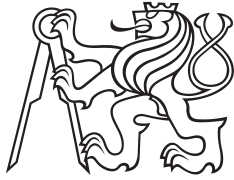


Bakalářská práce



České
vysoké
učení technické
v Praze

F3

Fakulta elektrotechnická
Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

Zmapování rozvoje výroby z fotovoltaických zdrojů v zásobovacím území PREdistribuce, a.s.

Tomáš Kodad

Vedoucí: Ing. Vojtěch Jelenecký, M.Sc.

Obor: Elektrotechnika, energetika a management

Studijní program: Elektrotechnika a management

Únor 2017

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval svému vedoucímu práce panu Ing. Vojtěchu Jeleneckému za připomínky, koordinaci a celkovou záštitu nad touto bakalářskou prací.

Velké poděkování patří také oddělení Kmenová data síť (KDS) společnosti PREdistribuce, a.s. za poskytnutou pomoc při práci s databázemi a systémem GIS.

Poděkovat také musím panu Ing. Karlu Medovi za poskytnuté informace o FVE Rochovská.

A samozřejmě také Fakultě elektrotechnické, ČVUT v Praze za poskytnutí zázemí pro vypracování této práce.

Prohlášení

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

V Praze 10. února 2017

Abstrakt

Cílem práce je vytvořit přehled o minulosti, přítomnosti a budoucím vývoji instalovaného výkonu fotovoltaických elektráren v distribučním území PREdistribuce, a.s.

K řešení práce jsem provedl analýzu střech na tomto území na základě podkladů od Institutu plánování a rozvoje hlavního města Prahy a podkladů od katastrálního úřadu. Na základě průzkumu typových oblastí jsem stanovil koeficienty a vytvořil mapu s instalovatelným výkonem FVE v jednotlivých katastrech.

Na základě zjištěných údajů je možné určit, v jakých oblastech dojde pravděpodobně k výraznější změně instalovaného výkonu na základě změny definovaných faktorů.

Klíčová slova: FVE, historie vývoje, legislativa, analýza potenciálu rozvoje, Praha

Vedoucí: Ing. Vojtěch Jelenecký, M.Sc.
PREdistribuce, a.s.,
Svornosti 3199/19a,
Praha 5

Abstract

The aim of the thesis is to create an overview of past, present and future development of the installed capacity of photovoltaic power plants in the distribution area PREdistribuce, a.s.

In order to solve my work, I analyzed the roofs in this area on the basis of the documents from the Institute of Planning and Development of the Capital City of Prague and documents from the cadastral office. Based on a survey of type areas, I have established coefficients and created a map with installable PV power in individual cadastres.

On the basis of the findings, it is possible to determine in which areas a significant change in installed capacity is likely to occur based on the change of defined factors.

Keywords: FVE, history of development, legislation, analysis of development, Prague

Title translation: Development of potential production from photovoltaic sources in the territory of PREdistribuce, a.s.

Obsah

1 Úvod 1

Část I

Technologie a principy fungování FVE

2 Komponenty fotovoltaické elektrárny 5

2.1 Fotovoltaický panel 5

2.1.1 Druhy panelů/článků 5

2.2 Střídač 8

2.3 Konstrukce 9

2.4 Jištění 11

2.5 Kabeláž 12

2.6 Akumulátory 13

2.6.1 Olověné akumulátory 14

2.6.2 Lithium-iontový akumulátor 15

3 Systémy zapojení FVE 19

3.1 On-grid zapojení 19

3.1.1 Připojení do elektroinstalace domu 19

3.1.2 Přímé připojení na síť 20

3.2 Autonomní systémy 20

Část II

Historie a současnost ekonomické výhodnosti FVE v ČR

4 Historie ekonomické výhodnosti 25

4.1 Vývoj cen instalací FVE 26

4.2 Daňové prázdny 27

4.3 Zelené bonusy a výkupní ceny 27

4.3.1 Zelený bonus 28

4.3.2 Státem garantované výkupní ceny 28

5 Aktuální legislativa a ekonomická výhodnost 33

5.1 Nová zelená úsporám 33

5.2 Dovošní cla na panely z Číny 34

5.3 Snížená sazba DPH 34

5.4 Mikro zdroje 35

5.5 Změna ve zdanění příjmu 35

5.6 Výkup přebytků 36

Část III		
Analýza potenciálu rozvoje FVE na území PREDi		
6 Souhrn zohledněných informací	39	
6.1 Aktuální stav instalovaného výkonu FVE	39	7.1.1 Koeficient pro oblast s rodinnými domy
6.2 Historie vývoje instalovaného výkonu	41	7.1.2 Koeficient pro oblast s panelovými a obytnými domy i průmyslovými objekty s plochou střechou
6.3 Volné plochy pro instalaci FVE .	41	7.1.3 Koeficient pro oblast v centru Prahy
6.3.1 Umístění na střechách SVJ/družstva	42	7.2 Plocha střech a vypočtený instalovatelný výkon
6.3.2 Umístění nad venkovními parkovišti.....	42	8 Ekonomický model FVE
6.4 Implementace do silnic	44	8.1 Hodnocení investice
6.5 Další překážky zabraňující instalacím FVE.....	44	8.1.1 Čistá současná hodnota (NPV)
6.5.1 Stavební zákon	45	8.1.2 Vnitřní výnosové procento (IRR)
6.5.2 Klimatické podmínky	45	8.2 FVE s akumulátory
		8.2.1 Rozpočet
		8.2.2 Vyrobená energie
		8.2.3 Úspory
		8.2.4 Výpočet NPV a IRR
Část IV		
Predikce vývoje instalací FVE na území PREDi		
7 Využitelnost střešní plochy	49	9 Predikce vývoje instalovaného výkonu
7.1 Metodika výpočtu koeficientů ..	49	67

9.1 Faktory budoucího vývoje instalací FVE	67
9.2 Možné dopady změn u faktorů v typových oblastech	68
9.2.1 Pražská sídliště	68
9.2.2 Oblasti s rodinnými domy ...	69
10 Závěr	71
Přílohy	
A Literatura	75
B Obsah přiloženého CD	77
C Mapa instalovatelného výkonu FVE v jednotlivých katastrech	79
D Mapa současného instalovaného výkonu FVE v jednotlivých katastrech	81
E Mapa počtu FVE na km² v jednotlivých katastrech	83
F Zadání práce	85

Obrázky

- 2.1 Porovnání vzhledu mono a polykrystalických panelů, Zdroj: <https://www.energysage.com/> 6
- 2.2 Ukázka použití amofrních panelů nanesených na ohebný materiál, Zdroj: <http://www.metalroofingnj.com/solar-panels/> 7
- 2.3 Novinka Solar Roof od společnosti Solar City, Zdroj: Solar City 8
- 2.4 Schémata možných zapojení střídače/střídačů, Zdroj: VUT Brno 9
- 2.5 Technické provedení konstrukce FVE na šikmou střechu 10
- 2.6 Technické provedení přípevnění panelů ke konstrukci 10
- 2.7 Technické provedení konstrukce FVE na plochou střechu 10
- 2.8 Plastový držák ConSole od společnosti Renusol GmbH, Zdroj: <http://www.renusol.com> 11
- 2.9 Nákres zapojení FVE pro paralelní práci s distribuční sítí, Zdroj: <http://www.oez.cz/aktual/obecne-schema-zapojeni-fotovoltaickeho-zdroje> 11
- 2.10 Nákres jištění FVE s více než třemi stringy, Zdroj [11] 12
- 2.11 Zapojení fotovoltaických panelů a ukázka MC4 konektoru, Zdroj: <https://www.solar-electric.com/learning-center/wiring-cabling> 13
- 2.12 Graf závislosti životnosti olověného akumulátoru v cyklech na hloubce vybíjení, Zdroj: <http://www.windsun.com> . . . 14
- 2.13 Lithium-iontový akumulátor PowerWall od společnosti Tesla Energy, Inc. , Zdroj: <https://www.tesla.com/powerwall> 16
- 2.14 Zapojení LiFePO4 do bateriového pole, Zdroj: <http://www.svstrikhedonia.com> 16
- 2.15 Vizualizace vnitřní konstrukce akumulátoru HE3DA, Zdroj: <https://www.he3da.cz> 17
- 3.1 Princip zapojení FVE do elektroinstalace domu Zdroj: <http://www.cne.cz/fotovoltaicke-systemy/uvod-do-fv-systemu/> 20
- 3.2 Zapojení FVE přímým připojením na síť Zdroj: <http://www.cne.cz/fotovoltaicke-systemy/uvod-do-fv-systemu/> 21
- 3.3 Zapojení FVE bez připojení k distribuční síti Zdroj: <http://www.cne.cz/fotovoltaicke-systemy/uvod-do-fv-systemu/> 21

4.1 Vývoj retailových cen fotovoltaických panelů - přepočteno na W (historie + predikce)	26	6.6 Projekt solar carport, Victorville, Kalifornie Zdroj: https://www.eastwest-bank.com/ReachFurther/News/Article/Ingenious-Hack-Solar-Parking-Lots-That-Generate-Power	44
4.2 Vývoj retailových cen střídačů - přepočteno na Wp (historie + predikce)	27	6.7 Koncept SolaRoad [9], Zdroj: http://en.solaroad.nl/technology/	45
4.3 Podpora FVE v roce 2015	30	6.8 Pražská památková rezervace - pásma města Zdroj:ČUZK	46
4.4 Podpora FVE v roce 2016	31	6.9 Porovnání slunečního svitu nejkratší/nejdelší den	46
4.5 Podpora FVE v roce 2017	31	7.1 Katastrální mapa vybrané oblasti nové zástavby Zdroj: http://sgi.nahlizenidokn.cuzk.cz	50
5.1 Podporované typy systémů v rámci NZÚ - stav 4/2017 - [19]	34	7.2 Katastrální mapa vybrané oblasti staré zástavby Zdroj: http://sgi.nahlizenidokn.cuzk.cz	51
6.1 Rozdělení FVE podle instalovaného výkonu	40	8.1 Výroba modelové FVE v jednotlivých měsících + porovnání horizontu léto/zima, Zdroj: http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php	63
6.2 Vlevo FVE na pivovaru Mufflon, vpravo největší FVE v Praze Horních Počernicích Zdroj: autor / Google Maps	40	8.2 Závislost NPV na zvoleném diskontu	64
6.3 Vývoj instalovaného výkonu FVE	41	8.3 Vliv výše bonusu za samovýrobu na výslednou NPV	65
6.4 Příklad instalace SVJ Rochovská, inst. výkon 17,1kWp Zdroj: http://maps.google.com	43	9.1 Poloha velkých pražských sídlišť. Zdroj podkladu: [21]	69
6.5 Koncept instalace FVE nad parkovacími místy Zdroj: http://insideevs.com/design-relationship-between-electric-cars-solar/	43		

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Kodad** Jméno: **Tomáš** Osobní číslo: **434948**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**
Studijní obor: **Elektrotechnika a management**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Zmapování rozvoje výroby z fotovoltaických zdrojů v zásobovacím území PREdistribuce, a.s.

Název bakalářské práce anglicky:

Development of potential production from photovoltaic sources in the territory of PREdistribuce, a.s.

Pokyny pro vypracování:

1. Popište princip fungování FVE, technologie FVE panelů
2. Analyzujte vývoj ceny a podpory FVE instalací
3. Zpracujte poskytnutá data o instalacích na distribučním území PREdistribuce, a. s.
4. Vytvořte predikci vývoje instalovaného výkonu FVE na distribučním území PREdistribuce, a.s.

Seznam doporučené literatury:

1. Murtinger, Karel. Solární energie pro váš dům. Praha : Computer press, EAN: 9788025132418, 2010.
2. Libra Martin, Poulek Vladislav. Fotovoltaika - Teorie i praxe využití solární energie, ILSA, EAN: 978-80-904311-0-2, 2009.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Vojtěch Jelenecký M.Sc, PREdistribuce, a.s.

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

Datum zadání bakalářské práce: **07.02.2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **26.05.2017**

Platnost zadání bakalářské práce: **27.05.2018**

Podpis vedoucí(ho) práce

Podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

Podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání

Podpis studenta



Kapitola 1

Úvod

Bakalářskou práci se zaměřením na problematiku fotovoltaických instalací jsem si vybral z několika důležitých důvodů, které dohromady znamenají, že tato oblast je mi bližší než ostatní. Nejdůležitější pro mne bylo, aby práce vytvořila něco nového, co může být do budoucna prakticky využito. Výhodou mi byla znalost systému GIS, se kterým jsem pracoval po čtyři léta ve společnosti PREdistribuce, a.s. (PREdi). V neposlední řadě mi bylo také výhodou, že jsem mohl být u několika instalací FVE na střechách rodinných domů i průmyslových objektů.

Práce je rozdělena do několika teoretických a praktických částí. V praktické části je stěžejní vyčíslení maximálního instalovatelného výkonu na území PREdi a odhad vývoje instalovaného výkonu v budoucnosti, který může sloužit jako podklad pro plánování (například investic do distribuční soustavy).



Část I

Technologie a principy fungování FVE

Kapitola 2

Komponenty fotovoltaické elektrárny

V první kapitole se budu zabývat popisem principu fungování fotovoltaické elektrárny (FVE) z makroskopického pohledu, tj. z pohledu člověka, který si chce tuto elektrárnu postavit.

2.1 Fotovoltaický panel

Fotovoltaické panely jsou základním stavebním článkem FVE. Jsou tvořeny sérioparalelním zapojením fotovoltaických článků. Rozměry panelů nejsou normovány, ale pohybují se okolo 1 x 1,6 m a váží okolo 18 kg. Výkon panelů se udává ve W_p (wattpeak). Jedná se o maximální teoretickou hodnotu výkonu, který může panel dodávat při ideálních (laboratorních) podmínkách.

2.1.1 Druhy panelů/článků

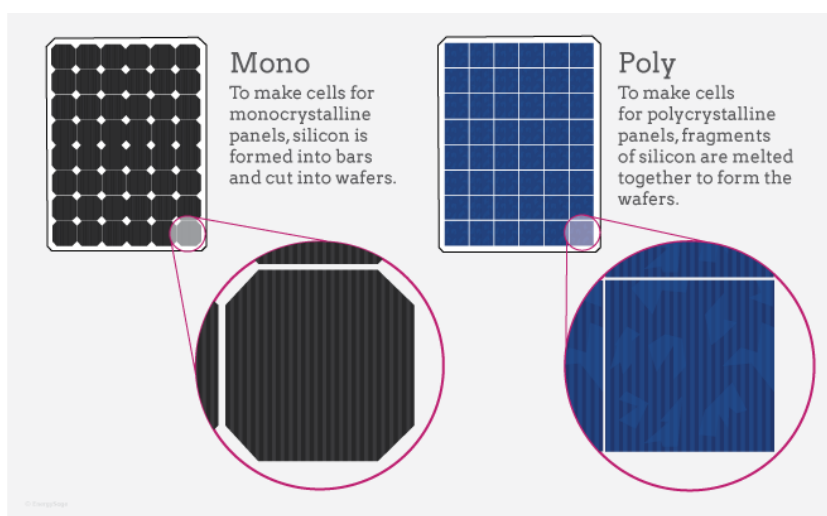
Monokrystalické články (1. generace panelů)

U fotovoltaických panelů první generace je základem monokrystalický křemíkový článek. Ten se vyrábí z křemíkového ingotu (válcový tvar) rozřezáním drátovou pilou. Pro panel je typická sytě modrá až tmavě černá barva.

Výhodou těchto panelů je relativně vysoká účinnost okolo 15 %, přičemž maximální teoretická účinnost dosažená v laboratoři je 25 %. Z toho mimo jiné plyne nejvyšší výkon typického panelu přes 300 Wp.

Také stálost výkonu se stárnutím panelu patří mezi ostatními druhy panelů k nejlepším. K dosažení co nejvyšší účinnosti je důležité přímé sluneční záření pod určitým úhlem, které je splněno jen pár měsíců v roce (zpravidla v letních měsících, podle montáže panelů).

Nevýhodou je vyšší spotřeba křemíku při výrobě, vyšší cena a nižší výroba energie při nepříznivých slunečních podmínkách.



Obrázek 2.1: Porovnání vzhledu mono a polykrystalických panelů,
Zdroj: <https://www.energysage.com/>

■ Polykrystalické články (2. generace panelů)

Snaha o zlevnění výroby dala vzniknout polykrystalickým článkům, které jsou tvořeny lisováním roztaveného křemíku. Jednotlivé krystaly mají rozdílnou plochu a nehomogenita je často patrná pouhým okem. Pro panely je typická světle modrá barva.

Polykrystalické panely jsou tedy levnější, což je vykoupeno nižší účinností a tedy i menším výkonem typického panelu (v době psaní bakalářské práce se výkony panelů pohybují od 250 do 280 Wp při ceně okolo 19 Kč/Wp).

Z pohledu instalovaných panelů v Praze je převážná část polykrystalické

struktury. Všeobecně jsou tyto panely vhodné na střechy, kde není ideální orientace na jih, protože dokáží lépe využívat difuzní záření.

■ Amorfni (tenkovrstvé) panely

Jak je patrné z názvu, amorfni panely se vyrábějí nanášením tenkých vrstev amorfniho křemíku na sklo či jiný materiál, který může být i ohebný (obr. 2.2). Oproti monokrystalickým panelům mají cirka poloviční účinnost, ale také jsou výrazně levnější. Jinými slovy to znamená, že panely jsou levnější, ale díky nižšímu výkonu je cena na Wp zhruba stejná.

Výhodou je již zmíněná možnost nanést články na široké spektrum materiálů. Dále estetičnost, kdy tento druh panelů lze vyrobit bez rámečku. Dalším kladem je nižší tepelná závislost výroby, což představuje menší pokles dodávaného výkonu.



Obrázek 2.2: Ukázka použití amorfniích panelů nanesených na ohebný materiál,
Zdroj: <http://www.metalroofingnj.com/solar-panels/>

■ Solar Roof

Nejedná se sice o další technologický druh, ale uvádím tento produkt z důvodu budoucího velkého potenciálu instalace FVE i na střechy, kam se dnes klasické obdélníkové panely, například kvůli tvaru střechy, vejdou jen v malém množství, které neumožňuje ekonomický provoz. Společnost Solar City, dceřiná společnost Tesla, Inc., v minulém roce představila tuto speciální střešní krytinu se zabudovanými fotovoltaickými články. Přesná technologie zatím nebyla zveřejněna, nicméně půjde o články překryté tenkou fólií (color film) udávající barvu krytiny a chráněné velmi pevným a ohebným sklem (viz obrázek 2.3). Podle testů je tato střešní krytina odolnější než tradiční

materiály. Cena dosud nebyla zveřejněna, nicméně dle slov zakladatele Elona Muska má jít o levnější řešení než krytina + klasické fotovoltaické panely.



Obrázek 2.3: Novinka Solar Roof od společnosti Solar City, Zdroj: Solar City

2.2 Střídač

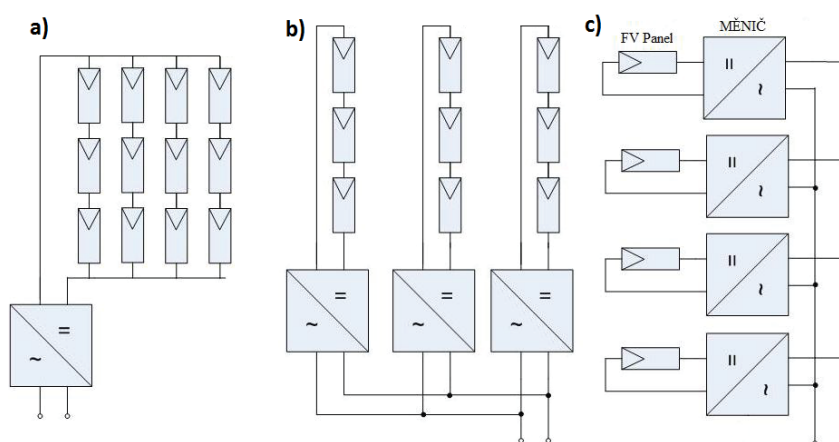
Střídače jsou zařízení měnící stejnosměrnou energii na střídavou a zároveň kontrolují napojené součásti celého systému a řídí ho, aby udržovaly kvalitu dodávané elektřiny (frekvence a napětí). Jde o základní a nejdražší zařízení, které obsahuje každá FVE (vyjma menších FVE v automonním zapojení, kde je rozvod řešen stejnosměrným napětím a udržení správné hladiny napětí je dosaženo pomocí regulátoru).

Hlavním parametrem střídače je jeho účinnost, která udává kolik procent příkonu ze stejnosměrného vstupu z fotovoltaických panelů dodává na střídavý výstup. Účinnost není konstantní a závisí převážně na parametrech vstupu střídače (výkon a napětí na DC vstupu) a jeho teplotě. Cílem je samozřejmě dosažení co nejvyššího výkonu s nejnižšími možnými ztrátami. Životnost střídače je přibližně 10 let a je třeba počítat s tím, že za životnost FVE (počítáme 20-30let) se bude muset 2-3x vyměnit a je potřeba počítat s náklady na jeho výměnu během provozu FVE.

Střídače dělíme podle tří základních kritérií:

1. Systému zapojení - rozdělujeme střídače pro tzv. on-grid zapojení, kdy střídač pracuje paralelně se sítí, a pak na střídače, které jsou schopné pracovat autonomně (off-grid) v ostrovním či hybridním systému.
2. Transformátoru
 - a. bez transformátoru - výhody: nižší hmotnost, vyšší účinnost (přes 98 %), menší rozměry

- b. s transformátorem - výhoda: galvanicky oddělená DC a AC strana (bez které nelze připojit amorfní fotovoltaické panely), používají se nízkofrekvenční transformátory nebo dražší vysokofrekvenční transformátory (účinnější, rozměrově menší, lehčí). Účinnost je okolo 96 %, tj. o dva procentní body méně.
3. Instalovaného výkonu / způsobu zapojení FVE (viz obrázek 2.4)
- a. Velká FVE - použití centrálního střídače.
 - b. Středně velká až velká FVE - řetězové (též stringové) střídače
 - c. Malé FVE - modulové střídače (co panel, to střídač)



Obrázek 2.4: Schémata možných zapojení střídače/střídačů, Zdroj: VUT Brno

2.3 Konstrukce

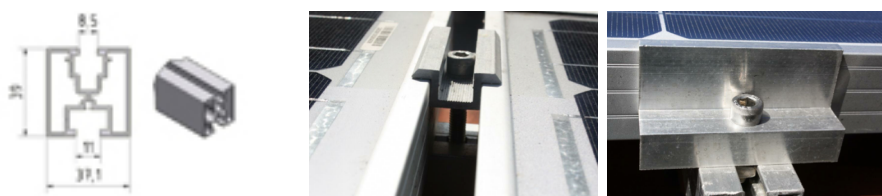
Druh použité konstrukce je v první řadě dán typem střechy (rovná, šikmá) a pak použitou střešní krytinou (tašky, plech, eternit). Před instalací FVE je třeba zkontrolovat technický stav střechy, aby nedošlo k propadu pod vlivem zátěže (pro představu u 4 kWp FVE jde o přibližně půl tuny). Pokud si stavem nejsme jistí, je rozumné si nechat zpracovat posudek od statika.

U šikmých střech s taškovou krytinou se spojení konstrukce se střechou realizuje pomocí střešních háků, které se připevňují přímo na krov střechy (obrázek 2.5 vlevo). Na hák se následně připevní hliníkové profily o průřezu 40 x 40 mm. Zřídka jsou k vidění i úsporné varianty s použitím dřeva, ale vzhledem k životnosti FVE a nutnosti dřevěnou konstrukci udržovat, nelze tuto variantu doporučit, nemluvě o nebezpečí vzplanutí.



Obrázek 2.5: Technické provedení konstrukce FVE na šikmou střechu

Na profilu jsou zpravidla dvě podélné drážky. Do jedné drážky se zasunují hlavy šroubů připevňující profil k háku a do druhé drážky se zacvakávají středové/koncové držáky sloužící k připevnění samotných panelů. Provedení je zřejmé z obrázku 2.6. Dotažení je běžně na imbusový klíč.



Obrázek 2.6: Technické provedení připevnění panelů ke konstrukci

Pokud instalujeme FVE na plochou střechu, je potřeba ještě pomocné konstrukce, která zajistí optimální sklon. Pomocná konstrukce představuje rovnoměrně rozmístěné trojúhelníky z L profilů. Důležité je důkladné zatížení těchto trojúhelníků (většinou betonovými bloky/dlaždicemi), aby dokázaly odolat povětrnostním podmínkám. Nezbytné je umístění na pevný povrch a zajištění proti poškození povrchu střechy - např. netkanou textilií viz obrázek 2.7. Maloobchodní cena konstrukce je při přepočtení na panel přibližně 1.700 Kč/panel (profily, držáky, betonové bloky, kryt pro zatížení konstrukce, šrouby - průměrná cena brána z internetových cen) v závislosti na tom, zda jsou panely osazeny na šířku nebo na výšku.



Obrázek 2.7: Technické provedení konstrukce FVE na plochou střechu

Další možné provedení na ploché střechy je za pomoci plastových držáků např. ConSole od společnosti Renusol GmbH (obrázek 2.8). Maloobchodní cena konzole pro jeden panel se zatěží (štěrk, betonový blok) je okolo 1900 Kč. Výhodou je jednodušší instalace (= levnější montáž) a větší variabilita rozmístění panelů. Nevýhodou může být reálná životnost (záruka je poskytována na 10 let).

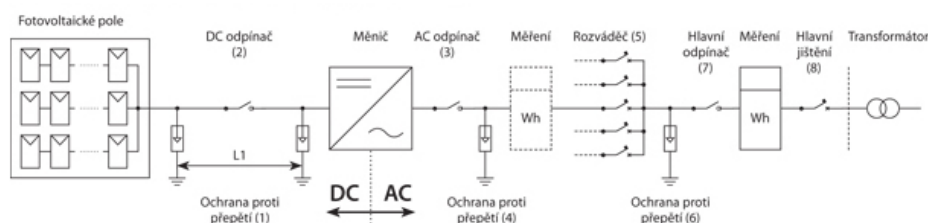


Obrázek 2.8: Plastový držák ConSole od společnosti Renusol GmbH, Zdroj: <http://www.renusol.com>

Všechny výše popsané konstrukce řadíme mezi statické. Dále existují polohovatelné systémy, které zajišťují optimální natočení panelu směrem ke slunci, a zvyšují tak množství vyrobené energie.

2.4 Jištění

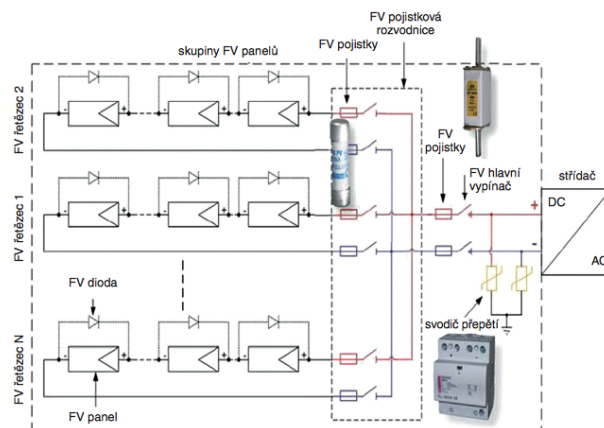
Požadavek na jištění FVE je dán počtem stringů paralelně připojených na vstup střídače. Pokud máme zapojeny více než dva stringy, je třeba vyřešit ochranu panelů proti zpětným proudům a také nadproudovou ochranu kabelů pro případ poruchy.



Obrázek 2.9: Návrh zapojení FVE pro paralelní práci s distribuční sítí, Zdroj: <http://www.oez.cz/aktual/obecne-schema-zapojeni-fotovoltaickeho-zdroje>

Pokud jsou panely více vzdáleny od střídače, je zapotřebí umístit svodiče přepětí jak za fotovoltaické pole, tak ještě před střídač (1). Pro případ

údrždy střídače je třeba zajistit odepnutí jak z AC tak i DC strany (odpínače 2,3). Další v pořadí po AC odpínači je svodič (4) přepětí vhodný u delšího vedení. Následuje rozvaděč a elektroměr výroby, který má ochranu ze strany distribuční sítě v podobě dalšího svodiče přepětí. Zbývá už jenom hlavní odpínač rozvaděče a hlavní jištění



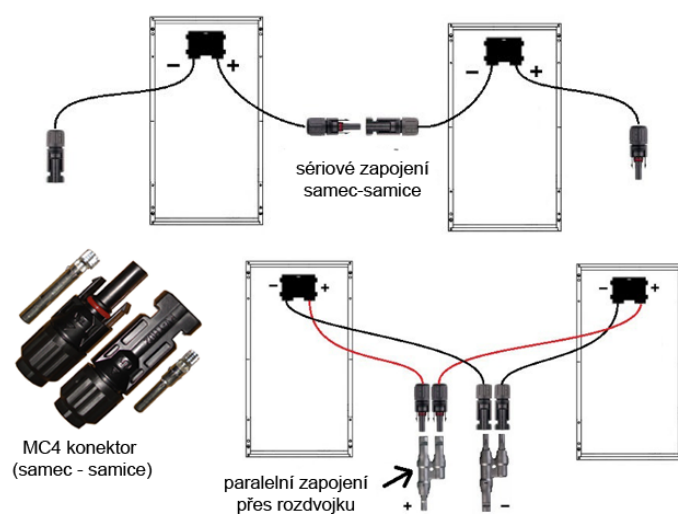
Obrázek 2.10: Návrh jistění FVE s více než třemi stringy, Zdroj [11]

2.5 Kabeláž

Kabely k zapojení celého systému potřebujeme jak na DC, tak AC straně. Kabely pro střídavé napětí vedené od střídače se nijak neliší od běžně používaných kabelů pro elektroinstalace.

Propojení jednotlivých fotovoltaických panelů je prováděno pomocí kabelů s délkou okolo jednoho metru, které jsou vyvedeny ze svorkovnice/připojovacího boxu na zadní straně panelu. Jsou již opatřeny konektory lišícími se tvarem podle polarit, a nehrozí tedy chybné zapojení a vyzkratování panelů. Kabely je nutné zajistit proti volnému pohybu stahovacími páskami (materiál musí být odolný UV záření), aby nedošlo k nežádoucímu dotyku s panelem a k roztavení kabelu.

Na venkovní DC kabeláž jsou kladeny vysoké nároky z pohledu odolnosti vůči UV záření, vlhkosti a mechanickému působení. Samozřejmostí je správné nadimenzování a výběr správného průřezu vodiče.



Obrázek 2.11: Zapojení fotovoltaických panelů a ukázka MC4 konektoru, Zdroj: <https://www.solar-electric.com/learning-center/wiring-cabling>

2.6 Akumulátory

Nezměnitelným faktem je skutečnost, že dodávaný výkon FVE se odvíjí od aktuálních klimatických podmínek, které nedokážeme ovlivnit. Může se tedy stát, že budeme mít dostupného výkonu příliš málo nebo naopak hodně a proto je klíčové řešit otázku akumulace.

Dříve se akumulátory instalovaly k FVE jen v minimu případů a to z důvodu vysoké ceny. Nyní by se mohly začít těšit větší oblibě a to ze tří důvodů:

1. snižující se cena a zvyšující se kapacita
2. podpora v rámci dotačního projektu Nová zelená úsporám
3. hlavní úspora FVE je dnes v samospotřebě vyrobené energie = úspora v menším množství odebrané energie od distributora.

Nejvíce používané typy akumulátorů pracují na principu elektrochemickém, tzn. na přeměně el. energie na chemickou a zpět. Dále existují akumulátory tepelné, mechanické a elektromagnetické, nicméně jejich aplikace nemá význam na domácí FVE o kterých je převážně tato práce a proto je nebudu více popisovat.

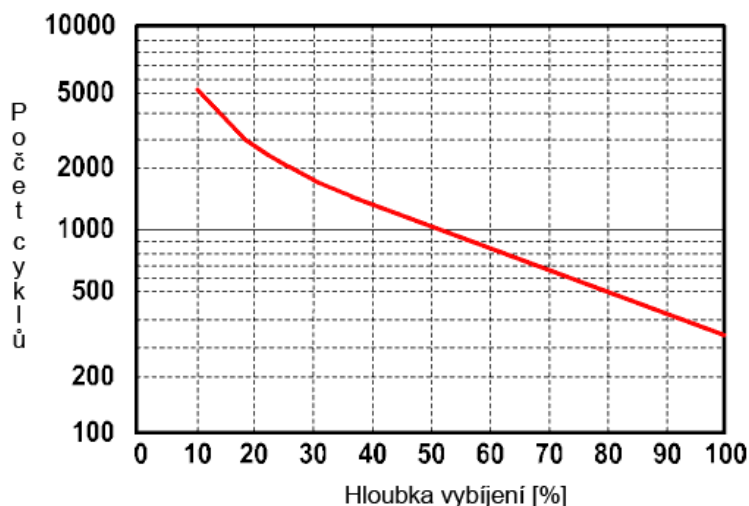
Hlavními parametry, které zkoumáme u akumulátorů je kapacita, počet cyklů / životnost, účinnost, maximální/trvalý vybíjecí proud, princip fungování, doba akumulace a samozřejmě pořizovací cena. [12]

Životnost baterie se udává v letech, nicméně závisí na počtu a druhu cyklů. Cyklem myslíme jedno vybití a nabití akumulátoru, přičemž je důležitá také hloubka vybití (kolik procent kapacity baterie využijeme než provedeme znovunabití). Běžně udávaná životnost u baterií je brána při hloubce vybití 10-20 %, což by pro dosažení uváděné životnosti znamenalo pětinašobně úložiště naddimenzovat.

2.6.1 Olověné akumulátory

Patří mezi dnes nepoužívanější akumulátory. Nevýhodou je, že u varianty s tekutým elektrolytem mohou během nabíjení vznikat nebezpečné plyny a proto rozhodně nejsou vhodné na umístění v obytných místnostech. Při použití varianty s elektrolytem ve skelné vatě (AGM) či elektrolytu v podobě gelu tento problém odpadá.

Závislost životnosti akumulátoru z pohledu hloubky vybití



Obrázek 2.12: Graf závislosti životnosti olověného akumulátoru v cyklech na hloubce vybití, Zdroj: <http://www.windsun.com>

Olověné akumulátory patří k levnějším, přesto se cena za jednu kWh kapacity pohybuje u akumulátorů s tekutým elektrolytem okolo 3.600 Kč, u AGM přibližně 5.400 Kč a nejdražší vycházejí gelové s cenou 5.700 Kč přepočteno na kWh (ceny se samozřejmě liší podle konkrétního výrobce).

Prodávají se jako monobloky s napětím 2, 6 a 12 V, přičemž požadovaného systémového napětí (určené střídačem či regulátorem nabíjení) se dosahuje sériovým zapojením těchto monobloků. Paralelním zapojením získáme vyšší maximální/trvalý vybíjecí proud.

Životnost olověného akumulátoru s tekutým elektrolytem v závislosti na hloubce vybíjení udává obrázek 2.12 (u gelového elektrolytu je počet cyklů až 2x vyšší). Hluboké vybíjení je příčinou sulfatace elektrod a tím trvalého snížení kapacity. Nepříznivě klesá účinnost se zvyšující se rychlosti vybíjení. Nevýhodou je také vysoká hmotnost a teplotní závislost kapacity baterie. S rostoucí teplotou roste kapacita, ale zrychluje se samovybíjení.

■ 2.6.2 Lithium-iontový akumulátor

Výhodou těchto baterií je nízká hmotnost (přibližně pětina oproti olovnatým akumulátorům), téměř zanedbatelné samovybíjení a odolnost proti takzvanému paměťovému efektu. Proto se používají do většiny přenosné výpočetní techniky, ale i do automobilů. Nevýhodou je vysoká cena a vysoká citlivost na přebíjení a hluboké vybíjení, což je ošetřeno speciálním odpojovacím obvodem.

Oživit trh s bateriemi pro domácnosti by mohl vstup společnosti Tesla Energy, Inc., která v nejbližším období uvede na trh své řešení PowerWall. Společnost má s bateriemi bohaté zkušenosti díky instalaci do elektromobilů Tesla. Kapacita zařízení má být 13,5 kWh, což by mělo s rezervou vystačit průměrné domácnosti žijící v rodinném domě, která elektřinou netopí ani ji nevyužívá k vaření. Kontinuálně má být schopné dodávat 5 kW a dočasně až 7 kW.

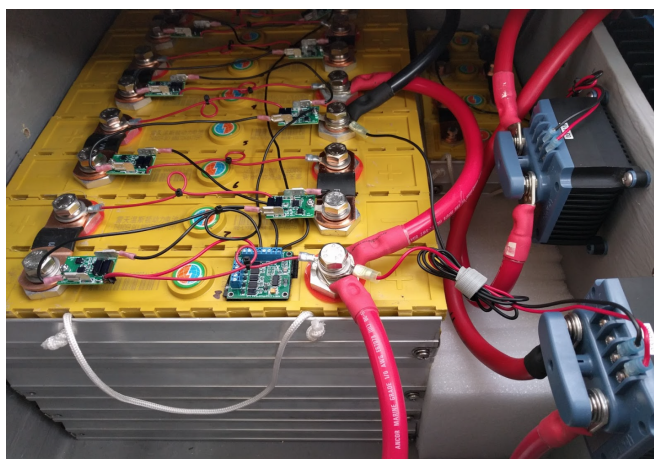
Cena je na americkém trhu 6.200 amerických dolarů, ale lze předpokládat, že cena pro český trh bude vycházet z německé ceny 6.750 Eur, což je v přepočtu 182 tisíc Kč. Udávaná záruka je 10 let. Pokrokový má být systém spravující úložiště, který má zvýšit životnost akumulátoru. Tento produkt uvádím hlavně z toho důvodu, že osloví i uživatele, kteří by se otázkou bateriového systému za normálních okolností nezabývali. Důvodem je jednoduchý a to, že společnost Tesla má marketingovou strategii na vysoké úrovni.



Obrázek 2.13: Lithium-iontový akumulátor PowerWall od společnosti Tesla Energy, Inc. , Zdroj: <https://www.tesla.com/powerwall>

■ LiFePO4 akumulátory

Jsou speciálním druhem Li-ion baterií. Jejich největší výhodou je, že vydrží okolo 6.000-8.000 cyklů a to při hloubce vybití až 80 %. Cena baterií se pohybuje okolo 14.000 Kč za jednu kWh v závislosti na velikosti akumulátoru. Napětí jednotlivých článků je 3 až 3,6 V.

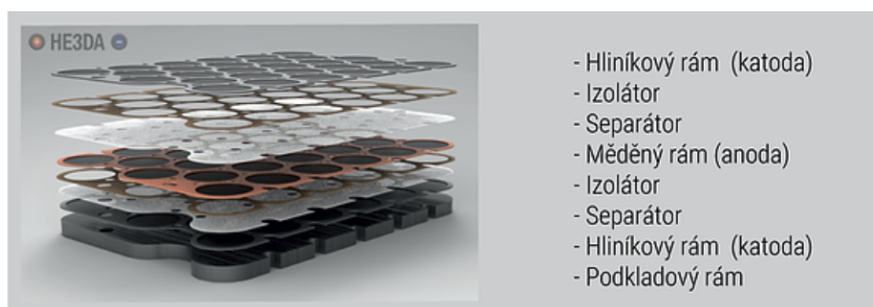


Obrázek 2.14: Zapojení LiFePO4 do bateriového pole, Zdroj: <http://www.svstrikhedonia.com>

■ HE3DA - využití nanotechnologie

3D akumulátor nové technologie od společnosti HE3DA s.r.o. využívá technologii lithiových nanomateriálů. Díky této technologii je možné prakticky

vyrobit vysokovýkonné akumulátory, které jsou vyjimečné prostorovými 3D elektrodami (dosavadní vyráběné baterie využívají pouze plošnou konstrukci). To umožňuje variabilní tloušťku elektrod související s kapacitou akumulátoru, tempu nabíjení/vybíjení a nabízí široké spektrum použití v různých odvětvích. Použitím nové konstrukce s malým vnitřním odporem a vnitřnímu ochlazení elektrolytem, je technicky možné vyrábět články s kapacitou vyšší o řád proti nyní komerčně dostupným lithiovým bateriím. [14]



Obrázek 2.15: Vizualizace vnitřní konstrukce akumulátoru HE3DA,
Zdroj: <https://www.he3da.cz>

Baterie jsou vyvíjeny panem Janem Procházkou společně a jeho týmem s cílem dosáhnout uložitelnosti 1 kWh na jeden litr baterie (současný stav je 520 Wh/litr). V tomto roce by se měla spustit sériová výroba v Havířově. Umístění výroby v České republice se zdá jako rozumné řešení, už jen protože zde máme bohaté zásoby lithia. Cena není dosud uvedena a proto nemohu tento akumulátor zahrnout do kalkulace.

Kapitola 3

Systémy zapojení FVE

3.1 On-grid zapojení

Fotovoltaické elektrárny připojené na distribuční/přenosovou soustavu se nazývají on-grid. Pro toto zapojení se nám nabízejí dvě možnosti provedení - přímé připojení na síť a zapojení do elektroinstalace odběratele pro vlastní spotřebu (typické zapojení pro zelený bonus). Důležité je, že pro toto zapojení je potřebný střídavý měnič pro paralelní provoz se sítí. Tento druh měniče se automaticky nafázuje na síť a v případě výpadku v síti se automaticky odpojí.

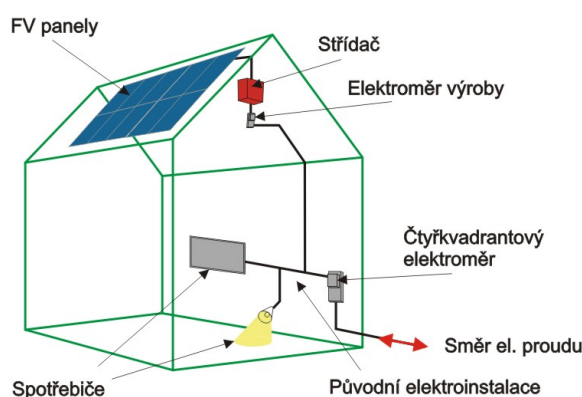
Je namístě podotknout, že k on-grid zapojení je potřeba povolení od distributora (PREdi aj.), což může být v některých lokalitách problém z pohledu přenosové kapacity sítě. Bez povolení se v případě přetečení z objektu jedná o nedovolenou dodávku do sítě.

3.1.1 Připojení do elektroinstalace domu

U zapojení do elektroinstalace domu/bytu to tedy znamená, že dodávky elektrické energie jsou obstarávány primárně z FVE a zbytek potřebného výkonu je odebírán z distribuční soustavy. Naopak, pokud FVE má aktuální výkon větší, než je domácnost schopna spotřebovat, je přebytek ukládán do

akumulátorů (pokud jsou přítomny, problematika akumulátorů je popsána v sekci 2.6) a následně po úplném dobití je přebytek dodáván do distribuční soustavy.

Toky elektřiny jsou sledovány pomocí dvou elektroměrů (cejkovány). První je zapojen za měničem, který měří celkovou výrobu FVE, a data z něj slouží jako podklad pro vyúčtování zeleného bonusu pro operátora trhu s elektřinou. Druhý elektroměr je klasický domovní, jen je vyměněn za 4-kvadrantovou variantu, která je schopna měřit jak odběry, tak dodávku elektrické energie. Celé zapojení je graficky znázorněno na převzatém obrázku 3.1. Jedná se o nejčastější provedení zapojení v distribučním území PREdistribuce, a.s.



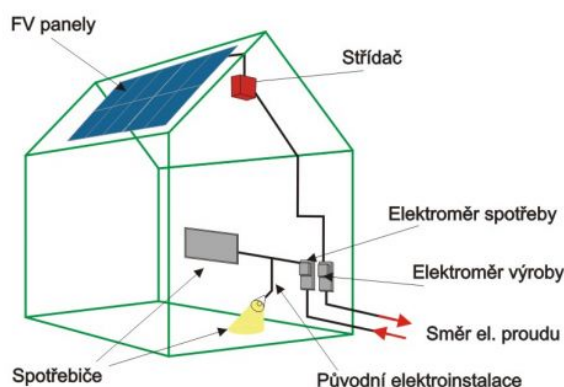
Obrázek 3.1: Princip zapojení FVE do elektroinstalace domu
Zdroj: <http://www.cne.cz/fotovoltaiicke-systemy/uvod-do-fv-systemu/>

3.1.2 Přímé připojení na síť

V tomto případě připojení FVE obchází elektroinstalaci domu a je připojena přímo na distribuční soustavu. Tok elektřiny z FVE je sledován pomocí jednoho elektroměru. Z pohledu dotace můžeme zvolit pouze garantované výkupní ceny, které jsou ovšem pro dnes postavené FVE nulové. Princip zapojení je znázorněn na obrázku 3.2.

3.2 Autonomní systémy

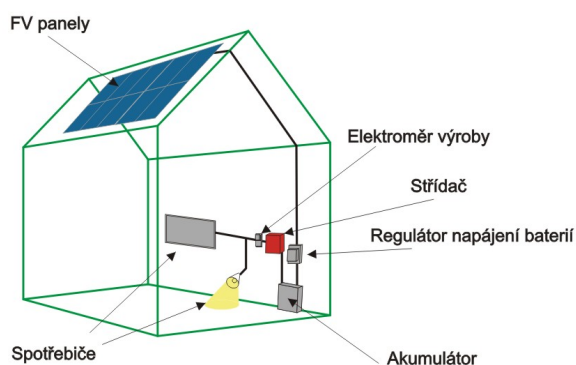
Často také označované jako Off-grid, protože FVE není přímo napojená na distribuční síť (DS), a nehrozí proto žádné přetoky mezi FVE a DS. Autonomní



Obrázek 3.2: Zapojení FVE přímým připojením na síť
Zdroj: <http://www.cne.cz/fotovoltaiicke-systemy/uvod-do-fv-systemu/>

systém zahrnuje baterie, které slouží k akumulaci energie v době vyšší výroby FVE. Baterie jsou obvykle umístěny u měniče. Výhodou je bezesporu možnost absence distribuční sítě, tzn. schopnost fungovat samostatně - chaty, obytné automobily/karavany...).

Existuje, a hojně se využívá i varianta se stejnosměrným rozvodem po objektu s napětím 12/24 V, kdy nám k udržení hladiny napětí slouží regulátory napětí (instalace tedy může být i bez střídače). Další výhodou je, že nepotřebujeme povolení od distributora.



Obrázek 3.3: Zapojení FVE bez připojení k distribuční síti
Zdroj: <http://www.cne.cz/fotovoltaiicke-systemy/uvod-do-fv-systemu/>



Část II

Historie a současnost ekonomické výhodnosti FVE v ČR



Kapitola 4

Historie ekonomické výhodnosti

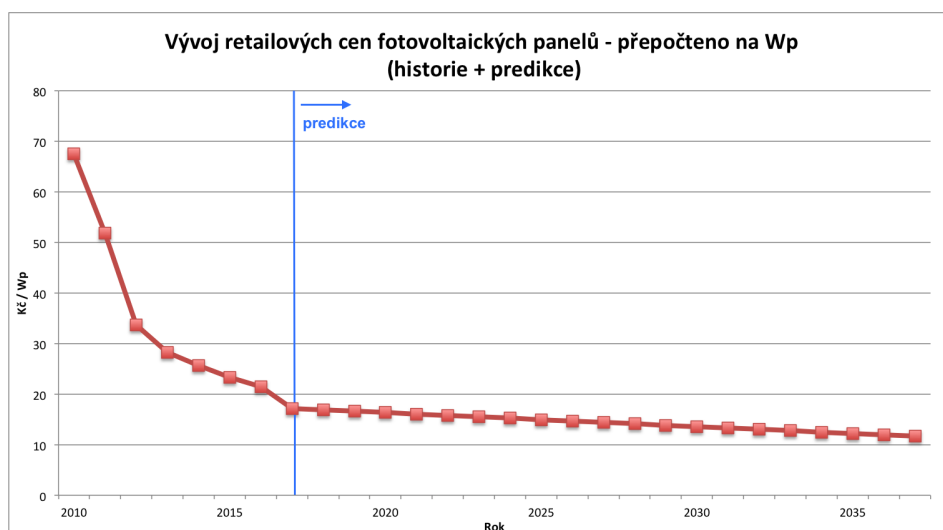
Historie FVE se začala psát v roce 1994, kdy byla na území ČR postavena první fotovoltaická elektrárna, o větším rozvoji lze mluvit od roku 2005. Do této doby nedávala instalace FVE pro normální spotřebitele ekonomický smysl. Důvodem byla samozřejmě nedokonalá technologie a vysoká pořizovací cena. Jednalo se tedy spíše o výzkumné provozy na technických školách sloužící k otestování chování systému v našich klimatických podmínkách a zpravidla šlo o jednotky panelů.

Většího rozvoje se fotovoltaika dočkala až díky podpoře obnovitelných zdrojů z důvodu snížení závislosti na neobnovitelných zdrojích energie, ke kterému se Česká republika zavázala Evropské unii (8 % hrubé spotřeby elektrické energie pokrýt z obnovitelných zdrojů energie (OZE) do roku 2010 a 13 % do roku 2020). Tento závazek měl oporu v zákoně č.180/2005 Sb. o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie (který byl k 1.1.2013 nahrazen zákonem č. 165/2012 Sb.). V České republice byla fotovoltaika dotována formou výkupních cen a zelených bonusů v letech 2005-2013. Toto období je popsáno v samostatné části 4.3. Kromě výše uvedených zákonů upravují právní oblast okolo obnovitelných zdrojů ještě vyhlášky. V době psaní této práce jsou nově postavené FVE dotovány formou programu Nová zelená úsporám (více v části 5.1).

4.1 Vývoj cen instalací FVE

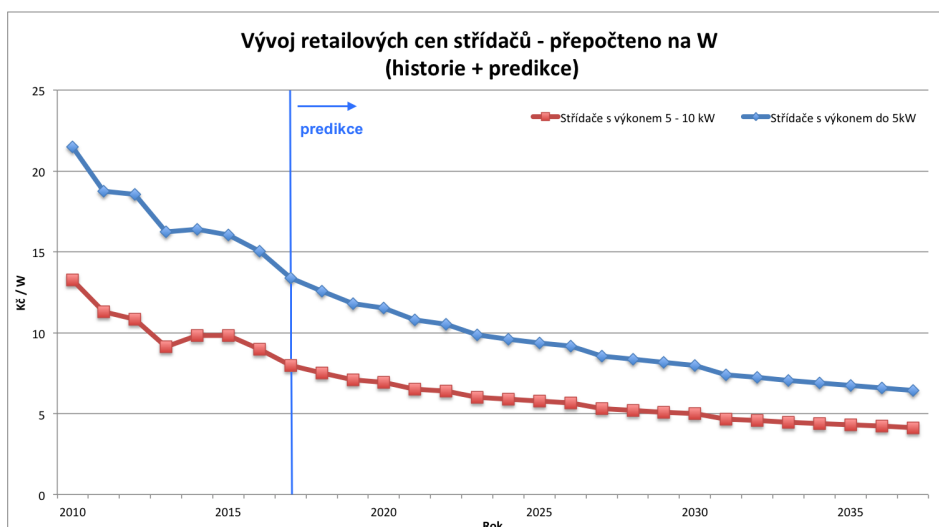
Zpracování a hlavně získání potřebných dat se v průběhu vypracování této práce ukázalo jako větší problém, než jsem očekával, a to hned z několika důvodů. Prvním je skutečnost, že vývoj technologie jde v této oblasti rychle kupředu a jednotlivé modely komponentů jsou na trhu okolo jednoho až dvou let. To znemožňuje využít porovnávače cen na internetu, na kterých jsou historie cen u jednotlivých modelů k dispozici. Proto jsem oslovil přímo výrobce, kteří ovšem nebyli příliš sdílní. Z tohoto důvodu se mi nepodařilo udělat vlastní vývoj ceny a byl jsem nucen vycházet z uvedených zdrojů.

U FVE panelů se postupem času stále zvyšuje výkon, účinnost a stálost výkonu se stárím panelů. Udělat objektivní porovnání tak, aby mělo vypovídající ekonomickou hodnotu, je tedy velmi obtížné. Panely jsem se nakonec rozhodl porovnávat přepočtením ceny na jeden Wp výkonu. Podklad pro výpočet mi byl zdroj [15], který mapuje cenu na německém trhu, kterou jsem přepočtl podle kurzu ČSÚ pro daný rok a přepočtl na maloobchodní ceny. Průběh je zobrazen na obrázku 4.1.



Obrázek 4.1: Vývoj retailových cen fotovoltaických panelů - přepočteno na W (historie + predikce)

Další důležitou komponentou je střídač. Budoucí vývoj ceny je důležitý nejen pro v budoucnu vzniklé FVE, ale i pro stávající, protože životnost střídače je jen kolem 10 let a musí se tedy během životnosti FVE odhadem dvakrát vyměnit. Jsou zde velké úspory z rozsahu, tedy čím výkonnější střídač, tím menší cena za watt. Vývoj cen (obrázek 4.2) je vypracovaný na základě PHOTON inverter price index, přepočtený na základě kurzu ČSÚ pro daný rok a upravený na retailové ceny. [16]



Obrázek 4.2: Vývoj retailových cen střídačů - přepočteno na Wp (historie + predikce)

4.2 Daňové prázdny

Do konce roku 2010 (zrušeno od 1.1.2011 rozhodnutím vlády) měly všechny nově postavené FVE v roce dokončení a v následujících 5 letech daňové prázdny podle zákona č.586/1992 Sb., §4, odstavec 1) bod e). Což tedy znamenalo, že veškeré příjmy po dobu prvních až 6 let byly osvobozeny od daně z příjmu. Na toto rozhodnutí a dvě další byla podána stížnost u Ústavního soudu, který všechna tři rozhodnutí přezkoumal a důvod na zneplatnění rozhodnutí vlády nenašel [Nález ÚS 9/08 ze dne 12. 7. 2011]. Daňové prázdny tak zůstaly zrušeny pro všechny, tedy jak nové, tak stávající FVE.

4.3 Zelené bonusy a výkupní ceny

Zelený bonus a výkupní ceny jsou formy podpory pro elektrárny instalované v letech 2005 až 2013 a vztahuje se na veškerou vyrobenou energii z obnovitelného zdroje. Výši určuje Energetický regulační úřad (ERÚ) v pravidelných Energetických věstnících ([2], [3], [4]). Výše podpory se každý rok nepatrně mění v zákonem daných mezích a pravidla jsou odlišná u zelených bonusů a výkupních cen. Přehled podpory v minulých třech letech je uveden v tabulkách 4.1 až 4.3, graficky pak na obrázcích 4.3 až 4.5.

Podpora FVE v roce 2015 do instalovaného výkonu 30 kW				
Rok uvedení do provozu	Výkupní ceny	Zelené bonusy	Zvýšení oproti roku 2014	
2004	0,00 Kč/kWh	0,00 Kč/kWh	X	X
2005	7,57 Kč/kWh	6,84 Kč/kWh	2,00 %	2,21 %
2006	15,88 Kč/kWh	15,15 Kč/kWh	2,00 %	2,10 %
2007	15,88 Kč/kWh	15,15 Kč/kWh	2,00 %	2,10 %
2008	15,48 Kč/kWh	14,75 Kč/kWh	2,00 %	2,10 %
2009	14,53 Kč/kWh	13,88 Kč/kWh	2,09 %	1,74 %
2010	13,53 Kč/kWh	12,88 Kč/kWh	2,00 %	1,70 %
2011	8,12 Kč/kWh	7,47 Kč/kWh	2,11 %	1,48 %
2012	6,54 Kč/kWh	5,89 Kč/kWh	2,00 %	1,34 %
2013	3,03 Kč/kWh	2,38 Kč/kWh	2,13 %	1,41 %
2014	0,00 Kč/kWh	0,00 Kč/kWh	X	X

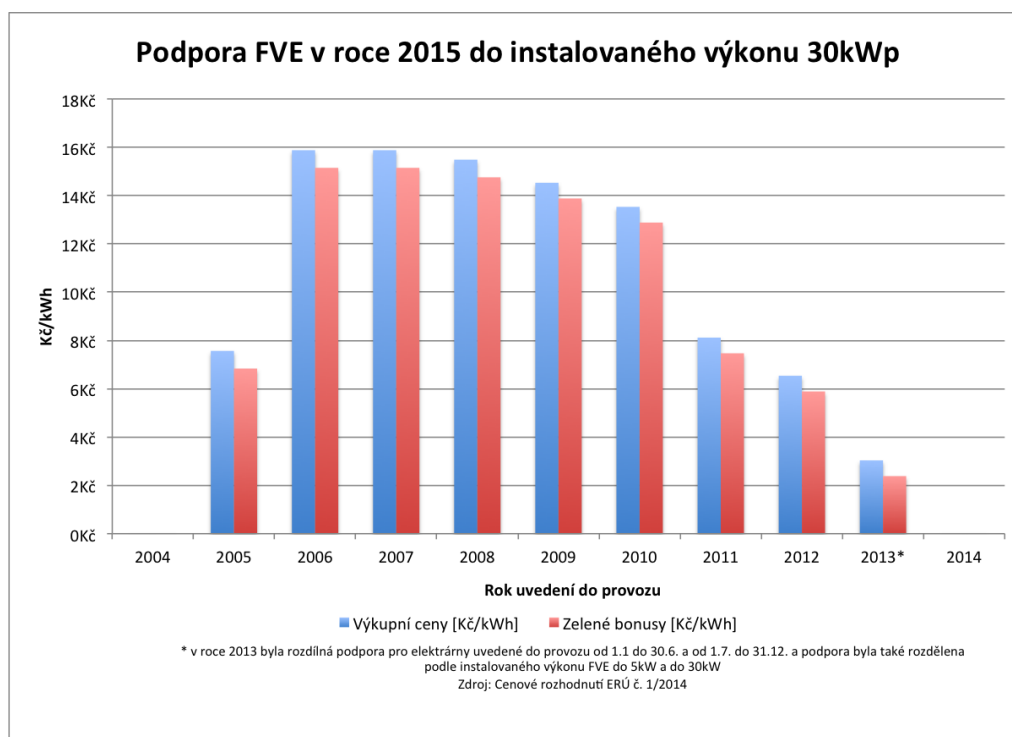
Tabulka 4.1: Podpora FVE v roce 2015 do instalovaného výkonu 30 kW [2] + Energetický věstník 7/2013

Podpora FVE v roce 2016 do instalovaného výkonu 30 kW				
Rok uvedení do provozu	Výkupní ceny	Zelené bonusy	Zvýšení oproti roku 2015	
2004	0,00 Kč/kWh	0,00 Kč/kWh	X	X
2005	7,72 Kč/kWh	7,07 Kč/kWh	2,04 %	3,42 %
2006	16,19 Kč/kWh	15,54 Kč/kWh	1,98 %	2,60 %
2007	16,19 Kč/kWh	15,54 Kč/kWh	1,98 %	2,60 %
2008	15,79 Kč/kWh	15,14 Kč/kWh	1,98 %	2,62 %
2009	14,82 Kč/kWh	14,12 Kč/kWh	2,01 %	1,74 %
2010	13,80 Kč/kWh	13,10 Kč/kWh	2,00 %	1,71 %
2011	8,28 Kč/kWh	7,58 Kč/kWh	2,00 %	1,50 %
2012	6,67 Kč/kWh	5,97 Kč/kWh	2,02 %	1,39 %
2013	0,00 Kč/kWh	0,00 Kč/kWh	X	X
2014	0,00 Kč/kWh	0,00 Kč/kWh	X	X

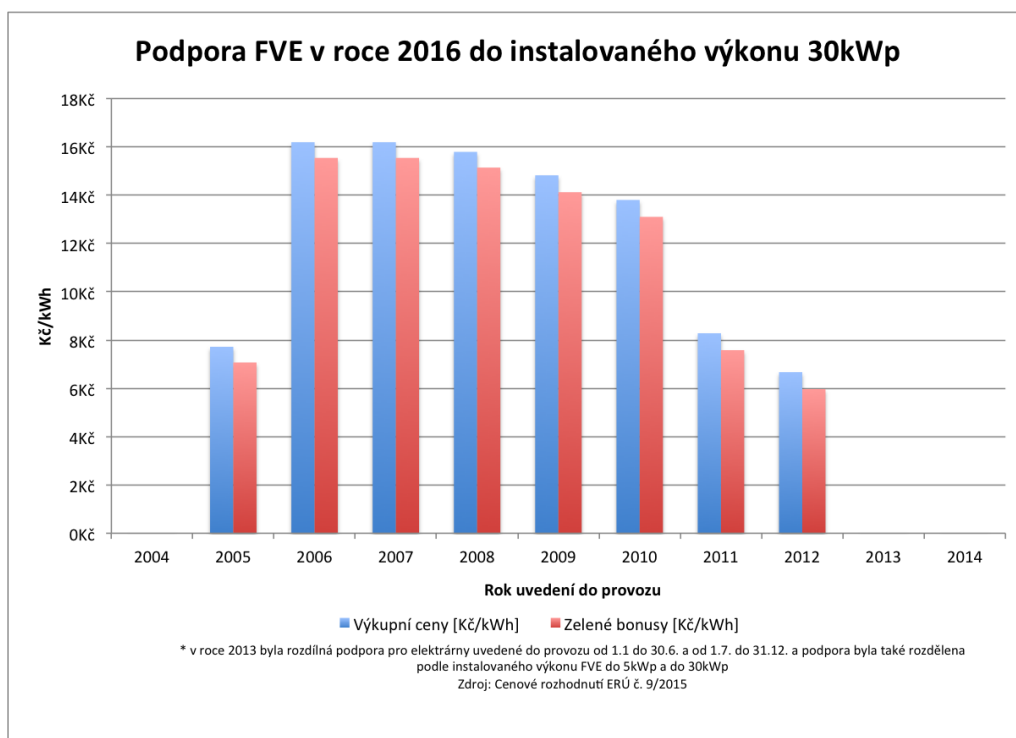
Tabulka 4.2: Podpora FVE v roce 2016 do instalovaného výkonu 30 kW [3]

Podpora FVE v roce 2017 do instalovaného výkonu 30 kW				
Rok uvedení do provozu	Výkupní ceny	Zelené bonusy	Zvýšení oproti roku 2016	
2004	0,00 Kč/kWh	0,00 Kč/kWh	X	X
2005	0,00 Kč/kWh	0,00 Kč/kWh	X	X
2006	16,52 Kč/kWh	15,92 Kč/kWh	2,04 %	2,45 %
2007	16,52 Kč/kWh	15,92 Kč/kWh	2,04 %	2,45 %
2008	16,11 Kč/kWh	15,51 Kč/kWh	2,03 %	2,44 %
2009	15,12 Kč/kWh	14,42 Kč/kWh	2,02 %	2,12 %
2010	14,08 Kč/kWh	13,38 Kč/kWh	2,03 %	2,14 %
2011	8,45 Kč/kWh	7,75 Kč/kWh	2,05 %	2,24 %
2012	6,80 Kč/kWh	6,10 Kč/kWh	1,95 %	2,18 %
2013	3,16 Kč/kWh	2,46 Kč/kWh	X	X
2014	0,00 Kč/kWh	0,00 Kč/kWh	X	X

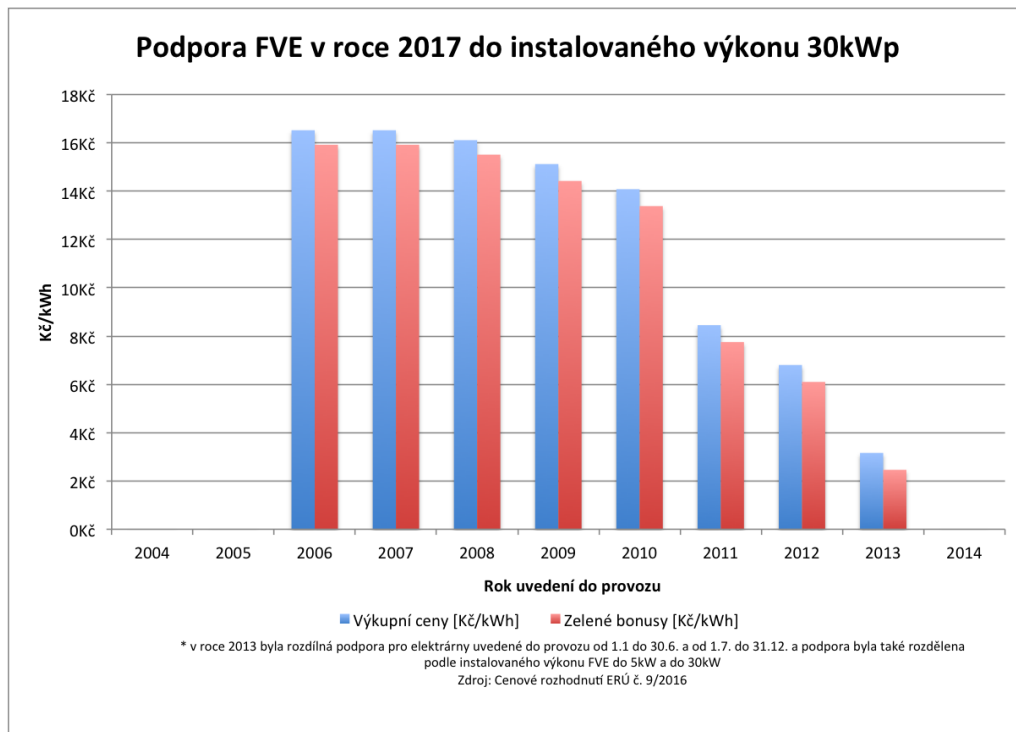
Tabulka 4.3: Podpora FVE v roce 2017 do instalovaného výkonu 30 kW [4]



Obrázek 4.3: Podpora FVE v roce 2015



Obrázek 4.4: Podpora FVE v roce 2016



Obrázek 4.5: Podpora FVE v roce 2017

Kapitola 5

Aktuální legislativa a ekonomická výhodnost

5.1 Nová zelená úsporám

Program Nová zelená úsporám (NZÚ) je dotační program podpory zaměřený na úspory energie a obnovitelné zdroje energie. Žádosti o dotace se podávají na základě aktuálně vypsanych výzev. Vyřízení dotace je bohužel byrokraticky náročný proces, nicméně většina firem instalující FVE nabízí vyřízení dotace za klienta. Tuto službu nabízí buď v rámci ceny instalace nebo za poplatek od 5 do 10 tisíc korun.

U dotace pro FVE se jedná o podporu z oblasti C.3. Podporované typy systémů a maximální výše dotace jsou zobrazeny v převzaté tabulce [19] na obrázku 5.1 níže. Investiční dotace může být až 50% z investované částky, nejvýše však částka uvedená na výše zmíněném obrázku. Dotace je poskytována na solární termické a fotovoltaické systémy na dokončené rodinné domy či novostavby, včetně rozestavěných. Pro podoblasti podpory C.3.4 až C.3.6 nesmí být instalovaný výkon FVE větší než 10 kWp.

Podoblast podpory	Typ systému	Výše podpory [Kč]
C.3.1	Solární termický systém na přípravu teplé vody	35 000
C.3.2	Solární termický systém na přípravu teplé vody a přitápění	50 000
C.3.3	FV systém pro přípravu teplé vody s přímým ohřevem	35 000
C.3.4	FV systém bez akumulace elektrické energie s tepelným využitím přebytků a celkovým využitelným ziskem $\geq 1\,700 \text{ kWh.rok}^{-1}$	55 000
C.3.5	FV systém s akumulací elektrické energie a celkovým využitelným ziskem $\geq 1\,700 \text{ kWh.rok}^{-1}$	70 000
C.3.6	FV systém s akumulací elektrické energie a celkovým využitelným ziskem $\geq 3\,000 \text{ kWh.rok}^{-1}$	100 000

Obrázek 5.1: Podporované typy systémů v rámci NZÚ - stav 4/2017 - [19]

5.2 Dovození cla na panely z Číny

Od 6. prosince 2012 je uvaleno antidumpingové clo na dovoz solárních panelů (regulace číslo 1238-9/2013). Stalo se tak na základě stížností evropských výrobců solárních zařízení na prodej solárních panelů pod výrobními náklady. Vše skončilo vzájemnou dohodou, kdy byla oběma stranami přijata kvóta na dovoz 7 GWp a minimální prodejní cena ve výši 0,56 centů za wattpeak. V případě porušení hrozí dovozcům cla ve výši až 47,6 %. Toto opatření má pomáhat evropským výrobcům v konkurenčním boji s levnými produkty z Číny. Na začátku roku 2017 Evropská komise navrhla, aby se platnost antidumpingového cla prodloužila o dalších 18 měsíců. Proti tomuto rozhodnutí se postavilo 18 členských států Evropské unie, včetně České republiky.[22]

5.3 Snížená sazba DPH

Pokud je FVE instalována na stavbu k bydlení ve smyslu paragrafu 48 zákona č. 235/2004 Sb. o DPH, lze ji považovat za stavební a montážní práce na stavbě pro bydlení a podle výše uvedeného zákona podléhá snížené sazbě daně 15 %. Pokud FVE instalujeme na některou z doplňkových staveb (garáž, kůlna apod.), je důležité, aby pro upatnění nižší sazby DPH plnily stejný hospodářský účel, jako hlavní stavba.

5.4 Mikrodroje

S novelizací energetického zákona č. 458/2000 Sb., §3 odstavec 3 již nemusí provozovatelé FVE do 10 kW žádat o licenci od Energetického regulačního úřadu, resp. definuje, že v energetice lze podnikat na základě licence, která se požaduje u výroben s instalovaným výkonem 10 kW určeným pro vlastní spotřebu, pokud je výrobná propojena s přenosovou nebo distribuční soustavou. Vyjímkou je situace, kdy už je v daném odběrném místě provozována fotovoltaická elektrárna, na kterou už v minulosti byla vydána licence od Energetického regulačního úřadu.

Aby se jednalo o mikrodroj, musí být splněny podmínky vyhlášky č.16/2016 Sb.

1. výrobná musí obsahovat prvek zamezující dodávce elektřiny do distribuční soustavy s výjimkou krátkodobých přetoků, které slouží pro reakci omezujícího zařízení, ale nezvýší hodnotu napětí v místě připojení
2. maximální hodnota impedance proudové smyčky v místě připojení je pro zdroje do 10 A na fázi $0,75 \Omega$ a do 16 A na fázi $0,47 \Omega$

Nové podmínky výrazně ulehčují připojování a provozování FVE.

5.5 Změna ve zdanění příjmu

Novelou zákona č. 586/1992 Sb., o daních z příjmů platnou s účinností od 1.1.2016 se mění způsob zdanění příjmů z provozování výroben elektřiny. Do konce roku 2015 byly příjmy zdaňovány jako příjmy z podnikání, k čemuž bylo potřeba příslušného podnikatelského oprávnění. Novela stanovila, že pokud je fotovoltaická elektrárna s výkonem do 10 kW, lze ji provozovat bez licence. Hlavní pozitivum spočívá ve skutečnosti, že z ostatních příjmů se neplatí zdravotní a sociální pojištění.

5.6 Výkup přebytků

Zákonem uvedeným výše je také umožněno, že obchodník může FVE do 10 kW připojit k distribuční síti, ikdyž není majitel vlastníkem licence od ERÚ. V tomto případě by se měl majitel vyvarovat přebytků a samozřejmě pokud by nastaly, nedostane za ně žádné peníze, přičemž obchodník by mohl tento přetok sankcionovat. V tomto ohledu je znění zákona nejednoznačné, protože nedefinuje hranici krátkodobého přetoku. V praxi se tedy sankce zatím neuplatňují.

Pokud majitel požádá ERÚ o licenci (vyřízení je spojeno s poplatkem 1.000 Kč), může uzavřít smlouvu s Pražskou energetikou, a.s. o výkupu přetoků do distribuční sítě, za které vyplácí 0,40 Kč/kWh (při uzavření smlouvy). U alternativních obchodníků je možné získat padesát až šedesát haléřů za kilowatthodinu. Například Pražská plynárenská, a.s. nabízí svým zákazníkům 0,50 Kč/kWh.

Bohužel se s prodejem přebytků váže jedna nepříjemná povinnost a to hlásit měsíční stavy na OTE, a.s. S tím souvisí povinnost mít elektronický podpis, který stojí 500 Kč/rok. Což znamená, že do přetoku 1.250 kWp se nezaplátí ani poplatek za elektronický podpis. O časové náročnosti vyplňování hlášení nemluvě.

Kapitola 6

Souhrn zohledněných informací

6.1 Aktuální stav instalovaného výkonu FVE

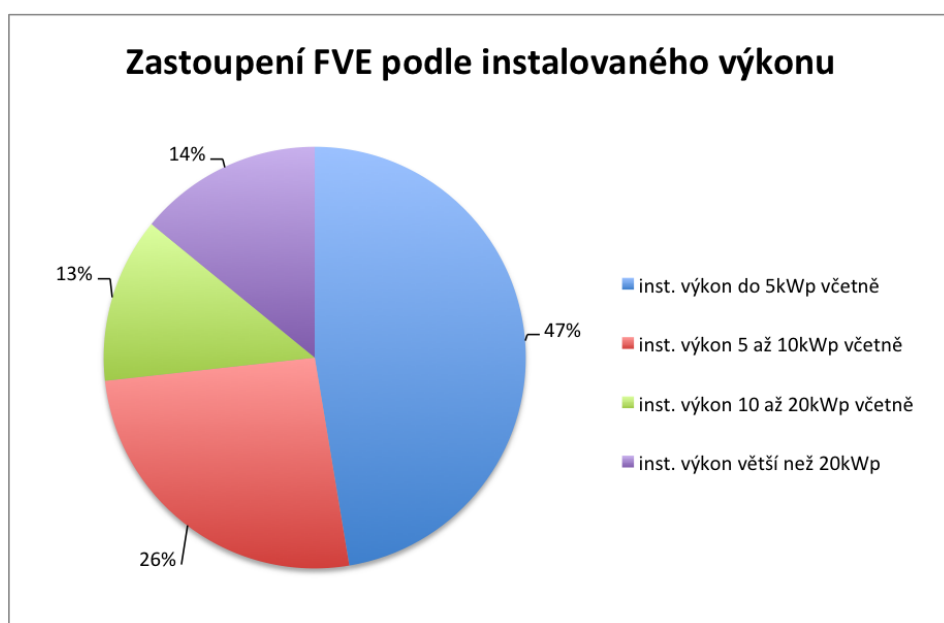
K 31.12.2016 byly k distribuční síti PŘEdi připojeny FVE o celkovém instalovaném výkonu 20.824 kWp. Vzhledem k převážně městskému charakteru území se jedná téměř v polovině případů o malé elektrárny do instalovaného výkonu 5 kWp. Tyto FVE jsou dnes ideální volbou pro průměrné rodinné domy na pokrytí vlastní spotřeby. Konkrétní data jsou zobrazena v tabulce 6.3 a obrázku 6.1.

Instalace o větších výkonech jsou převážně na firemních objektech. Jako příklad uvádím FVE na menším pivovaru Muflon v Kunraticích o instalovaném výkonu 90kWp [1] (obr. 6.2) z roku 2013.

Největší FVE v distribučním území PŘEdi nalezneme v Praze - Horních Počernicích (obr. 6.2). Instalovaný výkon této elektrárny je 5.476 kWp, byla dokončena v roce 2010, kdy výrazně přispěla k meziročnímu přírůstku instalovaného výkonu na území PŘEdi o téměř 800 %. Majitelé chtěli tuto elektrárnu ještě rozšířit, ovšem v tomto případě není k dispozici dostatečná kapacita distribuční sítě. I tak tato elektrárna představuje celou čtvrtinu pražského instalovaného výkonu.[1]

	Počet FVE	% zast.	Inst. výkon	% zast.
FVE do 5 kWp	579	47%	2.306 kWp	11%
FVE od 5 do 10 kWp	316	26%	2.336 kWp	11%
FVE od 10 do 20 kWp	155	13%	2.346 kWp	11%
FVE s více než 20 kWp	172	14%	13.835 kWp	66%
Celkem:	1.222		20.824 kWp	

Tabulka 6.1: Rozdělení FVE podle instalovaného výkonu



Obrázek 6.1: Rozdělení FVE podle instalovaného výkonu



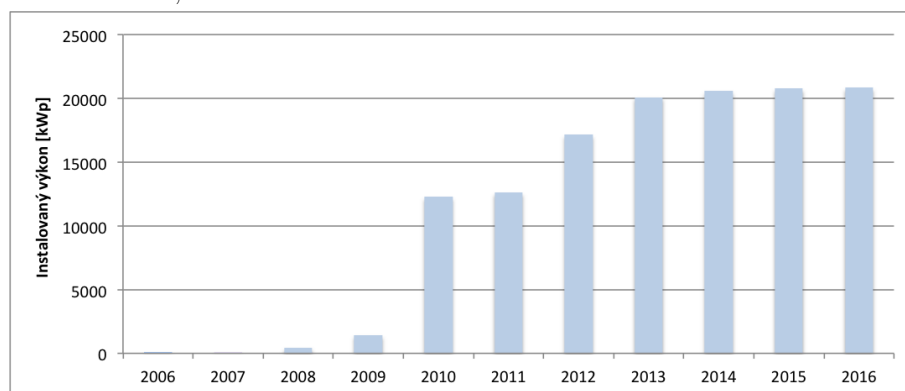
Obrázek 6.2: Vlevo FVE na pivovaru Mufflon, vpravo největší FVE v Praze Horních Počernicích Zdroj: autor / Google Maps

6.2 Historie vývoje instalovaného výkonu

První dvě fotovoltaické elektrárny byly připojeny do sítě v roce 2006, jedna v Praze 10 - Záběhlicích a druhá v Libni. Jejich celkový instalovaný výkon byl 22 kWp.

Rok	Počet nově připojených FVE	Nově připojený inst. výkon v kWp	Meziroční přírůstek výkonu
2006	2	22	X
2007	7	19,7	89,55%
2008	50	374,02	896,93%
2009	127	1.009,27	242,78%
2010	228	10.828,42	759,90%
2011	41	355,48	2,90%
2012	392	4.529,80	35,93%
2013	318	2.957,77	17,26%
2014	34	463,84	2,31%
2015	16	198,05	0,96%
2016	7	65,29	0,31 %
Celkem	1.222	20.823,6	X

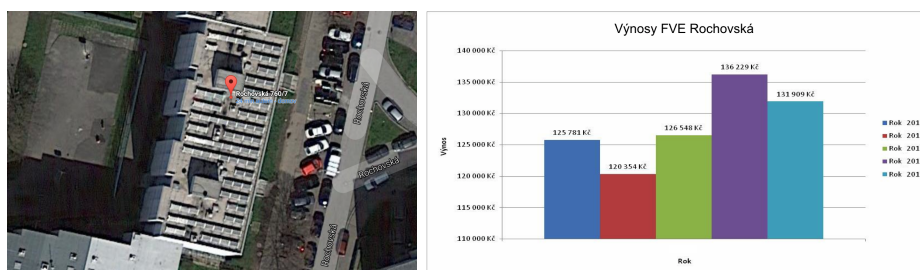
Tabulka 6.2: Růst FVE na území PREdistribuce, a.s. v letech 2006-2016 Zdroj: PREdistribuce, a.s.



Obrázek 6.3: Vývoj instalovaného výkonu FVE

6.3 Volné plochy pro instalaci FVE

V této práci se zabývám umístěním panelů na střechy budov a venkovní parkoviště, protože jiné umístění na území Prahy se v horizontu příštích deseti



Obrázek 6.4: Příklad instalace SVJ Rochovská, inst. výkon 17,1kWp
Zdroj:<http://maps.google.com>

je budování těchto FVE jednou společností, která by si pronajímala prostory nad parkovacími místy od magistrátu, městských částí či soukromníků.

Další efektivní řešení je vybudování FVE u nákupních center/supermarketů, které dobře splňuje soudobost výroby a spotřeby. V Praze jde toto řešení realizovat u většiny velkých obchodních center. V rámci vypracování bakalářské práce jsem oslovil správu obchodních center, zda se o FVE v minulosti zajímali. K dnešnímu dni jsem nedostal žádnou odpověď (začátkem dubna telefonicky i e-mailem osloveno OC Chodov, OC Arkády Pankrác, OC Černý most, OC Nový Smíchov, Metropole Zličín, OBI, Bauhaus)



Obrázek 6.5: Koncept instalace FVE nad parkovacími místy
Zdroj:<http://insideevs.com/design-relationship-between-electric-cars-solar/>

Tento koncept není žádnou převratnou novinkou, protože je běžně k vidění ve vyspělých zemích. Jeho další výhodou je, že vytváří stín pro parkující automobily.

Jako příklad tohoto typu instalace uvádím projekt solar carport ve městě Victorville v Kalifornii. Na parkovišti (obr. 6.6) je zde instalováno přes 2000 panelů a instalovaný výkon je přes 500 kWp.



Obrázek 6.6: Projekt solar carport, Victorville, Kalifornie
Zdroj:<https://www.eastwest-bank.com/ReachFurther/News/Article/Ingenious-Hack-Solar-Parking-Lots-That-Generate-Power>

6.4 Implementace do silnic

Další možné plochy, které by bylo možné využít, jsou silnice. Na internetu jsem dohledal, že implementováním panelů do silnic se zabývá několik projektů. V Nizozemsku ve městě Krommenie již společnost SolaRoad postavila 80 metrů testovací silnice, která ovšem slouží pouze pro kola a pěší (pozn. země jako Belgie či Nizozemsko mají velmi hustou síť cyklostezek, takže i kdyby se nepodařilo technologii zdokonalit na provoz pro automobily, měla by tato technologie i tak široké uplatnění). Zajímavé může být využití na odlehlějších místech, kde by bylo drahé napojení na distribuční soustavu.

Ve Spojených státech amerických je v realizaci obdobný projekt Solar Roadways, který měl sloužit i pro motorová vozidla. Nutno dodat, že je projekt spíše zaměřený na aktivní bezpečnost na silnicích než na dodávání energie do sítě. Do výpočtu potenciálu instalovaného výkonu jsem tuto formu FVE nepočítal.

6.5 Další překážky zabraňující instalacím FVE

Ve velkém městě je překážek bránících rychlejšímu rozvoji FVE hned několik. Jedná se o problémy nikoli technické, ale legislativní.



Obrázek 6.7: Koncept SolaRoad [9], Zdroj:<http://en.solaroad.nl/technology/>

6.5.1 Stavební zákon

Paradoxně není velký problém postavit FVE na památkově chráněném území (obr. 6.8) pokud se nejedná o památkově chráněnou budovu, protože instalace fotovoltaických panelů na stávající zástavbu je změna dokončené stavby, resp. stavební úpravou. A podle §79 odst. 6 stavebního zákona, stavební úpravy a udržovací práce nevyžadují rozhodnutí o umístění stavby ani územní rozhodnutí [5]. Není tedy potřeba procházet územním řízením. Předpokládáme, že FVE umísťujeme s cílem vlastní spotřeby v dané budově, čímž jde o technické zařízení stavby a nikoliv o výrobu elektřiny .

Druhá věc je ohláška/stavební povolení. Pokud by se instalací FVE nezasahovalo do nosných konstrukcí, neměnil vzhled stavby ani způsob užívání a neovlivňovala by požární bezpečnost stavby, tak podle §103 stavebního zákona by nebylo potřeba stavebního povolení ani ohlášky. Nicméně instalací FVE měníme požární bezpečnost a také často výrazně i vzhled stavby. Hlavně z důvodu požární bezpečnosti je nutné stavební řízení provést.

6.5.2 Klimatické podmínky

Jako poslední aspekt, který ovšem nejsme schopni ovlivnit, je doba slunečního svitu. Ten samozřejmě nedosahuje takového množství jako v jižněji položených

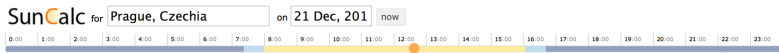
Pásma města a rozložení center



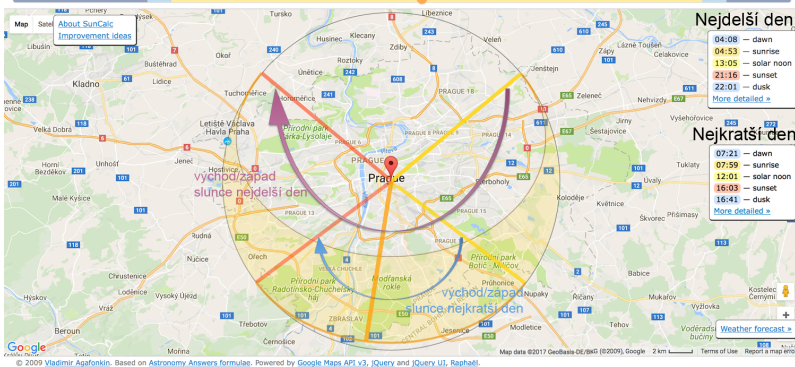
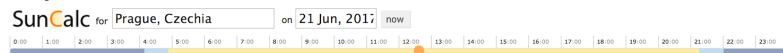
Obrázek 6.8: Pražská památková rezervace - pásma města Zdroj:ČUZK

zemích. Tento faktor ovlivňuje výslednou ekonomickou výhodnost FVE oproti jižním zemím. Dále je nutné zohlednění velkého výkyvu ve výrobě mezi letním a zimním obdobím. V aktuálním zastoupení FVE na celkové výrobě elektrické energie je tento problém zanedbatelný, pokud ovšem budeme uvažovat o nejvyšším možném využití všech přípustných ploch v Praze, je nutné tento problém brát v úvahu. Na obrázku níže je porovnání doby svitu mezi nejdelším a nejkratším dnem v roce.

Nejkratší den



Nejdelší den



Obrázek 6.9: Porovnání slunečního svitu nejkratší/nejdelší den

Část IV

Predikce vývoje instalací FVE na území PREDi

Kapitola 7

Využitelnost střešní plochy

Abych mohl co nejpřesněji určit možnosti instalace FVE na střechy, musím nejdříve určit celkovou plochu střech na území PŘEdi (všechny katastry Prahy + Roztoky u Prahy). Získat tyto údaje z katastru nemovitostí nebylo velkou překážkou. Obtížnější je určení maximálního instalovaného výkonu na plochu, která nám je k dispozici.

7.1 Metodika výpočtu koeficientů

Stěžejní bylo co nejpřesněji určit koeficienty, pomocí kterých bych z dostupné plochy střech spočítal možný instalovatelný výkon. Není střecha jako střecha a kvantifikace na celou Prahu, kde je rozmanitost tvarů, sklonů a orientace střech opravdu veliká, je téměř vyloučena. Rozhodl jsem se proto, že určím tři charakteristické oblasti, ve kterých udělám detailní průzkum, na jehož základě určím koeficienty pro převod plochy na instalovatelný výkon.

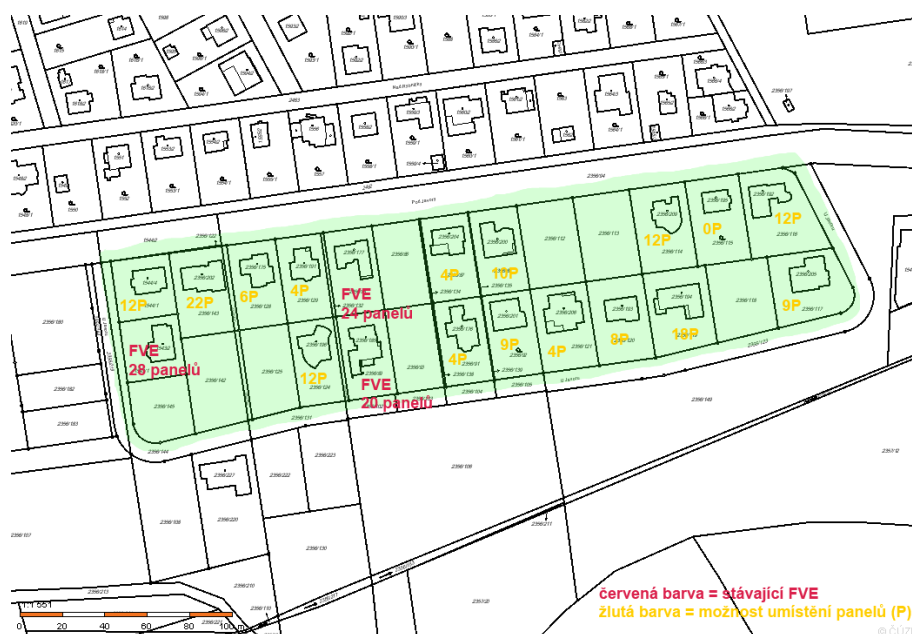
Průzkum spočíval ve vytipování vzorového území pro každou oblast. Na tomto území jsem provedl fyzickou návštěvu, fotodokumentaci (součástí elektronické přílohy této práce) a vyhodnotil, kolik panelů je možné v této oblasti instalovat s přihlédnutím na estetičnost a legálnost provedení z pohledu platných právních úprav.

7.1.1 Koeficient pro oblast s rodinnými domy

U rodinných domů jsem se po porovnání staré a nové zástavby rozhodl udělat dva samostatné koeficienty.

Nová zástavba

Novou zástavbou myslím oblasti s rodinnými domy se stářím do 15 let. Typicky se jedná o okrajové oblasti Prahy, které v posledních letech zažívají prudký stavební rozvoj. Není zde většinou žádné omezení z pohledu památkové ochrany a instalaci FVE nebrání ani vzrostlé stromy, které by vrhaly stíny.



Obrázek 7.1: Katastrální mapa vybrané oblasti nové zástavby
Zdroj: <http://sgi.nahlizenidokn.cuzk.cz>

Na mapě výše (obr. 7.1) je vybraná referenční oblast v pražských Kunraticích ohraničená ulicemi U Javoru a Pod Javoru. Celková půdorysná plocha střech objektů je 3.809 m². Jsou zde již instalované tři FVE (na mapě vyznačeny červeně) se 72 panely a celkovým instalovaným výkonem 16,2 kWp (první s datem připojení 2009 a inst. výkonem 5 kWp (180 Wp/panel), zbylé dvě s výkonem 5,1 a 6,1 kWp (255 Wp/panel)) [1].

Podle mého propočtu je možná instalace dalších 146 panelů (280 Wp/panel). Se stávajícími panely se dostáváme na celkový počet 218 panelů a celkový

instalovaný výkon 57 kWp. Po vydělení výkonu sumou plochy střech v této oblasti (3809 m²), dostávám hodnotu koeficientu $k_{nz} = 0,0150 \text{ kWp/m}^2$.

■ Stará zástavba

Vybraná referenční oblast (opět pražské Kunratice, oblast ohraničená ulicemi Do Dubin, Ratajova, Za Hájovnou a Nad Rybníčky) je zobrazena na obrázku 9.1 níže. V této oblasti se nevyskytují žádné FVE elektrárny. Celkem by této oblasti bylo možné instalovat 196 panelů o celkovém výkonu 54,88 kWp při 280 Wp/panel.

Po vydělení výkonu sumou plochy střech (4019 m²) v této oblasti, dostávám hodnotu koeficientu $k_{sz} = 0,0137 \text{ kWp/m}^2$.



Obrázek 7.2: Katastrální mapa vybrané oblasti staré zástavby
Zdroj: <http://sgi.nahlizenidokn.cuzk.cz>

■ 7.1.2 Koeficient pro oblast s panelovými a obytnými domy i průmyslovými objekty s plochou střechou

U všech panelových/obytných/průmyslových domů s plochou střechou je určení koeficientu poměrně jednoduché, protože konstrukce pro panely je rozměrově poměrně flexibilní. Panely jsou zpravidla montovány po řadách tak,

aby si řady nestínily. Hlavním omezujícím faktorem jsou komíny, strojovny výtahů, antény atp., které vytváří nežádoucí stín.

Z důvodů popsaných výše jsem pro stanovení hodnoty koeficientu pro tuto oblast zvolil jiný způsob, který spočívá ve vybrání referenčních FVE na daných stavbách. Jedním z nich je již zmíněná FVE Rochovská [6.4] s instalovaným výkonem 17,1 kWp na ploše střechy 613 m², FVE Brandlova 1639/6 - 59 kWp na ploše 1.455 m²) a do třetice také již zmíněná FVE v Horních Počernicích [6.2] (5.476 kWp na ploše 61.153 m²)

Celkový instalovaný výkon na všech třech elektrárnách je 5.552,1 kWp umístěných na půdorysné ploše 63.221 m². Po provedení podílu dostávám hodnotu koeficientu pro ploché střechy $k_{ps} = 0,0878 \text{ kWp/m}^2$.

7.1.3 Koeficient pro oblast v centru Prahy

Aktuální stav v centru Prahy vypadá tak, že z celkem 9 katastrů bez FVE jsou tři v centru Prahy, a to Staré Město, Josefov, Malá Strana. Na druhou stranu to, že FVE v centru Prahy nejsou tabu, potvrzuje fakt, že jedna z FVE (47 kWp) je umístěna přímo na střeše Nové scény Národního divadla. Podrobněji jsem tuto problematiku již popsal v části 6.5.1. Hlavní podmínkou umístění je "neviditelnost" fotovoltaických panelů z Pražského hradu. Pozitivní je umístění hradu na severozápadní straně Prahy, kdy není na jižní stranu střech domů vidět.

Pro určení koeficientu (šikmé střechy) budu vycházet z koeficientu k_{sz} , který ponížím na 25% původní hodnoty z důvodů výše uvedených. Dostávám $k_{scp} = 0,00341 \text{ kWp/m}^2$. Pro ploché střechy použiji stejný princip a dostávám koeficient $k_{pcp} = 0,0220 \text{ kWp/m}^2$. Navíc pro katastry v historickém jádru města jsem zvolil striktní nulu (Josefov, Staré Město, Malá Strana a Hradčany).

7.2 Plocha střech a vypočtený instalovatelný výkon

Střechy jsem se rozhodl rozdělit po jednotlivých katastrech a pro každý katastr zvolit vlastní koeficient, který je tvořený podle zastoupení typů

objektů. Podklady pro správné určení charakteru zástavby jsem získal od Institutu plánování a rozvoje hl. m. Prahy.

Snažil jsem se vytvořit jednu přehlednou tabulku, ze které bude patrný maximální instalovatelný výkon v každém z katastrů. A dále, aby bylo možné výslednou hodnotu porovnat s již instalovaným výkonem v daném katastru. Pro lepší interpretaci získaných hodnot jsem vytvořil mapu se spočítanými údaji. Naleznete ji v příloze C.

Jak je z celkového součtu patrné, je maximální hodnota instalovatelného výkonu 1.823 MWp, což představuje téměř výkon obou bloků jaderné elektrárny Temelín. Lepším porovnáním je srovnání výroby těchto potenciálních FVE (1.800 GWh) se spotřebou na hladině nízkého napětí (1.500 GWh - odhad provedený z počtu odběrných míst a z odhadnuté průměrné spotřeby domácností). Nutno dodat, že tento výpočet zahrnuje umístění FVE pouze na střechy a nezohledňuje v budoucnu teoreticky možné druhy instalací (například instalace do silnice, příčná instalace na štíty domů či na zábradlí balkonů a lodžii, fotovoltaické markýzy).

Název katastru	Součet půdorysné plochy střech [m ²]	Procento šikmých střech	Procento plochých střech	Vypočítaný teoretický maximální výkon [kWp]	Současný instalovaný výkon [kWp]	Průměr kWp na FVE	Procento využití potenciálu
Běchovice	155.646	52,63	47,35	7.645	699,16	24,97	9,14
Benice	45.174	81,08	16,18	1.166	19,46	6,49	1,67
Bohnice	276.327	39,66	58,83	15.845	69,93	13,99	0,44
Braník	416.531	40,34	59,66	24.229	212,32	10,62	0,88
Břevnov	602.561	44,56	50,28	30.451	56,5	5,70	0,19
Březiněves	75.260	73,45	26,55	2.546	39,76	6,63	1,56
Bubeneč	535.953	72,49	21,83	15.838	42,64	10,66	0,27
Čakovice	334.207	53,58	46,34	16.165	56,95	5,18	0,35
Černý Most	319.110	0,31	98,72	27.679	0	X	X
Chodov	88.7608	17,81	82,19	66.331	219,57	13,72	0,33
Cholupice	43.409	77,48	22,22	1.328	20,00	20,00	1,51
Čimice	201.891	39,26	60,74	11.904	66,11	8,26	0,56
Ďáblice	161.082	80,8	17,8 0	4.381	49,92	6,24	1,14
Dejvice	699.276	61,68	38,15	29.604	237,46	13,97	0,8
Dolní Chabry	215.275	71,66	28,25	7.550	125,28	6,59	1,66
Dolní Měcholupy	238.164	45,72	52,46	12.531	379,76	21,10	3,03
Dolní Počernice	120.156	76,97	23,03	3.754	294,20	14,71	7,84
Dubeč	149.714	80,42	19,49	4.286	103,09	7,93	2,40
Háje	303.442	11,29	87,58	23.829	181,38	18,14	0,76
Hájek u Uhřetěvesi	28.143	92,87	7,13	550	19,8	6,60	3,60
Hloubětín	422.177	33,68	65,07	26.161	114,26	8,16	0,44
Hlubočepy	398.161	26,66	73,29	27.147	178,36	11,15	0,66
Hodkovičky	121.526	56,57	43,43	5.619	138,16	23,03	2,46
Holešovice	690.342	56,58	42,97	31.644	157,27	22,47	0,50
Holyně	22.587	89,19	10,81	502	0	X	X
Horní Měcholupy	224.661	23,35	76,65	15.874	50,38	5,60	0,32
Horní Počernice	118.8362	33,74	66,07	74.694	5864,99	209,46	7,85
Hostavice	99.635	68,18	31,82	3.757	80,9	8,99	2,15
Hostivař	862.059	25,28	74,57	59.575	622,34	15,56	1,04
Hradčany	202.242	91,92	7,40	0	0	X	X
Hrdlořezy	118.894	37,51	62,02	7.114	36,64	18,32	0,52

Tabulka 7.1: Instalovatelný výkon na střechy na území Prahy - I. část

7.2. Plocha střech a vypočtený instalovatelný výkon

Název katastru	Součet půdorysné plochy střech [m ²]	Procento šikmých střech	Procento plochých střech	Vypočítaný teoretický maximální výkon [kWp]	Současný instalovaný výkon [kWp]	Průměr kWp na elektrárnu	Procento využití potenciálu
Jinonice	285.818	28,62	71,36	19.083	372,29	15,51	1,95
Josefov	36.065	92,25	5,00	0	0	X	X
Kamýk	283.692	11,51	87,9 0	22.367	81,98	27,33	0,37
Karlín	386.843	50,05	49,11	19.456	4,85	4,85	0,02
Kbely	327.021	45,31	51,71	16.972	63,69	10,62	0,38
Klánovice	185.610	80,52	19,29	5.284	130,9	5,95	2,48
Kobylisy	451.820	41,06	58,92	26.035	230,44	38,41	0,89
Koloděje	80.180	92,75	7,02	1.559	107,81	8,29	6,91
Kolovraty	125.652	78,53	21,47	3.782	90,17	8,20	2,38
Komořany	501.85	54,53	43,25	2.298	26,34	5,27	1,15
Košíře	329.495	51,35	48,65	16.500	43,82	14,61	0,27
Královice	25.590	96,77	3,23	427	9,34	4,67	2,19
Krč	57.0557	26,59	72,56	38.529	146,72	10,48	0,38
Křeslice	76.937	84,32	15,08	1.947	75,21	6,84	3,86
Kunratice	443.291	54,29	45,36	21.105	473,95	11,28	2,35
Kyje	487.832	34,75	64,79	30.184	154,27	9,64	0,51
Lahovice	34.179	81,99	18,01	941	0	X	X
Letňany	703.712	15,30	80,08	51.031	303,65	27,60	0,60
Lhotka	116.685	33,17	65,51	7.267	58,73	11,75	0,81
Libeň	909.207	43,42	54,8	49.409	336,00	28,00	0,68
Liboc	127.560	65,16	34,27	5.029	34,36	5,73	0,68
Libuš	197.055	54,20	45,36	9.379	63,93	9,13	0,58
Lipany	14.349	93,77	6,23	271	0	X	X
Lipence	164.347	69,68	30,32	6.016	310,43	12,93	5,16
Lochkov	37.595	87,16	11,06	834	45,89	5,10	5,50
Lysolaje	81.726	66,44	31,57	3.043	43,38	8,68	1,43
Malá Chuchle	13.887	48,35	51,42	723	23,18	5,80	3,20
Malá Strana	299.433	98,25	1,67	0	0	X	X
Malešice	516.236	10,92	88,15	40.771	48,52	16,17	0,12
Michle	62.5932	25,56	73,58	42.737	39,42	9,86	0,09
Miškovice	56.035	82,32	17,68	1.530	39,88	13,29	2,61
Modřany	677.560	33,41	66,54	42.835	411,29	17,14	0,96
Motol	221.105	24,11	75,8	15.481	2,80	2,80	0,02
Nebušice	143.346	91,98	8,02	2.897	49,92	7,13	1,72
Nedvězí u Říčán	27.779	77,41	22,59	859	11,2	5,60	1,30

Tabulka 7.2: Instalovatelný výkon na střechy na území Prahy - II. část

Název katastru	Součet půdorysné plochy střech [m ²]	Procento šikmých střech	Procento plochých střech	Vypočítaný teoretický maximální výkon [kWp]	Současný instalovaný výkon [kWp]	Průměr kWp na elektrárnu	Procento využití potenciálu
Nové Město	1.149.028	73,64	24,13	8.976	52,00	26,00	0,58
Nusle	688.056	53,33	46,54	33.376	21,18	7,06	0,06
Petrovice	94.953	50,19	49,72	4.828	42,2	14,07	0,87
Písnice	159.420	47,67	52,33	8.414	69,88	11,65	0,83
Pitkovice	57.149	49,05	50,95	2.958	57,91	11,58	1,96
Podolí	333.688	41,89	58,03	19.007	37,56	6,26	0,20
Přední Kopanina	35.709	93,34	5,45	648	10	5,00	1,54
Prosek	221.429	21,67	78,33	15.919	28,68	14,34	0,18
Radlice	897.28	37,03	62,91	5.433	30,8	15,40	0,57
Radotín	467.572	60,91	39,05	20.113	326,97	9,91	1,63
Řeporyje	212.184	76,11	23,20	6635	872,86	21,82	13,15
Řepy	410.815	31,13	68,76	26.638	40,42	5,05	0,15
Roztoky u Prahy	229.272	64,29	15,17	5.165	247,23	7,49	4,79
Ruzyně	636.870	20,06	60,06	35.421	105,3	7,52	0,30
Satalice	145.328	53,44	44,74	6.822	188,3	11,08	2,76
Šeberov	148.442	87,65	12,08	3.438	147,17	6,13	4,28
Sedlec	58.623	81,37	18,59	1.640	8,86	4,43	0,54
Slivenec	188.459	68,76	29,96	6.814	151,8	6,90	2,23
Smíchov	96.8047	60,99	38,29	41.006	721,12	36,06	1,76
Sobín	27.812	82,81	17,19	749	77,91	25,97	10,39
Staré Město	463.016	85,58	11,94	0	0	X	X
Štěrboholy	219.975	24,32	71,38	14.555	57,62	6,40	0,40
Stodůlky	1.019.532	18,61	80,89	75.142	338,61	10,26	0,45
Strašnice	928.738	44,09	55,48	51.114	186,38	13,31	0,36
Střešovice	211.297	73,06	26,32	7.094	2,53	2,53	0,04
Střížkov	191.678	15,88	82,29	14.288	138,03	13,80	0,97
Suchdol	236.213	57,47	42,09	10.675	84,14	6,47	0,79
Točná	54.344	67,62	32,01	2.053	59,32	7,42	2,89
Třebonice	286.002	16,95	83,05	21.553	26,24	6,56	0,12
Třeboradice	82.893	65,35	34,65	3.298	4,85	4,85	0,15
Troja	319.892	33,04	62,38	19.038	66,98	13,40	0,35
Uhřetěves	489.346	61,58	38,39	20.813	351,62	13,02	1,69

Tabulka 7.3: Instalovatelný výkon na střechy na území Prahy - III. část

Název katastru	Součet půdorysné plochy střech [m ²]	Procento šikmých střech	Procento plochých střech	Vypočítaný teoretický maximální výkon [kWp]	Současny instalovany výkon [kWp]	Průměr kWp na elektrárnu	Procento využití potenciálu
Újezd nad Lesy	394.708	85,4	14,53	9.863	289,45	8,32	2,93
Újezd u Průhonic	94.463	67,43	32,57	3.614	124,84	6,29	3,45
Veslavín	208.715	30,49	68,43	13.454	2,80	2,80	0,02
Velká Chuchle	127.557	58,31	40,82	5.637	35,34	5,89	0,63
Vinohrady	936.068	78,59	20,83	6.792	94,42	11,80	1,39
Vinoř	191.364	57,97	41,92	8.633	46,92	6,70	0,54
Vokovice	231.842	37,71	62,29	13.934	0	X	X
Vršovice	585.453	52,66	44,77	27.433	601,60	85,94	2,19
Vyšehrad	40.366	94,04	5,96	182	0	X	X
Vysočany	760.733	24,09	75,74	53.224	364,78	45,60	0,69
Záběhlice	604.127	38,28	61,64	36.014	131,75	8,23	0,37
Zadní Kopanina	21.319	72,27	27,73	739	10,00	5,00	1,35
Žalov	101.729	74,79	25,36	3.355	0	X	X
Zbraslav	383.821	55,37	44,55	18.060	282,53	14,87	1,56
Žižkov	937.087	51,77	47,78	46.268	241,03	20,09	0,07
Zličín	224.168	18,99	80,48	16.453	72,36	10,34	0,11
Celkem	35.942.921 m ²			1.823.605	20.823,63	17,60	1,14

Tabulka 7.4: Instalovatelný výkon na střechy na území Prahy - IV. část

Kapitola 8

Ekonomický model FVE

Abych mohl odhadnout budoucí rozvoj FVE, musím nejdříve vyhodnotit ekonomickou výhodnost investice do FVE. To provedu vytvořením ekonomického modelu FVE.

V současnosti je výhodnost investice do FVE o poznání menší než v minulých letech (hlavně pak v období 2008-2013). Hlavním důvodem je nulová podpora na vyrobenou energii (vyjma investiční dotace v rámci programu Nová zelená úsporám pro výstavbu) a nízké výkupní ceny u obchodníků. Investice bude mít obecně smysl v případě, kdy maximalizujeme využití vyrobené energie v místě výroby a její ideální neexportování do distribuční soustavy. Pokud nejsme schopni zajistit časovou soudobost výroby a spotřeby, nabízí se možnost využití akumulace. Například pomocí akumulace do akumulátorů nebo akumulace do tepla.

Dále pro výpočet v této bakalářské práci budu uvažovat FVE financovanou fyzickou osobou - nepodnikatel (tedy bez odepisování), která celou investici hradí ze svých volných prostředků. Životnost projektu je uvedena a zdůvodněná v části 8.1.1. Fotovoltaická elektrárna bude instalována na středně velký rodinný dům se spotřebou 4.000 kWh za rok (bez sporáku, boileru a vytápění na elektřinu) na území Prahy.

Podle provedeného výpočtu přes PVGIS a zohlednění podmínek pro dotaci NZÚ (podoblast C.3.6) jsem došel k optimálnímu instalovanému výkonu 4 kWp. Předpokladem je, že nebude pokryta 100 % spotřeba po celý rok a tedy v měsících s nedostatečnou výrobou budu energii odebírat z distribuční soustavy.

8.1 Hodnocení investice

Pro vyhodnocení ekonomické výhodnosti jsem využil dva nejpoužívanější nástroje hodnocení investic a to čistou současnou hodnotu a vnitřní výnosové procento.

8.1.1 Čistá současná hodnota (NPV)

Jedná se o ukazatel počítající s budoucími diskontovanými peněžními toky. Použití tohoto ukazatele se hodí v případě, kdy jsme schopni dobře určit/odhadnout budoucí finanční toky a životnost projektu, čemuž jsme u FVE schopni vyhovět. Matematicky vyjádřeno:

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

(8.1)

kde CF_t představuje cashflow v roce t , T je doba životnosti FVE a r požadovaný diskont.

Doba trvání investice / životnost projektu

Myslíme tím skutečnou životnost projektu (ne tedy dobu odpisování). Ve většině bakalářských/diplomových prací se doba životnosti FVE počítá na 20 let a to z důvodu trvání garantovaných výkupních cen / zelených bonusů.

V dnešní době má investice smysl z důvodu úspory na odebrané elektrické energii ze sítě a proto jsem se rozhodl zvolit dobu trvání investice na 25 let (odhadovaná životnost dvou generací, střídačů a baterií).

■ Diskont

Pomocí diskontu bereme v potaz hodnotu peněžních toků v čase. Jedná se o subjektivní hodnotu, kterou si určí každý investor na základě svého očekávání. Diskont nám dává možnost zohlednit inflaci, ale také ušlé opportunity cost (například pokud mám možnost jiné investice). V našem případě, kdy beru instalaci FVE fyzickou osobou nepodnikající, který hradí investici z vlastních prostředků, jsem zvolil diskont 3 %.

■ 8.1.2 Vnitřní výnosové procento (IRR)

Jedná se o další, tentokrát relativní, nástroj hodnocení investice, který taktéž bere v potaz časové rozložení toku peněz. Hodnota IRR nám říká, pro jaký diskont je hodnota NPV nulová. Matematicky vyjádřeno:

$$O = \sum_{t=0}^T CF_t (1 + IRR)^{-t},$$

,

(8.2)

kde CF_t představuje cashflow v roce t , T je doba životnosti FVE.

8.2 FVE s akumulátory

8.2.1 Rozpočet

Dle parametrů uvedených výše jsem sestavil rozpočet 4 kWp elektrárny s velikostí akumulátorů 5,12 kWh (z důvodu vyhovění požadavku 1,25 kWh na 1 kWp instalovaného výkonu pro získání dotace v rámci Nová zelená úsporám pro podoblast C.3.6).

Položka	Cena za ks s DPH	Cena celkem s DPH
16x polykrystalický panel Hec-kert Solar 255 Wp	4.600 Kč	73.600 Kč
střídač Fronius Symo 4.5-3-M	37.000 Kč	37.000 Kč
4x akumulátor LiFePO4 (3,2V 400Ah)	176.00 Kč	70.400 Kč
24x střešní háky	160 Kč	3.840 Kč
konstrukce (4x6m), držáky (36ks)	900 Kč, 30 Kč	4.680 Kč
kabeláž a rozvaděč	10.000 Kč	10.000 Kč
montáž		90.000 Kč
dotace NZÚ		-100.000 Kč
	Vynaložená investice celkem:	189.520 Kč

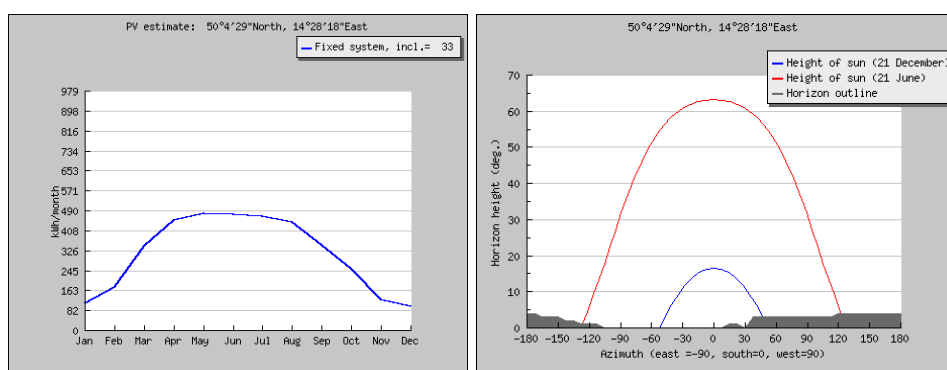
Tabulka 8.1: Rozpočet FVE s výkonem 4 kWp a akumulátory LiFePO4 5,12 kWh

8.2.2 Vyrobená energie

K určení množství vyrobené energie jsem použil umístění elektrárny v centru Prahy s ideálním sklonem střechy. Výpočet jsem provedl přes webovou aplikaci PVGIS. Sumou měsíčních úhrnů dostávám roční výrobu průměrně 3.760 kWh v závislosti na klimatických podmínkách v daném roce.

8.2.3 Úspory

Návratnost investice je dána úsporou energie, kterou neodebereme z distribuční soustavy, ale sami si ji vyrobíme. Pokud vezmeme již zmiňovanou



Obrázek 8.1: Výroba modelové FVE v jednotlivých měsících + porovnání horizontu léto/zima, Zdroj:<http://re.jrc.ec.europa.eu/pv-gis/apps4/pvest.php>

Měsíc	Průměrná denní výroba [kWh]	Průměrná měsíční výroba [kWh]
Leden	3,59	111
Únor	6,30	176
Březen	11,10	343
Duben	15,10	452
Květen	15,40	476
Červen	15,80	473
Červenec	15,10	468
Srpen	14,30	443
Září	11,60	349
Říjen	8,05	250
Listopad	4,16	125
Prosinec	3,12	96,7
Roční průměr	10,3	314
Celkem za rok	3760	3760

Tabulka 8.2: Přehled výroby v jednotlivých měsících - Pevná instalace: úhel = 33, orientace = -2 (optimální)

spotřebu 4.000 kWh, dostáváme denní průměrnou spotřebu 10,96 kWh. Budeme tedy v přebytku od března do září. Modelovou elektrárnou jsme schopni ročně ušetřit 3.097 kWh, za předpokladu ekonomického využívání, tedy maximálně možného využití dostupného výkonu (při přesunutí časově variabilních aktivit se spotřebou elektrické energie na čas výroby FVE - například praním a žehlením v čase, kdy svítí slunce).

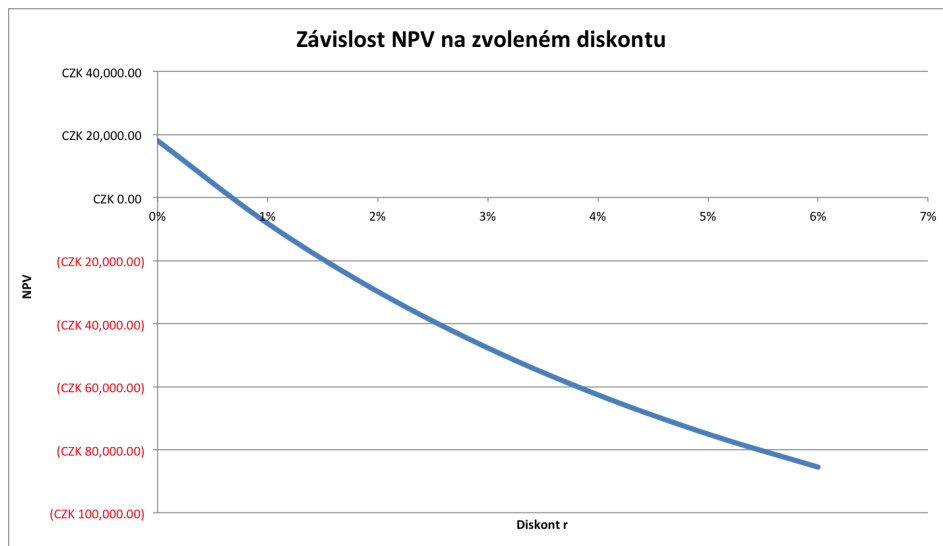
Za tuto elektřinu neodebranou ze sítě distributora bychom zaplatili 12.490 Kč (úspora na variabilní složce elektřiny - 4,04 Kč/kWh v roce 2017, tarif D02d, výpočet vychází z posledního vyúčtování od Pražské energetiky, a.s.). Budu počítat se zvyšující se variabilní cenou elektřiny o 1 % za rok.

V období (hlavně letní měsíce), kdy nebudeme schopni veškerý výkon využít, bychom mohli přebytky dodávat do distribuční soustavy a dle smlouvy s obchodníkem bychom za každou kWh dostávali smlouvenou částku (viz část 5.6). Úhrn přebytku za celý rok je 662,7 kWh. Jak uvádím v části zmíněné v minulé větě, sjednat smlouvu s obchodníkem se vyplatí od přetoku nad 1.250 kWh. Nebudu tedy počítat neekonomický prodej, přičemž si domácnost může využitím těchto přebytků zvýšit svůj komfort, například klimatizací či vytápěním bazénu.

8.2.4 Výpočet NPV a IRR

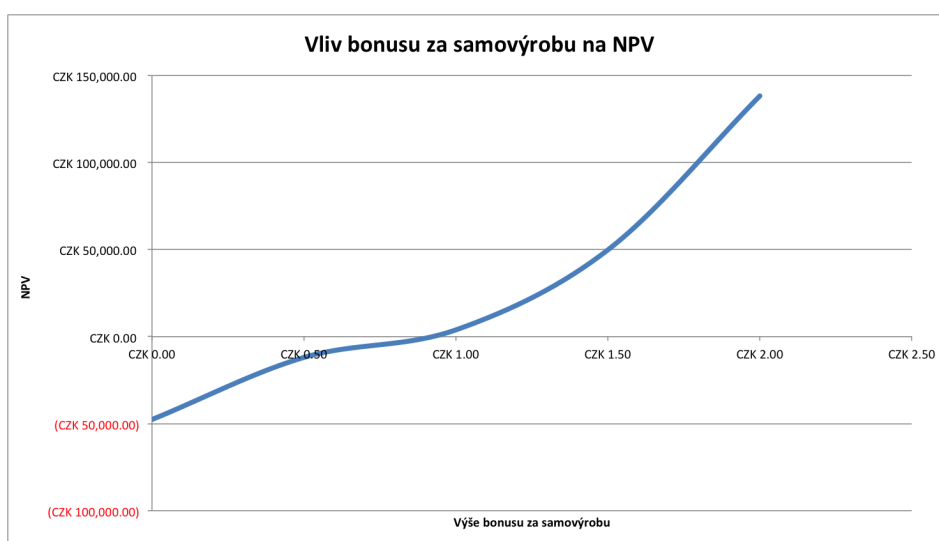
Výpočet vychází ze vstupní investice 189.520 Kč, náklady na nový střídač v desátém roce ve výši 25.500 Kč (30% nižší cena) s tím, že tento druhý střídač vydrží 15 let do konce životnosti FVE. Jedna dvojice bloků baterií bude pořízena v 7. roce, 12. a další v 18. roce od spuštění FVE s tím, že se původní akumulátory nebudou odpojovat, ale budou fungovat s menší kapacitou (cena baterií by mohla klesnout i na polovinu současné ceny).

Výpočet jsem provedl pomocí programu MS Excel, soubor s výpočtem naleznete na přiloženém CD. Pro moje definované parametry vychází NPV = -47.710 Kč a IRR = 0,67 %. Závislost NPV na diskontu je viditelná na obrázku 8.2.



Obrázek 8.2: Závislost NPV na zvoleném diskontu

Zjistil jsem tedy, že i při ideálních podmínkách se investice do FVE pro středně velký rodinný dům, ve kterém se netopí, nevaří ani neohřívá voda



Obrázek 8.3: Vliv výše bonusu za samovýrobu na výslednou NPV

elektřinou nevyplatí. Z mého pohledu by dávala smysl podpora ve formě bonusu za samovýrobu (bonus za veškerou vyrobenou energii). Pokud by byl tento bonus zaveden, investice by se začala vyplácet ve chvíli, kdy by podpora byla alespoň 0,74 Kč/kWh ($NPN = 493$ Kč při diskontu 3 %). Vliv výše tohoto bonusu za samovýrobu na NPV znázorňuje obrázek 8.3.

Kapitola 9

Predikce vývoje instalovaného výkonu

9.1 Faktory budoucího vývoje instalací FVE

Budoucí vývoj instalovaného výkonu z fotovoltaických zdrojů je dán hlavně těmito faktory:

1. vývoj ceny komponent FVE - hlavně u akumulátorů, u měničů a panelů výrazné zlevnění již nelze očekávat (více popsáno v části 4.1). U akumulátorů je kromě ceny potřeba i zdokonalení technologie
2. podpora od státu v rámci instalace či provozu - aktuální stav popsán v části 5.1
3. vývoj ceny elektřiny pro koncové odběratele
4. budoucí stabilita sítě - aktuálně Praha nemá problém s déle trvajícím výpadky elektrické energie jako jiná, například některá americká města, a proto v našich podmínkách není nezbytně nutné mít záložní zdroj energie (při opakujících se a dlouhodobějších výpadcích by bylo nutné do ekonomické výhodnosti započítat ztráty související s výpadkem, jako cena vyhozených zkažených potravin a tak dále
5. módnost - a pomyslná prestiž nálepky "jsem zelený" a pocit zajištění pro přerušení dodávky elektřiny (předpoklad je podpora ostrovního režimu střídačem)

6. legislativní změny - hlavně přívětivější právní úprava řešící instalaci FVE na panelové a bytové domy, respektive možnost využití vyrobené energie pro členy společenství či družstva

9.2 Možné dopady změn u faktorů v typových oblastech

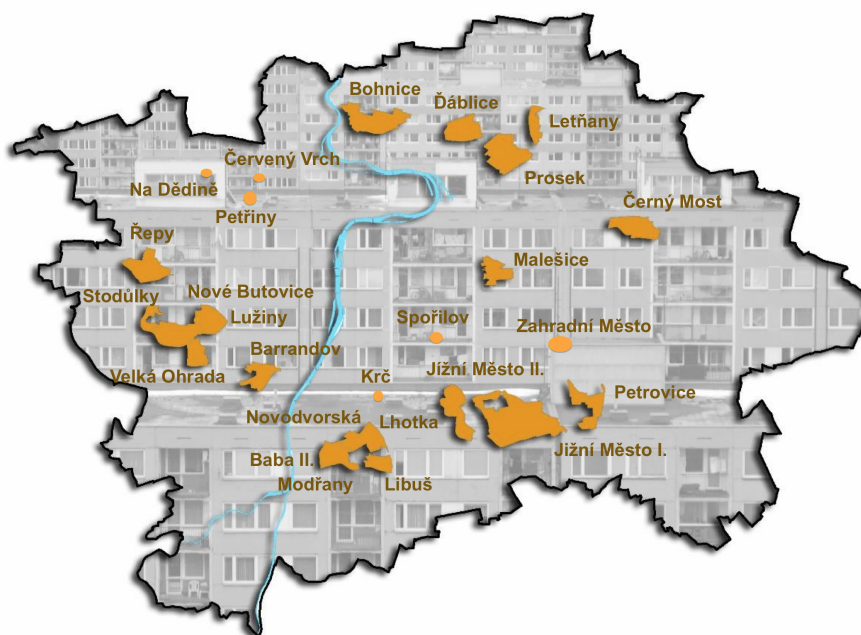
V této části se budu snažit, co možná nejpřesněji charakterizovat typové oblasti Prahy a stanovit kroky, které by vedly ke zvýšení instalovaného výkonu v těchto oblastech.

9.2.1 Pražská sídliště

V Praze je 14 velkých sídlišť s více než 15 tisíci obyvateli a 12 větších s více než 5 tisíci obyvateli. Ač na mapě zabírají tato sídliště malou část území hlavního města, žije zde mezi třetinou až polovinou obyvatel Prahy, s čímž také souvisí množství odebírané elektrické energie. Sídliště jsou rozmístěna rovnoměrně po okraji centra Prahy (historický okraj Prahy v 60. až 80. letech minulého století), což znamená, že v případné výrazného rozšíření instalovaného výkonu novými FVE na sídlištních stavbách by nezpůsobilo výraznější problémy v distribuční soustavě, pokud by šlo o instalace určená primárně pro vlastní spotřebu.

Celkový potenciál instalovatelného výkonu v těchto oblastech je 751 MWp, tedy více než třetina instalovatelného výkonu pro Prahu (1.823 MWp). Tato skutečnost (dobrý poměr instalovatelného výkonu k ploše sídliště) je dána plochými střechami, u kterých je dobrý koeficient instalovatelného výkonu (viz část 7.1.2).

Investice do FVE by v případě sídlišť dávala ekonomický smysl v případě, kdyby jednotlivá družstva / SVJ mohla prodávat přímo svým členům. Tedy v případě, kdy by došlo k patřičné změně legislativy, je více než pravděpodobné, že by v této typové oblasti došlo k výraznějším zvyšování instalovaného výkonu. Negativním faktorem by byla nutná investice do změny vnitřních rozvodů v domech. Za současných podmínek se investice do FVE ekonomicky nevyplatí (pokud SVJ/družstvo například neprovozuje větší garáže s požadavkem na vzduchotechniku). Dotace na výstavbu FVE by pro tuto typovou



Obrázek 9.1: Poloha velkých pražských sídlišť. Zdroj podkladu: [21]

oblast postrádala smysl, protože většina objektů má minimální společný odběr (osvětlení, výtah), který se ještě ke všemu neshoduje v soudobosti s výrobou.

Nutno dodat, že instalace FVE by měla u obytných domů pozitivní vliv na menší přehřívání bytů v letních měsících, kdy zvláště v horním podlaží se obyvatelé bez klimatizace neobejdou. Dostavil by se tak i pozitivní vliv na snížení spotřeby klimatizacemi.

■ 9.2.2 Oblasti s rodinnými domy

Jedná se hlavně o okrajové části Prahy. Při pohledu do map v přílohách D a E je patrné, že střední fotovoltaická elektrárna z této oblasti má instalovaný výkon lehce pod 10 kWp (podle tabulky 6.3 se jedná o 73 % celkového počtu FVE (cirka 1.200) v distribučním území PREDi).

Tento typ oblasti má největší potenciál růstu v budoucnosti, protože se stále více mluví o podpoře malých fotovoltaik, které vyrobí tolik elektrické energie, kolik je schopný objekt spotřebovat. Největším impulzem by zajisté bylo výrazné zlevnění akumulátorů. Jelikož jsou na obzoru nové typy akumulátorů,



Kapitola 10

Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo zmapovat minulost, současnost a odhadnout potenciál budoucího vývoje instalovaného výkonu fotovoltaických elektráren v distribučním území PREdistribuce, a.s.

Nejbouřlivější rozvoj FVE byl v letech 2008 až 2010, kdy byly nově postavené fotovoltaické elektrárny významně dotovány formou zelených bonusů a garantovaných výkupních cen, nicméně výraznější přírůstek instalovaného výkonu pokračoval až do roku 2013, kdy byly již zmíněné dotace postupně poloviční až pětinové. Následně od úplného ukončení těchto dotací pro nové FVE (od 1.1.2014) je nárůst instalovaného výkonu pod 1 % za rok.

V současné době jsou v distribučním území PREdi fotovoltaické elektrárny s instalovaným výkonem přes dvacet megawattpeak, přičemž nejvíce FVE na km² plochy střech je v okrajových částech Prahy - viz příloha E. Bohužel pro tuto kategorii instalací je za současných podmínek investice do FVE ekonomicky nevýhodná. Všeobecně platí, že výhodnost roste s velikostí spotřeby. Smysl investice dává také v případě, kdy si využitím přebytků zvýšíme svůj komfort, například vytápěním bazénu.

Dalším zajímavým závěrem a přidanou hodnotou je zjištěný potenciál rozvoje FVE umístitelných na střechy. Je založený na zpracovaných datech o střechách (plocha, typ) a na mnou definovaných koeficientech. Koeficienty jsou určil místním šetřením realizovatelnosti FVE na střechy v předem vytipovaných oblastech. Vynásobením ploch s odpovídajícími koeficienty jsem vyčistil maximální instalovatelný výkon FVE jak pro distribuční území PREdistribuce, a.s. jako celek, tak pro jednotlivé katastry. Pro lepší orientaci a

interpretaci získaných hodnot jsem vytvořil mapu, která výsledky graficky znázorňuje - příloha C.

A dle dostupných ekonomických modelů není celkově ve většině případů investice do fotovoltaiky ekonomicky výhodná. Do budoucna by mohlo výhodnost investice ovlivnit více faktorů. Je velmi pravděpodobné, že cena akumulátorů bude výrazně klesat, přičemž životnost naopak růst. Výrazná změna ceny elektřiny či nestabilita distribuční soustavy nám v blízké budoucnosti, troufnu si tvrdit, nehrozí. Legislativní změny, které by zajisté pomohly jsou také v nedohlednu. Pokud se žádný z uvedených faktorů nezmění, nelze očekávat změnu současného trendu v minimálním přírůstku instalovaného výkonu FVE.



Přílohy



Příloha A

Literatura

- [1] Energetický regulační úřad. *Přehled údajů o licencích udělených ERÚ licence. eru.cz*
- [2] Energetický regulační úřad. *Energetický regulační věštník [Cenové rozhodnutí č. 1/2014, strana 6]*, 2014
- [3] Energetický regulační úřad. *Energetický regulační věštník [Cenové rozhodnutí č. 9/2015, strana 6]*, 2015
- [4] Energetický regulační úřad. *Energetický regulační věštník [Cenové rozhodnutí č. 9/2016, strana 6]*, 2016
- [5] Poslanecká sněmovna. *Stavební zákon 183/2006 Sb. §79 Rozhodnutí o umístění stavby*
- [6] Sun Calc: Výpočty slunečního svitu, Vladimír Agafonkin.
<http://www.suncalc.net/>
- [7] Karel Murtinger. *Solární energie pro váš dům*. Computer press, EAN:978-80-251324-1-8, 2010
- [8] Martin Libra, Vladislav Poulek. *Fotovoltaika - Teorie i praxe využití solární energie*. ISLA, EAN:978-80-904311-0-2, 2009
- [9] SolaRoad: Koncept silnic s FVE.
<http://en.solaroad.nl/>
- [10] Petr MASTNÝ, Jiří DRÁPELA, Stanislav MIŠÁK, Jan MACHÁČEK, Michal PTÁČEK, Lukáš RADIL, Tomáš BARTOŠÍK a Tomáš PAVELKA *Obnovitelné zdroje elektrické energie* České vysoké učení technické v Praze, ISBN 978-80-01-04937-20, 2011

- [11] Časopis ELEKTRO: odborný časopis pro elektrotechniku. Praha: FCC Public, 2012, 4. číslo, ISSN 1210-0889
- [12] Časopis VISIONS: časopis o lidech, technologiích a inovacích. Praha: Siemens, 2017, jaro, ISSN 1804-364X
- [13] Obecné schéma zapojení fotovoltaického zdroje
<http://www.oez.cz/aktuality/obecne-schema-zapojeni-fotovoltaickeho-zdroje>
- [14] Oficiální webové stránky společnosti HE3DA s.r.o.
<https://www.he3da.cz>
- [15] PV Exchange - webové stránky
<http://www.pvexchange.com/priceindex/default.aspx?langTag=en-GB>
- [16] PHOTON inverter price index
<https://www.photon.info/en/news/photon-price-index>
- [17] Údaje o střechách na území Prahy
<http://www.geoportalpraha.cz/cs/opendata/601B7F51-EBA2-4E86-9B02-10AE47A1FF19>
- [18] Zákon č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon)
- [19] Podmínky dotace Nová zelená úsporám - oblast C.3
<http://www.novazelenausporam.cz/zadatele-o-dotaci/rodinne-domy/3-vyzva-rodinne-domy/podminky-oblasti-podpory-c-3-vyzva/>
- [20] Závazné pokyny pro žadatele a příjemce podpory z podprogramu NZÚ
<http://www.novazelenausporam.cz/file/818/nzu-zavazne-pokyny-pro-zadatele-rd-3-vyzva1-2016.pdf>
- [21] Mgr. Michal Němec, RNDr. Tomáš Brabec, Ph.D. *Analýza vývoje sociální struktury velkých Pražských sídlišť* IRP Praha, 2015
- [22] Webový portál SolarniNovinky.cz
<http://www.solarninovinky.cz>

Veškeré obrázky bez uvedeného zdroje jsou z autorova archivu.



Příloha B

Obsah přiloženého CD

1. soubor bakalarska-prace - kontejner ve formátu $L^A_T E^X$
2. kalkulace-vyhodnosti.xlsx - excel s výpočty ekonomické výhodnosti
3. podpora-ZB-VC.xlsx - excel s přehledem podpory FVE v podobě zelených bonusů a garantovaných výkupních cen
4. složka zdroje - veškeré zdroje, ze kterých jsem čerpal informace
5. složka průzkum oblastí - fotodokumentace typových oblastí, podle kterých jsem stanovoval koeficienty



Příloha C

Mapa instalovatelného výkonu FVE v jednotlivých katastrech



Příloha D

Mapa současného instalovaného výkonu FVE v jednotlivých katastrech



Příloha E

Mapa počtu FVE na km² v jednotlivých katastrech

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Kodad** Jméno: **Tomáš** Osobní číslo: **434948**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**
Studijní obor: **Elektrotechnika a management**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Zmapování rozvoje výroby z fotovoltaických zdrojů v zásobovacím území PREdistribuce, a.s.

Název bakalářské práce anglicky:

Development of potential production from photovoltaic sources in the territory of PREdistribuce, a.s.

Pokyny pro vypracování:

1. Popište princip fungování FVE, technologie FVE panelů
2. Analyzujte vývoj ceny a podpory FVE instalací
3. Zpracujte poskytnutá data o instalacích na distribučním území PREdistribuce, a. s.
4. Vytvořte predikci vývoje instalovaného výkonu FVE na distribučním území PREdistribuce, a.s.

Seznam doporučené literatury:

1. Murtinger, Karel. Solární energie pro váš dům. Praha : Computer press, EAN: 9788025132418, 2010.
2. Libra Martin, Poulek Vladislav. Fotovoltaika - Teorie i praxe využití solární energie, ILSA, EAN: 978-80-904311-0-2, 2009.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Vojtěch Jelenecký M.Sc, PREdistribuce, a.s.

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

Datum zadání bakalářské práce: **07.02.2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **26.05.2017**

Platnost zadání bakalářské práce: **27.05.2018**

Podpis vedoucí(ho) práce

Podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

Podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání

Podpis studenta