



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta elektrotechnická
Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

**Ekonomická efektivita a potenciál nových decentralizovaných
energetických zdrojů**

**Economic efficiency and potential new decentralized
energy sources**

Diplomová práce

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management
Studijní obor: Elektrotechnika a management
Vedoucí práce: Ing. Marek Adamec, Ph.D.

Bc. Miloš Němec

Praha 2016

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student: Němec Miloš

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management
Obor: Ekonomika a řízení energetiky

Název tématu: Ekonomická efektivita a potenciál nových decentralních energetických zdrojů

Pokyny pro vypracování:

- popis legislativy upravující trh s decentralními obnovitelnými zdroji a KVET
- decentralní energetika v konceptu smart grids
- analýza jednotlivých prvků decentralní energetiky
- model stanovujícího ekonomickou efektivitu nových decentralizovaných zdrojů
- analýza výstupů modelu

Seznam odborné literatury:

Mastný, P. a kol.: Obnovitelné zdroje elektrické energie, Praha, ČVUT 2011, ISBN 978-80-01-04937-2

Kislingerová, E.: Manažerské finance, Praha, C.H.Beck 2010. ISBN 978-80-7400-194-9

Vedoucí diplomové práce: Ing. Marek Adamec, Ph.D. – ČEZ a.s.

Platnost zadání: do konce letního semestru akademického roku 2016/2017

L.S.

Prof. Ing. Jaroslav Knápek, CSc.
vedoucí katedry

Prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.
děkan

V Praze dne 11.2.2016

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou diplomovou prací 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 dne

.....

Bc. Miloš Němec

Poděkování

Chtěl bych zde poděkovat vedoucímu diplomové práce, panu Ing. Marku Adamcovi Ph.D., za jeho trpělivost, ochotu, odborné rady, cenné připomínky a množství času, které mi věnoval při zpracování této závěrečné práce.

Anotace

Diplomová práce se zabývá ekonomickou efektivitou a potenciálem nových decentralizovaných zdrojů energie využívajících obnovitelné zdroje. V prvním bodě je nejprve analyzována současná energetická legislativa a Státní energetická koncepce, významný strategický dokument zabývající se vymezením konceptu budoucího vývoje české energetiky na několik desetiletí, publikovaný MPO v roce 2015. Načež navazují zamyšlením nad spojitostí decentralizované energetiky s konceptem smart grids a analýzou jednotlivých decentralizovaných energetických zdrojů, jejich kladů, záporů a především možností využití v naší republice. Ve čtvrtém a pátém bodě práce se práce zabývá ekonomickou efektivitou investice do výroben využívajících obnovitelných zdrojů. Výsledky ekonomického modelu pro různé investiční varianty jsou důkladně rozebrány a podrobeny citlivostním analýzám. Cílem práce je zhodnocení ekonomické efektivity investice do malého decentralizovaného zdroje v řádu jednotek kW.

Abstract

The name of the diploma thesis is Economic efficiency and potential new decentralized energy sources. The goal of the first article is to analyse Energy Laws and the State Energy Policy of the Czech Republic, the important strategical document giving a definition of the future development of Czech energetics, published by the Ministry of Industry and Trade in 2015. Then I occupy a relation between smart grids and decentralized energetics. In the next article I analyse all of decentralized renewable energy sources, their advantages, disadvantages and primarily the capability of utilization in the Czech Republic. The fourth and last articles are created by the economic model of the investment in the small renewable energy sources. The results are analysed and the goal of the diploma thesis is evaluation of Economic efficiency of small renewable energy sources.

Klíčová slova

Státní energetická koncepce (SEK), Obnovitelné zdroje energie (OZE), decentralizované energetické zdroje, fotovoltaická elektrárna (FVE), větrná elektrárna (VTE), smart grids, energetická legislativa, ekonomická efektivnost, čistá současná hodnota (NPV)

Key words

State Energy Policy, Renewable Energy Sources, Photovoltaic Power Plants, Wind power plants, Decentralized Energy Sources, Smart Grids, Energy Laws, Economic Efficiency, Net Present Value

Obsah

| | |
|---|----|
| Úvod | 7 |
| 1. Popis legislativy upravující trh s decentralními zdroji | 9 |
| 1.1. Evropská energetická legislativa | 9 |
| 1.2. Energetická legislativa v ČR | 10 |
| 1.3. Legislativa vztahující se k POZE | 15 |
| 1.4. Státní energetická koncepce | 16 |
| 1.5. Možnosti připojení malého decentralizovaného zdroje k ES v roce 2016 | 19 |
| 1.6. Podpora nových decentralizovaných zdrojů ze strany státu | 21 |
| 2. Decentrální energetika v konceptu smart grids | 24 |
| 2.1. Základní principy chytrých/inteligentních sítí – smart grids | 24 |
| 2.2. Evropský kontext | 24 |
| 2.3. Smart grids v ČR – mikroregion Vrchlabí | 26 |
| 2.4. Smart Metering – Inteligentní měření | 27 |
| 2.5. Uplatnění decentralních energetických zdrojů v konceptu smart grids | 29 |
| 3. Analýza jednotlivých prvků decentrální energetiky | 32 |
| 3.1. Obnovitelné zdroje energie (OZE) | 32 |
| 3.2. Vliv decentrální energetiky na ostatní zdroje v ČR | 38 |
| 3.3. Současná situace decentrální energetiky v ČR | 40 |
| 4. Modely stanovujícího ekonomickou efektivitu nových decentralizovaných zdrojů | 43 |
| 4.1. Ekonomická efektivnost | 43 |
| 4.2. Lokalita instalace decentralizovaných zdrojů | 44 |
| 4.3. Stanovení průměrného denního diagramu spotřeby | 45 |
| 4.4. Předpoklady ekonomického modelu | 50 |
| 4.5. Malá fotovoltaická elektrárna - předpoklady | 53 |
| 4.6. Varianta A - FVE o výkonu 3kWp bez akumulace energie v bateriích | 58 |
| 4.7. Varianta B - FVE o výkonu 3kWp s akumulací energie v teplé vodě | 61 |
| 4.8. Varianta C - FVE o výkonu 3kWp s akumulací energie v bateriích | 64 |
| 4.9. Malá větrná elektrárna (MVTE) | 67 |
| 5. Analýza výstupů modelu | 82 |
| Závěr | 85 |
| Seznam obrázků a tabulek | 86 |
| Seznam použitých zkratk | 88 |
| Zdroje a použitá literatura: | 89 |
| Přílohy: | 93 |

Úvod

O energetice se dnes lidé baví na mnoha místech, kolegové během polední přestávky přemýšlejí, zdali si pořídit na střechu domu malou fotovoltaickou elektrárnu, manželé doma večer řeší, zdali si pořídit nový nízkoenergetický dům s tepelným čerpadlem a dva postarší muže jsem před časem slyšel v metru horlivě diskutovat o tom, zdali je dnes již možné provozovat malou větrnou elektrárnu. Elektřina se stala pro člověka žijícího ve vyspělém světě 21. století nedílnou součástí každodenního života a její dostatek, potažmo cena, velmi významným tématem.

Energetika se v poslední době transformuje, pryč je doba portfolia naplněného pouze obřími zdroji počínaje výkony v řádu stovek kW až po jednotky MW. Nevýznamnou část zdrojového portfolia ČR začínají tvořit decentralizované zdroje menších výkonů. Soukromé osoby si dnes mohou pořídit malou fotovoltaickou či větrnou elektrárnu s výkonem v řádu jednotek kW a zásobovat tak alespoň část své vlastní spotřeby, v lepším případě s využitím akumulace dokonce celou spotřebu, „zelenou“ energii pocházející z obnovitelných zdrojů.

Proto jsem si vybral jako téma své závěrečné práce decentralizované zdroje. Nejprve se budu zabývat současnou legislativou v evropském i národním měřítku, rozeberu základní zákony, vyhlášky a další právní předpisy, které se zabývají energetikou. Nedílnou součástí této části práce bude zaměření na Státní energetickou koncepci. Její aktualizovaná verze z prosince 2014, schválená v roce 2015, udává jasný koncept budoucího vývoje české energetiky na několik desetiletí. SEK se zabývá především elektroenergetikou, teplárenstvím, plynárenstvím a oblastmi spojenými s ropou. Z důvodu studia na elektrotechnické fakultě, témata a omezeného rozsahu této práce se zaměřím pouze na oblast elektroenergetiky. V SEK jsou zakotveny principy zajištění dostatečných, spolehlivých, bezpečných a ekonomicky přijatelných dodávek elektřiny. V další části práce navážu tématem souvislosti decentralizované energetiky s konceptem smart grids. Chytré sítě se postupem času zajisté stanou běžně používanou realitou a jejich souvislost s decentralizovanou energetikou není rozhodně nezajímavá a nevýznamná.

Ve třetí části diplomové práce se budu zabývat jednotlivými typy decentralizovaných obnovitelných zdrojů energie, které se podílejí na zdrojovém portfoliu ČR. Využitím analytických metod se zaměřím se na jejich přednosti, slabé stránky a možnosti budoucího širšího využití v naší republice. Třetím bodem práce zakončím rešeršní část, ve které jsem shrnoval poznatky týkající se decentralizovaných zdrojů a legislativy související se energetikou.

V další části se budu zabývat ekonomickou efektivitou vybraných decentralizovaných zdrojů. Konkrétně se zaměřím na instalace fotovoltaických a větrných elektráren malých výkonů v řádu jednotek kW využitelných například vlastníky rodinných domů pro zajištění alespoň částečné energetické soběstačnosti. Jako podklad ekonomického modelu poslouží rodinný dům mých rodičů (nacházející se v podhůří Šumavy, na okraji obce Sušice ležící na jihozápadě České republiky), kteří budou hypoteticky uvažovat o investice do malé decentralizované výroby využívající obnovitelný zdroj energie. Všechna pozitiva tzv. zelené energie jsou však v praxi často vykoupena jistými negativy spojenými s vysokými investičními náklady, krátkou životností komponent elektrárny, nutností pořízení drahých baterií atp.

Cílem diplomové práce by mělo být zhodnocení ekonomické efektivity jednotlivých variant investice, analýza výsledků a případné osobní doporučení podložené výpočtem. S ohledem na přesnost vstupních parametrů, nejistotu predikce těchto hodnot na mnoho let dopředu, bude samozřejmostí provedení citlivostních analýz. Na jejich základě bude možné určit, o kolik by se v případě špatného odhadu budoucí hodnoty určitého vstupního parametru změnila výsledná ekonomická efektivnost jednotlivých investičních variant.

1. Popis legislativy upravující trh s decentrálními zdroji

1.1. Evropská energetická legislativa

V rámci evropské integrace a globálního pohledu na věc by se bezesporu nemělo zapomínat na evropskou energetickou politiku. Je možné definovat ji jako soubor ustanovení zaměřených na zásobování energií a stanovení tržních podmínek pro její odběr. Při dokončování liberalizace trhu s elektřinou a plynem ji v současné době dominuje především boj za snižování emisí CO₂, což souvisí i s decentralizací výroby elektřiny a využívání těchto drobných, ekologicky příznivých zdrojů, v maximální možné míře.

Mezi významná nařízení v oblasti evropské energetické legislativy patří rozhodně třetí energetický balíček a klimaticko-energetický balíček. Třetí energetický balíček je soubor 5 legislativních návrhů Evropské komise zabývajících se především liberalizací energetiky. Do české legislativy byly návrhy tohoto balíčku implementovány energetickým zákonem č. 458/2000 Sb., který upravuje podmínky podnikání v energetických odvětvích. Klíčové principy liberalizace energetiky jsou především:

- unbundling - oddělení provozovatele přenosové soustavy a provozovatelů distribučních soustav od ostatních oblastí podnikání
- princip přístupu třetích stran – tarifní poplatky za přístup a používání soustav třetími stranami nebo metody jejich výpočtu musí být schváleny národním regulátorem (v ČR je to ERÚ)
- princip veřejné služby - členské státy mají povinnost zajistit pro domácnosti a malé podniky do 50 zaměstnanců nebo s ročním obrátem pod 10 mil. EUR dodávky elektřiny za přijatelné ceny, tzv. povinnost univerzální služby
- ochrana zákazníků – umožňuje všem zákazníkům uzavřít smlouvy, získat transparentní informace o cenách, tarifech, náhradách za nedodržení kvality služeb, jednoduchém způsobu řešení sporů, široké nabídce způsobů placení, právu na odstoupení od smlouvy, bezplatné změně dodavatele atd.

Klimaticko-energetický balíček vychází z politického závazku členských států EU z března 2007 a za svůj cíl si klade především následující:

- snížení emisí skleníkových plynů v rámci EU do roku 2020 o 20-30% oproti roku 1990
- zvýšení energetické účinnosti v EU o 20% oproti projekcím do roku 2020
- zvýšení podílu obnovitelných zdrojů energie na celkové spotřebě v EU na 20% do roku 2020

K naplnění těchto politických závazků by mělo dojít mimo jiné na základě následujících legislativních nástrojů:

- Revidovaná směrnice o obchodování s povolenkami na emise skleníkových plynů č.2003/87/ES (tzv. EU ETS směrnice)
- Směrnice Evropského parlamentu a Rady o využívání obnovitelných zdrojů energie č.2009/28/ES
- Směrnice o separaci a ukládání CO₂ do geologického podloží
- 2012/27/EU o energetické účinnosti

1.2. Energetická legislativa v ČR

Hlavním pilířem energetické legislativy České republiky je tzv. Energetický zákon, zákon č. 458/2000Sb. O podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů ve znění pozdějších právních předpisů¹ doplněný řadou dalších zákonů, právních předpisů a prováděcích vyhlášek. V přehledu uvádím ty nejdůležitější:

- Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření s energií (ze dne 25. 10. 2000, účinnost od 1. 11. 2000) ve znění pozdějších právních předpisů (Zákon 359/2003 Sb.)
- Zákon č. 165/2012 Sb. o podporovaných zdrojích energie
- Cenová rozhodnutí ERÚ
- Prováděcí vyhlášky ERÚ k zákonu č. 458/2000 Sb.
 - Vyhláška č. 154 Energetického regulačního úřadu, kterou se stanoví podrobnosti udělování licencí pro podnikání v energetických odvětvích (ze dne 23. 4. 2001, účinnost od 3. 5. 2001).
 - Vyhláška č. 306 Energetického regulačního úřadu o kvalitě dodávek elektřiny a služeb (ze dne 20. 8. 2001, účinnost od 30. 8.2001).
 - Vyhláška č. 297 Energetického regulačního úřadu o podmínkách připojení a dodávek elektřiny pro chráněné zákazníky (ze dne 30. 7. 2001, účinnost od 15. 8. 2001).

¹ změny a doplňky: 262/2002, 151/2002, 309/2002, 278/2003, 356/2003, 670/2004 Sb. 342/2006 Sb., 186/2006 Sb., 296/2007 Sb., 124/2008 Sb., 158/2009 Sb., 223/2009 Sb., 227/2009 Sb., 281/2009 Sb., 155/2010 Sb., 211/2011 Sb., 299/2011 Sb., 420/2011 Sb.)

- Vyhláška č. 377 Energetického regulačního úřadu, kterou se stanoví tvorba a čerpání energetického regulačního fondu, výběr držitele licence pro výkon povinnosti dodávek nad rámec licence a výpočet jeho prokazatelné ztráty z těchto dodávek (ze dne 17. 10. 2001, účinnost od 1. 1. 2002).
- Vyhláška č. 366 Energetického regulačního úřadu, kterou se mění vyhláška Energetického regulačního úřadu č. 377/2001 Sb., o Energetickém regulačním fondu, kterou se stanoví způsob výběru určeného držitele licence, způsob výpočtu prokazatelné ztráty a výše (ze dne 16. 10. 2001, účinnost od 26. 10. 2001).
- Vyhláška č. 373 Energetického regulačního úřadu, kterou se stanoví pravidla pro organizování trhu s elektřinou a zásady tvorby cen za činnosti operátora trhu (ze dne 16. 10. 2001, účinnost od 26. 10. 2001).
- Vyhláška č. 12, kterou se mění vyhláška č. 373/2001 Sb., kterou se stanoví pravidla pro organizování trhu s elektřinou a zásady tvorby cen za činnosti operátora trhu - Sbírka zákonů, částka 6, ze dne 28. 1. 2003 (ze dne 4. 12. 2001 účinnost od 21. 12. 2001).
- Vyhláška č. 438 Energetického regulačního úřadu, kterou se stanoví obsah ekonomických údajů a postupy pro regulaci cen v energetice (ze dne 4. 12. 2001 účinnost od 21. 12. 2001).
- Vyhláška č. 13, kterou se mění vyhláška č. 438/2001 Sb., kterou se stanoví obsah ekonomických údajů a postupy pro regulaci cen v energetice - Sbírka zákonů, částka 6, ze dne 28. 1. 2003 (ze dne 14. 1. 2003, dnem jejího vyhlášení).
- Vyhláška č. 439 Energetického regulačního úřadu, kterou se stanoví pravidla pro vedení oddělené evidenci tržeb, nákladů a výnosů pro účely regulace a pravidla pro rozdělení nákladů, tržeb a výnosů z vloženého kapitálu v energetice (ze dne 4. 12. 2001, účinnost od 21. 12. 2001).
- Vyhláška č. 74, kterou se mění vyhláška č. 439/2001 Sb., kterou se stanoví pravidla pro vedení oddělené evidence tržeb, nákladů a výnosů pro účely regulace a pravidla pro rozdělení nákladů, tržeb a výnosů z vloženého kapitálu v energetice (ze dne 7. března 2003, účinnost dnem jejího vyhlášení).
- Vyhláška č. 540 Energetického regulačního úřadu o kvalitě dodávek elektřiny a souvisejících služeb v elektroenergetice. Ke stažení včetně příloh.

- Vyhlášky Ministerstva průmyslu a obchodu ČR
 - Vyhláška č. 150 Ministerstva průmyslu a obchodu, kterou se stanoví minimální účinnost užití energie při výrobě elektřiny a tepelné energie (ze dne 12. 4. 2001, účinnost od 3. 5. 2001).
 - Vyhláška č. 151 Ministerstva průmyslu a obchodu, kterou se stanoví podrobnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie (ze dne 12. 4. 2001, účinnost od 3. 5. 2001).
 - Vyhláška č. 152 Ministerstva průmyslu a obchodu, kterou se stanoví pravidla pro vytápění a dodávku teplé užitkové vody, měrné ukazatele spotřeby tepla pro vytápění a přípravu teplé užitkové vody a požadavky na vybavení vnitřních tepelných zařízení budov p (ze dne 12. 4. 2001, účinnost od 1. 1. 2002).
 - Vyhláška č. 153 Ministerstva průmyslu a obchodu, kterou se stanoví podrobnosti určení účinnosti užití energie při přenosu, distribuci a vnitřním rozvodu elektrické energie (ze dne 12. 4. 2001, účinnost od 3. 5. 2001).
 - Vyhláška č. 212 Ministerstva průmyslu a obchodu, kterou se stanoví podrobnosti pro přípravu a uskutečňování kombinované výroby elektřiny a tepla (ze dne 14. 6. 2001, účinnost od 29. 6. 2001).
 - Vyhláška č. 213 Ministerstva průmyslu a obchodu, kterou se vydávají podrobnosti náležitostí energetického auditu (ze dne 14. 6. 2001, účinnost od 29. 6. 2001).
 - Vyhláška č. 214 Ministerstva průmyslu a obchodu, kterou se stanoví vymezení zdrojů energie, které budou hodnoceny jako obnovitelné (ze dne 14. 6. 2001, účinnost od 29. 6. 2001).
 - Vyhláška č. 215 Ministerstva průmyslu a obchodu, kterou se stanoví podrobnosti označování energetických spotřebičů energetickými štítky a zpracování technické dokumentace jakož i minimální účinnost energie pro elektrické spotřebiče uváděné na trh (ze dne 14. 6. 2001, účinnost od 29. 6. 2001).
 - Vyhláška č. 218 Ministerstva průmyslu a obchodu, kterou se stanoví podrobnosti měření elektřiny a předávání technických údajů (ze dne 14. 6. 2001, účinnost od 29. 6. 2001).
 - Vyhláška č. 219 Ministerstva průmyslu a obchodu o postupu v případě hrozícího nebo stávajícího stavu nouze v elektroenergetice (ze dne 14. 6. 2001, účinnost od 29. 6. 2001).
 - Vyhláška č. 220 Ministerstva průmyslu a obchodu o dispečerském řádu elektrizační soustavy České republiky (ze dne 14. 6. 2001, účinnost od 29. 6. 2001).

- Vyhláška č. 221 Ministerstva průmyslu a obchodu o podrobnostech udělování státní autorizace na výstavbu přímého vedení (ze dne 14. 6. 2001, účinnost od 29. 6. 2001)
 - Vyhláška č. 222 Ministerstva průmyslu a obchodu o podrobnostech udělování státní autorizace na výstavbu výroby elektřiny (ze dne 14. 6. 2001, účinnost od 29. 6. 2001).
 - Vyhláška č. 224 Ministerstva průmyslu a obchodu, kterou se stanoví pravidla pro rozdělení nákladů za dodávku tepelné energie na jednotlivá odběrná místa (ze dne 14. 6. 2001, účinnost od 1. 1. 2002).
 - Vyhláška č. 225 Ministerstva průmyslu a obchodu, kterou se stanoví postup při vzniku a odstraňování stavu nouze v teplárenství (ze dne 14. 6. 2001, účinnost od 1. 1. 2002).
 - Vyhláška č. 225 Ministerstva průmyslu a obchodu, kterou se stanoví postup při vzniku a odstraňování stavu nouze v teplárenství (ze dne 14. 6. 2001, účinnost od 1. 1. 2002).
 - Vyhláška č. 252 Ministerstva průmyslu a obchodu o způsobu výkupu elektřiny z obnovitelných zdrojů a z kombinované výroby elektřiny a tepla (ze dne 28. 6. 2001, účinnost od 24. 7. 2001).
 - Vyhláška č. 291 Ministerstva průmyslu a obchodu, kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při spotřebě tepla v budovách (ze dne 27. 7. 2001, účinnost od 1. 1. 2002).
 - Vyhláška č. 539 Ministerstva průmyslu a obchodu, kterou se mění vyhláška č. 252/2001 Sb. o způsobu výkupu elektřiny z obnovitelných zdrojů a z kombinované výroby elektřiny a tepla (ze dne 10. 12. 2002, účinnost od 1. 1. 2003).
 - Vyhláška č. 18 Ministerstva průmyslu a obchodu o podmínkách připojení a dopravy elektřiny v elektrizační soustavě (ze dne 20. 12. 2001, účinnost od 18. 1. 2002) ve znění Vyhlášky č. 300/2003
 - Vyhláška č. 19 Ministerstva průmyslu a obchodu, kterou se stanoví způsob organizace krátkodobého trhu s elektřinou (ze dne 20. 12. 2001, účinnost od 18. 1. 2002)
- Nařízení vlády ČR
 - Nařízení vlády č. 195, kterým se stanoví podrobnosti obsahu územní energetické koncepce (ze dne 21. 5. 2001, účinnost 18. 6. 2001).

Energetický zákon, zákon č. 458/2000Sb. O podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích

Ve své 1. části tento zákon upravuje podmínky podnikání, výkon státní správy a regulaci v energetických odvětvích, kterými jsou elektroenergetika, plynárenství a teplárenství, jakož i práva a povinnosti fyzických a právnických osob s tím spojené. Dále se 1. část dělí na hlavy obsahující především

- Hlava I. Obecná část pro elektroenergetiku, plynárenství a teplárenství
- Hlava II. Zvláštní část: a) trh s elektřinou b) trh s plynem c) teplárenství
- Hlava III. Správní delikty
- Hlava IV. Dříve SEI - od 1. 1. 2016 zrušena
- Hlava V. Společná, přechodná a závěrečná ustanovení

Dalším významným zákonem z oblasti energetiky je Zákon č. 406/2000 Sb. O hospodaření s energií. Tento zákon stanovuje práva a povinnosti fyzických a právnických osob při nakládání s energií, zejména elektrickou a tepelnou, dále s plynem a dalšími palivy. Aby však byla česká legislativa v souladu s aktuální energetickou politikou EU, došlo ke změně zákonem č.177/2006 Sb. – implementace směrnice Evropského parlamentu a Rady č.2002/91/ES o energetické náročnosti budov, novelizované č.2010/31/ES. Zákon o hospodaření s energií též definuje významné pojmy jako energetická koncepce, účinnost užití energie, energetické štítky či energetický audit.

- Energetická koncepce:
 - Státní energetická koncepce – strategický dokument s výhledem na 20 let. Zpracovává MPO, naplňování koncepce se vyhodnocuje každé 2 roky
 - Územní energetická koncepce - cíle a principy energetického hospodářství na úrovni kraje (rozbor trendů poptávky, využitelnost OZE ...), zpracovává se na 20 let.
- Účinnost užití energie - u výroby elektřiny nebo tepla zajistit aspoň min. účinnost stanovenou vyhláškou - u přenosu a distribuce elektřiny a tepla zajistit nepřekročení max. ztrát stanovené vyhláškou - spotřebiče energie musí mít alespoň min. účinnost předepsanou vyhláškou
- Energetické štítky – energetická zařízení (seznam určen vyhláškou) musí být opatřena energetickým štítkem
- Energetický audit - hodnocení současné úrovně posuzovaného energetického hospodářství a budov, celkové výše technicky dosažitelných úspor a vytvoření variant realizace energetických úspor včetně ekonomického zhodnocení

1.3. Legislativa vztahující se k POZE

Dokumenty týkající se obnovitelných zdrojů energie a úspor energie jsou shrnuty v následujícím výčtu:

- Zákon č. 165/2012 Sb. o podporovaných zdrojích energie
- Národní akční plán České republiky pro energii z obnovitelných zdrojů - prosinec 2015
- Aktualizace Státní energetické koncepce České republiky - prosinec 2014
- Akční plán pro biomasu v ČR na období 2012-2020

V souvislosti s implementací výše uvedené směrnice č. 2009/28/ES do české legislativy vznikl Národní akční plán pro energii z obnovitelných zdrojů (NAP), který obsahuje cíle, opatření, jakožto i způsob dosažení cílů pro podíly energie OZE do roku 2020 na celkové konečné spotřebě energie a na konečné spotřebě energie v dopravě. Celkový podíl energie z OZE (v rámci celé EU) na hrubé konečné spotřebě energie v roce 2020 má být 20%, cíl pro ČR je 13%. NAP pro ČR byl schválen vládou ČR dne 25. 8. 2010. Plánovaný podíl OZE na hrubé konečné spotřebě energie pro ČR byl schválen ve výši 13,5 %.

Zákonem patřícím primárně do této kapitoly je Zákon č.165/2012Sb. o podpoře využívání obnovitelných zdrojů energie. Zabývá se podporou využití OZE, tj. energií větru, energií slunečního záření, geotermální energií, energií vody, půdy, vzduchu, biomasy, skládkového plynu, kalového plynu a energií bioplynu. V zákoně je rovněž zakotveno trvalé zvyšování podílu OZE na spotřebě primárních energetických zdrojů, šetrné využívání přírodních zdrojů a naplnění indikativního cíle podílu elektřiny z obnovitelných zdrojů na hrubé spotřebě elektřiny v České republice ve výši 13,5 % k roku 2020 (NAP). Podpora se vztahuje na výrobu elektřiny z OZE vyrobenou v zařízeních v ČR využívajících OZE a je stanovena odlišně podle druhu OZE, velikosti instalovaného výkonu výroby i např. podle parametrů biomasy. Zákon též upravuje práva a povinnosti subjektů na trhu s elektřinou z OZE, podmínky podpory, výkupu a evidence výroby elektřiny z OZE, stanovení výše cen za elektřinu samostatně pro jednotlivé druhy obnovitelných zdrojů a zelených bonusů a nakonec řeší i provádění kontrol prostřednictvím Státní energetické inspekce (SEI) – od 1. 1. 2016 bude kontrolovat ERÚ) a výši jednotlivých pokut za správní delikty.

1.4. Státní energetická koncepce

Státní energetická koncepce patří k významným dokumentům České republiky v oblasti hospodářství a její poslední platná aktualizace z roku 2014 byla schválena v roce 2015. Jde o rozsáhlý dokument, který se zabývá současným stavem energetiky České republiky, novými trendy jejího vývoje na 45 let, návrhem koncepce energetiky České republiky do roku 2040 a výčtem nástrojů sloužících k jejímu prosazování. Vláda ČR pomocí ní vytváří politický, legislativní i administrativní rámec. Ten by měl především zajistit zásobování obyvatelstva republiky energií, které bude spolehlivé, bezpečné, cenově přijatelné, šetrné k životnímu prostředí a dlouhodobě stabilní. Velmi významným cílem je i zabezpečení dodávek energie v krizových situacích. Jednoduchým shrnutím SEK, jakousi vizí energetiky ČR, by mohla být tři slova, která jsou uvedena i v ní samotné - cituji „bezpečnost – konkurenceschopnost – udržitelnost“[6].

Státní energetická koncepce definuje směr vývoje energetiky ČR v souladu s národními strategickými záměry v horizontu několika desetiletí, kdy je obvykle zajištěna ekonomická návratnost investic do všech typů zdrojů a sítí a ve kterém je možné se relativně vysokou pravděpodobností předvídat základní charakteristiky budoucího vývoje. Prováděcími plány SEK jsou tzv. Národní akční plány (NAP), které by měly být vyhodnocovány a dle potřeby aktualizovány minimálně jednou za 5 let. Jejich smyslem je naplnění cílů SEK v různých oblastech energetiky a zajištění vyváženého zdrojového mixu stanoveného SEK, z čehož plyne, že cíle SEK i NAP jsou pro blízkou budoucnost totožné.

Je naprosto zřejmé, že v příštích desetiletích dojde k významné transformaci zdrojového portfolia v ČR. Dosluhující uhelné zdroje sloužící k primárnímu pokrytí základní spotřeby budou nahrazeny rostoucím podílem jaderných zdrojů a obnovou určitých zdrojů uhelných, které budou efektivnější. Cílový podíl JE na výrobě elektřiny by měl být do roku 2040 kolem 50 %. Uvažuje se o výstavbě 1 až 2 nových bloků JE v závislosti na změně predikce bilance výroby a spotřeby a dlouhodobém prodloužení provozu současných 4 bloků v JEDU. Jaderná energetika by měla do roku 2050 zajistit energetickou bezpečnost ČR, přechod na nízkouhlíkovou energetiku v návaznosti na naplňování českých mezinárodních závazků, dostatek zdrojů pro průmyslovou produkci a exportní potenciál. V ČR stejně jako v celé Evropě spotřeba elektřiny i s ohledem na nové úspory zřejmě mírně poroste. Pro další desetiletí bude tedy důležité zajistit výrobu požadovaného množství. Elektrickou energii totiž z důvodu růstu spotřeby a nedostatečné výroby v okolních státech nebude možné ani dovážet. Pokud si zajistíme mírně přebytkovou bilanci, nemusí jít primárně o vývoz elektrické energie, nýbrž o strategický záměr, kdy například v době nedostatku ropy můžeme použít přebytkovou elektřinu v železniční dopravě či v teplárenství. Zároveň není bezpečné plánovat přesně vyváženou bilanci

výroby a spotřeby, jelikož odhady růstu výroby jsou nepřesné (s ohledem na nejistý růst spotřeby v oblastech elektromobilů apod.) a případný energetický deficit by mohl být velkým problémem. Podporovat by se na našem území měly i akumulační zařízení (přečerpávací vodní elektrárny - Dlouhé Stráně, Dalešice, Štěchovice). Přečerpávací vodní elektrárny navíc umožňují vyrovnat velké propady spotřeby v denní diagramu zatížení, čímž jednak dosáhneme plného využití základních zdrojů a jednak si „připravíme“ zdroj, který nám pomůže pokrýt výkonovou špičku spotřeby.

Dalším významným cílem SEK je udržení a neustále posilování tranzitní schopnosti naší ES a zajištění otevřenosti energetiky ČR. Vytvoření koridorů by bylo dobré projednávat například s Německem, kterému by tranzitní cesta sever-jih pomohla s přepravou přebytku elektřiny z oblastí severu na jih. Německo má dobré možnosti využití větrných elektráren a ČR by mohla pomoci s dopravou elektřiny, ale neměla by to každopádně dělat pouze na své náklady. I proto je cílem SEK zachovat společnost ČEPS a.s. jakožto provozovatele přenosové soustavy ve výhradním vlastnictví státu a udržet si tak vliv při rozhodování o PS.

Nyní bychom se zaměřili na budoucí vývoj elektroenergetiky do roku 2040 v jednotlivých odvětvích:

a. Obnovitelné zdroje energie

Jejich podpora souvisí s geografickou polohou ČR, možnostmi reálného využívání obnovitelných zdrojů a jejich efektivností.

a) Jaderná energetika

Jaderná energetika by měla mít plnou podporu pro dosažení budoucí pozice základního pilíře výroby elektřiny. Plánované je rozšíření JETE a JEDU. V JETE jde o dostavbu 1-2 nových bloků se jmenovitým výkonem 1000 MW. V JEDU se uvažuje o 1 novém bloku a prodloužení životnosti stávajících 4 bloků.

b. Uhelná energetika

V příštích desetiletích dojde k rekonstrukcím některých UE, které umožní provoz na dalších 25 let. Revitalizované uhelné zdroje by však měly mít vysokou účinnost či umožňovat kogenerační výrobu s vysokou účinností přeměny energie. Důvodem je využívání uhlí s maximální efektivností.

c. Zdroje na zemní plyn

Podíl těchto zdrojů by do roku 2040 měl tvořit asi 15% celkového výkonu zdrojového portfolia a těžit budeme především z výhod jejich provozu. Paroplynové elektrárny jsou velmi flexibilní a umožňují nám stabilizovat ES. Jejich výkonem můžeme pokrýt spotřebu ve špičkách diagramu denního zatížení, neboť připojení zdroje k síti a jeho spuštění zabere jen několik minut. Rychlejšího najeť dosáhneme pouze u špičkových vodních elektráren.

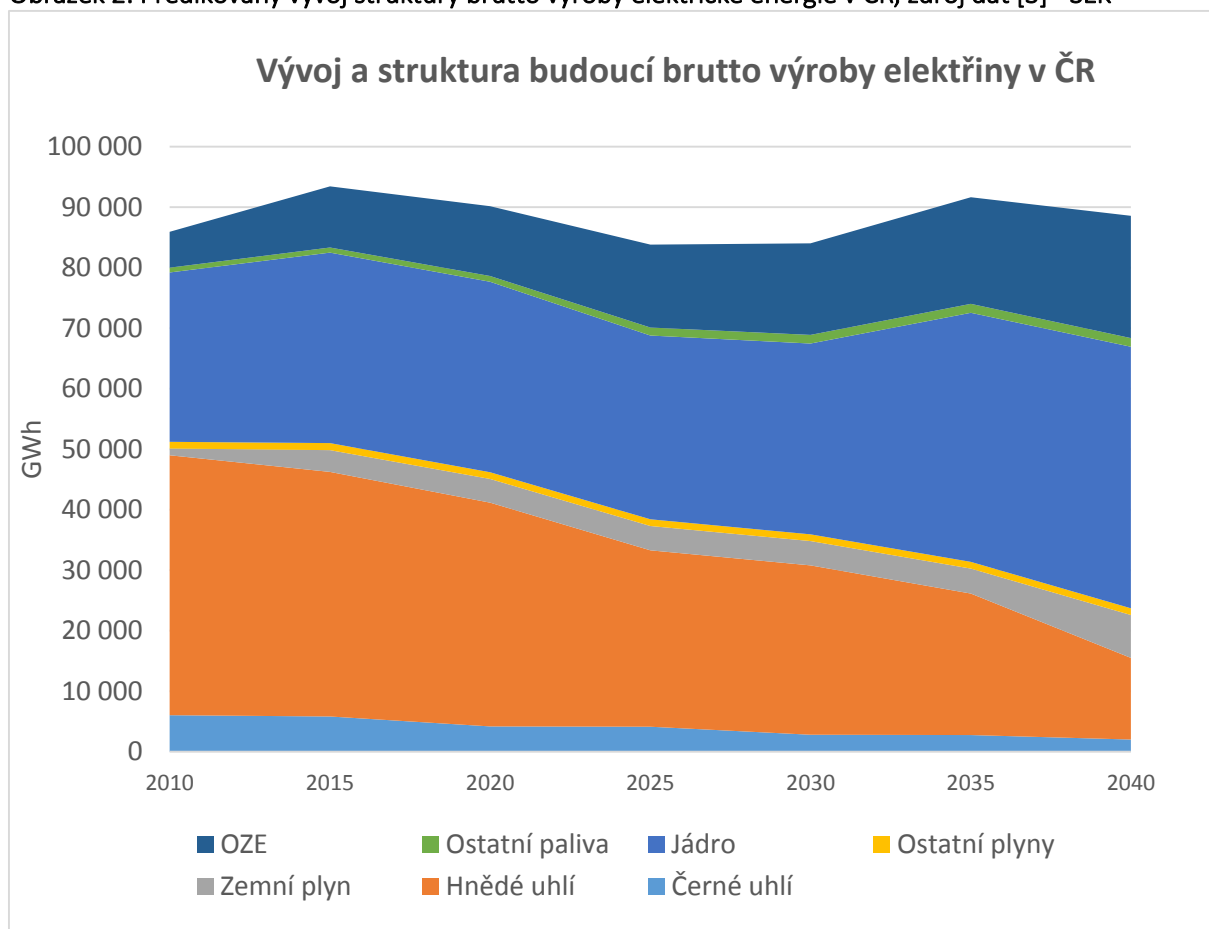
Plánovaný vývoj energetiky ČR do roku 2040 dle aktualizované SEK

Obsahem aktualizované SEK je i plánovaný vývoj energetiky ČR do roku 2040, který shrnuje prognózy pro různá odvětví. Zaměříme se tedy na oddíl zabývající se vývojem a strukturou hrubé výroby elektřiny do roku 2040. Česká republika se nevymyká celosvětovému trendu a prognózy počítají s mírně rostoucím množstvím spotřebované elektřiny. Vývoj popisuje následující tabulka a graf.

Obrázek 1: Predikovaná spektrum brutto výroby elektrické energie v ČR, zdroj dat [3] - SEK

| Brutto výroba v ČR [GWh] | 2010 | 2015 | 2020 | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 |
|--------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Černé uhlí | 6 052 | 5 832 | 4 198 | 4 134 | 2 824 | 2 745 | 1 989 |
| Hnědé uhlí | 42 936 | 40 390 | 36 951 | 29 168 | 27 948 | 23 366 | 13 497 |
| Zemní plyn | 1 126 | 3 625 | 3 914 | 3 973 | 4 044 | 4 127 | 7 101 |
| Ostatní plyny | 1 080 | 1 131 | 1 131 | 1 131 | 1 131 | 1 131 | 1 131 |
| Jádro | 27 998 | 31 495 | 31 495 | 30 384 | 31 495 | 41 178 | 43 205 |
| Ostatní paliva | 815 | 849 | 917 | 1 295 | 1 446 | 1 446 | 1 446 |
| OZE | 5 903 | 10 122 | 11 549 | 13 742 | 15 126 | 17 639 | 20 173 |
| Celkem | 85 910 | 93 443 | 90 156 | 83 826 | 84 013 | 91 631 | 88 542 |

Obrázek 2: Predikovaný vývoj struktury brutto výroby elektrické energie v ČR, zdroj dat [3] - SEK



1.5. Možnosti připojení malého decentralizovaného zdroje k ES v roce 2016

Na základě platnosti novely energetického zákona v účinnost, novelizace prováděcích vyhlášek a souvisejících zákonů, se na počátku roku 2016 významně změnily možnosti provozování malých decentralizovaných výroben elektřiny z OZE.

Například podle § 3 odst. 3 zák. č. 458/2000 Sb., novelizace energetického zákona, není nutné, aby provozovatel výroby elektřiny s instalovaným výkonem do 10 kW byl držitelem licence ERÚ na výrobu elektřiny i přesto, že je výroba připojena k DS (za předpokladu, že ve stejném OM není připojena jiná výroba provozovaná pod licencí ERÚ na výrobu).

Další novinkou je zavedení pojmu mikrozdroj (výrobna s maximální výkonem do 10 kW včetně, se jmenovitým střídavým fázovým proudem do 16 A na fázi a připojená k DS nedodávající však elektřinu do DS) a jeho zjednodušený proces připojení k DS kompenzovaný splněním dalších podmínek.

Možnosti provozování malé decentralizované výroby

Pokud bude uvažováno o připojení malého decentralizovaného zdroje do výkonu 10 kW, existují 4 možnosti provozu:

a) Výrobna pracující do ostrovního systému bez připojení k ES

Provozování výroben nepřipojených k ES s výjimkou těch, které v minulých letech získaly nárok na podporu a pobírají zelené bonusy, nevyžaduje žádnou licenci ERÚ ani jakoukoliv smlouvu s provozovatelem distribuční soustavy.

b) Výrobna ve smyslu podnikání

Pokud by se vlastník rozhodl provozovat svůj malý decentralizovaný zdroj tak, že by veškerou vyrobenou elektřinu dodával do DS a obdržel za ni tržní cenu, musel by být držitelem licence na výrobu elektřiny (jde o podnikání) a musel by projít plným procesem žádosti o připojení výroby k DS. K provozu takové výroby nepostačí jen licence na výrobu, ale nutná je i SoP s PDS a smlouva o dodávkách vyrobené elektřiny s obchodníkem.

c) Mikrozdroj

Na základě platnosti nové vyhlášky č. 16/2016 od 1. 2. 2016 existuje zcela nová kategorie výroben – mikrozdroje. Tyto výroby připojené k DS mohou disponovat maximálním instalovaným výkonem

10 kW včetně se jmenovitým střídavým fázovým proudem do 16 A na fázi. Mikrozdroy je v principu výrobná, která slouží k výrobě pro vlastní spotřebu v místě výroby. Dodávka elektřiny do DS v místě připojení je kromě krátkodobých přetoků, které slouží pro reakci omezujícího zařízení nezvyšující hodnotu napětí v místě připojení, penalizována. Pro mikrozdroye definuje vyhláška nový zjednodušený proces připojení. „Pokud žadatel prokáže, že maximální hodnota impedance proudové smyčky v místě připojení je pro zdroje do 16 A na fázi 0,47 Ω a pro zdroje do 10 A na fázi 0,75 Ω, pak mu na připojení vzniká nárok. Provozovatel distribuční soustavy ho v takovém případě musí připojit a připravit novou smlouvu nebo dodatek ke stávající smlouvě o připojení vlastníka mikrozdroye jako zákazníka (odběratele).“

Chce-li tedy provozovatel decentralizované výrobný využít výhody provozu výrobný bez licence na výrobu a zjednodušeného procesu připojení k DS, musí naopak zabránit přetokům vyrobené elektřiny do DS. Pokud k přetokům přesto dojde, bude uložena provozovateli mikrozdroye pokuta. Další možností je uzavření smlouvy s obchodníkem s elektřinou, který převezme odpovědnost za odchylku.

Pokuty za přetoky u mikrozdroyů: V souvislosti s podmínkami připojení mikrozdroyů k DS pak cenové rozhodnutí ERÚ č. 7/2015, kterým se stanovují ceny za související službu v elektroenergetice a další regulované ceny, v bodu 3.28. písm. d) určuje, jaké pokuty bude platit provozovatel mikrozdroye, pokud v rozporu s vyhláškou nějakou elektřinu do soustavy dodá:

Tabulka 1: Pokuty za přetoky elektřiny z mikrozdroyů do ES, zdroj dat [4] – Cen. roz. ERÚ č. 7/2015

| Hodnota překročení rezervovaného výkonu | Pokuta v Kč/kW/měsíc |
|---|----------------------|
| do 2,5 % včetně z instalovaného výkonu vyroben v OM | 36 |
| od 2,5 % do 5 % včetně z instalovaného výkonu vyroben v OM | 72 |
| od 5 % do 10 % včetně z instalovaného výkonu vyroben v OM | 145 |
| od 10 % z instalovaného výkonu vyroben v OM | 1449 |

d) Výrobná pouze pro vlastní spotřebu

Pokud PDS umožní provozovateli decentralizovaného zdroje plnohodnotné připojení výrobný k DS a nedojde tedy k zjednodušenému procesu mikrozdroye, není poté provozovatel výrobný nucen dosahovat nulových přetoků do DS. Přetoky do DS mohou být prodávány za tržní cenu dohodnutou s některým obchodníkem a příjem za prodej elektřiny je dle současné platné legislativy zdaňován jako „ostatní příjem“. Provozovatel této výrobný nepotřebuje licenci ERÚ na výrobu, ale postačí mu SoP s PDS a dohoda s obchodníkem s elektřinou na výkup elektřiny dodané do soustavy a převzetí odpovědnosti za odchylku tvořenou neplánovanými přetoky.

1.6. Podpora nových decentralizovaných zdrojů ze strany státu

Dle cenové rozhodnutí ERÚ nenáleží novým výrobním využívajícím obnovitelné zdroje energie žádná provozní podpora formou pevně stanovených výkupních cen či tzv. zelených bonusů za výrobu.

Investiční podpora nových zařízení využívajících OZE zde však existuje. Jedná se projekt nazvaný „Nová zelené úsporám“, který byl vyhlášen na konci roku 2015, a slibuje jednorázovou dotaci. Cílem tohoto programu je zlepšit stav životního prostředí snížením množství emisí znečišťujících látek a skleníkových plynů a snížením objemu spotřeby energie v konečném měřítku. Sekundárním cílem je zajistit i zkvalitnění životních podmínek obyvatelstva atp.

Dotace se dělí dle typu objektu na rodinné a bytové domy a já se budu dále zabývat pouze tou částí, která se vztahuje k rodinným domům. Dotaci pro rodinné domy lze žádat především na opatření, která vedou ke snížení energetické náročnosti již stojících budov (A), a na projekty podporující vznik nových nízkoenergetických staveb (B) a zařízení efektivně využívající energetické zdroje, příp. OZE (C).

Tématem této práce jsou decentralizované nové zdroje a budu se proto zabývat dotacemi ze skupiny C - „Efektivní využití zdrojů energie, konkrétně se zaměřím na oblast C.3 - Instalace solárních termických a fotovoltaických (FV) systémů.

Tabulka 2: Podporované typy solárních a FV systému v programu NZÚ, oblast C.3, zdroj: [32] – oficiální web programu NZÚ

| Oblast C.3 - Instalace solárních termických a fotovoltaických (FV) systémů | |
|---|--|
| Podoblast podpory | Typ systému |
| C.3.1 | Solární termický systém na přípravu teplé vody |
| C.3.2 | Solární termický systém na přípravu teplé vody a přitápění |
| C.3.3 | Solární FV systém pro přípravu teplé vody s přímým ohřevem |
| C.3.4 | Solární FV systém bez akumulace elektrické energie s tepelným využitím přebytků a celkovým využitelným ziskem $\geq 1\,700 \text{ kWh.rok}^{-1}$ |
| C.3.5 | Solární FV systém s akumulací elektrické energie a celkovým využitelným ziskem $\geq 1\,700 \text{ kWh.rok}^{-1}$ |
| C.3.6 | Solární FV systém s akumulací elektrické energie a celkovým využitelným ziskem $\geq 3\,000 \text{ kWh.rok}^{-1}$ |

Žadatel o podporu musí být vlastníkem, spoluvlastníkem či stavebníkem rodinného domu (tj. tedy fyzické osoby podnikající i nepodnikající, společenství vlastníků jednotek, bytová družstva, města a obce (včetně městských částí), podnikatelské subjekty, případně další právnické osoby). Žádosti se podávají výhradně elektronicky před zahájením, v průběhu nebo až po dokončení projektu.

Za způsobilé výdaje k dotaci jsou považovány pouze dodávky a služby prokazatelně zahájené a provedené maximálně 24 měsíců po zaevidování žádosti a ne dříve, než 1. 1. 2015.

Jednorázová investiční podpora je určena na základě typu nového zdroje/systému a podoblasti podpory. Celková výše dotace na jednu žádost je omezena na max. 50 % řádně doložených způsobilých výdajů, za které se rozumí všechny výdaje bezprostředně související s přípravou a realizací podporovaného projektu. V oblasti podpory C.3 jsou způsobilé všechny výdaje přímo související s dodávkou a montáží podporovaného.

V oblasti C.3 je podporována instalace solárních termických a fotovoltaických systémů do dokončených rodinných domů a do novostaveb rodinných domů (včetně rozestavěných), podpora na solární fotovoltaické systémy v podoblasti C.3.4, C.3.5 a C.3.6 se poskytuje pouze na systémy připojené k distribuční soustavě po 1. 1. 2016 a v podoblasti podpory C.3.4, C.3.5 a C.3.6 nesmí být maximální instalovaný výkon fotovoltaických systémů vyšší než 10 kWp, V následující tabulce jsou podporované typy systémů v oblasti C.3:

Tabulka 3: Výše podpor pro jednotlivé podoblasti programu NZÚ, oblast C.3, zdroj: [32] – oficiální web programu NZÚ

| 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 | Solární FV systém pro přípravu teplé vody s přímým ohřevem | 35 000 |
| C.3.4 | Solární FV systém bez akumulace elektrické energie s tepelným využitím přebytků a celkovým využitelným ziskem $\geq 1700 \text{ kWh.rok}^{-1}$ | 55 000 |
| C.3.5 | Solární FV systém s akumulací elektrické energie a celkovým využitelným ziskem $\geq 1700 \text{ kWh.rok}^{-1}$ | 70 000 |
| C.3.6 | Solární FV systém s akumulací elektrické energie a celkovým využitelným ziskem $\geq 3000 \text{ kWh.rok}^{-1}$ | 100 000 |

Později se budeme v bodě 4.5 zabývat pouze investicí do podporované podoblasti C.3.4, C.3.5 a C.3.6 (podpora je zde nejvyšší), proto uvedu pouze požadavky na solární fotovoltaické systémy pouze pro podoblasti podpory C.3.4, C.3.5 a C.3.6. Již nyní je naprosto zřejmé, že aby bylo možné dosáhnout na dotaci, je v případě instalace FVE využít buď tepelného využití přebytků výroby, nebo akumulace v bateriích.

Tabulka 4: Primární požadavky pro získání investiční podpory z programu NZÚ v oblasti C3, zdroj: [32] – oficiální web programu NZÚ

| Sledovaný parametr | Označení [Jednotky] | C.3.4 | C.3.5 | C.3.6 |
|---|--|---------|---------|---------|
| Celkový využitelný energetický zisk ze systému | $Q_{ss,u}$ [kWh.rok ⁻¹] | ≥ 1700 | ≥ 1700 | ≥ 3000 |
| Minimální míra využití vyrobené elektřiny pro krytí spotřeby v místě výroby | [%] | 70 | 70 | 70 |
| Akumulace přebytků energie do teplé vody | - | Povinná | Možná | Možná |
| Minimální měrný objem zásobníku teplé vody nebo akumulární nádrže | [l.kW _p ⁻¹] | 80 | - | - |
| Akumulace přebytků energie do akumulátorů | - | Možná | Povinná | Povinná |
| Minimální měrná kapacita akumulátorů | [kWh.kW _p ⁻¹] | - | 1,75 | 1,75 |

Z praktického hlediska je podoblast C 3.4 podřízena pořízení bojleru o velkém objemu – pro FVE o špičkovém výkonu 3kW_p je nutný bojler s objemem min. 240l. V podoblasti C 3.6, která nabízí nejvyšší dotaci, je pro minimální instalovaný výkon 3 kW_p nutná baterie o kapacitě alespoň 5,25kWh. Cena těchto baterií, které jsou dle mého názoru pro FVE o výkonu 3kW_p předimenzované, nepříznivě ovlivní ekonomiku celého projektu.

Rok 2016 s sebou přináší také změny v oblasti daně z elektřiny. Od 1. 1. 2016 jsou osvobození od daně z elektřiny výrobci využívajících malých decentralizovaných výroben (malé FVE, VTE,...). Původně měli tuto daň malovýrobci platit a došlo by k absurdnímu jevu, kdy by se platila daň z elektřiny vyrobené i spotřebované v místě spotřeby. Podmínkou této úlevy je maximální instalovaný výkon 30 kW.

2. Decentrální energetika v konceptu smart grids

2.1. Základní principy chytrých/inteligentních sítí – smart grids

Cílem implementace jednotlivých inteligentních systému, spouštění inteligentních „smart“ regionů a vytváření větších územních celků energetických sítí nesoucích atribut „smart“ je především vytvoření vysoce spolehlivých, efektivně řízených a automatizovaných distribučních sítí. Základním principem je „inteligentní“, interaktivní, komunikace mezi výrobní sférou – zdroji -, distribuční sítí – distribucí, přenosem, vedením – a spotřebiteli – zákazníky – o současných požadavcích spotřeby, možnostech výroby a následné vysoce efektivní řízení. Inteligentní „smart“ síť by měla být schopna spojit využívání energie konvenční spolu s energií pocházející z obnovitelných zdrojů a docílit tak zvýšení celkové spolehlivosti dodávky energie, jakož i zvýšení jakési „čistoty“ dodávané energie spojené s vyšším podílem využívání obnovitelných zdrojů. Přerušeni či snížení dodávek energie v případě výpadku konvenčního zdroje a tedy výpadku konvenčního zásobování regionu distribuční soustavou, je nahrazeno využitím lokálního energetického zdroje například v podobě obnovitelných zdrojů energie (jako jsou FVE, VTE, MVE,...) či kogeneračních jednotek.

Myšlenkou celého konceptu inteligentních sítí neboli Smart Grids je inovativní pojetí distribuční sítě, která je schopná efektivně reagovat na vlivy všech připojených spotřebitelů i centralizovaných a decentralizovaných (lokálních) výrobců energie, jakož i nabídnout těmto subjektům aktivní role a začlenit tyto nové funkce do standardů distribuční soustavy.

2.2. Evropský kontext

SET Plan, EEGI

Iniciativy principů chytrých sítí, tzv. smart grids, započala v evropském měřítku v roce 2010, kdy zahájila svou činnost Evropská průmyslová iniciativa pro chytré sítě (EEGI). Tato činnost byla zahájena v rámci širšího SET plánu a byla tvořena distributory a technologickými společnostmi kladoucími požadavky na rozvoj konceptu chytrých sítí – smart grids. Ve střední Evropě je tato iniciativa zastoupena jediným zástupce distributorů a to Skupinou ČEZ. EEGI se jinak zaměřuje na mnoho prototypových projektů v rámci EU s cílem vyzkoušet jednotlivé funkční celky inteligentních sítí – smart grids – v reálném prostředí. Strategic Energy Technology (SET) Plan je plán, jehož cíl je kladen na snížení emisí skleníkových plynů o 20 % oproti stavu v roce 1990, zvýšení podílu OZE v celkovém energetickém portfoliu na 20 % a zvýšení energetické účinnosti v Evropě o 20 % pomocí užívání nových energetických technologií a splnění tak závazků EU. Aby mohl SET plán

dosáhnout výše uvedených hlavních cílů, klade si své dílčí cíle v mnoha oblastech energetiky, jmenujme například zachycování, transport a ukládání CO₂, rozvoj evropské přenosové a distribuční sítě elektrické energie, vodíkové pohony, palivové články, udržitelný rozvoj jaderné energetiky, zvyšování energetické účinnosti, budování ostrovních smart oblastí - „chytrá“ města - či rozvoj solární a větrná energie v Evropě.

Grid4EU

Významným projektem na území Evropské unie je v současné době „Grid4EU“, projekt který byl plánován na léta 2011-2015, složen z šesti projektů uskutečněných v šesti zemích EU - Francie, Německo, Švédsko, Itálie, Španělsko a Česká Republika. Tento projekt je realizován mezinárodním konsorciem 26 společností složených z největších distribučních společností EU, předních technologických společností z oblasti Smart Grids, universit a výzkumných organizací. Kromě projektu realizovaném v České republice, který je blíže analyzován v následující kapitole, bude v krátkosti pojednáno o dalších významných zahraničních pilotních projektech koncepce smart grids patřících do Grid4EU.

V Itálii došlo ke schválení nařízení o povinné instalaci inteligentních elektroměrů již v roce 2006 a v současné době se inteligentní měřidla nacházejí asi v 95 % italských domácností. Pilotní projekt na jihu Itálie zde připravuje energetický gigant Enel, jehož cílem by mělo být ověření aktivního řízení decentralizovaných zdrojů a spotřeby na hladině vysokého napětí distribuční sítě. Projekt by měl zahrnout asi 8 000 odběrných míst a decentralizovaných zdrojů (převážně FVE a VTE).

Ve Španělsku je kolébkou uplatnění smart technologií lokalita Málaga, kde byl již v roce 2009 spuštěn 4letý pilotní projekt SmartCity. V lokalitě Valencie došlo v roce 2010 též společností Iberdola ke spuštění dalšího „smart“ projektu pokračujícím v testování řízení distribučních sítí na hladinách NN i VN za pomoci implementace víceúrovňového inteligentního měření (tzv. Smart Meteringu).

Nás západní soused, Spolková republika Německo, projekty koncepce Smart Grids silně podporuje již od vládní úrovně a začala s pilotním projektem vytvoření inteligentní sítě v roce 2009 v regionu Karlsruhe-Stuttgart na jihozápadě SRN pod označením MeRegio. Projekt byl spuštěn konsorciem firem a univerzity v Karlsruhe přičemž bylo do projektu zahrnuto kolem 1 000 odběrných míst v domácnostech, průmyslových podnicích či výrobních subjektech. Další „smart“ projekt je realizován v lokalitě města Mannheim pod názvem MoMa (Model City Mannheim), sejně tak jakou jsou další projekty spouštěny velkými provozovateli distribučních sítí (e.ON, RWE,...).

Ve Francii došlo ke spuštění pilotních projektů Smart Grids v roce 2010, kdy energetická společnost ERDF spustila projekt Smart Grids ve 2 regionech obsahujících kolem tří set tisíc koncových zákazníků

v podobě domácností. Ze zkušeností získaných z tohoto projektu bude čerpáno při instalaci inteligentních měřičů Smart Meters v 35 milionech francouzských domácností v letech 2012 – 2017. Společnost ERDF se zaměřuje též na spuštění rozsáhlého projektu založeného na nové architektuře distribučních sítí na napěťových hladinách nn i vn v jižní Francii, v oblasti Nice. Principem projektu bude implementace lokálních výroben elektřiny, testování systému active demand response, způsobů akumulace elektřiny, inteligentních budov i hustoty infrastruktury dobíjecích stanic elektromobilů.

2.3. Smart grids v ČR – mikroregion Vrchlabí

Jak již bylo uvedeno výše, skupina ČEZ jako jediný subjekt ve střední Evropě a tedy i v naší republice, spustila v roce 2010 pilotní testování inteligentních sítí v oblasti Vrchlabí. Tento region se nyní může v energetické sféře pyšnit přívskem „smart“ a výsledky testování budou zajisté velmi užitečné pro další rozvoj inteligentních sítí a jejich nasazování do reálného prostředí nejen v České republice, nýbrž v cele Evropské Unii. V rámci tohoto pilotního projektu je Skupina ČEZ partnerem v konsorciu šesti distribučních společností Evropy (Enel, ERDF, Iberdrola, RWE, Vattenfall a ČEZ), které realizují šest největších pilotních projektů v segmentu inteligentních sítí na území Evropské unie pod záštitou společného projektu „Grid4EU“.

Tento projekt je oficiálně pojmenován jako Smart Region Skupina ČEZ a testuje se v něm provoz smart elektroměrů (konkrétně dodaných firmou Hewlett-Packard na základě výběrového řízení) včetně interaktivního zapojení zákazníků, zapojování lokálních decentralizovaných výrobních zdrojů (např. kogenerace, FVE, atd.), pokročilé IT řízení a elektromobilita. Skupina ČEZ spolupracuje přizvádění technologických novinek se čtyřmi partnery z mezinárodního konsorcia 26 předních společností realizujících projekt „Grid4EU“. Konkrétně jde o společnosti ABB ČR, Cisco ČR, Current Technology a Siemens ČR dodávající Skupině ČEZ inovativní technologie nutné pro možnost realizace inteligentních sítí v rámci pilotního projektu Smart Regionu Vrchlabí.

Důvodem, proč byl pro budování Smart Regionu Skupiny ČEZ zvolen mikroregion Vrchlabí existuje hned několik. Jednak se jedná o lokalitu blízkou Krkonošskému národnímu parku a přínos projektu je významný i z hlediska ekologického, jednak má tento mikroregion vhodnou velikost, zapojitelné obnovitelné zdroje energie i reálnou možnost připojení kogeneračních jednotek na společnou výrobu elektrické energie a tepla. V neposlední řadě stála za vznikem smart mikroregionu Vrchlabí i vstřícná stanoviska a podpora vedení města.

Vytvoření Smart Regionu Skupiny ČEZ v mikroregionu Vrchlabí je spojeno s vybudováním moderních distribučních sítí odpovídajícím požadavkům spotřebitelů (zákazníků) i výrobců, zajištění spolehlivé obousměrné komunikace mezi distribuční sítí a zákazníky a implementace nových prvků jakou jsou například dobíjecí stanice pro elektromobily. Na straně zákazníků bylo nutné provést změny v oblasti způsobu měření spotřeby elektrické energie, konkrétně možnost kontinuálního sledování, a optimalizace řízení spotřeby pomocí smart elektroměrů. Technologické novinky smart regionu byly založeny na budování dobíjecích stanic pro elektromobily a provozem elektromobilů, testováním bezdrátových (wireless) IT technologií sloužících k dálkovému přenosu dat, instalací lokálních řídicích systémů distribuční soustavy s možností rychlého zásahu v případě poruchy či komponent na úrovních vysokého i nízkého napětí sloužících ke kontinuálnímu monitoringu a vybavených funkcí automatického dálkového řízení. Na straně výroby elektřiny došlo k výstavbě decentralizovaných lokálních energetických zdrojů (kogeneračních jednotek) spojených se zajištěním dodávek elektrické energie do distribuční sítě a teplo do sítě centrálního zásobování teplem přímo v mikroregionu. Výrobní zdroje ve smart regionu budou též podrobeny havarijním testovým zkouškám ostrovního provozu.

2.4. Smart Metering – Inteligentní měření

Úvodem o inteligentním měření

Aby byl přínos inteligentních sítí maximální, je velmi důležité zajistit uživatelům inteligentních sítí, tj. výrobcům elektřiny, distributorům i spotřebitelům, dostatek informací potřebných k rozhodování o využívání energií. Právě zajištění této přímé komunikace umožňují tzv. inteligentní měřidla.

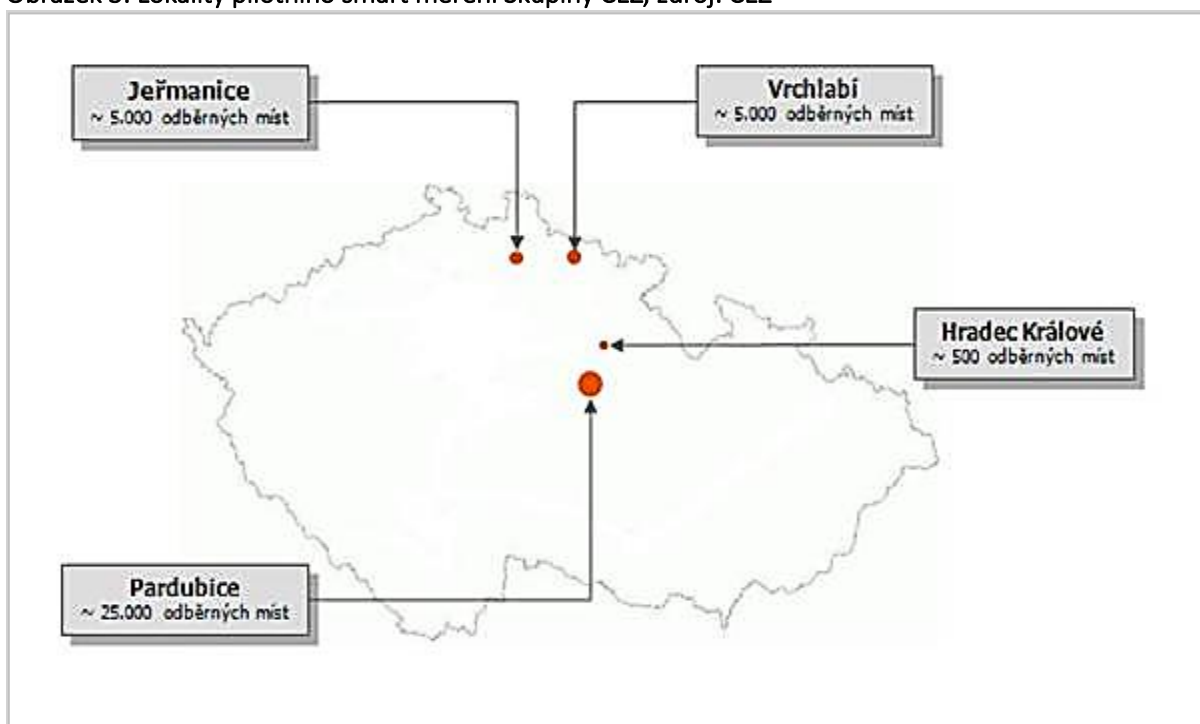
Toto inteligentní měření (Smart Metering) buduje společnost ČEZ v rámci pilotního projektu Smart regionu Vrchlabí instalací nových inteligentních elektroměrů (Smart Meters). Tyto inteligentní elektroměry jsou jedním ze stavebních kamenů celých inteligentních sítí (Smart Grids) a jsou instalovány každému odběrnému místu. Mimo mikroregion Vrchlabí bylo již dříve v rámci pilotního projektu smart měření instalováno kolem 5 000 smart elektroměrů v domácnostech lokalit Pardubice a Jeřmanice. Prvních 40 000 kusů smart elektroměrů dodala pro Skupinu ČEZ společnost Hewlett-Packard.

Koncoví spotřebitelé energie ve výše uvedených lokalitách mají lepší přehled o vlastní energetické spotřebě a nabízí se jim nové možnosti její regulace. V budoucnosti by si zákazníci měli moci vybrat z mnohem širší nabídky tarifů přizpůsobených lépe jejich konkrétním potřebám. Smart elektroměry budou schopné spínat jednotlivé spotřeby v různé denní doby na základě smluvních podmínek

jednotlivých tarifů, čímž se posuneme o úroveň dále oproti dnešnímu systému HDO. Kontinuální data, která nám inteligentní měřidla nabízejí, povedou k optimalizaci spotřeby a výroby elektřiny v každém okamžiku, potažmo ke snížení nákladů za spotřebovanou elektřinu díky lepšímu přehledu o jejím využívání. Mezi základní atributy smart elektroměru patří:

- dálkový odečet dat (nejen energie, ale také plynu, vody...)
- možnost využívání nového širšího spektra tarifů (možnost snížení spotřeby i nákladů na energii spínáním spotřebičů při výhodných tarifech)
- u malých decentralizovaných zdrojů sledování bilance odebrané a i zpět do sítě dodané elektřiny

Obrázek 3: Lokality pilotního smart měření Skupiny ČEZ, zdroj: ČEZ



Typy elektroměrů

- Klasický elektroměr

V současnosti ho používá drtivá většina domácností. Tento elektroměr měří průběžně spotřebu elektrické energie odběrného místa a data si ukládá do vlastní paměti. Tento registr je jednou ročně odečten pracovníkem distributora, data jsou předána dále a na jejich základě je vytvořena faktura. Nikdo ovšem nedokáže nic říci o průběhu spotřeby elektrické energie během sledovaného období a pro potřeby predikce se u maloobděratelů (zákazníku skupiny D) používají modely, tzv. typové diagramy dodávky.

- Inteligentní „smart“ elektroměr

Smart elektroměry měří spotřebu téměř kontinuálně, konkrétně každých 15 minut ukládají data do své paměti. Kromě samotné spotřeby měří i mnoho dalších dat jako napětí, frekvenci, odchylky od požadovaných parametrů či narušení prostoru elektroměru magnetickým polem a zásah o elektroměru. Naměřená data se automaticky dálkově přenášejí do datového centra distributora, kde se využívají pro efektivnější řízení sítě a efektivnější řízení vyrovnané výkonové bilance, potažmo obchodní řízení nákupu elektřiny apod.

2.5. Uplatnění decentralálních energetických zdrojů v konceptu smart grids

Poslední léta jsou v energetice typická tím, že probíhá významná změna, trend, který je označován jako decentralizace. V minulosti bylo zvykem centralizovat výrobu elektrické energie do velkých elektráren s gigawattovými výkony. Tyto zdroje vznikali převážně v blízkosti zdrojů paliv (uhelných dolů v případě uhelných elektráren) a byly tak zajištěny úspory nákladů na dopravu paliva. Z opačné strany, centralizací výroby pouze do určitých regionů vznikala v historii postupně vyšší a vyšší náročnost na infrastrukturu zajišťující dopravu elektřiny do míst konečné spotřeby. S růstem této technické náročnosti rostly samozřejmě i náklady na dopravu komodity.

Může se to zdát jako paradox, ale v dnešní době je moderní využívat své vlastní malé elektrárny. Logický proces centralizace, který probíhal v minulosti a přinášel především úspory z rozsahu výroby je v dnešní době částečně nahrazen trendem decentralizace. Technologie se dnes zlevnily natolik, že je možné stavět mikrozdroje s výkonem od jednotek kW zajišťující například dodávky elektřiny pro rodinný dům či produkci energie do distribuční sítě. Ať již se jedná o „profláknuté“ fotovoltaické elektrárny, větrné elektrárny, malé vodní elektrárny, bioplynové stanice, elektrárny spalující biomasu či konvenční zdroje v podobě kogeneračních jednotek spalujících plyn, vždy s sebou decentralizace přináší mnoho kladů i záporů.

Hlavním motorem decentralizace je zajisté vidina alespoň dílčí nezávislosti v zajištění dodávek elektrické energie pro vlastní spotřebu. V ČR vzniklo v posledních letech kolem 15 000 nových energetických zdrojů, což s sebou nese i mnoho komplikací. Elektrická energie je bohužel neskladovatelná. Pokud pomíneme možnosti její akumulace v PVE, relativních drahých bateriích či regulaci spotřeby např. systémem HDO či chytrých sítí, je potřeba, aby byl v každém okamžiku

vyrobený elektrický výkon roven součtu ztrát a spotřeby. Výroba v decentralizovaných obnovitelných zdrojích je bohužel těžko predikovatelná, není nijak centrálně řízená, a klade si vysoké nároky jednak na kapacity sítí a jednak na rezervní výkon v síti pro případ jejího nahrazení. Pozitivum decentralizované výroby, kdy se zvyšuje energetická soběstačnost určitých lokalit a snižují se náklady na dopravu elektřiny ze vzdáleného místa výroby do místa spotřeby je bohužel kompenzována negativem v podobě vyšších nároků na síťovou infrastrukturu (v případě vysoké výroby je nespoteřovaná elektřina dodávána do jiných míst v ES / v případě nízké výroby je nutno zbytek energie dodat z konvenčních zdrojů) a na velikost rezervovaného výkonu v pohotovosti pro případ zajištění dodávek v případě malého výkonu decentralizovaných zdrojů.

Decentralizace postupuje tzv. „odspoda“, kdy si koncoví zákazníci (vlastně již výrobci) elektřiny budují zdroje malých výkonů bez regulace ze strany provozovatele přenosové soustavy, ze strany provozovatele distribuční soustavy ani ze strany státu. Na vznik tisíců nových decentralizovaných zdrojů a komplikací s nimi spojených je často hlasitě poukazováno ze strany provozovatelů distribuční i přenosové soustavy.

Historické uspořádání energetiky v podobě výroba → přenos → distribuce → spotřeba je dnes poněkud pozměněno. Vznikem mnoha malých decentralizovaných zdrojů připojených k DS se koneční spotřebitelé stávají současně výrobci, mohou vlastně obracet směr toku elektřiny v distribučních sítích a v konvenčním schématu vzniká chaos.

Pokud bych měl subjektivně rozhodnout, zda je lepší centralizovaná či decentralizovaná energetika, byla by má odpověď jejich kombinace. Obě varianty mají své klady i zápory a jejich kombinací můžeme dosáhnout nejlepších výsledků. Společným problémem vztahujícím se ke všem zdrojům, pramenícím z podstaty neskladovatelnosti elektřiny je pojem regulace.

Hlavní negativum malých decentralizovaných obnovitelných zdrojů a jejich nevyrovnaná výroba související s nevyrovnanou spotřebou má negativní vliv na zajištění stability sítí, což je kritiky decentralizace často a oprávněně připomínáno. Nevyrovnaná a těžko předpověditelná spotřeba elektřiny se však týká i centralizované energetiky. Jde o problém moderní doby, kdy je elektřiny používána prakticky ke všemu a není lehké odhadovat na základě DDZ pro různá období a různé lokality budoucí velikost spotřeby. Centralizované konvenční sítě řeší tuto nejistotu ve velikosti spotřeby vyšší produkcí a následným prodejem přebytků.

Pro zvýšení efektivity decentralizovaných zdrojů, kdy omezíme dodatečné náklady v záložním výkonu, je nutné predikovat velikost výkonu na straně výroby i spotřeby. S pokrokem v oblasti meteorologie se zpřesňují předpovědi počasí mající vliv na výkon FVE, VTE i VE a potažmo na predikci strany

výroby. Na straně spotřeby je velmi těžké odhadnout výkon v budoucnosti. S využitím regulace na straně spotřeby, potažmo s využitím chytrých sítí, můžeme tyto předpovědi velmi zpřesnit a odporovat tak častým kritikám decentralizace z důvodu negativního vlivu nevyrovnané spotřeby a nevyrovnané produkce elektřiny na zajištění stability dodávek všem zákazníkům.

Základní chybou je chápání pojmu smart grids a smart meteringu v ČR. Dle mého názoru je často omezováno pouze na zobrazení určitých fyzikálních veličin online a možnosti rozlišit více tarifů tarif. Hlavním přínosem je podle mého názoru sběr dat ze všech míst spotřeby a jejich možná další analýza umožňující lepší odhady budoucí spotřeby. Tato zpětná vazba na predikci je rozhodně velmi významná a spolu s vyšší možností řízení spotřeby v chytrých sítích přináší do ES zcela nové možnosti.

Pro lepší představu bude uveden následující příklad. Smart ELM neměří jaká je pouze současná spotřeba a neumožňuje přistupovat k těmto datům v reálném čase, nýbrž počítá i s profilem spotřeby v odběrném místě. Předpokládá, kdy dojde k zapnutí televize, kalkuluje, kdy bude o víkendu vařit nebo zprostředkuje do sítě informaci, že v nejbližší době bude nutné nahřát bojler. Smart ELM dokáže rozdělit spotřebiče na časově závislé, nutné napájet přímo v daném momentě) a spotřebiče časově nezávislé, jejichž doba sepnutí může být odložena (bojler, akumulární topení, sepnutí myčky, pračky, sušičky,...). Možná někdo namítne, že tento přístup je zbytečně komplikovaný a podobnou funkci splní již léty osvědčený systém HDO. Bohužel s tímto nemohu zcela souhlasit.

V současné době se není spotřeba elektřiny lehce předvídatelná a nedá se popsat několika diagramy. „Chytré sítě“ a výpočetní výkon je navíc stále levnější a podle mého názoru se v dlouhodobém horizontu zřejmě vyplatí investovat do chytrých sítí než udržovat regulační zdroje v plném rozsahu. Paroplynové elektrárny čekající na najetí v případě náhlého zvýšení spotřeby také nejsou zrovna nejlevnější.

3. Analýza jednotlivých prvků decentrální energetiky

Mezi prvky decentrální energetiky obvykle řadíme protiklad konvenčních zdrojů typu uhelných a jaderných elektráren, tedy především obnovitelné zdroje energie a kombinovanou výrobu elektrické energie a tepla (KVET, kogenerace).

3.1. Obnovitelné zdroje energie (OZE)

Mezi obnovitelné zdroje energie patří v ČR zdroje využívající energii vody, větru, slunečního záření, pevné biomasy a bioplynu, geotermální energii a energii kapalných biopaliv. Jednotlivá odvětví OZE jsou různě významná a v rozdílné míře se podílejí na výrobě. V roce 2014 tvořily OZE asi 11 % z celkové tuzemské brutto výroby elektřiny.

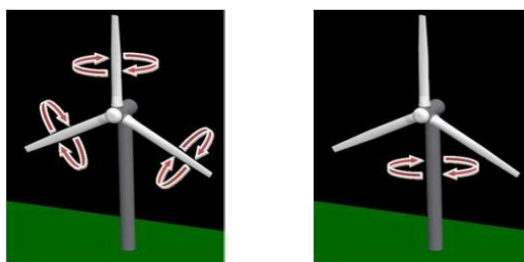
(Malé) vodní elektrárny – (M)VE

Postavení vodních elektráren v ČR je v dnešní době stabilní, jejich podíl na výrobě elektřiny, který je dnes kolem 3,5 %, se s vysokou pravděpodobností nebude v budoucnu zvyšovat. K výstavbě významných vodních děl již nedochází, zejména z důvodu vyčerpání energetického potenciálu českých řek. Poslední možnosti rozšíření tohoto odvětví tkví ve formě malých vodních elektráren (MVE), které by mohly být postaveny na některých vodních tocích. Významnou vlastností vodních elektráren je vykrytí výpadků jiných zdrojů a vykrytí špičkových odběrů. Přečerpávací vodní elektrárny, kterými ČR také disponuje, mají akumulární funkci a využívají se primárně ke krytí špičkového zatížení.

Větrné elektrárny - VTE

Dalším zdrojem patřícím mezi obnovitelné jsou větrné elektrárny. Největším problémem pro využití energie větru v našich geografických podmínkách je nalezení správné lokality. Souběžné větrné elektrárny sice disponují řízením, které umožňuje natáčet lopatky i samotný větrák, viz následující obrázek, přesto však potřebují ke správné funkci vítr o určité rychlosti.

Obrázek 4: Natáčení lopatek a celého větráku k řízení výkonu [10]



V následující tabulce je přibližně zachycen vliv rychlosti větru na výkon větrné elektrárny, důležité je zajistit především stabilní vítr rychlosti kolem 10 – 15 m/s.

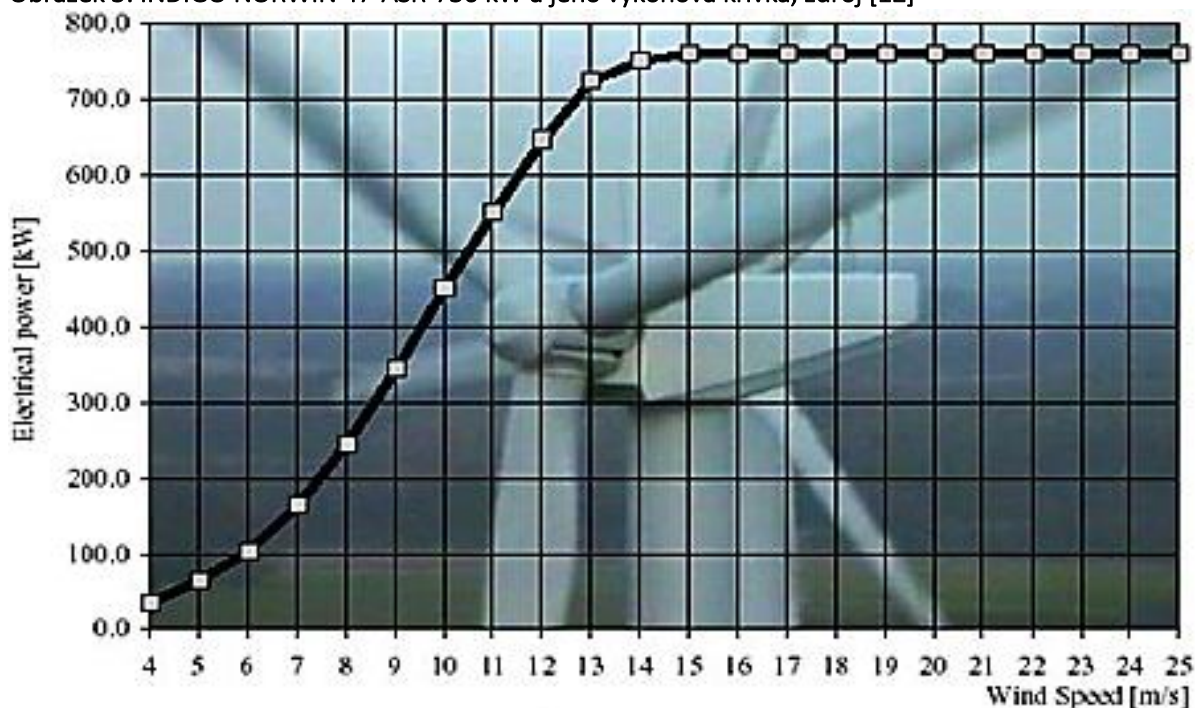
Tabulka 5: Provoz větrné elektrárny v závislosti na rychlosti větru, zdroj [11]

| Rychlost větru [m/s] | |
|----------------------|--|
| 4 | Minimální rychlost pro chod elektrárny |
| 10 | Oblast středního výkonu, cca. 70-80% jmenovité hodnoty |
| 12,5 | Jmenovitá hodnota, dosahujeme 100% výkonu |
| 25 | Odstavení elektrárny z bezpečnostních důvodů ... |

S rychlostmi větru pod 4 m/s neposkytuje větrná elektrárna téměř žádný výkon. V mezích 5-12 m/s nabízí VTE pouze omezený výkon v rozmezí 30 až 80 % jmenovitého výkonu a s rychlostí větru mezi 12 až 20 m/s poskytuje přibližně jmenovitý výkon. V této oblasti je samozřejmě nejvýhodnější VTE provozovat. Moderní technologie jako např. natáčení lopatek či převodovka mezi turbínou a generátorem umožňují udržet úroveň výkonu blízko jmenovité hodnotě i pro rychlosti větru až do 25 m/s (viz Obrázek 5). U starších elektráren, které těmito technologiemi nebyly vybaveny, docházelo při překročení jmenovité hodnoty rychlost větru k poklesu výkonu. Přesto při překročení 25 m/s dochází i dnes k odstavení větrných elektráren z bezpečnostních důvodů.

Pro přesnější představu přikládám fotku a výkonovou křivku velké větrné elektrárny kanadského výrobce Indigo, model NORWIN 47-ASR-750 kW s průměrem rotoru 47 metrů vybavenou systémy aktivní regulace (natáčení lopatek, převodovka atd.) dovolujícími kompenzovat proměnlivou rychlost větru k udržení stálého výkonu.

Obrázek 5: INDIGO NORWIN 47-ASR-750 kW a jeho výkonová křivka, zdroj [12]

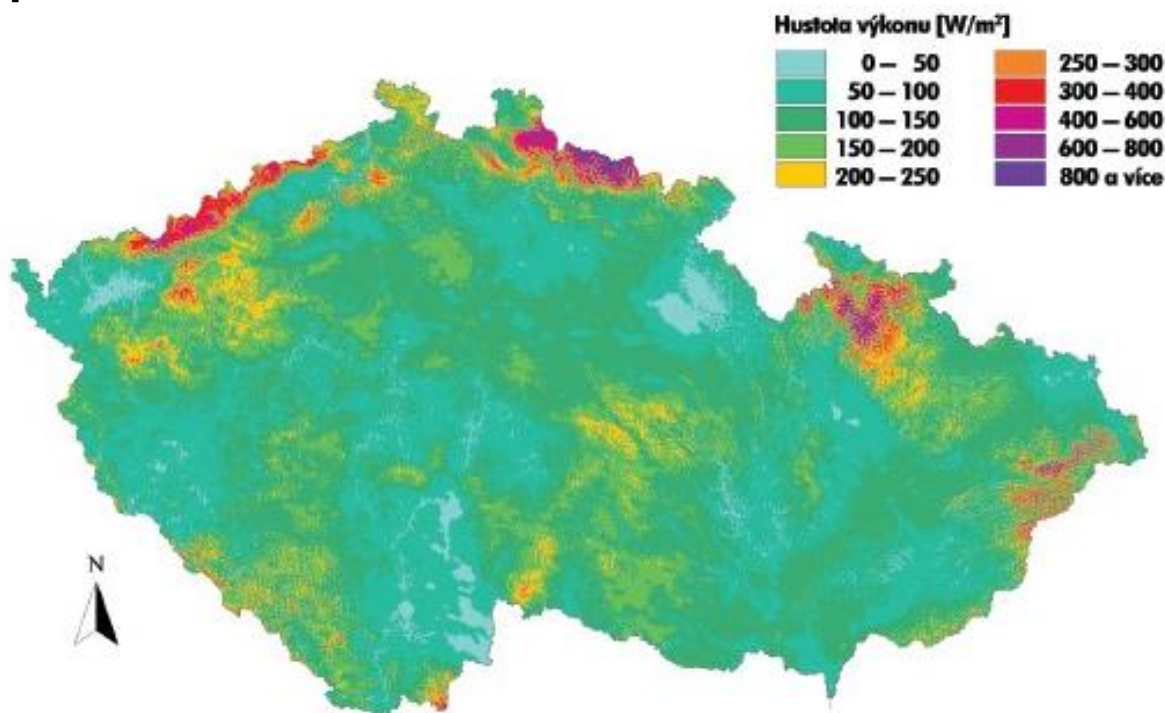


Obrázek 6: INDIGO NORWIN 47-ASR-750 kW, zdroj [12]



Pokud se zaměřím podrobněji na využití větrných elektráren v ČR, rád bych se zmínil o článku Větrná energetika na území ČR a u sousedů [13]. Na následující mapě, vyňaté z výše uvedeného článku, je dle rychlosti větru v daných oblastech a její stability vytvořen přímo model potenciální hustoty výkonu větrných elektráren na území ČR.

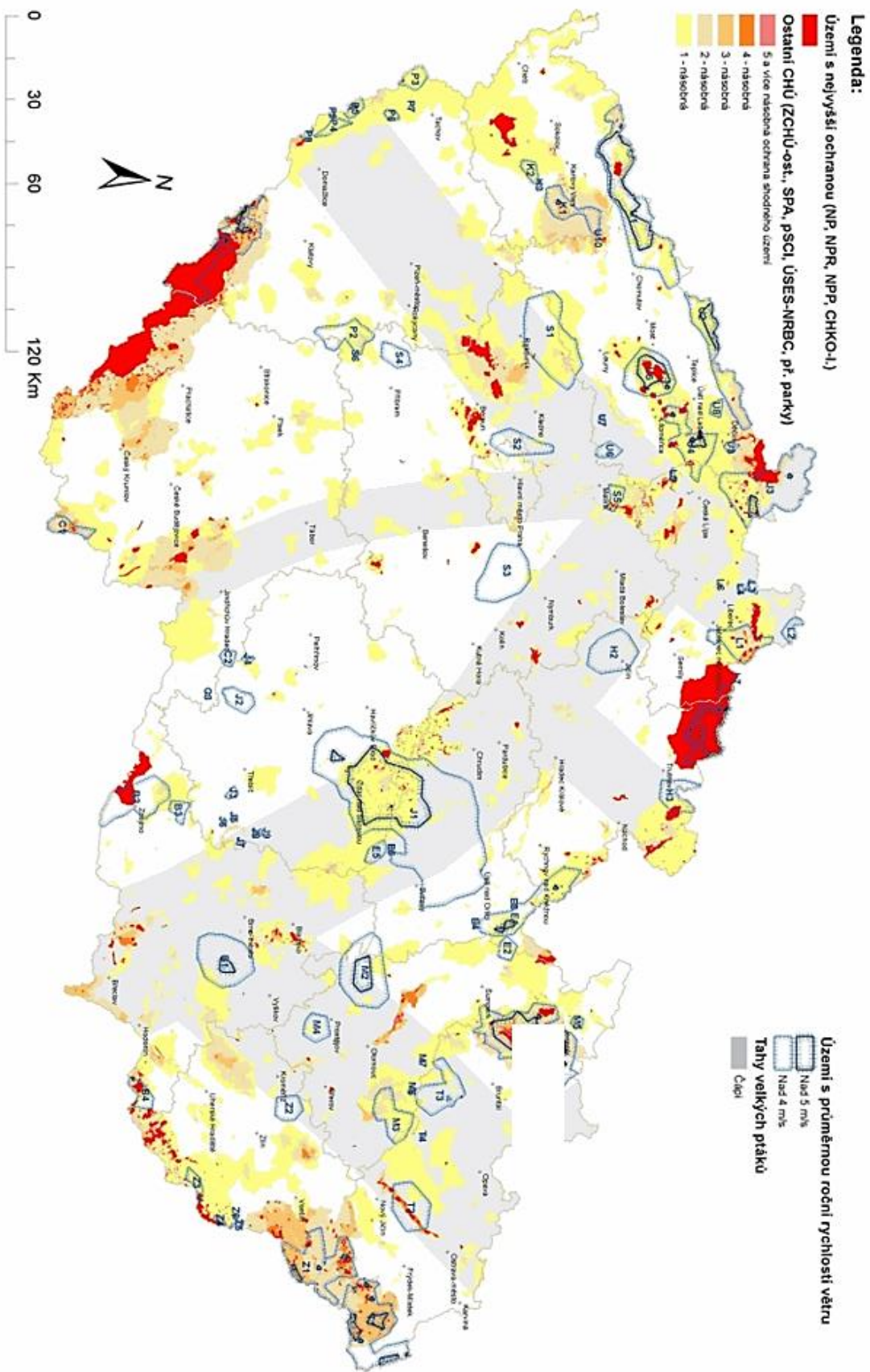
Obrázek 7: Prostorové rozložení hustoty výkonu větru [W/m^2] na území ČR ve výšce 40 m nad povrchem [13]



Na mapě vidíme, že ideálních míst pro provoz větrných elektráren se stabilním větrem je v ČR velmi málo - oranžové až fialové odstíny. Hledání vhodných lokalit pro umístování VTE je tedy velmi obtížné. Vhodné lokality se často nacházejí v horách, na území NP či CHKO, kde je výstavba větrných elektráren velmi problematická a navíc musíme brát zřetel i na další faktory, jako jsou směry tahů velkých ptáků a podobně. Tyto omezení zobrazuje následující mapa:

Území vhodná pro umístění větrných elektráren

rozbor závaznosti střetů s ochranou přírody



Obrázek 8: Území vhodná pro umístění větrných elektráren v ČR, zdroj [14]

Geotermální zdroje

Velmi omezený potenciál mají v České republice geotermální zdroje. Jejich hromadné rozšíření je nereálné, protože by byly potřebné velmi hluboké vrty, které jsou jednak těžko realizovatelné a jednak velmi drahé. Rozšíření využití geotermální energie v naší lokalitě střední Evropy je spíše možnou otázkou velmi vzdálené budoucnosti.

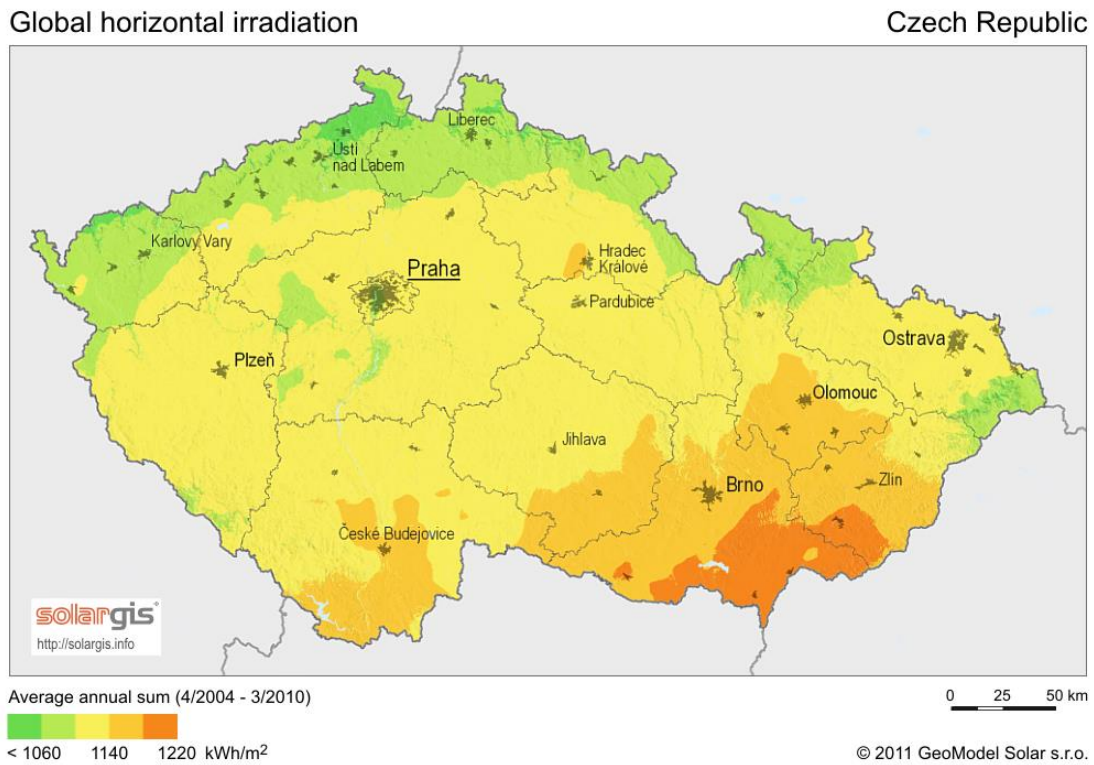
Fotovoltaické elektrárny - FVE

Bez problému se dnes neobejde ani oblast využití sluneční energie. Toto odvětví bylo ze strany státu v posledních letech silně podporováno, čímž došlo k masivnímu nárůstu instalovaného výkonu ve fotovoltaických elektrárnách (dále jen FVE) a tím pádem i k významnému zvýšení objemu elektřiny vyrobené ve FVE. Relativně velký objem nerovnoměrné a těžko predikovatelné výroby v těchto zdrojích je spojen s nároky na přenosové kapacity, s technickými limity sítí², s nárůstem nákladů spojených s dotovanou elektřinou z FVE a s rapidním nárůstem spotřebitelského Příspěvku na POZE. Proto bychom měli problém vysokých dotací řešit stejně jako v jiných evropských státech, kde se projevil negativní dopad silné státní podpory v rychlém nárůstu množství fotovoltaických elektráren. Solární zdroje energie by měly být využívány především jako decentralizované zdroje malých výkonů zásobující budovy elektřinou či teplou vodou umístěné například na střechách budov. Na základě platných legislativních podmínek platných v roce 2016 nejsou nové FVE investičně ani provozně podporovány. Provozní podpora FVE uvedených do provozu v minulých letech pokračuje podle plánu a k postupnému vypršení dojde až po roce 2030.

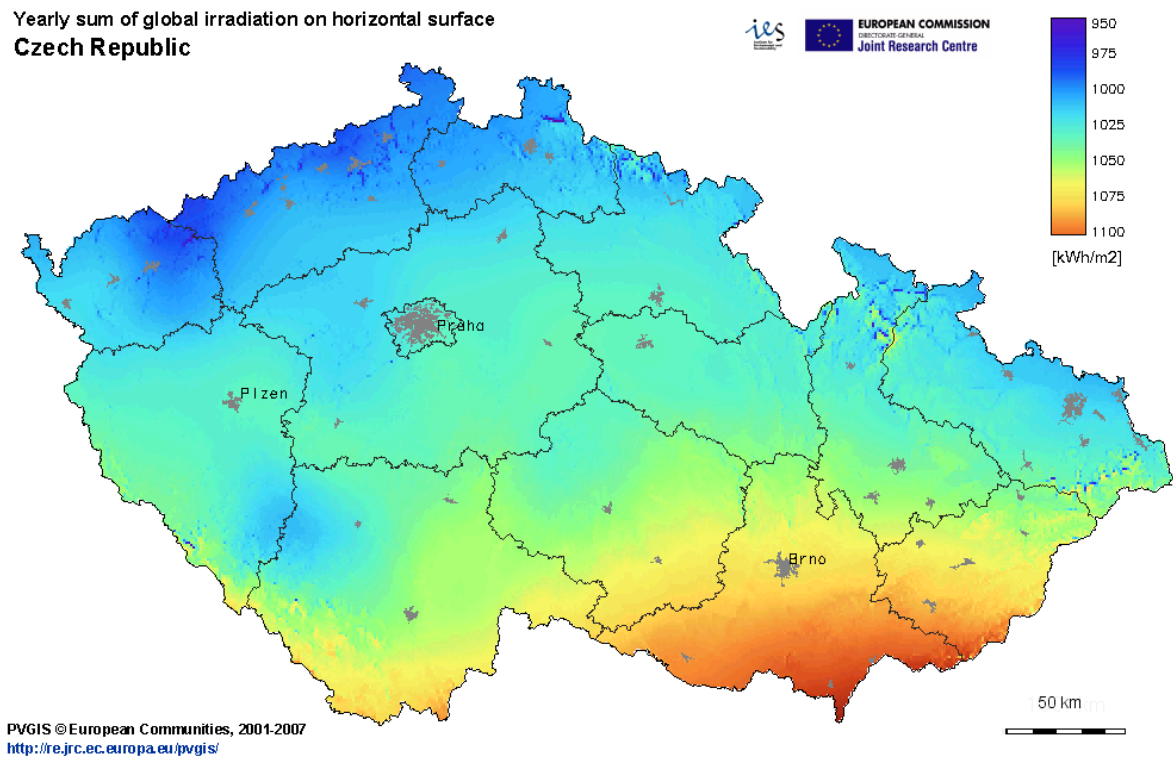
Ať se budou fotovoltaické panely používat k jakýmkoliv primárním účelům, jejich energetický potenciál bude vždy záviset na množství slunečního záření, které dopadne na plochu panelů. Dle dlouhodobých měření můžeme sestavit mapy globálního slunečního záření dopadajícího na m² povrchu za rok. Následující mapa zobrazuje potenciál využití fotovoltaických elektráren v ČR. Pozornost by měla být kladena především na místa s nejvyšší hodnotou ročního globálního slunečního záření dopadajícího na povrch.

² fotovoltaické elektrárny vyrábějí DC proud, nutné jsou střídače, zároveň při změnách intenzity slunečního svitu dochází k velkým změnám vyráběného množství a to vše destabilizuje síť

Obrázek 9: Mapa globálního slunečního záření na území ČR [kWh/m²],[15]



Obrázek 10: Mapa globálního slunečního záření na území ČR [kWh/m²],[16]



3.2. Vliv decentralní energetiky na ostatní zdroje v ČR

Ani s relativně vysokou státní podporou, především v oblasti FVE, zatím nedokázal segment OZE nahradit významnou část fosilních zdrojů, což je mimo jiné dáno i nestabilním dodávaným výkonem z fotovoltaických a větrných elektráren, který je nerovnoměrný, neřízený, závislý na počasí, a základní zatížení nemůže být tedy pokryto pouze těmito výrobními zdroji.

Výhled do budoucnosti:

Česká republika se zavázala, že do roku 2020 bude 13,5 % hrubé výroby energie pocházet z obnovitelných zdrojů. V roce 2014 jsme se s hodnotou roční brutto produkce elektřiny v OZE 9 170 GWh a celkovou roční brutto výrobou 86 000 GWh dostali k 11%. Velkým problémem však zůstává konkurenceschopnost ČR vůči zemím, které mají nižší závazky na ochranu životního prostředí či nižší náklady spojené s nižším stupněm hospodářského rozvoje (USA, Čína, Indie,...). ČR se i přes nejisté požadavky a vývoj politiky EU pokusí po roce 2020 splnit své závazky a 13,5 % brutto výroby získávat z OZE. Tohoto cíle je podle mého názoru možné dosáhnout pouze s investiční či provozní podporou ze strany státu, která by měla být postupně tlumena. Vývoj instalovaného výkonu v OZE a z něho plynoucí požadavky na přenos, by měly směřovat k mezinárodní spolupráci. Například ČR a SRN by společným úsilím na využití OZE mohli rozdělit zájmy. Německo, které má na severu území příhodné podmínky pro rozvoj větrných zdrojů, by se soustředilo na výrobu ve větrných elektrárnách a ČR by se naopak zaměřila na rozvoj infrastruktury sítí, která by umožnila přenos elektřiny ze severu Německa na jih přes naše území. Tento přenos totiž už dnes často probíhá a není za něj nikdo penalizován. Země, které svými zdroji způsobí nadměrné zatížení energetických sítí jiného státu, by se dle mého názoru měla podílet i na nákladech spojených s posílením této cizí infrastruktury. To však podle současných směrnic EU není nijak povinné. Tabulka 6 zobrazuje historický vývoj výroby elektřiny v obnovitelných zdrojích a **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** její ředpokládaný vývoj. Dle aktualizované SEK by mělo do roku 2040 dojít k nárůstu ročního množství energie vyrobené v OZE přibližně na dvojnásobek oproti roku 2014. Podrobnější přehled elektřiny vyrobené v OZE v minulých letech zobrazuje v Tabulka 6. Při jejím pozorování je patrné, že se prozatím daří přibližně plnit cíle SEK. Otázkou zůstává, které OZE by se měly podílet na zdvojnásobení ročního množství vyrobené elektřiny. Možnosti využívání energetického potenciálu vody jsou u nás téměř vyčerpané a elektřina vyráběná těmito zdroji by měla být i v budoucnu prakticky konstantní (pomineme-li vliv počasí v různých letech a instalace nových MVE). Elektrárny využívající bioplyn a biomasu považují za velmi perspektivní. V oblasti spalování biomasy by mělo dojít přibližně k zdvojnásobení vyrobeného ročního množství a elektrárny využívající bioplyn budou udržovat svůj současný stav. Největším podílem by se

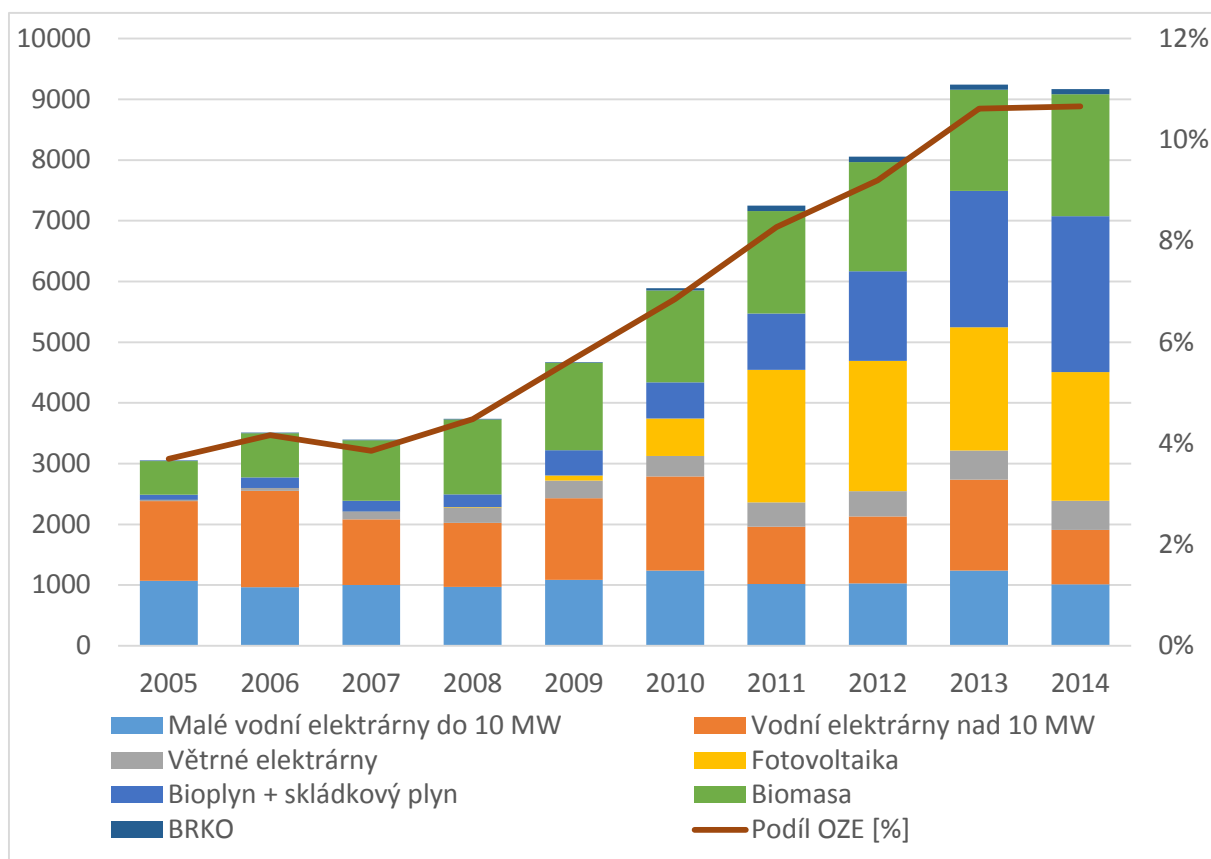
ale na zvýšení podílu OZE měly podílet fotovoltaické (nárůst o více jak 350%) a větrné elektrárny (nárůst o 850%). Zde si však netroufám odhadnout, zda jsou tyto teze reálné.

Podle mého názoru si vzhledem k současné situaci v oblasti fotovoltaiky, kdy dle platných legislativních podmínek neexistuje žádná investiční ani provozní podpora pro nové FVE, velké množství investorů budování nových FVE rozmyslí. Soukromé osoby si budou asi stále montovat FVE malých výkonů (do 10kWp) na střechy domů a využívat je pro ohřev vody a výrobu elektřiny pro vlastní spotřebu (viz způsoby provozu malých decentralizovaných zdrojů uvedené v bodě 1.5.1. Velký nárůst instalovaného výkonu a rapidní zvýšení množství elektřiny vyrobené ve FVE v blízké budoucnosti neočekávám. Podobně vidím situaci s větrnými elektrárnami. Jak již bylo zmíněno výše, naše republika nemá příliš vhodných míst pro instalaci VTE a když už se jedná o příhodné místo, zasahují VTE do nějakého NP, CHKO či si občané nedaleké obce v referendu odhlasují, že „větrníky“ nechtějí například kvůli hluku (ač se dnes většinou jedná spíše o mýty, které poškozují renomé VTE). Nechme se tedy překvapit, zda a jak bude v budoucích desetiletích dosaženo cílů a představ nové aktualizované SEK.

Tabulka 6: Vyrobená a předpokládaná vyrobená elektřina v OZE v GWh, zdroj dat [23] – ERÚ

| Rok | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|----------------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|-------------|
| MVE do 10 MW | 964 | 1002 | 967 | 1083 | 1239 | 1018 | 1026 | 1237 | 1012 |
| VE nad 10 MW | 1586 | 1077 | 1057 | 1347 | 1551 | 945 | 1103 | 1498 | 898 |
| VTE | 49 | 125 | 245 | 288 | 335 | 397 | 416 | 481 | 477 |
| FVE | 0 | 2 | 13 | 89 | 616 | 2182 | 2149 | 2033 | 2123 |
| Bioplyn + skládkový plyn | 173 | 183 | 214 | 414 | 599 | 933 | 1472 | 2241 | 2567 |
| Biomasa | 729 | 993 | 1231 | 1437 | 1512 | 1683 | 1803 | 1670 | 2007 |
| BRKO | 11 | 11 | 12 | 11 | 36 | 90 | 87 | 84 | 87 |
| Celkem OZE [GWh] | 3513 | 3394 | 3738 | 4669 | 5887 | 7248 | 8055 | 9243 | 9170 |
| Rok | 2010 | 2015 | 2020 | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | | |
| Biomasa | 1492 | 1 879 | 2 331 | 2 541 | 3 243 | 3 946 | 4 649 | | |
| Bioplyn | 635 | 2 754 | 3 121 | 3 416 | 3 696 | 3 976 | 4 256 | | |
| Biologicky rozl. část TKO | 36 | 91 | 138 | 310 | 425 | 425 | 425 | | |
| VE | 2790 | 2 476 | 2 523 | 2 525 | 2 526 | 2 528 | 2 530 | | |
| VTE | 336 | 647 | 1 014 | 1 328 | 1 598 | 1 946 | 2 291 | | |
| FVE | 616 | 2 276 | 2 404 | 3 567 | 3 567 | 4 726 | 5 884 | | |
| Geotermální energie | 0 | 0 | 18 | 55 | 69 | 92 | 138 | | |
| Celkem OZE [GWh] | 5 903 | 10 122 | 11 549 | 13 742 | 15 126 | 17 639 | 20 173 | | |

Obrázek 11: Vývoj brutto výroby elektřiny z OZE a podíl výroby z OZE na celkové tuzemské brutto výrobě v letech 2005 - 2014, zdroj dat [23] - ERÚ



3.3. Současná situace decentrální energetiky v ČR

V posledních letech došlo v ČR k výraznému zvýšení množství energie vyrobené z obnovitelných zdrojů, což nám zobrazuje Tabulka 7 níže:

Tabulka 7: Vývoj podílu OZE na hrubé výrobě elektřiny v letech 2005 – 2014, zdroj dat [23] - ERÚ

| Rok | Celkem OZE [GWh] | Výroba elektřiny brutto [GWh] | Podíl OZE [%] |
|------|------------------|-------------------------------|---------------|
| 2005 | 3 049,6 | 82 579 | 3,69% |
| 2006 | 3 512,7 | 84 361 | 4,16% |
| 2007 | 3 393,5 | 88 024 | 3,86% |
| 2008 | 3 738,5 | 83 516 | 4,48% |
| 2009 | 4 668,5 | 82 250 | 5,68% |
| 2010 | 5 886,9 | 85 900 | 6,85% |
| 2011 | 7 247,5 | 87 561 | 8,28% |
| 2012 | 8 055,0 | 87 574 | 9,20% |
| 2013 | 9 243,4 | 87 065 | 10,62% |
| 2014 | 9 169,7 | 86 003 | 10,66% |

Tabulka 8: Vývoj podílu OZE na brutto spotřebě elektřiny v letech 2005 – 2014, zdroj dat [23] - ERÚ

| Rok | Celkem OZE [GWh] | Tuzemská brutto spotřeba [GWh] | Podíl OZE [%] |
|------|------------------|--------------------------------|---------------|
| 2005 | 3 049,6 | 69 945 | 4,36% |
| 2006 | 3 512,7 | 71 730 | 4,90% |
| 2007 | 3 393,5 | 72 045 | 4,71% |
| 2008 | 3 738,5 | 72 049 | 5,19% |
| 2009 | 4 668,5 | 68 600 | 6,81% |
| 2010 | 5 886,9 | 70 962 | 8,30% |
| 2011 | 7 247,5 | 70 517 | 10,28% |
| 2012 | 8 055,0 | 70 453 | 11,43% |
| 2013 | 9 243,4 | 70 177 | 13,17% |
| 2014 | 9 169,7 | 69 622 | 13,17% |

V roce 2014 se OZE podílely na roční hrubé výrobě elektřiny 9000 z celkově vyrobených 86 000 GWh, tedy asi 11 %. Z druhé strany byly OZE podporovány státem investičně a provozně - ať již ve formě pevně stanovených výkupních cen nebo zelených bonusů. Zelené bonusy jsou výrobcům vypláceny přes OTE a podpora ve formě pevně stanovené výkupní ceny je hrazena povinně vykupujícím (E.ON, ČEZ, PRE dle místní příslušnosti). Tyto výdaje spojené s výrobou elektřiny v OZE jsou hrazeny především z příspěvku na POZE, který platí všichni obyčejní spotřebitelé a dochází tím ke zvýšení koncové ceny elektřiny.

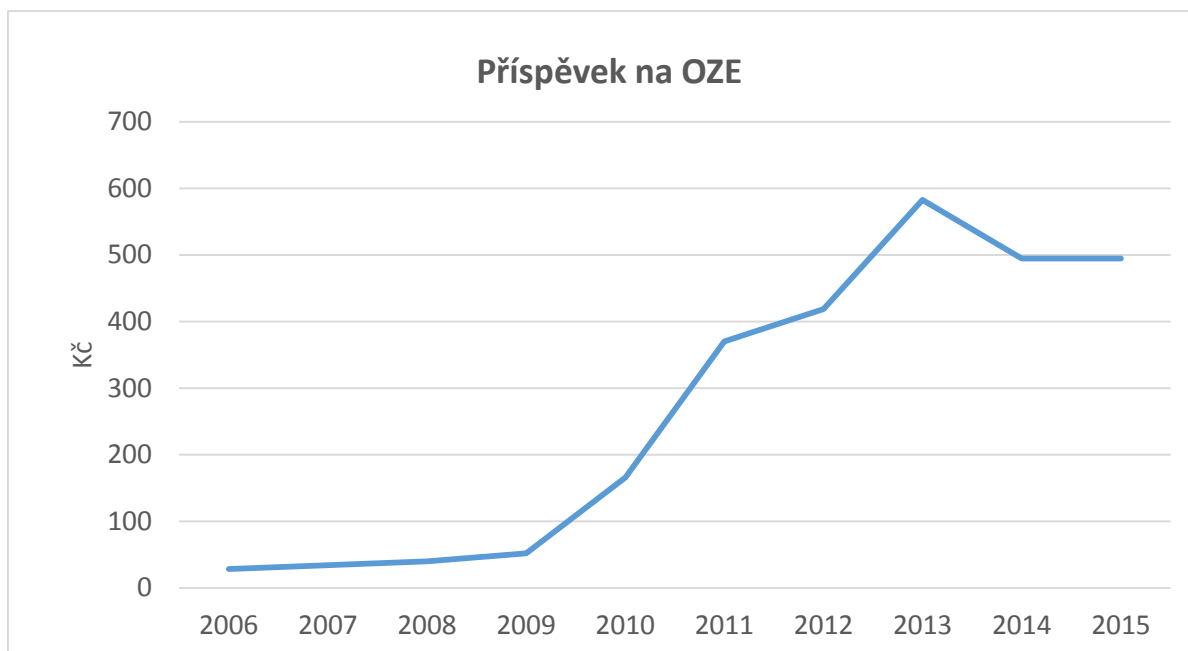
Cena elektřiny koncovým zákazníkům je složena z regulované části, neregulované části a daní – což přehledně ukazuje následující tabulka:

Tabulka 9: Struktura ceny elektřiny

| Regulovaná část | Neregulovaná část | Daně |
|---|-----------------------|-----------------|
| Poplatek za distribuci | Pevná cena za měsíc | DPH |
| Poplatek za systémové služby | Cena silové elektřiny | Daň z elektřiny |
| Příspěvek na podporu obnovitelných zdrojů | | |
| Poplatek za činnost zúčtování OTE | | |

Částí regulované složky je i již zmíněný Příspěvek na OZE. Tato platba tvořila původně pouze malou část koncové ceny elektřiny, jenže nedomyšlenou podporou především FVE došlo k rapidnímu nárůstu částky, kterou je potřeba na podporu OZE vynaložit a tedy i k výraznému nárůstu tohoto příspěvku. Jeho růst zobrazuje následující graf a tabulka.

Obrázek 12: Zvýšení příspěvku na OZE v posledních letech, zdroj dat [23] – ERÚ



Tabulka 10: Zvýšení příspěvku na OZE v posledních letech, zdroj dat [23] - ERÚ

| Rok | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Kč/MWh | 28 | 34 | 40 | 52 | 166 | 370 | 419 | 583 | 495 | 495 |

Navyšování příspěvku bylo způsobeno růstem nákladů spojených s podporou elektřiny z obnovitelných zdrojů. Majoritní část těchto státních podpor (např. 60% v roce 2012) tvořily FVE.

Od 1. 1. 2016 není Platba na OZE pro domácnosti a ostatní maloodběratele počítána na základě množství odebrané elektrické energie ze sítě, nýbrž podle velikosti jističe – konkrétně sazba činí 21,98 Kč/A/měsíc. Pro běžnou domácnost, která spotřebuje přibližně 3 MWh elektřiny ročně a využívá 25ampérový třífázový jistič, by platba činila $21,98 \cdot 3 \cdot 25 \cdot 12 = 19\,782$ Kč. Při stejné spotřebě však v loňském roce zaplatila jen $3 \cdot 495 = 1485$ Kč. Aby maloodběratelé na hladině nn nebyli penalizováni, umožňuje legislativa využít i dřívější způsob výpočtu této platby na základě množství odebrané elektřiny a vybrat si menší z nich. V tomto alternativním výpočtu platí sazba 495 Kč bez DPH za každou odebranou MWh elektrické energie ze sítě. V roce 2016 nejsou provozně podporovány žádné nové výrobní využívající OZE.

4. Modely stanovujícího ekonomickou efektivitu nových decentralizovaných zdrojů

Jak již bylo rozebíráno v kapitolách výše, pod pojmem decentralizovaný zdroj energie rozumíme všechny energetické zdroje, které nezásobují velké územní celky z jednoho místa pomocí dlouhých vedení (tzv. systémové zdroje). Jako decentralizované zdroje jsou označovány zdroje menších výkonů rozesté po celé ploše území v blízkosti míst okamžité spotřeby. Jednotlivě nemají velký význam, ve svém globálním užití však způsobují například úsporu nákladů na dopravu elektřiny, kdy je elektrická energie vyráběna (přeměňována) přímo v místě spotřeby a odpadají ztráty z transformace, přenosu a distribuce. Z celé škály decentralizovaných zdrojů, které mohou dosahovat výkonů jednotek až stovek kW, se v této práci zaměříme na tzv. mikrozdroje. Jinými slovy decentralizované zdroje, které může využít běžný spotřebitel v rodinném domě. Jedná se tedy například o malé fotovoltaické či větrné elektrárny.

4.1. Ekonomická efektivnost

V praxi je nutné posuzovat přínos využití nových technologií nejen z technického hlediska, nýbrž i z ekonomického. Každá nová technologie, kterou chceme využít v praxi, je spojena s určitou investicí. Výsledky investice mohou být opět hodnoceny různými kritérii. V principu mohou být nadefinována libovolná kritéria, kterých chceme investicí dosáhnout a způsob hodnocení jejich naplnění. Bohužel takto subjektivní postupy jsou v běžné praxi téměř nepoužitelné. V životě nejde jen o to, jakého bychom chtěli dosáhnout komfortu, ale jde i o ekonomickou stránku. Hlavní roli hraje ekonomická efektivnost.

V zásadě mohou být při hodnocení investic uvažována absolutní či relativně kritéria s respektováním či nerespektováním časového rozložení peněžních toků neboli změny hodnoty peněz v čase. Nejčastěji se uvádí prostá lhůta splacení/doba návratnosti (Payback Period – PP), diskontovaná lhůta splacení, čistá současná hodnota (NPV – Net Present Value) a vnitřní výnosové procento (IRR – Internal Rate of Return). K hodnocení ekonomické efektivnosti je v běžném životě často použito právě prosté doby návratnosti, v lepším případě diskontované doby návratnosti, která je definována vztahem:

$$DPP = \sum_{t=0}^{DPP} \frac{CF_t}{(1+r)^t} > 0, \text{ s kritériální podmínkou } DPP \xrightarrow{MIN}$$

kde: CF ... hotovostní tok v roce t , r ... diskont, DPP ... diskontovaná doba návratnosti investice

Neboť toto kritérium nezohledňuje, co se bude dít po „splacení“ počáteční investice, bude v této závěrečné práci k hodnocení ekonomické efektivity užito kritériím NPV. Čistá současná hodnota (anglicky Net Present Value) je absolutním kritériem, které uvažuje časové rozložení peněžních toků. NPV je definována jako suma diskontovaných hotovostních toků od počátku investice (rok 0) až do jejího konce:

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

kde: CF_t ... hotovostní tok (cash-flow) v roce t , r ... diskont, T ... doba životnosti investice

4.2. Lokalita instalace decentralizovaných zdrojů

Ekonomický model malých decentralních energetických zdrojů bude založen na využití „mikrozdrojů“ využívajících OZE v prostředí běžného koncového zákazníka obývacího rodinný dům. Objektem potenciálně využívajícím elektrickou energii z decentralizovaných zdrojů bude rodinný dům mých rodičů nacházející se v jihozápadních Čechách, ve městě Sušice na okraji Šumavy v nadmořské výšce 500m n. m. Část střechy domu vhodná pro montáž FV panelů je na obrázku vyznačena červeně, má plochu 30m², je natočena 40° na jihozápad a její sklon činí 45°. Jak bylo již uvedeno v bodě0, existuje dnes celá škála možností provozování výroby elektřiny. Jelikož se v případě našeho modelu jedná o výrobu malého výkonu, využijeme novou zjednodušenou možnost připojení jako tzv. mikrozdroj.

Obrázek 13: Objekt k instalaci decentralizovaného zdroje, zdroj Mapy.cz



4.3. Stanovení průměrného denního diagramu spotřeby

Aby bylo možné v navazujících ekonomicko-technických modelech vyjít z konkrétních dat, je zapotřebí sestavit průměrné denní diagramy spotřeby. Uvažuji průměrný denní diagram spotřeby v domě, který je stejný po celý rok. Neuvažuji rozdíl víkendu a pracovního dne, rozdíl léta a zima, ale pouze jejich průměr. Předpokládám, že se tímto zjednodušením nedopouštím velké chyby, neboť rodiče již nepracují každý den, k vytápění nepoužívají elektřinu, nemají v domě klimatizaci a naopak pracují častokrát i o víkendu. Doma se střídají nebo zase tráví některé dny mimo danou lokalitu. V pracovní dny jsou rodiče přes den převážně v práci, dům je prázdný a i o víkendech netráví dny většinou doma. Důležitý je též předpoklad, že výkony v jednotlivých fázích jsou sečteny. Pokud tedy např. dodáváme pouze do první fáze, ale spotřebováváme energii z fází 2 a 3, nemá to na výsledek vliv a záleží pouze na celkové bilanci výkonů.

Denní diagram spotřeby rodinného domu byl sestaven na základě několika praktických měření spotřeby jednotlivých zařízení, dále pomocí výčtu spotřebičů, jejich příkonů a odhadovaných časů a četností spínání.

Tabulka 11: Zařízení využívající elektrickou energii a jejich průměrné spotřeby

| Elektrické spotřebiče (akumulace jen v el. bojleru) | | | | | |
|---|---------------------|-----------------------|--------------------|---------|----------------------|
| Místnost | Spotřebič | Příkon [W] | Spotřeba [kWh/rok] | Provoz | Trvalá hod. spotřeba |
| Prádelna | Pračka | 2200 | 230 | | |
| | Sušička | | 220 | | |
| | Lednička | | 150 | nonstop | 0,017 |
| | Mrazák | | 130 | nonstop | 0,015 |
| Kuchyně | Elektrická trouba | 3000 | 550 | | |
| | Varná deska | 8000 | 600 | | |
| | Digestoř | 40 | 20 | | |
| | Mikrovlnná trouba | 2000 | 75 | | |
| | Myčka | 2400 | 80 | | |
| | Rychlovarná konvice | 1200 | 50 | | |
| | Kávovar | 1300 | 25 | | |
| | Toastovač | 750 | 3 | | |
| | Mixer | 700 | 5 | | |
| | | Osvětlení 15W úsporné | 15 | 15 | |
| Obývací | 40" LCD TV | 60 | 70 | | |
| | DSL Modem | 7 | 20 | nonstop | 0,002 |
| | Notebook | 65 | 80 | | |
| | Osvětlení LED | 5 | 5 | | |
| Pokoje v patře | 32" LCD TV | 55 | 15 | | |
| | PC | 400 | 30 | | |
| | WiFi Modem | 6 | 20 | nonstop | 0,002 |

| | | | | | |
|-------------------------------------|----------|--------------------|--------------|-------------|-------------|
| | Notebook | 90 | 20 | | |
| Koupelna | Fén | 1000 | 35 | | |
| Sklep | kotel | 10 | 15 | | 0,002 |
| | čerpadlo | 30 | 30 | | 0,003 |
| | bojler | 2000 | 1150 | | |
| Ostatní | Vysavač | 2200 | 70 | | |
| | Žehlička | 2000 | 60 | | |
| | Mobily | 5 | 50 | | |
| | Alarm | 4 | 10 | nonstop | 0,001 |
| Celkem za rok [kWh] | | | 3833 | | |
| Celkem průměrně za den [kWh] | | | 10,50 | | 0,04 |
| Akumulace (bojler) | | ročně [kWh] | | 1150 | |
| | | denně [kWh] | | 3,15 | |
| Celkem bez akumulace | | ročně [kWh] | | 2683 | |
| | | denně [kWh] | | 7,35 | |

Z výše uvedené tabulky je patrné, že průměrná denní spotřeba domů činí přibližně 10,5 kWh elektrické energie. Trvalý odběr tvořený nonstop běžícími zařízeními a stand-by režimy jiných zařízení má příkon 0,04 kW. Jelikož po instalaci vlastního decentralizovaného zdroje bude výhodné využívat spínání akumulčních spotřebičů, v našem případě pouze elektrického bojleru, v době dostatku vlastní elektrické energie, oddělil jsem průměrnou denní spotřebu bojleru a ostatních spotřebičů. Akumulaci ohřevem vody v bojleru můžeme využít každý den a její kapacita činí 3,15 kWh. Zbylých 7,35 kWh denní spotřeby není možné posouvat v čase, neboť by to způsobilo přílišnou ztrátu komfortu obyvatelů rodinného domu. Například spínání pračky, sušičky či myčky v době, kdy to bude energeticky nejvhodnější, je pro majitele objektu nepřípustné, neboť vyžaduje tyto spotřebiče využívat z časového důvodu podle svého vlastního uvážení. Zároveň předpokládám, že užívané spotřebiče dosahují kvalitních ekonomických parametrů (nepoužívají se žádné spotřebiče s horší energetickou třídou než A), a v budoucnu nebudou nahrazeny spotřebiči s výrazně nižší spotřebou. Zároveň moderní energeticky úsporné trendy jako LED osvětlení, spínání světel fotobuňkou, LED televize atd. jsou v domě již použity a v budoucnu podle mého názoru nedojde k výraznému snížení spotřeby elektřiny. Zároveň předpokládám, že nedojde k výraznému rozšíření používaných elektrických zařízení. Případné mírné navýšení využitím nových zařízení bude vykompenzováno nahrazením starších spotřebičů novými, které jsou energeticky mírně úspornější. V globálním pohledu budu tedy předpokládat přibližně konstantní objem denní i následně roční spotřeby po celou dobu hodnocení investice.

Denní diagram spotřeby pro FVE

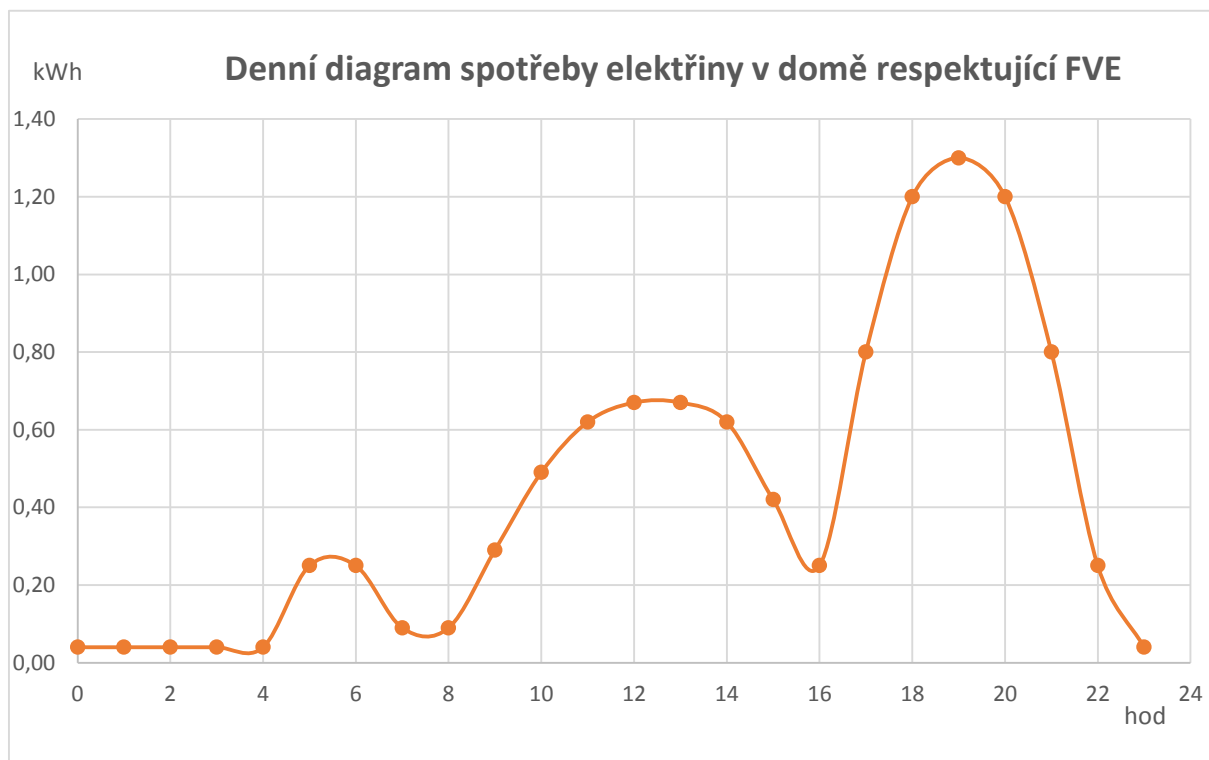
Pomocný výpočet pro rozvrh akumulace vyrobené elektřiny k ohřívání vody v bojleru zobrazuje následující Tabulka 12. Při její tvorbě došlo k zohlednění časů, ve kterých je spotřeba v domě nižší oproti výrobě ve FVE, a využití těchto přebytků v akumulčních zařízeních. Jinými slovy jsem se zabýval soudobostí vlastní výroby a spotřeby v odběrném místě a pokusil se tento koeficient co možná nejvíce navýšit.

Tabulka 12: Průměrný denní diagram spotřeby v rodinném domě s využitím akumulace dle objemu produkce FV panelů

| Hodina | Spotřeba bez akumulace [kWh] | Akumulace [kWh] | Celkem [kWh] |
|----------------------------|------------------------------|-----------------|--------------|
| 0 | 0,04 | 0 | 0,04 |
| 1 | 0,04 | 0 | 0,04 |
| 2 | 0,04 | 0 | 0,04 |
| 3 | 0,04 | 0 | 0,04 |
| 4 | 0,04 | 0 | 0,04 |
| 5 | 0,25 | 0 | 0,25 |
| 6 | 0,25 | 0 | 0,25 |
| 7 | 0,09 | 0 | 0,09 |
| 8 | 0,09 | 0 | 0,09 |
| 9 | 0,09 | 0,2 | 0,29 |
| 10 | 0,09 | 0,4 | 0,49 |
| 11 | 0,09 | 0,53 | 0,62 |
| 12 | 0,09 | 0,58 | 0,67 |
| 13 | 0,09 | 0,58 | 0,67 |
| 14 | 0,09 | 0,53 | 0,62 |
| 15 | 0,09 | 0,33 | 0,42 |
| 16 | 0,25 | 0 | 0,25 |
| 17 | 0,80 | 0 | 0,80 |
| 18 | 1,20 | 0 | 1,20 |
| 19 | 1,30 | 0 | 1,30 |
| 20 | 1,20 | 0 | 1,20 |
| 21 | 0,80 | 0 | 0,80 |
| 22 | 0,25 | 0 | 0,25 |
| 23 | 0,04 | 0 | 0,04 |
| Celkem za den [kWh] | 7,35 | 3,15 | 10,50 |

Na základě těchto odhadovaných hodnot hodinových spotřeb byl sestaven následující průměrný diagram spotřeby rodinného domu, předem uzpůsobený pro odhadovaný průběh výroby ve FVE, který je však samozřejmě těžko exaktně predikovatelný, neboť je funkcí intenzity slunečního svitu. K jeho odhadu bylo využito dat z modelu PVGIS.

Obrázek 14: Diagram průměrné denní spotřeby elektřiny v domě respektující možnosti využití odhadované výroby FVE v akumulačních spotřebičích na základě dat z PVGIS, zdroj dat pro odhad výroby FV panelů PVGIS



Denní diagram spotřeby pro VTE

Pomocný výpočet pro rozvrh akumulace vyrobené elektřiny k ohřívání vody v bojleru zobrazuje následující tabulka. Předem došlo k zohlednění časů, ve kterých je spotřeba v domě nižší oproti výrobě VTE, a využití těchto přebytků v akumulačních zařízeních. Jinými slovy jsem se zabýval soudobostí vlastní výroby a spotřeby v odběrném místě a pokusil se tento koeficient co možná nejvíce navýšit.

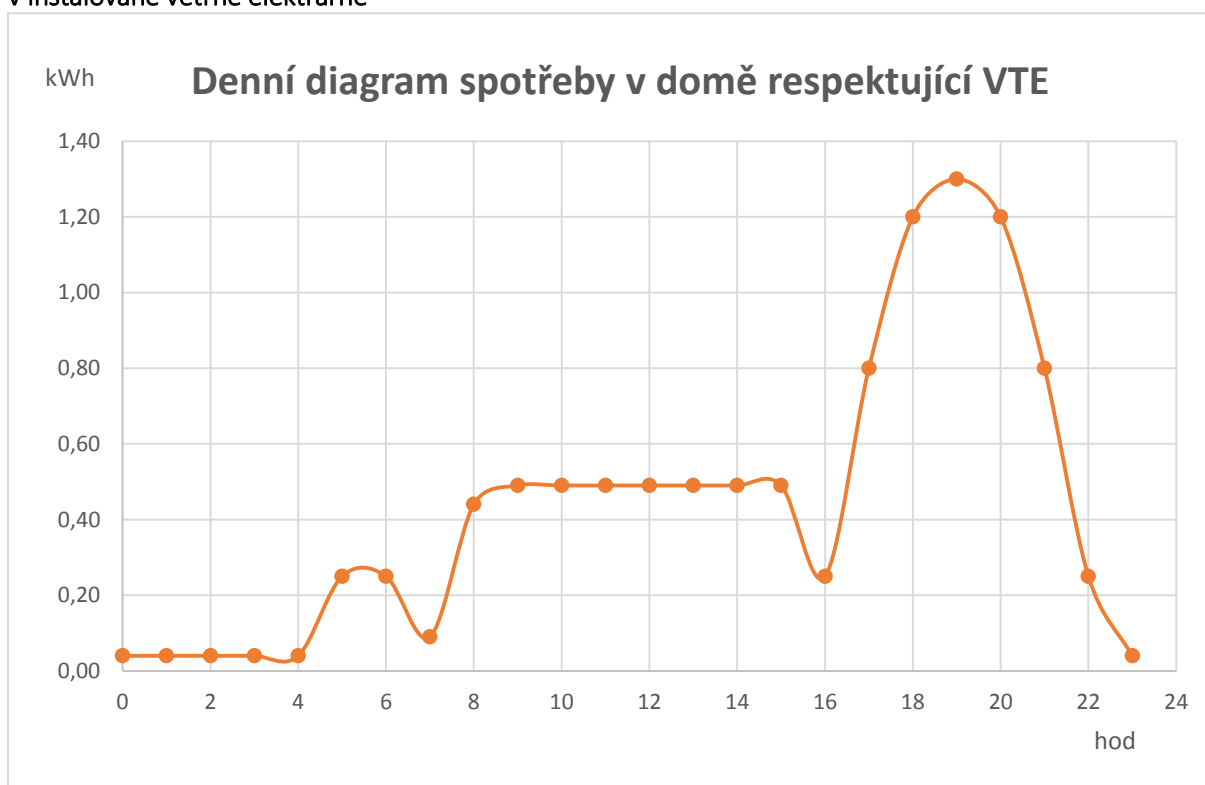
Tabulka 13: Průměrný denní diagram spotřeby v rodinném domě s využitím akumulace produkované elektrické energie ve větrné elektrárně

| Hodina | Spotřeba bez akumulace [kWh] | Akumulace [kWh] | Celkem [kWh] |
|--------|------------------------------|-----------------|--------------|
| 0 | 0,04 | 0 | 0,04 |
| 1 | 0,04 | 0 | 0,04 |
| 2 | 0,04 | 0 | 0,04 |
| 3 | 0,04 | 0 | 0,04 |
| 4 | 0,04 | 0 | 0,04 |
| 5 | 0,25 | 0 | 0,25 |
| 6 | 0,25 | 0 | 0,25 |
| 7 | 0,09 | 0 | 0,09 |
| 8 | 0,09 | 0,35 | 0,44 |
| 9 | 0,09 | 0,4 | 0,49 |
| 10 | 0,09 | 0,4 | 0,49 |
| 11 | 0,09 | 0,4 | 0,49 |

| | | | |
|----------------------------|-------------|-------------|--------------|
| 12 | 0,09 | 0,4 | 0,49 |
| 13 | 0,09 | 0,4 | 0,49 |
| 14 | 0,09 | 0,4 | 0,49 |
| 15 | 0,09 | 0,4 | 0,49 |
| 16 | 0,25 | 0 | 0,25 |
| 17 | 0,80 | 0 | 0,80 |
| 18 | 1,20 | 0 | 1,20 |
| 19 | 1,30 | 0 | 1,30 |
| 20 | 1,20 | 0 | 1,20 |
| 21 | 0,80 | 0 | 0,80 |
| 22 | 0,25 | 0 | 0,25 |
| 23 | 0,04 | 0 | 0,04 |
| Celkem za den [kWh] | 7,35 | 3,15 | 10,50 |

Na základě odhadovaných hodnot hodinových spotřeb byl sestaven následující průměrný diagram spotřeby rodinného domu, předem uzpůsobený pro odhadovaný průběh výroby VTE.

Obrázek 15: Diagram průměrné denní spotřeby elektřiny v domě respektující odhadovanou výrobu v instalované větrné elektrárně



4.4 Předpoklady ekonomického modelu

V rodinném domě rodičů je používána distribuční sazba D25d ČEZ Distribuce a produkt společnosti Bohemia Energy „GARANCE – Home Aku 8 – D25d“ s jističem 3x25A. Dodavatelem elektřiny je výše uvedená společnost Bohemia Energy. Roční spotřeby elektřiny v minulých letech byly 11/2011-11/2012 4,056 MWh, 11/2012 – 11/2013 3,91 MWh a 11/2013 – 11/2014 3,502 MWh. Za poslední známé zúčtované období 11/2013-11/2014 bylo zaplaceno 12 458 Kč za 3,502 MWh elektrické energie, tj. průměrně 3,56 Kč/kWh.

V případě nadbytku výroby elektřiny z FV panelů či z VTE je možné uzavřít smlouvu o výkupu přebytků výroby s obchodníkem s elektřinou. Na webových stránkách ampermarket.cz jsem našel aktuální data, kdy se výkupní cena pohybuje kolem 0,50 Kč/kWh. Důvodem nízkých cen je jednak nadbytek elektřiny na trhu a jednak nepředvídatelný charakter dodávek z malých FVE i VTE a nemožnost jejich řízení. Aktuální průměrná cena elektřiny vztažená na jednu kWh je vypočtena na základě platného ceníku Bohemia Energy a přijetí zjednodušení, spočívající v zachování stejného poměru spotřeby elektřiny v nízkém a vysokém tarifu, jaký byla průměrně za poslední tři roky – tj. 2:1 (NT:VT).

Dále zavádím následující předpoklady: Elektrárna bude uvedena do provozu v roce 2016 a neuvažuje se žádná provozní podpora ze strany státu. Průměrná roční spotřebu domu budu uvažována jako průměr posledních tří let, který činí 3,83 MWh. Budu též předpokládat, že spotřeba elektřiny v domě se v příštích letech nezmění. Předpokládám stejné chování spotřebitele dalších min. 20 let, z důvodu současného stavu a kvality spotřebičů a možného technického vývoje (viz bod 4.3).

Platba na POZE je od 1. 1. 2016 počítána novým způsobem, maloobděratelům na hladině nn však zůstává možnost tzv. pojistky, kdy se použije stejný výpočet jako v dřívějších letech a maximální platba za 1 MWh odebranou z distribuční soustavy nepřesáhne hranici 495 Kč bez DPH. Cituji Cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu 7/2015, stranu 16: *„Maximální platba za složku ceny na podporu elektřiny z podporovaných zdrojů energie za odběrné nebo předávací místo za fakturované období je určena součinem částky 495 Kč/MWh a celkového odebraného množství elektřiny z přenosové soustavy nebo distribuční soustavy v odběrném nebo předávacím místě za fakturované období.“*

Odhadovaná roční výroba může být v mnoha případech vyšší než průměrná roční spotřeba v odběrném místě. Problém nastává v situaci, kdy je okamžitá spotřeba vyšší než výroba. Jinými slovy konkrétní diagram spotřeby rodinného domu nemusí odpovídat diagramu výroby decentralizovaného malého zdroje, jde o koeficient soudobosti lokální spotřeby a lokální výroby. Jelikož je dům vytápěn

plynovým kotlem a v domě není kromě bojleru žádný další elektrický akumulací spotřebič (bazén apod.), musí být přebytek výroby v daný moment dodán do distribuční sítě nebo uložen do baterií. V dnešní době neexistují žádné provozní podpory výroby nových FVE ani VTE, ať již formou výkupních cen či zelených bonusů. Tržní výkupní cena těchto přebytků je též velmi nízká – viz výše.

Výrobce poskytuje výkonovou záruku na pokles účinnosti FV panelů během 25 let o méně než 15%, roční pokles účinnosti panelů je uvažován pouze 0,6 %. Snížení účinnosti výroby VTE vlivem opotřebení bude uvažováno o 0,2 % ročně. Doba životnosti byla stanovena, dle obvyklých odborných modelů zabývajících se ekonomickým hodnocením investic do FVE a VTE na 20 let. Záruka na střídače přední světové firmy Solar Edge je standardně 12 let, po dohodě s prodejcem bude využito prodloužené záruky na 20 let, resp. 25 let, za cenu 4990 Kč, resp. 8190 Kč. Během doby životnosti projektu by byla případná porucha panelů i střídače provedena v reklamaci zcela zdarma.

Nominální diskont byl stanoven na 3 % ročně. Jde se o hodnotu nad rozmezím výnosu bezrizikové investice do státních dluhopisů (poslední emise pětiletých dluhopisů z roku 2014 nabízela průměrný roční výnos 1,6 %) a výnosu z nízkorizikové investice do stavebních spoření u komerčních bank na českém trhu (se zahrnutím státní podpory se dostaneme maximálně k roční hodnotě lehce přesahující 2 %). V diskontu zohledňuji i riziko a „starost“ spojené s pořízením, instalací a provozem FV/VT elektrárny a respektuji inflační cíle ČNB (od roku 2010 +2% ročně s tolerančním pásmem ±1%). Počítám také s tím, že o panely se bude potřeba občas postarat (odklizení sněhu, čištění, kontrola) a zavádím v každém modelu určité provozní výdaje uváděné absolutně i jako procento investičních výdajů.

Odhadnout vývoj cen elektrické energie na další desetiletí je velmi obtížné, téměř by se dalo hovořit o čtení z křišťálové koule. Proto jsem hledal predikci cen elektřiny dle státních organizací a zjistil jsem, že ceny elektřiny se na základě těchto pramenů budou ročně zvyšovat o přibližně 3 – 3,5 %. Toto číslo je však dle mého odborného názoru příliš vysoké. Zvolil jsem proto roční tempo růstu cen elektřiny ve výši +0,5 % s ohledem na inflační cíl ČNB.

V případě investice do malého decentralizovaného zdroje v podobě FVE či VTE, počítám také s jejím pojištěním. V rámci pojištění rodinného domu u České pojišťovny by připojištění FV panelů stálo přibližně 1 000,- Kč za rok s DPH a tato částka bude zahrnuta do provozních výdajů. Se dvojnásobnou částkou pak počítám při pojištění větrné elektrárny. Podle mých odborných odhadů nepřesáhnou vedlejší příjmy z případného prodeje přebytků elektřiny 30 000,- Kč. Dle platné legislativy (Zákon o daních z příjmů č. 586/1992 Sb., Ostatní příjmy, § 10) nebude tedy nutné odvádět žádnou daň z příjmu. Případně by byla uvažována 15% sazba daně pro ostatní příjmy.

Následující tabulka shrnuje hlavní, výše uvedené, předpoklady pro ekonomický model hodnotící efektivnost investice do instalace a provozu malé fotovoltaické elektrárny:

Tabulka 14: Předpoklady ekonomického modelu

| Předpoklady ekonomického modelu: | | |
|---|---------------------------------------|--------|
| distribuční sazba | D25d ČEZ Distribuce | |
| produkt | Bohemia Energy - GARANCE - Home Aku 8 | |
| jistič | 3x25 | A |
| průměrná roční spotřeba | 3,83 | MWh |
| průměrná roční výroba | 2,64 | MWh |
| platba za OZE | 598,95 | Kč/MWh |
| Roční pokles výkonu panelů | 0,60 | % |
| Roční pokles výkonu VTE | 0,20 | % |
| doba hodnocení investice | 20 | let |
| průměrná cena elektřiny (bez POZE) | 3,15 | Kč/kWh |
| celková průměrná cena elektřiny | 3,75 | Kč/MWh |
| meziroční vývoj cen elektřiny | 0,50 | % |
| diskont | 4 | % |
| výkupní tržní cena přebytků výroby elektřiny | 0,50 | Kč/kWh |
| daň z příjmu | 15 | % |
| zelený bonus | 0 | Kč/kWh |

Financování bude řešeno pouze z vlastních zdrojů a nebude uvažován žádný cizí kapitál. V ekonomických modelech budou následně vytvořeny citlivostní analýzy všech důležitých vstupů, jejichž hodnota má v budoucnu pravděpodobnostní charakter a nelze ji s jistotou předem určit.

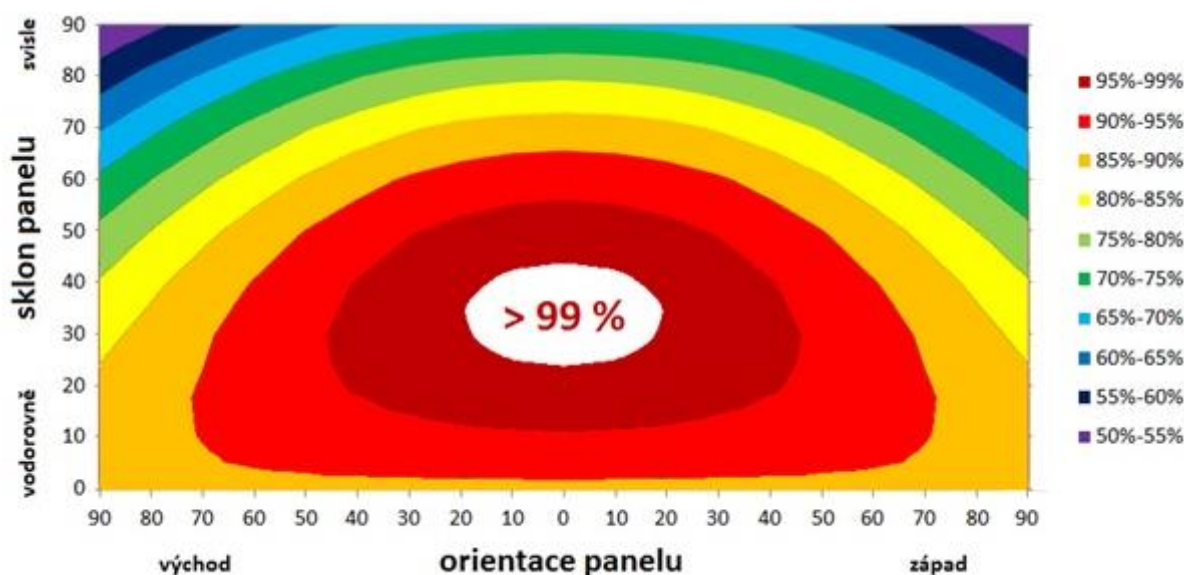
Výstupem ekonomického modelu hodnotícího ekonomickou efektivnost investice je čistá současná hodnota (NPV) vztahující se k době porovnání 20 let. Číselná hodnota NPV udává výnos investice nad stanovený diskont. Pokud by měla varianta investice NPV rovno nule, doporučím její realizaci, neboť mi přinese právě mnou chtěný zisk ovlivněný předem zvolenou hodnotou diskontu.

4.5 Malá fotovoltaická elektrárna - předpoklady

4.5.1 Výběr vhodné technologie fotovoltaických panelů

V současnosti se používají fotovoltaické panely krystalické a tenkovrstvé. Krystalické panely jsou dnes nejrozšířenější a dělíme je na monokrystalické (c—Si) a multikrystalické (m-Si). Tenkovrstvé panely jsou zatím méně rozšířené a rozlišujeme u nich mnoho typů - amorfni křemík (a-Si), mikrokrytalický křemík ($\mu\text{c-Si}$), tandem/micromorph (dvouvrstvá struktura a-Si + $\mu\text{c-Si}$), kadmium-telurid (CdTe), měď-indium-selen (CIS) a měď-indium-galium-selen (CIGS). Krystalické panely dosahují obecně vyšší účinnosti, běžně kolem 16%. Kvalitní tenkovrstvé panely však dnes dosahují téměř srovnatelné účinnosti a jejich hlavní výhodou je schopnost výroby elektřiny i při zatažené obloze.

Obrázek 16: Výnos energie ze slunečního záření v závislosti na orientaci a sklonu FV panelu, zdroj: [53] - upraveno



Rád bych se pozastavil u pojmu účinnost FV panelu³, která je o 1% až 2% nižší než účinnosti samotných FV článků. Hlavním důvodem snížení účinnosti jsou optické ztráty odrazem na krycím skle. Typická účinnost kvalitních krystalických křemíkových článků je v současnosti 17,5–18,0 % při STC. Avšak při poklesu intenzity dopadajícího slunečního záření pod 200 W/m² tato účinnost klesá. Účinnost tenkovrstvých článků při STC je obvykle nižší než článků krystalických, na rozdíl od nich však při nízké intenzitě dopadajícího záření jejich účinnost vzrůstá. V návaznosti na obrázek zobrazující výnos energie ze slunečního záření bylo rozhodnuto umístit FV panely paralelně se střešní krytinou.

³ podíl mezi el. výkonem z jednotky plochy FV panelu a intenzitou slunečního záření dopadající na povrch panelu

Toto řešení je ekonomicky nejvýhodnější (v našich podmínkách využijeme kolem 95% potenciálu panelu) a také esteticky nejlepší.

Jelikož využijeme zjednodušený postup připojení k ES možný od 1. 1. 2016 (mikrozdroj), odpadá i dřívější nutná povinnost získání licence ERÚ a statusu podnikatele k provozu FVE z důvodu získání provozní podpory. Jako investor bude uvažována fyzická osoba, která není plátcem DPH, využívající vlastní finanční prostředky.

Dle platné legislativy v roce 2016 nejsou žádné nové OZE provozně podporovány ani formou zelených bonusů ani formou pevně stanovených výkupních cen. V současné době je možné získat pouze jednorázovou investiční podporu z programu Ministerstva životního prostředí nazvaného – NZÚ (Nová zelená úsporám). Ta je však podmíněna využitím vyrobené elektřiny k ohřevu vody nebo k akumulaci v bateriích a dalšími podmínkami již uvedenými v bodě 1.6. Především je akumulace elektřiny v teplé vodě bojleru podmíněna objemem 80l/kWp a akumulace v bateriích jejich kapacitou 1,75kWh/kWp. V případě instalace malé FVE o výkonu 3kWp lze dosáhnout dostatečných parametrů pro podporu pouze investicí do nového většího bojleru (240l) nebo do dle mého názoru zbytečně velkých baterií (5,25kWh).

V následující části budou hodnoceny 3 varianty instalace FVE –

- A. FVE o výkonu 3kWp bez akumulace energie (bez investiční podpory)
- B. FVE o výkonu 3kWp s akumulací energie v teplé vodě a s investiční podporou „Nová zelená úsporám C3.4“
- C. FVE o výkonu 3kWp s akumulací energie v bateriích a s investiční podporou „Nová zelená úsporám C3.6“

S využitím kalkulačky od IBC Solar⁴ jsem zjistil špičkový výkon FVE, který by bylo možné namontovat na plochu střechy - instalováno by mohl být maximálně kolem 4,5kWp. S přihlédnutím na velikost spotřeby domácnosti, neexistující provozní podporu a podmínky investiční podpory NZÚ, jsem se rozhodl pro investičně výhodnější variantu instalace FVE o špičkovém výkonu 3kW. Na internetu je sice možné najít kompletní stavebnice FVE různých velikostí, ale tato možnost byla zamítnuta. Prioritou instalace FVE ze strany investora je v tomto případě také kvalita a v dané cenové kategorii existují kvalitnější panely i střídače, než při použití často nabízených kompletních instalačních setů bez přesného popisu jednotlivých komponent.

⁴ <http://solarinvest.cz/fotovoltaika-pro-rodinne-domy/>

Podle porovnání různých modelů panelů a střídačů na stránkách Enfolsar.com⁵ a Solarladen.de jsem nakonec zvolil střídač od výrobce Solar Edge, často označovaného jako jednička na trhu z důvodu velmi dlouhé záruky, a polykrystalické panely z důvodu vyšší účinnosti a nižší pořizovací ceny. Konkrétně jsem se rozhodl pro kvalitní FV panely německého výrobce Axitec, pro model AC 250P/156-60S, který nabízí špičkový výkon 250Wp. Na tyto panely je poskytována 12letá záruka a výkonová garance zachování výkonu panelu nad 90 % po dobu 15 let a nad 85 % po dobu 25 let. Rozměry panelů (164x99x4cm) jsou příhodné a bude možné umístit na střechu 12 kusů – 3 řady po 4 kusech vedle sebe – tj. 3 kWp. Bylo by možné umístit na střechu až 18 panelů (tři řady po šesti), ale výkon 4,5kWp by byl v daných podmínkách nevyužitý. Dodavatelem všech komponent by se stala firma Krannich Solar, přední světový distributor v oblasti fotovoltaiky nabízející produkty Axitec i Solar Edge, a jimi zprostředkovaná montážní firma v co největší blízkosti místa instalace.

Firma Krannich Solar, která ocenila nejen samotné panely a střídač, ale i další položky investice, nabízí sice u některých komponent instalace cenu o několik procent vyšší, než při nákupu přímo od zahraničního výrobce/prodejce, ale v důsledku snazšího uplatnění záruky, dorozumění s montéry a nižší sazby DPH při zakoupení všech dílů včetně montáže od jedné firmy v ČR, jsem se rozhodl zvolit tuto možnost. Pokud si objednáám montáž od firmy, výsledná cena je zatížena pouze 15% DPH. V případě, že si nakoupím samotné komponenty a elektrárnu si smontuji sám nebo si najmu externí firmu, DPH na komponenty bude 21 %.

4.5.2 Stanovení předpokládané roční produkce elektřiny z FVE

Ke stanovení předpokládané roční produkce elektřiny z malé FVE byl použit online software PVGIS a předpokládaná **roční produkce elektřiny byla** podle výše uvedeného softwarového modelu a níže uvedených podmínek **odhadnuta na 2640 kWh**. Jak bylo již uvedeno v úvodu, malá FVE bude umístěna v obci Sušice, 45° sklon panelů a 40° natočení panelů na jihozápad. Nominální špičkový výkon bude 3 kWp a použity budou polykrystalické FV panely. Zadány jsou ještě ostatní ztráty systému (kabely, měnič,...) a to 10%⁶. PVGIS počítal se 7,2% ztráty kvůli teplotě a 3,0% kvůli dopadu úhlu slunečního záření. Celkové ztráty systému byly softwarem odhadnuty na 22,7 %.

⁵ web shromažďující informace o většině světových výrobců zařízení pro FVE, např. téměř 30 000 FV panelů

⁶ podle <http://www.joyce-energie.cz/fotovoltaika/fve-na-klic/vypocet-vykonu-vasi-fve/>

Tabulka 15: Výstup z PV GIS

PVGIS estimates of solar electricity generation

Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Location: 49°13'55" North, 13°31'41" East, Elevation: 504 m a.s.l.

Nominal power of the PV system: 3 kW (crystalline silicon)

Estimated losses due to temperature and low irradiance: 7.2% (using local ambient temperature)

Estimated loss due to angular reflectance effects: 3.0%

Other losses (cables, inverter etc.): 10.0%

Combined PV system losses: 22.7%

Fixed system: inclination=45°, orientation=40°

| Měsíc | E_d | E_m | H_m |
|---|----------|-------|-------------------------|
| Leden | 2,85 | 88 | 35,0 |
| Únor | 4,76 | 133 | 53,5 |
| Březen | 8,02 | 249 | 104,0 |
| Duben | 10,30 | 308 | 133,0 |
| Květen | 10,40 | 322 | 142,0 |
| Červen | 10,60 | 319 | 142,0 |
| Červenec | 10,50 | 325 | 147,0 |
| Srpen | 9,73 | 302 | 135,0 |
| Září | 7,87 | 236 | 102,0 |
| Říjen | 5,99 | 186 | 77,6 |
| Listopad | 3,35 | 100 | 41,2 |
| Prosinec | 2,48 | 77 | 31,2 |
| Roční průměr [kWh; kWh; kWh/m²] | 7,24 | 220 | 95,4 |
| Celkem za rok vyrobíme | 2640 kWh | | 1140 kWh/m ² |

Vysvětlivky:

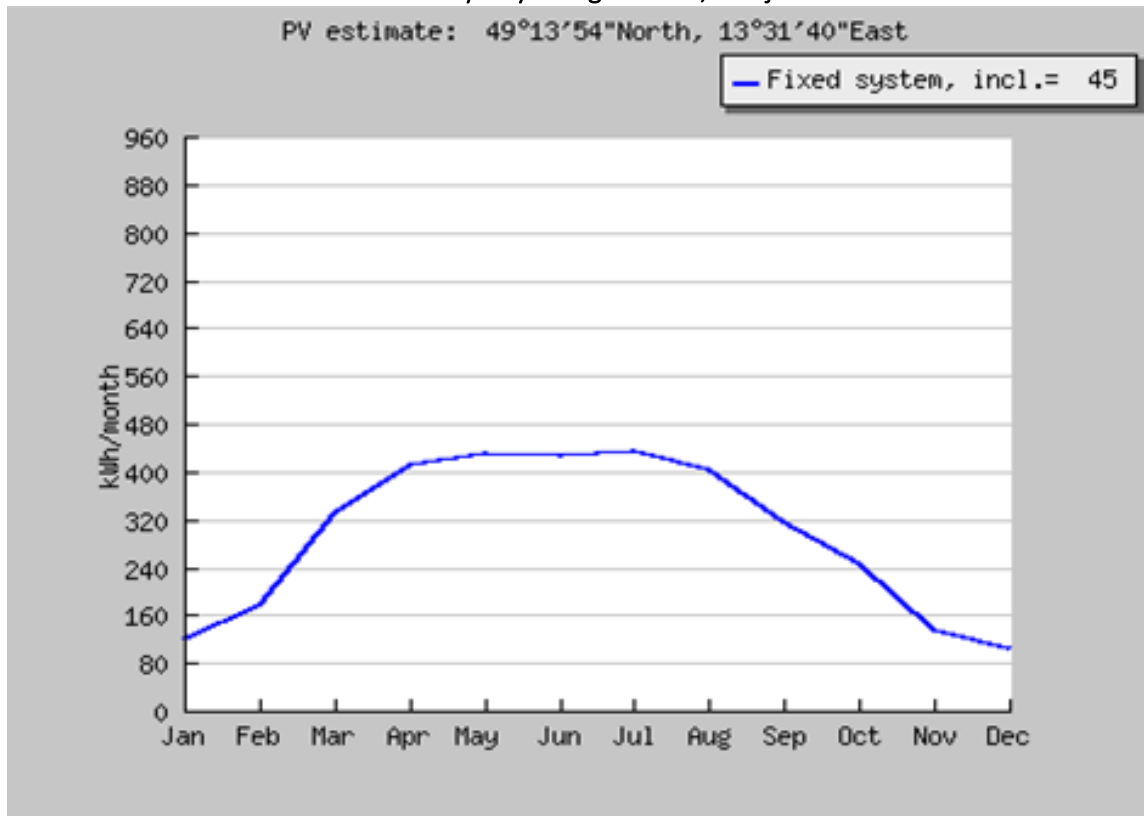
E_d – Průměrná denní výroba elektrické energie [kWh]

E_m – Průměrná měsíční výroba elektrické energie [kWh]

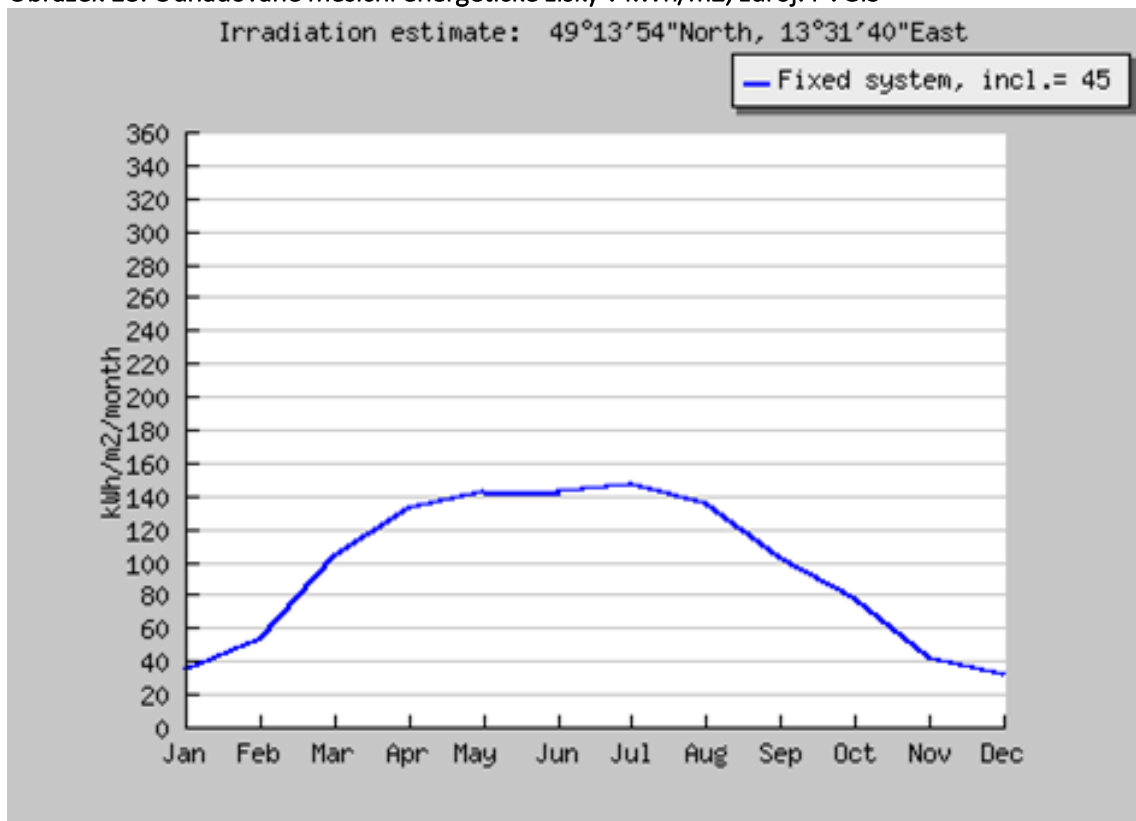
H_m – Průměrné množství slunečního záření dopadající na 1 m² panelů [kWh/m²]

Softwarový výpočetní model PVGIS umožňuje též grafické zobrazení průměrné měsíční výroby elektřiny. Výroba dosahuje vysokých hodnot již v dubnu, mírným růstem pokračuje v letních měsících, tj. květen, červen, červenec, a poté od září klesá, jak je ukazuje následující obrázek:

Obrázek 17: Odhadované měsíční výroby energie v kWh, zdroj: PVGIS



Obrázek 18: Odhadované měsíční energetické zisky v kWh/m², zdroj: PVGIS



4.6 Varianta A - FVE o výkonu 3kWp bez akumulace energie v bateriích (žádná investiční podpora)

V následující tabulce jsou zobrazeny jednotlivé komponenty instalace malé FVE o výkonu 3kWp bez využití akumulace energie v bateriích či bojleru s min. objemem 240l (80l/kWp). Vyrobená elektřina bude využívána pouze k vlastní spotřebě ve stávajících zařízeních čítajících jeden akumulací spotřebič – bojler o objemu 160 litrů. Nedodržením objemové podmínky pro bojler 80l/kWp ani využití akumulace v bateriích nemůže být čerpána investiční podpora NZÚ související s pořízením malé FVE. Uvedeny budou dále ještě další 2 varianty instalace splňující podmínky programu NZÚ a umožňující tedy získat investiční podporu.

Tabulka 16: Investice do varianty A - FVE o výkonu 3kWp bez akumulace a investiční podpory NZÚ

| Fotovoltaický systém o výkonu | | 3000 | Wp | |
|--|------------|----------|-------------------|--------------|
| | Cena za ks | Počet ks | Cena celkem | Kč/Wp |
| FV panely Axitec AC-250P/156-60S, 250 kWp | 4 590 Kč | 12 | 55 080 Kč | |
| Střídač SolarEdge SE3000-ER-01 | 21 900 Kč | 1 | 21 900 Kč | |
| Prodloužení záruky střídače na 20 let | 4 999 Kč | 1 | 4 999 Kč | |
| Nosné konstrukce hliník, nerez | | | 13 890 Kč | |
| Elektromontážní materiál (rozvaděč, kabeláž, Watt router, přepětová ochrana, ...) | | | 15 390 Kč | |
| Projektová dokumentace, administrativa, revize, webový monitoring | | | 9 990 Kč | |
| Montážní práce a doprava | | | 24 900 Kč | |
| Cena celkem (bez DPH) | | | 146 149 Kč | 49 Kč |
| Cena celkem (včetně DPH 15 %) | | | 168 071 Kč | 56 Kč |

Cena instalací FVE se v roce 2000 pohybovala kolem 5€/Wp, dnes se instalace větších FVE blíží svými investičními náklady hranici 1€/Wp⁷. Proto výslednou cenu za Wp pohybující se kolem 2€ považuji za dobrou vzhledem k vyšší kvalitě použitých komponent a uvažování doby životnosti 20, resp. 25, let. Provozní náklady malé FVE jsou nízké a jejich odhad zobrazuje následující Tabulka 17:

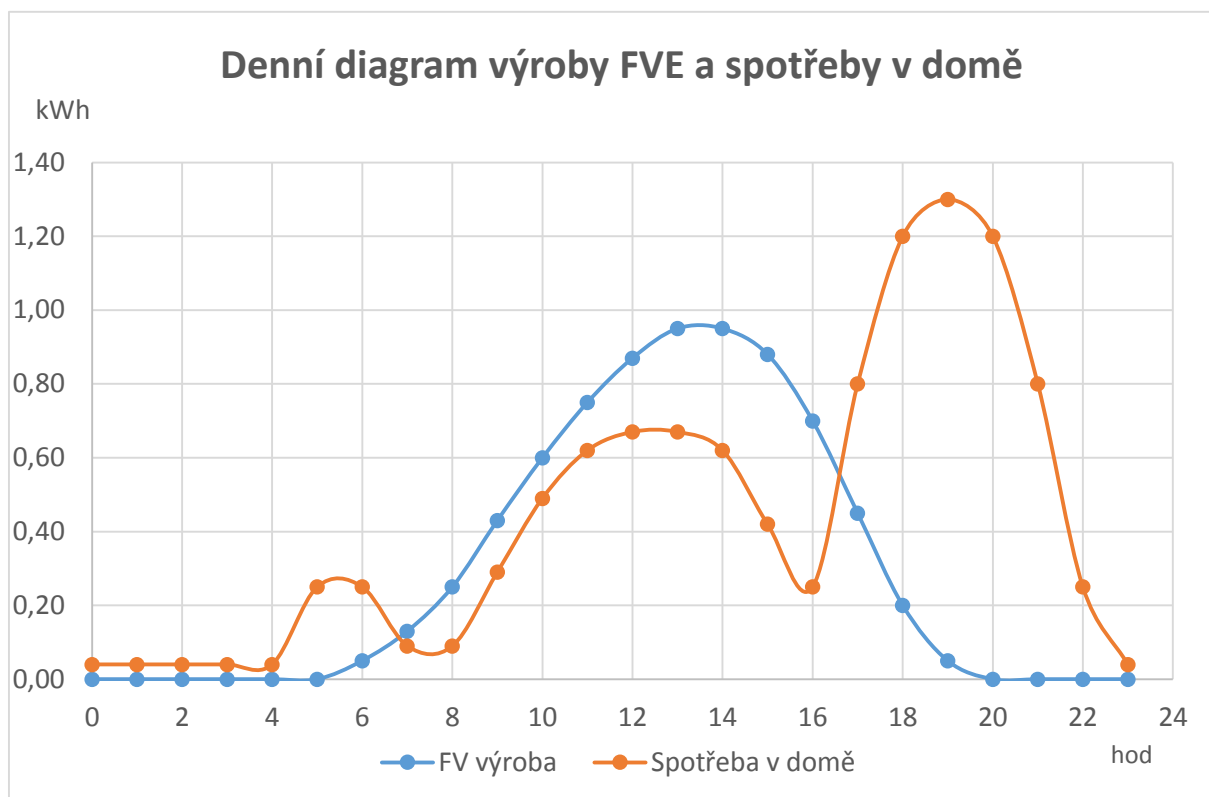
Tabulka 17: Roční provozní výdaje malé FVE – varianta A

| Roční provozní výdaje na malou FVE | |
|---|-----------------|
| Pojistka | 1 000 Kč |
| Vlastní spotřeba | 300 Kč |
| Údržba, úklid sněhu | 1 500 Kč |
| Celkem | 2 600 Kč |
| Celkem jako % investičních nákladů | 1,55% |

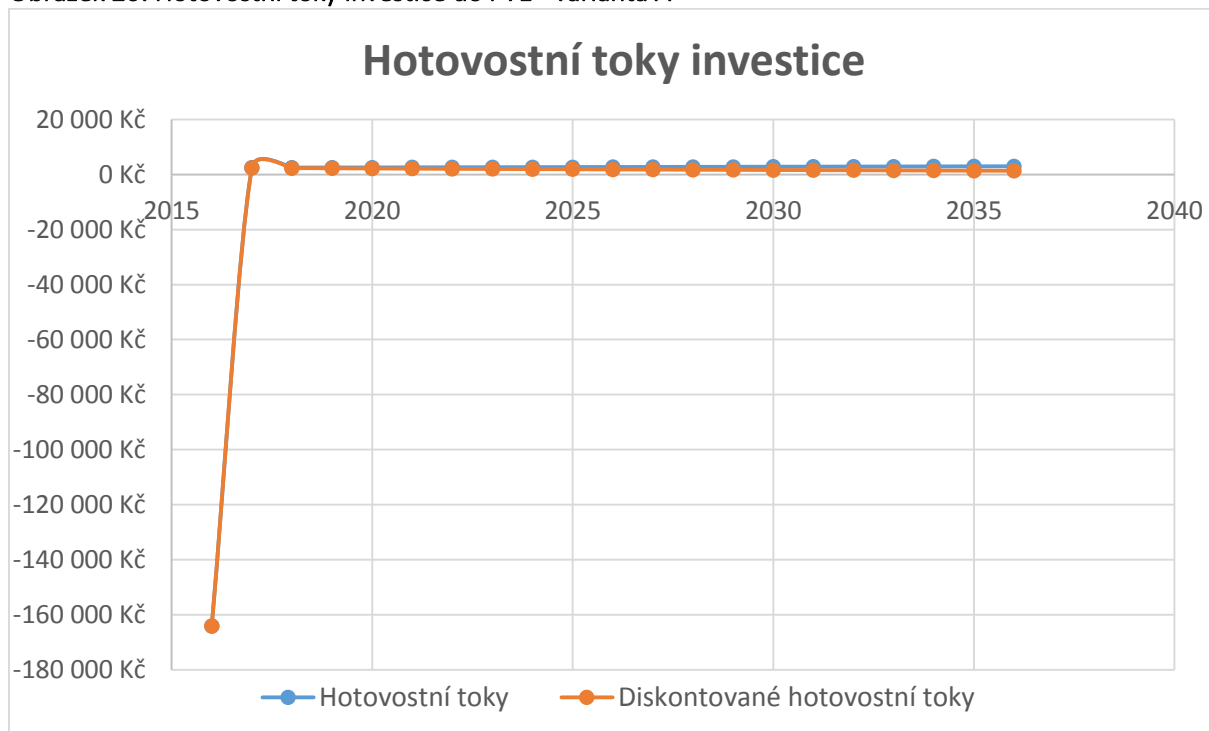
⁷ Zdroj: <http://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika>

Graf níže zobrazuje odhadovanou denní výrobu FVE dle předpokladů uvedených v bodě 4.5.

Obrázek 19: Denní diagram výroby FVE a spotřeby domácnosti využívající vlastní výroby na základě investice do FVE – varianta A



Obrázek 20: Hotovostní toky investice do FVE - varianta A



Obrázek 21: Model hodnocení ekonomické efektivity investice do FVE – varianta A

| INVESTIČNÍ VÝDAJE: | | Po instalaci FVE | | | | | | | | | | DCF |
|--------------------|------|------------------|--------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------|-----------------|-----------------------|----------|-------------|-----|------|
| | | Rok | Výroba z FVE [MWh] | Cena elektřiny [Kč/kWh] | Cena za elektřinu bez FVE | Nákup elektřiny | Prodej přebytků | Investice, provoz FVE | Celkem | CF | DCF | |
| 2016 | 2,64 | | | | | | | | | | | 3,15 |
| 2017 | 2,62 | 3,17 | 14 436 Kč | 8 841 Kč | 411 Kč | 2 600 Kč | 12 601 Kč | 1 834 Kč | 1 781 Kč | | | |
| 2018 | 2,61 | 3,19 | 14 496 Kč | 8 880 Kč | 405 Kč | 2 600 Kč | 12 637 Kč | 1 859 Kč | 1 752 Kč | | | |
| 2019 | 2,59 | 3,20 | 14 557 Kč | 8 919 Kč | 398 Kč | 2 600 Kč | 12 674 Kč | 1 884 Kč | 1 724 Kč | | | |
| 2020 | 2,58 | 3,22 | 14 619 Kč | 8 958 Kč | 391 Kč | 2 600 Kč | 12 710 Kč | 1 909 Kč | 1 696 Kč | | | |
| 2021 | 2,56 | 3,23 | 14 680 Kč | 8 997 Kč | 385 Kč | 2 600 Kč | 12 747 Kč | 1 933 Kč | 1 668 Kč | | | |
| 2022 | 2,55 | 3,25 | 14 742 Kč | 9 037 Kč | 378 Kč | 2 600 Kč | 12 784 Kč | 1 958 Kč | 1 640 Kč | | | |
| 2023 | 2,53 | 3,27 | 14 805 Kč | 9 077 Kč | 371 Kč | 2 600 Kč | 12 822 Kč | 1 983 Kč | 1 612 Kč | | | |
| 2024 | 2,52 | 3,28 | 14 867 Kč | 9 117 Kč | 365 Kč | 2 600 Kč | 12 859 Kč | 2 008 Kč | 1 585 Kč | | | |
| 2025 | 2,5 | 3,30 | 14 930 Kč | 9 157 Kč | 358 Kč | 2 600 Kč | 12 897 Kč | 2 033 Kč | 1 558 Kč | | | |
| 2026 | 2,49 | 3,32 | 14 993 Kč | 9 198 Kč | 351 Kč | 2 600 Kč | 12 935 Kč | 2 058 Kč | 1 531 Kč | | | |
| 2027 | 2,47 | 3,33 | 15 057 Kč | 9 239 Kč | 345 Kč | 2 600 Kč | 12 974 Kč | 2 083 Kč | 1 505 Kč | | | |
| 2028 | 2,46 | 3,35 | 15 120 Kč | 9 279 Kč | 338 Kč | 2 600 Kč | 13 012 Kč | 2 108 Kč | 1 478 Kč | | | |
| 2029 | 2,44 | 3,37 | 15 185 Kč | 9 321 Kč | 331 Kč | 2 600 Kč | 13 052 Kč | 2 133 Kč | 1 453 Kč | | | |
| 2030 | 2,43 | 3,38 | 15 249 Kč | 9 362 Kč | 325 Kč | 2 600 Kč | 13 091 Kč | 2 158 Kč | 1 427 Kč | | | |
| 2031 | 2,41 | 3,40 | 15 314 Kč | 9 404 Kč | 318 Kč | 2 600 Kč | 13 130 Kč | 2 183 Kč | 1 401 Kč | | | |
| 2032 | 2,4 | 3,42 | 15 379 Kč | 9 446 Kč | 311 Kč | 2 600 Kč | 13 170 Kč | 2 209 Kč | 1 376 Kč | | | |
| 2033 | 2,38 | 3,43 | 15 444 Kč | 9 488 Kč | 305 Kč | 2 600 Kč | 13 210 Kč | 2 234 Kč | 1 352 Kč | | | |
| 2034 | 2,37 | 3,45 | 15 510 Kč | 9 530 Kč | 298 Kč | 2 600 Kč | 13 251 Kč | 2 259 Kč | 1 327 Kč | | | |
| 2035 | 2,35 | 3,47 | 15 576 Kč | 9 572 Kč | 291 Kč | 2 600 Kč | 13 291 Kč | 2 285 Kč | 1 303 Kč | | | |
| 2036 | 2,34 | 3,49 | 15 643 Kč | 9 615 Kč | 285 Kč | 2 600 Kč | 13 332 Kč | 2 310 Kč | 1 279 Kč | | | |
| NPV = | | | | | | | | | | -133 021 Kč | | |

4.7 Varianta B - FVE o výkonu 3kWp s akumulací energie v teplé vodě a s investiční podporou NZÚ C3.4

Tato varianta instalace vychází z odstavce 4.44.44.6, avšak celý projekt je doplněn o pořízení většího bojleru o objemu 240l zajišťujícího splnění podmínek investiční podpory z programu NZÚ v podoblasti C3.4 činící až 55 000 Kč.

Tabulka 18: Investice do varianty B - FVE o výkonu 3kWp s akumulací energie v teplé vodě a s investiční podporou programu NZÚ

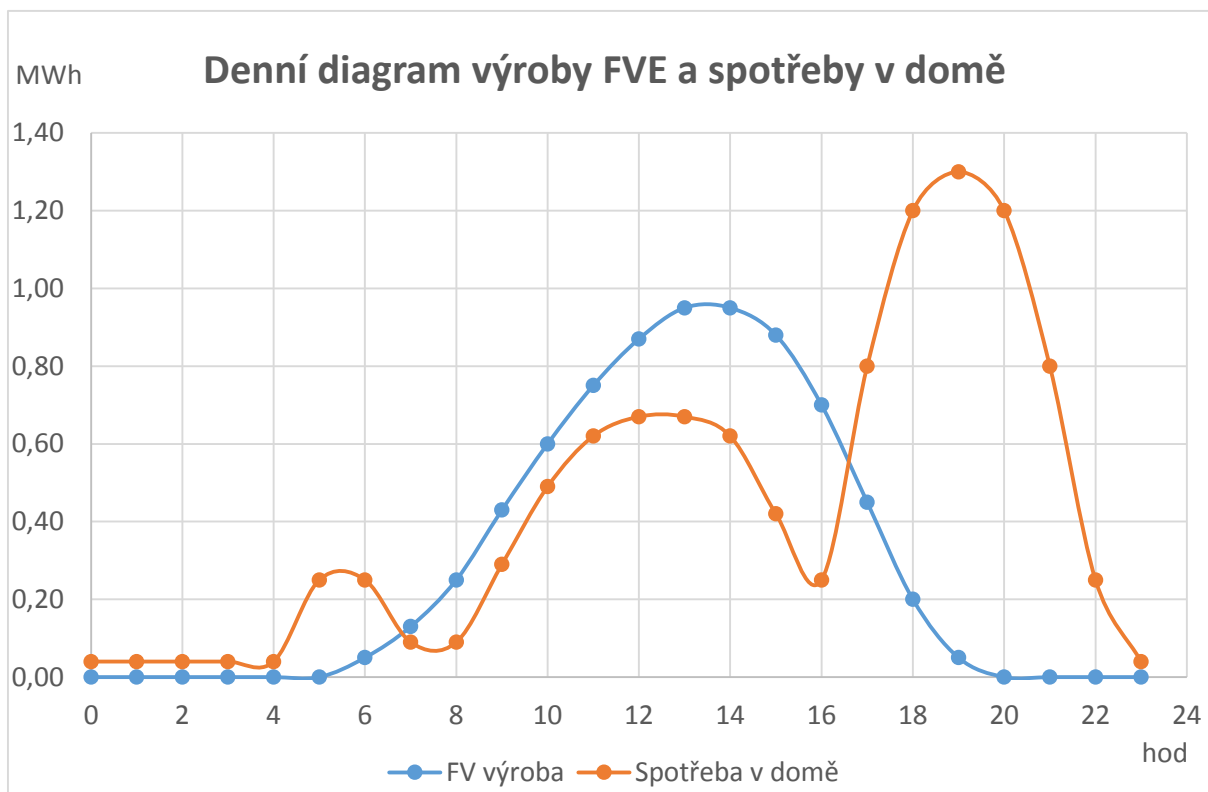
| Fotovoltaický systém o výkonu | 3000 | | Wp | |
|---|------------|----------|-------------------|--------------|
| | Cena za ks | Počet ks | Cena celkem | Kč/Wp |
| FV panely Axitec AC-250P/156-60S, 250 kWp | 4 590 Kč | 12 | 55 080 Kč | |
| Střídač SolarEdge SE3000-ER-01 | 21 900 Kč | 1 | 21 900 Kč | |
| Prodloužení záruky střídače na 20 let | 4 999 Kč | 1 | 4 999 Kč | |
| Bojler Dražice OKCE 250l, 2,2 kW vč. montáže | 11 990 | 1 | 11 990 Kč | |
| Nosné konstrukce hliník, nerez | | | 13 890 Kč | |
| Elektromontážní materiál (rozvaděč, kabeláž, Watt router, přepětová ochrana) | | | 15 390 Kč | |
| Projektová dokumentace, administrativa, revize, webový monitoring | | | 9 990 Kč | |
| Montážní práce a doprava | | | 24 900 Kč | |
| Cena celkem (bez DPH) | | | 158 139 Kč | |
| Cena celkem (včetně DPH 15 %) | | | 181 860 Kč | 61 Kč |
| Dotace (Nová zelená úsporám - NZÚ) | | | - 55 000 Kč | |
| Cena celkem (včetně DPH 15 %) | | | 126 860 Kč | 42 Kč |

Provozní náklady malé FVE jsou nízké a jejich odhad zobrazuje následující Tabulka 19:

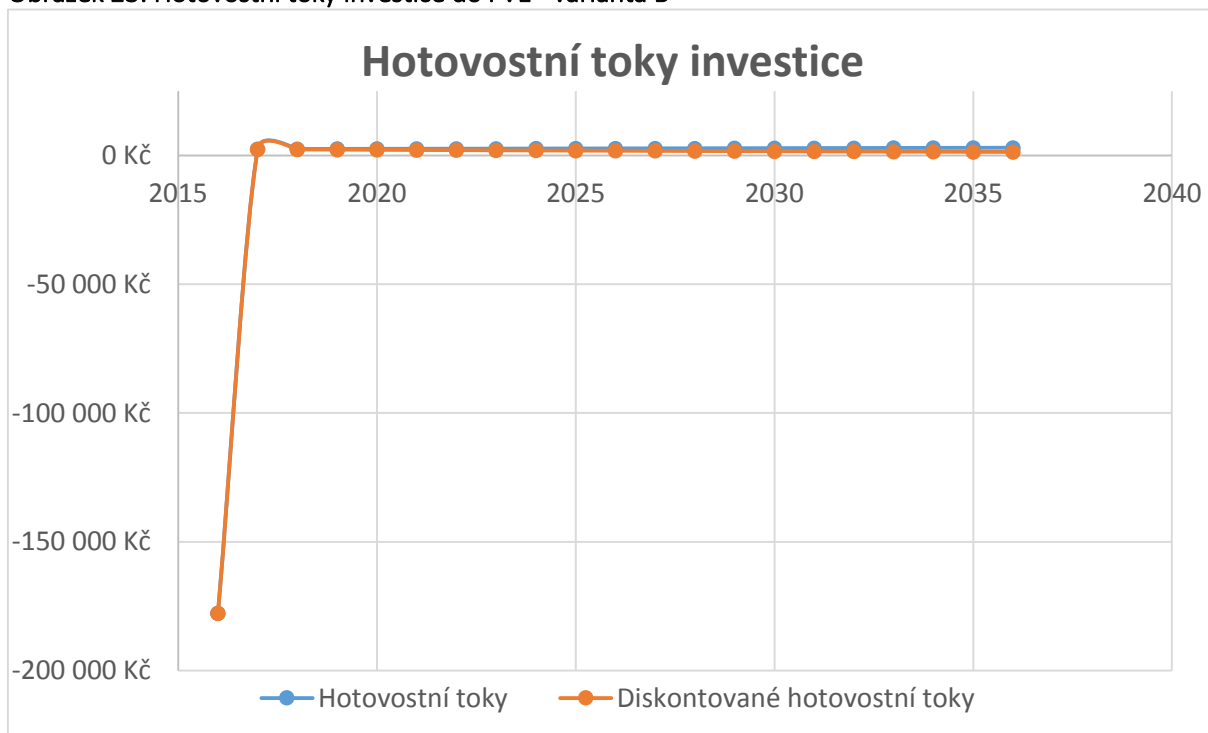
Tabulka 19: Roční provozní výdaje malé FVE – varianta B

| Roční provozní výdaje malé FVE | |
|---|-----------------|
| Pojistka | 1 000 Kč |
| Vlastní spotřeba | 300 Kč |
| Údržba, úklid sněhu | 1 500 Kč |
| Celkem | 2 600 Kč |
| Celkem jako % investičních nákladů | 1,43% |

Obrázek 22: Denní diagram výroby FVE a spotřeby domácnosti využívající vlastní výroby na základě investice do FVE – varianta B



Obrázek 23: Hotovostní toky investice do FVE - varianta B



Obrázek 24: Model hodnocení ekonomické efektivity investice do FVE – varianta B

| INVESTIČNÍ NÁKLADY: | | | | | | | | | | -181 860 Kč |
|---------------------|--------------------|-------------------------|---------------------------|------------------|-----------------|-----------------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| Rok | Výroba z FVE [MWh] | Cena elektřiny [Kč/kWh] | Cena za elektřinu bez FVE | Po instalaci FVE | | | Celkem | CF | DCF | |
| | | | | Nákup elektřiny | Prodej přebytků | Investice, provoz FVE | | | | |
| 2016 | 2,64 | 3,15 | 14 375 Kč | 7 591 Kč | 418 Kč | 184 460 Kč | 191 633 Kč | -177 258 Kč | -177 258 Kč | |
| 2017 | 2,62 | 3,17 | 14 436 Kč | 8 841 Kč | 411 Kč | 2 600 Kč | 12 601 Kč | 1 834 Kč | 1 781 Kč | |
| 2018 | 2,61 | 3,19 | 14 496 Kč | 8 880 Kč | 405 Kč | 2 600 Kč | 12 637 Kč | 1 859 Kč | 1 752 Kč | |
| 2019 | 2,59 | 3,2 | 14 557 Kč | 8 919 Kč | 398 Kč | 2 600 Kč | 12 674 Kč | 1 884 Kč | 1 724 Kč | |
| 2020 | 2,58 | 3,22 | 14 619 Kč | 8 958 Kč | 391 Kč | 2 600 Kč | 12 710 Kč | 1 909 Kč | 1 696 Kč | |
| 2021 | 2,56 | 3,23 | 14 680 Kč | 8 997 Kč | 385 Kč | 2 600 Kč | 12 747 Kč | 1 933 Kč | 1 668 Kč | |
| 2022 | 2,55 | 3,25 | 14 742 Kč | 9 037 Kč | 378 Kč | 2 600 Kč | 12 784 Kč | 1 958 Kč | 1 640 Kč | |
| 2023 | 2,53 | 3,27 | 14 805 Kč | 9 077 Kč | 371 Kč | 2 600 Kč | 12 822 Kč | 1 983 Kč | 1 612 Kč | |
| 2024 | 2,52 | 3,28 | 14 867 Kč | 9 117 Kč | 365 Kč | 2 600 Kč | 12 859 Kč | 2 008 Kč | 1 585 Kč | |
| 2025 | 2,5 | 3,3 | 14 930 Kč | 9 157 Kč | 358 Kč | 2 600 Kč | 12 897 Kč | 2 033 Kč | 1 558 Kč | |
| 2026 | 2,49 | 3,32 | 14 993 Kč | 9 198 Kč | 351 Kč | 2 600 Kč | 12 935 Kč | 2 058 Kč | 1 531 Kč | |
| 2027 | 2,47 | 3,33 | 15 057 Kč | 9 239 Kč | 345 Kč | 2 600 Kč | 12 974 Kč | 2 083 Kč | 1 505 Kč | |
| 2028 | 2,46 | 3,35 | 15 120 Kč | 9 279 Kč | 338 Kč | 2 600 Kč | 13 012 Kč | 2 108 Kč | 1 478 Kč | |
| 2029 | 2,44 | 3,37 | 15 185 Kč | 9 321 Kč | 331 Kč | 2 600 Kč | 13 052 Kč | 2 133 Kč | 1 453 Kč | |
| 2030 | 2,43 | 3,38 | 15 249 Kč | 9 362 Kč | 325 Kč | 2 600 Kč | 13 091 Kč | 2 158 Kč | 1 427 Kč | |
| 2031 | 2,41 | 3,4 | 15 314 Kč | 9 404 Kč | 318 Kč | 2 600 Kč | 13 130 Kč | 2 183 Kč | 1 401 Kč | |
| 2032 | 2,4 | 3,42 | 15 379 Kč | 9 446 Kč | 311 Kč | 2 600 Kč | 13 170 Kč | 2 209 Kč | 1 376 Kč | |
| 2033 | 2,38 | 3,43 | 15 444 Kč | 9 488 Kč | 305 Kč | 2 600 Kč | 13 210 Kč | 2 234 Kč | 1 352 Kč | |
| 2034 | 2,37 | 3,45 | 15 510 Kč | 9 530 Kč | 298 Kč | 2 600 Kč | 13 251 Kč | 2 259 Kč | 1 327 Kč | |
| 2035 | 2,35 | 3,47 | 15 576 Kč | 9 572 Kč | 291 Kč | 2 600 Kč | 13 291 Kč | 2 285 Kč | 1 303 Kč | |
| 2036 | 2,34 | 3,49 | 15 643 Kč | 9 615 Kč | 285 Kč | 2 600 Kč | 13 332 Kč | 2 310 Kč | 1 279 Kč | |
| NPV = | | | | | | | | | | -146 809 Kč |

4.8 Varianta C - FVE o výkonu 3kWp s akumulací energie v bateriích a s investiční podporou NZÚ C3.6

Varianta C vychází opět z odstavce 4.4, ale projekt je doplněn o akumulaci vyrobené elektrické energie v bateriích o minimální kapacitě 1,75kWh/kWp. Splnění podmínek investiční podpory programu NZÚ v podoblasti C3.6 zaručuje jednorázovou podporu ve výši 50 % doložených výdajů až do výše 100 000 Kč. V následující tabulce jsou zobrazeny jednotlivé komponenty instalace malé FVE o výkonu 3kWp s využitím akumulace energie v bateriích a s využitím vyrobené elektřiny k akumulaci v ohřáté vodě ve stávajícím bojleru o objemu 160l. Dodržením podmínek pro investiční podporu z programu NZÚ uvedených v bodě 1.6, získáme investiční podporu 100 000 Kč. Celková průměrná denní spotřeba byla v modelu varianty C zachována dle bodu 4.3, avšak její denní průběh byl mírně upraven pro lepší využití akumulátorů.

Tabulka 20: Investice do varianty C - FVE o výkonu 3kWp s akumulací energie v bateriích a s investiční podporou programu NZÚ

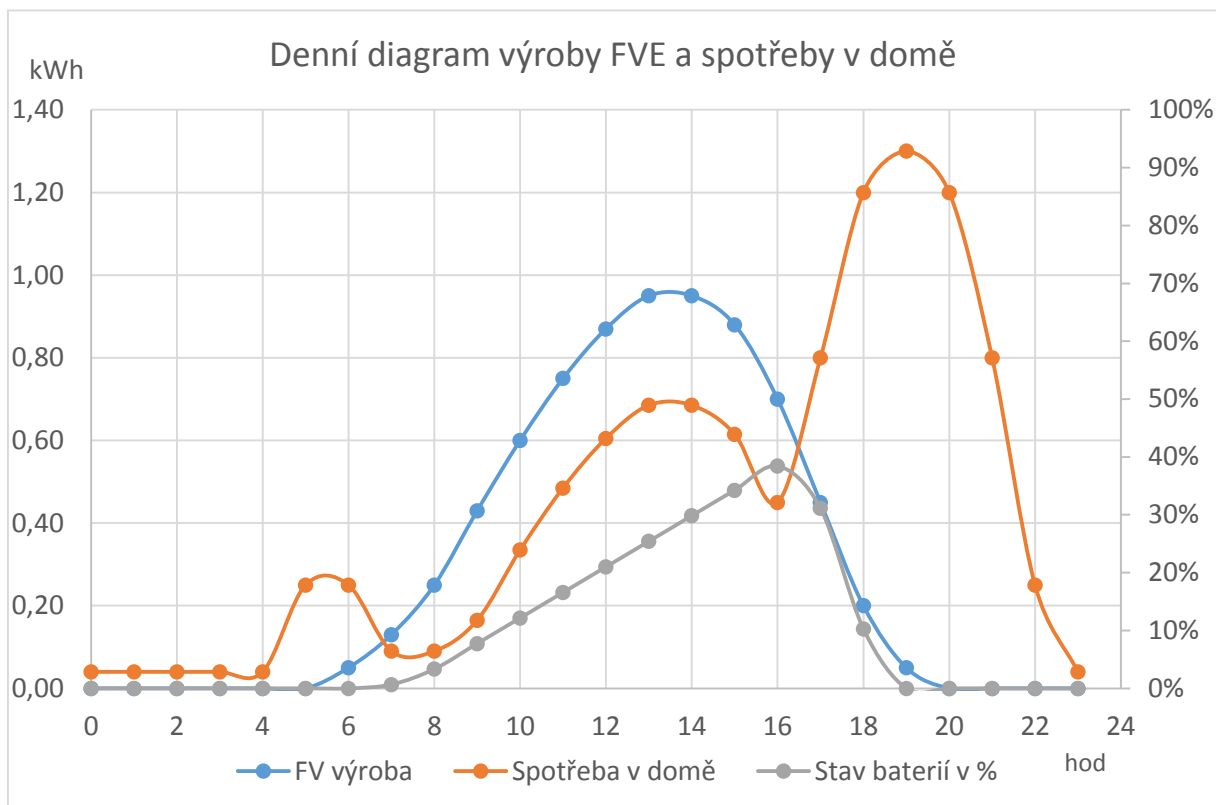
| Fotovoltaický systém o výkonu | | 3000 | Wp | |
|---|------------|----------|-------------------|--------------|
| | Cena za ks | Počet ks | Cena celkem | Kč/Wp |
| FV panely Axitec AC-250P/156-60S, 250 kWp | 4 590 Kč | 12 | 55 080 Kč | |
| Střídač SolarEdge SE3000-ER-01 | 21 900 Kč | 1 | 21 900 Kč | |
| Prodloužení záruky střídače na 20 let | 4 999 Kč | 1 | 4 999 Kč | |
| Nosné konstrukce hliník, nerez | | | 13 890 Kč | |
| Elektromontážní materiál (rozvaděč, kabeláž, Watt router, přepěťová ochrana) | | | 15 390 Kč | |
| Projektová dokumentace, administrativa, revize, webový monitoring | | | 9 990 Kč | |
| Solární gelový akumulátor 220Ah, 12V | 13 690 Kč | 2 | 27 380 Kč | |
| Další komponenty k akumulaci | 4 900 Kč | 1 | 4 900 Kč | |
| Montážní práce a doprava | | | 24 900 Kč | |
| Cena celkem bez dotace (bez DPH) | | | 178 429 Kč | |
| Cena celkem bez dotace (včetně DPH 15 %) | | | 205 193 Kč | 68 Kč |
| Dotace (Nová zelená úsporám - NZÚ) | | | - 100 000 Kč | |
| Cena celkem (včetně DPH 15 %) | | | 105 193 Kč | 35 Kč |

Provozní náklady malé FVE jsou nízké a jejich odhad zobrazuje následující tabulka:

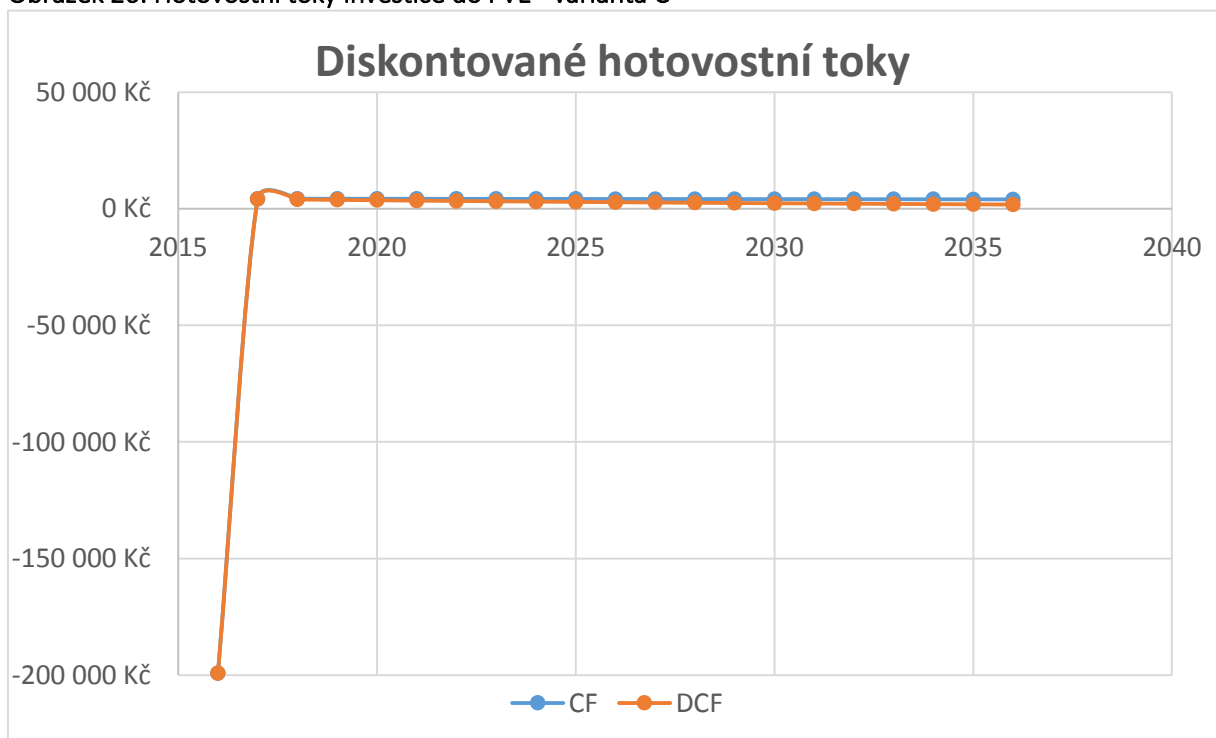
Tabulka 21: Roční provozní výdaje malé FVE – varianta C

| Roční provozní náklady MFVE | |
|---|----------|
| Pojistka | 1 000 Kč |
| Vlastní spotřeba | 100 Kč |
| Údržba, úklid sněhu | 1 000 Kč |
| Celkem | 2 600 Kč |
| Celkem jako % investičních nákladů | 1,27% |

Obrázek 25: Denní diagram výroby FVE, úrovně nabití baterií a spotřeby domácnosti využívající vlastní výroby na základě investice do FVE – varianta C



Obrázek 26: Hotovostní toky investice do FVE - varianta C



Obrázek 27: Model hodnocení ekonomické efektivity investice do FVE – varianta C

| Rok | Výroba z FVE [MWh] | Cena elektřiny [Kč/kWh] | Cena za elektřinu bez FVE | INVESTIČNÍ NÁKLADY: | | | | Celkem | CF | DCF |
|--------------|--------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------|-----------------|-----------------------|------------------|-------------|--------------------|-----|
| | | | | Nákup elektřiny | Prodej přebytků | Investice, provoz FVE | Po instalaci FVE | | | |
| | | | | | | | | | | |
| 2016 | 2,64 | 3,15 | 14 375 Kč | 6 128 Kč | - Kč | 207 793 Kč | 213 922 Kč | -199 547 Kč | -199 547 Kč | |
| 2017 | 2,62 | 3,17 | 14 436 Kč | 7 178 Kč | - Kč | 2 600 Kč | 11 349 Kč | 3 086 Kč | 2 996 Kč | |
| 2018 | 2,61 | 3,19 | 14 496 Kč | 7 249 Kč | - Kč | 2 600 Kč | 11 412 Kč | 3 085 Kč | 2 908 Kč | |
| 2019 | 2,59 | 3,2 | 14 557 Kč | 7 322 Kč | - Kč | 2 600 Kč | 11 475 Kč | 3 083 Kč | 2 821 Kč | |
| 2020 | 2,58 | 3,22 | 14 619 Kč | 7 394 Kč | - Kč | 2 600 Kč | 11 538 Kč | 3 081 Kč | 2 737 Kč | |
| 2021 | 2,56 | 3,23 | 14 680 Kč | 7 467 Kč | - Kč | 2 600 Kč | 11 602 Kč | 3 079 Kč | 2 656 Kč | |
| 2022 | 2,55 | 3,25 | 14 742 Kč | 7 541 Kč | - Kč | 2 600 Kč | 11 666 Kč | 3 076 Kč | 2 576 Kč | |
| 2023 | 2,53 | 3,27 | 14 805 Kč | 7 615 Kč | - Kč | 2 600 Kč | 11 731 Kč | 3 073 Kč | 2 499 Kč | |
| 2024 | 2,52 | 3,28 | 14 867 Kč | 7 690 Kč | - Kč | 2 600 Kč | 11 797 Kč | 3 070 Kč | 2 424 Kč | |
| 2025 | 2,5 | 3,3 | 14 930 Kč | 7 765 Kč | - Kč | 2 600 Kč | 11 863 Kč | 3 067 Kč | 2 351 Kč | |
| 2026 | 2,49 | 3,32 | 14 993 Kč | 7 840 Kč | - Kč | 2 600 Kč | 11 929 Kč | 3 064 Kč | 2 280 Kč | |
| 2027 | 2,47 | 3,33 | 15 057 Kč | 7 916 Kč | - Kč | 2 600 Kč | 11 996 Kč | 3 060 Kč | 2 211 Kč | |
| 2028 | 2,46 | 3,35 | 15 120 Kč | 7 993 Kč | - Kč | 2 600 Kč | 12 064 Kč | 3 056 Kč | 2 144 Kč | |
| 2029 | 2,44 | 3,37 | 15 185 Kč | 8 070 Kč | - Kč | 2 600 Kč | 12 132 Kč | 3 052 Kč | 2 079 Kč | |
| 2030 | 2,43 | 3,38 | 15 249 Kč | 8 147 Kč | - Kč | 2 600 Kč | 12 201 Kč | 3 048 Kč | 2 015 Kč | |
| 2031 | 2,41 | 3,4 | 15 314 Kč | 8 225 Kč | - Kč | 2 600 Kč | 12 270 Kč | 3 044 Kč | 1 954 Kč | |
| 2032 | 2,4 | 3,42 | 15 379 Kč | 8 304 Kč | - Kč | 2 600 Kč | 12 340 Kč | 3 039 Kč | 1 894 Kč | |
| 2033 | 2,38 | 3,43 | 15 444 Kč | 8 383 Kč | - Kč | 2 600 Kč | 12 410 Kč | 3 034 Kč | 1 836 Kč | |
| 2034 | 2,37 | 3,45 | 15 510 Kč | 8 463 Kč | - Kč | 2 600 Kč | 12 481 Kč | 3 029 Kč | 1 779 Kč | |
| 2035 | 2,35 | 3,47 | 15 576 Kč | 8 543 Kč | - Kč | 2 600 Kč | 12 553 Kč | 3 023 Kč | 1 724 Kč | |
| 2036 | 2,34 | 3,49 | 15 643 Kč | 8 623 Kč | - Kč | 2 600 Kč | 12 625 Kč | 3 018 Kč | 1 671 Kč | |
| NPV = | | | | | | | | | -153 994 Kč | |

4.9 Malá větrná elektrárna (MVTE)

4.9.1 Umístění

Pro malé větrné elektrárny je umístění důležité nejen z hlediska výhodných větrných podmínek, nýbrž i pro blízkost místa spotřeby energie a další faktory jako např. výšku, do které se smí v dané lokalitě zasahovat stavbou, nebo hluk, který by mohl rušit sousedy.

Větrná elektrárna by zajisté měla stát na místě s dostatečným větrným potenciálem a před samotnou instalací by se měl každý zabývat jeho důkladnou analýzou. Informace ohledně tohoto potenciálu se nacházejí v úředních databázích, v tabulkách či na větrných mapách a v České republice podrobnou mapu větrného potenciálu vypracoval Ústav fyziky atmosféry Akademie věd.

Pro zpřesnění teoretických propočtů se tyto výsledky následně konfrontují s přímým měřením anemometrem v potřebné výšce nad zemí. Měřicí zařízení se dnes prodávají od amatérských modelů s cenou okolo 1000 Kč až po profesionální měřáky s LAN či WiFi připojením na PC a online sledováním s cenou v řádech 5 – 10 tisíc Kč. Rozměry všech anemometrů jsou dnes již téměř kapesní a i levnější modely všechny umožňují nahrávat údaje s časem měření do své paměti a zaznamenávat tak data alespoň několik měsíců. Často je doporučováno měřit v intervalech několika sekund každých 10 minut.

Obrázek 28: Měřič rychlosti a směru větru (anemometr) připojitelný k LAN - TX20ETH za cca 6 tisíc Kč, zdroj: [54]



4.9.2 Právní předpisy

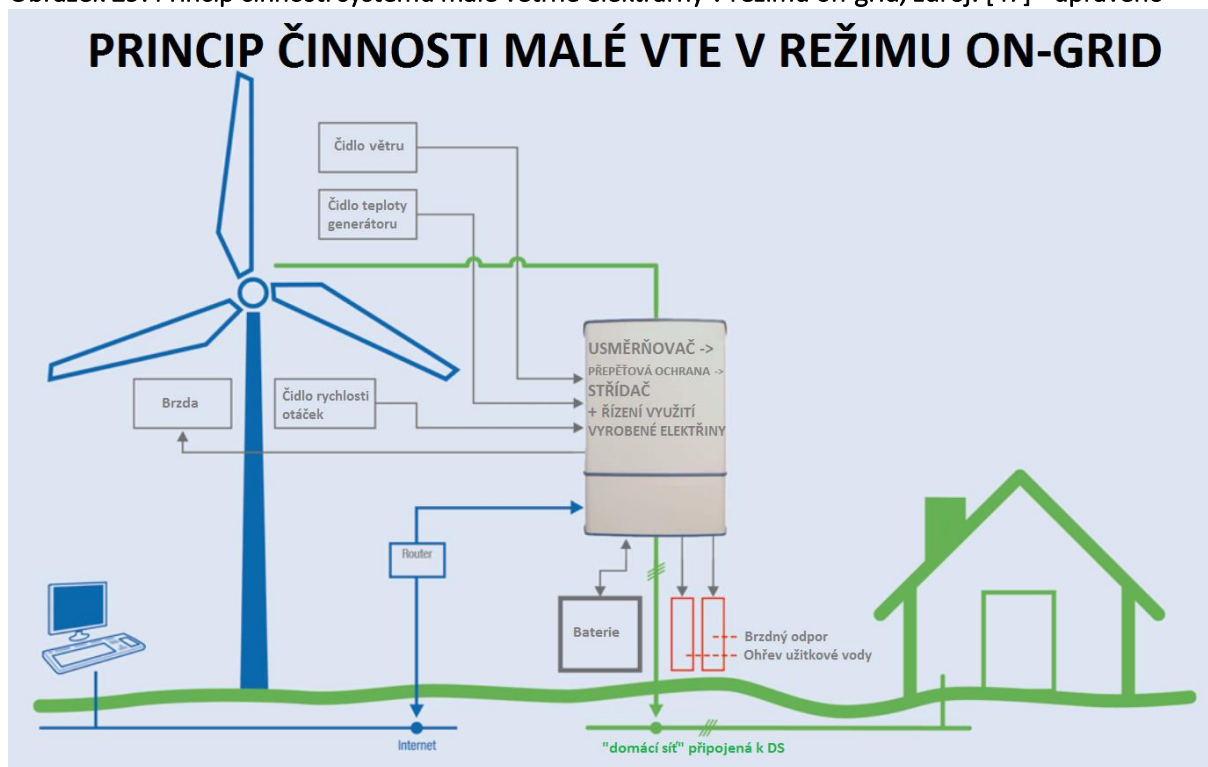
Instalace a provoz malých VTE s turbínami umístěnými do 10m výšky nepodléhá udělování licence. Další podmínkou je minimální hlučnost, kterou však dnes plní většina typů malých VTE, nevyjímaje modely uvedené v této práci.

4.9.3 Způsoby provozu malé větrné elektrárny

Malá VTE může být provozována buď jako ostrovní systém (off-grid) nebo paralelně s elektrizační soustavou (on-grid).

- Při paralelním provozu je VTE připojena na skrze „domácí síť“ k elektrizační soustavě, čímž snížíme množství elektřiny nakupované od obchodníka a dodávané skrze distribuční soustavu (v České republice se průměrně uvádí asi 4,50 korun na základě základní sazby D02d a emise CO₂ v průměru o přibližně 0,43 kg). Přebytek elektrické energie v době nízké spotřeby může být navíc po uzavření dohody s obchodníkem vykupován a dodáván do ES.

Obrázek 29: Princip činnosti systému malé větrné elektrárny v režimu on-grid, zdroj: [47] - upraveno



- V případě ostrovního systému (tzv. off-grid) není celý systém malé VTE připojen k elektrizační soustavě a je provozován samostatně. Jedná se většinou o případy, kdy by připojení k ES bylo příliš nákladné nebo PDS nedovolí připojení k DS.

Obrázek 30: Off-grid zapojení malé VTE, zdroj: zdroj: [47] - upraveno

- nezávislost na místních poměrech
- volně dostupný energetický zdroj
- nezávislé zásobování energií



Vyrobenou elektrickou energii je v obou případech možné skladovat v bateriích. Z generátoru jde usměrňovač a přepětovou ochranu do DC/DC či DC/AC měniče. Následně je baterie (nejčastěji 12, 24, či 48 V) dobíjena elektřinou přes regulátor dobíjení a může být buď připojena ke střídavé elektrizační soustavě přes DC/AC měnič nebo tvoří samostatnou DC ostrovní síť. Za moderní a efektivní zároveň se dnes považují kombinace větrné elektrárny s fotovoltaickou elektrárnou, zlepšující celkovou účinnost tohoto systému. Podle meteorologických pozorování totiž ve chvílích, kdy nesvítí Slunce „více fouká“ a tím pádem je pokles výroby ve FV panelech kompenzován zvýšením výroby větrnou turbínou a celkový diagram výroby se činí rovnoměrnější.

4.9.4 Potenciál větrné energie

Energie větru je kinetická energie vzniklá pohybem vzduchových mas. Vzduchové masy se pohybují následkem rozdílné hustoty v různých místech, která je zapříčiněná rozdílnou teplotou. Tato diference je následkem nerovnoměrného ohřívání atmosféry jednotlivých částí zemského povrchu. Energie větru je funkcí třetí mocniny síly větru (přibližně $W = 0,5 \times 1,255 \times v^3$ [W/m²;m/s]).

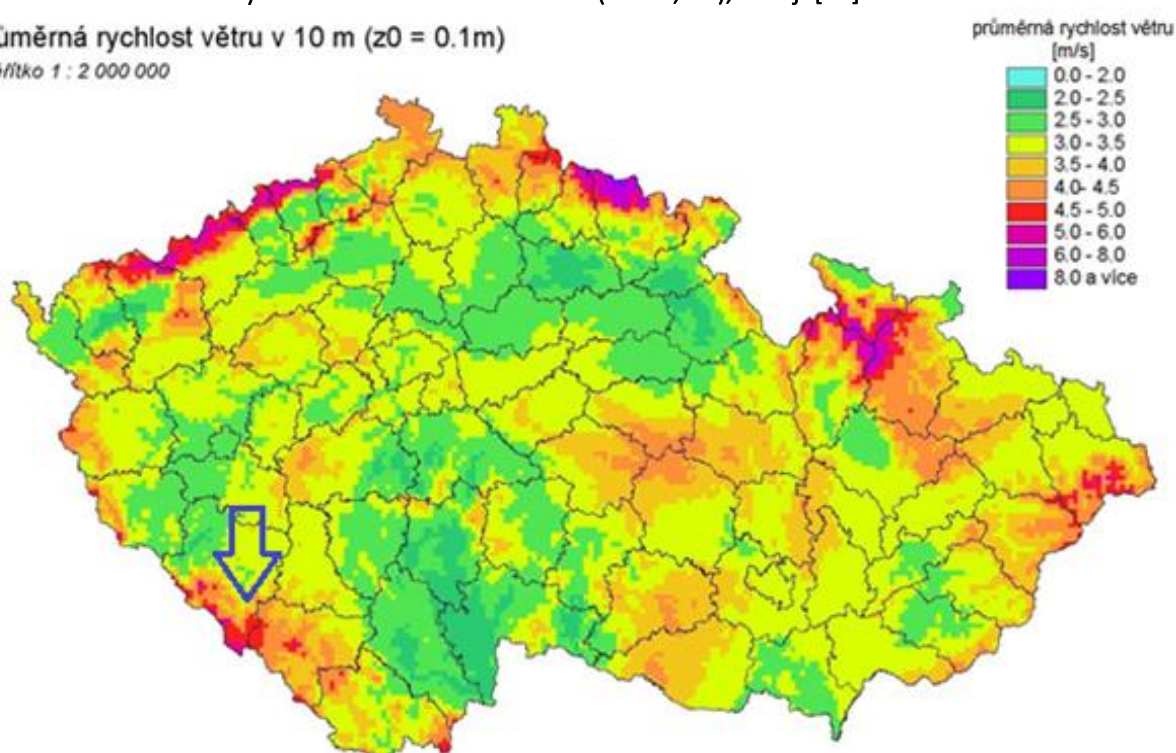
Tabulka 22: Hodnoty energie větru pro běžné rychlosti větru, měřeno při atmosférické hustotě 1 225 kg/m³ (suchý vzduch) za normálního tlaku při hladině moře a teplotě 15°C., zdroj: [52]

| Síla větru [m/s] | Energie větru [W/m ²] | Síla větru [m/s] | Energie větru [W/m ²] |
|------------------|-----------------------------------|------------------|-----------------------------------|
| 0 | 0 | 8 | 313,6 |
| 1 | 0,6 | 9 | 446,5 |
| 2 | 4,9 | 10 | 612,5 |
| 3 | 16,5 | 11 | 815,2 |
| 4 | 39,2 | 12 | 1058,4 |
| 5 | 76,5 | 13 | 1345,7 |
| 6 | 132,3 | 14 | 1680,7 |
| 7 | 210,1 | 15 | 2067,2 |

Obrázek 31: Průměrná rychlost větru v 10 m nad zemí (z0 = 0,1m), Zdroj: [55]

průměrná rychlost větru v 10 m (z0 = 0.1m)

měřítko 1 : 2 000 000



Shrnutí: Před koupí malé VTE by měla být v každém případě provedena analýza větrného potenciálu dané lokality s využitím tzv. větrných map a přímého měření. Následuje výběr vhodného způsobu provozu malé VTE a s tím související výběr optimální větrné turbíny a dalších komponent. Následuje administrativní proces žádosti o udělení licence ERÚ na výrobu elektřiny a uzavření smlouvy s PDS, ke které bude naše výrobná připojena. Po schválení všech nutných podmínek a provedení instalace zařízení může být zahájen provoz. Následuje již jen pravidelná údržba a měření.

4.9.5 Výběr vhodné technologie

V segmentu větrných elektráren rozlišujeme základní tři typy zdrojů – malé, střední a velké. Do skupiny malých se často řadí výroby s instalovaným výkonem do 60kW a průměrem vrtule do 16 metrů. Skupina malých větrných elektráren (malé VTE) je dále dělena do kategorií dle následující tabulky:

Tabulka 23: Rozdělení malých větrných elektráren dle Spolkového svazu větrné energie (BWE), Zdroj dat: BWE-Studie 2/2011

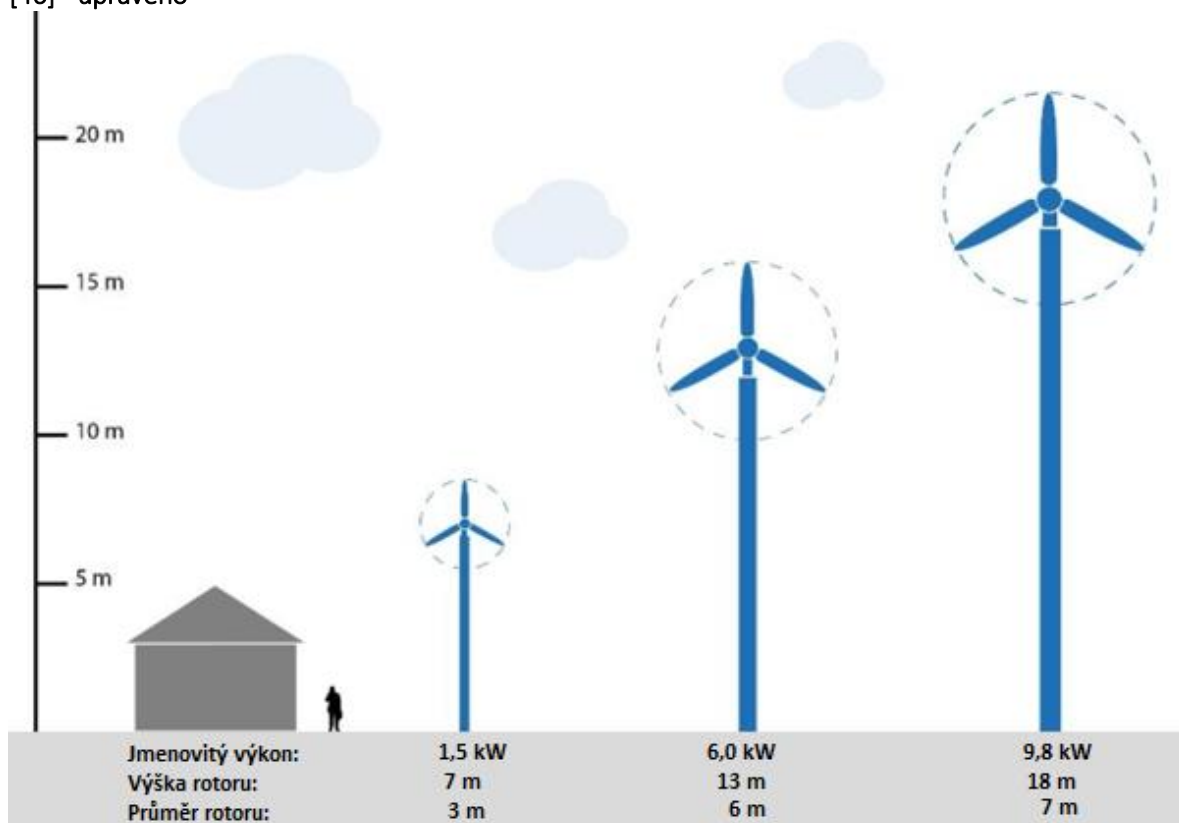
| Jmenovitý výkon | Způsob provozu | Výstupní napětí | Typické využití |
|-------------------------|--|-----------------|---|
| Do 1,5kW | Ostrovní systémy s bateriemi | 12, 24, 48 V DC | Kempy, zahradní osady, plachetnice, odlehlé měřicí stanice,... |
| | Paralelně s ES | 230 V AC | |
| 1,5 – 5 kW | Volně stojící či instalované na budovách | 230 V AC | obydlená území |
| 5 – 30 kW | Průmyslové zóny, zemědělství | 400 V AC | Mimo obydlená území, v zemědělských oblastech, v blízkosti průmyslových zón |
| 30 – 60 (100) kW | Průmyslové zóny, zemědělství | 20 kV AC | Stejně jako o řádek výše, vyšší nároky na připojení k síti vn |

V této práci se dál budeme zabývat těmi nejmenšími VTE, jejichž instalovaný výkon se vejde do 5kW. Jelikož se v mém modelu jedná o větrnou elektrárnu pro soukromého vlastníka, budu uvažovat pouze výše uvedenou skupinu malých výroben, sloužících především pro vytápění domů, ohřev užitkové vody, zajištění částečné soběstačnosti odběrného místa a samozřejmě i dodání určitého podílu výroby do DS. Samotný provoz VTE je podmíněn především faktorem síly, četnosti a rovnoměrnosti větru v místě instalace. Odborné odhady uvádí, že pro výhodný provoz by v místě instalace VTE měla být roční průměrná rychlost větru alespoň 6 m/s (průměr celé ČR činí 4 m/s). Jak je ukazuje Obrázek 31, v lokalitě Sušice se průměrná hodnota rychlosti větru během roku pohybuje kolem 4,5 až 5 m/s a mělo by se tedy jednat o hranici rentabilnosti provozu.

Nabídka námi požadovaných malých VTE na českém trhu se skládá především ze dvou základních možností. První je VTE s instalovaným výkonem do 1kW, jejíž výstupem je stejnosměrné napětí 12/24V, měničem upravené na 230 V střídavých. Typickým využitím jsou ostrovní sítě v odlehlých lokalitách (chaty apod.), kde je obtížná či žádná možnost připojení se k ES. Alternativou jsou malé VTE s výkonem v rozmezí 1,5 – 5 kW, jejichž výstup za střídačem vytváří buď jednofázové střídavé napětí 230V nebo při použití dražšího střídače třífázové sdružené napětí 400 V. Tyto větší zdroje pracují

často paralelně s DS, připojují se k ní a fungují v podstatě jako doplňkový zdroj podobný FVE. Jejich ceny včetně všech komponent instalace však překračují ceny FVE, investiční výdaje na malou VTE se pohybují v řádech stovek tisíc korun.

Obrázek 32: Orientační přehled velikosti větrných elektráren v porovnání s domem a člověkem, Zdroj: [46] - upraveno



Po porovnání mnoha variant na českém trhu jsem se nakonec rozhodl porozhlédnout se po možném technologickém řešení i v zahraničí, konkrétně v Německu, neboť náš soused je v tomto oboru o několik kroků dále. Nakonec jsem se rozhodl využít nabídku firmy Braun Windturbine, která nabízí ve spolupráci s firmou Petitjean vyrábějící montážní konstrukce kompletní instalační sety malých větrných elektráren a místo instalace se nachází pouze 30 km od hranic se Spolkovou republikou. Montáž by po dohodě s firmou Braun Windturbine mohla být bez problému provedena i v blízkosti hranic na území ČR.

Pro využití v mém modelu jsem zvolil variantu instalačního setu větrné turbíny Antaris 3.5 kW, jejíž cena včetně dopravy a montáže činí 6390€. Střídač nutný pro paralelní provoz s DS bude dodán též firmou Braun Windturbine a bude se jednat o model přední světové firmy Solar Edge, konkrétně SolarEdge SE3000-ER-01, jehož cena činí 890€. Standardní 12letá záruka bude rozšířena na 20 let za 184€. Vhodná montážní konstrukce od firmy Petitjean je k dispozici za 3390€. Výrobce je sice

doporučovaný 12 metrový stožár, z důvodu legislativy a snahy vejít se do 10 metrů, využijí tuto nižší variantu. Turbínu malé VTE by mělo být obvykle možné zahrnout do pojištění domácnosti či objektu. Extra pojištění proti úderu blesku není nutné, pokud nedošlo v dané lokalitě k žádné škodě bleskem za posledních 20 let. Stožár musí být především bezpečně uzemněn!

| | |
|----------------------------|-------------------------------------|
| Výkon | 3.7 kW při 420rpm a 400VDC |
| Jmenovitá rychlost | 12 m/s |
| Rozběhová rychlost | 3 m/s (cca 100 rpm) |
| Max. rychlost větru | 30 m/s |
| Průměr rotoru | 3,5 m/s |
| Max. otáčky rotoru | 420 n/min |
| Materiál turbíny | GRP (glass-reinforced plastic) |
| Výstupní napětí | 0 – 1000 VDC |
| Hmotnost | 31 kg |
| Generátor | Více pólový s permanentními magnety |



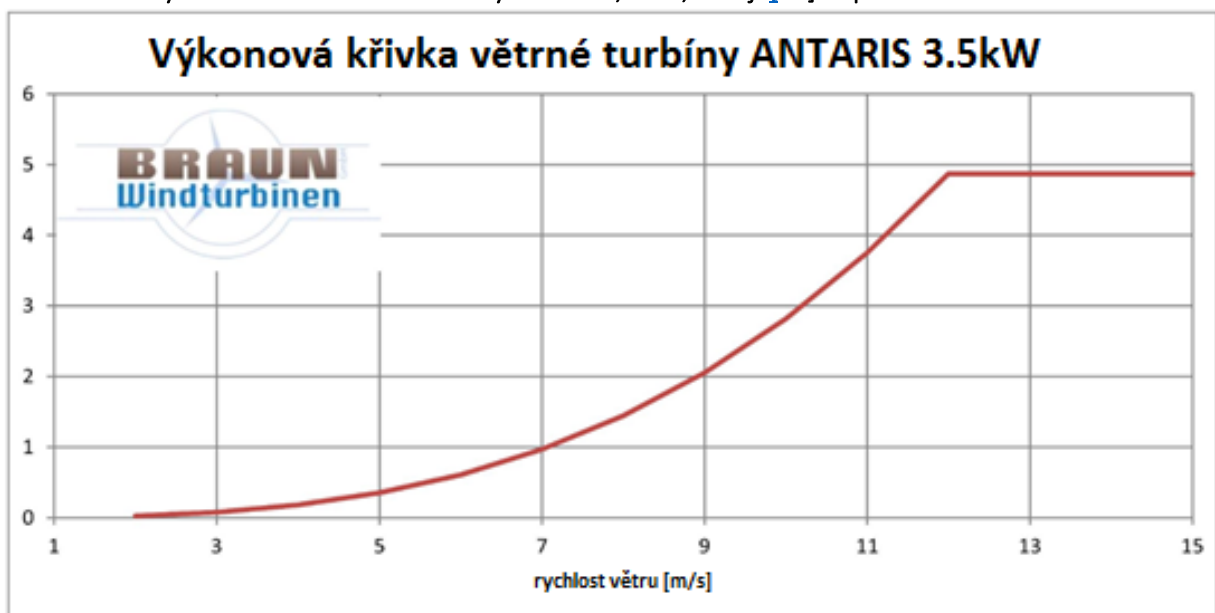
Technická data větrné turbíny Antaris 3.5kW firmy Windturbine Braun, Zdroj: [40] - upraveno

Technické vlastnosti jednotlivých komponent:

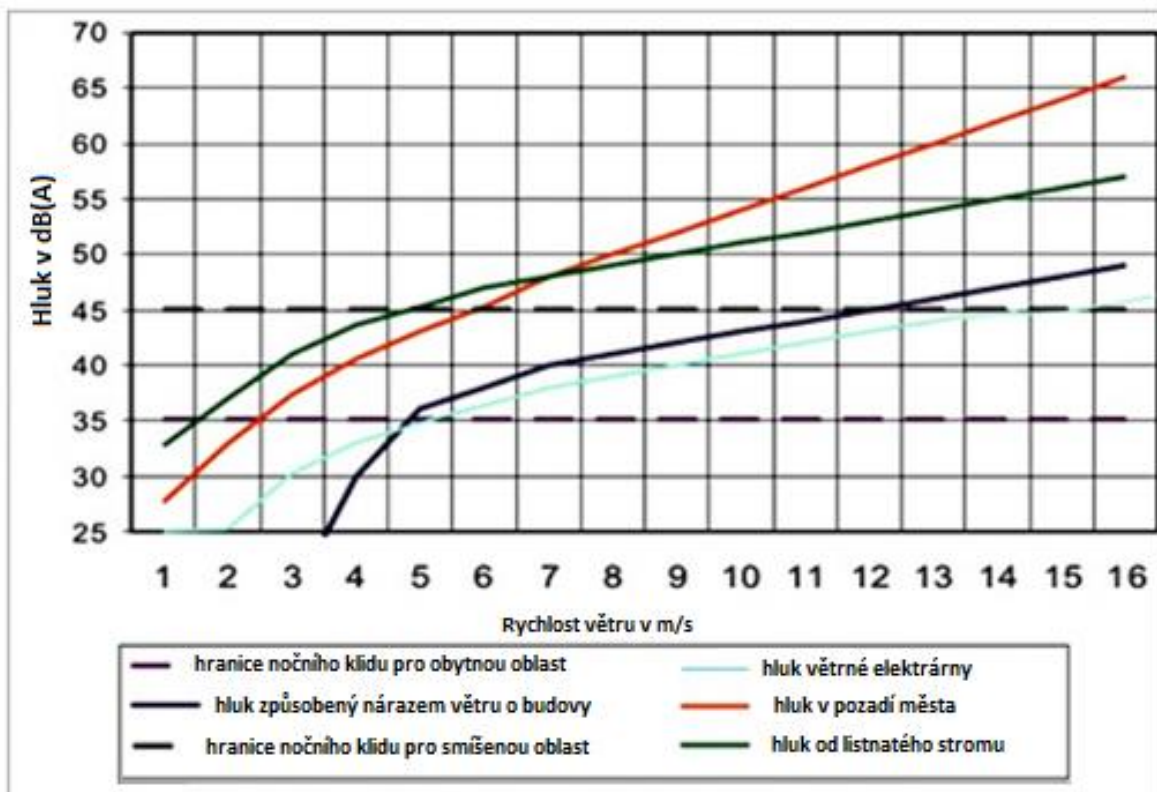
- **Generátor**
 - s permanentními magnety, bezkartáčové provedení, bez převodovky, bezúdržbový
 - Volitelný směr otáček
 - Napětí DC 0-1000 V
 - Vysoká účinnost díky extrémně silným NdFeBo permanentním magnetům, které vynikají stálostí až do 150°
 - Dodávka již od cca 100 rpm
 - Speciální kulová ložiska pro bezpečné pochycení radiálních i axiálních sil
 - Výkon 3,7kW při 420 rpm a napětí 400V, DC
 - 3fázový proud
 - Rovnoměrně rostoucí výkonová křivka
 - Hmotnost 31 kg
 - Hliníkové tělo
- **Rotor**
 - Náboj s hliníkovou přírubou a přitlačnou deskou
 - Nerezové šrouby s bezpečnostními matkami

- 3 vrtulové listy ze skelného a uhlíkové laminátu (GRP (glass-reinforced plastic))
 - Minimalizace hluku díky „wingletům“ na okraji vrtulových listů
 - Průměr 3,5m
 - Hmotnost jednoho vrtulového listu asi 3,3kg
 - Dynamicky i staticky vyváženo
 - Max. otáčky 420 n/min
 - Barva rotoru dle přání zákazníka
- **Nosný element**
- Kompletně pozinkovaná železná konstrukce (s nerezovými částmi) k připevnění ke stožáru (adaptér pro připevnění na stožár o průměru 114,3mm je součástí balení)
- **Ochrana proti silnému větru**
- Přepojení generátoru do krátka
 - Napěťová ochrana s brzdovým odporem
 - Helikopterstellung
- **Řídící jednotka turbíny**
- 3fázová napěťová ochrana
 - Ochrana proti přepólování
 - Nouzový vypínač
 - Usměrňovač
 - Analogové ukazatele
 - 3,5 kW brzdový odpor

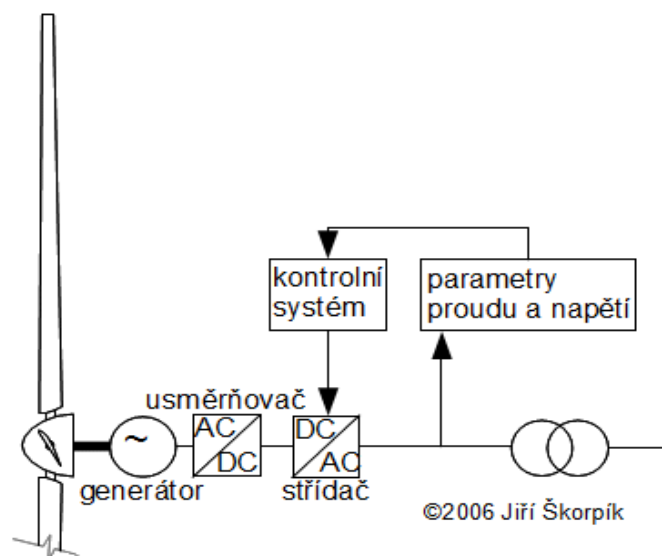
Obrázek 33: Výkonová křivka větrné turbíny Antaris 3,5 kW, Zdroj: [47] - upraveno



Obrázek 34: Porovnání hluku způsobeného provozem VT turbíny s vlivy okolí, Zdroj: [47] – upraveno



Obrázek 35: Princip zapojení generátoru VTE, zdroj: [45]



Výstupní napětí na svorkách generátoru je různé dle typu větrné elektrárny. U nejmenších zdrojů bývají použity stejnosměrné generátory, jejichž výstupem je napětí 12, 24 či 48 V DC. U větších VTE v řádu výkonu jednotek kW se využívají generátory produkující střídavý proud o napětí do 1000V, který je usměrňován a následně s využitím střídače přetransformován tak, aby mohl být použit v běžné síti. Tento případ je využit i v tomto modelu. U velkých VTE může být výstupní napětí generátoru až v řádech kV.

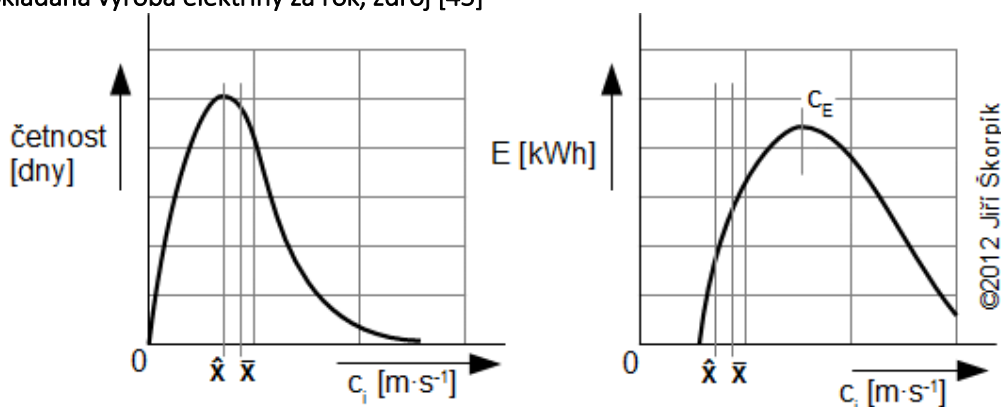
4.9.6 Předpoklady technického modelu malé VTE

Umístění malé VTE do místa s dostatečným větrným potenciálem je zcela bezpochyby jedním z primárních požadavků, neboť technicky i ekonomicky nejdůležitějším faktorem je dostatečná rychlost větru. Dnes používané větrné elektrárny začínají pracovat při rychlostech větru kolem 3 m/s a svého jmenovitého výkonu dosahují nejdříve při cca 12 m/s.

Jelikož je výpočetní model určen pro SRN, nachází se v něm zanesená data pouze pro několik tamních lokalit. Úpravu parametrů jsem provedl podle větrné mapy ČR, v praxi by se rozhodně použilo též přímého měření. Ke každému místu se ve výpočetním modelu udává průměrná rychlost větru v m/s, výška nad zemí a Weibullové parametry.

Průměrná rychlost větru ve výšce rotoru je rozhodující pro ověření výhodnosti dané lokality k umístění VTE. Tato rychlost se v praxi stanovuje s měření absolutních četností jednotlivých rychlostí větru v daném místě. Jelikož většina VTE dosahuje jmenovitého výkonu při rychlostech větru kolem 12-15 m/s, bude v místě, kde je průměrná rychlost větru 4,5 m/s, dosahovat svého jmenovitého výkonu pouze několik hodin v roce. V běžné praxi by se provádělo měření absolutních rychlostí větru dostatečně dlouho (alespoň několik měsíců či celý rok), a z těchto dat by se na základě výkonové křivky VTE vypočítaly vyrobená množství elektřiny. Naměřené hodnoty četnosti rychlostí větru by se poté daly popsat Weibullovým rozdělením. Můžeme tedy vyvodit, že roční průměrná rychlost větru v daném místě je ovlivněna výškou, ve které probíhá měření a A a K-hodnotou Weibullova rozdělení.

Obrázek 36: Průměrná rychlost větru stanovená z absolutní četnosti rychlosti větru v dané oblasti a předpokládaná výroba elektřiny za rok, zdroj [45]



Levá část obrázku ukazuje průběh absolutních četností rychlostí větru v dané lokalitě a 2 významné hodnoty - \hat{x} [m/s] je modus neboli hodnota rychlosti větru s maximální četností; \bar{x} [m/s] průměrná hodnota rychlosti větru. Pravá část obrázku ukazuje odhadovanou roční produkci elektřiny v závislosti na naměřených četnostech jednotlivých rychlostí větru.

Weibullové parametry: Rozdělení okamžitých rychlostí větru v daném místě se popisuje Weibullovým rozdělením určeným 2 parametry - A a K hodnotami, někdy označovanými též delta a gama. Rozdělení četností jednotlivých rychlostí větru je ve srovnání s roční střední hodnotou mnohem exaktnější.

Neboť výkon malé VTE se zvyšuje přibližně s třetí mocninou rychlosti větru, roste tedy výkon nadproporcionálně s rostoucí rychlostí větru. Elektrárna vyrobí nejvíce elektrické energie při rychlosti větru vyšší než je střední rychlost větru. Tato hodnota c_e [$m \cdot s^{-1}$] se nazývá **ekonomická rychlost větru** (rychlost větru, která má nejvyšší podíl z vyrobené elektrické energie za rok a je důležitá při návrhu tvaru lopatky).

A-hodnota Weibullova rozdělení se označuje jako škálovací faktor a udává se v m/s. Souvisí s rychlostí větru série měření. K-hodnota určuje tvar hustoty pravděpodobnosti Weibullova rozdělení neboli určuje tvar křivky rozdělení četností jednotlivých rychlostí větru. Místa se spíše konstantními a rovnoměrnými větrnými poměry mají K-hodnotu vyšší. Lokality s nerovnoměrnými větrnými poměry jsou reprezentovány nižším K-indexem. Typické hodnoty K-indexu se pohybují mezi 1,3 a 2,1.

Výška nad zemí, kde probíhá měření a kde bude umístěn rotor malé VTE je velice důležitá. Rychlost větru obecně roste s rostoucí výškou nad povrchem exponenciálně (souvislost s odpory, víry a třením vzduchových proudů, které vznikají v blízkosti povrchu). Aby bylo možné přepočítávat údaje z měření, využívá se následující vztah pro přepočet rychlosti větru podle výšky nad povrchem:

$$c_{h_2} = c_{h_1} \left(\frac{h_2}{h_1} \right)^a$$

kde je c_{h_2} [m/s] rychlost větru v požadované výšce; c_{h_1} [m/s] rychlost větru ve výšce, ve které byla hodnota rychlosti měřena; h_1 [m] výška měření rychlosti c_{h_1} ; h_2 [m] požadovaná výška, ve které je rychlost větru c_{h_2} ; a [-] exponent, jehož velikost se odvozuje od reliéfu krajiny – odvozeno od třídy drsnosti zemského povrchu - viz Tabulka 24.

Tabulka 24: Třídy drsnosti zemského povrchu, zdroj [56]

| Třída drsnosti | Charakter krajiny | a [-] |
|----------------|--|-------|
| 0 | otevřené pobřeží bez jakýchkoliv překážek s větrem | 0,12 |
| 1 | otevřená krajina s ojedinělými volně stojícími | 0,15 |
| 2 | zemědělská krajina s rozptýlenými budovami | 0,18 |
| 3 | uzavřená krajina s porostem stromů, křovinami a sousedícími budovami | 0,24 |

Často bývají údaje pro malé VTE udávány pro výšku 10 m nad zemí, do které není potřeba žádné stavební povolení. Bohužel je zde však nebezpečí, že pokud nějaký souseď vznesl časem námitku,

může se provoz malé VTE značně zkomplikovat až zastavit. Obecně platí, že čím výše je rotor umístěn, tím lepších větrných podmínek dosáhneme.

Celý výpočetní model byl vytvořen na základě reálných dat modelů VTE skutečně nabízených a prodávaných na německém trhu. Bohužel přesná jména a typy zařízení nejsou uvedena. Kalkulačka pracuje výlučně s VTE s horizontálně umístěnou osou rotoru. Tyto elektrárny jsou v praxi mnohem častější než vertikální zařízení. Ke jmenovitému výkonu malé VTE je ukázána též odpovídající jmenovitá rychlost větru. Průměr rotoru vytváří styčnou plochu se vzduchem a především v oblastech se slabým větrem může větší rotor být výhodou.

Výroba elektřiny a její roční odhad je pro ekonomický model stěžejní. Její velikost závisí na určení průměrné roční rychlosti větru nebo přesněji na rozdělení četností jednotlivých rychlostí větru dle Weibullova rozdělení a výpočtu z výkonové křivky větrného generátoru. Výstup z generátoru je však zasažen ještě dalšími systémovými ztrátami, například ztrátami ve vedení či ztrátami ve střídači. Čistá (netto) výroba vznikne po odečtení těchto ztrát. Nemůžeme však počítat s tím, že veškerou vlastní netto výrobu sami spotřebujeme. Jakou část výroby tvoří vlastní spotřeba a jakou dodáme do DS je dáno vztahem rozdělení velikosti výroby a velikosti spotřeby během sledovaného období, neboli koeficientem soudobosti vlastní výroby a spotřeby v domácnosti. V zemích jako je ČR, SRN, Rakousko, Švýcarsko a další země EU, kde je výkupní cena elektřiny velmi nízká (oproti ceně za dodávku od obchodníka) se vyplatí spotřebovat co nejvíce vlastní vyrobené elektřiny a ušetřit tak za nakupovanou energii od obchodníka s elektřinou. Při výběru větrné turbíny bychom měli mít vždy na paměti vztah velikosti naší vlastní spotřeby v domácnosti a výroby v malé VTE.

4.9.7 Stanovení předpokládané roční produkce elektřiny

Ke stanovení předpokládané roční produkce elektřiny z malé VTE byl použit online software „Kleinwindanlagen Rechner“ [46]. Jelikož nebylo pro potřeby této práce možné provést několikaměsíční či roční měření četností jednotlivých rychlostí větru v dané lokalitě, byla jako vstupní parametr určující průměrnou roční rychlost větru zvolena hodnota 4,6 m/s (Weibull-A 5,12, Weibull-K 1,48 a výška 10 m nad zemí).

Výstup z generátoru byl odhadnut na základě softwarového modelu 4709 kWh/rok. Při uvažování systémových ztrát ve výši 10% doporučených serverem klein-windkraftanlagen.com, bude odhadovaná roční netto produkce elektřiny asi 4238 kWh. Jak bylo již uvedeno v úvodu, malá VTE bude umístěna na okraji obce Sušici, v podhůří Šumavy, v nadmořské výšce 450 m. n. m. Zadány jsou ještě systémové ztráty (turbína, měnič,...) a to 10%.

4.9.8 Ekonomický model

Následující Tabulka 25 zobrazuje jednotlivé komponenty souvisejících s investicí do instalace a zprovoznění malé VTE. Rovněž jsem uvažoval s tím, že když si objednáš montáž od firmy, výsledná cena je zatížena pouze 15% DPH. Pro naši modelovou situaci budeme předpokládat, že projektová dokumentace k malé VTE bude bez připomínek odsouhlasena příslušným PDS a úspěšně bude absolvována i revize. Zároveň žádost o připojení k DS a žádost o vydání licence ERÚ na výrobu elektřiny nebudou zamítnuty. Malá VTE bude registrována v systému OTE, budou zřízeny potřebné certifikáty a zajištěna možnost výkupu přebytků z výroby nějakému obchodníkovi s elektřinou.

Tabulka 25: Investice do VTE o výkonu 3,5kW, Zdroj dat: cenová nabídka firmy Braun Windturbine obdržena emailem. Použit byl kurs k 26. 4. 2016 dle ČNB, devizi střed CZK/EUR 27,025.

| Malá VTE o výkonu | 3,5 kW | | | |
|---|----------|----|------------|-------|
| | Cena v € | ks | Cena v Kč | Kč/W |
| VT turbína Antaris 3.5 (turbína, generátor, řídicí jednotka, čidla rychlosti a směru větru, čidla teploty a otáček generátoru, brzda...) | 6 390 € | 1 | 172 690 Kč | |
| žárově zinkovaný samostatně stojící stožár Pettjean, 10 metrů vysoký | 3 390 € | 1 | 91 615 Kč | |
| Střídač SolarEdge SE3500-ER-01 | 890 € | 1 | 24 052 Kč | |
| Prodloužení záruky střídače na 20 let | 184 € | 1 | 4 973 Kč | |
| Elektromontážní materiál (rozvaděč, kabeláž, přepětová ochrana) | | | 8 790 Kč | |
| Montáž a doprava | 900 € | | 24 323 Kč | |
| Cena celkem včetně DPH | | | 326 442 Kč | 93 Kč |

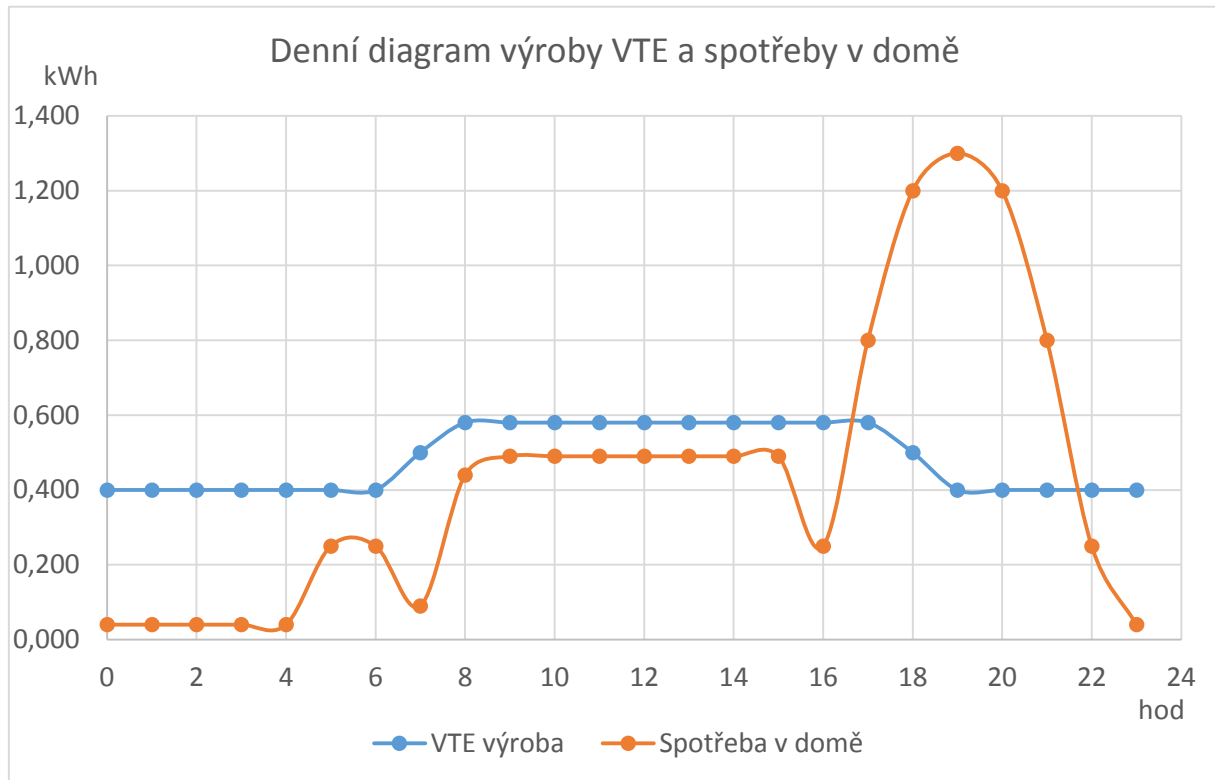
Provozní náklady malé VTE jsou nízké a jejich odhad zobrazuje následující Tabulka 17:

Tabulka 26: Roční provozní výdaje malé VTE

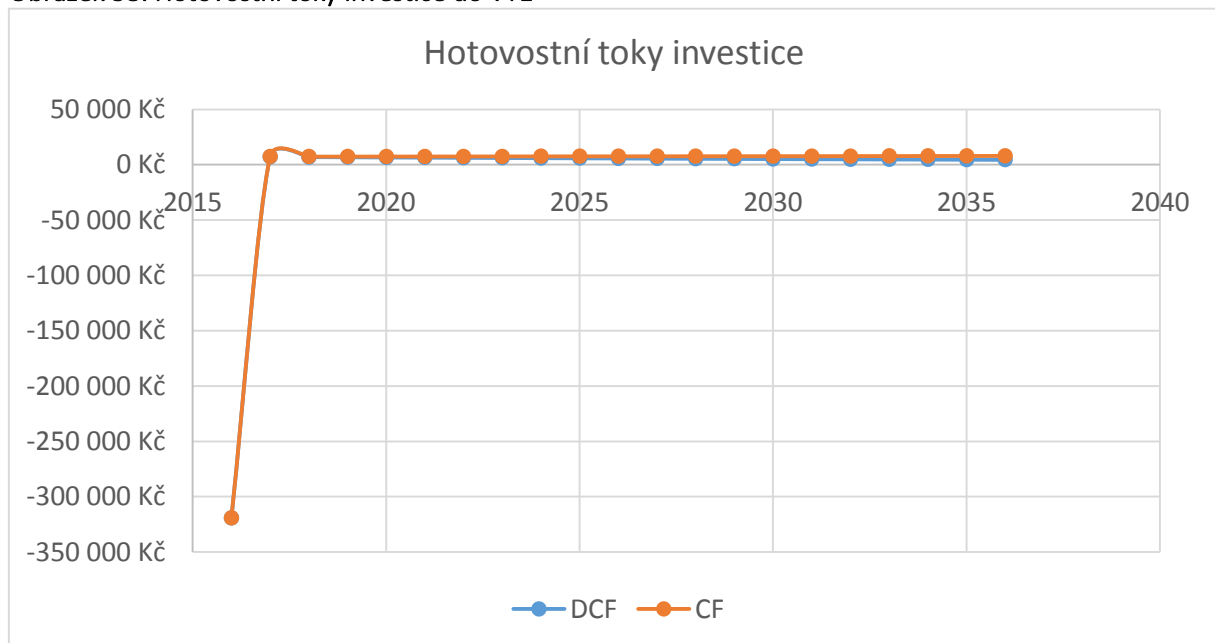
| Roční provozní výdaje na malou VTE | |
|---|-----------------|
| Pojistka | 2 000 Kč |
| Vlastní spotřeba | 300 Kč |
| Údržba | 2 000 Kč |
| Celkem | 4 300 Kč |
| Celkem jako % investičních nákladů | 1,32% |

Graf níže zobrazuje odhadovanou denní výrobu VTE dle předpokladů uvedených v bodě **Chyba! enalezen zdroj odkazů.** a další graf hotovostní toky investice do malé VTE.

Obrázek 37: Denní diagram výroby VTE a spotřeby domácnosti využívající vlastní výroby na základě investice do VTE



Obrázek 38: Hotovostní toky investice do VTE



Obrázek 39: Model hodnocení ekonomické efektivity investice do VTE

| INVESTIČNÍ NÁKLADY: | | | | | | | | | | -326 442 Kč |
|---------------------|--------------------|-------------------------|---------------------------|------------------|-----------------|-----------------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| Letopočet | Výroba z VTE [MWh] | Cena elektřiny [Kč/kWh] | Cena za elektřinu bez FVE | Po instalaci FVE | | | | Celkem | CF | DCF |
| | | | | Nákup elektřiny | Prodej přebytků | Investice, provoz FVE | | | | |
| 2016 | 4,24 | 3,15 | 14 375 Kč | 3 522 Kč | 669 Kč | 330 742 Kč | 333 594 Kč | -319 219 Kč | -319 219 Kč | |
| 2017 | 4,23 | 3,15 | 14 375 Kč | 3 531 Kč | 666 Kč | 4 300 Kč | 6 605 Kč | 7 770 Kč | 7 770 Kč | |
| 2018 | 4,22 | 3,15 | 14 375 Kč | 3 541 Kč | 664 Kč | 4 300 Kč | 6 616 Kč | 7 759 Kč | 7 759 Kč | |
| 2019 | 4,21 | 3,15 | 14 375 Kč | 3 549 Kč | 661 Kč | 4 300 Kč | 6 627 Kč | 7 748 Kč | 7 748 Kč | |
| 2020 | 4,2 | 3,15 | 14 375 Kč | 3 559 Kč | 658 Kč | 4 300 Kč | 6 638 Kč | 7 738 Kč | 7 738 Kč | |
| 2021 | 4,2 | 3,15 | 14 375 Kč | 3 568 Kč | 655 Kč | 4 300 Kč | 6 648 Kč | 7 727 Kč | 7 727 Kč | |
| 2022 | 4,19 | 3,15 | 14 375 Kč | 3 578 Kč | 652 Kč | 4 300 Kč | 6 659 Kč | 7 716 Kč | 7 716 Kč | |
| 2023 | 4,18 | 3,15 | 14 375 Kč | 3 587 Kč | 649 Kč | 4 300 Kč | 6 670 Kč | 7 706 Kč | 7 706 Kč | |
| 2024 | 4,17 | 3,15 | 14 375 Kč | 3 597 Kč | 646 Kč | 4 300 Kč | 6 681 Kč | 7 695 Kč | 7 695 Kč | |
| 2025 | 4,16 | 3,15 | 14 375 Kč | 3 605 Kč | 643 Kč | 4 300 Kč | 6 691 Kč | 7 684 Kč | 7 684 Kč | |
| 2026 | 4,15 | 3,15 | 14 375 Kč | 3 615 Kč | 640 Kč | 4 300 Kč | 6 702 Kč | 7 673 Kč | 7 673 Kč | |
| 2027 | 4,15 | 3,15 | 14 375 Kč | 3 624 Kč | 637 Kč | 4 300 Kč | 6 713 Kč | 7 663 Kč | 7 663 Kč | |
| 2028 | 4,14 | 3,15 | 14 375 Kč | 3 634 Kč | 635 Kč | 4 300 Kč | 6 723 Kč | 7 652 Kč | 7 652 Kč | |
| 2029 | 4,13 | 3,15 | 14 375 Kč | 3 643 Kč | 632 Kč | 4 300 Kč | 6 734 Kč | 7 641 Kč | 7 641 Kč | |
| 2030 | 4,12 | 3,15 | 14 375 Kč | 3 653 Kč | 629 Kč | 4 300 Kč | 6 745 Kč | 7 630 Kč | 7 630 Kč | |
| 2031 | 4,11 | 3,15 | 14 375 Kč | 3 661 Kč | 626 Kč | 4 300 Kč | 6 756 Kč | 7 620 Kč | 7 620 Kč | |
| 2032 | 4,1 | 3,15 | 14 375 Kč | 3 671 Kč | 623 Kč | 4 300 Kč | 6 766 Kč | 7 609 Kč | 7 609 Kč | |
| 2033 | 4,1 | 3,15 | 14 375 Kč | 3 680 Kč | 620 Kč | 4 300 Kč | 6 777 Kč | 7 598 Kč | 7 598 Kč | |
| 2034 | 4,09 | 3,15 | 14 375 Kč | 3 690 Kč | 617 Kč | 4 300 Kč | 6 788 Kč | 7 588 Kč | 7 588 Kč | |
| 2035 | 4,08 | 3,15 | 14 375 Kč | 3 699 Kč | 614 Kč | 4 300 Kč | 6 798 Kč | 7 577 Kč | 7 577 Kč | |
| 2036 | 4,07 | 3,15 | 14 375 Kč | 3 709 Kč | 611 Kč | 4 300 Kč | 6 809 Kč | 7 566 Kč | 7 566 Kč | |
| NPV = | | | | | | | | | | -165 859 Kč |

5. Analýza výstupů modelu

Jelikož jsem v ekonomickém modelu použil několik parametrů, které nemohou být exaktně deterministicky určeny, vytvořil jsem následující citlivostní analýzy. Vždy se mění jeden z parametrů, ostatní zůstávají ve výchozí zvolené hodnotě. Z důvodu záporné hodnoty NPV pro mnou zvolené výchozí hodnoty, jsem se snažil v citlivostních analýzách zobrazit mezní hodnotu (ne vždy se to ale podařilo), neboli hodnotu, pro kterou je NPV rovno 0. Mezní hodnota každého parametru určuje limit vnějších podmínek, pro které by se investice vyplatila. K výpočtu byla použita analýza dat a funkce řešitel v programu MS Excelu.

Na základě předchozího bodu, ve kterém byly pro zvolené vstupní parametry vytvořeny modely ekonomické efektivity investic do jednotlivých variant decentralizovaných energetických zdrojů, byla sestavena následující Tabulka 27 přehledně shrnující výstupy z ekonomických modelů. Ekonomická efektivity jednotlivých variant je hodnocena čistou současnou hodnotou (NPV). Toto absolutní kritériem ekonomické efektivity respektuje časovou hodnotu peněz. Jelikož všechny varianty nabývají pro nezáporné hodnoty diskontu pouze záporných hodnot, neuvádím nikde hodnotu kritéria IRR (vnitřní výnosové procento), které udává diskont, při kterém je NPV = 0. Z důvodu záporných hodnot NPV pro mnou zvolené výchozí parametry, jsem se snažil uvést jejich mezní hodnotu, neboli hodnotu, pro kterou je NPV rovno 0. Mezní hodnota každého parametru určuje limit vnějších podmínek, pro které by se investice vyplatila. K výpočtu byla použita analýza dat a funkce řešitel v programu MS Excel.

Tabulka 27: Analýza výstupů ekonomického modelu

| Varianta | Popis varianty | T _z | NPV |
|----------|---|----------------|--------------|
| FVE - A | FVE o výkonu 3kWp bez akumulace energie v bateriích | 20 let | - 149 679 Kč |
| FVE - B | FVE o výkonu 3kWp s akumulací energie v teplé vodě | 20 let | - 146 809 Kč |
| FVE - C | FVE o výkonu 3kWp s akumulací energie v bateriích | 20 let | - 153 994 Kč |
| VTE | VTE o výkonu 3,5 kW | 20 let | - 206 909 Kč |

Jak je z výsledků ekonomického modelu patrné, při platnosti všech předpokladů uvedených v předcházející části, vychází záporné NPV pro všechny 4 varianty řešení - 3 varianty instalace malé FVE a jednu variantu malé větrné elektrárny. Část předpokladů, které byly pro ekonomické modely zvoleny, má deterministický charakter a byly proto určeny s vysokou přesností. Ostatní parametry, jejichž hodnoty dnes známe, ale v budoucnu je jejich vývoj nejistý, byly zvoleny dle názorů odborné veřejnosti, odborných pramenů a mého nejlepšího svědomí. Podle mého názoru je negativní výsledek, de facto zatracující uvažované decentralizované zdroje, zapříčiněn jednak chybějícími

provozními podporami nových decentralizovaných zdrojů - ať již formou pevně stanovených výkupních cen či tzv. zelených bonusů, jednak velmi nízkými tržními výkupními cenami přebytků z těchto malých zdrojů, kdy se výkupní cena za 1kWh pohybuje kolem 0,50 Kč (ampermarket.cz). Výrobní uvedené do provozu v dřívějších letech pobírají provozní podporu a jejich investoři se o realizaci svých projektů rozhodovali za úplně jiné situace. Došlo však k rapidnímu nárůstu instalovaného výkonu v neřízených fotovoltaických a větrných zdrojích, a možná i proto bylo ukončeno poskytování provozních podpor výrobnám, uvedeným do provozu v pozdějších letech. Jak již bylo uvedeno dříve, výrobnám využívajícím obnovitelné zdroje energie uvedeným do provozu po 1. 1. 2016 nenáleží žádná provozní podpora.

Aby bylo patrné, jak velký dopad má změna jednotlivých vstupních parametrů ekonomického modelu na konečný výsledek hodnocení ekonomické efektivity, zpracoval jsem citlivostní analýzy pro všechny varianty investic. Vždy se mění pouze jedna významná vstupní hodnota ekonomického modelu, ostatní vstupní parametry zůstávají stejné, a pozoruje se změna hodnoty čisté současné hodnoty. Pro vstupní parametry, u kterých bude provedena citlivostní analýza, jsem zvolil:

- pokles účinnosti FV panelu, resp. větrné turbíny
- meziroční vývoj cen elektřiny
- diskont
- výkupní cena přebytků vlastní výroby
- životnost projektu T_z

Jelikož pro každou variantu bylo provedeno 5 citlivostních analýz, uvedu zde jen ty nejzajímavější, analyzuji jednotlivé vlivy a všechny grafické příložím do kapitoly Přílohy na konec práce. Roční pokles účinnosti o 0,6 % u FV panelů a o 0,2 % u větrné turbíny považuji za nízký, neboť v celkovém hodnocení variant nehraje přílišnou roli od zjednodušené varianty, kdy bychom uvažovali konstantní účinnost. Vliv na NPV v rozmezí hodnot 100 – 200 tisíc se pohybuje nejvýše do 10 % pro všechny varianty.

Zajímavým vstupním parametrem je budoucí vývoj, resp. růst, cen elektřiny na trhu. Pokud by z určitého důvodu (válečný konflikt, nedostatek paliv, ...) došlo k rapidnímu nárůstu cen elektrické energie, dostali bychom se s investicí určitě do kladných čísel. Aby bylo NPV rovno nule, muselo by roční tempo růstu elektřiny dosahovat přibližně 9 %. Tento předpoklad však považuji za současné situace ve světě za silně nepravděpodobný.

Citlivostní analýzu jsem provedl rovněž na hodnotu diskontu a uvažované rozpětí hodnot jsem zvolil 0 až 15 procent. Pokud nebudu uvažovat velmi silnou zápornou inflaci, která by mohla způsobit

záporný diskont, nedostanu se s uvažovaným rozmezím nikdy do kladných čísel. Uvažovaný diskont 3 % je relativně nízký, neboť budou využity pouze vlastní finanční prostředky, úrokové sazby bank, spořitelen či státních dluhopisů jsou rovněž velmi nízké a možnost nízkorizikových investic pro soukromé osoby je velmi úzká. Při použití diskontu v rozmezí 6 až 8 %, který se často používá v energetice, bychom získali ještě horší výsledky. Rozdíl oproti použitému 3% diskontu by se přibližně pohyboval do -15%.

Vliv tržní výkupní ceny přebytků výroby dohodnuté s nějakým obchodníkem na trhu nemá v případě malého decentralizovaného zdroje, kdy vyrábíme především pro vlastní spotřebu nebo jen pro ni, velký význam. Cena silové elektřiny je dnes velmi nízká, aktuální base-load se na PXE pro ČR pohybuje kolem 25€/MWh (cca 700 Kč/MWh). S výkupní cenou kolem 0,70 Kč/kWh by nedošlo k téměř žádným změnám výsledných hodnot NPV, změna by se projevila kladně v řádu několika jednotek %. Aby došlo ke stavu, kdy NPV bude rovno nule, musela by se výkupní cena přebytků u VTE pohybovat kolem 11 Kč/kWh a u FVE až kolem 13 Kč/kWh. U FVE využívající akumulace v bateriích nedochází při běžném provozu k dodávkám do DS a tento vstupní parametr nemá tedy ve variantě C vliv na výslednou hodnotu NPV.

Velmi zajímavá je situace při změně doby životnosti. U FVE by se prodloužení životnosti na 25 let s uvažováním vyšší pořizovací ceny v důsledku dražšího prodloužení záruky projevilo zlepšením hodnot NPV až o 20 %. Bohužel však stále zůstáváme hluboko v záporných číslech. V případě větrné elektrárny by nám pětileté prodloužení rovněž nepomohlo dostat se s hodnotou NPV nad nulu, ovšem zlepšení je přibližně o 25 %.

Velmi zajímavou alternativou pro zamyšlení by mohla být alternativní varianta hybridní spojení více obnovitelných zdrojů. Během období, kdy dosahuje vítr nízkých rychlostí, svítí v mnoha případech Slunce a naopak. Vítr a Slunce jsou často označovány za zdroje energie, které by se mohly navzájem vhodně doplňovat. V případech požadavku trvalých dodávek je možné celou soustavu zálohovat diesel-generátorem. Toto hybridní spojení umožňuje vyhnout se pořízení nákladných baterií nutných k akumulaci elektřiny z důvodu nesoudobosti a nerovnoměrnosti výroby jediného zdroje. V případě dostatku vlastní výroby je v určitých případech vhodné doplnit celý systém o tepelné čerpadlo. Výše uvedené a mnohé další varianty řešení by však vystačily na další samostatné práce a nejsou předmětem mého zkoumání.

Závěr

V závěrečné práci jsem se zabýval tématem potenciálu a ekonomické efektivity nových decentralizovaných obnovitelných zdrojů. V prvních dvou bodech práce jsou shrnuty legislativní předpisy vztahující se k energetice a obnovitelným zdrojům, analyzována koncepce vývoje energetiky ČR dle aktualizované Státní energetické koncepce vydané MPO, platící od roku 2015, a navázáno je zamyšlením nad souvislostí decentralizovaných zdrojů menších výkonů s konceptem chytrých sítí, tzv. smart grids. Třetí bod se zabývá relativně podrobnou analýzou jednotlivých typů decentralizovaných obnovitelných zdrojů, vyzdvihl jsem vždy jejich konkrétní pozitiva, negativa a zaměřil se i na potenciál možného dalšího rozšíření a zvýšení instalovaného výkonu v České republice. Na vzniklou rešerši informací navazuje ekonomický model zabývající se porovnáním několika investičních variant do decentralizovaných obnovitelných zdrojů malých výkonů v řádu jednotek kW. K hodnocení ekonomické efektivity bylo použito absolutní kritérium čisté současné hodnoty (NPV) respektující časovou hodnotu peněz. Výsledné hodnoty NPV pro každou variantu byly podrobeny citlivostním analýzám na změnu hodnot předpokládaných parametrů. Z důvodu absence jakýchkoli provozních podpor ze strany státu pro nové OZE uvedené do provozu v roce 2016, vychází za odborně odhadnutých vstupních podmínek všechny investiční varianty velmi špatně. Jejich hodnoty NPV se pohybují řádově kolem hodnoty MINUS 100 000 Kč. Podle mého názoru by na tento výsledek mělo největší vliv zavedení provozních podpor ze strany státu, jako tomu bylo v minulých letech - ať již formou pevně stanovených výkupních cen nebo tzv. zelených bonusů. V současné situaci nemohu žádnému malooběrateli disponujícímu podobným spotřebním diagramem, který je uveden v bodě 4.3, doporučit investici do malého fotovoltaického či větrného zdroje. V případě rapidního růstu cen elektřiny, prodloužení životnosti uvažovaných komponent, zvýšení výkupních cen přebytků výroby a zavedení určité provozní podpory ze strany státu umožní decentralizované zdroje malých výkonů pokrýt alespoň částečně spotřebu přímo v místě výroby, ušetřit tak kapacity sítí pro přepravu elektřiny a především snížit množství emisí uvolněných na výrobu jedné spotřebované kWh elektřiny.

Seznam obrázků a tabulek

| | |
|--|----|
| Obrázek 1: Predikovaná spektrum brutto výroby elektrické energie v ČR, zdroj dat [3] - SEK | 18 |
| Obrázek 2: Predikovaný vývoj struktury brutto výroby elektrické energie v ČR, zdroj dat [3] - SEK | 18 |
| Obrázek 3: Lokality pilotního smart měření Skupiny ČEZ, zdroj: ČEZ..... | 28 |
| Obrázek 4: Natáčení lopatek a celého větráku k řízení výkonu [6] | 32 |
| Obrázek 5: INDIGO NORWIN 47-ASR-750 kW a jeho výkonová křivka, zdroj [8] | 33 |
| Obrázek 6: INDIGO NORWIN 47-ASR-750 kW, zdroj [8]..... | 34 |
| Obrázek 7: Prostorové rozložení hustoty výkonu větru [W/m ²] na území ČR ve výšce 40 m nad povrchem [9] | 34 |
| Obrázek 8: Území vhodná pro umístění větrných elektráren v ČR, zdroj [10] | 35 |
| Obrázek 9: Mapa globálního slunečního záření na území ČR [kWh/m ²],[11] | 37 |
| Obrázek 10: Mapa globálního slunečního záření na území ČR [kWh/m ²],[12] | 37 |
| Obrázek 11: Vývoj brutto výroby elektřiny z OZE a podíl výroby z OZE na celkové tuzemské brutto výrobě v letech 2005 - 2014, zdroj dat [19] - ERÚ | 40 |
| Obrázek 12: Zvýšení příspěvku na OZE v posledních letech, zdroj dat [19] – ERÚ..... | 42 |
| Obrázek 13: Objekt k instalaci decentralizovaného zdroje | 44 |
| Obrázek 14: Diagram průměrné denní spotřeby elektřiny v domě respektující možnosti využití odhadované výroby FVE v akumulčních spotřebičích na základě dat z PVGIS, zdroj dat pro odhad výroby FV panelů PVGIS | 48 |
| Obrázek 15: Diagram průměrné denní spotřeby elektřiny v domě respektující odhadovanou výrobu v instalované větrné elektrárně | 49 |
| Obrázek 16: Výnos energie ze slunečního záření v závislosti na orientaci a sklonu FV panelu, zdroj: [46] | 53 |
| Obrázek 17: Odhadované měsíční výroby energie v kWh, zdroj: PVGIS | 57 |
| Obrázek 18: Odhadované měsíční energetické zisky v kWh/m ² , zdroj: PVGIS..... | 57 |
| Obrázek 19: Denní diagram výroby FVE a spotřeby domácnosti využívající vlastní výroby na základě investice do FVE – varianta A | 59 |
| Obrázek 20: Hotovostní toky investice do FVE - varianta A | 59 |
| Obrázek 21: Model hodnocení ekonomické efektivity investice do FVE – varianta A | 60 |
| Obrázek 22: Denní diagram výroby FVE a spotřeby domácnosti využívající vlastní výroby na základě investice do FVE – varianta B | 62 |
| Obrázek 23: Hotovostní toky investice do FVE - varianta B | 62 |
| Obrázek 24: Model hodnocení ekonomické efektivity investice do FVE – varianta B | 63 |
| Obrázek 25: Denní diagram výroby FVE, úrovně nabití baterií a spotřeby domácnosti využívající vlastní výroby na základě investice do FVE – varianta C | 65 |
| Obrázek 26: Hotovostní toky investice do FVE - varianta C | 65 |
| Obrázek 27: Model hodnocení ekonomické efektivity investice do FVE – varianta C | 66 |
| Obrázek 28: Měřič rychlosti a směru větru (anemometr) připojitelný k LAN - TX20ETH, zdroj: [47] | 67 |
| Obrázek 29: rincip činnosti systému malé větrné elektrárny v režimu on-grid, zdroj: [40] - upraveno..... | 68 |
| Obrázek 30: Off-grid zapojení malé VTE, zdroj: zdroj: [40] - upraveno..... | 69 |

| | |
|--|----|
| Obrázek 31: Průměrná rychlost větru v 10 m nad zemí ($z_0 = 0,1m$), Zdroj: [48] | 70 |
| Obrázek 32: Orientační přehled velikosti větrných elektráren v porovnání s domem a člověkem, Zdroj: [39] ... | 72 |
| Obrázek 33: Výkonová křivka větrné turbíny Antaris 3,5 kW, Zdroj: [40] - upraveno | 74 |
| Obrázek 34: Porovnání hluku způsobeného provozem VT turbíny s vlivy okolí, Zdroj: [40] – upraveno..... | 75 |
| Obrázek 35: Princip zapojení generátoru VTE, zdroj: [38] | 75 |
| Obrázek 36: Průměrná rychlost větru stanovená z absolutní četnosti rychlosti větru v dané oblasti a předpokládaná výroba elektřiny za rok [38] | 76 |
| Obrázek 37: Denní diagram výroby VTE a spotřeby domácnosti využívající vlastní výroby na základě investice do VTE | 80 |
| Obrázek 38: Hotovostní toky investice do VTE | 80 |
| Obrázek 39: Model hodnocení ekonomické efektivity investice do VTE | 81 |
| | |
| Tabulka 1: Pokuty za přetoky elektřiny z mikrozdvořů do ES, zdroj dat [4] – Cen. roz. ERÚ č. 7/2015 | 20 |
| Tabulka 2: Podporované typy solárních a FV systému v programu NZÚ, oblast C.3, zdroj: [32] – oficiální web programu NZÚ..... | 21 |
| Tabulka 3: Výše podpor pro jednotlivé podoblasti programu NZÚ, oblast C.3, zdroj: [32] – oficiální web programu NZÚ..... | 22 |
| Tabulka 4: Primární požadavky pro získání investiční podpory z programu NZÚ v oblasti C3, zdroj: [32] – oficiální web programu NZÚ | 23 |
| Tabulka 5: Provoz větrné elektrárny v závislosti na rychlosti větru, zdroj [11]..... | 33 |
| Tabulka 6: Vyrobená a předpokládaná vyrobená elektřina v OZE v GWh, zdroj dat [23] – ERÚ..... | 39 |
| Tabulka 7: Vývoj podílu OZE na hrubé výrobě elektřiny v letech 2005 – 2014, zdroj dat [23] - ERÚ..... | 40 |
| Tabulka 8: Vývoj podílu OZE na brutto spotřebě elektřiny v letech 2005 – 2014, zdroj dat [23] - ERÚ..... | 41 |
| Tabulka 9: Struktura ceny elektřiny | 41 |
| Tabulka 10: Zvýšení příspěvku na OZE v posledních letech, zdroj dat [23] - ERÚ | 42 |
| Tabulka 11: Zařízení využívající elektrickou energii a jejich průměrné spotřeby | 45 |
| Tabulka 12: Průměrný denní diagram spotřeby v rodinném domě s využitím akumulace dle objemu produkce FV panelů | 47 |
| Tabulka 13: Průměrný denní diagram spotřeby v rodinném domě s využitím akumulace produkované elektrické energie ve větrné elektrárně..... | 48 |
| Tabulka 14: Předpoklady ekonomického modelu | 52 |
| Tabulka 15: Výstup z PV GIS | 56 |
| Tabulka 16: Investice do varianty A - FVE o výkonu 3kWp bez akumulace a investiční podpory NZÚ | 58 |
| Tabulka 17: Roční provozní výdaje malé FVE – varianta A..... | 58 |
| Tabulka 18: Investice do varianty B - FVE o výkonu 3kWp s akumulací energie v teplé vodě a s investiční podporou programu NZÚ..... | 61 |
| Tabulka 19: Roční provozní výdaje malé FVE – varianta B..... | 61 |

| | |
|--|----|
| Tabulka 20: Investice do varianty C - FVE o výkonu 3kWp s akumulací energie v bateriích a s investiční podporou programu NZÚ..... | 64 |
| Tabulka 21: Roční provozní výdaje malé FVE – varianta C..... | 64 |
| Tabulka 22: Hodnoty energie větru pro běžné rychlosti větru, měřeno při atmosférické hustotě 1 225 kg/m ³ (suchý vzduch) za normálního tlaku při hladině moře a teplotě 15°C., zdroj: [52]..... | 70 |
| Tabulka 23: Rozdělení malých větrných elektráren dle Spolkového svazu větrné energie (BWE), Zdroj dat: BWE-Studie 2/2011..... | 71 |
| Tabulka 24: Třídy drsnosti zemského povrchu, zdroj [56]..... | 77 |
| Tabulka 25: Investice do VTE o výkonu 3,5kW, Zdroj dat: cenová nabídka firmy Braun Windturbine obdržena emailem. Použit byl kurs k 26. 4. 2016 dle ČNB, devizi střed CZK/EUR 27,025..... | 79 |
| Tabulka 26: Roční provozní výdaje malé VTE..... | 79 |
| Tabulka 27: Analýza výstupů ekonomického modelu..... | 82 |

Seznam použitých zkratk

FV – fotovoltaika, fotovoltaický

FVE – fotovoltaická elektrárna

VT – větrná, větrný

VTE – větrná elektrárna

STC – standardní testovací podmínky (Standard Test Condition) – podmínky, za nichž jsou měřeny charakteristiky fotovoltaických panelů a článků, tj. intenzita záření 1000 W/m², spektrum AM1,5 Global a teplota panelu 25 °C.

W_p (kW_p, MW_p...) – watt špičkového výkonu (wattpeak) – jednotka používaná pro označení jmenovitého výkonu fotovoltaických panelů a elektráren.

SEK – Státní energetická koncepce

NZÚ – program Nová Zelená Úsporám

NPV – Net Present Value neboli čistá současná hodnota

OZE – obnovitelné zdroje energie

MPO – Ministerstvo průmyslu a obchodu

Zdroje a použitá literatura:

- 1 MPO ČR, odbor 32400. Státní energetická koncepce ČR. [online] MPO ČR, 6. 8. 2015 [cit. 10. 11. 2015] Dostupné z: <http://www.mpo.cz/dokument158059.html>
- 2 MASTNÝ Petr a kol., Obnovitelné zdroje elektrické energie. Praha, ČVUT 2011. ISBN978-80-01-04937-2
- 3 MPO ČR. Státní energetická koncepce České republiky. [online] MPO ČR, prosinec 2014 [cit. 10-11-2015]. Dostupné z: <http://download.mpo.cz/get/52841/60959/636207/priloha006.pdf>
- 4 ERÚ ČR, Jihlava. Cenové rozhodnutí 7/2015, 8/2015, 9/2015. Dostupné z: <https://www.eru.cz/elektrina/cenova-rozhodnuti/platna-cenova-rozhodnuti>
- 5 KISLINGEROVÁ Eva, Manažerské finance. Praha, C. H. Beck 2010. ISBN 978-80-7400-194-9
- 6 MPO ČR. Vyhláška 16/2016 o připojení k elektrizační soustavě účinná od 1. 2. 2016 [online] MPO ČR, leden 2016 [cit. 20-3-2016]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-16>
- 7 MPO ČR. Zákon č. 458/2000 Sb. - o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon) [online]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/zakon-c-458-2000-sb-o-podminkach-podnikani-a-o-vykonu-statni-spravy-v-energeticky-odvetvich-a-o-zmene-nekterych-zakonu-energeticky-zakon>
- 8 MPO ČR. Zákon č. 165/2012 Sb. O podporovaných zdrojích energie účinný od 1. 1. 2013 [online] MPO ČR 2012 [cit. 20-3-2016]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/zakon-c-165-2012-sb-o-podporovanych-zdrojich-energie-a-o-zmene-nekterych-zakonu>
- 9 HOŠEK J., JEŽ J., SVOBODA J., ŠTEKL J., Institute of Atmospheric Physics, Czech Academy of Sciences, Prague. Comparison of the Mean Wind Speed Fields, Computed by Three Models over the Area of the Czech Republic. *DEWI Magazin Nr. 24, Februar 2004*.
- 10 NATIONAL INSTRUMENT. Wind Turbine Control Methods. [online] NI Czech Republic, 22. 12. 2008 [vid. 15-11-2015] Dostupné z: <http://www.ni.com/white-paper/8189/en/#top>
- 11 DONALD E. FULTON. Wind Turbines. [online]. Donald E. Fulton prosinec 2009, aktualizováno 24. 7. 2015 [cit. 14-11-2015] Dostupné z: http://www.twinkletoesengineering.info/wind_turbine.html
- 12 NORWIN A/S. NORWIN 47-ASR-750 kW – Brochure, Power Curve. [online] NORWIN A/S Denmark Copyright [cit. 16-11-2015]. Dostupné z: <http://www.norwin.dk/Resources/Brochure%20-%2047-ASR-750%20kw.pdf>
- 13 RNDr. ŠTĚKL Josef CSc., Ústav fyziky atmosféry AV ČR. Větrná energetika na území ČR a u sousedů. *Alternativní energie 6/2006*. Dostupné též [online] z webu: <http://www.tzb-info.cz/3975-vetrna-energetika-na-uzemi-cr-a-u-sousedu>, 15. 3. 2007 [cit. 16-11-2015]
- 14 Ing. SÝKORA TOMÁŠ, Problematika připojování větrných elektráren do distribuční sítě [online]. Publikováno 6. 8. 2007 [cit. 21-11-2015] Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/4279-problematika-pripojovani-vetrnych-elektren-do-distribucni-site>
- 15 SolarGIS, Global Horizontal Irradiation (GHI) [online]. SolarGIS © 2013 GeoModel Solar [cit. 23-11-2015] Dostupné z: <http://solargis.info/doc/71>
- 16 PVGIS, Solar radiation and PV maps - Europe [online]. Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) 10. 2. 2012 [cit. 23-11-2015]. Dostupné z: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/countries/europe.htm>
- 17 ČEZ a.s. Důvody pro dostavbu Elektrárny Temelín [online]. ČEZ 2015 [cit. 27-12-2015]. Dostupné z webu ČEZ: <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektřiny/zvazovana-dostavba-elektřiny-temelin/duvody-dostavby.html>

- 18 ČEPS a.s., FAQ. [online] ČEPS a.s. 2016. [cit. 10-1-2016] Dostupné z: <http://www.ceps.cz/CZE/Media/Stranky/FAQ.aspx>
- 191 MICHAEL PIERROT, The Wind Power. [online] 7/2013. [cit. 15-12-2015] Dostupné z: http://www.thewindpower.net/country_en_2_germany.php
- 20 OTE, Operátor trhu s elektřinou– POZE (Podpora obnovitelných zdroje elektřiny). [online] [cit. 28-12-2015] Dostupné z: <http://www.ote-cr.cz/poze/aktuality>
- 21 OTE, Operátor trhu s elektřinou– statistika (roční zpráva o trhu do roku 2016). [online] [cit. 20-12-2015]. Dostupné z: <http://www.ote-cr.cz/statistika/rocni-zprava>
- 22 VINŠOVÁ MICHAELA, Jak to bylo a je s fotovoltaikou v Česku. [online] 30. 10. 2013. [cit. 12-1-2016] Dostupné z: <http://www.penize.cz/nakupy/275131-jak-to-bylo-a-je-s-fotovoltaikou-v-cesku>
- 23 ERÚ Jihlava, Energetický regulační věstník 7/2011 a 8/2012; Cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č. 7/2011, 2/2010, 4/2009, 8/2008, 7/2007, 8/2006, 10/2005; Roční zpráva o provozu ES ČR 2014 [online] [cit. 23-1-2016]. Dostupné z: <http://www.eru.cz/cs/elektrina>, <https://www.eru.cz/cs/elektrina/cenova-rozhodnuti/platna-cenova-rozhodnuti/archiv>
- 24 ČTK, Výrobcům solární elektřiny přes 20 miliard. Právo - pátek 16. 8. 2013
- 25 LUKÁČ PETR, Českým firmám a domácnostem se sníží účty za elektřinu. MF Dnes, pátek 16-8-2013
- 26 Solární elektrárny si z podpory ukrojily z daleka největší krajíc. Haló noviny - úterý 5. 11. 2013
- 27 PETR Miroslav, Náklady na obnovitelné zdroje elektřiny. Lidové noviny – čtvrtek 8. 8. 2013
- 28 EUROSTAT, Energy dependency rate, EU-27, 2000-2010. [online]. [cit. 5. 4. 2014] Dostupné z: [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php?title=File:Energy_dependency_rate,_EU-27,_2000-2010_\(%25_of_net_imports_in_gross_inland_consumption_and_bunkers,_based_on_tonnes_of_oil_equivalent\).png&filetimestamp=20121012131838](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php?title=File:Energy_dependency_rate,_EU-27,_2000-2010_(%25_of_net_imports_in_gross_inland_consumption_and_bunkers,_based_on_tonnes_of_oil_equivalent).png&filetimestamp=20121012131838)
- 29 ČEZ a.s., Uhelné elektrárny skupiny ČEZ [online]. [cit. 8-2-2016]. Dostupné z: http://www.cez.cz/edee/content/micrositesutf/odpovednost/content/pdf/cez_group_and_coal_power_plants.pdf
- 30 CAMPBELL RICHARD J., Increasing the Efficiency of Existing Coal-Fired Power Plants. [online]. 20.12.2013. [cit. 15-3-2016] Dostupné z: <http://www.fas.org/sgp/crs/misc/R43343.pdf>
- 31 ČEZ a.s., Jediná černouhelná elektrárna ČEZ letos třicetiletá. [online] 1. června 2005. [cit. 16-4-2014] Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/pro-media/tiskove-zpravy/508.html>
- 32 Oficiální web programu NZU - Státní fond životního prostředí. [online] Ministerstvo životního prostředí ČR. [cit. 15-4-2015] dostupné z: <http://www.novazelenausporam.cz/>
- 33 Ing. Bronislav Bechník, Ph.D., Roční využití výkonu větrných elektráren v České republice. [online]. Publikováno 14.4.2014 [cit. 21-3-2016] Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/vetrna-energie/11077-rocni-vyuziti-vykonu-vetrnych-elektren-v-ceske-republice>
- 34 Mgr. David Hanslian, Větrné podmínky pro malé větrné elektrárny. [online]. Publikováno 12.3.2012 [cit. 21. 2. 2016] Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/vetrna-energie/8358-vetrne-podminky-pro-male-vetrne-elektarny>
- 35 Mgr. Pavel Doucha, Možnosti připojení domácí elektrárny v roce 2016 [online]. Publikováno 16.3.2016 [cit. 21. 4. 2016] Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/13918-moznosti-pripojeni-domaci-elektarny-v-roce-2016>
- 36 Ing. Jan Schindler, Jak se bude počítat platba za OZE pro rok 2016? [online] 31. 10. 2015 [cit. 21-2-2016] Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/13383-jak-se-bude-pocitat-platba-za-oze-pro-rok-2016>

- 37 Technický týdeník. Decentrální výroba elektřiny [online] 12. 12. 2011 [cit. 25-1-2016]. Dostupné z: <http://www.solarninovinky.cz/?home/2011121402/decentralni-vyroba-elektriny#.Vzga1RJkkj>
- 38 Energomonitor. Decentralizovaná energetika [online] 28. 6. 2013. Dostupné z: <https://www.energomonitor.cz/decentralizovana-energetika/>
- 39 BERANOVSKÝ J., Ing., Účinnost FV panelů. [online]. [cit. 21-2-2016] © 2011 EkoWATT. Dostupné z: <http://fotovoltaika.ekowatt.cz/ucinnost-panelu.php>
- 40 BERANOVSKÝ J., Ing., Energie větru. [online]. [cit. 21-2-2016] © 2011 EkoWATT. Dostupné z: <http://www.ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-vetru>
- 41 CIHLÁŘ J., Investice do decentrálních zdrojů energie – 1. díl: Fotovoltaická elektrárna [online]. 28. 9. 2015 [cit. 23-1-2016] Dostupné z: <http://oenergetice.cz/ekonomicke-analyzy/investice-do-decentralnich-zdroju-energie-1-dil-fotovoltaicka-elektrarna/>
- 42 CIHLÁŘ J., Investice do decentrálních zdrojů energie – 3. díl: Malá vodní elektrárna [online]. 28. 10. 2015 [cit. 23-1-2016] Dostupné z: <http://oenergetice.cz/ekonomicke-analyzy/investice-do-decentralnich-zdroju-energie-3-dil-mala-vodni-elektrarna/>
- 43 SolarniNovinky.cz, Provozování malých solárních elektráren bude osvobozeno od daně. [online] 26. 1. 2016 [cit. 23-3-2016]. Dostupné z: <http://www.solarninovinky.cz/?zpravy/2016012505/provozovani-malych-solarnich-elektraren-bude-osvobozeno-od-dane#.VzgdxbJJkkj>
- 44 SolarEdge, SolarEdge Product Warranty Program[online]. Dostupné z: <http://www.solaredge.com/groups/service/warranty>
- 45 Jiří Škorpík, Využití energie větru. [online] aktualizováno 04-2015. Dostupné z: <http://www.transformacni-technologie.cz/vyuziti-energie-vetru.html>
- 46 Kleinwindanlagen Rechner. [online] Copyright © 2016 Paju. Dostupné z: <http://www.kleinwindkraftanlagen.com/kleinwindanlagen-rechner/>
- 47 Braun Windturbinen. Antaris 3.5kW [online] Dostupné z: <http://www.braunwindturbinen.com/knowhow/heizbetrieb/>, <http://www.braunwindturbinen.com/knowhow/netzparallelbetrieb/>, <http://www.braunwindturbinen.com/knowhow/inselbetrieb/>, <http://www.braunwindturbinen.com/produkte/antaris-kleinwindanlagen/antaris-3-5-kw/>
- 48 Poncarová Jana, Malá větrná elektrárna v praxi. Kolik vydělá?. [online] 8. 12. 2008. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/energie/vetrna-energie/mala-vetrna-elektrarna-v-praxi-kolik-vydela.aspx>
- 49 ČSVE, Potenciál větrné energie ČR. [online] © 2013 Česká společnost pro větrnou energii. [cit. 26-2-2016]. Dostupné z: <http://www.csve.cz/clanky/potencial-vetrne-energie-cr/495>
- 50 ČSVE, Vývoj výkupních cen větrné energie a ostatních obnovitelných zdrojů. [online] © 2013 Česká společnost pro větrnou energii. [cit. 26-2-2016]. Dostupné z: <http://www.csve.cz/clanky/vyvoj-vykupnich-cen-vetrne-energie-a-ostatnich-obnovitelnych-zdroju/278>
- 51 RK ELEKTROTECHNIK. Kleinwindkraftanlagen KLWA [online]. Dostupné z: <http://www.knorr-nbg-elektrotechnik.de/windkraft>
- 52 GUDER, ALEX HASS. Domácí větrná elektrárna: Instalace + přehled modelů [online]. Publikováno původně v časopise Alternativní energie, přeložil Zdeněk Kučera. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/energie/vetrna-energie/domaci-vetrna-elektrarna-instalace-prehled-modelu.aspx>
- 53 Ing. Bronislav Bechník, Ph.D., Optimální orientace a sklon fotovoltaických panelů. [online]. Publikováno 23. 6. 2014 [cit. 21-3-2016] Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/114865-optimalni-orientace-a-sklon-fotovoltaickych-panelu>

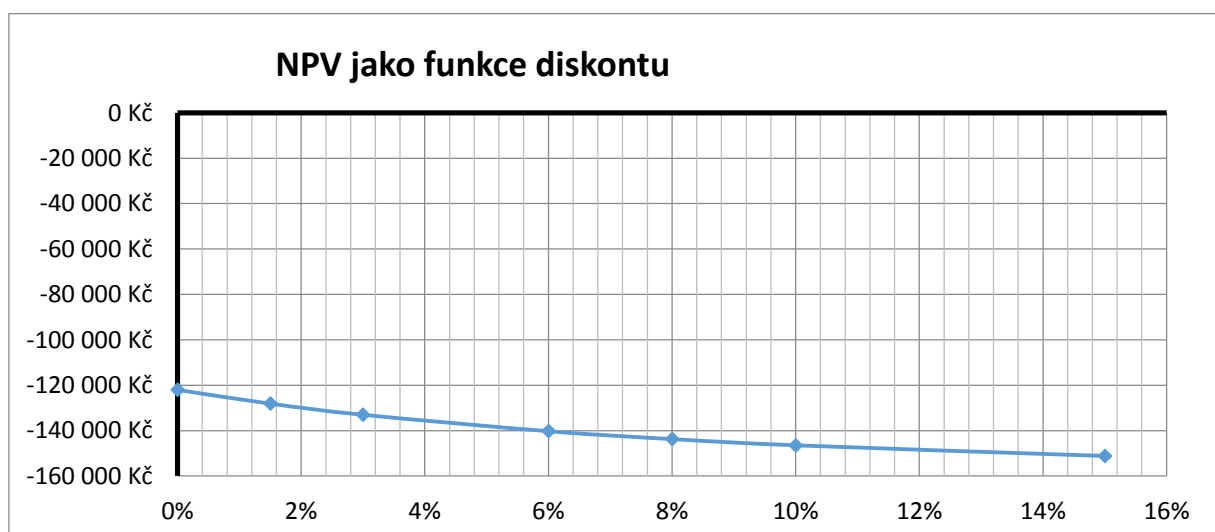
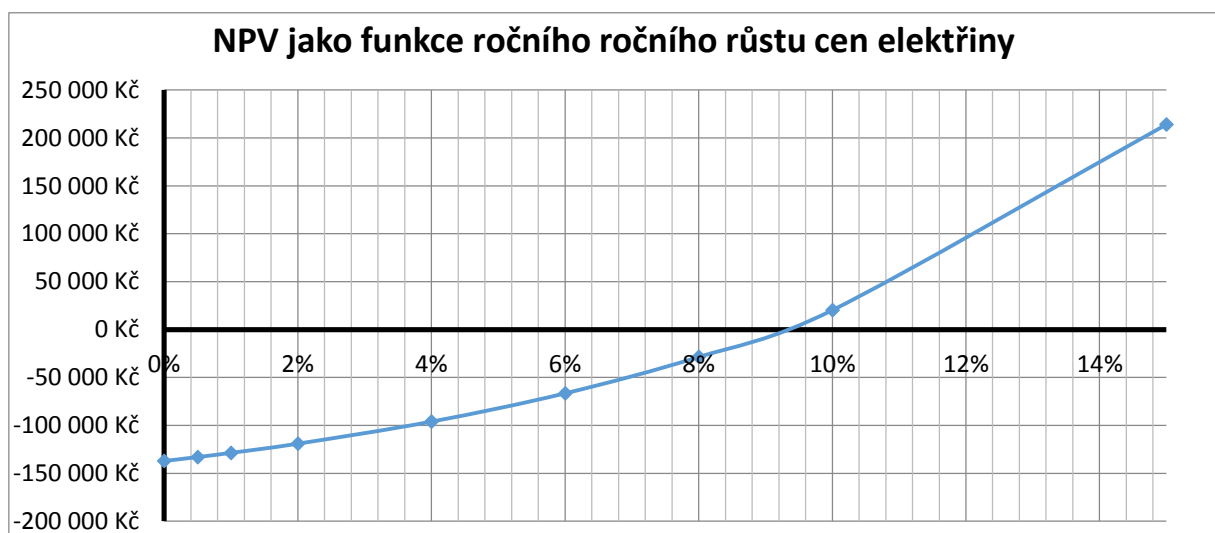
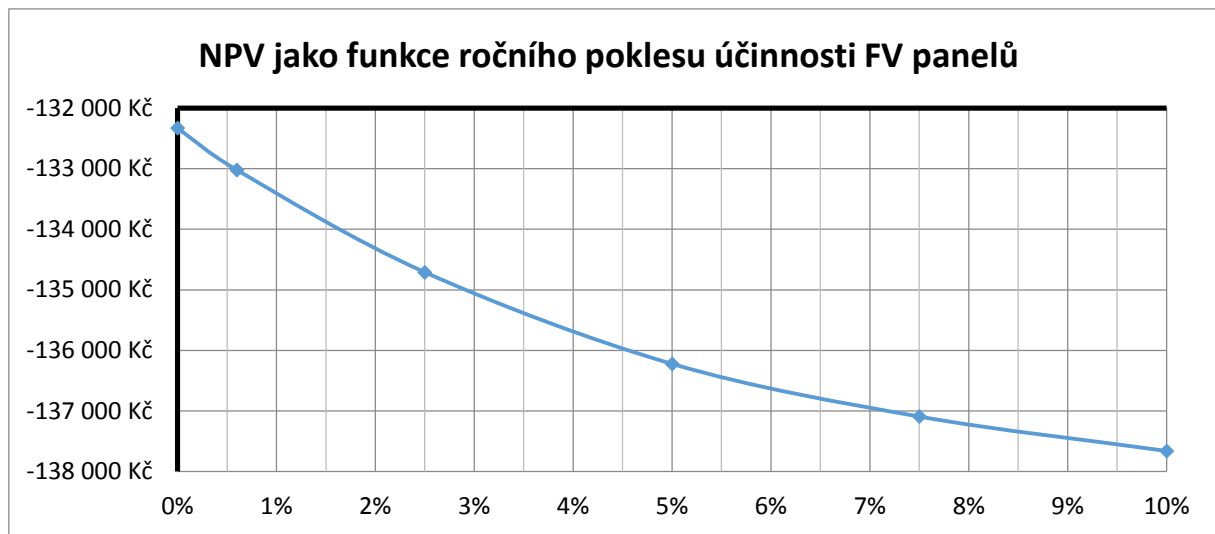
54 Měřič rychlosti větru. Dostupné z: <http://www.meteoshop.cz/meric-rychlosti-smeru-vetru-anemometr-pripojitelny-lan-tx20eth-p-411.html>

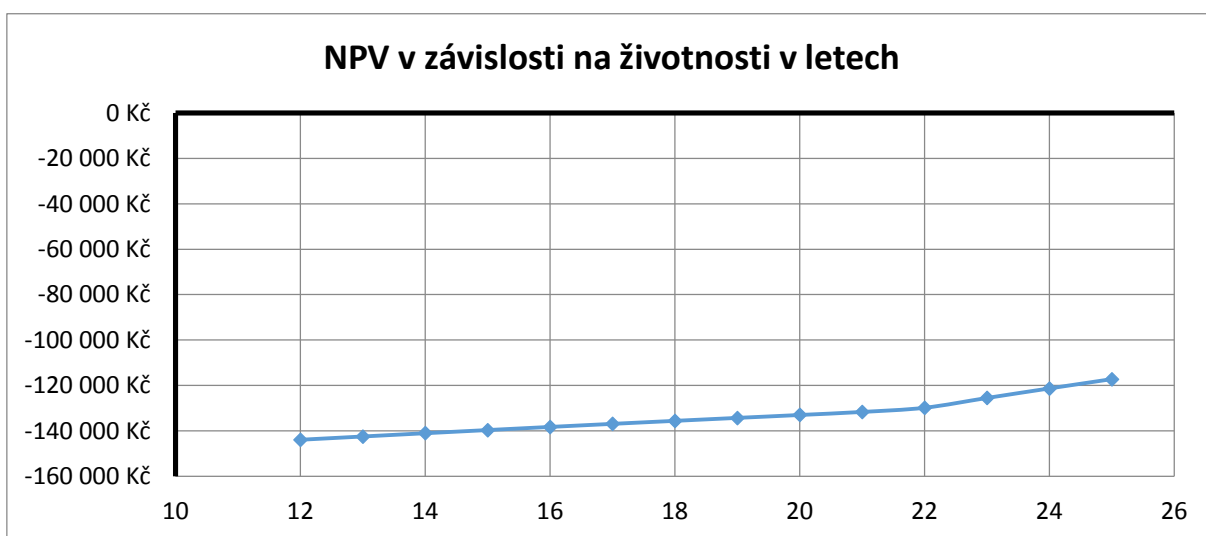
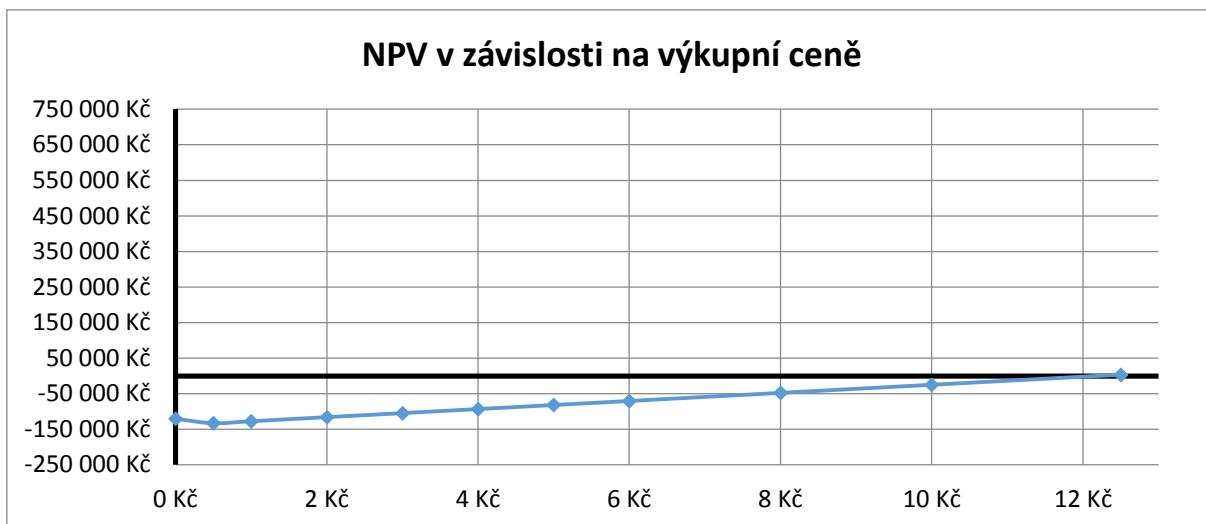
55 Ústav fyziky atmosféry AV ČR, v.v.i. – Akademie věd ČR. 2010 [online] Dostupné z: <http://www.ufa.cas.cz>

56 CROME, Horst. Technika využití energie větru, 2002. Ostrava: HEL, ISBN 80-86167-19-4.

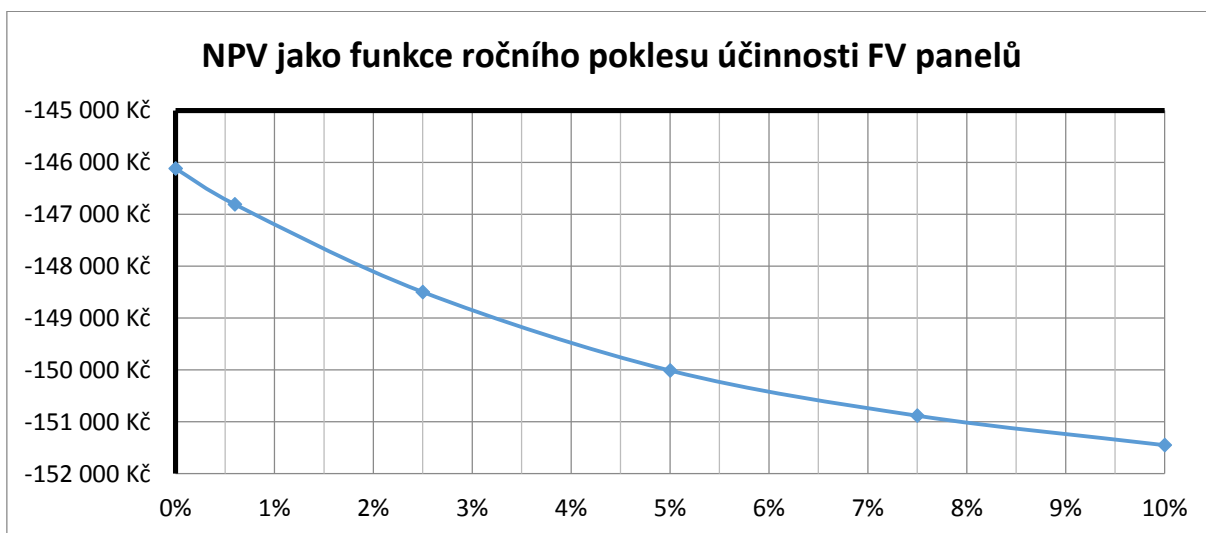
Přílohy:

- Citlivostní analýza pro FVE - varianta A

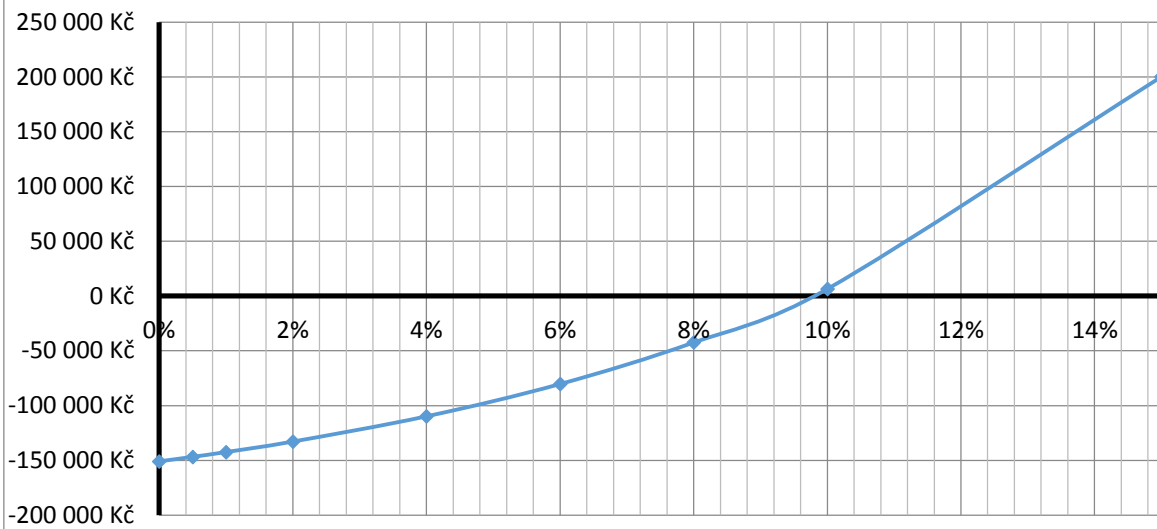




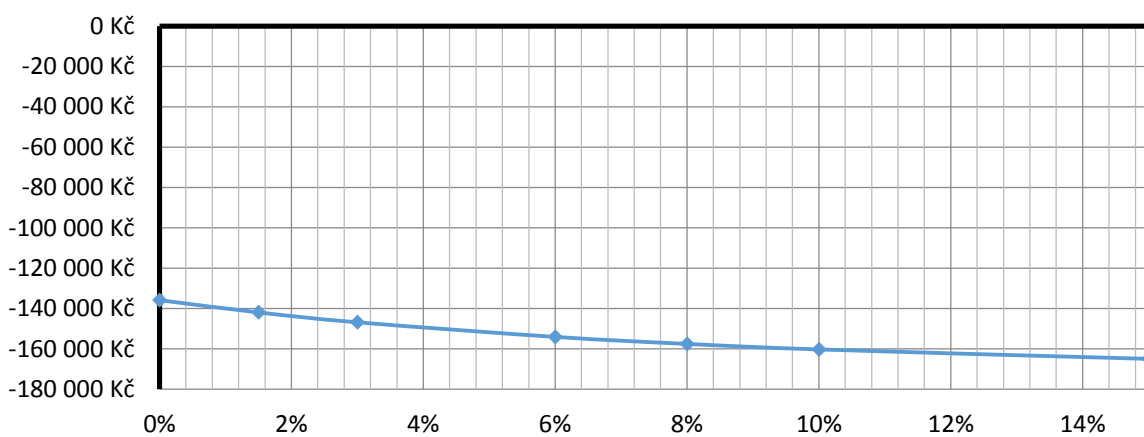
- Citlivostní analýza pro FVE - varianta B



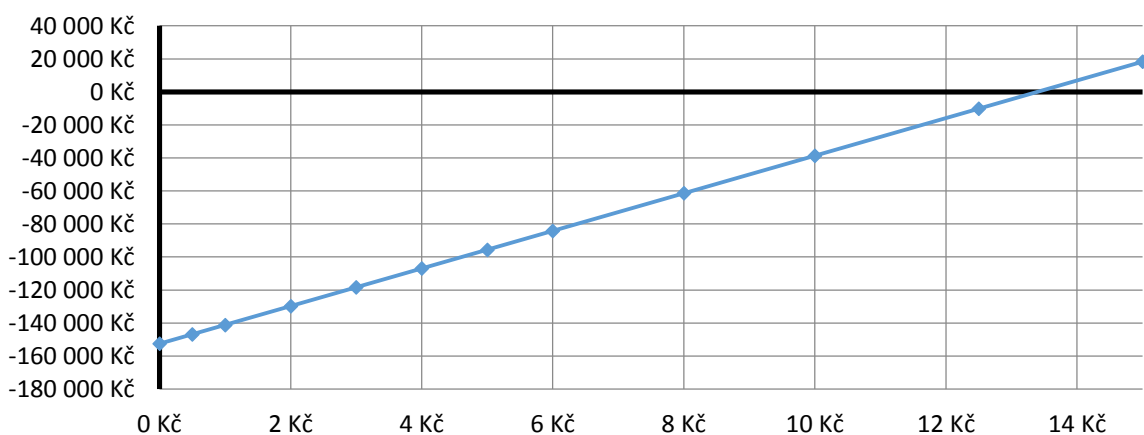
NPV jako funkce ročního ročního růstu cen elektřiny

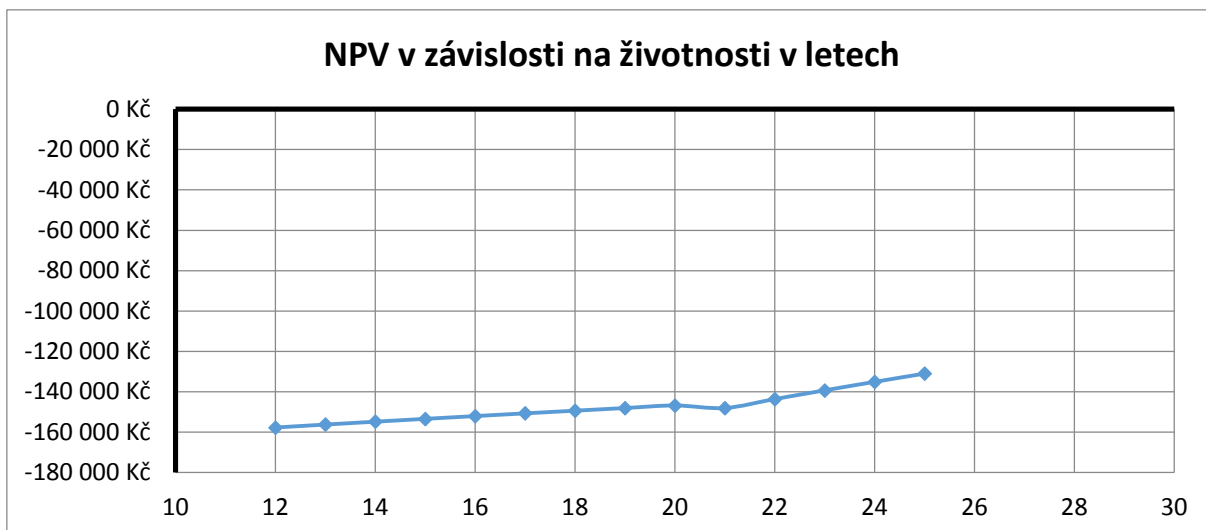


NPV jako funkce diskontu

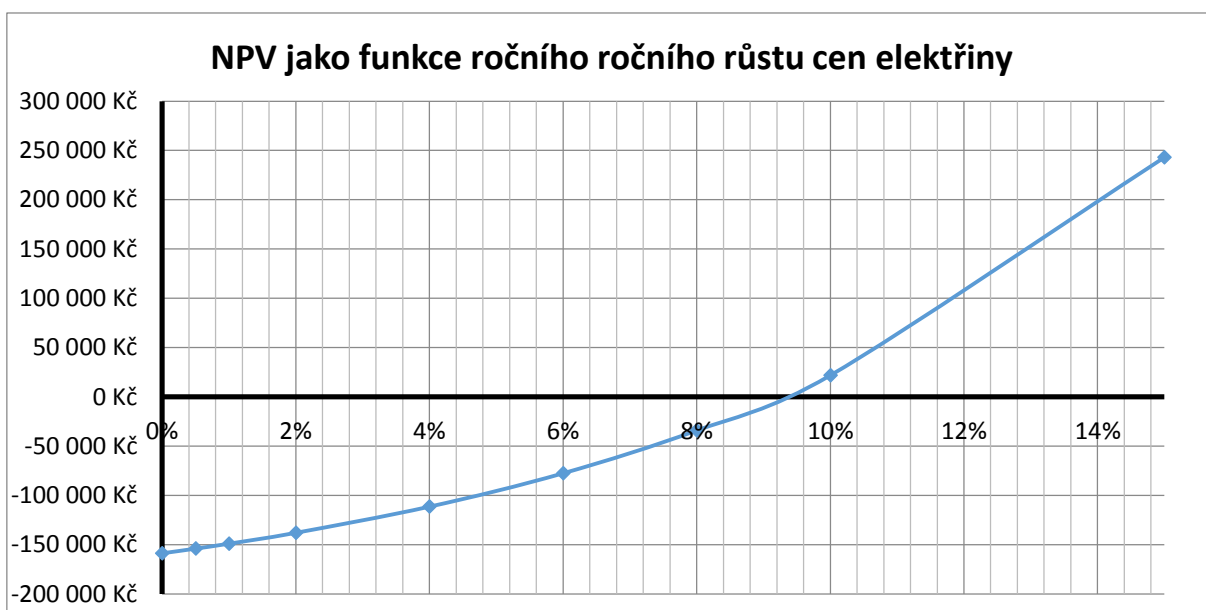
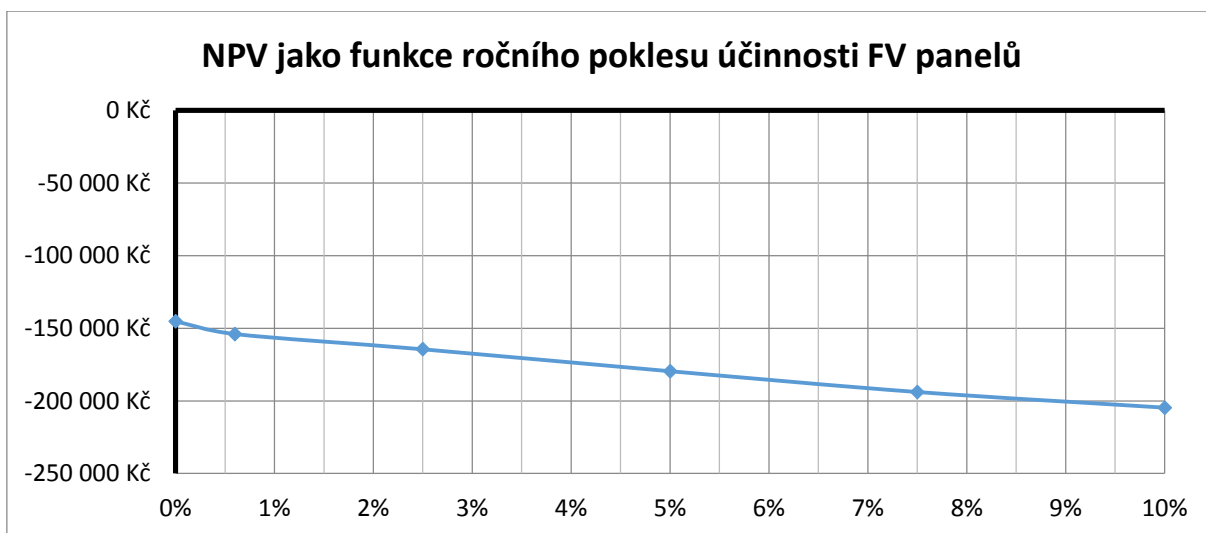


NPV v závislosti na výkupní ceně

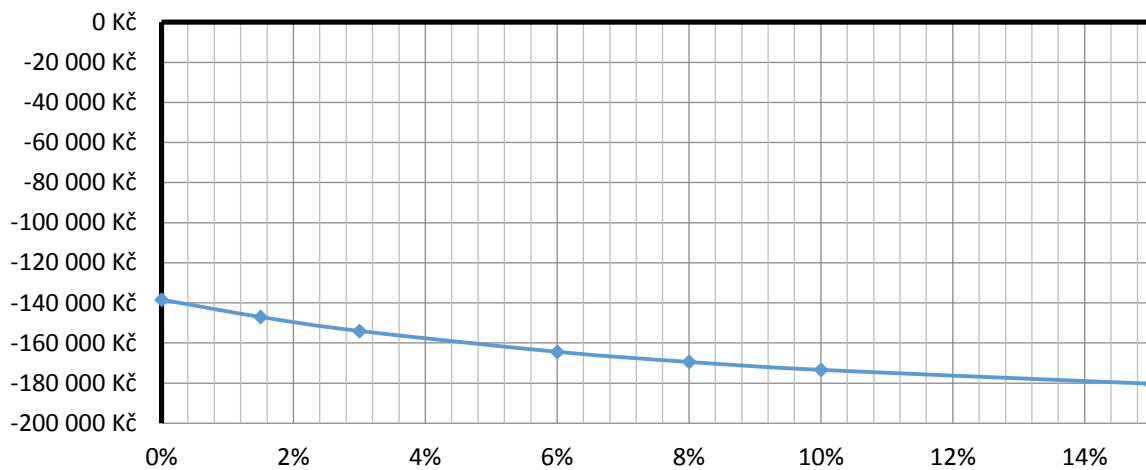




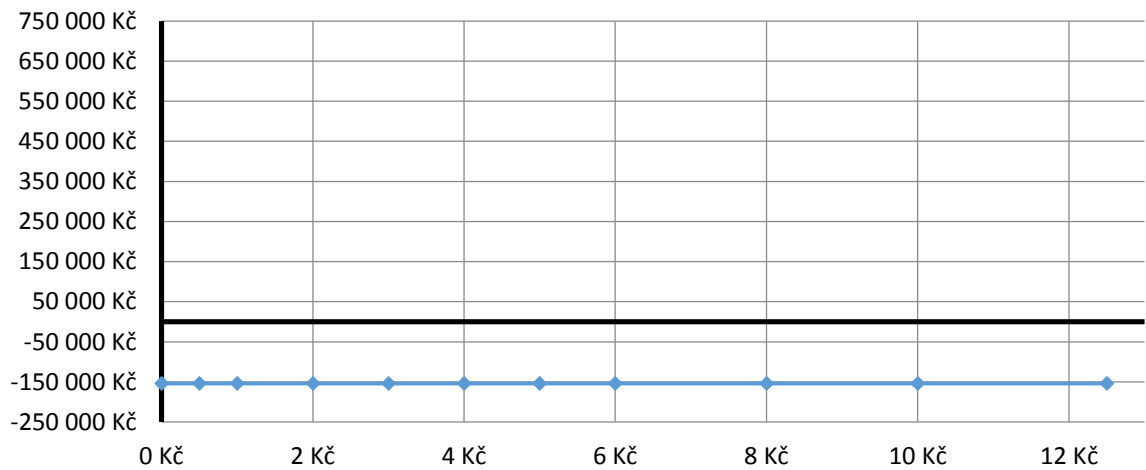
- Citlivostní analýza pro FVE - varianta C



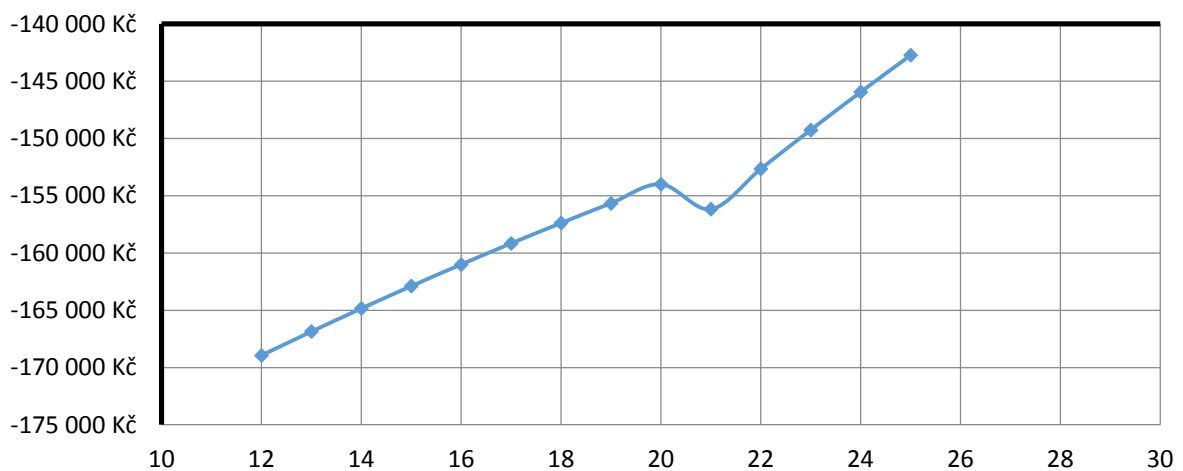
NPV jako funkce diskontu



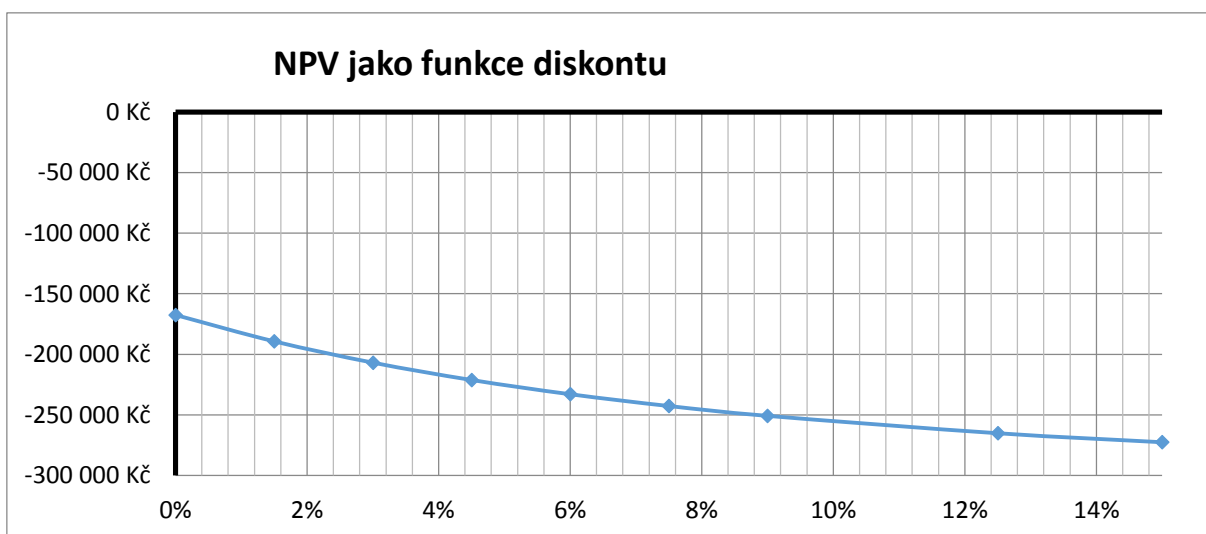
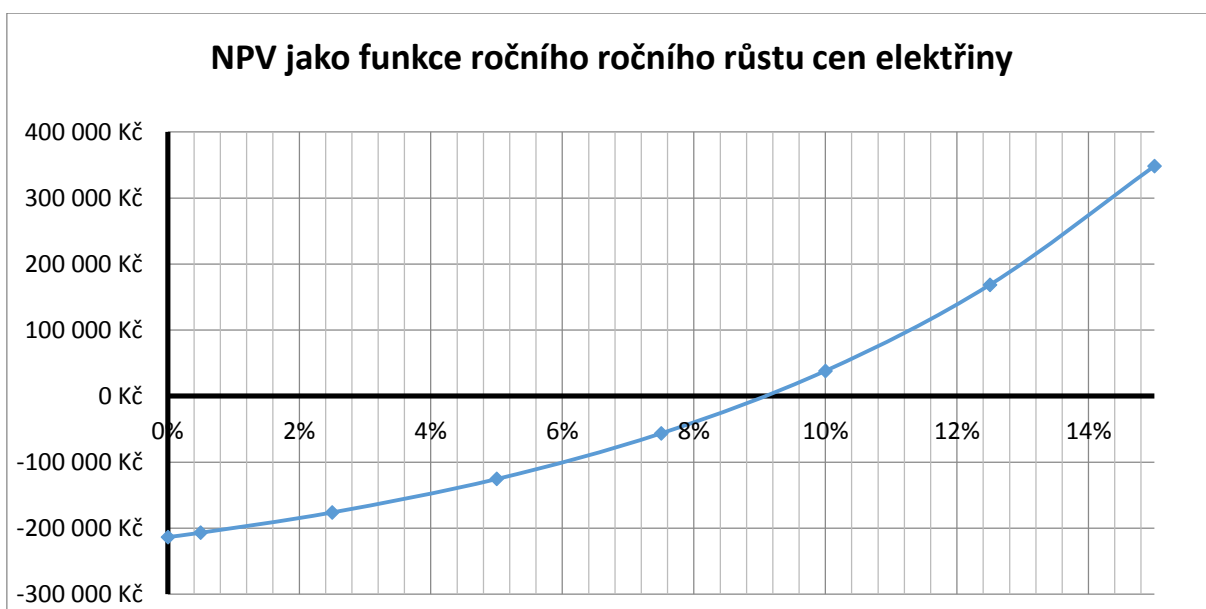
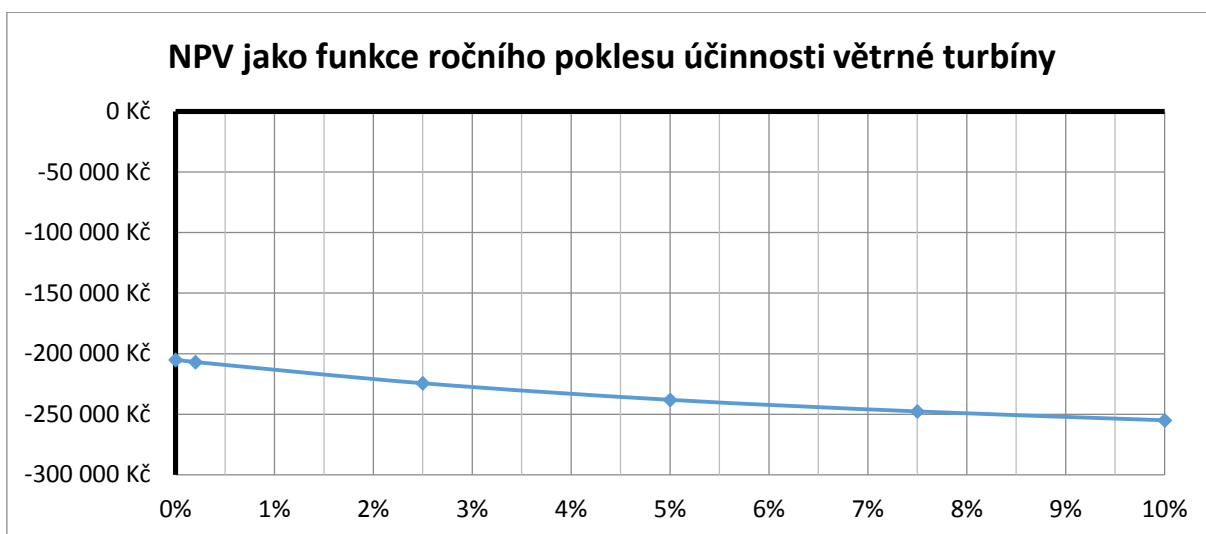
NPV v závislosti na výkupní ceně



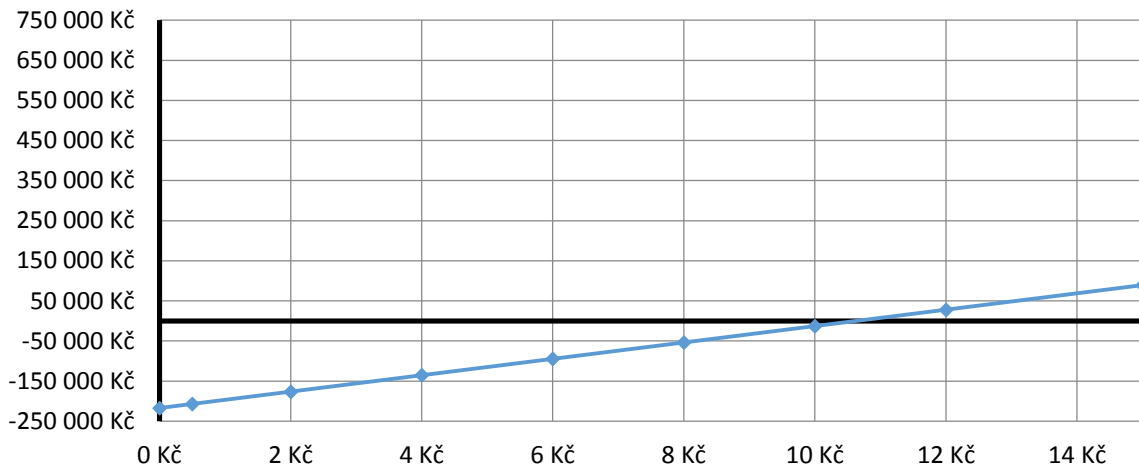
NPV v závislosti na životnosti v letech



- Citlivostní analýza pro VTE



NPV v závislosti na výkupní ceně



NPV v závislosti na životnosti v letech

