci, popis a technické parametry jednotlivých částí FVE. Mezi tyto části patří fotovoltaický panel (viz kapitola 4.1), střídač FVE (viz kapitola 4.2) a rozváděč FVE (viz kapitola 4.3).

4.1 Fotovoltaický panel

Fotovoltaický panel se skládá ze solárních článků. Nejvíce rozšířené fotovoltaické panely v současnosti jsou křemíkové. Různým zpracováním křemíku lze vyrobit monokrystalické, polykrystalické a amorfni fotovoltaické články. [3]

Monokrystalický článek má tvar černého osmiúhelníku, polykrystalický článek je zbarven modře ve tvaru čtverce. V praxi se používají převážně monokrystalické a polykrystalické panely. Monokrystalické buňky mají větší účinnost než polykrystalické, ale využití plochy modulu není vzhledem k tvaru tak dokonalé. V konečném výsledku jsou oba typy modulů výkonově obdobné. Účinnost polykrystalických modulů je 12 – 15 %. Účinnost monokrystalických modulů je 15 – 17 %. Cena a životnost jsou stejné. Fotovoltaický panel je schopen vyrábět elektrickou energii i bez přímého osvětlení na základě difuzního záření, které je v ČR převládající. Monokrystal dává lepší výsledky při přímém osvětlení, polykrystal při dlouhodobějším difuzním záření, celkový roční úhrn vyrobené energie je srovnatelný s místními odchylkami v řádu procent. [3]

Posuzovaná fotovoltaická elektrárna rodinného domu je složena z 18 monokrystalických fotovoltaických panelů od společnosti Solartec s typovým označením SG-180-5Z. Střecha rodinného domu pokryta těmito panely je zobrazena na obr. 9.

Aby se světlo na povrchu článku co nejméně odrazilo a co nejvíce fotonů se absorbovalo, je na povrchu modulu umístěna antireflexní vrstva. Tato vrstva dává šedým křemíkovým článkům jejich typickou černou barvu u monokrystalických článků, popřípadě modrou barvu u polykrystalických článků. [3]

Černé monokrystalické solární články pokryté antireflexní vrstvou jsou součástí fotovoltaického panelu zobrazeného na obr. 5. Solární články mají velikost 125 x 125 mm a jsou poskládány do FV panelu, který je následně za pomoci těsnění uchycený do hliníkového rámu. Jeden fotovoltaický panel Solartec obsahuje 72 kusů těchto článků.

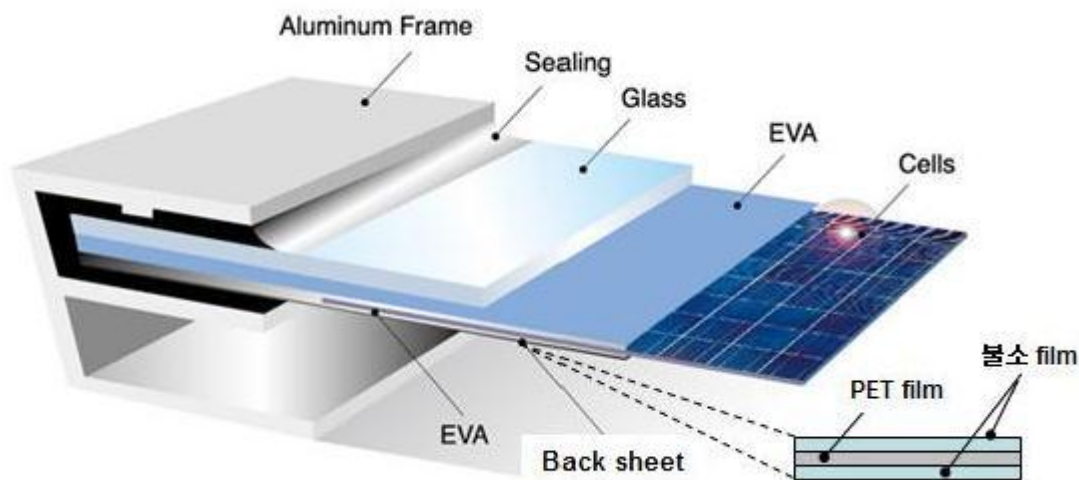


Obr. 5 Fotovoltaický panel Solartec SG-180-5Z (převzato z [8])

Fotovoltaický modul Solartec obsahuje vrstvu laminátu (viz tab. 2) složenou ze skla, ethylen vinyl-acetátu (EVA) a tedlaru. Přičemž strukturované, temperované sklo je umístěno na přední straně a tedlar na zadní straně modulu. Třetí složkou mezi těmito dvěma je vrstva ethylen vinyl-acetátu. Vzájemné složení jednotlivých vrstev FV panelu je znázorněno na obr 6.

V panelech typu SG-180-5Z jsou použity speciální solární, tvrzená skla s nízkým obsahem železa odolná vnějším vlivům. Použitím dané technologie při výrobě těchto skel je docíleno maximální propustnosti slunečního záření. [8]

Doba životnosti solárních článků těchto fotovoltaických modulů od společnosti Solartec, s.r.o. je stanovena na 25 let. Záruční doba fotovoltaických panelů uváděná společností je 10 let. [8]



Obr. 6 Vrstvy fotovoltaického panelu (převzato z [8])

Mechanické, technické, elektrické a teplotní parametry fotovoltaického panelu Solartec typu SG-180-5Z jsou uvedeny v tab. 1 – 5.

Tab. 1 Mechanické vlastnosti fotovoltaického panelu Solartec SG-180-5Z [8]

| Typ | Solartec SG-180-5Z | | |
|-----------------------|---------------------------|------|---------|
| Mechanické vlastnosti | Délka | [mm] | 1 637 |
| | Šířka | [mm] | 855 |
| | Tloušťka | [mm] | 35 |
| | Hmotnost | [kg] | 17 |
| | Počet solárních článků | [ks] | 72 |
| | Účinnost solárních článků | [%] | 16 - 17 |

Tab. 2 Charakteristika fotovoltaického panelu Solartec SG-180-5Z [8]

| | | |
|------------------------|-----------------|--|
| Charakteristika | Solární články | monokrystalické 125 x 125 mm |
| | Kontakty | Pájení po celé délce busbaru |
| | Laminát | sklo / EVA / tedlar |
| | Přední strana | strukturované, temperované sklo |
| | Zadní strana | tedlar |
| | Rám | eloxovaný hliník |
| | Propojovací box | 2x85 cm 4 mm Huber&Suhner s konektory |

Tab. 3 Garance výkonu fotovoltaického panelu Solartec SG-180-5Z [8]

| | |
|-----------------------|---|
| Garance výkonu | po 12 letech - max. pokles na 90 % výkonu |
| | po 25 letech - max. pokles na 80 % výkonu |

Tab. 4 Elektrické parametry fotovoltaického panelu Solartec SG-180-5Z [8]

| | | | |
|--|--------------------------------------|--|-----------|
| Elektrické parametry (STC - 1000 W/m ² , AM 1.5, 25°C) ⁴ | Výkon (P _{max}) | [Wp] | 180 ± 5 % |
| | Maximální napětí (U _{max}) | [V] | 36 |
| | Maximální proud (I _{max}) | [A] | 5 |
| | Napětí naprázdno (U ₀) | [V] | 43,8 |
| | Proud nakrátko (I _K) | [A] | 5,47 |
| | Maximální systémové napětí | [V] | 850 |
| | Výstupní napětí | [V] | 400 / 230 |
| | Frekvence | [Hz] | 50 |
| | Ochrana proti přepětí, podpětí | integrováná ochrana NPU 15/230 integrováná ochrana jako součást funkce střídačů | |

Tab. 5 Teplotní koeficienty fotovoltaického panelu Solartec SG-180-5Z [8]

| | | | |
|-----------------------------|-------------------|--------|-------|
| Teplotní koeficienty | NOCT | [°C] | 46 |
| | TC I _m | [%/°C] | 0,04 |
| | TC U _m | [%/°C] | -0,38 |
| | TC P _m | [%/°C] | -0,47 |

⁴ Při standardních testovacích podmínkách - výkonová hustota slunečního záření 1000 W/m², spektrum záření AM 1.5, teplota solárního článku 25°C. [9]

4.2 Střídač FVE

Stejnoseměrný proud vyrobený ve fotovoltaických modulech je pro dodávku do distribuční sítě třeba přeměnit na proud střídavý předepsaných parametrů (230 V / 400 V, 50 Hz) v měniči napětí – střídači. Střídače zajišťují přímou dodávku vyrobené solární elektřiny náfázováním se na místní elektrickou síť. Jsou umístěny na nosné konstrukci panelů nebo na jiném vhodném místě, popř. v průmyslovém kontejneru. [10]

Střídače jsou vybaveny bezpečnostní ochranou, která automaticky odpojí solární generátor od sítě při podpětí, přepětí, podfrekvenci, nadfrekvenci, a když je impedance sítě větší než $0,5 \Omega$, přičemž hodnoty těchto veličin jsou programovatelné. Střídače mohou být doplněny o datový výstup RS485, což umožňuje komunikaci s PC (možný sběr dat ze střídačů). [10]



Obr. 7 Střídač Fronius IG-30 (převzato z [11])

V projektu FVE rodinného domu je instalován střídač od firmy Fronius s typovým označením IG-30. Jedná se o ekonomicky pracující střídač s nízkými provozními náklady. Střídače typu Fronius jsou kompatibilní se všemi solárními moduly. [12] Tento střídač je zobrazen na obr. 7

Cena střídače Fronius IG-30 je dle dokumentace firmy instalující elektrárnu uvedena na 30 855 Kč. Záruční lhůta je 5 let s možností prodloužení na 10, 15 nebo 20 let. Částka za prodloužení této lhůty na 15 let již téměř odpovídá ceně nového střídače. [13]

Životnost střídačů typu Fronius je navrhována minimálně na dobu 20 let. Ve skutečnosti ale jednotlivé díly bezchybně pracují 12 – 15 let. Střídače jsou obecně považovány za nejporuchovější článek fotovoltaického systému a je nutné střídač v průběhu provozu elektrárny vyměnit za nový. [12]

Pro relevantní výpočet návratnosti a ziskovosti projektu budu uvažovat nutnost pořízení nového střídače ve 12. roce provozu elektrárny. To znamená, že za dobu životnosti elektrárny bude nutné pořídit jeden nový střídač. Částku za nový střídač Fronius typu IG-30 zahrnu do celkových fixních nákladů (viz kapitola 6.2.1).

Elektrické a technické parametry střídače Fronius jsou uvedeny v tab. 6 a 7.

Tab. 6 Elektrické vlastnosti střídače Fronius IG-30 [13]

| Typ | Fronius IG-30 | | | |
|-----------------------|---------------|---|------|-------|
| Elektrické vlastnosti | Vstupní data | Maximální DC výkon při $\cos\phi = 1$ | [W] | 2,85 |
| | | Maximální vstupní proud ($I_{dc\ max}$) | [A] | 19 |
| | | Maximální zkratový proud | [A] | 28,5 |
| | | Minimální vstupní napětí ($U_{dc\ min}$) | [V] | 150 |
| | | Maximální vstupní napětí ($U_{dc\ max}$) | [V] | 500 |
| | | Jmenovité vstupní napětí (U_{dc}) | [V] | 280 |
| | | Počet DC vstupů | - | 5 |
| | Výstupní data | Jmenovitý výstupní AC výkon (P_{ac}) | [W] | 2,5 |
| | | Maximální výstupní výkon | [W] | 2,65 |
| | | Maximální výstupní proud ($I_{ac\ max}$) | [A] | 11,5 |
| | | Připojení k síti (U_{ac}) | [V] | 230 |
| | | Minimální výstupní napětí ($U_{ac\ min}$) | [V] | 180 |
| | | Maximální výstupní napětí ($U_{ac\ max}$) | [V] | 270 |
| | | Frekvence | [Hz] | 50/60 |

Tab. 7 Obecné údaje o střídači Fronius IG-30 [13]

| | | | |
|---------------------|------------------------------------|------|-----------------|
| Obecné údaje | Rozměry (délka x šířka x tloušťka) | [mm] | 366 x 344 x 220 |
| | Váha | [kg] | 9 |
| | Stupeň ochrany | - | IP 21 |
| | Noční spotřeba | [W] | <1 |
| | Rozsah okolní teploty | [°C] | od -20 do +50 |
| | Přípustná vlhkost | [%] | od 0 do 95 |
| | Maximální účinnost | [%] | 94,3 |

4.3 Rozváděč FVE

Rozváděč elektrické energie je skříň, do které je zavedeno několik přívodních i odchozích kabelů. Obsahuje elektrické přístroje zajišťující jištění, měření a ovládání elektroinstalace. [14]

Jedná se o důležitý komponent elektrárny, zejména síťového provozu využívajícího zelených bonusů. Vyrobenou elektřinu fotovoltaikou rozvádí do odbočky do domu (v případě, že je spotřeba domu shodná nebo větší, než vyrobená elektřina solárními panely), nebo do regionální distribuční sítě (v případě, že je spotřeba RD menší než vyrobená elektřina FV panely).

Rozváděč obsahuje regulátor, který vyrobenou elektrickou energii fotovoltaickými panely přepíná pomocí relé nebo stykačů mezi odbočkou do domu a regionální distribuční sítí. V případě, že je vyrobená elektrická energie větší, než spotřeba rodinného domu, regulátor situaci vyhodnotí a přepne přebytek elektřiny do distribuční sítě. Elektřina je v tuto dobu od investora vykupována. Aktuální výroba a spotřeba je průběžně měřena elektroměrem. V pravidelných intervalech (obvykle 5 sekund) je aktuální rozdíl vyrobené a spotřebované energie vyhodnocován. Pro menší počet přepínání lze dobu vyhodnocování prodloužit. [15]

Na výstupu do RDS je elektřina měřena čtyřkvadrantovým elektroměrem, označovaným 4Q. Název tohoto elektroměru je odvozen od čtyř složek výkonu, které umožňuje měřit. Jedná se o vyrobený a spotřebovaný činný výkon (+P a -P), kladnou a zápornou jalovou složku (+Q a -Q). Jalový výkon není nutné pro běžnou domácnost uvažovat. [15]

K napájení regulátoru slouží zdroj, který je pak využit také ke spínání případných pomocných stykačů nebo relé. [15]

Rozváděč obsahuje mimo jiné také vstupní a výstupní vývodky, pojistkový odpínač, přepětovou ochranu, vstupní vývodku, jistič, indikaci napětí, svorky, hlavní vypínač, výstupní vývodku. [16]

Rozváděč fotovoltaického systému má životnost přibližně shodnou s dobou funkčnosti FV panelů a je v souladu s vysokou životností sítě, někdy i více než 30 roků. Toto zařízení obvykle vydrží plně funkční během celé životnosti fotovoltaické elektrárny.

Návrh rozváděče ovlivňuje výkon použitých panelů a jejich uspořádání, typ přepětových ochran, velikost a typ použitých FV vodičů a kabelů připojených do rozváděče, typ střídače, požadované krytí, umístění rozváděče. [16]

5 Využití FV pro konkrétní rodinný dům

5.1 Popis objektu

Budova se nachází ve Středočeském kraji v lokalitě Kladno. Objekt je součástí vilové čtvrti na okraji města a patří mezi novostavby (viz obr. 8). V jednogeneračním vícepodlažním rodinném domě, na jehož střeše je vybudována solární elektrárna, žije rodina se dvěma malými dětmi.



Obr. 8 Pohled na budovu z jihovýchodní strany (převzato z [17])

Na šikmé sedlové střeše domu o rozloze 60 m^2 je umístěno 23 solárních panelů využívajících sluneční záření (viz obr. 9). Tři z nich jsou panely solární, použity pro ohřev vody. Dva fotovoltaické (FV) panely jsou využívány pro ukládání vyrobené elektrické energie do baterií a nejsou do FVE zapojeny. Zbýlých osmnáct jsou panely fotovoltaické, vyrábějící elektrickou energii a tvořící FV elektrárnu domu. V této práci se budu dále zabývat pouze panely fotovoltaické elektrárny.

Celková plocha solárních systémů na střeše domu tvoří 33 m². Hmotnost FV panelů je 306 kg. [8]

Instalovaná fotovoltaika má výkon 3,2 kWp. Všechny tyto panely jsou směřovány na jihozápadní stranu, která z pohledu získané sluneční energie pro místní podmínky patří mezi nejeftektivnější. Nosné konstrukce s FV moduly jsou nakloněny pod úhlem 34°, což je také důležitým parametrem pro zajištění co nejvyšší možné účinnosti přeměny slunečního svitu v elektrickou energii, kterou panely mohou produkovat. Pohled na tuto stranu budovy pokrytou panely je na obr. 9.



Obr. 9 Střecha pokryta solárními panely (převzato z [17])

5.2 Možnosti prodeje elektřiny fotovoltaického systému v síťovém provozu

V ČR jsou nastaveny dva hlavní principy prodeje a využití vyrobené elektrické energie z fotovoltaických panelů. Výrobce má možnost volby mezi principem přímého prodeje a principem zeleného bonusu. [18]

V případě přímého prodeje, který je využíván většinou investory v České republice, je veškerá vyrobená elektřina prodávána distributorovi. Ten je ze zákona povinen ji po dobu dvaceti let odkupovat za cenu stanovenou a upravenou pro daný rok Energetickým regulačním úřadem (ERÚ). Tato částka je navíc každoročně navýšena o 2 % až 4 %, o tzv. index PPI⁵. V tomto případě má výrobce elektrické energie zajištěný výkup a částka každé vyrobené a prodané kWh je vyšší, než v případě zeleného bonusu. S principem přímého prodeje jsou ale spojeny další náklady, které je nutno uvažovat. Mezi ně patří náklady na zřízení odběrného místa, platba za jističe nebo výkopové práce. Cena vstupní investice se tedy může zvýšit. [19]

U principu zelených bonusů, který je výhodný pro objekty s vyšší spotřebou elektrické energie, jsou podmínky poněkud odlišné. Výrobce většinu vyrobené elektrické energie sám spotřebuje, zbytek pak prodá do distribuční sítě za cenu výrazně nižší (viz tab. 25), než je u přímého prodeje. Tato cena je závislá na tom, za jakou hodnotu se majiteli FVE podaří vyrobenou 1 kWh elektřiny prodat. Většinou jsou výkupní ceny velmi nízké a prodávané přebytky nejsou v distribuční síti příliš žádoucí. Výkupní cena nespotřebovaných přebytků elektřiny je sice nižší, ale výrobce především ušetří na vlastní spotřebě, kterou je schopen pokrýt elektřinou z fotovoltaiky. Za počet vyrobených kWh má výrobce navíc právo inkasovat od provozovatele přenosové soustavy částku v podobě zeleného bonusu. Jde opět o částku upravovanou pro daný rok Energetickým regulačním úřadem. Tato cena je také i u tohoto principu prodeje každoročně navýšena o 2 % až 4 %, o index PPI. Zelený bonus je tzv. příplatek k tržní ceně elektřiny, vyrobené z obnovitelného zdroje energie (OZE), ve formě dotace za vyrobenou kWh. Zohledňuje snížené poškozování životního prostředí. Vstupní investiční náklady v případě zelených bonusů jsou nižší. [19]

Tyto v krátkosti popsané základní způsoby jsou převzaté z jiných zemí Evropské unie, především z Německa a Španělska. V České republice jsou aplikované od roku 2005. Obě tato řešení mají své výhody a nevýhody. Je pouze na rozhodnutí majitele FVE, který z typů využití vyrobené energie zvolí, a který bude pro něho přínosnější. Je nutné podotknout, že pro rok 2014 již nejsou stanoveny výkupní ceny z fotovoltaické elektrárny, tudíž tyto principy jsou finančně výhodné pro projekty FVE vzniklé roku 2013 a dříve.

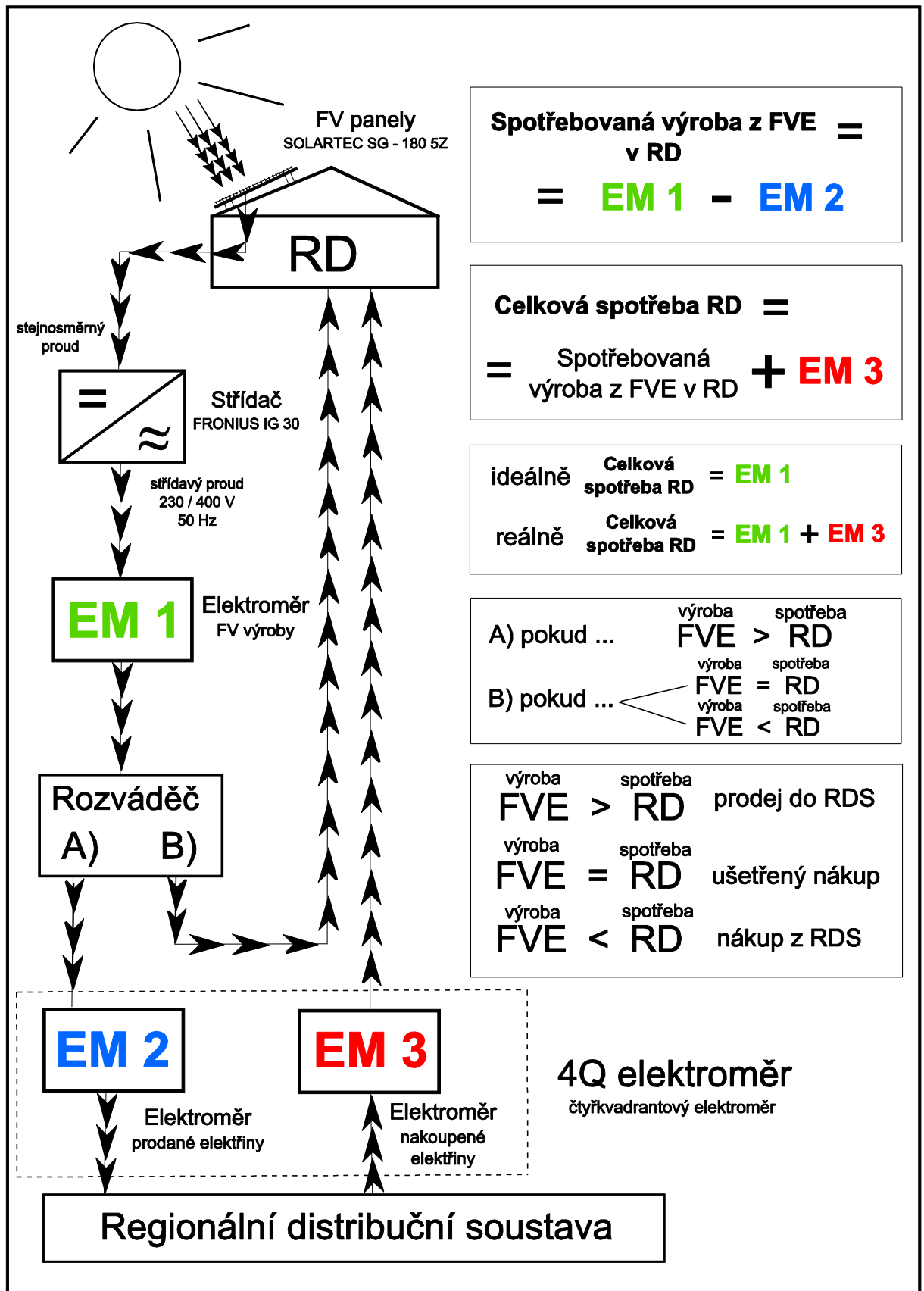
⁵ Index PPI – cenový index průmyslové výroby, neboli „průmyslová inflace“. [20]

Projekt rodinného domku, na který jsem vypracoval nákladovou analýzu, používá od uvedení fotovoltaické elektrárny do provozu princip zelených bonusů. Elektřinu, kterou spotřebovává pro své účely, využívá především u spotřebičů napájených napětím do 50 V. Jedná se konkrétně o přístroje - rádio, digitální hodiny, monitoring výroby z FVE, WiFi router, osvětlení pracovního stolu, digitální venkovní teploměr a další.

Mezi značné nevýhody fotovoltaických elektráren obecně využívajících síťového provozu zelený bonus je to, že se vyrobí většina elektrické energie v denní době (mezi 10. až 14. hodinou - v závislosti na počasí), kdy budova není obývána. Tudíž nemůže být vyrobená energie dostatečně spotřebována. Je tedy v tuto velice efektivní dobu prodávána do regionální distribuční sítě za velmi malou částku za 1 kWh. Je ale nutné počítat s tím, že i za tuto prodanou výrobu je inkasována dotace ve formě zeleného bonusu za 1 kWh, která tvoří převážnou většinu příjmů z celé fotovoltaické elektrárny.

Tato elektrická energie v době neobývání domu ale dostatečně pokryje spotřebiče, které pracují ve Stand-by režimu, neboli pohotovostním režimu, ve kterém pracují běžně vypnuté spotřebiče. Spotřeba všech zařízení ve Stand-by režimu stojí průměrnou domácnost ročně i několik tisíc korun. Proto se pokrytí těchto pohotovostních režimů vyrobenou elektřinou z fotovoltaiky velmi osvědčilo a to také i v tomto konkrétním případě.

Blokové schéma síťového provozu využívajícího principu zelených bonusů je na obr. 10. Jsou zde také uvedeny jednotlivé použité komponenty elektrárny tohoto rodinného domu.



Obr. 10 Blokové schéma síťového provozu zelený bonus v RD

Rozváděč tohoto fotovoltaického systému (viz obr. 10) rozvádí vyrobenou elektřinu FV panely mezi odbočkou do domu (značeno tok B) a regionální distribuční sítí (značeno tok A). V případě, že je vyrobená elektrická energie větší, než spotřeba elektřiny v rodinném domě, regulátor situaci vyhodnotí a přebytek elektřiny rozvede do distribuční sítě (tok A). V tuto chvíli je elektřina rozdělena na energii pokrývající celkovou okamžitou spotřebu domu (tok B) a energii, která je přebytkem nad touto okamžitou spotřebou domu a je prodávána do RDS (tok A). Zjednodušeně lze říci, že energie toku A byla v tuto chvíli vyrobena fotovoltaickým systémem navíc a již nebyla nutná na pokrytí okamžité spotřeby domu. Elektřina je v tuto dobu od investora vykupována. Současně je tedy aktivní tok A i B. Součet těchto dvou toků vždy udává celkovou okamžitou vyrobenou elektřinu fotovoltaickou elektrárnou. K této situaci může dojít například v létě v brzkých ranních hodinách, kdy je fotovoltaikou vyráběno již značné množství elektřiny díky východu slunce před 5. hodinou ranní a spotřeba rodinného domu je v tento čas stále minimální.

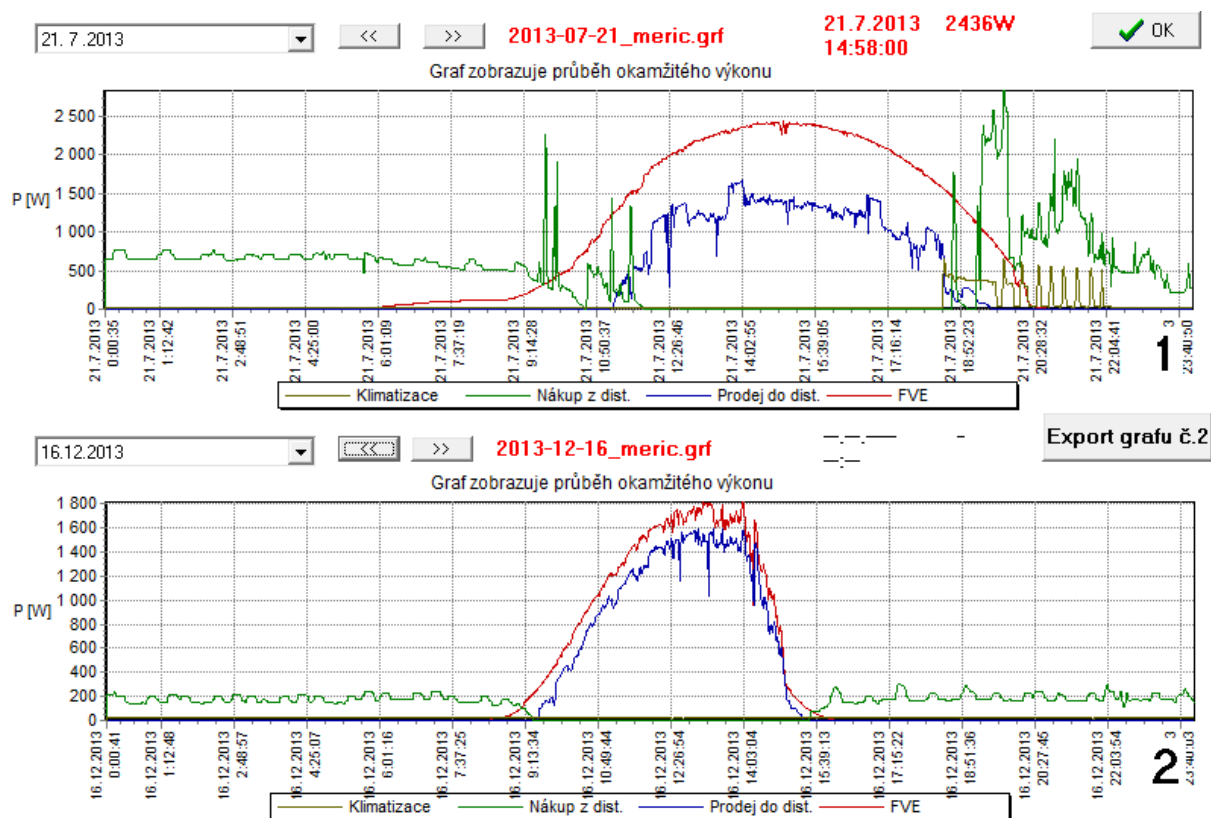
V případě, že nastane okamžik zvýšené spotřeby elektřiny v rodinném domě (např. kolem 7. – 9. hodiny ranní) a zároveň nedostačující výroby elektřiny fotovoltaické elektrárny pro pokrytí této spotřeby, situace bude odlišná. V tuto dobu je nezbytné elektřinu z distribuční sítě vykupovat (měřeno EM 3). Tok B pokračuje ve své činnosti a pokrývá část okamžité spotřeby elektřiny rodinného domu. Tokem A již ale přestane být elektřina distribuována do veřejné sítě, elektroměr prodané elektřiny (EM 2) přestane proudící energii načítat a prodej do RDS je ukončen. V tento okamžik začíná elektřinu načítat elektroměr nakoupené elektřiny (EM 3). Nyní je celková okamžitá spotřeba rodinného domu dána součtem hodnoty elektroměru EM 3 a veškeré energie proudící tokem B.

Na obr. 11 jsou zobrazeny průběhy okamžitého výkonu FV elektrárny a také množství prodané a nakoupené elektřiny ve dva různé dny roku 2013. Pro porovnání jsem zvolil průběhy výkonů z letního období oproti průběhům ze zimního období. V horní části obr. 11 je graf ze dne 21. 7. 2013, dolní část obr. 11 ukazuje průběhy elektřiny ze dne 16. 12. 2013.

Červená křivka zobrazuje okamžité hodnoty vyrobené energie z fotovoltaických panelů (viz kapitola 4.1) v průběhu celého dne. Modrá křivka je okamžitým průběhem prodané elektřiny a zelená křivka zobrazuje okamžitý průběh nakoupené elektřiny. Je možné si všimnout, že v daný okamžik je zobrazen průběh buď modrý, nebo zelený, nikdy ale nejsou tyto křivky v grafu ve stejnou dobu vykresleny současně. Jinými slovy, energie je buď

prodávána do distribuční sítě, nebo je z distribuční sítě nakupována. Tyto vztahy vyplývají z popisu toků energií ve FV systému (viz obr. 10).

V grafu vyrobené energie solární elektrárnou z letního období (viz obr. 11, graf 1) je možné zpozorovat počátek výroby již od 6. hodiny ranní. V tuto dobu mělo vycházející slunce již dostatek energie pro výrobu prvních kilowatthodin v tento den. Nárůst výkonu je pozvolný a okamžitou hodnotu výkonu 500 W vyráběla fotovoltaika až kolem 10. hodiny. Na hodnotu 500 W výkon rostl celé 4 hodiny. Pak ale křivka stoupá rychleji a nejvyšší hodnotu okamžitého výkonu elektrárna zaznamenala před 15. hodinou, kdy se vyrobilo 2 436 W. Elektrárna přestala vyrábět elektrinu v tento den ve 20 hodin a 30 minut. Doba, po kterou FV panely vyrábí elektrickou energii je závislá na délce slunečního svitu a tím tedy na ročním období. V tento sluneční letní den elektrárna produkovala energii po dobu necelých 15 hodin.



Obr. 11 Průběhy okamžitého výkonu systému s FVE [22]

Z grafu 2 (viz obr. 11) ze zimního dne lze zpozorovat začátek výroby elektrárnou až kolem 9. hodiny ranní. Změnila se i maximální hodnota okamžitého výkonu v tento den. Oproti grafu ze dne 21. 7. 2013 se v prosinci maximálně vyrábělo pouze 1 800 W a to přibližně ve 13 hodin. To je o 636 W méně, než maximum výroby v letní den 21. 7. 2013.

Tento pokles je způsobený menší intenzitou slunečních paprsků v zimním období. Nárůst na tuto maximální hodnotu výkonu je oproti grafu 1 z letního dne o poznání rychlejší. Hodnotu 1 800 W vyráběla elektrárna již po 4 hodinách od prvního vyrobené energie v tento den. Oproti letnímu dni je to o 5 hodin méně. Dne 21. 7. 2013 trval nárůst na maximální okamžitou hodnotu výroby přibližně 9 hodin. Poslední vyrobené kilowatty elektrárnou byly dne 16. 12. 2013 zaznamenány již v 15 hodin a 40 minut. Poté bylo nutné elektřinu do dalšího východu slunce pouze nakupovat. Elektřina je v zimním období vyráběna přibližně pouze 6 hodin. V létě fotovoltaika vyrábí elektrickou energii přibližně až 15 hodin po dobu jednoho dne. V průběhu ostatních ročních období je délka denní doby výroby v rozmezí mezi těmito dvěma hodnotami.

Využití fotovoltaiky v zimě není oproti letním měsícům tak efektivní. Slunce vychází později a zapadá dříve, což má velký vliv na množství vyrobené energie solární elektrárnou. Tato graficky ověřená data byla předpokládána realizující firmou (viz tab. 10 a obr. 12). Z grafu na obr. 12 je patrné, že prosinec by měl být z hlediska výroby elektřiny nejslabším měsícem. Naopak mezi nejsilnější měsíce roku dle počtu vyrobené energie fotovoltaikou patří květen, červen a červenec.

Je nutné poznamenat, že na obr. 11 jsou naměřené hodnoty z jasných slunečních dní bez oblačnosti. U průběhu ze dne polojasného a oblačného jsou hodnoty okamžitého výkonu dosti proměnlivé. Zobrazené grafy jsou pořízeny z ideálního jasného slunečního dne z pohledu vyrobené elektřiny fotovoltaikou.

5.3 Technické parametry FVE rodinného domu

Technické parametry fotovoltaické elektrárny rodinného domu jsou zobrazeny v tab. 8.

Tab. 8 Technické parametry projektu fotovoltaické elektrárny rodinného domu [10]

| | | | |
|---------------------------------------|-------------------------------------|-------------------|------|
| Projekt FVE rodinného domu | Počet FV panelů | [ks] | 18 |
| | Plocha | [m ²] | 25,2 |
| | Celková hmotnost | [kg] | 306 |
| | Celkový počet článků | [ks] | 1295 |
| | Celkový špičkový výkon ⁶ | [kWp] | 3,24 |
| | Natočení panelů | jihozápadní (JZ) | |
| | Náklon modulů | [°] | 34 |
| | Odhadované ztráty systému | [%] | 12 |

V tab. 9 je uveden součet ztrát FVE umístěné na střeše tohoto rodinného domu. Čím větší jsou ztráty elektrárny, tím menší je účinnost a efektivita přeměny slunečního záření na elektrickou energii. Největší význam mají ztráty připojených kabelů. Jedná se až o 12 % ztracené dopadající sluneční energie. Tyto ztráty byly určeny a vypočteny při použití potřebných databází firmou instalující fotovoltaickou elektrárnu. Jedná se o ztráty vzniklé na komponentech této konkrétní instalované FV elektrárny.

Tab. 9 Rozdělení ztrát fotovoltaického systému rodinného domu [10]

| | | |
|---|------------|-------------|
| Odhadované ztráty vlivem teploty solárních článků | [%] | 6,6 |
| Odhadované ztráty vlivem úhlové odrazivosti | [%] | 3 |
| Jiné ztráty (kabely, atd.) | [%] | 12 |
| Celkové ztráty komponentů FVE | [%] | 21,6 |

Jak je známo, fotovoltaická elektrárna je schopna přeměnit na elektrickou energii pouze 16 % – 18 % dopadající sluneční energie. Celkové ztráty systému jsou tedy 82 % – 84 %.

⁶ Celkový špičkový výkon = počet panelů x výkon jednoho panelu.

Přeměnu tudíž ovlivňují i jiné ztráty, které je nutné ke ztrátám z tab. 9 přičíst. Ty patří především do oblasti makromolekulární fyziky a jejich příčiny jsou známé a aplikovatelné pro veškerá zařízení využívající přeměnu solární energie na energii elektrickou. Mezi další druhy ztrát řadíme [3]:

- příliš malou energii fotonů dlouhovlnného záření,
- nadměrnou energii fotonů krátkovlnného záření,
- rekombinaci,
- spád potenciálu v pásmu prostorového náboje,
- zastínění předními kontakty.

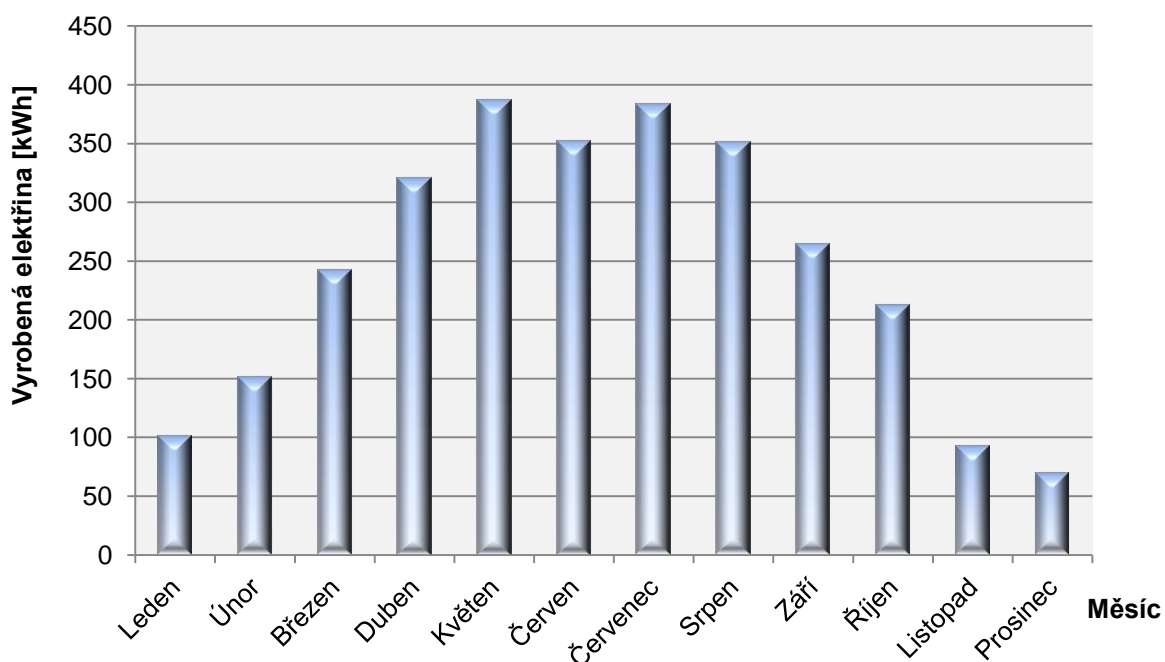
Tab. 10 a obr. 12 uvádějí předpokládané vypočtené množství elektrické energie vyrobené každý měsíc z FV systému (pro lokalitu Kladno) na základě definované konfigurace, náklonu a orientace FV modulů a dalších parametrů ovlivňujících tuto vyrobenou energii. Zobrazují taktéž průměrné hodnoty denní a roční výroby. Jde se o tzv. „bezpečný výpočet“. Reálné hodnoty výroby by tedy měly být vždy minimálně stejné nebo vyšší než ty, které jsou uvedené v tab. 10 a jsou uvažované na horší podmínky tak, aby skutečné zisky z výroby byly vždy vyšší.

V těchto výpočtech realizační firmy je zahrnut i pokles účinnosti FV panelů v důsledku stárnutí solárních článků po dobu 25 let. Graficky je tento pokles účinnosti (garantovaný výrobcem) zobrazen na obr. 14 a uveden v tab. 3. Jedná se tak o hodnoty vyrobených kWh fotovoltaickou elektrárnou (viz tab. 10), které jsou uvažované na celou dobu životnosti systému (25 let). Vypočtená hodnota celkové roční výroby z tab. 10 odpovídá tedy velmi relevantnímu průměrnému počtu kWh reálně vyprodukovaných touto elektrárnou.

Tab. 10 Předpokládaná výroba elektrické energie FVE [10]

| Měsíc | Měsíční výroba (kWh/měsíc) | Denní výroba (kWh/den) |
|-----------------------------------|----------------------------|------------------------|
| Leden | 101 | 3 |
| Únor | 151 | 5 |
| Březen | 242 | 8 |
| Duben | 320 | 11 |
| Květen | 386 | 12 |
| Červen | 352 | 12 |
| Červenec | 383 | 12 |
| Srpen | 351 | 11 |
| Září | 264 | 9 |
| Říjen | 212 | 7 |
| Listopad | 92 | 3 |
| Prosinec | 69 | 2 |
| Průměr [kWh] | 244 | 8 |
| Celková roční výroba [kWh] | 2923 | |

Odhadovaná roční výroba elektrické energie z FVE



Obr. 12 Předpokládaná roční výroba elektrické energie z FVE [10]

Pro výpočet návratnosti a ziskovosti celého projektu použijí průměr hodnot vyrobené elektřiny z dosavadní doby provozu elektrárny. Jak bude později popsáno (viz kapitola 6.3.3) na straně 63, tato průměrná hodnota použita pro celkovou analýzu je velmi blízká vypočtené hodnotě realizační firmou, která pro svůj výpočet uvažovala veškeré aspekty nepříznivě ovlivňující výrobu.

Data, na základě kterých byly vypočteny tyto odhadované hodnoty měsíční a roční výroby a rozdělení ztrát, byla použita z průměrných dlouhodobých hodnot intenzity slunečního záření. Tyto hodnoty jsou naměřené pro jednotlivá místa České republiky a jsou dostupné od Českého hydrometeorologického ústavu nebo odborných firem. Jsou ale chráněné před volnou distribucí. Kompletní výpočty o tomto projektu byly poskytnuty dodavatelskou firmou instalující FV elektrárnu.

6 Ekonomická analýza FVE rodinného domu

Fotovoltaická elektrárna byla vybudována na střeše rodinného domu koncem roku 2008, konkrétně v prosinci. Ekonomickou analýzu provedu pro celé roky provozu, tj. od 1. 1. 2009 do 31. 12. 2013. Celkově tak pro období 5 let.

6.1 Výsledek hospodaření

Pro ekonomické hodnocení nestačí znát pouze hodnotu vyrobené energie. Cena elektrické energie se skládá z více částí, proto je třeba do modelu zahrnout všechny její složky ovlivňující ekonomiku tohoto projektu. Jedná se o:

- cenu za silovou energii, rozdělenou podle tarifů na vysoký (VT) a nízký (NT)⁷,
- cenu za distribuci elektrické energie stanovená ERÚ,
- cenu za zelený bonus, což je příplatek k tržní ceně elektřiny vyrobené z OZE.

Je třeba si uvědomit, jaké jsou náklady a výnosy při provozu FV systému pracujícího na principu zelených bonusů. Systém je z pohledu energetické bilance a ekonomického hodnocení náročnější, než je pouhý přímý prodej do regionální distribuční soustavy. Přímý prodej je další alternativou patřící do síťového provozu.

V tab. 11 je uvedeno, jak se rozdělují roční náklady a výnosy síťového provozu nazývaného zelený bonus. Jednotlivé položky z tab. 11 budou v dalších kapitolách popsány a podrobněji rozebrány.

Tab. 11 Rozdělení nákladů a výnosů při výrobě elektřiny fotovoltaickou elektrárnou

| Náklady | | Výnosy | |
|------------|-----------------------|--------------|-----------------------------------|
| Fixní | Pořizovací náklady | Výroba z FVE | Vlastní spotřeba - ušetřený nákup |
| | Provozní náklady | | Prodej do RDS |
| Variabilní | Nákup elektřiny z RDS | Zelený Bonus | Za vlastní spotřebu |
| | | | Za prodanou výrobu |

⁷ Rodinný dům odebírá pouze vysoký tarif (VT).

6.2 Náklady

6.2.1 Fixní náklady na pořízení investice

Fotovoltaická elektrárna byla instalována specializovanou firmou, způsobem instalace „na klíč“⁸. Technická i úřední dokumentace byla zajištěna firmou.

Celková cena instalace FVE „na klíč“ pro sedlovou střechu obsahuje dodávku jednotlivých komponentů, montáž, materiál, uvedení FVE do provozu a revizi. Souhrn všech pořizovacích nákladů projektu je uveden v tab. 12.

Tab. 12 Celkové pořizovací náklady projektu FVE na rodinném domě [10]

| | Cena [Kč] |
|---|------------------|
| Instalace FVE na klíč | 419 000,- |
| Projektová dokumentace | 13 000,- |
| Vyřízení licence | 5 000,- |
| Vyplnění dokladu pro žádost o povolení | 2 000,- |
| Vyplnění dokladu pro žádost o připojení | 2 000,- |
| Celková cena investice | 441 000,- |

Pořizovací náklady na výstavbu projektu solární elektrárny investora vyšly na 441 000 Kč.

Mezi fixní pořizovací náklady v průběhu provozu FVE je také nutné zařadit výměnu střídače. Střídač je třeba nahradit v rozmezí 12. – 15. roku chodu elektrárny. V této době končí životnost původního střídače. Výměna je nutná jedenkrát za dobu provozu FVE. Cena střídače (viz kapitola 4.2) je 30 855 Kč. Po přičtení této hodnoty k pořizovacím nákladům elektrárny vznikne celková jednorázová částka 471 855 Kč.

⁸ Na klíč – způsob instalace projektu dodavatelským způsobem.

Pro vyčíslení celkové hodnoty nákladů je ale třeba k těmto nákladům na pořízení přičíst každoroční náklady na provoz. K výpočtu kompletní hodnoty nákladů uvažují předpokládanou dobu životnosti celého FV systému 25 let. Mezi pravidelné každoroční náklady spadá částka za pojištění FVE (viz tab. 13) a roční plánovaná částka na údržbu elektrárny (viz tab. 14).

Tab. 13 Pojištění fotovoltaické elektrárny [10]

| Pojištění FVE - střešní instalace - pojištění majetku a odpovědnosti občanů | | |
|--|----------------------|-----------------|
| Pojistné nebezpečí | Pojistná částka [Kč] | Pojistné [Kč] |
| Živelní pojištění (bez povodně) | 400 000,- | 720,- |
| Odcizení, vandalismus | 400 000,- | 1 296,- |
| Spoluúčast: 500 Kč | | |
| Obchodní sleva (10 %) | | -201,6 |
| Pojistné po obchodní slevě (10 %) | | 1 814,4 |
| Odpovědnost vlastníka, držitele nebo správce nemovitosti | | 233,- |
| Roční pojistné | | 2 047,4 |
| Roční pojistné po slevě - sleva za připojištění 5 % | | 1 945,03 |

Majitel FVE má elektrárnu pojištěnou ve výši 400 000 Kč v případě živelní pohromy, odcizení a vandalismu na této elektrárně. Při překročení škody dané touto smlouvou je majiteli vyplaceno pojistné plnění. Cena tohoto pojištění na jeden rok po odpočtu slev (obchodní sleva 10 %, sleva za připojištění 5 %), vychází na 1 945,03 Kč. Pro další výpočty byla tato cena zaokrouhlena na celé koruny. Roční výdaj za pojištění elektrárny je tedy 1 945 Kč.

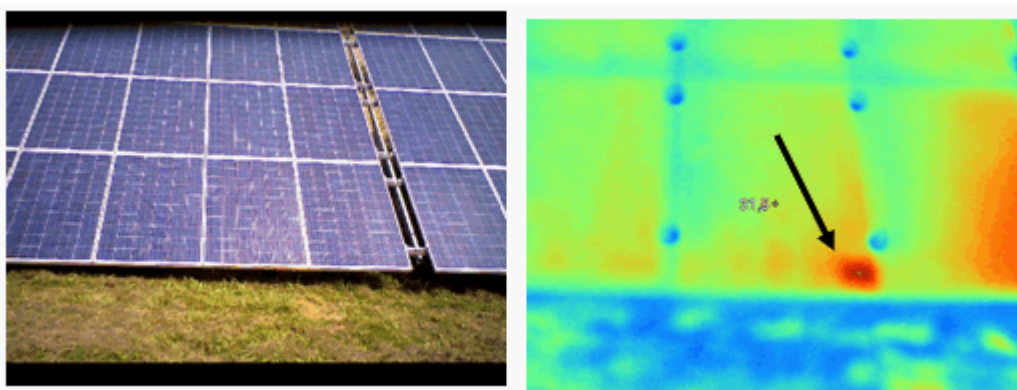
Plánovaná částka na údržbu systému byla majitelem vyčíslena na 2 500 Kč za rok. Do této částky je zahrnuto termovizní měření panelů (pomocí termokamery je měřen únik tepla), dále aktualizace softwarových a monitorovacích jednotek (elektroměrů), revize centrálního střídače, kontrola uchycení panelů ke konstrukci a správné připojení kontaktů.

Termovizní měření neboli kontrola úniku tepla pomocí termokamery je prováděna jednou ročně. Metoda je omezena povětrnostními podmínkami, a proto je doporučena realizovat v létě. Částka za termovizní diagnostiku panelů se dle ceníku měřicí firmy pohybuje v rozmezí 2 – 5 Kč za jeden fotovoltaický panel. Výsledná cena se odvíjí od velikosti měřeného systému. Cena za vypracování protokolu o měření termokamerou je dána 19 %

z celé zakázky. Doprava měřících pracovníků je do 30 km zdarma. Maximálně tedy investor za jedno měření 18 panelů zaplatí měřící firmě přibližně 107 Kč.

Pomocí termovizního měření je možné vytipovat vadný panel. Metoda je vykonávána z důvodu možného uplatnění reklamací dodavatelům v době záruk. Měřením jsou odhaleny vady, které nejsou zjistitelné na monitoringu. Při poruše solárního článku dochází k jeho zahřívání v důsledku ztrát. Vadné panely vyrábějí méně (díky menší účinnosti), komponenty se přehřívají a dochází k jejich destrukci. Měřením lze předejít rozsáhlejšímu poškození elektrárny a zabránit případnému požáru. [21]

Výsledky termovizního měření vadného solárního článku, na kterém dochází k úniku tepla, jsou zobrazeny na obr. 13 (vpravo). V levé části obr. 13 je fotovoltaická elektrárna, kde se vadný FV panel nachází.



Obr. 13 Vadný solární článek fotovoltaické elektrárny (převzato z [21])

Roční částka plánovaná na údržbu byla majitelem vyčíslena na 2 500 Kč (viz tab. 14). Reálně ale roční výdaje k této částce nedosahují. Důvod této rezervy je, aby finanční odhad byl určen na nepříznivé podmínky a reálné zisky byly tak vždy vyšší.

Tab. 14 Roční plánovaná částka na údržbu elektrárny [22]

| | Cena [Kč] |
|----------------------------------|-----------|
| Plánovaná částka na údržbu / rok | 2 500,- |

Celková částka za pravidelné roční provozní náklady spojené s fotovoltaickým zařízením je 4 445 Kč (viz tab. 15).

Tab. 15 Pravidelné roční náklady za FVE [22]

| | Cena [Kč] |
|--------------------------------------|------------------|
| Roční pojistné FVE | 1 945,- |
| Údržba FVE / rok | 2 500,- |
| Roční provozní náklady celkem | 4 445,- |

Další varianta pohledu na roční náklady je pomocí účetního odpisu. V tuto chvíli nebude roční fixní náklad roven ceně pořízení, ale odpisu investice, tj. cena pořízení / počet let provozu. V tomto analyticko-ekonomickém výpočtu uvažují dobu provozu rovnající se deklarované době životnosti FV panelů, tj. 25 let. Přehled ročního odpisu ceny pořízení FV systému je zobrazen v tab. 16.

Tab. 16 Roční odpis ceny pořízení [22]

| | Cena [Kč] |
|--------------------------------|------------------|
| Celkové pořizovací náklady FVE | 471 855,- |
| Roční odpis investice | 18 874,- |

Touto metodou účetního odpisu je pořizovací cena rozložena jako náklad do více období a jde o odhad částky, která co nejpřesněji vyjadřuje rozložení výnosů. Účetní odpis slouží k přehledu o skutečné výši hodnoty FV systému a jeho opotřebení v důsledku stárnutí. Díky použití odpisů je finanční situace věrohodnější.

Pokud bychom sečetli pravidelnou roční částku odpisu investice s ročními provozními náklady FVE, získali bychom celkovou hodnotu ročních fixních nákladů (viz tab. 17).

Tab. 17 Celkové roční fixní náklady [22]

| | Cena [Kč] |
|------------------------------------|------------------|
| Roční odpis investice | 18 874,- |
| Roční provozní náklady | 4 445,- |
| Celkové roční fixní náklady | 23 319,- |

Po přičtení těchto ročních fixních nákladů k ročním variabilním nákladům, tj. hodnota za nákup elektřiny z distribuční soustavy, získáme celkovou částku ročních nákladů (s uvažováním odpisů). Tyto roční náklady uvedu na konci kapitoly 6.2.3. V kapitole 6.3.3 budou uvedeny celkové roční výnosy kumulovaným způsobem. Po následném porovnání nákladů s ročními výnosy lze určit roční zisky z fotovoltaického systému. Přehled těchto zisků z jednotlivých let bude zobrazen v kapitole 6.6.

Přehled odpisů v průběhu jednotlivých let provozu je zobrazený v tab. 18. Z tab. je možné zpozorovat, že na konci doby životnosti je částka za odpisy rovna celkové pořizovací ceně systému.

Tab. 18 Přehled odpisů investice v jednotlivé roky provozu FVE [22]

| Rok | Odpisy [Kč] (kumulované) | Rok | Odpisy [Kč] (kumulované) |
|------|-----------------------------|------|-----------------------------|
| 2009 | 18 874,- | 2021 | 245 362,- |
| 2010 | 37 748,- | 2022 | 264 236,- |
| 2011 | 56 622,- | 2023 | 283 110,- |
| 2012 | 75 496,- | 2024 | 301 984,- |
| 2013 | 94 370,- | 2025 | 320 858,- |
| 2014 | 113 244,- | 2026 | 339 732,- |
| 2015 | 132 118,- | 2027 | 358 606,- |
| 2016 | 150 992,- | 2028 | 377 480,- |
| 2017 | 169 866,- | 2029 | 396 354,- |
| 2018 | 188 740,- | 2030 | 415 228,- |
| 2019 | 207 614,- | 2031 | 434 102,- |
| 2020 | 226 488,- | 2032 | 452 976,- |
| | | 2033 | 471 850,- |

6.2.2 Variabilní náklady projektu

Mezi variabilní neboli proměnné náklady v síťovém provozu zelený bonus lze zařadit nákup elektřiny z regionální distribuční soustavy.

Rodinný dům používá pouze jedno tarifní odběr elektrické energie silové elektřiny. Ceny nakoupené elektrické energie vysokého tarifu (VT) pro jednotlivé roky jsou uvedené v tab. 19. Tyto ceny jsou určeny energetickou společností, od které je energie odebírána.

Tab. 19 Nákupní cena VT pro jednotlivá období [22]

| Rok | Období | Nákupní cena silové elektřiny VT (sazba) Kč/kWh |
|------|---------------|---|
| 2009 | 1.1. - 31.12. | 4,4554 |
| 2010 | 1.1. - 31.12. | 4,4554 |
| 2011 | 1.1. - 31.12. | 5,1400 |
| 2012 | 1.1. - 31.12. | 5,1400 |
| 2013 | 1.1. - 31.07. | 5,7000 |
| | 1.8. - 31.12. | 4,7000 |

Nákup elektřiny z DS úzce souvisí se spotřebou rodinného domu. Celková cena za nakoupenou elektrickou energii v daném roce z distribuční soustavy se spočte jako počet kWh odebrané elektřiny celkem, vynásobený sazbou za 1 kWh, která je dána energetickou společností poskytující dodávku elektřiny.

Jedná se o elektřinu, kterou nebyla schopna pokrýt fotovoltaická elektrárna a bylo třeba tuto elektřinu nakoupit z regionální distribuční soustavy. Spotřeba rodinného domu byla tedy v tuto dobu vyšší, než vyrobená elektrická energie z fotovoltaických panelů.

Celkový přehled odebrané elektřiny z RDS za jednotlivé roky (včetně souhrnné a průměrné ceny) je uvedený v tab. 20.

Tab. 20 Přehled o celkové nakoupené elektrické energii za jednotlivé roky [22]

| Rok | Nakoupená elektrická energie z RDS [kWh] | Celková cena [Kč] |
|------|--|-------------------|
| 2009 | 2 682 | 11 949,30 |
| 2010 | 3 188 | 14 203,70 |
| 2011 | 3 449 | 17 727,90 |
| 2012 | 3 417 | 17 563,40 |
| 2013 | 3 595 | 18 916,50 |

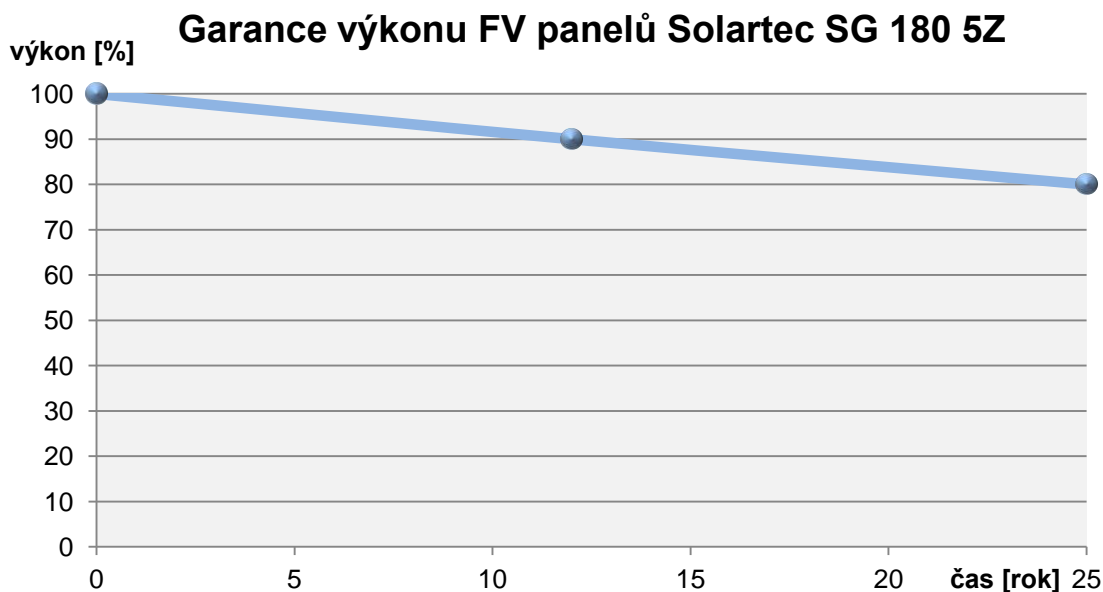
| | | |
|---|-------|-----------|
| Nakoupená elektrická energie – roční průměr | [kWh] | 3 266,20 |
| Nakoupená elektrická energie – celkem | [kWh] | 16 331,00 |
| Cena nakoupené elektřiny – roční průměr | [Kč] | 16 072,16 |
| Cena nakoupené elektřiny – celkem | [Kč] | 80 360,80 |

Lze si všimnout, že nakoupená elektřina potřebná pro spotřebu domu od roku 2009 stále roste. Toto může být způsobeno neustále zvyšujícím se odběrem elektrické energie domu, kterou není schopna pokrýt fotovoltaika, nebo poklesem účinnosti FV panelů díky stárnutí, a tím také poklesem celkové vyrobené elektrické energie z těchto panelů, která by se mohla využít na snížení spotřeby domácnosti. Příčina růstu nakoupené elektřiny může být také způsobená poklesem intenzity slunečního svitu.

Největší nárůst nakoupené elektřiny, a tím také úměrně rostoucí ceny, je v roce 2010, kdy se oproti roku 2009 nakoupilo o celých 506 kWh více. Tento rozdíl nákupu se projevil na zvýšené ceně o 2 254 Kč. Nejvíce nakoupené elektřiny bylo v roce 2013. Z distribuční sítě se odebralo 3 595 kWh. Nákupní cena daná sazbou 5,7 Kč do konce července a 4,7 Kč od 1. 8., tak vzrostla na 18 916 Kč. Částka za elektřinu za rok 2013 je o 2 844 Kč větší, než průměrná cena za nakoupenou elektřinu za celkovou dobu provozu fotovoltaické elektrárny rodinného domu.

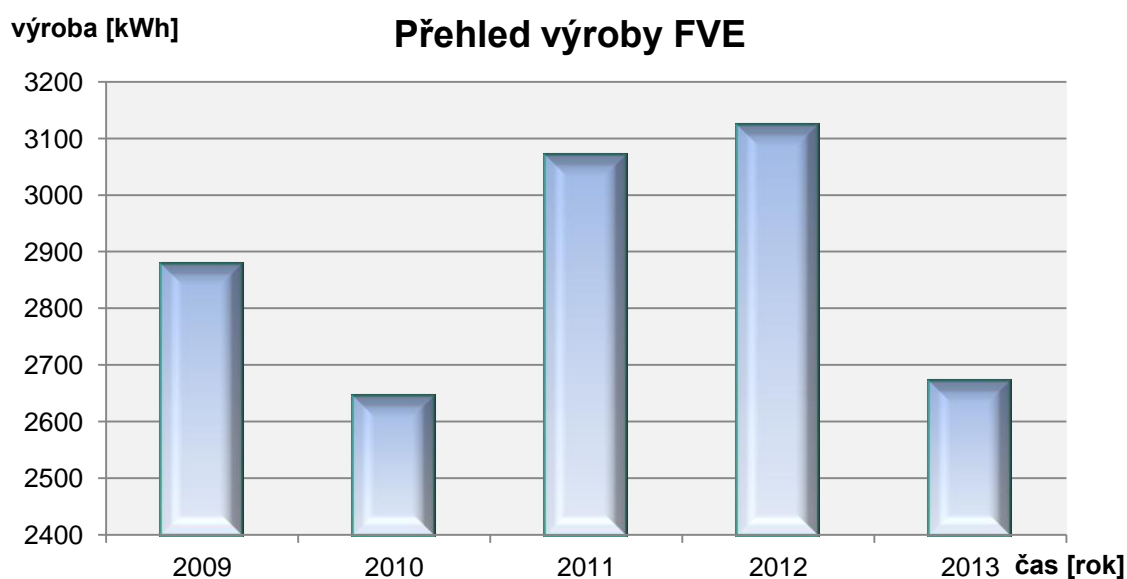
Pokud hledáme příčinu vzrůstající spotřeby elektřiny, je třeba zjistit, zda nedochází k poklesu účinnosti samotných panelů. Pokles účinnosti FV panelů je deklarovaný výrobcem,

jak je uvedeno v tab. 3 a graficky zpracováno na obr. 14, na max. 90 % po 12 letech provozu a max. 80 % po 25 letech provozu.



Obr. 14 Garance výkonu solárních článků Solartec SG-180-5Z [22]

Lze odvodit, že v prvních pěti letech provozu by měla účinnost klesnout pouze o necelých 5 %, neboli maximálně na 95 % celkového výkonu. Je tedy zřejmé, že zvýšený odběr elektrické energie z DS nemá za příčinu nepatrný pokles účinnosti FV panelů v prvních letech provozu. Pokud by byly některé solární články vadné, ukázala by se tato porucha při pravidelném každoročním měření termokamerou. Vyrobena elektrická energie FV panely je zobrazena graficky na obr. 15.



Obr. 15 Přehled výroby elektřiny z FVE [22]

Z grafu na obr. 15 je vidět, že se v roce 2012 vyrobilo elektřiny ze všech roků nejvíce. Nejméně se pak vyrobilo fotovoltaikou v roce 2010 a to 2 645 kWh. Množství vyrobené elektrické energie velmi závisí na prostupnosti slunečních paprsků atmosférou a zejména na oblačnosti. Celkově tedy vyrobenou energii ze solárních panelů ovlivňuje meteorologický stav.

Je tedy jasné, že ke snížení účinnosti panelů, a tudíž k poklesu vyrobené elektrické energie fotovoltaickým systémem, nedochází tak značným způsobem, aby se tento důsledek projevil na množství nakoupené elektřiny. Důvodem stálého nárůstu spotřeby domácnosti je tedy používání přístrojů a zařízení s vysokým příkonem. Tím dochází ke stále rostoucímu odběru z distribuční sítě a celkově k větší spotřebě elektrické energie domu. Celková spotřeba rodinného domu je graficky zobrazena na straně 62 na obr. 17.

6.2.3 Celkové náklady

Pro vyčíslení celkové hodnoty nákladů na FV projekt za celou dobu životnosti⁹ solárních článků (a tím celé FVE) je třeba sečíst:

- provozní náklady za dobu životnosti (danou na 25 let),
- pořizovací cenu systému FVE,
- celkovou cenu za odebranou energii z distribuční sítě (za 25 let).

Tato vypočtená hodnota nákladů bude přibližná a bude odhadována na dobu životnosti 25 let, která je deklarována výrobcem. Celková reálná doba životnosti FV elektrárny se ale může od této deklarované doby životnosti odlišovat. S tím je tedy také spojena mírně odlišující se částka nákladů než ta, která bude uvedena v této práci a bude uvažována s prohlášenou dobou životnosti od výrobce.

Provozní roční výdaje spojené s fotovoltaikou byly spočteny (viz kapitola 6.2.1) na 4 445 Kč. Za dobu provozu (5 let) je tato celková částka 22 225 Kč.

⁹ Pro výpočet uvažuji dobu životnosti solárních článků deklarovanou výrobcem na 25 let.

Jedná se o každoroční lineární nárůst nákladů za provoz fotovoltaiky. Pro model předpokládám, že je tato cena neměnná. Nárůst bude tedy stejný i pro další období. Pokud bude uvažována doba životnosti 25 let, bude celková cena za provoz FVE stejná, jako v tab. 21.

Tab. 21 Celkové fixní provozní náklady [22]

| | Ročně | Za 25 let |
|------------------------------------|---------|-----------|
| Fixní provozní náklady [Kč] | 4 445,- | 111 125,- |

Požizovací cena fotovoltaického projektu, jak bylo vyjádřeno výše (viz kapitola 6.2.1), je 441 000 Kč. Tato částka na době životnosti elektrárny nezávisí.

Je nutné také započíst jednorázovou plánovanou částku na výměnu střídače po skončení jeho životnosti. Cena nového střídače je 30 855 Kč. Po přičtení ceny za nový střídač již investiční náklady činí celkových 471 855 Kč.

Po sečtení celkových provozních nákladů za 25 let (viz tab. 21) a celkových investičních nákladů získáme hodnotu kompletních fixních nákladů 582 980 Kč za dobu provozu FVE.

Celkové náklady se neskládají pouze z nákladů fixních, ale také z nákladů proměnných neboli variabilních, které jsou různé pro jednotlivé roky. Do těchto nákladů variabilních patří nákup elektrické energie z distribuční sítě (zmíněný v kapitole 6.2.2), který tvoří značnou část výdajů.

Pro získání kompletní odhadované hodnoty celkových výdajů za dobu životnosti fotovoltaického systému je nezbytné celkovou přibližnou hodnotu za nakoupenou elektřinu ze sítě za 25 let k částce 582 980 Kč přičíst.

Hodnota je získána vypočtením průměrné nákupní sazby 1 kWh ze stávajícího provozu, která je stanovena z tab. 19 na 4,9318 Kč a určením průměrného ročního počtu odebraných kWh z doby provozu elektrárny (viz tab. 20). Průměrný počet nakoupených kWh za stávající dobu provozu je 3 266 kWh. Po vynásobení těchto dvou hodnot je získána průměrná cena odběru energie za 1 rok provozu, která je 16 107 Kč. Pro 25 let je již možné určit odhadovanou celkovou částku zaplacenou energetické společností na 402 675 Kč.

Pokud přidám cenu za provoz k investici do elektrárny, vznikne již kompletní hodnota odhadovaných přibližných nákladů na **985 655 Kč**. Po porovnání této hodnoty s předpokládaným výnosem za 25 let (viz kapitola 6.3.3) určím zisk z fotovoltaického projektu. Výpočet zisku bude podrobněji rozebrán v kapitole 6.6.

Součet celkových ročních nákladů s uvažováním odpisů je zobrazen v tab. 22. Poslední sloupec této tab. Ukazuje celkové náklady kumulovaným způsobem.

Tab. 22 Celkové roční náklady FV systému [22]

| Rok | Odpisy (kumulovaně) [Kč] | Provozní náklad (kumulovaně) [Kč] | Nákup elektriny z DS (kumulovaně) [Kč] | Roční náklady [Kč] | Celkové náklady (kumulovaně) [Kč] |
|------|--------------------------------|--|--|--------------------------|--|
| 2009 | 18 874,- | 4 445,- | 16 107,- | 39 426,- | 39 426,- |
| 2010 | 37 748,- | 8 890,- | 32 214,- | 39 426,- | 78 852,- |
| 2011 | 56 622,- | 13 335,- | 48 321,- | 39 426,- | 118 278,- |
| 2012 | 75 496,- | 17 780,- | 64 428,- | 39 426,- | 157 704,- |
| 2013 | 94 370,- | 22 225,- | 80 535,- | 39 426,- | 197 130,- |
| 2014 | 113 244,- | 26 670,- | 96 642,- | 39 426,- | 236 556,- |
| 2015 | 132 118,- | 31 115,- | 112 749,- | 39 426,- | 275 982,- |
| 2016 | 150 992,- | 35 560,- | 128 856,- | 39 426,- | 315 408,- |
| 2017 | 169 866,- | 40 005,- | 144 963,- | 39 426,- | 354 834,- |
| 2018 | 188 740,- | 44 450,- | 161 070,- | 39 426,- | 394 260,- |
| 2019 | 207 614,- | 48 895,- | 177 177,- | 39 426,- | 433 686,- |
| 2020 | 226 488,- | 53 340,- | 193 284,- | 39 426,- | 473 112,- |
| 2021 | 245 362,- | 57 785,- | 209 391,- | 39 426,- | 512 538,- |
| 2022 | 264 236,- | 62 230,- | 225 498,- | 39 426,- | 551 964,- |
| 2023 | 283 110,- | 66 675,- | 241 605,- | 39 426,- | 591 390,- |
| 2024 | 301 984,- | 71 120,- | 257 712,- | 39 426,- | 630 816,- |
| 2025 | 320 858,- | 75 565,- | 273 819,- | 39 426,- | 670 242,- |
| 2026 | 339 732,- | 80 010,- | 289 926,- | 39 426,- | 709 668,- |
| 2027 | 358 606,- | 84 455,- | 306 033,- | 39 426,- | 749 094,- |
| 2028 | 377 480,- | 88 900,- | 322 140,- | 39 426,- | 788 520,- |
| 2029 | 396 354,- | 93 345,- | 338 247,- | 39 426,- | 827 946,- |
| 2030 | 415 228,- | 97 790,- | 354 354,- | 39 426,- | 867 372,- |
| 2031 | 434 102,- | 102 235,- | 370 461,- | 39 426,- | 906 798,- |
| 2032 | 452 976,- | 106 680,- | 386 568,- | 39 426,- | 946 224,- |
| 2033 | 471 850,- | 111 125,- | 402 675,- | 39 426,- | 985 650,- |

6.3 Výnosy

Výnosy z FVE se skládají z vyrobené elektrické energie samotnými panely a ze zhodnocení této celkové výroby formou zelených bonusů.

6.3.1 Výnosy z vyrobené energie

Výroba elektrické energie se rozděluje na výrobu spotřebovanou v domě a na výrobu prodanou do distribuční soustavy. Poměr vyrobené energie spotřebované k vyrobené energii prodané je uveden v procentech za jednotlivé roky provozu v tab. 23.

Tab. 23 Přehled rozdělení vyrobené elektrické energie z fotovoltaického systému [22]

| Rok | Vyrobena elektřina [kWh] | |
|------|--------------------------|--------------------|
| 2009 | 2 877 | |
| | prodaná | spotřebovaná |
| | 1 618 | 1 259 |
| | poměr prodané | poměr spotřebované |
| | 56,24 % | 43,76 % |

| Rok | Vyrobena elektřina [kWh] | |
|------|--------------------------|--------------------|
| 2012 | 3 123 | |
| | prodaná | spotřebovaná |
| | 1 348 | 1 775 |
| | poměr prodané | poměr spotřebované |
| | 43,16 % | 56,84 % |

| Rok | Vyrobena elektřina [kWh] | |
|------|--------------------------|--------------------|
| 2010 | 2 645 | |
| | prodaná | spotřebovaná |
| | 1 367 | 1 278 |
| | poměr prodané | poměr spotřebované |
| | 51,68 % | 48,32 % |

| Rok | Vyrobena elektřina [kWh] | |
|------|--------------------------|--------------------|
| 2013 | 2 670 | |
| | prodaná | spotřebovaná |
| | 964 | 1 706 |
| | poměr prodané | poměr spotřebované |
| | 36,10 % | 63,90 % |

| Rok | Vyrobena elektřina [kWh] | |
|------|--------------------------|--------------------|
| 2011 | 3 069 | |
| | prodaná | spotřebovaná |
| | 1 412 | 1 657 |
| | poměr prodané | poměr spotřebované |
| | 46,00 % | 54,00 % |

Výroba ze solárních panelů přináší značný zisk, pokud je co nejvíce této energie spotřebováno v domácnosti, a tím tedy ušetřeno na nákupu elektřiny z distribuční soustavy. Ceny nákupu elektřiny jsou poměrně vysoké (viz tab. 19) a převážně rostoucí, je tedy vhodné tímto způsobem placenou částku za nákup z RDS snížit.

Naopak cena prodeje do distribuční sítě této vyrobené elektrické energie, kterou již nebylo možné spotřebovat v domácnosti, je v porovnání s hodnotou za ušetřenou energii v domě zanedbatelná.

Z tab. 23 je vidět, že poměr prodané vyrobené energie se od roku 2009 zmenšovat a naopak narůstal ve prospěch efektivnější spotřebované energie z FV v domácnosti. Díky vlastní spotřebě vyrobené elektrické energie dochází k úspoře finančních prostředků. Jedná se o takzvaný ušetřený nákup za energii, která by musela být při absenci fotovoltaické elektrárny nakoupena.

V roce 2009 se spotřebovalo vůbec nejméně z vyrobené elektrické energie a v roce 2013 se spotřebovalo v domě naopak nejvíce elektřiny z elektrárny a to necelých 64 %. Tyto poměrové hodnoty jsou velmi pozitivní. Neustále větší množství spotřebované elektřiny v domácnosti se totiž pozitivně odráží na rostoucí ušetřené částce za nákup, jak si lze všimnout v tab. 24.

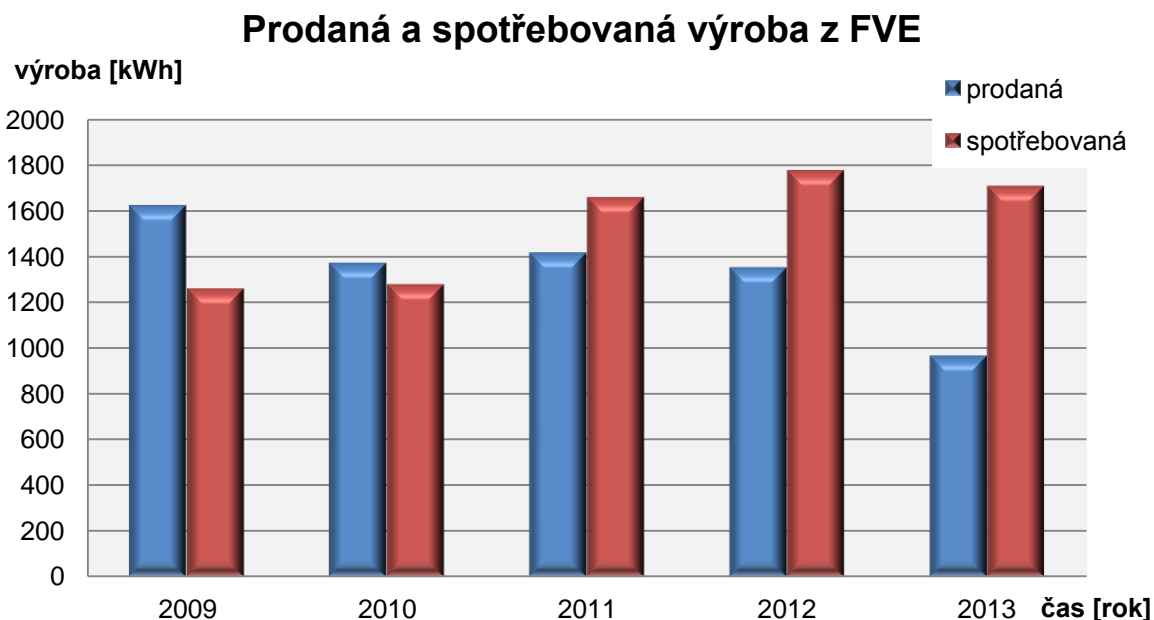
Celková hodnota úspory vlastní spotřeby v daném roce se určí jako počet kWh spotřebované energie z FV elektrárny v domácnosti za daný rok, vynásobený sazbou za nákup 1 kWh od energetické společnosti (viz tab. 19), kterou by bylo třeba nakoupit. Přehled částek ušetřených na nákupu za stávající provoz elektrárny je zobrazen v tab. 24.

Tab. 24 Přehled cen za ušetřený nákup elektrické energie [22]

| Rok | Úspory za spotřebovanou elektřinu z FV [Kč] |
|------|---|
| 2009 | 5 609,30 |
| 2010 | 5 694,00 |
| 2011 | 8 517,00 |
| 2012 | 9 123,50 |
| 2013 | 9 170,20 |

Graf rozdělení vlastní spotřeby a prodané elektřiny z celkové vyrobené elektrické energie za jednotlivé roky je uveden na obr. 16.

V tab. 23 a na obr. 16 je vidět poměr energie spotřebované a energie prodané za jednotlivé roky stávajícího provozu. Pro odhadovaný výpočet kompletních předpokládaných výnosů z provozu FVE za dobu životnosti je třeba určit průměrný poměr spotřebované a prodané energie.



Obr. 16 Přehled rozdělení prodané a spotřebované výroby z fotovoltaické elektrárny [22]

Z hodnot již změřených za dobu provozu (viz tab. 23) lze vypočítat, že se průměrně spotřebovalo pro vlastní spotřebu 53 % za celý provoz elektrárny a prodalo se průměrně 47 % do regionální distribuční soustavy. Tyto hodnoty budou použity pro rozdělení vyrobené energie pro výpočet kompletního výnosu z FVE, a tím určení předpokládaného zisku z celého projektu (viz kapitola 6.6).

Jak bylo již zmíněno výše, hodnota za prodanou vyrobenou elektrickou energii je poměrně nízká a zisk z prodeje se příliš nepodílí na zkrácení doby návratnosti a na zvětšení celkového zisku z projektu. Přesto je ale nutné určit cenu za prodanou vyrobenou elektřinu, aby výsledné hodnoty zisku vyšly co nejpřesnější.

Cena se spočte jako prodaná¹⁰ (nespotřebovaná) elektrická energie vynásobená výkupní cenou za 1 kWh. Tato částka není garantována státem. Investor nespotebovanou výrobu

¹⁰ Prodaná elektrická energie se spočte jako rozdíl vyrobené a spotřebované energie z FV (energie, kterou byla schopna domácnost spotřebovat). Prodaná energie je ta, kterou nebylo již možné v domě využít.

nabízí sám k prodeji. Hodnota elektrické energie závisí na tom, za jakou cenu se elektřinu majiteli FVE podaří prodat. Většinou je nespotřebovaná elektřina vykupována za velmi malé částky. Ceny výkupu 1 kWh pro dané roky jsou uvedeny v tab. 25.

Tab. 25 Výkupní cena za 1 kWh pro dané období [22]

| Rok | Období | Výkupní cena kWh/Kč |
|------|---------------|---------------------|
| 2009 | 1.1. - 31.12. | 0,064 |
| 2010 | 1.1. - 31.12. | 0,064 |
| 2011 | 1.1. - 31.12. | 0,064 |
| 2012 | 1.1. - 31.12. | 0 |
| 2013 | 1.1. - 31.12. | 0,028 |

Celkový přehled částky za prodanou elektřinu do distribuční sítě je zobrazen v tab. 26.

Tab. 26 Ceny za vyrobenou elektrickou energii z fotovoltaiky [22]

| Rok | Elektřina vyrobená FVE [kWh] | Prodaná elektrická energie [kWh] | Částka za prodanou elektřinu [Kč] |
|------|------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| 2009 | 2 877 | 1 618 (56,24 %) | 103,60 |
| 2010 | 2 645 | 1 367 (51,68 %) | 87,50 |
| 2011 | 3 069 | 1 412 (46 %) | 90,40 |
| 2012 | 3 123 | 1 348(43,16 %) | 0 |
| 2013 | 2 670 | 964 (36,10 %) | 27,00 |

Nejvíce se na prodané výrobě utrhilo v roce 2009 a to za celý rok pouze 104 Kč. Nejvyšší hodnota za prodanou elektřinu je v tomto roce proto, že se do RDS dodalo nejvíce kWh za dosavadní dobu provozu elektrárny. Od tohoto roku totiž množství prodané elektřiny klesalo. V roce 2012 majitel elektrárny nezajistil výkup elektřiny, a proto není za tento rok žádný výnos z prodeje.

V tab. 27 a 28 jsou uvedeny průměrné a celkové hodnoty týkající se vyrobené elektřiny z fotovoltaiky, včetně průměrných a celkových výnosů z výroby.

Tab. 27 Přehled o vyrobené elektřině z fotovoltaických panelů [22]

| Rok | Spotřebovaná elektřina v domě [kWh] | Prodaná elektřina z FV [kWh] | Celková vyrobená elektřina FVE [kWh] |
|------|-------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|
| 2009 | 1 259 | 1 618 | 2 877 |
| 2010 | 1 278 | 1 367 | 2 645 |
| 2011 | 1 657 | 1 412 | 3 069 |
| 2012 | 1 775 | 1 348 | 3 123 |
| 2013 | 1 706 | 964 | 2 670 |

| | | |
|--|-------|----------|
| Spotřebovaná elektřina v domě – roční průměr | [kWh] | 1 535,00 |
| Prodaná elektřina – roční průměr | [kWh] | 1 341,80 |
| Vyrobena elektřina – roční průměr | [kWh] | 2 876,80 |

Tab. 28 Přehled výnosů z vyrobené elektřiny z fotovoltaiky [22]

| Rok | Úspory za spotřebovanou elektřinu [Kč] | Částka za prodanou elektřinu [Kč] | Celková částka za vyrobenou elektřinu [Kč] ¹¹ |
|------|--|-----------------------------------|--|
| 2009 | 5 609,- | 104,- | 5 713,- |
| 2010 | 5 694,- | 88,- | 5 782,- |
| 2011 | 8 517,- | 90,- | 8 607,- |
| 2012 | 9 124,- | 0,- | 9 124,- |
| 2013 | 9 170,- | 27,- | 9 197,- |

| | | |
|--|------|----------|
| Částka za spotřebovanou elektřinu – roční průměr | [Kč] | 7 622,80 |
| Částka za prodanou elektřinu – roční průměr | [Kč] | 61,80 |
| Částka za vyrobenou elektřinu – roční průměr | [Kč] | 7 684,60 |

¹¹ Tato cena za vyrobenou elektřinu je součtem úspory za spotřebovanou a částky za prodanou elektřinu. Do této celkové ceny tedy nejsou započítány dotace ve formě Zelených bonusů. Dotace jsou určeny v kapitole 6.3.2.

6.3.2 Výnosy ze zelených bonusů

Největší příjem, ať už za prodanou nebo spotřebovanou vyrobenou elektrickou energii, je ve formě zelených bonusů. Tento stálý příjem výrazně zkracuje návratnost investice za fotovoltaickou elektrárnu a vytváří z těchto obnovitelných zdrojů poměrně zajímavé projekty¹². Vyplácená hodnota zeleného bonusu za 1 kWh je navíc neustále každoročně navyšována.

Tab. 29 Sazba zeleného bonusu v jednotlivých letech provozu FVE [22]

| Rok | Období | Sazba zeleného bonusu Kč/kWh |
|------|---------------|---------------------------------|
| 2009 | 1.1 - 31.1. | 12,650 |
| | 1.2. - 31.12. | 12,750 |
| 2010 | 1.1. - 31.12. | 13,040 |
| 2011 | 1.1. - 31.12. | 13,300 |
| 2012 | 1.1. - 31.12. | 13,510 |
| 2013 | 1.1. - 31.12. | 13,952 |

Sazba zeleného bonusu (viz tab. 29) je určována Energetickým regulačním úřadem. Zde byla stanovena při uvedení elektrárny do provozu na 12,65 Kč za 1 kWh vyrobenou elektrárnou. Poté se každoročně navyšovala o 2 % - 4 %. Hodnota navýšení indexu PPI byla tedy každoročně odlišná. Pro pozdější výpočet celkových výnosů budu počítat s hodnotou navýšení o 2 %, po celou předpokládanou dobu životnosti. Odhad by totiž měl být určen na horší podmínky tak, aby byla vysoká pravděpodobnost, že reálné zisky budou stejné nebo vyšší než vypočtené.

Dotace za ekologickou výrobu elektrické energie pro jednotlivé roky provozu jsou uvedeny včetně průměrné a celkové částky v tab. 30. Výše zeleného bonusu je rozdělena na část za prodanou a za spotřebovanou elektřinu, nicméně způsob využití vyrobené energie nemá vliv na získanou hodnotu zeleného bonusu a tyto informace jsou v tab. 30 uvedeny jen pro zajímavost. Dotace je vyplácena za každou kWh vyrobenou elektrárnou.

¹² Jedná se o projekty založené roku 2013 a dříve, kdy byly stanoveny dotace za vyrobenou elektřinu z OZE.

Tab. 30 Přehled výnosů za dotaci zelený bonus [22]

| Rok | Zelený bonus za spotřebovanou elektřinu [Kč] | Zelený bonus za prodanou elektřinu [Kč] | Zelený bonus celkem [Kč] |
|------|--|---|--------------------------|
| 2009 | 16 046,- | 20 627,- | 36 673,- |
| 2010 | 16 665,- | 17 826,- | 34 491,- |
| 2011 | 22 038,- | 18 780,- | 40 818,- |
| 2012 | 23 980,- | 18 212,- | 42 192,- |
| 2013 | 23 802,- | 13 450,- | 37 252,- |

| | | |
|--|-------------|-------------------|
| Částka za zelený bonus – roční průměr | [Kč] | 38 285,20 |
| Částka za zelený bonus – celkem | [Kč] | 191 426,00 |

Lze si všimnout snižující se částky za zelený bonus z prodané elektřiny a zároveň zvyšující se částky dotace ze spotřebované výroby. Tyto hodnoty odpovídají změně poměrů využití vyrobené energie, jak již bylo uvedeno v tab. 23. Celková částka za zelený bonus za jednotlivé roky je přímo úměrná vyrobené elektrické energii v tyto roky fotovoltaickým systémem.

6.3.3 Celkové výnosy

Pro zjištění celkového zisku z vyrobené elektřiny je třeba výsledný výnos ze zelených bonusů sečíst s celkovým výnosem z prodané a ze spotřebované elektřiny z FVE (viz tab. 28). Přehled těchto souhrnných výnosů z výroby elektřiny za dobu, kdy je elektrárna v provozu, je uveden v tab. 31.

Tab. 31 Přehled výnosů z vyrobené elektrické energie FV elektrárnou [22]

| Rok | Částka za vyrobenou elektřinu celkem [Kč] | Částka za zelený bonus celkem [Kč] | Výnosy z výroby celkem [Kč] |
|------|---|------------------------------------|-----------------------------|
| 2009 | 5 713,- | 36 673,- | 42 386,- |
| 2010 | 5 782,- | 34 491,- | 40 273,- |
| 2011 | 8 607,- | 40 818,- | 49 425,- |
| 2012 | 9 124,- | 42 192,- | 51 316,- |
| 2013 | 9 197,- | 37 252,- | 46 449,- |

| | | |
|--------------------------------------|-------------|-------------------|
| Výnos z výroby – roční průměr | [Kč] | 45 969,80 |
| Výnos z výroby – celkem | [Kč] | 229 849,00 |

Z tab. 31 lze zpozorovat, že částka za výnos z výroby elektřiny v žádném z roků neklesla pod 40 000 Kč. Největší výnos byl v roce 2012, kdy se za vyrobených 3 123 kWh získalo 51 316 Kč. V roce 2013 zaznamenala elektrárna útlum způsobený nízkým počtem slunečních dní v roce, které mají na vyrobenou elektřinu ze solárních systémů velký vliv. V tomto roce se proto vyrobilo jen o 25 kWh více, než v nejslabším roce 2010 z hlediska vyrobené elektřiny.

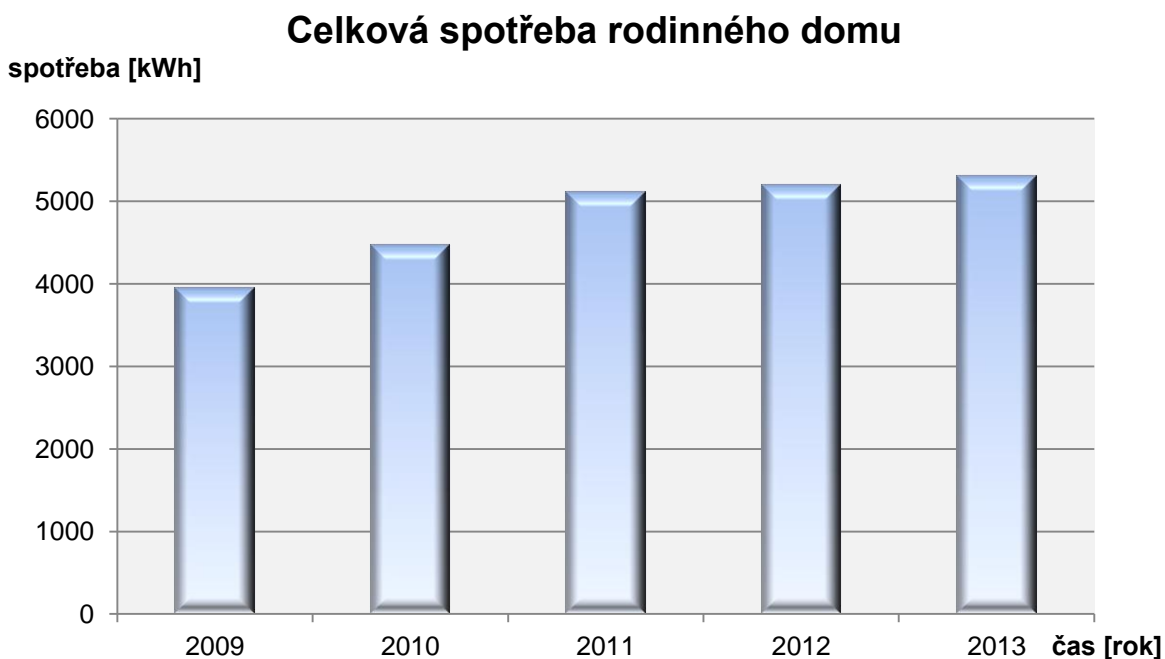
Důležité je ale si všimnout, že přestože v roce 2013 nebyla výroba převratně vysoká, částka za vyrobenou elektřinu je v tomto roce ze všech let největší. Toto je způsobené efektivním využitím vyrobené energie a to spotřebou v domácnosti, tím došlo k velkému ušetřenému nákupu za energii (viz tab. 23). Tehdy se takto efektivně využilo v domě pro vlastní spotřebu necelých 64 % z celkové výroby, pouze 36 % vyrobené energie FV panely se prodalo za 27 Kč za celý rok do regionální distribuční soustavy.

Celková spotřeba byla v roce 2013 vůbec největší a od roku 2009 postupně narůstala. Údaje o průběžné spotřebě¹³ elektrické energie domácností jsou uvedeny v tab. 32 a graficky zobrazeny na obr. 17.

Tab. 32 Celková spotřeba elektrické energie [22]

| Rok | Spotřeba vlastní výroby [kWh] | Spotřeba z DS [kWh] | Spotřeba celkem [kWh] |
|------|-------------------------------|---------------------|-----------------------|
| 2009 | 1 259 | 2 682 | 3 941 |
| 2010 | 1 278 | 3 188 | 4 466 |
| 2011 | 1 657 | 3 449 | 5 106 |
| 2012 | 1 775 | 3 417 | 5 192 |
| 2013 | 1 706 | 3 595 | 5 301 |

| | | |
|-----------------------------------|-------|-----------|
| Spotřeba elektřiny – roční průměr | [kWh] | 4 801,20 |
| Spotřeba elektřiny - celkem | [kWh] | 24 006,00 |



Obr. 17 Celková spotřeba rodinného domu v jednotlivých letech [22]

¹³ Jedná se o součet spotřeby elektřiny z fotovoltaiky a elektřiny odebrané (nakoupené) z distribuční sítě.

Celkový výnos z výroby za dobu pěti let je 229 849 Kč (viz tab. 31). Znamená to tedy, že se za stávající provoz pěti let splatily celkové odhadované náklady téměř z jedné čtvrtiny. Výše nákladů FV projektu je předpokládána z výpočtu (viz kapitola 6.2.3) na celkovou částku 985 655 Kč.

Veškeré výsledky jsou uvedeny v brutto, protože zde není odraz zdanění zisku. Investor měl tedy na výběr, zda se rozhodne pro tzv. šestileté „daňové prázdniny“, nebo pro uplatnění nákladů na pořízení.

Daňové prázdniny byly již 1. 1. 2011 pro všechny projekty zrušeny. Tyto prázdniny ve spojitosti s fotovoltaikou znamenaly osvobození výnosů od daně z příjmu po dobu roku uvedení FVE do provozu a dále po dobu dalších pěti let. Celkem tedy tyto prázdniny trvaly necelých šest let. [23]

Mezi výnosy lze také zařadit nárůst průmyslové inflace o 2 % - 4 %, který každoročně zvyšuje sazbu zeleného bonusu a tím i příjmy z fotovoltaického systému. Je tedy pozitivní složkou ovlivňující hodnotu odhadovaného zisku.

Předpokládaný zisk z FV elektrárny určím porovnáním výsledné hodnoty nákladů s celkovou hodnotou výnosů. Stejně jako u výpočtu celkových nákladů uvažuji pro zjištění celkových výnosů s dobou životnosti elektrárny deklarovanou výrobcem 25 let.

Pro výpočet celkových výnosů elektrárny vycházím z průměrné roční výroby elektrické energie za stávající dobu provozu, která je v tab. 27 vyčíslena na 2 876 kWh.

Při porovnání této průměrné výroby s předpokládanou hodnotou produkce vypočtenou odbornou společností instalující elektrárnu (viz kapitola 5.3) je vidět, že se tyto hodnoty příliš neliší. Díky poskytnutým datům o intenzitě slunečního záření (pro podmínky Středočeského kraje) a veškerým faktorům ovlivňujícím produkci elektrárny, včetně poklesu účinnosti FV modulů, odhadla firma průměrnou roční výrobu na 2 923 kWh. Tato hodnota je průměrem roční výroby a je uvažována na celkovou dobu provozu FVE, tedy na 25 let. Do výpočtu je zahrnuto více aspektů, které mají vliv na výrobu elektrické energie FV moduly. Výsledná hodnota je tedy velmi relevantní a shodná se skutečnými naměřenými daty o výrobě z FVE.

Průměrná hodnota reálné výroby určena z dosavadní doby provozu se od této přibližné vypočtené hodnoty odbornou firmou liší pouze o 47 kWh. Můžeme tedy hovořit o kvalitních výpočtech srovnatelných se skutečnými hodnotami.

Předpokládanou průměrnou roční výrobu fotovoltaických panelů 2 876 kWh rozdělím v poměru 53 % spotřebované elektřiny a 47 % prodané energie. Tento poměr použiji pro všechny roky provozu. Z fotovoltaických panelů se tedy využilo pro vlastní spotřebu 1 524 kWh za rok a do distribuční sítě se prodalo 1 352 kWh. Průměrná částka z výkupu 1 kWh za stávající dobu provozu je 0,044 Kč. Za prodaných 1 352 kWh ročně se tedy získá 59,5 Kč. Po 25 letech je částka za prodej výroby 1 488 Kč.

Pro zjištění hodnoty ročního ušetřeného nákupu¹⁴ určím průměrnou částku nákupu elektřiny z regionální distribuční soustavy za stávající dobu provozu (viz tab. 19). Za nákup 1 kWh se průměrně energetické společnosti zaplatilo 4,9318 Kč. Vynásobením s částkou 1 524 kWh zjistím, že se ročně na nákupu průměrně ušetřilo 7 516 Kč a za dobu životnosti fotovoltaické elektrárny se ušetří rovných 187 900 Kč.

Největším výnosem za dobu životnosti jsou dotace ve formě zelených bonusů. Sazba je navíc navyšována důsledkem průmyslové inflace. Pro výpočet zisku z projektu použiji nejnižší možnou sazbu navýšení, která činí 2 %.

Při uvedení elektrárny do provozu byla hodnota zeleného bonusu roku 2009 stanovena ERÚ na 12,65 Kč (viz tab. 29). Vypočtené sazby zelených bonusů jsou uvedeny v tab. 33.

¹⁴ Energie spotřebovaná z fotovoltaických panelů v domě vynásobená průměrnou sazbou za nákup 1 kWh.

Tab. 33 Odhadované sazby zelených bonusů [22]

| Rok | Sazba Kč/kWh | Rok | Sazba Kč/kWh |
|------|-----------------|------|-----------------|
| 2009 | 12,65 | 2022 | 16,35 |
| 2010 | 12,90 | 2023 | 16,68 |
| 2011 | 13,16 | 2024 | 17,01 |
| 2012 | 13,42 | 2025 | 17,35 |
| 2013 | 13,69 | 2026 | 17,70 |
| 2014 | 13,96 | 2027 | 18,05 |
| 2015 | 14,24 | 2028 | 18,41 |
| 2016 | 14,52 | 2029 | 18,78 |
| 2017 | 14,81 | 2030 | 19,16 |
| 2018 | 15,11 | 2031 | 19,54 |
| 2019 | 15,41 | 2032 | 19,93 |
| 2020 | 15,72 | 2033 | 20,33 |
| 2021 | 16,03 | | |

Vynásobením sazby za zelený bonus s průměrnou roční výrobou 2 876 kWh získám částku za dotaci za zelený bonus za jeden rok. Tyto částky jsou uvedeny v tab. 34.

Tab. 34 Celkový přehled výnosů ze zelených bonusů za jednotlivé roky [22]

| Rok | Sazba [Kč] | Průměrná roční výroba [kWh] | Výnos ze zelených bonusů [Kč] | Rok | Sazba [Kč] | Průměrná roční výroba [kWh] | Výnos ze zelených bonusů [Kč] |
|------|---------------|--------------------------------------|-------------------------------------|------|---------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 2009 | 12,65 | 2 876 | 36 381,40 | 2022 | 16,35 | 2 876 | 47 022,60 |
| 2010 | 12,90 | 2 876 | 37 100,40 | 2023 | 16,68 | 2 876 | 47 971,68 |
| 2011 | 13,16 | 2 876 | 37 848,16 | 2024 | 17,01 | 2 876 | 48 920,76 |
| 2012 | 13,42 | 2 876 | 38 595,92 | 2025 | 17,35 | 2 876 | 49 898,60 |
| 2013 | 13,69 | 2 876 | 39 372,44 | 2026 | 17,70 | 2 876 | 50 905,20 |
| 2014 | 13,96 | 2 876 | 40 148,96 | 2027 | 18,05 | 2 876 | 51 911,80 |
| 2015 | 14,24 | 2 876 | 40 954,24 | 2028 | 18,41 | 2 876 | 52 947,16 |
| 2016 | 14,52 | 2 876 | 41 759,52 | 2029 | 18,78 | 2 876 | 54 011,28 |
| 2017 | 14,81 | 2 876 | 42 593,56 | 2030 | 19,16 | 2 876 | 55 104,16 |
| 2018 | 15,11 | 2 876 | 43 456,36 | 2031 | 19,54 | 2 876 | 56 197,04 |
| 2019 | 15,41 | 2 876 | 44 319,16 | 2032 | 19,93 | 2 876 | 57 318,68 |
| 2020 | 15,72 | 2 876 | 45 210,72 | 2033 | 20,33 | 2 876 | 58 469,08 |
| 2021 | 16,03 | 2 876 | 46 102,28 | | | | |

| | | |
|--|------|--------------|
| Průměrná částka ze zelených bonusů / rok | [Kč] | 46 580,85 |
| Celková částka ze zelených bonusů | [Kč] | 1 164 521,16 |

Celkově se z této dotace z celé doby životnosti projektu získá 1 164 521 Kč. Pokud sečtu tyto tři druhy již vypočtených výnosů:

- částka za prodanou výrobu za 25 let = 1 488 Kč,
- hodnota ušetřeného nákupu za dobu životnosti = 187 900 Kč,
- částka za zelené bonusy z celého provozu elektrárny = 1 164 521 Kč,

získám kompletní hodnotu výnosu z celého fotovoltaického projektu. Celkové výnosy jsou tedy **1 353 909 Kč**. Přehled celkových ročních výnosů jsem zobrazil v tab. 35. Jsou zde uvedeny kumulované hodnoty veškerých výnosů FV systému.

Tab. 35 Přehled celkových výnosů FV systému [22]

| Rok | Výnos z prodané elektřiny (kumulovaně) [Kč] | Výnos z ušetřeného nákupu (kumulovaně) [Kč] | Roční výnos ze ZB [Kč] | Výnos ze ZB (kumulovaně) [Kč] | Roční výnosy [Kč] | Roční výnosy (kumulovaně) [Kč] |
|------|---|---|------------------------|-------------------------------|-------------------|--------------------------------|
| 2009 | 59,5 | 7 516 | 36 381,40 | 36 381 | 43 956,90 | 43 956,90 |
| 2010 | 119 | 15 032 | 37 100,40 | 73 482 | 44 675,90 | 88 632,80 |
| 2011 | 179 | 22 548 | 37 848,16 | 111 330 | 45 423,66 | 134 056,46 |
| 2012 | 238 | 30 064 | 38 595,92 | 149 926 | 46 171,42 | 180 227,88 |
| 2013 | 298 | 37 580 | 39 372,44 | 189 298 | 46 947,94 | 227 175,82 |
| 2014 | 357 | 45 096 | 40 148,96 | 229 447 | 47 724,46 | 274 900,28 |
| 2015 | 417 | 52 612 | 40 954,24 | 270 402 | 48 529,74 | 323 430,02 |
| 2016 | 476 | 60 128 | 41 759,52 | 312 161 | 49 335,02 | 372 765,04 |
| 2017 | 536 | 67 644 | 42 593,56 | 354 755 | 50 169,06 | 422 934,10 |
| 2018 | 595 | 75 160 | 43 456,36 | 398 211 | 51 031,86 | 473 965,96 |
| 2019 | 655 | 82 676 | 44 319,16 | 442 530 | 51 894,66 | 525 860,62 |
| 2020 | 714 | 90 192 | 45 210,72 | 487 741 | 52 786,22 | 578 646,84 |
| 2021 | 774 | 97 708 | 46 102,28 | 533 843 | 53 677,78 | 632 324,62 |
| 2022 | 833 | 105 224 | 47 022,60 | 580 866 | 54 598,10 | 686 922,72 |
| 2023 | 893 | 112 740 | 47 971,68 | 628 837 | 55 547,18 | 742 469,90 |
| 2024 | 952 | 120 256 | 48 920,76 | 677 758 | 56 496,26 | 798 966,16 |
| 2025 | 1 012 | 127 772 | 49 898,06 | 727 657 | 57 474,10 | 856 440,26 |
| 2026 | 1 071 | 135 288 | 50 905,20 | 778 562 | 58 480,70 | 914 920,96 |
| 2027 | 1 131 | 142 804 | 51 911,80 | 830 474 | 59 487,30 | 974 408,26 |
| 2028 | 1 190 | 150 320 | 52 947,16 | 883 421 | 60 522,66 | 1 034 930,92 |
| 2029 | 1 250 | 157 836 | 54 011,28 | 937 432 | 61 586,78 | 1 096 517,70 |
| 2030 | 1 309 | 165 352 | 55 104,16 | 992 536 | 62 679,66 | 1 159 197,36 |
| 2031 | 1 369 | 172 868 | 56 197,04 | 1 048 733 | 63 772,54 | 1 222 969,90 |
| 2032 | 1 428 | 180 384 | 57 318,68 | 1 106 052 | 64 894,18 | 1 287 864,08 |
| 2033 | 1 488 | 187 900 | 58 469,08 | 1 164 521 | 66 044,58 | 1 353 908,66 |

6.4 Ekonomická bilance za dobu provozu

Ekonomické bilance pro jednotlivé roky provozu jsou uvedeny v tab. 36 – 40.

6.4.1 Rok 2009

Tab. 36 Ekonomická bilance FVE pro rok 2009 [22]

| 2009 | |
|--|--|
| NÁKLADY [Kč] | VÝNOSY [Kč] |
| Provozní náklady: 4 445,- Nákup elektřiny: 11 949,- | Ušetřený nákup: 5 609,- Prodaná elektřina: 104,- ZB za spotřebovanou elektřinu: 16 046,- ZB za prodanou elektřinu: 20 627,- |
| Náklady celkem: 16 394,- | Výnosy celkem: 42 386,- |
| ZISK za rok 2009: 25 992 Kč | |

6.4.2 Rok 2010

Tab. 37 Ekonomická bilance FVE pro rok 2010 [22]

| 2010 | |
|--|---|
| NÁKLADY [Kč] | VÝNOSY [Kč] |
| Provozní náklady: 4 445,- Nákup elektřiny: 14 204,- | Ušetřený nákup: 5 694,- Prodaná elektřina: 88,- ZB za spotřebovanou elektřinu: 16 665,- ZB za prodanou elektřinu: 17 826,- |
| Náklady celkem: 18 649,- | Výnosy celkem: 40 273,- |
| ZISK za rok 2010: 21 624 Kč | |

6.4.3 Rok 2011

Tab. 38 Ekonomická bilance FVE pro rok 2011 [22]

| 2011 | |
|--|---|
| NÁKLADY [Kč] | VÝNOSY [Kč] |
| Provozní náklady: 4 445,- Nákup elektřiny: 17 728,- | Ušetřený nákup: 8 517,- Prodaná elektřina: 90,- ZB za spotřebovanou elektřinu: 22 038,- ZB za prodanou elektřinu: 18 780,- |
| Náklady celkem: 22 173,- | Výnosy celkem: 49 425,- |
| ZISK za rok 2011: 27 252 Kč | |

6.4.4 Rok 2012

Tab. 39 Ekonomická bilance FVE pro rok 2012 [22]

| 2012 | |
|--|--|
| NÁKLADY [Kč] | VÝNOSY [Kč] |
| Provozní náklady: 4 445,- Nákup elektřiny: 17 563,- | Ušetřený nákup: 9 124,- Prodaná elektřina: 0,- ZB za spotřebovanou elektřinu: 23 980,- ZB za prodanou elektřinu: 18 212,- |
| Náklady celkem: 22 008,- | Výnosy celkem: 51 316,- |
| ZISK za rok 2012: 29 308 Kč | |

6.4.5 Rok 2013

Tab. 40 Ekonomická bilance FVE pro rok 2013 [22]

| 2013 | |
|--|---|
| NÁKLADY [Kč] | VÝNOSY [Kč] |
| Provozní náklady: 4 445,- Nákup elektřiny: 18 917,- | Ušetřený nákup: 9 170,- Prodaná elektřina: 27,- ZB za spotřebovanou elektřinu: 23 802,- ZB za prodanou elektřinu: 13 450,- |
| Náklady celkem: 23 362,- | Výnosy celkem: 46 449,- |
| ZISK za rok 2013: 23 087 Kč | |

6.5 Návratnost FV projektu

Pro výpočet doby návratnosti je třeba porovnávat hodnotu výnosů s hodnotou nákladů každý rok a zjistit, po jaké době jsou výnosy vyšší, než náklady. Přehled kumulovaných výnosů a zisku, jsem uvedl v tab. 41.

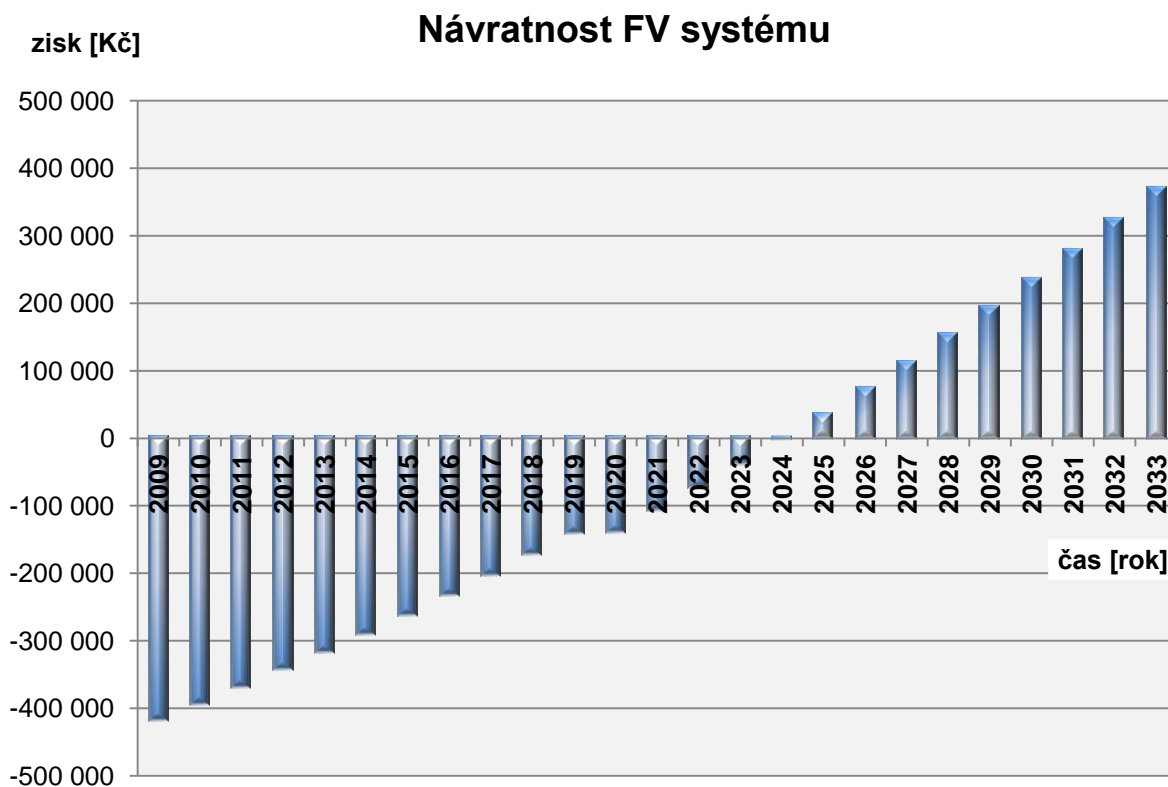
Tab. 41 Přehled kumulovaných výnosů za dobu životnosti FVE [22]

| Rok | Průměrný výnos z prodeje [Kč] | Průměrný výnos za ušetřený nákup [Kč] | Výnos za ZB [Kč] | Roční výnos [Kč] | Kumulovaný výnos [Kč] | Zisk [Kč] |
|------|-------------------------------|---------------------------------------|------------------|------------------|-----------------------|-------------|
| 2009 | 59,5 | 7 516 | 36 381,40 | 43 956,90 | 43 956,90 | -417 595,10 |
| 2010 | 59,5 | 7 516 | 37 100,40 | 44 675,90 | 88 632,80 | -393 471,20 |
| 2011 | 59,5 | 7 516 | 37 848,16 | 45 423,66 | 134 056,46 | -368 599,54 |
| 2012 | 59,5 | 7 516 | 38 595,92 | 46 171,42 | 180 227,88 | -342 980,12 |
| 2013 | 59,5 | 7 516 | 39 372,44 | 46 947,94 | 227 175,82 | -316 584,18 |
| 2014 | 59,5 | 7 516 | 40 148,96 | 47 724,46 | 274 900,28 | -289 411,72 |
| 2015 | 59,5 | 7 516 | 40 954,24 | 48 529,74 | 323 430,02 | -261 433,98 |
| 2016 | 59,5 | 7 516 | 41 759,52 | 49 335,02 | 372 765,04 | -232 650,96 |
| 2017 | 59,5 | 7 516 | 42 593,56 | 50 169,06 | 422 934,10 | -203 033,90 |
| 2018 | 59,5 | 7 516 | 43 456,36 | 51 031,86 | 473 965,96 | -172 554,04 |
| 2019 | 59,5 | 7 516 | 44 319,16 | 51 894,66 | 525 860,62 | -141 211,38 |
| 2020 | 59,5 | 7 516 | 45 210,72 | 52 786,22 | 578 646,84 | -139 832,16 |
| 2021 | 59,5 | 7 516 | 46 102,28 | 53 677,78 | 632 324,62 | -106 706,38 |
| 2022 | 59,5 | 7 516 | 47 022,60 | 54 598,10 | 686 922,72 | -72 660,28 |
| 2023 | 59,5 | 7 516 | 47 971,68 | 55 547,18 | 742 469,90 | -37 665,10 |
| 2024 | 59,5 | 7 516 | 48 920,76 | 56 496,26 | 798 966,16 | -1 720,84 |
| 2025 | 59,5 | 7 516 | 49 898,60 | 57 474,10 | 856 440,26 | 35 201,26 |
| 2026 | 59,5 | 7 516 | 50 905,20 | 58 480,70 | 914 920,96 | 73 129,96 |
| 2027 | 59,5 | 7 516 | 51 911,80 | 59 487,30 | 974 408,26 | 112 065,26 |
| 2028 | 59,5 | 7 516 | 52 947,16 | 60 522,66 | 1 034 930,92 | 152 035,92 |
| 2029 | 59,5 | 7 516 | 54 011,28 | 61 586,78 | 1 096 517,70 | 193 070,70 |
| 2030 | 59,5 | 7 516 | 55 104,16 | 62 679,66 | 1 159 197,36 | 235 198,36 |
| 2031 | 59,5 | 7 516 | 56 197,04 | 63 772,54 | 1 222 969,90 | 278 418,90 |
| 2032 | 59,5 | 7 516 | 57 318,68 | 64 894,18 | 1 287 864,08 | 322 761,08 |
| 2033 | 59,5 | 7 516 | 58 469,08 | 66 044,58 | 1 353 908,66 | 368 253,66 |

Z tab. 41 je vidět, že k zaplacení veškerých nákladů, mezi které patří každoroční částka za provoz 4 445 Kč, investiční náklady 471 855 Kč a průměrná předpokládaná roční částka za odběr energie z regionální distribuční soustavy 16 107 Kč, dojde v době mezi 16. a 17. rokem provozu elektrárny. Lze vyčíst, že se kompletní náklady splatí v prvních měsících roku 2025 a na konci tohoto roku bude mít již elektrárna výnos 35 201 Kč.

Po 25 letech, tj. na konci životnosti, by měla elektrárna přinést zisk **368 254 Kč**. Tuto hodnotu je možné ověřit i s hodnotou vypočtenou v kapitole 6.6. Celkový předpovídaný

výnos systému za 25 let je 1 353 909 Kč. Graficky je zobrazena návratnost elektrárny na obr. 18.



Obr. 18 Návratnost FV systému rodinného domu [22]

Tato elektrárna rodinného domku byla financována hotově. Pokud by byl na projekt brán úvěr od banky, prodloužila by se tím i doba návratnosti díky úroku. Tento úrok by bylo třeba započítat do nákladů a odečítat tedy vyšší částku od celkového výnosu z projektu. Čím vyšší by byla půjčená částka od banky, tím vyšší by byl i úrok, a tím delší by byla doba návratnosti tohoto projektu svému investorovi.

6.6 Celkový zisk

Při porovnání hodnoty celkových výnosů 1 353 909 Kč s celkovými náklady (viz kapitola 6.2.3), které vyšly na 985 655 Kč, je určena hodnota zisku z projektu na 368 254 Kč.

V tab. 42 jsem uvedl přehled ročních zisků z FV systému s uvažováním odpisů při určování celkových nákladů. Každý uvedený rok jsou porovnány roční náklady s výnosy. V posledním sloupci tab. 42 je zobrazen kumulovaný zisk FVE. Tento zisk odpovídá již vypočtenému zisku 368 254 Kč.

Tab. 42 Přehled ročních a kumulovaných zisků z FVE [22]

| Rok | Roční náklady [Kč] | Roční výnosy [Kč] | Roční zisk [Kč] | Zisk (kumulovaně) [Kč] |
|------|--------------------|-------------------|-----------------|------------------------|
| 2009 | 39 426 | 43 956,90 | 4 530,90 | 4 530,90 |
| 2010 | 39 426 | 44 675,90 | 5 249,90 | 9 780,80 |
| 2011 | 39 426 | 45 423,66 | 5 997,66 | 15 778,46 |
| 2012 | 39 426 | 46 171,42 | 6 745,42 | 22 523,88 |
| 2013 | 39 426 | 46 947,94 | 7 521,94 | 30 045,82 |
| 2014 | 39 426 | 47 724,46 | 8 298,46 | 38 344,28 |
| 2015 | 39 426 | 48 529,74 | 9 103,74 | 47 448,02 |
| 2016 | 39 426 | 49 335,02 | 9 909,02 | 57 357,04 |
| 2017 | 39 426 | 50 169,06 | 10 743,06 | 68 100,10 |
| 2018 | 39 426 | 51 031,86 | 11 605,86 | 79 705,96 |
| 2019 | 39 426 | 51 894,66 | 12 468,66 | 92 174,62 |
| 2020 | 39 426 | 52 786,22 | 13 360,22 | 105 534,84 |
| 2021 | 39 426 | 53 677,78 | 14 251,78 | 119 786,62 |
| 2022 | 39 426 | 54 598,10 | 15 172,10 | 134 958,72 |
| 2023 | 39 426 | 55 547,18 | 16 121,18 | 151 079,90 |
| 2024 | 39 426 | 56 496,26 | 17 070,26 | 168 150,16 |
| 2025 | 39 426 | 57 474,10 | 18 048,10 | 186 198,26 |
| 2026 | 39 426 | 58 480,70 | 19 054,70 | 205 252,96 |
| 2027 | 39 426 | 59 487,30 | 20 061,30 | 225 314,26 |
| 2028 | 39 426 | 60 522,66 | 21 096,66 | 246 410,92 |
| 2029 | 39 426 | 61 586,78 | 22 160,78 | 268 571,70 |
| 2030 | 39 426 | 62 679,66 | 23 253,66 | 291 825,36 |
| 2031 | 39 426 | 63 772,54 | 24 346,54 | 316 171,90 |
| 2032 | 39 426 | 64 894,18 | 25 468,18 | 341 640,08 |
| 2033 | 39 426 | 66 044,58 | 26 618,58 | 368 258,66 |

Závěr

V této bakalářské práci byla představena fotovoltaika jako jeden z obnovitelných zdrojů elektrické energie. Hlavním cílem práce bylo prezentování 5 let fungující fotovoltaické elektrárny rodinného domu, popis jejího využití pro dodávku elektřiny do tohoto domu a dále pak analyticko-ekonomické hodnocení a celkové posouzení vhodnosti tohoto způsobu zásobení domu elektřinou.

V teoretickém úvodu do problematiky fotovoltaických zdrojů jsem se zaměřil na objasnění principu výroby elektřiny fotovoltaickými články pomocí slunečního záření. Další část jsem věnoval možným způsobům využití fotovoltaických panelů k výrobě elektřiny.

Dále jsem rozebral klady a zápory této technologie na území České republiky a uvedl aktuální omezující legislativní vyhlášku týkající se těchto obnovitelných zdrojů. Zde je zmíněn nepříznivý postoj vlády ke zhodnocení vyrobené elektřiny fotovoltaikou pro soukromé investory. V navazující kapitole jsem se zaměřil na rozbor a složení komponent posuzované solární elektrárny rodinného domu.

Další část jsem věnoval prezentování tohoto domu a způsobu využití fotovoltaické elektrárny v tomto domě. Použitý systém provozu jsem v této kapitole podrobně znázornil a popsal. Poslední bod práce byl zaměřen na již zmiňované ekonomické hodnocení. V této nákladové analýze jsem uvažoval i potřebný nákup elektřiny na pokrytí spotřeby domu, kterou nebyly schopny pokrýt fotovoltaické panely. Pro případného investora může být tato analýza hodnotným materiálem.

Vlastním přínosem bakalářské práce je ekonomický rozbor systému provozovaného na střeše rodinného domu a využívajícího sluneční záření k výrobě elektrické energie. Provedl jsem nákladovou analýzu tohoto projektu a uvedl základní ekonomické výpočty týkající se návratnosti a ziskovosti.

Vložená investice by se měla majiteli navrátit po 16 letech provozu, tj. v roce 2025. Dalších 9 let již bude elektrárna přinášet zisk, jehož výši jsem vyčíslil na 368 tis. korun. Pořízení solární elektrárny se tedy může stát zajímavou alternativou při zhodnocování peněz

vůči jiným možnostem. Zde však navíc využíváme obnovitelný zdroj energie, nespotřebováváme fosilní paliva, nevypouštíme emise do ovzduší a obecně šetříme životní prostředí.

Pořídit si FVE v dnešní době je stále finančně nákladné. Vzhledem k neustále se vyvíjejícím novým technologiím a masivnější výrobě fotovoltaiky se ale jistě budou aplikace do komerčního prostředí v tomto oboru zlevňovat a dostávat více do podvědomí širšího obyvatelstva. Ať již bude vývoj v této oblasti jakýkoliv, je nutné s fotovoltaikou počítat jako s novým podnikatelským odvětvím, které nabízí mnoho investičních, ale i pracovních příležitostí.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] SMA SOLAR TECHNOLOGY. *Solar Is Future* [online]. 2014 [cit. 2014-01-15]. Dostupné z: <http://www.solar-is-future.com/faq-glossary/faq/photovoltaic-technology-and-how-it-works/what-does-kilowatt-peak-kwp-actually-mean/>
- [2] BROŽ, Karel a Bořivoj ŠOUREK. *Alternativní zdroje energie*. Praha: ČVUT, 2003. ISBN 80-01-02802.
- [3] HASELHUHN, Ralf. *Fotovoltaika: Budovy jako zdroj proudu*. Ostrava: HEL, 2011. ISBN 978-3-410-20354-6.
- [4] MURTINGER, Karel a Jan TRUXA. *Solární energie pro váš dům*. Brno: ERA, 2005. ISBN 80-7366-029-6.
- [5] HENZE, Andreas a Werner HILLEBRAND. *Elektrický proud ze slunce: Fotovoltaika v praxi*. Ostrava: HEL, 2000. ISBN 80-86167-12-7
- [6] WISE GEEK. *What Is a Photon?* [online]. 2013 [cit. 2014-01-17]. Dostupné z: <http://www.wisegeek.org/what-is-a-photon.htm>
- [7] VINŠOVÁ, Michaela. Jak to bylo a je s fotovoltaikou v Česku. *PENÍZE.CZ* [online]. 2013,30.10.2013 [cit. 2014-01-22]. Dostupné z: <http://www.penize.cz/nakupy/275131-jak-to-bylo-a-je-s-fotovoltaikou-v-cesku>
- [8] *SOLARTEC SG 180 5Z: FV panely Technické parametry* [dokument PDF]. 2009 [cit. 2014-01-23].
- [9] AM SOLAR: Standard Test Conditions (STC) vs. Normal Operating Cell temperature (NOCT). *RV Solar Education* [online]. 2014 [cit. 2014-02-02]. Dostupné z: http://www.amsolar.com/home/amr/page_164
- [10] *Nabídka na fotovoltaický systém* [dokument PDF]. 2008, 9 s. [cit. 2014-03-15].
- [11] CZECH NATURE ENERGY. *Střídače FVE* [online]. 2009, 2014 [cit. 2014-03-15]. Dostupné z: http://www.cne.cz/modules/tableadmin2/external/imageext_new.php?image=WG9%2BY3N%2BZnJvbml1c2lnMjA0MC5qcGd%2BZWFzeXNob3B%2BZm90b19jb3VudGVyfjN%2BZWFzeXNob3B%2BMX4yMDJ%2Bb1k%3D&TB_iframe=true&width=800&height=576&modal=true
- [12] TZBINFO. *Chytré FV střídače pro inteligentní investory* [online]. 2009 [cit. 2014-03-05]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/5759-chytre-fv-stridace-pro-inteligentni-investory>
- [13] *TECHNICIAL DATA Fronius IG: Shifting The Limits* [dokument PDF]. 2011, 2 s. [cit. 2014-03-12].
- [14] BASTIAN, Peter. *Praktická elektrotechnika*. Praha: EUROPA-SOBOTÁLES, 2004. ISBN 80-86706-07-9.
- [15] *REGULÁTOR PŘEBYTKŮ ELEKTRICKÉ ENERGIE: Fotovoltaické elektrárny v režimu "Zelený bonus"* [dokument PDF]. 2010, 11 s. [cit. 2014-03-19]. Dostupné z: http://www.alvat.cz/sites/default/files/pdf/products/regulator/regulator_prebytku_.pdf

- [16] *ROZVÁDĚČE pro menší a střední fotovoltaické elektrárny* [dokument PDF].2010, 2 s. [cit.2014-03-14].Dostupné z: <http://www.henselectric.cz/Tschechisch/letakfve.pdf>
- [17] *Google Maps: Street view*. 2014. [cit. 2014-01-15]. Dostupné z: <http://goo.gl/maps/CL1EX>
- [18] *ENERFIN Plus: Návrh řešení výroby elektrické energie fotovoltaickými články cenová nabídka* [dokument PDF]. 2012 [cit. 2014-02-16].
- [19] ENERFIN. *Fotovoltaické elektrárny princip a úspory* [online]. 2010 [cit. 2014-02-06]. Dostupné z: <http://www.enerfinplus.cz/principy-a-uspory.html>
- [20] INVESTOPEDIA. *Producer Price Index - PPI* [online]. 2014 [cit. 2014-02-13]. Dostupné z: <http://www.investopedia.com/terms/p/ppi.asp>
- [21] VÝZKUMNÉ ENERGETICKÉ CENTRUM. *Technická univerzita Ostrava: Termovizní měření na fve elektrárnách* [online]. 2011 [cit. 2014-05-28]. Dostupné z:<http://vec.vsb.cz/cz/energeticke-sluzby/monitoring/sunny-guard/termovizni-mereni-a-va-charakteristika.html>
- [22] Podklady od majitele nemovitosti a vlastníka FVE
- [23] TOMANOVÁ, Veronika. *Finance.cz. Daňové prázdniny pro solární elektrárny* [online].2010[cit.2014-05-28].Dostupné z: <http://www.finance.cz/zpravy/finance/282546-danove-prazdniny-pro-solarni-elektrarny-pravdepodobne-konci/>