

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Ekonomická fakulta

Katedra obchodu a cestovního ruchu

Studijní program: N6208 Ekonomika a management
Studijní obor: Obchodní podnikání – Marketing Management

Diplomová práce

Trh se solární energií v ČR – systémově dynamický přístup

Vedoucí diplomové práce:
Ing. Viktor Vojtko, Ph.D.

Autor diplomové práce:
Bc. Martin Smetana

2013

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma “Trh se solární energií v ČR – systémově dynamický přístup“ vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem pro odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích 22. 4. 2013

Bc. Martin Smetana

Poděkování

Touto cestou bych rád vyjádřil poděkování vedoucímu mé diplomové práce panu Ing. Viktoru Vojtkovi, Ph.D. Jeho odborné rady, drahocenný čas a motivující přístup mi významně pomohly při překonávání všech nástrah během zpracování této diplomové práce.

Dále bych chtěl poděkovat všem rodinným příslušníkům a osobám mně blízkým, kteří mě při mé činnosti soustavně podporovali.

Obsah práce

1	Úvod	3
2	Literární přehled	5
2.1	Historie fotovoltaických elektráren	5
2.2	Trh se solární energií v ČR.....	6
2.2.1	Legislativní úprava Evropské unie.....	6
2.2.2	Legislativní úprava České republiky	9
2.2.2.1	Energetický zákon.....	9
2.2.2.2	Zákony upravující podporu výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů.....	9
2.2.2.3	Zákon č. 586/1992 Sb., o daních z příjmů	12
2.2.2.4	Vyhláška č. 51/2006 Sb., o podmínkách připojení k elektrizační soustavě	12
2.2.2.5	Vyhláška č. 140/2009 Sb., o způsobu regulace cen v energetických odvětvích a postupech pro regulaci cen.....	13
2.2.3	Dopady fotovoltaických elektráren na energetický trh	13
2.2.3.1	Dopady na elektrizační soustavu.....	14
2.2.3.2	Ekonomické dopady.....	14
2.3	Systémová dynamika	16
2.3.1	Historie systémové dynamiky.....	17
2.3.2	Systém a jeho typy	18
2.3.3	Model systémové dynamiky a postup jeho tvorby	19
2.3.3.1	Definice účelu a problému.....	21
2.3.3.2	Formulace dynamických hypotéz.....	22
2.3.3.3	Formulace simulačního modelu.....	23
2.3.3.4	Testování	23
2.3.3.5	Návrh a posouzení politik.....	24
3	Metodika a cíle práce.....	25
4	Analytická část.....	27
4.1	Specifika podnikání na trhu se solární energií	27
4.2	Instalovaný a připojený výkon fotovoltaických elektráren	28
4.3	Přírodní podmínky v ČR	30
4.4	Solární panely.....	34
4.5	Ostatní investiční náklady	37
4.6	Výkupní ceny a zelený bonus	37
5	Syntetická část	39
5.1	Model trhu se solární energií	39
5.2	Projekce trhu bez zavedení zákona č. 180/2005 Sb.....	47
5.3	Projekce budoucího vývoje na trhu	51

5. 4	Vyhodnocení hypotéz.....	57
6	Diskuze	59
7	Závěr	62
8	Summary.....	64
9	Zdroje.....	66
Seznam grafů, obrázků, schémat, tabulek a zkratk		
Přílohy		

1 Úvod

Problematika využívání obnovitelných zdrojů energie je ožehavým tématem posledních let na celém světě. Samotná myšlenka výroby energie ze zdrojů neškodících životnímu prostředí, ale především ze zdrojů obnovitelných a tudíž nevyčerpatelných, vznikla kvůli neustále rostoucím energetickým nárokům a neudržitelnosti celosvětové situace. Pro dosažení určitého pokroku v této oblasti proto začaly vlády a organizace různých států uzavírat smlouvy a jiné závazné dokumenty, v nichž se zavazují snížit závislost na fosilních palivech a podporu šetrnějších způsobů výroby energie. Dodržování plánů a cílů stanovených v těchto dokumentech je ovšem záležitostí vcelku komplikovanou a v mnoha případech dochází k omylům a „přešlapům“, které ve výsledku vedou spíše k efektům negativním, než pozitivním.

V českých podmínkách je asi nejznámější kategorií oblast fotovoltaiky, nebo-li solární energetiky. Ta prodělala v nedávné minulosti celou řadu změn, jež zásadně ovlivnily její vývoj na dalších několik let. Snaha o naplnění cílů stanovených ve směrnici Evropské unie a na národní úrovni v Národním akčním plánu České republiky pro energii z obnovitelných zdrojů byla s největší pravděpodobností vynakládána s dobrým úmyslem, samotné provedení legislativních a jiných změn ale ve skutečnosti negativně ovlivnilo energetickou situaci České republiky. Zásadním problémem celého systému podpory obnovitelných zdrojů bylo zacílení právě na fotovoltaiku, které bylo zahájeno uvedením zákona č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů v platnost.

Opatření přijatá na základě výše zmíněného zákona vedly v kombinaci s klesající cenou solárních panelů k nadměrnému rozvoji fotovoltaiky a Česká republika se stala doslova solární velmocí¹. Skokové navýšení instalovaného výkonu solárních elektráren ale vedlo také k negativním dopadům na přenosovou soustavu České republiky a odkup elektřiny vyrobené z nově vystavěných elektráren značně ovlivnil vývoj cen energií na několik následujících let. Pro alespoň částečné napravení vzniklé situace byl v roce

¹ Podle měření společnosti Aquatest provedeném v roce 2012 připadá na jednoho obyvatele České republiky téměř jeden solární panel. Česká republika se tak řadí ke státům Evropské unie, které mají největší podíl solárních panelů na hlavu. (Ekolist.cz, 2012, [online])

2010 zákon č. 180/2005 Sb. novelizován a zavedena byla retrospektivní solární daň. Jedná se o daň velmi kontroverzní, jejíž zavedení vyvolalo řadu soudních sporů a mezinárodních arbitrází. Zastaveno bylo také další připojování fotovoltaických elektráren a sníženy byly výkupní ceny v nich vyrobené energie. Rozvoj na trhu byl tedy po určité období zcela zastaven, ale následky prudkého nárůstu výkonu elektráren s vysokými garantovanými výkupními cenami zatěžují a v budoucnu stále budou zatěžovat všechny obyvatele a firmy v České republice.

Zda k takovému vývoji na trhu muselo dojít a jak se bude situace na trhu se solární energií v příštích letech vyvíjet, jsou otázky, které budou předmětem zkoumání této práce. Je třeba poznamenat, že všechny poznatky, výstupy práce a názory autora nemají sloužit jako návod na nápravu vzniklé situace, či prostředek kárání viníků, ale pouze jako modelový náhled na využití systémové dynamiky a scénářové analýzy v problematice trhu se solární energií.

2 Literární přehled

2.1 Historie fotovoltaických elektráren

Využívání slunečního záření pro nejrůznější potřeby lidstva známe již od pradávna, ovšem využití slunečního záření pro výrobu elektrické energie je záležitostí vcelku mladou. Jako první historický milník je nutné označit objev fotovoltaického jevu² francouzským fyzikem Alexandrem Edmondem Becquerelem v roce 1839. Pokračovateli Becquerela byli Willoughby Smith, Richard E. Day, William G. Adams, kteří objevili fotovoltaický jev v selenu. Historicky první funkční fotovoltaický článek byl sestaven Charlesem Frittssem v roce 1883. Přičemž o teoretické definování a popsání fotovoltaického procesu se zasadila až v roce 1904 jedna z nejznámějších osobností novodobé fyziky - Albert Einstein, který za své zásluhy obdržel v roce 1921 Nobelovu cenu za fyziku.

Průlomovým bodem ve výrobě článků, jak ji známe dnes, byl ovšem objev polského vědce Jana Czochralskiho, jenž v roce 1918 popsal metodu na výrobu monokrystalického křemíkového článku. První monokrystalický článek založený na bázi křemíku byl díky tomuto objevu zkonstruován roku 1941 Russelem Ohlem. Ohl si svůj objev následně nechal v roce 1946 patentovat. Ke zdokonalení solárních technologií na bázi křemíku došlo v 60. letech v Bell Laboratories, kde byly vyvinuty křemíkové články s účinností až 6 %.

O další rozvoj technologie solárních panelů a příliv finančních prostředků do této oblasti se zasloužila především oblast kosmonautiky a letectví. Hlavním důvodem vývoje byla nutnost nahrazení bateriových článků pro napájení družic a jiných zařízení, kde se solární panely ukázaly jako nejvýhodnější možnost a jsou v této oblasti využívány dodnes.

Zvýšený zájem o pozemní instalace solárních panelů a výrobu elektrické energie ze slunečního záření byl vyvolaný v 70. letech ropnou krizí. Na oblast fotovoltaiky se

²Fotovoltaický jev je procesem přeměny světla na energii. Základním principem je vzájemné působení slunečního záření a hmoty (polovodiče), kdy dochází k pohlcování fotonů a uvolňování elektronů. V polovodiči pak vznikají volné elektrické náboje, které v elektrickém obvodu tvoří stejnosměrný elektrický proud.

zaměřily vlády mnoha rozvinutých států. Došlo k úpravě právních podmínek a vytvoření systémů podpory pro solární energetiku. Současným trendem v oblasti fotovoltaiky je vývoj tzv. třetí generace panelů, která by měla zajistit vyšší účinnost přeměny slunečního záření na elektrickou energii a nižší ekologické dopady výroby a recyklace solárních panelů. (PVRESOURCES, 2011, [online])

2. 2 Trh se solární energií v ČR

Solární energetika je v prostředí České republiky (dále pouze jako ČR) vcelku mladým odvětvím a využívání sluneční energie bylo všeobecně až do konce 20. století velmi vzácné. Hlavní rozvoj této oblasti začal až po roce 2000. Rozkvět trhu byl vyvolán mimo jiné zlepšujícími se technologiemi v oblasti fotovoltaiky a zvyšující se ohleduplností veřejnosti k životnímu prostředí. Hlavním důvodem pozdějšího rozmachu v českých podmínkách byla ale kombinace snižujících se cen panelů³ a legislativní úpravy ČR a Evropské unie (dále pouze jako EU), jejímž členem ČR je. Kombinace těchto dvou faktorů učinila investice do solární energetiky velice zajímavými především s ohledem na návratnost investice. Následkem byl tzv. český „solární boom“ v letech 2009 a 2010. Následující část této práce bude proto věnována především popisu legislativního rámce pro solární energetiku v EU a ČR, tedy podmínek stanovených pro provoz a podnikání v oblasti solární energetiky. Na konci kapitoly bude také popsán dopad nadměrného rozmachu fotovoltaických elektráren (dále pouze jako FVE) na energetický trh v ČR.

2. 2. 1 Legislativní úprava Evropské unie

Energetická politika, přestože není pevně zakotvena v základních dokumentech, je v současné době jednou z prioritních politik EU. Zvýšená pozornost je na tuto oblast upřena především kvůli závazkům vyplývajícím z Kjótského protokolu⁴. Dalšími důvody jsou vysoká míra závislosti na importu, nerovnováha mezi oblastmi produkce a spotřeby, vysoké ceny energií a negativní vliv energetiky na globální klima.

³ Vývojem cen solárních panelů se podrobně zabývá kapitola 4.4.

⁴ Dohoda uzavřená v roce 1997 v rámci úmluvy OSN o klimatických změnách, na jejímž základě se 35 vyspělých států zavázalo snížit emise mezi lety 2008 a 2012 nejméně o 5,2 % ve srovnání se stavem v roce 1990. Dohoda byla prodloužena a závazek snížit emise platí do roku 2020.

Z výše uvedených skutečností vyplývají cíle energetické politiky EU:

- snížení vnější závislosti EU na dodávkách plynu a ropy;
- vypořádání se s problémem klimatických změn;
- vytvoření jednotného trhu energií v rámci EU;
- dosažení větší teritoriální diverzifikace dodavatelů;
- zajištění pestřejší palety využívaných zdrojů;
- posílení obnovitelných zdrojů energie (dále pouze jako OZE).
(BusinessInfo.cz, 2009, [online])

Legislativní rámec pro OZE v EU v minulosti představovala směrnice 2001/77/ES ze dne 27. září 2001. Směrnice stanovovala členským státům EU nezávazné podíly hrubé výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů na hrubé spotřebě elektřiny k roku 2010. Za nesplnění stanoveného cíle nehrozil státům žádný postih a směrnice neupravovala ani způsoby, jakými má být podíl dosažen. Jelikož ČR v té době ještě nebyla členem Evropské unie, zavázala se tento cíl splnit ve výši 8 % až ve Smlouvě o přistoupení k EU v roce 2004.

Aktuálním dokumentem upravujícím využívání OZE v EU je směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/28/ES o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů a o změně a následném zrušení směrnic 2001/77/ES a 2003/30/ES.

Touto směrnicí Evropský parlament a Rada stanovily povinný cíl 20% podílu energie pocházející z OZE na celkové spotřebě energií v rámci společenství do roku 2020. Do 20% hodnoty se nezapočítává sektor dopravy, pro nějž je stanoven cíl 10% podílu OZE na konečné spotřebě energie do roku 2020. Uvedená hodnota 20% podílu energie pocházející z OZE na celkové spotřebě energií v rámci Společenství je rozdělena mezi jednotlivé státy, a ty se mohou samy rozhodnout, jak si svůj podíl v jednotlivých sektorech rozdělí. Závazné národní cíle pro jednotlivé členské země jsou spravedlivě odvozeny od jejich výchozích pozic, možností využití OZE a skladby současného energetického mixu. Hlavním účelem těchto národních cílů je poskytnutí jistoty investorům a podpora vývoje nových technologií pro výrobu energie z OZE.

Dle přílohy směrnice, konkrétně přílohy č. 1, je pro ČR stanoven celkový závazný podíl energie z OZE na hrubé spotřebě energií ve výši 13 % a 10% podíl energie pocházející z OZE v oblasti dopravy.

Tento závazný podíl je zohledněn v Národním akčním plánu České republiky pro energii z obnovitelných zdrojů (dále pouze jako NAP), který počítá s podílem energie z OZE na hrubé konečné spotřebě energie do konce roku 2020 ve výši 13,5 % a splnění cíle podílu energie z OZE na hrubé konečné spotřebě v dopravě ve výši 10,8 %. (MPO, 2010, [online])

Jednotlivé členské státy mohou pro dosažení svého národního cíle zavádět opatření ve formě režimů podpory, o jejichž výši a podmínkách mohou samy rozhodnout, nebo ve formě spolupráce mezi ostatními členskými státy a třetími zeměmi. Ceny energií by nicméně měly vždy odrážet externí náklady na výrobu a spotřebu energie, včetně případných environmentálních, sociálních a zdravotních nákladů.

Členské státy mají také v rámci podpory výroby energií z OZE učinit potřebné kroky k rozvoji rozvodné a distribuční sítě (dále pouze jako DS), inteligentních sítí⁵, skladovacích kapacit a elektrizační soustavy (dále pouze jako ES). Tento rozvoj má především zaručit bezpečný provoz soustavy a tak dále napomáhat dalšímu rozvoji výroby elektřiny z OZE. Provozovatelé přenosové soustavy (dále pouze jako PS) a DS mají podle směrnice zajistit přenos a distribuci elektřiny vyrobené z OZE, dále mají zajistit přednostní nebo zaručený přístup takto vyrobené elektřiny k DS. Při spouštění zařízení na výrobu elektřiny musí být dávana přednost výrobním zařízením využívajícím OZE, pokud to bezpečné provozování vnitrostátní ES umožňuje a bude se tak dít na základě transparentních a nediskriminačních kritérií. Provozovatelé mohou v případě technických úprav, jako například připojení k DS, posilování DS atd., požadovat částečné či úplné hrazení vzniklých nákladů.

⁵ Inteligentní sítě, neboli "smart grids" představují novou generaci rozvodných DS elektrické energie. Elektřina je v nich distribuována podle potřeby a aktuální zátěže.

2. 2. 2 Legislativní úprava České republiky

Výroba energií ze solárního záření je v ČR legislativně upravena prostřednictvím několika zákonů a vyhlášek. Následující podkapitoly budou proto věnovány nejdůležitějším z nich.

2. 2. 2. 1 Energetický zákon

Jako základní normu upravující podmínky podnikání, výkon státní správy a regulaci v oblasti energetického odvětví je nutné zmínit zákon č. 458/2000 Sb. o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, běžně označovaný jako Energetický zákon.

Obsahem zákona jsou podmínky pro udílení licencí, formální požadavky na podání žádosti o licenci, podmínky pro samotné udělení licence, případné změny rozhodnutí o udělení licence, kompetence Energetického regulačního úřadu (dále pouze jako ERÚ) a jiné. Provozování FVE je tedy podnikáním právě podle znění tohoto zákona.

Ke změnám v tomto zákoně dochází vcelku často, a to kvůli měnícím se politickým podmínkám v zemi a právnímu vývoji v rámci EU. Poslední novelizací zákona došlo k množství změn, které uvolňují energetický trh a posilují pozici zákazníků. Z pohledu solární energetiky je asi nejzásadnější změnou zavedení tzv. dispečerského řízení pro FVE nad 100 kW, které umožňuje distributorovi při nadbytku energie v síti FVE odpojit na dálku.

2. 2. 2. 2 Zákony upravující podporu výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů

Právní rámec pro podporu výroby elektřiny z OZE byl v ČR až do 1. 1. 2013 určen zákonem č. 180/2005 Sb., kdy byl nahrazen zákonem č. 165/2012 Sb. Účel těchto zákonů je nicméně stejný: v zájmu ochrany klimatu a ochrany životního prostředí podpořit využití OZE a zajistit stálé zvyšování podílu OZE na spotřebě primárních energetických zdrojů. Dosaženo by tak mělo být naplnění indikativního národního cíle podílu elektřiny vyrobené z OZE na hrubé spotřebě elektřiny v ČR.

Zákon č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů

Základní právní úpravu oblasti OZE v ČR představoval od roku 2005 do konce roku 2012, zákon č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů. Tento zákon ovlivnil situaci na energetickém trhu po celou dobu své účinnosti a zároveň i na řadu let dalších.

Hlava I obsahovala obecná ustanovení, mezi něž patřily základní pojmy, předmět podpory a především účel tohoto zákona. Účelem zákona bylo v zájmu ochrany klimatu a ochrany životního prostředí podporovat využití OZE, zajistit trvalé zvyšování podílu OZE na spotřebě primárních energetických zdrojů, přispět k šetrnému využívání přírodních zdrojů a k trvale udržitelnému rozvoji společnosti. Zákon měl mimo jiné zajistit, aby bylo dosaženo cílů v oblasti OZE stanovených směrnicemi Evropského parlamentu a Rady.

Hlava II stanovovala podmínky podpory výroby elektřiny z OZE. Dle § 4 byla určena povinnost provozovatele PS nebo provozovatelů DS přednostně připojit zařízení do sítě za účelem přenosu nebo distribuce elektřiny z OZE, pokud o to výrobce požádá a splňuje dané podmínky. Výrobce elektřiny z OZE, na kterou se vztahovala podpora, si dále podle ustanovení v tomto paragrafu měl právo vybrat, zda vyprodukovanou elektřinu nabídne k výkupu, nebo zda využije možnosti zeleného bonusu a prodá ji na volném trhu. Změna tohoto výběru byla možná nejdříve rok poté, co si výrobce závazně z těchto dvou možností jednu vybral a začal ji využívat. Stanovováním cen a výše zeleného bonusu byl pověřen podle § 6 ERÚ.

Zákon prodělal během své účinnosti značné množství změn. Nejdůležitější z nich byla bezpochyby novelizace zákona z roku 2010. Zákon č. 402/2010 Sb. zavedl odvod z elektřiny ze slunečního záření, neboli tzv. solární daň. Tato solární daň byla stanovena ve výši 26 % v případě výkupních cen a 28 % v případě zelených bonusů. Předmětem odvodu za elektřinu ze slunečního záření byla elektřina vyrobená ze slunečního záření v období od 1. ledna 2011 do 31. prosince 2013 v zařízení uvedeném do provozu v období od 1. ledna 2009 do 31. prosince 2010. Poplatníkem odvodu byl stanoven výrobce elektrické energie z OZE a plátcem odvodu provozovatel PS nebo provozovatel regionální DS. Odvodovým obdobím je kalendářní měsíc. Plátce vybere nebo srazí

odvod poplatníkovi do 25 dnů po skončení odvodového období, tedy kalendářního měsíce a odvede ho správci odvodu, tj. územnímu finančnímu orgánu.

Zákon č. 402/2010 Sb. vyvolal řadu sporů o ústavnosti tohoto zákona a ČR hrozila i řada mezinárodních arbitrází, což vyústilo v podání návrhu na zrušení části zákona, kterou podalo 20 senátorů. (IHNEP.cz, 2011, [online])

Ústavní soud nicméně prostřednictvím svého nálezu ze dne 15. 5. 2012 shledal zákon č. 402/2010 Sb. ve shodě s ústavou a návrh na zrušení odmítl.

Zákon č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie

Zákon č. 165/2012 Sb. o podporovaných zdrojích energie nabyl účinnosti 1. 1. 2013 a změnil celý systém podpory pro výrobu elektřiny z OZE. Nově je v něm obsažena také podpora biometanu a výroba tepla z OZE.

Hlava III stanovuje podmínky podpory elektřiny z OZE a druhotných zdrojů a vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla. Dle § 8 jsou určeny možné formy podpory elektřiny, přičemž zachovány jsou dva způsoby podpory pro FVE, tj. pevné výkupní ceny či zelený bonus. Na rozdíl od zákona č. 180/2005 Sb. mohou ale pevných výkupních cen využít pouze výrobní elektřiny o instalovaném výkonu do 100 kW včetně. FVE o výkonu vyšším mohou využít pouze možnosti zelených bonusů. Přechod z jedné formy podpory na druhou je možný, pokud na to výrobce má právo, ale pouze k 1. lednu pro daný kalendářní rok. Obě formy podpory mohou nadále využívat i stávající výrobci elektřiny, tedy výrobci elektřiny, kteří uvedli výrobní elektřiny do provozu do konce roku 2012. Výrobcům energie z OZE, kteří mají zájem o využívání podpor, vznikla povinnost zaregistrovat se u operátora trhu⁶, kterému musí také oznámit formu podpory, již chtějí využívat. Další novinkou je zavedení dvou odlišných forem zelených bonusů, hodinové a roční, které jsou upravené v § 9. Roční zelené bonusy stanovuje ERÚ v konkrétní výši pro následující kalendářní rok. Výše hodinových zelených bonusů je odvozována od tržní ceny elektřiny na denním trhu, a proto se jejich výše bude každou hodinu měnit.

⁶Operátor má na starosti organizaci krátkodobého trhu s elektřinou. Činnost operátora trhu v ČR vykonává společnost OTE, a. s. na základě licence č. 150504700 udělené ERÚ podle Energetického zákona.

Hlava IV stanovuje podmínky odvodu z elektřiny ze slunečního záření. Předmětem odvodu zůstávají zařízení uvedená do provozu v období od 1. 1. 2009 do 31. 12. 2010, prodlužuje se ale období pro odvod, a to od 1. 1. 2013 do 31. 12. 2013. Od odvodu je osvobozena elektřina vyrobená ve FVE s instalovaným výkonem do 30 kW. Další změna v hlavě IV se týká plátce odvodu, jímž se stává v případě hrazení zeleného bonusu operátor trhu. V případě hrazení formou výkupní ceny je plátcem povinně vykupující, tj. provozovatel PS či provozovatel regionální DS.

2. 2. 2. 3 Zákon č. 586/1992 Sb., o daních z příjmů

Oblast fotovoltaiky byla do značné míry ovlivněna i zákonem č. 586/1992 Sb., o daních z příjmů. Tento zákon až do 31. 12. 2010 osvobozoval od daně všechny příjmy fyzických i právnických osob vznikající z provozu FVE. Osvobození platilo po dobu kalendářního roku, ve kterém byla elektrárna uvedena do provozu a v dalších pěti bezprostředně navazujících letech.

Novelizace zákonem č. 346/2010 Sb. však přinesla zásadní změny a osvobození od daně z příjmů zrušila pro fyzické i právnické osoby. Příjmy z provozování FVE se tak od 1. 1. 2011 staly příjmem z jiného podnikání podle zvláštních předpisů.

2. 2. 2. 4 Vyhláška č. 51/2006 Sb., o podmínkách připojení k elektrizační soustavě

Vyhláška č. 51/2006 Sb., o podmínkách připojení k elektrizační soustavě byla vydána ERÚ a nahrazuje dřívější vyhlášku Ministerstva průmyslu a obchodu (dále pouze jako MPO) č. 18/2002 Sb. a vyhlášku ERÚ č. 297/2001 Sb. Samotná vyhláška č. 51/2006 Sb. byla dvakrát novelizována, a to v roce 2010 vyhláškou č. 81/2010 Sb. a v roce 2011 prostřednictvím vyhlášky č. 82/2011 Sb.

Předmětem vyhlášky je především stanovení podmínek pro připojení výroben elektřiny k DS a odběrných míst k ES a stanovení metodiky výpočtu podílu žadatele na oprávněných nákladech a postihů.

Žadatel je pro připojení k DS povinen:

- podat žádost o připojení;

- předložit studii připojitelnosti, je-li požadována za podmínek stanovených platnou Vyhláškou;
- uzavřít smlouvu o připojení mezi žadatelem a provozovatelem DS nebo změnit dosavadní smlouvu o připojení.

Žádost o připojení musí být podávána pro každé odběrné nebo předávací místo zvlášť a žadatel žádost podává v těchto stanovených případech:

- před výstavbou nebo připojením nového zařízení;
- před zvýšením rezervovaného příkonu nebo výkonu dosavadního připojeného zařízení;
- před změnou charakteru odběru;
- v případě změny druhu výroby elektřiny;
- v případě změny místa připojení výroby elektřiny k PS nebo DS.

2. 2. 2. 5 Vyhláška č. 140/2009 Sb., o způsobu regulace cen v energetických odvětvích a postupech pro regulaci cen

Vyhláška č. 140/2009 Sb. stanovuje způsob regulace a postup tvorby cen na trhu s elektrickou energií a plynem. Stanovováním cen je pověřen ERÚ a výsledné ceny jsou zveřejňovány v jeho věstníku prostřednictvím jednotlivých cenových rozhodnutí.

2. 2. 3 Dopady fotovoltaických elektráren na energetický trh

Celosvětovým fenoménem minulého století i současnosti je stoupající spotřeba elektrické energie. Domácnosti a firmy poptávají stále větší množství energie, která ale musí být určitým způsobem produkována. Dalším trendem současnosti je také snaha o co největší ohleduplnost k životnímu prostředí. A právě tyto dva fakty, stoupající spotřeba energie a snaha o co největší ekologičnost její výroby, vedou k obratu v energetickém průmyslu a dříve opomíjené způsoby výroby energie z OZE jsou nyní žhavými tématy i v zemích, kde byly dříve považovány za neefektivní a nevhodné. Pro naplnění potřeb a očekávání veřejnosti, splnění národních akčních plánů a mezinárodních úmluv začaly proto státy vytvářet podmínky, které by měly vést k rozvoji v této oblasti a bylo tedy dosaženo jak vyšší produkce energie, tak vyšší ekologičnosti celého energetického průmyslu.

V ČR byl tento trend viditelný především v oblasti fotovoltaiky, kde zavedené změny přinesly „solární boom“. Snižující se návratnost investice do FVE, která byla popsána již na začátku kapitoly, způsobila příval kapitálu na výstavbu FVE v ČR doslova z celého světa. Následky popsaného vývoje ovlivnily český energetický trh a obyvatele ČR na několik následujících let.

2. 2. 3. 1 Dopady na elektrizační soustavu

Nebývalý nárůst výkonu připojených FVE způsobil, že PS provozovaná společností ČEPS⁷ běžela po dlouhou dobu na hranici bezpečného limitu. Provozovatelé DS byli proto donuceni zastavit další připojování nových FVE již v únoru roku 2010 a od této doby připojování probíhá pouze ve stanovených výkonnostních limitech, které distributorům uděluje provozovatel PS. (E.ON Distribuce, 2011, [online])

Společnost ČEPS byla v souvislosti se zastavením připojování obviněna, že nedokázala připravit PS na připojování výroben elektrické energie z OZE. Uvést je nicméně nutné, že na zastavení měla společnost ČEPS, jakožto provozovatel PS, plné právo, jelikož podle energetického zákona č. 458/2000 Sb. nese odpovědnost za stabilitu a bezpečnost ES ČR. Společnost má také díky novelizaci energetického zákona nárok na odpojení výroben na dálku prostřednictvím dispečerského řízení v případech stanovených zákonem.

Uvolněná kapacita pro distributory je stále vcelku omezená a je vždy velmi rychle vyčerpána. Například pro distribuční společnost E.ON Distribuce byla v roce 2012 vymezena kapacita 35 MW pro připojení dalších fotovoltaických a větrných elektráren. Podáno bylo celkem 7 389 žádostí s plánovaným výkonem 149 MW, z čehož je patrné, že přidělená kapacita je stále nedostatečná a značná část žádostí byla zamítnuta. (E.ON Distribuce, 2012, [online])

2. 2. 3. 2 Ekonomické dopady

Nadměrný nárůst instalovaného výkonu FVE v letech 2009 až 2010, který způsobil problémy v ES, má bohužel dopady i na české spotřebitele a firmy. Při vyslovení slova

⁷ ČEPS, a. s. je výhradním provozovatelem PS v ČR na základě licence pro přenos elektřiny, udělené ERÚ podle Energetického zákona.

fotovoltaika se většině českých občanů vybaví pouze drahá elektřina a toto spojení je bohužel vcelku pravdivé. Podle vyjádření předsedkyně ERÚ Aleny Vitáskové z roku 2011 může „solární boom“ způsobit postupné zdražování elektřiny po dobu nejméně 15 let a vytvořit tak miliardové náklady. Na udržení růstu cen elektřiny pod deseti procenty, bude zapotřebí celý systém dotovat z prostředků státu. V jiném případě by došlo k razantnímu snížení konkurenceschopnosti českých podniků a při nárůstu ceny o 20 % a více by většina českých továren byla dokonce existenčně ohrožena. (PatriaOnline, 2011, [online])

Pokud se podíváme na vývoj cen elektrické energie, musíme dát předsedkyni ERÚ Aleně Vitáskové zapravdu. Ceny elektrické energie od roku 2010 každoročně stoupají a za viníka jsou označovány převážně FVE. Dle PatriaOnline (2012, [online]) tento trend bohužel nekončí a průměrné ceny elektřiny pro domácnosti v roce 2013, přestože byl ještě v červenci téhož roku odhadován pokles cen, podraží průměrně o 2,4 %. Za hlavního viníka plánovaného navýšení cen byla opět označena fotovoltaika, především nově dokončené FVE, které způsobily nárůst vyrobené energie.

Nárůst cen bohužel nepostihne pouze domácnosti, ale také český průmysl. Ze strany firem a podnikatelů se začínají objevovat stížnosti a první snahy o řešení dané situace. Zvyšující ceny elektrické energie každý rok snižují jejich konkurenceschopnost, a proto se řada z nich rozhodla začít s výstavbou nových provozů v jiných zemích, především státech sousedících s ČR. Jako příklad lze uvést Třinecké železářny, které začaly s výstavbou nového provozu na výrobu technického plynu v sousedním Polsku. Hlavním důvodem tohoto kroku je snížení nákladů na elektřinu. Žádoucí je uvést, že se nejedná zdaleka o jedinou průmyslovou firmu, která přistoupila k podobným opatřením a situace je tedy velmi vážná. (PatriaOnline, 2013, [online])

2.3 Systémová dynamika

Obor systémové dynamiky je zaměřen na studium a zkoumání složitých, komplexních systémů v čase. V těchto systémech můžeme za pomoci systémové dynamiky odhalovat příčinně následkové vztahy, různá zpoždění a vlivy zpětných vazeb, které často neočekávaně působí na chování systému jako celku a jsou jinak obtížně pozorovatelné. (Mildeová, Vojtko, 2006a)

Disciplína v sobě spojuje teorie, metody a filozofii, které jsou potřebné pro analýzu systémů nejen v oblasti managementu, ale i environmentálních změn, politiky, ekonomického chování, medicíny a jiných. Systémová dynamika poskytuje obecný základ, jenž může být využit všude, kde potřebujeme porozumět či ovlivnit změny systémů v čase. (Forrester, 1991)

Jedná se tedy o praktickou disciplínu umožňující snadněji porozumět systémům a jejich chování. Je ale tato disciplína vhodná pro všechny systémy? Autoři Mildeová a Vojtko (2008) považují nástroje systémové dynamiky vhodné pro systémy, které jsou charakterizovány:

- komplexností;
- složitostí;
- výskytem zpětných vazeb;
- nelineárností;
- dynamičností;
- sociálně ekonomickým zaměřením;
- zčásti kvalitativním charakterem.

Základním principem systémové dynamiky je porozumění struktuře systému. Pro plné pochopení chování systému totiž nemůžeme pozorovat pouze jeho jednotlivé prvky, ale musíme se také zaměřit na jejich uspořádání, propojení a vazby. Pro nastínění této struktury jsou vytvářeny modely, v nichž jsou obsaženy jak jednotlivé prvky systému, tak jejich propojení, vazby a závislosti. Vyhотовené modely je pak možné využívat pro experimentování, simulaci různých scénářů a situací, či ověření strategií před jejich zavedením. (Šusta, 2004)

2. 3. 1 Historie systémové dynamiky

Systémová dynamika vznikla původně pod označením průmyslová dynamika⁸. Zakladatelem této disciplíny byl profesor Jay W. Forrester, který působil na Sloan School of Management na Massachusetts Institute of Technology. První článek z rukou profesora Forrestera, jenž byl zaměřený na tuto problematiku, vyšel roku 1958 v Harvard Business Review pod názvem „Industrial Dynamics – A Major Breakthrough for Decision Makers“. Článek byl dále použit v autorově knize „Industrial Dynamics“, která vyšla roku 1961 a stala se základním kamenem nově vzniklé vědní disciplíny. (Mildeová, Vojtko, 2008)

Forrester byl původním zaměřením elektrotechnický inženýr, což pravděpodobně do značné míry ovlivnilo jeho manažerské smýšlení. Během konzultací s kolegy z General Electric se dozvěděl, že ve společnosti dochází k opakujícímu se problému ve výrobních závodech v Kentucky, USA. Ve zmíněných závodech museli pracovníci jeden rok pracovat na tři až čtyři směny a v dalším roce musela být naopak až polovina z nich propuštěna. Vedoucí pracovníci závodů se mylně domnívali, že se jedná o projevy výkyvů objednávek v důsledku ekonomických cyklů. Forrester nicméně na základě svých počítačových modelů dokázal, že vztah mezi objednávkami, zaměstnaností a zásobami spočívá ve vnitřní determinovanosti systému, tedy politik, podle kterých byla přijímána rozhodnutí. (Vojtko, Mildeová, 2007)

První systémově dynamická simulace byla Forresterem vytvořena po setkání s manažery General Electric a jednalo se o náčrt vztahů mezi jednotlivými proměnnými. Následně byly vytvořeny první počítačové simulace a software SIMPLE⁹. Obor systémové dynamiky se od této doby začal rychle rozvíjet, šířit do dalších zemí a začal být používán i pro řešení problémů z jiných oblastí¹⁰. (Mildeová, Vojtko, 2008)

⁸ V původním anglickém znění „Industrial Dynamics“.

⁹ Jednalo se o první software schopný zpracovávat diferenciální rovnice, jimiž jsou systémy popsány. Zkratka SIMPLE vychází z anglického názvu „Simulation of Industrial Management Problems with Lots of Equations“.

¹⁰ Za zmínku stojí především „Urban Dynamics“ věnující se problematice vývoje měst, tedy proč ve městech vznikají oblasti s vysokou kriminalitou, slumy apod. Dále „System Dynamics National Model“ řešící princip hospodářských cyklů a „World Dynamics“ zabývající se vývojem světa se zaměřením na rostoucí populaci, omezené obnovitelné zdroje a ukládání odpadů.

V ČR nejsou přínosy systémové dynamiky a jejích metod doceněny, a to především kvůli nedostatku důvěryhodných zkušeností a znalostí. Přesto již byly učiněny první kroky k rozvoji této disciplíny v oblasti firemní, ale i ve státním sektoru a veřejných institucích. (Mildeová, Vojtko, 2006b)

2. 3. 2 Systém a jeho typy

Ačkoliv majorita populace by dnes systém označila za slovo patřící do technických oborů, tento pojem pochází již z dob dávných, konkrétně z filosofie starého Řecka. Systém v té době znamenal “složení“, což bychom dnes mohli konkretizovat na více vystihující “složení celku“. Pokud bychom chtěli systém definovat přesněji, můžeme využít následující definice: *„systém je integrovaný souhrn vzájemně působících prvků, určených na kooperativní plnění předem stanovené funkce“*. (Mildeová, Vojtko, 2008, str. 16)

Z výše uvedené definice můžeme odvodit a popsat základní znaky systémů. Systémy jsou složeny z prvků, které jsou mezi sebou propojeny aktivními vazbami. Mluvit tedy můžeme o interakci mezi prvky systému. Systém má vazby i do svého okolí a existuje vždy za určitým účelem, má nějaký cíl. (Molnár, aj., 2012)

Pozorované systémy v reálném světě můžeme zařadit do určitých skupin, dle jejich vlastností.

Uzavřené a otevřené systémy

Systémy a jejich ovlivňování většinou vztahujeme vzhledem k jejich okolí. Rozlišovat tedy můžeme systémy uzavřené a otevřené. Uzavřené systémy nepřijímají žádné vstupy zvenčí, a ani nevydávají žádné výstupy do svého okolí. Jejich chování je tedy vcelku snadné předpovídat a snadné je i vypočítat jejich budoucí stavy. Naopak otevřené systémy jsou charakteristické přijímáním vstupů ze svého okolí a také jeho ovlivňováním. Existence otevřených systémů je tedy podmíněna existencí jejich okolí, se kterým provádí důležité výměny (informační, hmotné, energetické atd.). (Mildeová, Vojtko, 2008)

Tvrdé a měkké systémy

Dalším hlediskem, podle kterého můžeme systémy dělit, je jejich komplexita. Komplexita nebo také složitost systému určuje počet prvků a vazeb v něm identifikovatelných.

Tvrdé systémy obsahují těchto prvků a vazeb méně. Ve valné většině případů se jedná o systémy vytvořené člověkem či o technické systémy vytvořené jinými technickými systémy. Systémy tohoto typu jsou vždy podmnožinou systémů měkkých, jejich výstup je určen k dosažení výstupů jiných systémů a jejich chování lze modelovat vcelku snadno.

Zatímco měkké systémy jsou složitější a je nutné se u nich zaměřit na jeden specifický prvek – člověka. Jedná se především o systémy technicko-sociálního a čistě sociálního charakteru, které jsou zpravidla adaptabilní vůči měnícím se vlastnostem okolí a prvky v nich obsažené tak nebývají neměnné. Modelování je v tomto případě náročnější a projevuje se u něj i subjektivita. (Molnár, aj., 2012)

2. 3. 3 Model systémové dynamiky a postup jeho tvorby

Jak již bylo dříve zmíněno (kapitola 2. 2), v rámci systémové dynamiky jsou mimo jiné vytvářeny počítačové modely, které slouží pro analýzu či předpovědi jednotlivých situací v komplexních systémech. Tyto modely mají své přínosy, ale také disponují určitými omezeními, která je zapotřebí vždy brát v úvahu.

Hlavními teoretickými přínosy počítačových modelů podle autora Johna D. Sternmana (1991) jsou:

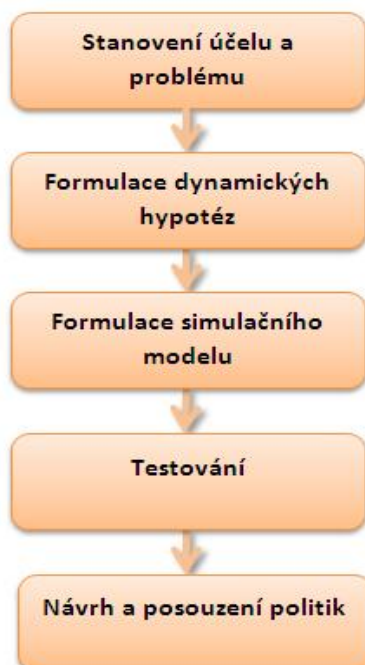
- Explicitnost modelů – modely jsou určitým způsobem formulovány, jejich předpoklady jsou zdokumentovány, a následně jsou tedy i všem dostupné pro kontrolu.
- Dokáží neomylně kalkulovat výsledky předpokladů, které byly stanoveny tvůrcem modelu.
- Modely jsou rozsáhlé, snadno srozumitelné a dokáží brát v úvahu mnoho faktorů najednou.

V praxi nejsou explicitní počítačové modely samozřejmě vždy tak ideální a mají určité slabé stránky a nedostatky. Typické jsou nejčastěji nedostatky, které plynou z nedodržování následujících zásad:

- Cílem tvůrčího snažení nemá být model sám o sobě, ale vyřešení jistého problému či získání nových poznatků. Model je tedy pouze nástrojem k dosažení našeho cíle, nikoliv cílem samotným.
- Vytvořený model není přesným popisem reality. Jedná se pouze o zobrazení reality s mnoha omezeními a limity. Autor modelu si vždy musí uvědomit, že realita se může chovat více, či méně jinak, než předpokládá.
- Model by měl být co nejjednodušší, aby se nestal tzv. „černou skříňkou“ a zůstal srozumitelný jak pro jeho uživatele, tak i ostatní. Jeho jednoduchost ale nikdy nesmí být zvyšována na úkor podstatných faktorů, které ovlivňují chování celého systému. (Molnár, aj., 2012)

Většina autorů se shoduje na doporučeném postupu při tvorbě dynamických modelů. Tento doporučený postup je znázorněn na následujícím schématu.

Schéma 1: Doporučený postup tvorby modelu



Zpracováno dle: Mildeová, Vojtko (2008)

Nutné je podotknout, že celý proces tvorby je iterativní¹¹ a nemusí vždy končit pátým krokem, tedy návrhem a posouzením politik. Často je nezbytné se vrátit zpět a změnit, nebo doplnit dříve vykonané fáze. (Mildeová, Vojtko, 2006a)

2. 3. 3. 1 Definice účelu a problému

Nejdůležitějším krokem celého procesu modelování je stanovení řešeného problému a tedy účelu modelu. Každý model musí mít jasný účel a tímto účelem by mělo být vyřešení daného problému. Samozřejmě i model s jasně stanoveným účelem může být chybný, příliš rozsáhlý či příliš složitý pro pochopení. Správně určený účel ale vždy uživatelům umožňuje klást otázky, které odhalují, zda je model vhodný k řešení určeného problému. (Stermán, 1991)

Účel tvůrci při tvorbě také pomáhá udržet zaměření na modelování problému, nikoliv celého systému, což by se mohlo snadno změnit v nezvládnutelný úkol. Autor modelu by si měl také vždy uvědomit, pro koho je model určen, tedy kdo bude jeho budoucím uživatelem a jaké bude mít znalosti o zkoumané problematice. (Mildeová, Vojtko, 2008)

Stanovení hranic modelu a klíčových prvků

Po definování problému je nutné stanovit hranice systému. Nezbytným krokem je definování všech prvků systému. Tyto prvky jsou následně rozděleny do dvou skupin:

- vnitřní (endogenní);
- vnější (exogenní).

Exogenní proměnné jsou ve své podstatě parametry, jejichž hodnoty přicházejí z vnějšku systému a nejsou ovlivňovány modelem jako takovým (například konstanty). Zatímco chování endogenních proměnných je ovlivňováno uvnitř modelu a tyto proměnné se samy podílejí na generování chování celého modelu. Pokud může dojít k odstranění části struktury bez zřejmého vlivu na chování modelu, mělo by dojít k jejímu odstranění. Pokud by naopak malé změny exogenních prvků vyvolávaly velké změny v chování celého modelu, měly by tyto exogenní proměnné být přeměněny na proměnné vnitřní. (Šusta, 2004)

¹¹ Iterativní proces je proces opakující se ve změněných podmínkách.

Referenční módy

Tvůrci dynamických modelů se snaží problém charakterizovat dynamicky, tj. jako vzorec chování odkrývající se společně s časem, jenž ukáže, jak problém vznikl a jak se bude vyvíjet v budoucnu. Pro řešený problém by proto měl být sestaven referenční mód, neboli souhrn grafů a jiných nástrojů pro popis vývoje problému v čase. Referenční módy následně pomohou tvůrci modelu i jeho klientům vymanit se z vlivu krátkodobého náhledu na svět, kterým trpí většina lidí. Pro ztrátu tohoto omezení je žádoucí správně určit správný časový horizont a určit proměnné, které jsou důležité pro porozumění danému problému a navržení politik k jeho vyřešení. (Sterman, 2000)

2. 3. 3. 2 Formulace dynamických hypotéz

Druhým krokem procesu modelování je formulace dynamických hypotéz, které tvoří nutný předpoklad pro umožnění kvalitního učení se. Tvůrce modelu se musí zaměřit především na vysvětlení chování systému jako celku za pomoci jeho vnitřních charakteristik, tedy hledat příčinnou zpětnovazební strukturu, která je za chování systému odpovědná. (Vojtko, Mildeová, 2007)

V tomto kroku procesu autor používá řady nástrojů:

- diagramy hranic systému;
- diagramy subsystému;
- příčinné smyčkové diagramy;
- diagramy stavů a toků;
- a jiné. (Sterman, 2000)

Za pomoci uvedených nástrojů je, na rozdíl od běžného jazyka, možné srozumitelně popsat dynamické chování systému, a to včetně jeho struktur. Ve většině případů se jedná o nástroje grafické, které od tvůrců a uživatelů modelu nevyžadují silný matematický základ. (Vojtko, Mildeová, 2007)

V rámci tohoto kroku se zaměřujeme i na popis měkkých faktorů, které byly dříve autory opomíjeny a při modelování jim nebyla přikládána žádná váha. Autor Senge (1995) ale dokázal, že měkké faktory jsou pro vysvětlení dlouhodobého chování systémů nezbytné, a proto musí být do modelů zahrnuty. Jejich identifikace

a implementace do modelu je sice operací značně náročnou a komplikovanou, ale také nezbytnou pro dosažení požadovaných výsledků.

2. 3. 3. 3 Formulace simulačního modelu

V momentě, kdy jsou určeny prvky systému, hranice modelu a je definována struktura, je nutné porovnat strukturou generované chování modelu s referenčními módy. I přesto, že již máme strukturu modelu popsánu pomocí diagramu, ve většině případů nejsme schopni racionálně postihnout velké množství prvků a vazby v systému. Nezbytné proto je matematicky vyjádřit vztahy mezi prvky.

Dnes bývá v této fázi modelování využívána výpočetní technika se speciálním softwarem, což modelářovi práci značně ulehčuje. Modelář může používat grafických nástrojů pro lepší přehlednost modelu a navíc si tvůrce modelu při využití tohoto softwaru vystačí pouze se základními matematickými operacemi, jako je sčítání, odčítání, násobení a dělení. Reálně však software zpracovává složité diferenční či diferenciální rovnice. (Mildeová, Vojtko, 2008)

2. 3. 3. 4 Testování

Fáze testování začíná již se zapsáním první rovnice, kdy můžeme pozorovat správnost či nesprávnost našeho dřívějšího postupu. Součástí testování je samozřejmě také porovnávání simulovaného chování modelu se skutečným, historickým chováním systému. Testování ale zahrnuje o mnoho více, než jen napodobování historického chování. Každá proměnná totiž musí korespondovat se smysluplnou koncepcí reálného světa a každá rovnice musí být testována z hlediska jednotkové konzistence¹². Citlivost chování modelu a návrhy politik musí být posuzovány s ohledem na nejistotu správnosti předpokladů, a to jak z hlediska parametrického, tak strukturálního.

Modely musí být testovány i v extrémních podmínkách, které v reálném světě s největší pravděpodobností zatím nikdy nenastaly a nejspíše ani nenastanou. I přesto můžeme ve většině situací přesně určit, jaký by byl následek těchto podmínek v reálném systému. Položit si můžeme například otázku: Co se stane s hrubým domácím produktem (dále

¹² Konzistentnosti je v modelu dosaženo po odhalení možných chybně nedefinovaných interakcí z hlediska jednotek. Např. nesmíme odečítat kvalitu a náklady.

pouze jako HDP) dané ekonomiky, pokud náhle omezíme přísun energií na hodnoty blízké nule? Chování modelu v takovéto situaci musí být naprosto jasné, a to i přesto, že tuto situaci jsme zatím nemohli sledovat v reálném světě. HDP dané ekonomiky totiž musí po vypnutí přísunu energií následovat jejich vývoj a také se přiblížit nulovým hodnotám. Může se zdát, že modely by nikdy neměly u takového testu selhat, ale opak je pravdou. V praxi jsme se již mohli setkat s mnoha modely, které narušovali základní zákony daného oboru, i když historická data tyto modely napodobovala správně. (Serman, 2000)

2. 3. 3. 5 Návrh a posouzení politik

Uživatel nyní již má k dispozici nástroj - model, který zjednodušeně popisuje realitu. Za pomoci vytvořeného modelu si tedy může začít testovat důsledky svých rozhodnutí, nových strategií a struktur. Obvykle je využívána scénářová analýza¹³ pro vyhodnocení možných nastavení, what-if analýza¹⁴ pro testování pozitivních i negativních dopadů politik a analýza citlivosti politik na nejrůznější scénáře a neurčitosti. Podstatné je také posouzení možného vzájemného působení různých politik, jako například jejich protichůdnost a navzájem se kompenzující vlivy. (Mildeová, Vojtko, 2008)

¹³ Proces analyzující možné budoucí události zvážením možných výsledků (někdy také nazývaných „alternativní světy“)

¹⁴ V české znění „Co když“ analýza je jednoduchá analytická technika používaná pro rozhodování a řízení rizik. Její princip je postaven na hledání možných dopadů vybraných situací. V podstatě se jedná o strukturovanou spontánní diskuzi, v jejímž rámci se hledají dopady konkrétních konání či procesů a opatření proti těmto dopadům.

3 Metodika a cíle práce

Cílem této diplomové práce (dále pouze jako DP) je poskytnout odlišný, modelový náhled na problematiku trhu se solární energií v ČR, a to pomocí systémové dynamiky a jejích nástrojů. Předmětem zkoumání práce je trh se solární energií jako celek, nikoliv jeho jednotlivé části rozdělené podle instalovaného výkonu¹⁵. Během prováděných simulací dojde nejprve k analyzování dosavadního vývoje na trhu se solární energií a pozornost bude upřena především na klíčové momenty, které pozitivně, nebo negativně ovlivnily dění na trhu. Další simulace se budou týkat scénářů možných změn, které by mohly stávající chaotický trh stabilizovat.

Pro dosažení stanoveného cíle je nezbytné vytvořit dynamický model trhu se solární energií, který bude dostatečně zachycovat vzory chování systému. Modelování trhu je klíčovou částí této práce, a proto bude v následujících odstavcích krátce nastíněn postup tvorby tohoto modelu¹⁶.

Celému procesu samotné tvorby modelu předcházelo studium fungování trhu se solární energií, četba odborných článků a sběr historických dat. Jednalo se o jednu z nejzásadnějších, časově nejnáročnějších fází modelování a potažmo i celé práce. Následně došlo k rozdělení prvků solárního trhu na dvě kategorie: prvky nutné pro zahrnutí v modelu a prvky, které pro popis trhu a účely práce nejsou podstatné (abstrakce). Klíčovou částí celého modelu se po vyřazení nepotřebných prvků stala doba návratnosti investice do FVE, která v praxi zásadním způsobem ovlivňuje rozhodování investorů. Všechny důležité prvky byly použity v základní kostře modelu a přidány byly také diagramy toků a stavů znázorňující vztahy mezi nimi. Historická data a odhady autora byly v dalším kroku dosazeny za jednotlivé proměnné a přistoupit již bylo možné k vytváření rovnic vyjadřujících znázorněné vztahy a závislosti. V poslední fázi procesu došlo ke kalibraci výstupních dat pomocí změn v autorových odhadech a rovnicích. Výstupní data (zejména instalovaný a připojený výkon FVE¹⁷)

¹⁵ Trh se solární energií by bylo možné rozdělit na dílčí segmenty podle instalované kapacity elektráren (např. 0 až 5 kW, 5 až 30 kW atd.).

¹⁶ Model určený pro účely této DP byl vytvořen v prostředí programu Vensim PLE (softwarové prostředí systémové dynamiky).

¹⁷ Instalovaným a připojeným výkonem se rozumí vystavěné FVE, které jsou připojené k ES ČR.

byla při kalibraci porovnávána s hodnotami uvedenými v oficiálních zprávách MPO a ERÚ.

Model trhu v sobě zahrnuje několik hypotetických scénářů, které mají za úkol demonstrovat, jak se v minulosti trh vyvíjel, jak se mohl vyvíjet při změně určitých podmínek a jak by mohl za určitých podmínek vypadat v průběhu dalších let. Scénář současné situace poslouží především jako názorná ukázka funkčnosti modelu a jeho vypovídajících schopností. Hypotetické scénáře budou demonstrovat historický a současný vývoj, ke kterému by došlo, pokud by nebyl přijat zákon č. 180/2005 Sb. a budoucí vývoj na trhu po roce 2013 za podmínek stanovených autorem práce.

Autor práce stanovuje pro účely práce následující čtyři hypotézy:

- 1. Instalovaného a připojeného výkonu FVE z 1. 1. 2012, tedy 1 958,54 MW, bylo možné dosáhnout se zpožděním 3 let i bez zavedení zákona č. 180/2005 Sb.*
- 2. Průměrná výkupní cena elektřiny vyrobené ze solární energie by při neexistenci zákona č. 180/2005 Sb. mohla být poloviční oproti současné průměrné výkupní ceně a přesto by bylo dosaženo požadovaného růstu.*
- 3. Výkupní ceny¹⁸ stanovené ERÚ pro rok 2013 by v budoucnu nevedly k žádnému nárůstu instalovaného a připojeného výkonu FVE.*
- 4. Pro splnění cílů stanovených v rámci NAP bude v budoucnu možné během jednoho roku skokově zvýšit výkon FVE až o jednu třetinu.*

¹⁸ Výkupní ceny pro rok 2013 jsou stanovené pouze pro FVE o výkonu do 30 kWp. Autor práce využije tyto hodnoty pro celý fotovoltaický trh.

4 Analytická část

Následující kapitola si dává za cíl popsat jednotlivé prvky trhu se solární energií a základní principy fungování tohoto trhu. Podrobně analyzovány budou hlavně prvky přímo ovlivňující rozhodování investorů, jako jsou například přírodní podmínky v ČR, účinnost solárních panelů, jejich cena atd. Poznatky z této kapitoly poslouží i v další části práce jako základ pro vytvoření samotného modelu a simulování hypotetických scénářů.

4.1 Specifika podnikání na trhu se solární energií

Jak již bylo zmíněno v teoretické části této práce, výroba a prodej energie ze slunečního záření je podnikáním podle zákona č. 458/2000 Sb., který společně s ostatními normami určuje pravidla a podmínky pro podnikání v tomto odvětví. Pro zahájení činnosti na trhu se solární energií tedy platí řada specifických podmínek, které musí případní zájemci před vstupem na trh splnit. Tato podkapitola poslouží jako nástin obecného postupu vstupu na trh, a to prostřednictvím výstavby nové FVE.

Prvním krokem zájemců o výstavbu nové FVE je pokus o získání souhlasu s připojením do DS. Energetické společnosti sice jsou povinné připojovat výrobní do sítě, pokud to její aktuální stav dovoluje, mohou si ale stanovit určité připojovací podmínky. Pro získání souhlasu je obvykle nutné doložit vyplněnou žádost o připojení, dotazník výrobní, výpis z katastru nemovitostí, jednopólové schéma, projekt elektrárny a souhlas obce s její výstavbou.

Následně je nezbytné získat územní souhlas místního stavebního úřadu. Povinnost získání tohoto souhlasu platí pouze pro určité typy elektráren, například pro střešní instalace obvykle není souhlas vyžadován.

Po získání územního souhlasu dochází k podpisu smlouvy o dílo s vyhotovitelem FVE a provedena je vlastní výstavba. Veškeré zařízení musí po dokončení prací projít revizemi a zkouškami, aby byl v budoucnu zajištěn bezproblémový a bezpečný chod provozovny.

Asi nejzásadnějším bodem celého procesu je získání licence pro prodej elektrické energie od ERÚ. Pro získání licence je nutné podat žádost o udělení licence, přiložit řadu dalších dokumentů a zaplatit správní poplatek 1 000 Kč (do výkonu 1 MW). Je vhodné poznamenat, že mezi přiložené dokumenty je u provozoven s instalovaným výkonem nad 20 kWp nutné zahrnout doklad o odborné způsobilosti. Provozovatelé elektráren s nižším výkonem tuto povinnost nemají.

V případě úspěšného získání licence zbývá majiteli provozovny pouze povinnost zaregistrovat se u operátora trhu, což může učinit i elektronicky. Následně již může dojít k podepsání smlouvy s distribuční společností a pravidelné fakturaci vyrobené elektřiny.

4.2 Instalovaný a připojený výkon fotovoltaických elektráren

Jedním z hlavních ukazatelů celého trhu a také jeden z nejdůležitějších výstupů modelu vytvořeného pro potřeby této práce je instalovaný a připojený výkon FVE. Předmětem sledování v rámci tohoto ukazatele jsou výroby, jejichž majitelé obdrželi od ERÚ licenci na výrobu elektrické energie. Nelicencované FVE nejsou prozatím statisticky sledovány. Jejich výkon podle odhadů sice roste, ale v porovnání s licencovanými provozovnami se jedná pouze o zanedbatelný zlomek z celkového výkonu.

Výkon elektráren je měřen v jednotkách MWp (megawatt-peak¹⁹), které vyjadřují špičkový výkon nainstalovaných panelů. Jedná se o potenciální výkonnost panelů při standardních testovacích podmínkách, které jsou následující:

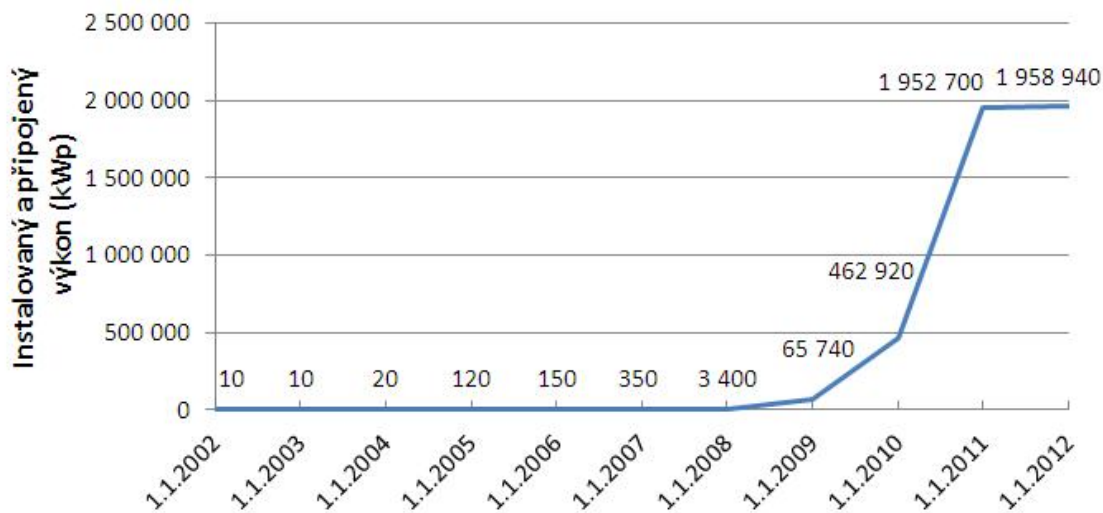
- sluneční paprsky dopadají na panely kolmo s energií $E = 1 \text{ kW/m}^2$,
- průzračnost atmosféry - $A_m = 1,5^{20}$,
- teplota panelů je $25 \text{ }^\circ\text{C}$.

¹⁹ „Peak“ můžeme z angličtiny přeložit jako vrchol, maximum.

²⁰ Koeficient A_m („Air Mass“) definuje přímou délku optické dráhy přes zemskou atmosféru.

Souhrnný přehled historického vývoje instalovaného a připojeného výkonu mezi lety 2002 a 2012 znázorňuje graf č. 1.

Graf 1: Instalovaný a připojený výkon FVE



Zdroj: MPO, 2012, [online]

Na přiloženém grafu je možné sledovat trh se solární energií v letech 2002 až 2005, ještě před zavedením podpory ze strany státu. FVE v té době vznikaly spíše sporadicky a ve většině případů pouze v rámci dotačních programů, jako byl například program Slunce do škol²¹. Situace se změnila v roce 2006, kdy nabyl účinnosti zákon č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů. Účelem tohoto zákona bylo zatraktivnění sektoru solární energie prostřednictvím zvýšené podpory ze strany státu. Zákon se zpočátku jevil jako úspěšný a instalovaný výkon vyroben narůstal přiměřeným, „zdravým“ tempem. V kombinaci s klesající cenou panelů se ovšem sektor stal atraktivní až příliš a došlo k „solárnímu boomeru“ v letech 2009 a 2010, kdy byla téměř naplněna kapacita PS a vážně ohrožena byla stabilita sítě. Přijata proto byla opatření k omezení tohoto nadměrného růstu a vyhlášen byl také „stop stav“²² pro připojování nových provozoven, který platil až do 1. 1. 2012. Nárůst v následujícím období byl i po obnovení udělování kladných stanovisek k žádostem o připojení nadále

²¹ Program Slunce do škol byl projekt vzniklý za spolupráce Ministerstva životního prostředí (MŽP) a Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy (MŠMT). V rámci tohoto projektu mohly přihlášené školy požádat o podporu při zavádění solárních panelů na střechy škol. Dotace v rámci tohoto programu dosahovaly až 70 % a účastníci měli možnost také požádat o půjčku až ve výši 20 % z celkových nákladů.

²² K pozastavení připojování dalších FVE vyzval distribuční společnosti provozovatel PS – společnost ČEPS, a. s.

značně omezen a připojovány byly a stále jsou pouze provozovny s potenciálním výkonem do 30 kWp.

Srovnání výkonu jednotlivých druhů elektráren v roce 2011 nabízí tabulka č. 1²³.

Tabulka 1: Instalovaný výkon jednotlivých druhů elektráren

Druh elektrárny	Instalovaný výkon (MW)	Podíl (%)
Parní	10787,5	53,3%
Jaderné	3970,0	19,6%
Fotovoltaika	1971,0	9,7%
Přečerpávací	1146,5	5,7%
Vodní	1054,6	5,2%
Paroplynové	590,7	2,9%
Plynové	510,8	2,5%
Větrné	218,9	1,1%
Celkem ČR	20250,0	100,0%

Zdroj: Oddělení statistik ERÚ, 2011, [online]

Na celkovém výkonu se největší měrou podílí parní elektrárny, které mají více jak poloviční podíl. Druhým největším výkonem disponují elektrárny jaderné, které jsou následovány FVE. FVE se podílejí na celkovém výkonu 9,7 % a disponují nejvyšším instalovaným výkonem ze všech elektráren produkujících energii z OZE²⁴.

4.3 Přírodní podmínky v ČR

Celková produkce elektrické energie ze slunečního záření, potažmo účinnost solárních panelů v ČR, je závislá na typu instalovaných panelů²⁵, přírodních podmínkách a v neposlední řadě také na způsobu jejich instalace.

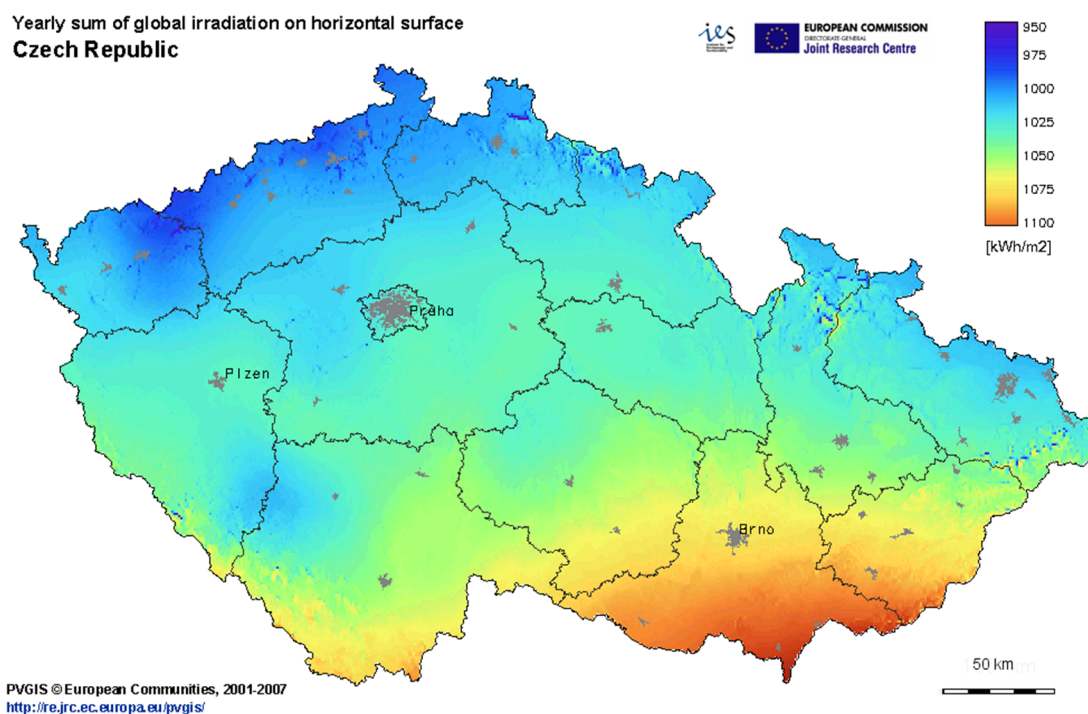
Přírodní podmínky v ČR lze považovat za vhodné pro provoz FVE, a to především díky intenzitě slunečního záření dopadajícího na její území. Obrázek č. 1 znázorňuje množství slunečního záření dopadající na území ČR.

²³ Hodnota instalovaného výkonu FVE se v tabulce č. 1 mírně liší oproti hodnotě uvedené v grafu č. 1, což je způsobeno rozdílnými hodnotami databáze ERÚ a statistiky elektroenergetiky ERÚ.

²⁴ Druhým nejvyšším instalovaným výkonem, přesně 1 617,64 MW, disponují elektrárny spalující biomasu, které jsou v tabulce č. 1 zahrnuty v kategorii parních elektráren, společně s elektrárnami spalujícími fosilní paliva.

²⁵ Jednotlivé typy panelů a vývoj jejich průměrných cen jsou uvedeny v následující podkapitole 4. 4.

Obrázek 1: Roční úhrn globálního slunečního záření v ČR [kWh/m²]



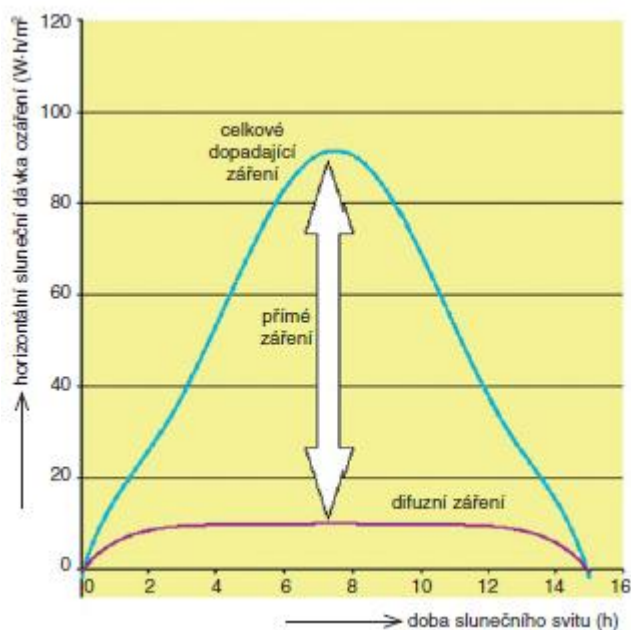
Jak je z mapy na obrázku patrné, množství dopadajícího záření se v různých částech republiky liší. Nejvyšších hodnot dosahuje Jihomoravský kraj, kde se roční úhrn záření pohybuje kolem hodnoty 1100 kWh/m². Nejnižší hodnoty naopak vykazuje oblast Krušných hor, kde na horizontální plochu ročně dopadne 950 kWh/m². Ještě před výstavbou FVE je proto nutné pečlivě zvážit lokalitu pro výstavbu.

Celkové dopadající záření, neboli také globální záření, je navíc nutné rozdělit na záření přímé²⁶ a difúzní²⁷. Toto rozdělení později napomáhá při výběru typu panelů, protože některé typy jsou schopny pro přeměnu záření na elektrickou energii velmi výrazně využívat i difúzní složku záření.

²⁶ Při jasné a bezmračné obloze dopadá největší část záření na zemský povrch bez změny směru. Tato část záření se nazývá přímé záření.

²⁷ Difúzní záření vzniká rozptylem přímého záření v mracích a na částech v atmosféře. Difúzní záření dopadá na zemský povrch ze všech stran.

Graf 2: Složky (difúzní a přímá) celkového dopadajícího záření



Zdroj: Světlo, 2010

Slovenská akademie věd provedla mezi lety 2001 až 2005 v Bratislavě měření podílu difúzního záření na celkovém globálním záření dopadajícím na horizontální podložku. Trvale měřeno bylo globální záření a jeho difúzní složka, přičemž podíl přímého záření byl následně dopočten jako jejich rozdíl. Naměřené hodnoty v jednotlivých letech jsou zobrazeny v tabulce č. 2.

Tabulka 2: Výsledky dlouhodobého měření globálního záření v Bratislavě

Roky	2001	2002	2003	2004	2005
Průměrná denní dávka globálního horizontálního záření (Wh/m ²)	3122	3149	3415	3089	3242
Průměrná denní dávka přímého horizontálního záření (Wh/m ²)	1501	1495	1402	1480	1434
Průměrná denní dávka difúzního horizontálního záření (Wh/m ²)	1621	1654	2012	1609	1809

Zdroj: Světlo, 2010

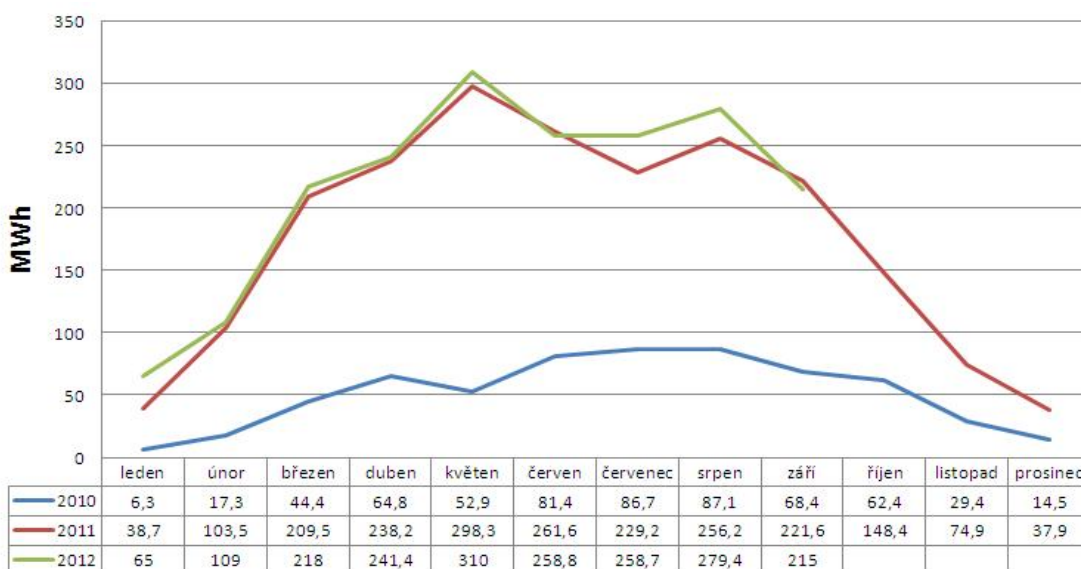
Z naměřených hodnot jednoznačně vyplývá, že energetický podíl difúzního záření v našich zeměpisných šířkách je nezanedbatelný a tvoří bezmála 50 % z globálního záření dopadajícího na vodorovnou podložku. K tomuto faktu by mělo být proto na

území ČR při výstavbě FVE přihlíženo a vybrán by měl být vždy vhodný typ panelů. (Světlo, 2010)

Kromě výběru vhodné lokality a typu panelů musí být při stavbě FVE zvažována také optimální orientace panelů a jejich sklon. Za optimální orientaci se považuje jih, při orientaci v rozmezí jihovýchod až jihozápad jsou ztráty dosaženého výkonu přibližně 5 %. Možná je i vodorovná orientace panelů, která způsobuje ztrátu 10 % výkonu, nebo svislá orientace způsobující ztrátu až 30 %. Optimální sklon panelů se odvíjí od typu systému a jeho využívání. Pro celoroční provoz ostrovních systémů je vhodné umístit panely více kolmě (například 49°), protože sluneční kotouč je v zimních měsících nízko. Naopak orientací panelů více do vodorovné polohy (například 32°) může být dosaženo většího zisku během letních měsíců, kdy je Slunce vysoko a na Zemi dopadá až 75 % ročního úhrnu globálního záření. (Solarnimoduly.cz, 2011, [online])

Instalovaný a připojený výkon zmíněný v podkapitole 4. 2 v přírodních podmínkách ČR vyprodukoval v jednotlivých měsících mezi roky 2010 a 2012 množství energie znázorněné na grafu č. 3.

Graf 3: Vývoj měsíční výroby elektřiny ve FVE



Zdroj: MPO, 2012, [online]

4.4 Solární panely

Na trhu se solárními panely je v dnešní době nabízeno více typů solárních panelů – monokrystalické, polykrystalické, tenkovrstvé a vícevrstvé. Jednotlivé typy se mezi sebou liší svými vlastnostmi a také pořizovací cenou. V následující podkapitole budou proto nastíněny základní rozdíly mezi nimi a analyzován bude trend jejich průměrné ceny.

Monokrystalické panely

Monokrystalické panely se řadí spolu s polykrystalickými do tzv. první generace fotovoltaických panelů a vyráběny začaly být již v průběhu 70. let. Pro jejich výrobu je nejdříve zapotřebí vyrobit jednolitý křemíkový ingot²⁸, jehož výroba je vcelku náročná. Ingot se následně rozřezává na jednotlivé části, tzv. wafery, které se dále ořezávají na požadované rozměry jednotlivých článků. Jelikož ingot vznikl jako jeden krystal křemíku, jeho struktura je jednolitá a velice homogenní, což dále určuje vlastnosti monokrystalických panelů.

Účinnost monokrystalických panelů se pohybuje mezi 13 až 14 %, přičemž při přímém dopadu slunečních paprsků na panely je možné krátkodobě dosahovat až 17 %. Panely tohoto typu je proto vhodné instalovat na střechy orientované na jih, jihozápad a jihovýchod, aby byla maximálně využita přímá složka slunečního záření. (Stavitel.iHNed.cz, 2010, [online])

Polykrystalické panely

Polykrystalické panely jsou vyráběny z polykrystalického ingotu, který vzniká vykrystalizováním množství menších krystalů a jejich následným slisováním. Účinnost takovýchto panelů je 12 až 15 %.

²⁸ Ingot je kovový hutní polotovár určený pro další zpracování.

Výhodou oproti monokrystalickým panelům je nepatrně vyšší účinnost přeměny difúzní složky záření. Polykrystalické panely jsou proto doporučovány pro instalaci na místa s větším odklonem od jihu. (Stavitel.iHNed.cz, 2010, [online])

Tenkovrstvé panely

Druhá generace solárních panelů vznikla kvůli potřebě snížení výrobních nákladů a je charakteristická využíváním tenkovrstvých technologií.

Tenkovrstvé solární panely se od krystalických typů liší samotnou geometrií a strukturou svých článků. Rozdíly jsou tudíž patrné i při výrobních postupech, použitých materiálech a konečné ceně celého panelu. Při výrobě tohoto typu panelů je tenká vrstva fotovoltaického vodiče (například amorfní křemík, materiál CIGS²⁹ a CdTe³⁰) nanášena na libovolný podklad, nejčastěji sklo. Surový panel je pak zapouzdřen a opatřen ochrannou vrstvou.

Mezi výhody tenkovrstvých panelů patří především vysoká energetická výtěžnost v reálných podmínkách, která souvisí s jejich vlastností dobře absorbovat difúzní složku záření. V podmínkách s nízkou intenzitou slunečního záření, kdy převládá difúzní složka záření, u nich tudíž nenastává tak výrazný pokles výkonu jako u panelů krystalických. Dalšími přednostmi panelů s tenkou polovodičovou vrstvou je jejich nízká cena, nízká teplotní závislost či nízká závislost vyrobené energie na úhlu dopadu záření.

Nevýhodou při použití tohoto typu panelů je nutnost pokrytí větší plochy pro dosažení stejného výkonu jako při využití krystalických panelů, což je způsobeno jejich nižší účinností (5 až 9 %). Tenkovrstvé panely navíc v porovnání s jinými typy panelů také rychleji degradují a jejich účinnost tak v čase ještě klesá. (Votum, 2012, [online])

Vícevrstvé panely

Vícevrstvé panely jsou panely třetí generace, které přímo navazují na technologie používané pro výrobu tenkovrstvých panelů. Tento typ panelů je vyráběn nanášením dvou a více tenkých vrstev na sebe, přičemž jednotlivé vrstvy se skládají z odlišného

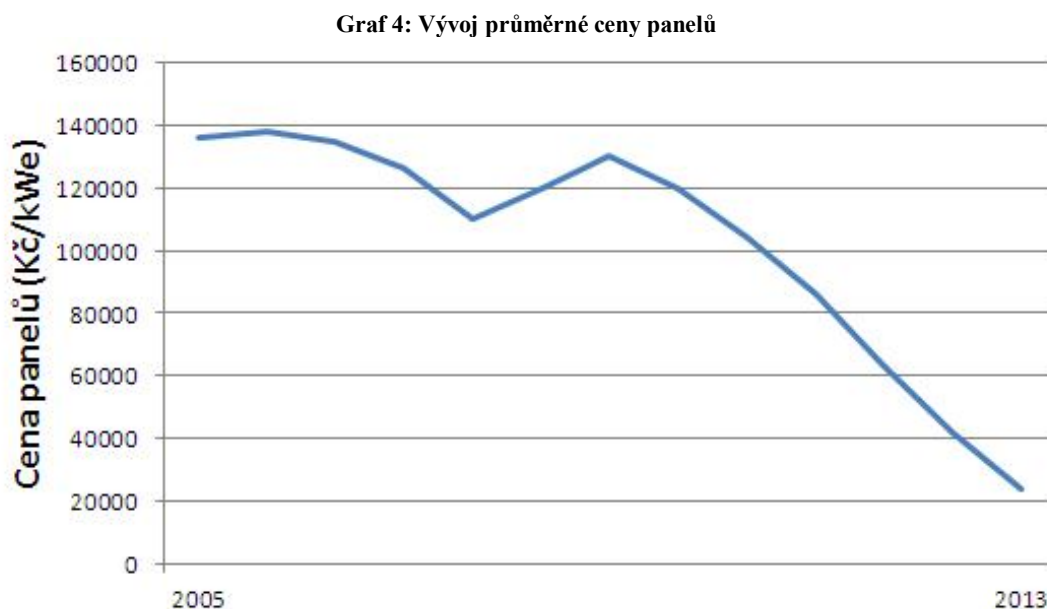
²⁹ Zkratka CIGS odpovídá anglickému spojení „Copper indium gallium (di)selenide“, které v češtině znamená měď-indium-gallium-(di)selenid.

³⁰ CdTe je zkrácením anglického „Cadmium telluride“. Do češtiny překládáno jako tellurid kademnatý.

materiálu. Každá vrstva panelu proto absorbuje jiné světelné spektrum, čímž dochází k maximalizaci energetické využitelnosti fotonů. Dvouvrstvé články mohou teoreticky dosáhnout účinnosti 42 %, třívrstvé 49 %, šestivrstvé kolem 65 %. Limit pro nekonečný počet vrstev je 68 %. Vysoká účinnost vícevrstvých panelů je ale vyvážena náročným výrobním procesem, a tedy i vysokou pořizovací cenou (2 až 3 krát vyšší než u ostatních typů solárních panelů). (Czech RE, 2009, [online])

Průměrná cena panelů

Požizovací cena solárních panelů představuje v českých podmínkách jednu z hlavních částí celkové investice potřebné pro výstavbu FVE. Celosvětový nárůst instalovaného výkonu v posledních osmi letech vedl k vcelku razantnímu poklesu těchto cen (viz graf č. 4), a tudíž i celkových investic potřebných pro výstavbu FVE.



Zdroj: NPD Solarbuzz, 2013, [online]

Na grafu je možné pozorovat nárůst průměrné ceny panelů mezi lety 2008 až 2009, jenž se objevil pouze na českém trhu a vyvolán byl prudkým oslabením koruny. Vzrůst cen byl nicméně následován prudkým poklesem v souvislosti s opětovným posílením koruny a další vývoj cen již následoval vývoj na světových trzích.

4. 5 Ostatní investiční náklady

Náklady na výstavbu FVE se samozřejmě neskládají pouze z nákladů na pořízení solárních panelů. Do nákladů je dále nutné zahrnout například náklady na pozemek, na kterém bude FVE vystavěna, cenu dalšího elektrozařízení potřebného pro správný a bezpečný chod elektrárny³¹, zabezpečovací zařízení monitorující objekt, stavební práce a další. Veškeré tyto náklady se samozřejmě v praxi u jednotlivých elektráren značně liší. Odborníci věnující se solární problematice (Světlo, 2010) nicméně odhadují výši těchto nákladů na 40 až 50 % z celkových investičních nákladů. Tento odhad je v syntetické části práce dále využit pro vytvoření dynamického modelu fotovoltaického trhu.

4. 6 Výkupní ceny a zelený bonus

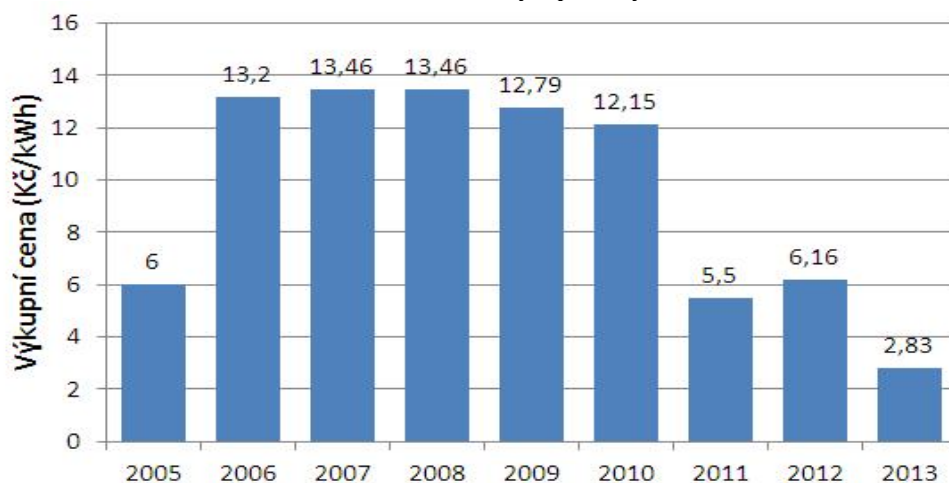
Každý, kdo se rozhodne vystavět FVE, se musí rozhodnout, zda hodlá veškerou produkci elektrické energie přímo prodávat, nebo její většinu bude spotřebovávat a pouze přebytky dodá do sítě, kdy uplatní tzv. zelený bonus. V praxi je tedy elektřina vyrobená z FVE vykupována za dvě různé výkupní ceny – výkupní cena přímého prodeje a zelený bonus. Výši obou výkupních cen stanovuje ERÚ v rámci svých cenových rozhodnutí a pro provozovny jsou ceny garantovány po dobu 20 let³² od jejich připojení. Průměrné výkupní ceny³³ jsou znázorněny na grafu č. 5.

³¹ Jedná se o transformátory, měniče, kabeláž a elektrické rozvody.

³² Garantované období 20 let je stanoveno ve vyhlášce č. 150/2007 Sb. a má odpovídat životnosti FVE.

³³ Průměrné výkupní ceny jsou aritmetickým průměrem výkupních cen za přímý prodej a zelených bonusů stanovených v daném období pro jednotlivé kategorie FVE.

Graf 5: Průměrné výkupní ceny



Zdroj: Cenová rozhodnutí ERÚ z let 2004 až 2012

Na přiloženém grafu lze snadno rozeznat zavedení podpory pro výrobu elektrické energie ze slunečního záření v roce 2006, kdy vešel v platnost zákon č. 180/2005 Sb. Stanovení vyšších výkupních cen mělo majitelům FVE garantovat návratnost investice 15 let. V praxi ale FVE vlivem klesajících cen panelů dosahovaly návratnosti výrazně nižší, a to až 8 let a méně. Po skončení „solárního boomu“ byly výkupní ceny a zelené bonusy opětovně sníženy, aby byl zastaven velký zájem o investice do tohoto odvětví. Pro roky 2012 a 2013 jsou výkupní ceny garantovány pouze pro malé FVE, a to ve výši 2,83 Kč/kWh.

5 Syntetická část

Pátá kapitola této práce pojednává o modelových simulacích na trhu se solární energií v ČR. Pro provádění samotných simulací bylo nejprve potřebné vytvořit model, který věrohodně popisuje fungování trhu a zároveň poskytuje autorovi dostatečný prostor pro vytváření hypotetických scénářů. Proto bude v následující podkapitole samotný model trhu nejdříve představen a okomentován a až následně proběhne analýza simulovaných scénářů vytvořených za pomoci dynamického modelu.

5.1 Model trhu se solární energií

Účelem modelu vytvořeného pro potřeby této práce je poskytnout modelový náhled na trh se solární energií jako celek. Z výše uvedeného vyplývá, že model je značně zjednodušený a zahrnuje v sobě určité nedostatky, které budou dále zmíněny. Důležitým rozhodnutím ještě před začátkem modelování byla délka jednoho časového kroku modelu. Autor práce se po dlouhé úvaze rozhodl pro délku jednoho měsíce, což poskytuje možnost snadnějšího pozorování vzniklých změn, ale také s sebou přináší značná rizika, jako například menší nepřesnosti při srovnávání výstupů modelu s historickými daty či větší náročnost pro zpracování výstupních dat.

Klíčovým prvkem ovlivňujícím rozhodnutí investorů, zda investovat do výstavby FVE, nebo ne, je doba návratnosti investice do FVE. Proto i celý model vychází právě z této proměnné, pro jejíž kalkulaci byla použita rovnice č. 1. Jelikož celý model funguje v časových krocích jednoho měsíce, i doba návratnosti investice je kalkulována v měsících, nikoliv v letech.

Rovnice 1: Doba návratnosti investice

$$T_s = \frac{IN}{CF}$$

Kde:

- T_s – je doba návratnosti investice,
- IN – jsou jednorázové investiční náklady,
- CF – jsou měsíční peněžní toky.

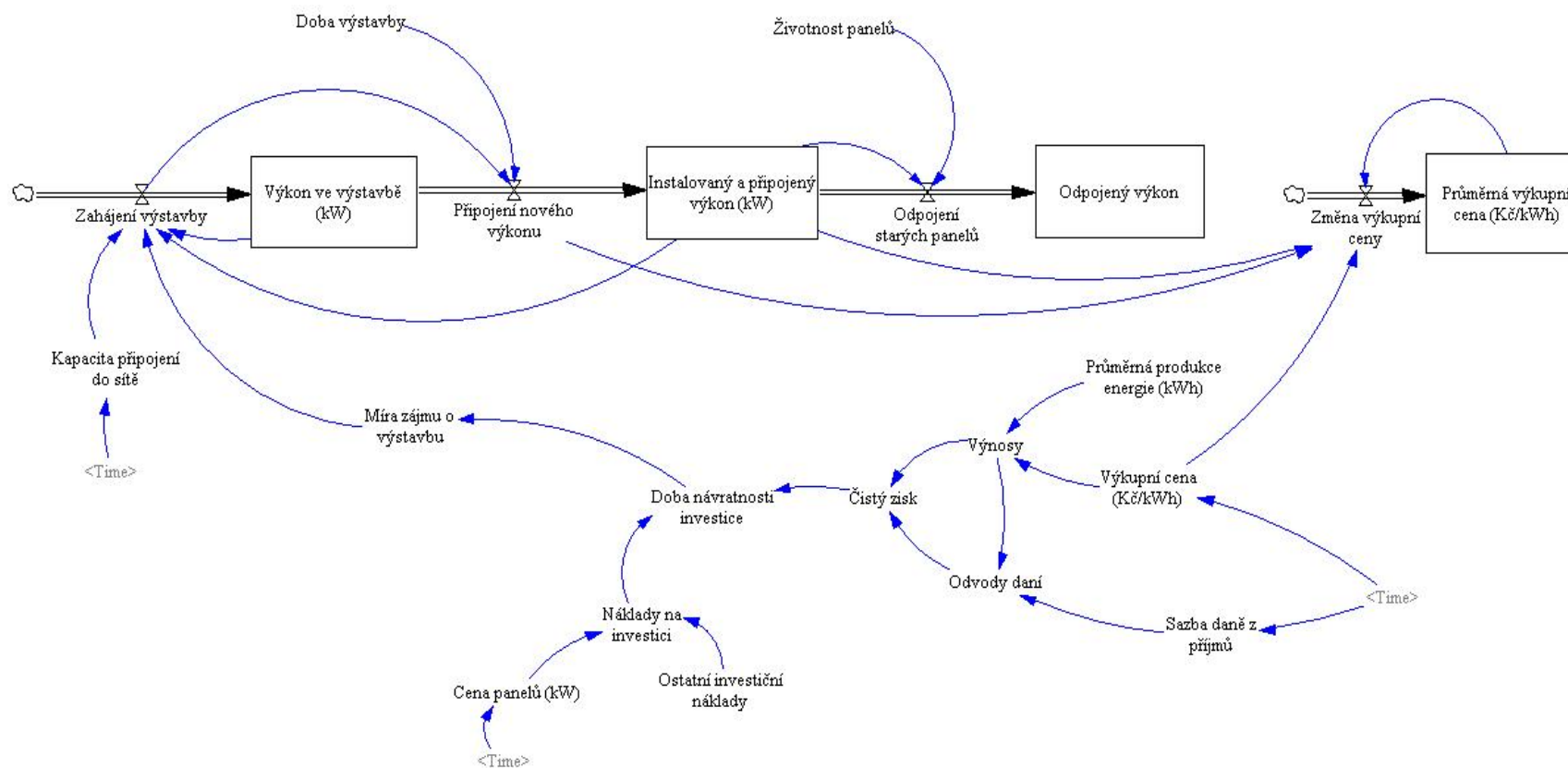
Z rovnice č. 1 vyplývá, že pro vytvoření této části modelu bylo nezbytné zajistit historická data o vývoji jednorázových investičních nákladů na výstavbu a měsíčních peněžních příjmů z elektráren. Použita proto byla následující data:

- **Cena panelů** – vyjadřuje částky nutné pro zakoupení panelů o výkonu 1 kWp v průběhu jednotlivých měsíců. Ceny byly přepočítány na Kč a reflektují tudíž vývoj reálné ceny na českém trhu.
- **Ostatní investiční náklady** – v sobě zahrnují náklady na elektrozařízení a pozemek pro instalaci panelů o výkonu 1 kWp. Model u této proměnné počítá s fixní částkou 52 000 Kč.
- **Průměrná roční produkce energie** – vychází z podnebných podmínek v ČR, a to především z průměrného úhrnu slunečního záření dopadajícího na naše území. Zohledněna je i reálná účinnost solárních panelů. Pro potřeby modelu byla nastavena fixní hodnota parametru 91,67 kWh měsíčně.
- **Výkupní ceny** – jedná se o průměrné ceny, za které se stát v jednotlivých letech zavazoval vykupovat vyrobenou energii.
- **Sazba daně z příjmů** – do modelu vstupuje až od roku 2011 a její výše je nastavena na průměrných 17 %³⁴.

Všechny vypsání proměnné nebo jejich vývoj v čase byly v průběhu simulací zafixovány a případné manipulace s nimi budou zmíněny v rámci scénářů jednotlivých projekcí. Schéma č. 2 zobrazuje celý model trhu zahrnující jak část kalkulující dobu návratnosti investice, tak všechny jeho ostatní části, které budou popsány později.

³⁴ Sazba daně z příjmů je pro zjednodušení modelu zprůměrována a nerozlišuje mezi právníckými a fyzickými osobami. Pro fyzické osoby byla sazba mezi lety 2011 a 2013 nastavena na 15 % a pro právnícké osoby na 19 %.

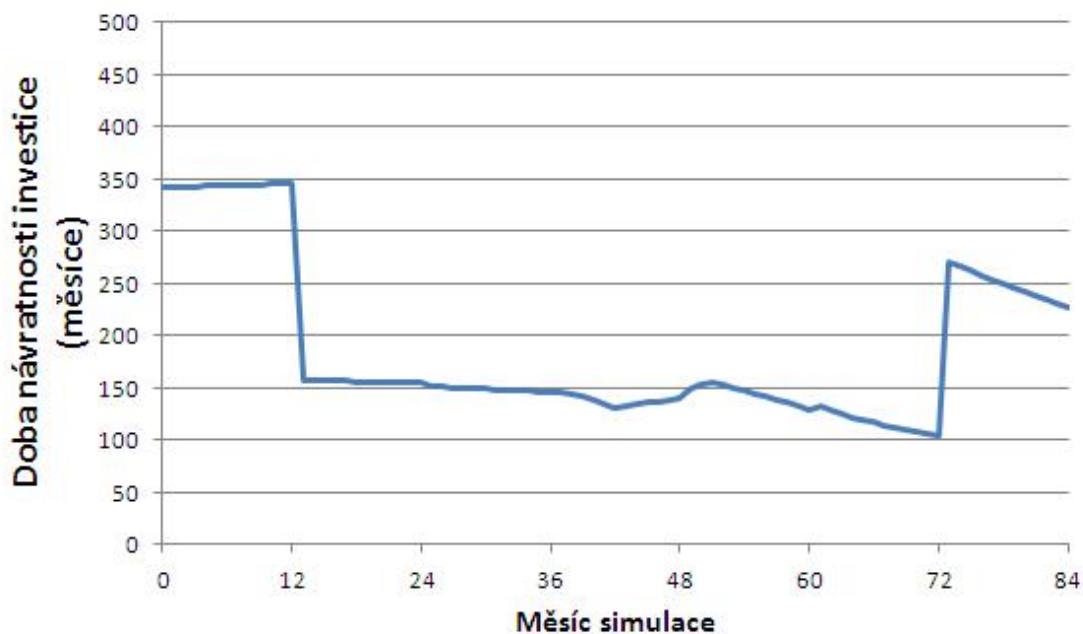
Schéma 2: Model trhu se solární energií



Zdroj: Vlastní zpracování v softwarovém prostředí Vensim PLE

Následující graf znázorňuje vývoj doby návratnosti investice generovaný modelem v jednotlivých měsících simulace.

Graf 6: Doba návratnosti investice do FVE



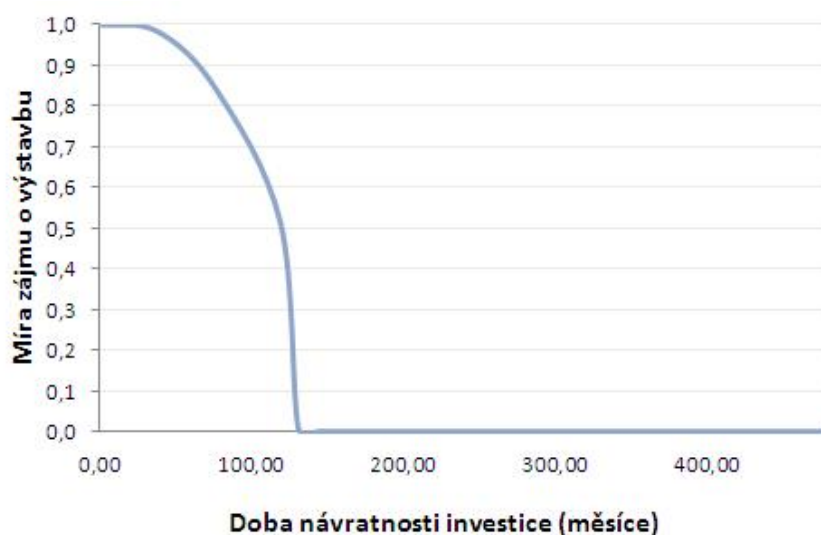
Zdroj: Vlastní projekce

Srovnání všech generovaných hodnot modelu s hodnotami reálnými v tomto případě není možné, protože neexistují žádné důvěryhodné studie sledující vývoj doby návratnosti v podmínkách ČR. Jediné milníky, které můžeme pro srovnání použít, jsou roky, kdy vešly v platnost určité právní předpisy, či došlo k významné události na trhu. Jako příklad můžeme uvést rok 2006, tedy 13. měsíc simulace, kdy vešel v platnost zákon č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie. Tento zákon měl garantovat patnáctiletou návratnost investice do FVE. Model v tomto roce vykazuje návratnost investice nepatrně nižší. Dalším rokem vhodným pro srovnání je rok 2010 (v modelu začínající od 61. měsíce), kdy se doba návratnosti investice do FVE na trhu snížila podle názorů odborníků až na 8 let a v některých případech ještě méně. Dynamický model DP v tomto roce vykazuje hodnoty okolo 8 až 9 let, což se s ohledem na zobecnění celé problematiky dá považovat za hodnotu dostatečně zachycující chování trhu. Od 72. měsíce simulace dochází ke skokovému navýšení doby návratnosti, které souvisí s cenovým rozhodnutím platným pro daný rok. Oblast

fotovoltaiky se prostřednictvím tohoto rozhodnutí stala atraktivní pouze pro malé FVE umístěné na střechách apod., u kterých se návratnost pohybuje na výrazně nižších hodnotách, než u ostatních FVE. Jak již bylo zmíněno, vytvořený model je určený pro popsání trhu jako celku, a proto nadále počítá s náklady na pozemky, elektrozařízení atd., což způsobuje nadměrně vysokou dobu návratnosti investice v posledních dvou letech.

Doba návratnosti investice je v modelu dále převedena na míru zájmu o výstavbu FVE. Jedná se o imaginární proměnnou vycházející z doby návratnosti a dosahující hodnot od 0 do 1 v závislosti na době návratnosti investice. Závislost míry zájmu o výstavbu na době návratnosti investice je znázorněna na grafu č. 7.

Graf 7: Závislost míry zájmu o výstavbu na době návratnosti investice

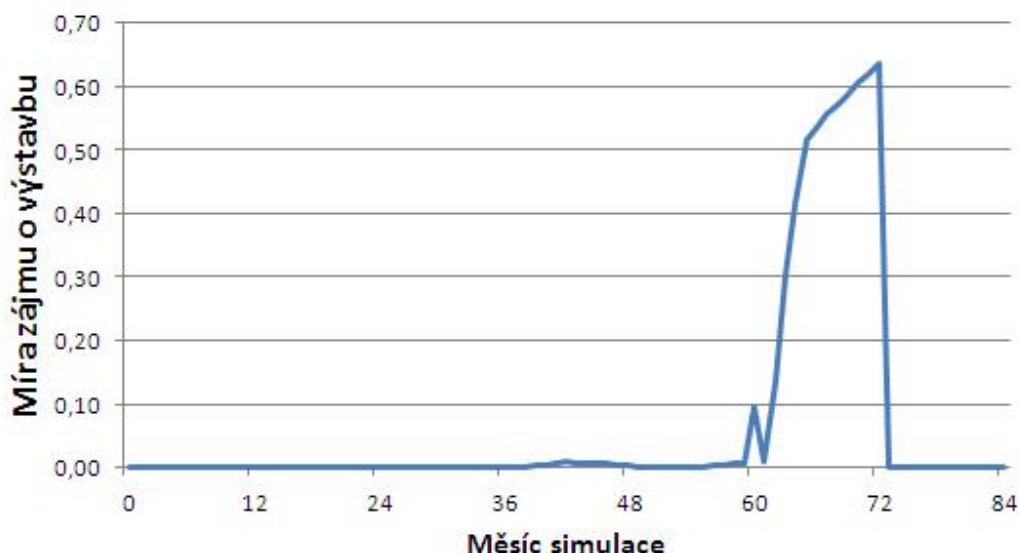


Zdroj: Vlastní projekce

Z grafu je možné odvodit, že investice do FVE se dle modelu stává pro investory zajímavou při době návratnosti od přibližně 180 až 132 měsíců (15 až 11 let) a méně. I při vyšší době návratnosti jsou samozřejmě nadále uskutečňovány určité investice. Míra zájmu se sice na grafu jeví při době návratnosti vyšší jak 11 let jako nulová, tento jev je ovšem způsoben měřítkem grafu a v samotném modelu je míra zájmu (ač velmi nízká) definována i pro vyšší doby návratnosti (konkrétní hodnoty použité pro sestavení grafu jsou uvedeny v příloze č. 2).

Míra zájmu o výstavbu FVE působí v modelu jako spoj mezi dvěma jeho částmi – dobou návratnosti investice a částí věnující se výstavbě a instalaci samotných provozoven. Při projekci historického vývoje trhu za podmínek platných v minulosti generoval model míru zájmu o výstavbu zobrazenou v grafu č. 8.

Graf 8: Míra zájmu o výstavbu v jednotlivých měsících simulace



Zdroj: Vlastní projekce

Ve druhé části modelu můžeme najít následující proměnné:

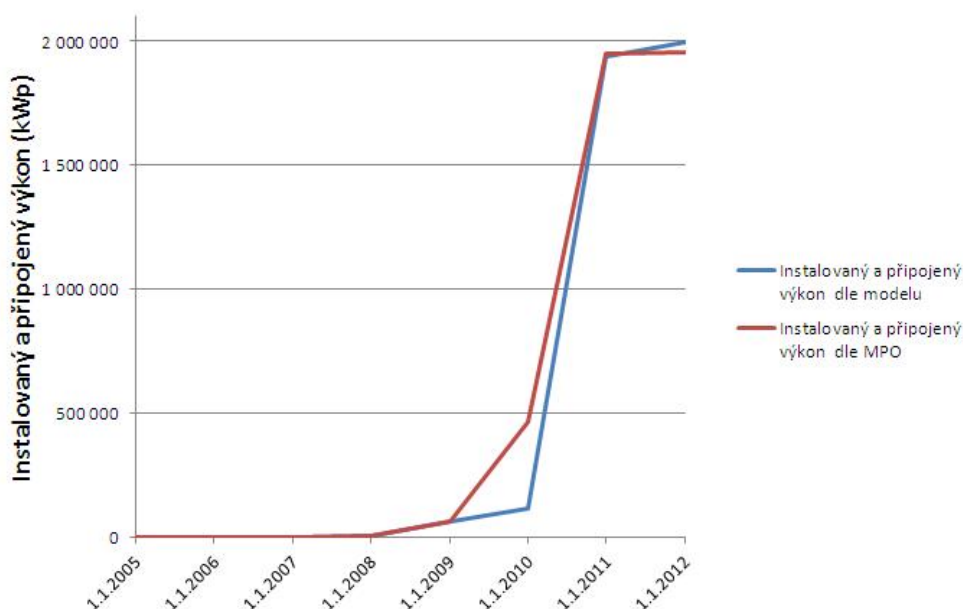
- **Kapacita připojení do sítě** – vychází z odhadu autora (2 000 000 kWp) odvozeného od situace na konci roku 2010. V tomto roce byla kapacita PS téměř naplněna a ohrožena byla její stabilita.
- **Doba výstavby** – je v modelu stanovena na 4 měsíce.
- **Životnost panelů** – se pohybuje v rozmezí 20 až 30 let v závislosti na výrobci panelů. V modelu je použita hodnota 20 let, jelikož již po této době klesá účinnost panelů a jejich nahrazení novými se při požadavku na zachování daného výkonu FVE dá považovat za nevyhnutelné.

Po převedení doby návratnosti investice na míru zájmu o výstavbu je mírou zájmu vynásobena zbývající volná kapacita PS³⁵ a dochází k zahájení výstavby provozoven. Výstavba FVE trvá 4 měsíce, po nichž jsou provozovny převedeny z kategorie výkon ve

³⁵ Od celkové kapacity PS se odečítá instalovaný a připojený výkon a výkon ve výstavbě.

výstavbě do kategorie instalovaný a připojený výkon, v níž se hromadí reálně připojené FVE. Srovnání instalovaného a připojeného výkonu generovaného modelem a dat zveřejněných MPO k 1. lednu vybraných let poskytuje graf č. 9.

Graf 9: Srovnání výstupu modelu a dat MPO



Zdroj: MPO, 2012, [online] a vlastní projekce

Jak je ze zobrazených křivek patrné, instalovaný a připojený výkon generovaný modelem, až na rok 2009, vcelku věrně odpovídá reálně naměřeným datům MPO. Největší odchylka modelu v roce 2009 je způsobena výkyvem kurzu koruny oproti euru a dolaru. Reálný přírůstek výkonu byl v tomto roce vyšší, protože do ČR plynul kapitál i ze zahraničí a zahraniční investoři při svých investicích nepociťovali nepříznivý kurz koruny. Model DP ale počítá pouze s cenami přepočítanými na Kč, a proto je v roce 2009 přírůstek instalovaného a připojeného výkonu modelu menší, než tomu bylo ve skutečnosti. Poměrně nepodstatnou odchylku můžeme také pozorovat mezi lety 2011 a 2012, kdy model generuje naopak mírně vyšší hodnoty oproti reálně naměřeným datům. Větší přírůstek oproti měření MPO je způsoben tzv. „stop stavem“ pro připojování dalších FVE, jenž v ČR platil až do 1. 1. 2012. Model s takovýmto opatřením nepočítá a nadále tak generuje přírůstky instalovaného a připojeného výkonu. Pro statistické ověření věrohodnosti výstupních dat modelu je možné využít Pearsonův korelační koeficient, který udává těsnotu vztahu mezi dvěma proměnnými. V tomto

případě jsou proměnnými výstupní data generovaná modelem a data naměřená MPO k 1. lednu daného roku. Výsledný korelační koeficient $r = 0,990\ 45$, což je číslo velmi blízké 1, z čehož vyplývá, že vypovídající hodnota modelu je vysoká.

Solární panely mají stejně jako většina elektrozařízení omezenou životnost. Proto je v modelu zachyceno i odpojování panelů na pokraji životnosti. Odpojování zastaralých panelů se projevuje odečítáním části výkonu z instalovaného a připojeného výkonu a jejím převodem do výkonu odpojeného. Tímto způsobem je zároveň dosaženo postupného uvolňování kapacity PS v čase.

Poslední částí modelu je sekce věnovaná výpočtu průměrné výkupní ceny, která je kalkulována jako vážený aritmetický průměr výkupních cen stanovených v jednotlivých letech. Pro výpočet byla do modelu zadána rovnice č. 2.

Rovnice 2: Vážený aritmetický průměr

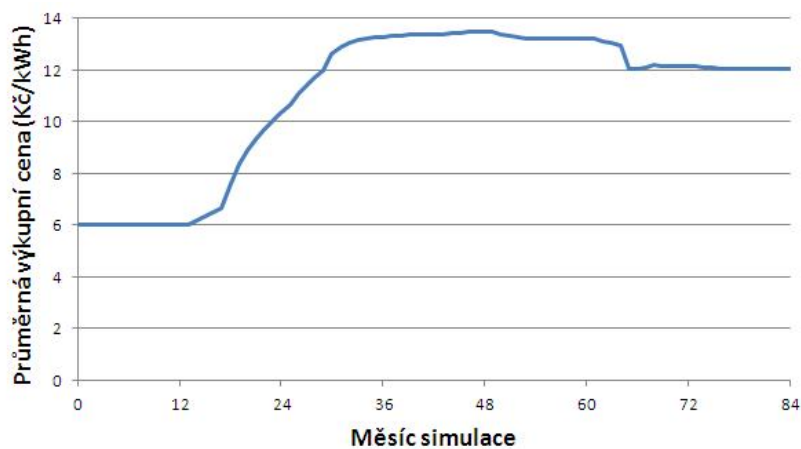
$$\bar{p} = \frac{\sum_i^n w_1 p_1 + w_2 p_2 \dots + w_n p_n}{\sum_i^n w_1 + w_2 \dots + w_n}$$

Kde:

- p – jsou jednotlivé hodnoty výkupních cen,
- w – jsou cenám odpovídající váhy (výkon FVE instalovaný za dané ceny).

V jednotlivých měsících byl naměřen vážený průměr výkupních cen zobrazený na grafu č. 10.

Graf 10: Vážený průměr výkupních cen v jednotlivých měsících simulace



Zdroj: Vlastní projekce

Průměrná výkupní cena za 1 kWh se v ČR v roce 2011 (73. až 84. měsíc simulace) ustálila na 12,064 Kč. Vysoká hodnota váženého průměru je způsobena značným počtem FVE s garantovanou cenou 12 až 13 Kč/kWh, k jejichž připojení došlo mezi lety 2006 až 2011.

5. 2 Projekce trhu bez zavedení zákona č. 180/2005 Sb.

Následující podkapitola je zaměřena na simulaci historického vývoje trhu za změněných podmínek s přesahem do blízké budoucnosti (3 roky), přičemž největší změnou oproti reálnému vývoji trhu je neuvedení zákona č. 180/2005 Sb. a pozdějších předpisů v platnost. Tento zákon je označován za hlavní příčinu „solárního boomu“ v ČR a současné situace na trhu se solární energií. Nezavedením zákona by v praxi nedošlo mimo jiné k navyšování výkupních cen, vytvoření povinnosti připojovat FVE přednostně k distribuční síti atd. V dalších letech by také nemusela být přijata „nápravná“ opatření³⁶ ze strany vlády či jiných organizací a přijat by nebyl ani zákon č. 165/2012 Sb. a pozdější předpisy.

V modelu tedy došlo ke změně následujících parametrů:

- **Doba simulace** – byla prodloužena o 3 roky (do 1. 1. 2015).
- **Průměrné ceny panelů** – vycházejí z historických dat použitých při kalibraci modelu. Přidán byl odhad vývoje cen pro rok 2013 a následně byly průměrné ceny zafixovány na hodnotě tohoto odhadu (16 000 Kč za kWp panelů) i pro další měsíce simulace.
- **Sazba daně z příjmů** – byla nastavena jako nulová, přesně jako v počátečním roce simulace (2005). K uvalení této daně na provozovatele FVE došlo stejně jako u solární daně 1. 1. 2011, a to především kvůli neudržitelné situaci na trhu a vysokým nákladům státu na podporu fungování FVE v ČR.

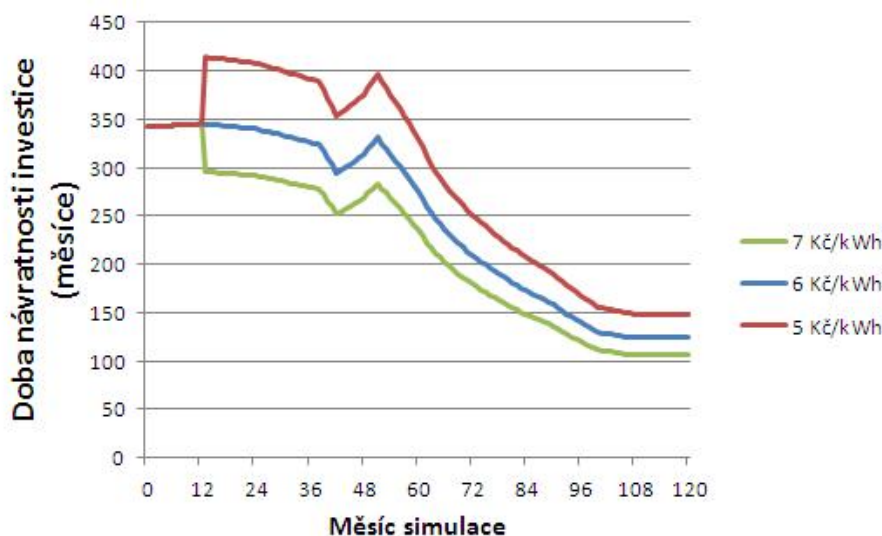
³⁶ Například „stop stav“ pro připojování nových FVE nebo zákon č. 402/2010 Sb. zavádějící solární daň.

Dalším změněným parametrem je výkupní cena elektřiny z FVE, která zde slouží pro vytvoření třech rozdílných scénářů:

- **5 Kč/kWh** – jedná se o scénář, který od 1. 1. 2006 kalkuluje se sníženými výkupními cenami zafixovanými na úrovni 5 Kč/kWh.
- **6 Kč/kWh** – scénář kalkulující se zafixovanou cenou 6 Kč/kWh po celou dobu simulace (tj. od 1. 1. 2005 do 1. 1. 2015).
- **7 Kč/kWh** – model počítá od 1. 1. 2006 do konce simulace se zvýšenou fixní cenou 7 Kč/kWh.

Při spuštění simulace s výše zmíněnými změnami generuje model naprosto jiný vývoj doby návratnosti investice do FVE, než při původní simulaci historického vývoje na trhu uvedeném v kapitole 5. 1. V průběhu let nedochází ke skokovým změnám³⁷ a vývoj proměnné ve všech scénářích do určité míry kopíruje postupné snižování cen solárních panelů na trhu.

Graf 11: Doba návratnosti do FVE (neexistence zákona č. 180/2005 Sb.)



Zdroj: Vlastní projekce

Zpočátku je doba návratnosti ve všech scénářích opravdu vysoká (téměř 30 let) a pro podnikání ve fotovoltaice eliminační³⁸. S postupným poklesem cen panelů na trhu dochází ale k poklesu nákladů na investici, a tudíž i k pozvolnému snižování doby

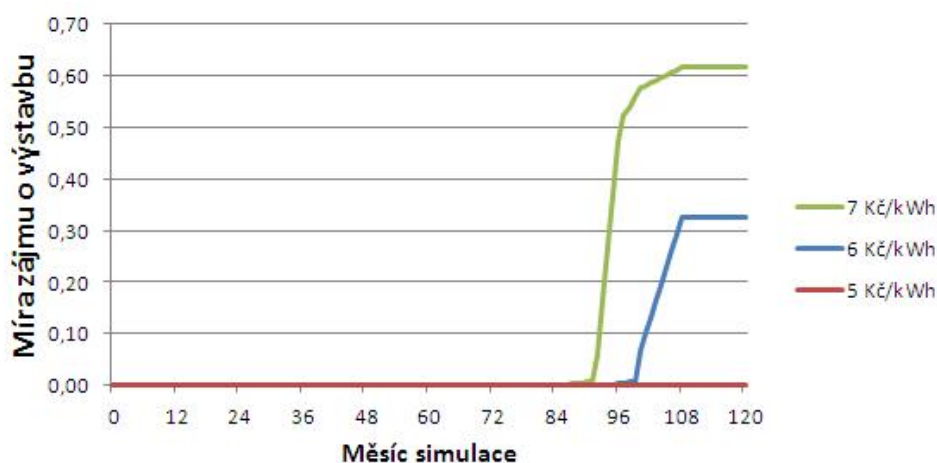
³⁷ Ty byly u simulace v kapitole 5. 1 způsobené změnami v legislativě a v cenových rozhodnutí ERÚ.

³⁸ Především z důvodu životnosti panelů, která se nejčastěji pohybuje mezi 20 až 30 lety. FVE by v případě takto vysoké doby návratnosti nestihly svým majitelům ani splatit jejich pořizovací náklady.

návratnosti do FVE. V posledním roce simulace dosahuje doba návratnosti při výkupních cenách 7 Kč/kWh 9 let. Scénář kalkulující s výkupními cenami ve výši 6 Kč/kWh během posledního roku simulace vykazuje návratnost 10 let. Poslední scénář kvůli nejnižším výkupním cenám disponuje nejhorší dobou návratnosti (13 let), což se při simulaci dále projeví nižší mírou zájmu o výstavbu, a tudíž i nižším instalovaným výkonem.

Převodní doby návratnosti investice do FVE provádí model na základě závislosti uvedené v kapitole 5. 1 (konkrétně graf č. 7) a po převodění vykazuje model v jednotlivých měsících následující míry zájmu o výstavbu FVE.

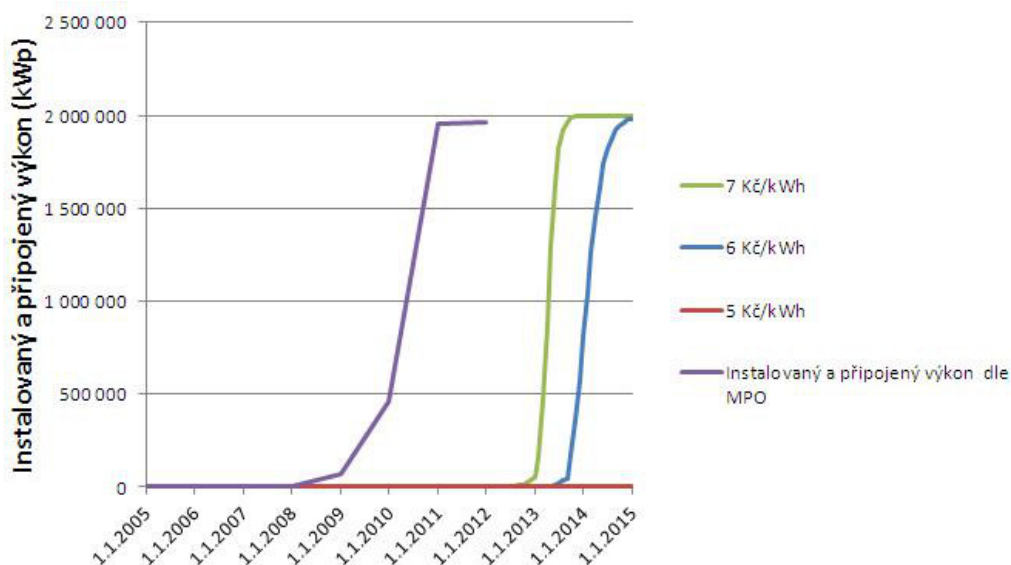
Graf 12: Míra zájmu o výstavbu (neexistence zákona č. 180/2005 Sb.)



Zdroj: Vlastní projekce

Na začátku simulace je míra zájmu ve všech případech velmi nízká, a to vlivem vysoké doby návratnosti investice. U scénářů 6 Kč/kWh a 7 Kč/kWh je ale možné pozorovat neustálý trend růstu a v posledních dvou letech simulace je již zájem o investice velmi vysoký (přihlédneme-li k faktu, že se jedná o měsíční zájem o výstavbu). Pouze při výkupní ceně 5 Kč/kWh zůstává zájem o výstavbu po celou dobu simulace mizivý.

Graf 13: Instalovaný a připojený výkon (neexistence zákona č. 180/2005 Sb.)



Zdroj: MPO, 2012, [online] a vlastní projekce

Nižší zájem o výstavbu během prvních let simulace značně brzdí růst výkonu FVE a na trhu můžeme pozorovat roční nárůsty výkonu pouze v řádu desítek až stovek kWp, takže kapacita PS zůstává nevyužita. Změna nastává až v roce 2013, kdy při výkupních cenách 7 Kč/kWh začíná dramatický nárůst instalovaného a připojeného výkonu FVE. Tento růst je poháněn klesající cenou panelů, která v roce 2013 nadále klesá poměrně rychlým tempem. Instalovaný a připojený výkon ve scénáři 7 Kč/kWh dosáhne do 1. 1. 2015 hodnoty 2 000 000 kWp, tedy kapacity přenosové sítě. Scénář 6 Kč/kWh vykazuje podobný růst až od konce roku 2013, kdy průměrná cena panelů dosáhne svého minima. Instalovaný a připojený výkon tohoto scénáře k 1. 1. 2015 dosáhne 1 980 000 kWp. Scénář s nejnižšími výkupními cenami vykazuje po celou dobu minimální růst výkonu a na konci simulace dosahuje hodnot pouze 6 419,43 kWp.

Vážený průměr výkupních cen je ve všech scénářích k 1. 1. 2015 roven stanoveným výkupním cenám, tedy 7 Kč/kWh, 6 Kč/kWh a 5 Kč/kWh.

Výsledky simulací (až na scénář 5 Kč/kWh) poukazují na fakt, že k nárůstu výkonu FVE mohlo dojít i bez výrazného navýšení výkupních cen³⁹ a jiných zvýhodnění fotovoltaiky. K navýšení výkonu by sice došlo později a nebylo by tak dosaženo

³⁹ Průměrné výkupní ceny byly v minulosti nastaveny až na 13,46 Kč/kWh.

nepovinného indikativního cíle 8% podílu OZE k roku 2010⁴⁰, průměrná výkupní cena vyráběné elektřiny by ale byla poloviční⁴¹. Zároveň by nedošlo k žádným mezinárodním arbitrážím ani jiným žalobám, kterým ČR čelila kvůli zavedení solární daně⁴².

V poslední době se v souvislosti s touto problematikou spekuluje o vinících „solárního boomu“, tedy o lidech zodpovědných za přijetí zákona č. 180/2005 Sb. a za stanovení výkupních cen pro energii z FVE. Hlavními podezřelými jsou úředníci z ERÚ a vláda Jana Fischera, během jejíhož vládnutí byl zákon přijat. Na hledání viníka je už vcelku pozdě a jeho dohledání by s největší pravděpodobností ani k ničemu nevedlo. Důležitou otázkou, kterou bychom si všichni, a především čeští zákonodárci, měli položit, je, jak se vypořádat se vzniklou situací a jak zajistit zdravé fungování trhu v blízké budoucnosti. Pomoc při tvorbě odpovědi na tuto otázku se pokusí přinést následující projekce věnovaná budoucímu vývoji na trhu.

5.3 Projekce budoucího vývoje na trhu

Druhá projekce této práce je věnována vývoji trhu po 1. 1. 2012. První část simulace do konce roku 2013 bude stále vycházet z historických dat a odhadů odborníků⁴³. Následovat bude část druhá, ve které autor práce určí hodnoty jednotlivých parametrů podle svých názorů a prognóz. Simulace budoucího období má sloužit jako demonstrace možných scénářů vývoje a napomoci při přijímání rozhodnutí ovlivňujících trh.

V modelu došlo k následujícím změnám:

- **Doba simulace** – prodloužena do 1. 1. 2020 (180. měsíc simulace).
- **Průměrná cena panelů** – doplněna o historická data a odhady do konce roku 2013. Po roce 2013 je v modelu nastaven mírně klesající trend a cena se 1. 1. 2020 ustálí na 14 000 Kč/kWh, tedy ceně o 2 000 Kč/kWh nižší, než na

⁴⁰ Cíle nebylo dosaženo ve více členských státech (např. Velká Británie dosáhla podílu pouze 2,9 % ze stanovených 10 %).

⁴¹ Vezmeme-li v úvahu, že průměrná výkupní cena elektřiny z vystavených elektráren by byla ve scénáři 6 Kč/kWh poloviční oproti ceně platné v minulosti.

⁴² Daň uvalená na elektřinu vyrobenou v období od 1. 1. 2011 do 31. 12. 2013 ve FVE vystavených mezi 1. 1. 2009 a 31. 12. 2010.

⁴³ Z cenových rozhodnutí pro roky 2012 a 2013, z historického vývoje a odhadů cen panelů analytické společnosti Solarbuzz.

konci roku 2013. Klesající cena se dá na trhu se solárními panely v budoucnu nadále očekávat vlivem úspor ve výrobě panelů a přílivem levných výrobků z asijských zemí.

- **Ostatní investiční náklady** – byly nastaveny jako klesající po celé období simulace. Klesají z hodnoty 52 000 Kč/kWh (1. 1. 2012) na 46 000 Kč/kWh (1. 1. 2020). Tento odhad vychází především z předpokladu, že klesat bude cena elektrozařízení potřebného pro výstavbu FVE, pokles ceny pozemků zahrnutých v této proměnné se předpokládat víceméně nedá.
- **Průměrná produkce energie** – se bude v průběhu jednotlivých let simulace postupně zvyšovat až na měsíční hodnotu 110 kWh na instalovaný kWp. K stoupající produkci energie dojde vlivem zdokonalujících se technologií použitých v solárních panelech.
- **Kapacita připojení do sítě** – je navyšována každé dva roky simulace o 200 000 kWp. Konečná hodnota kapacity vyhrazené pro FVE v roce 2020 je tedy 2 800 000 kWp.

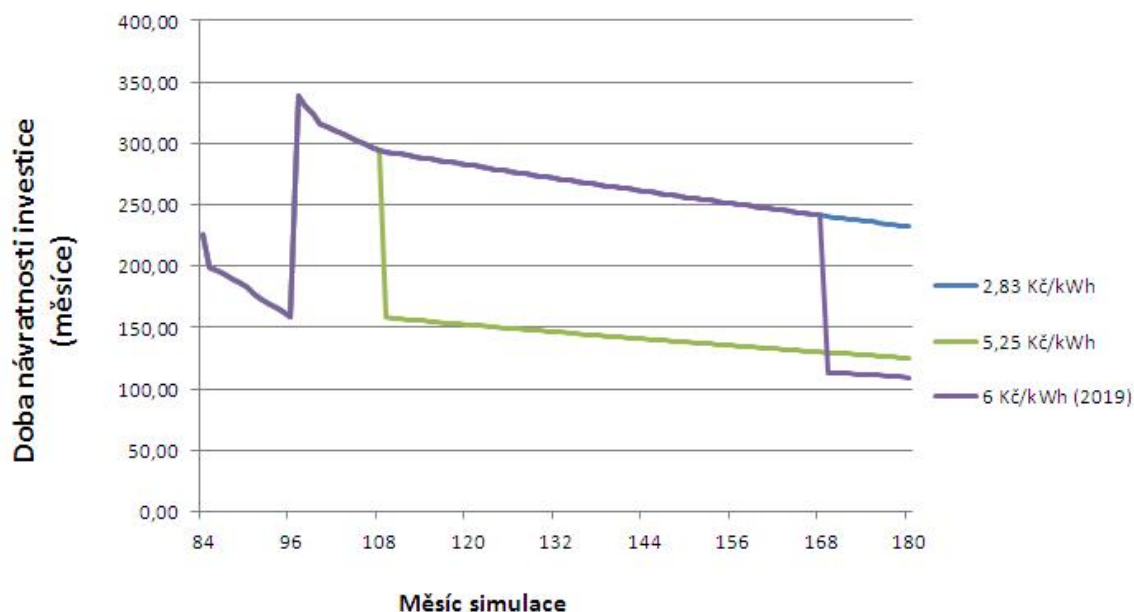
V rámci druhé projekce došlo také ke změnám výkupních cen, čímž byly vytvořeny tři různé scénáře budoucího vývoje:

- **2,83 Kč/kWh** – je scénář vycházející z cenového rozhodnutí pro rok 2013. Výkupní ceny z tohoto roku jsou zafixovány po celou dobu simulace.
- **5,25 Kč/kWh** – s výkupními cenami stanovenými od 1. 1. 2014 do 1. 1. 2020 na úroveň 5,25 Kč/kWh.
- **6 Kč/kWh (2019)** – vychází z možné potřeby rychlého nárůstu výkonu během posledního roku simulace (2019)⁴⁴. Scénář má do roku 2018 (včetně) nastavené výkupní ceny na úrovni 2,83 Kč/kWh, přičemž v roce 2019 dojde ke zvýšení cen na 6 Kč/kWh.

Ostatní parametry a struktura modelu nebyly oproti nastavení v kapitole 5. 1 žádným způsobem změněny, a proto není nutné graficky zobrazovat a jinak komentovat výsledky předešlého období (do 1. 1. 2012).

⁴⁴ Jedná se o poslední rok, kdy bude možné změnit skladbu energetického mixu ČR tak, aby byly splněny cíle stanovené v Národním akčním plánu České republiky pro energii z obnovitelných zdrojů.

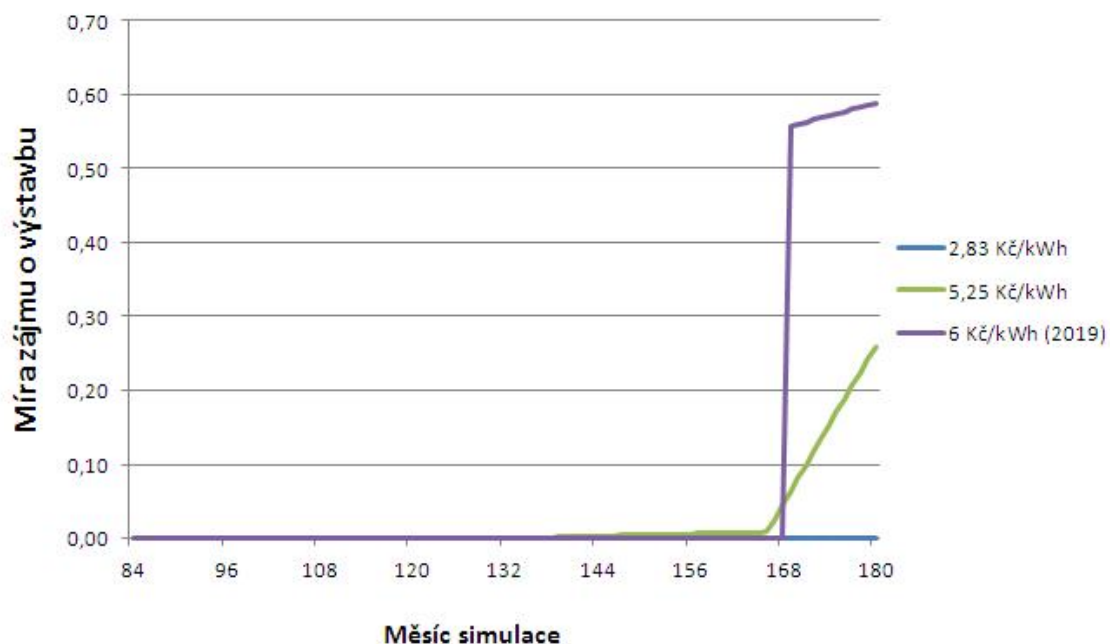
Graf 14: Doba návratnosti investice (druhá projekce)



Zdroj: Vlastní projekce

Doba návratnosti všech scénářů se do konce roku 2013 vyvíjí stejně. Její skokový nárůst mezi roky 2012 a 2013 je způsoben cenovým rozhodnutím pro rok 2013, které snížilo výkupní ceny na úroveň 2,83 Kč/kWh. Při zafixování této ceny doba návratnosti klesá pomalým tempem a roku 2020 dosáhne úrovně přibližně 20 let. Klesající trend je v průběhu simulace způsoben stoupající průměrnou produkcí a klesajícími náklady na výstavbu FVE. Stejný vývoj až do 1. 1. 2019 generuje i scénář 6 Kč/kWh (2019). V posledním roce simulace tohoto scénáře se však doba návratnosti skokově snižuje vlivem navýšení výkupní ceny a dosahuje návratnosti pouhých 9 let. Simulace scénáře 5,25 Kč/kWh zaznamenává skokové snížení doby návratnosti již 1. 1. 2014, kdy je navýšena výkupní cena. Od této doby se návratnost ještě snižuje stejně jako u ostatních scénářů a na konci simulace dosahuje 11 let.

Graf 15: Míra zájmu o výstavbu (druhá projekce)

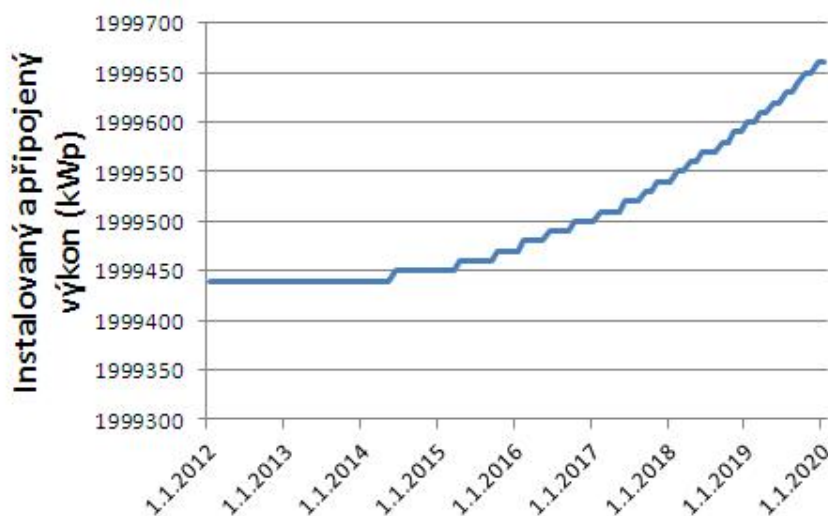


Zdroj: Vlastní projekce

Míra zájmu o výstavbu je při simulaci prvního scénáře velmi nízká vlivem výkupní ceny (2,83 Kč/kWh) a od ní se odvíjející vysoké doby návratnosti. Hodnoty samozřejmě nejsou nulové, jak se jeví na grafu, ale nedosahují výše ani jedné setiny a jejich zobrazení s ostatními hodnotami je proto značně problematické. Při výkupní ceně 5,25 Kč/kWh je možné pozorovat pomalý nárůst míry zájmu již od roku 2016. Nárůst se rapidně zrychluje v předposledním a posledním roce simulace, kdy postupně přerůstá hodnoty 0,1, dále 0,2 a zastavuje se na hodnotě 0,26. Každý měsíc by tak byla započata výstavba FVE o výkonu více jak čtvrtiny volné kapacity PS. Poslední scénář poukazuje, jak může míra zájmu o výstavbu vzrůst prostřednictvím cenového rozhodnutí pro daný rok. Od 1. 1. 2019, kdy ve scénáři vejde v platnost nové cenové rozhodnutí ERÚ, dochází k doslova raketovému nárůstu míry zájmu. Zájem v průběhu posledního roku simulace ještě roste a na konci roku 2019 dosahuje téměř hodnoty 0,6.

Pro větší přehlednost a vyšší vypovídající hodnotu grafů týkajících se instalovaného a připojeného výkonu byla v rámci druhé projekce grafická znázornění scénářů rozdělena do dvou částí. Graf č. 16 se věnuje pouze scénáři 2,83 Kč/kWh a na grafu č. 17 jsou znázorněny zbylé dva scénáře (5,25 Kč/kWh a 6 Kč/kWh (2019)).

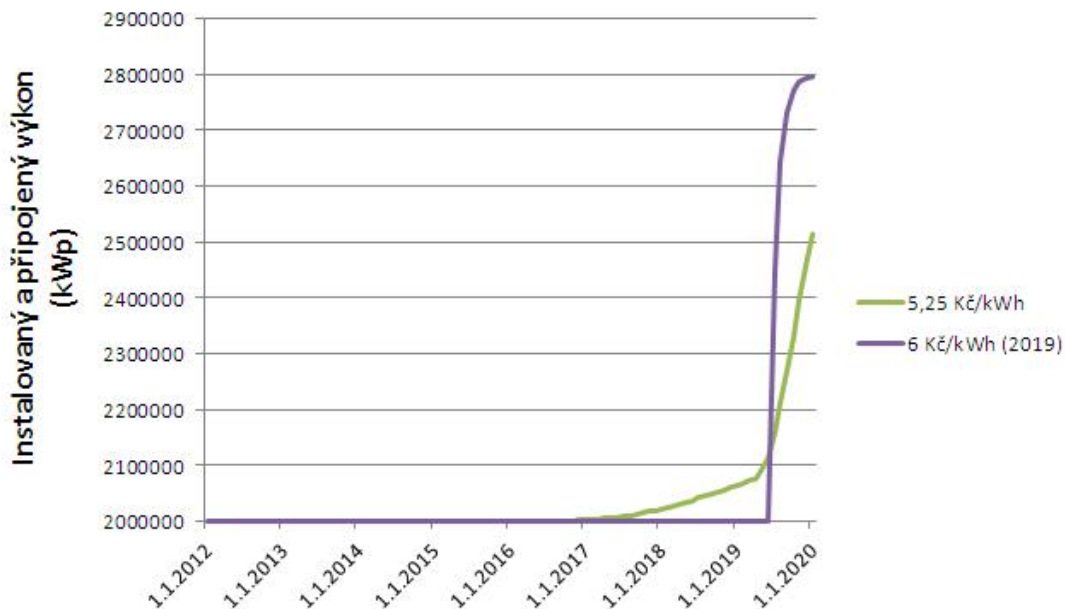
Graf 16: Instalovaný a připojený výkon (druhá projekce – scénář 2,83 Kč/kWh)



Zdroj: Vlastní projekce

Jak je z grafu č. 16 patrné, aktuálně platné výkupní ceny by v budoucnu vedly k mírnému růstu na trhu. Tento růst (byť v řádech desítek kWh) by nastartoval v průběhu roku 2014 a pokračoval až do roku 2020.

Graf 17: Instalovaný a připojený výkon (druhá projekce – scénáře 5,25 a 6 Kč/kWh (2019))



Zdroj: Vlastní projekce

Při výkupních cenách stanovených od 1. 1. 2014 na hodnotu 5,25 Kč/kWh vykazuje model růst instalovaného a připojeného výkonu FVE. Tento růst je dobře viditelný

zejména od roku 2017, kdy se měsíční přírůstky začaly zvyšovat. V roce 2019 tento růst ještě znatelně zrychluje a na konci roku již instalovaný a připojený výkon dosahuje 2 515 240 kWp. V rámci posledního scénáře dochází k nárůstu výkonu v řádech desítek kWp stejně jako ve scénáři 2,83 Kč/kWh. Až zvýšení výkupních cen v posledním roce simulace vyvolává strmý nárůst instalovaného a připojeného výkonu a konečná hodnota se rovná bezmála kapacitě PS vyhrazené pro FVE.

Simulace scénáře 2,83 Kč/kWh poukazuje na fakt, že i dnešní nastavení trhu se solární energií povede v budoucnu k mírnému nárůstu instalovaného a připojeného výkonu. Reálný nárůst by mohl být v tomto případě pravděpodobně i větší, například v řádech stovek kWh, protože se bude jednat o malé elektrárny umístěné na střechách domů, u kterých není nutné zakoupení pozemku. Model DP ale neumí chování této kategorie dostatečně věrně zachytit a počítá se zakoupením pozemku u všech elektráren. Proto generuje přírůstky výkonu o něco menší.

Scénář 6 Kč/kWh (2019) v rámci druhé projekce demonstruje, jak snadné by bylo dosáhnout rychlého zvýšení instalovaného a připojeného výkonu v posledním roce před povinností dosáhnout cílů stanovených směrnicemi EU. Pro zvýšení výkonu na požadovanou úroveň by stačilo prosadit zvýšení ceny na úroveň, která vyvolá dostatečný zájem o investice do FVE. V případě této DP byla jako požadovaná úroveň stanovena hodnota 2 700 000 kWp v roce 2020, přičemž při výkupních cenách stanovených na 6 Kč/kWh bylo k 1. 1. 2020 dosaženo výkonu 2 797 680 kWh. Průměrná výkupní cena kalkulovaná váženým aritmetickým průměrem by během posledního roku poklesla a přiblížila se hodnotě 10 Kč/kWh.

Stanovení výkupních cen na 5,25 Kč/kWh by představovalo dostatečnou podporu pro růst v budoucím období. Instalovaný a připojený výkon elektráren by se zvyšoval především v závěrečných třech letech a dosaženo by bylo dalšího znatelného zvýšení výkonu, ten by ale nedosáhl hranice 2 700 000 kWh, jako ve scénáři 6 Kč/kWh (2019).

U této kapitoly je nesmírně důležité podotknout, že chování investorů může být v následujících letech odlišné od chování modelu. Model této DP v sobě totiž nezahrnuje (a ani nemůže) nejistotu, kterou na trhu vyvolalo zavedení zákona č. 402/2010 Sb., kterým vznikla některým provozovnám povinnost odvádět

retrospektivní solární daň. Dopad této daně a nestabilní legislativní prostředí mohly značně ovlivnit závislost míry zájmu o výstavbu na době návratnosti investice do FVE, což by se projevilo na chování celého systému trhu. K výsledkům této kapitoly je proto nutné přistupovat s určitým nadhledem.

5.4 Vyhodnocení hypotéz

Účelem této podkapitoly je shrnout výstupy modelu DP a následně je využít pro vyhodnocení jednotlivých hypotéz stanovených autorem práce.

Hypotéza č. 1

Instalovaného a připojeného výkonu FVE z 1. 1. 2012, tedy 1 958,54 MW, bylo možné dosáhnout se zpožděním 3 let i bez zavedení zákona č. 180/2005 Sb.

Tato hypotéza byla na základě simulací scénářů 6 Kč/kWh a 7 Kč/kWh ověřena. K nárůstu výkonu na hodnotu 1 958,54 MW mohlo opravdu dojít i bez přijetí zákona č. 180/2005.

Hypotéza č. 2

Průměrná výkupní cena elektřiny vyrobené ze solární energie by při neexistenci zákona č. 180/2005 Sb. mohla být poloviční oproti současné průměrné výkupní ceně a přesto by bylo dosaženo požadovaného růstu.

Výsledky simulace scénáře 6 Kč/kWh v rámci první projekce poukazují na fakt, že výkonu 1 958,54 MW a vyššího by opravdu bylo dosaženo i při výkupní ceně 6 Kč/kWh, tedy přibližně poloviční průměrné výkupní ceně elektřiny z FVE v ČR.

Hypotéza č. 3

Výkupní ceny stanovené ERÚ pro rok 2013 by v budoucnu nevedly k žádnému nárůstu instalovaného a připojeného výkonu FVE.

Tato hypotéza byla na základě výsledků získaných v průběhu druhé projekce vyvrácena. I dnešní výkupní ceny by v budoucnu vyvolaly určitý nárůst instalovaného a připojeného výkonu FVE.

Hypotéza č. 4

Pro splnění cílů stanovených v rámci NAP bude v budoucnu možné během jednoho roku skokově zvýšit výkon FVE až o jednu třetinu.

V rámci projekce scénáře 6 Kč/kWh (2019) byla platnost hypotézy č. 3 potvrzena. Pro splnění cílů v rámci NAP bude během roku 2019 možné navýšit výkon FVE o jednu třetinu a dokonce i více.

6 Diskuze

Vyjádření autora práce k modelu trhu se solární energií

Autor práce chce zdůraznit, že model vytvořený pro potřeby této DP a všechny jeho výstupy jsou čistě modelového charakteru. V převážné většině případů model pracuje se zjednodušením reality, které může způsobovat značná zkreslení a odchylky od reálného vývoje na trhu.

Jedním z hlavních nedostatků modelu jsou nesrovnalosti při kalkulaci menších přírůstků instalovaného a připojeného výkonu FVE. Řešením problému je rozdělení modelu na několik částí podle kategorií FVE (0 až 5 kW, 5 až 30 kW atd.). Tímto způsobem by mohly být stanoveny rozdílné podmínky pro jednotlivé kategorie a bylo by dosaženo přesnějších výstupů u FVE s nižším výkonem. Vzhledem k rozsahu práce a stanovenému účelu modelu (vytvoření modelu, který poskytne modelový náhled na trh jako celek) bylo přijato rozhodnutí zanedbat tento fakt a sestavit model obecnější, kalkulující s FVE různých výkonů najednou.

Dalším problémem modelu, který byl již zmíněn v předchozí části práce, je predikce budoucího vývoje na trhu se solární energií. Model DP je schopen relativně správně kalkulovat historický vývoj na trhu, správnost predikcí budoucího vývoje trhu se ale bude odvíjet od změn v chování investorů v odvětví. Určité změny se dají předpokládat především z důvodu nestability legislativního prostředí a náhlé regulace v posledních letech. Nepředvídatelnost legislativních podmínek a ostatní opatření s největší pravděpodobností učiní odvětví fotovoltaiky méně atraktivní pro investice na několik příštích let a omezí tak další nárůst výkonu FVE. Zda ke změně chování v realitě došlo, či ne a v jaké míře, bude možné zjistit až v průběhu příštích několika let. Proto model DP a autor práce nadále pro prognózy využívají stejnou míru zájmu o výstavbu, která byla využita pro simulaci historického vývoje a nezabývají se možností změny chování na trhu.

Vyjádření autora práce k historickému vývoji na trhu se solární energií

Model DP vykazuje vcelku přesné výsledky historického vývoje na trhu (korelační koeficient $r = 0,99045$), a proto převedení do praxe považuje autor do určité míry za

možné. Projekce historického vývoje bez existence zákona č. 180/2005 Sb. má tedy vcelku vysokou vypovídající hodnotu a k podobnému vývoji by nejspíše došlo i na skutečném trhu. Připomenout je nutné pouze jeden předpoklad platící po celou dobu simulace, a to nulovou změnu legislativních podmínek a opatření pro korigování vývoje na trhu. Změna legislativních podmínek a jiná opatření by samozřejmě mohla zásadním způsobem situaci na trhu ovlivnit a změnit tak trend vývoje.

Vyjádření autora práce k budoucímu vývoji na trhu se solární energií

Modelování budoucího vývoje trhu je s ohledem na nejistotu a neustálé změny vcelku problematickou částí této práce. Jedním z důvodů je možná změna chování investorů zmíněná v předchozí části diskuze věnované samotnému modelu DP.

Dalším důvodem je také možný konec podpory obnovitelných zdrojů energií od roku 2014. Dle elektronického článku na serveru Česká pozice (2013) k tomuto vývoji napomáhají právě problémy spojené s FVE vystavěnými během „solárního boomu“. V článku je dále uvedeno osm principů, na kterých by měl být nový systém postaven. Jedná se o následující body:

- *„zastavení provozní podpory nových obnovitelných zdrojů energie od roku 2014;*
- *zastavení podpory decentralizované výroby;*
- *pokračování podpory vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla z fosilních paliv;*
- *pokračování podpory druhotných zdrojů;*
- *NE pokračování solární daně;*
- *všechny OZE bez rozdílu musejí po deseti letech prokazovat dobu návratnosti větší než deset let – jinak zůstanou bez podpory;*
- *ulehčení energeticky náročnému průmyslu vyhlášením horního stropu příspěvku na OZE;*
- *zveřejnění majetkové struktury provozovatelů OZE.“*

Je proto možné, že od příštího roku nebudou podporovány žádné zdroje OZE. Naopak se ČR s největší pravděpodobností zaměří na podporu výroby energií z fosilních paliv.

Tomuto vývoji se snaží zabránit zejména Komora obnovitelných zdrojů energie (dále pouze KOZE), která navrhuje prodloužení vybírání odvodu ze solární energie i po roce 2013. Daň by dle návrhu KOZE měla být odstupňována podle potenciálního výkonu FVE a podle data jejich připojení do sítě.

Situace na trhu a výhled do budoucna jsou tedy vcelku paradoxem. Stát, který zavedl solární daň pro alespoň částečné snížení nákladů na FVE, chce nyní daň zrušit. KOZE, tedy orgán věnující se rozvoji využívání OZE v ČR, chce naopak daň prodloužit a zatížit tak FVE i v příštích letech. Motiv KOZE pro toto jednání je vcelku jednoznačný, a to hájit ostatní způsoby výroby energií z OZE před dopady „solárního boomu“ a zajistit tak alespoň částečné navyšování podílu OZE na celkové výrobě energií. Úmysl státu v tomto případě naprosto jednoznačný není, je možné, že se jedná o ochranu velkých hráčů na trhu se solární energií, je možné, že se jedná o činnost čistě populistickou, zejména z důvodu nepopularity OZE ve společnosti. Jisté nicméně je, že pokud má být při neustále rostoucí spotřebě energií dosaženo naplnění cílů uvedených ve směrnici EU a NAP, bude stát muset do roku 2020 zavést určitou podporu OZE.

Z výše uvedeného textu vyplývá, že situace po roce 2013 je velmi nejistá nejen pro oblast solární energetiky, ale pro všechny druhy OZE. Projekce budoucího vývoje uvedená v kapitole 5. 3 tedy nemusí v žádném případě odpovídat reálnému vývoji, jelikož její vypovídající hodnota závisí na případných změnách legislativy a systému podpory OZE.

7 Závěr

Trh se solární energií prošel v posledních letech řadou zásadních změn, které značně ovlivnily názor veřejnosti a investorů nejen na fotovoltaiku jako takovou, ale zároveň na všechny způsoby výroby energie z OZE. Období změn nicméně nekončí a zdá se, že fotovoltaika a potažmo i ostatní OZE stojí před zkouškou nejtěžší, jelikož musí hájit svou vlastní existenci a právo na další rozvoj po roce 2013. To vše bylo způsobeno „pouze“ vývojem v období od roku 2009 do roku 2010.

Na základě výstupů této DP (potvrzení hypotéz č. 1 a č. 2) se autor domnívá, že za určitých podmínek k tomuto vývoji nemuselo dojít a postoj veřejnosti a vlády ČR k fotovoltaice či OZE mohl zůstat víceméně pozitivní. Pokud by v roce 2006 nebyly více jak dvojnásobně navýšeny garantované výkupní ceny energie z FVE a nebyly by změněny ani podmínky pro podnikání na trhu se solární energií, nedošlo by sice k navýšení výkonu FVE ve stejně krátkém časovém horizontu a nebylo by ani dosaženo nepovinného indikativního cíle 8% podílu OZE, identického navýšení výkonu FVE by však bylo dosaženo o tři roky později. Z pohledu autora byla tedy rozhodnutí ovlivňující trh se solární energií z roku 2005 krátkozraká. Prevencí proti opakování této situace by mohla být změna systému stanovování výkupních cen, který používá ERÚ. Výkupní ceny energie by podle názoru autora práce měly být stanovovány na základě doby návratnosti investice⁴⁵, jako tomu bylo v minulosti, k jejich stanovování by ale mělo docházet častěji než jednou ročně. Tímto způsobem by bylo možné rychleji reagovat na případné extrémní změny na trhu. Otázka, proč v praxi mezi lety 2009 až 2010 nedošlo k žádné reakci tehdejší vlády či úředníků ERÚ, může být pouze předmětem polemiky a do této DP zajisté nepatří.

V rámci práce došlo také k simulaci scénářů možného budoucího vývoje na trhu. Výstupy simulace scénáře 2,83 Kč/kWh posloužily k vyhodnocení hypotézy č. 3, která byla zamítnuta. Současné nastavení podmínek na trhu se solární energií by v budoucnu s největší pravděpodobností vedlo k dalšímu (i když malému) nárůstu instalovaného a připojeného výkonu FVE. Platnost hypotézy č. 4 věnované možnosti navýšení výkonu

⁴⁵ Jistým zjednodušením by mohlo být stanovování výkupních cen na základě vývoje cen solárních panelů. Odpadla by tak problematika metodiky výpočtu doby návratnosti investice, o které se vede řada sporů.

FVE o jednu třetinu během roku 2019 byla výstupy simulace scénáře 6 Kč/kWh (2019) potvrzena.

Predikci budoucího vývoje na trhu autor práce považuje za velmi problematickou a do jisté míry v současnosti nemožnou⁴⁶. V blízké budoucnosti totiž, jak již bylo zmíněno, může dojít k naprostému zastavení provozní podpory pro výrobu energií z OZE a návratu k podpoře centralizované výroby z fosilních paliv. Ať již dojde na trhu k jakýmkoliv změnám, nezbývá než doufat, že povedou k pozitivnějším efektům, než změny provedené v minulosti.

⁴⁶ Alespoň z pohledu běžného občana, který nevlastní křišťálovou kouli pro náhled do budoucnosti.

8 Summary

Even though, most part of the „solar boom“ in Czech Republic took place few years ago, the solar energy market is still a topic of many conflicts and public discussions in Czech society.

The main objective of this diploma thesis is to provide a paradigmatic view on the solar energy market within the environment of system dynamics. To reach this goal, it was necessary to create a dynamic model which will be sufficiently informative and reliable for generating the main behaviour patterns of the solar energy market. This model provides a macroscopic view on the problematic of solar energy market and therefore includes all its key components. The author of this thesis and the model itself uses secondary data sources from official organizations, such as annual reports, future forecasts etc. Some data used in the model are generalized on a relevant base, so the model output corresponds with the behaviour of the whole market.

The first projection of the thesis is aimed on the historical development of the market without the existence of the act No. 180/2005 Coll., on the promotion of electricity production from renewable energy sources and amending certain acts. The results of this projection point out that almost the same increase of the installed capacity could be achieved even without the existence of the act No. 180/2005 Coll. The capacity would be increased just three years later and the non-binding goal to achieve 8 % share of renewable energy in 2010 wouldn't be reached. The projection also proves that the guaranteed price for the energy produced in the newly built solar power plants could be in this scenario just half of the price which was set in the year 2009 and 2010 and the capacity of power plants would be although increased.

The future market development projection is from the author's point of view very problematic. Regarding to the current news it seems that starting next year there won't be any subsidy for solar power plants, nor any other renewable energy sources. In that case there would be hardly any investors interested in this industry. Another problematic part of the future development prediction is the fact that law environment of this industry has been very unstable in the recent years and this could influence the behaviour patterns of the possible investors in the industry. The future market

development projection is therefore based on the condition, that the renewable energy sources will still be the object of subsidies. The results of this projection highlight that even the current level of the subsidy for solar power plants would lead to increase of the installed capacity. The results also prove that the Czech government will be most probably able to increase the capacity of the solar power plants by one third during the year 2019 by manipulating the buying price of the energy. This might be very useful to fulfill the commitment stated in the National Renewable Energy Action Plan of the Czech Republic.

No matter which of the changes stated above will be applied, or not, they must lead to more positive effects than the changes made in the past and hopefully there won't be any new affair similar to the „solar boom“ in Czech Republic.

9 Zdroje

Literatura

FORRESTER, Jay W. *System Dynamics and the Lessons of 35 Years*. Cambridge, Massachusetts, USA: Massachusetts Institute of Technology, 1991.

MILDEOVÁ, Stanislava a Viktor VOJTKO. *Manažerské simulace dynamických procesů*. první. Praha: Oeconomica, 2006. ISBN 80-245-1055-3.

MILDEOVÁ, Stanislava a Viktor VOJTKO. *Selected chapters of system dynamics*. první. Bratislava: Kartprint, 2006. ISBN 80-88870-60-7.

MILDEOVÁ, Stanislava a Viktor VOJTKO. *Systémová dynamika*. Druhé, přepracované vydání. Praha: Oeconomica, 2008. ISBN 978-80-245-1448-2.

MOLNÁR, Zdeněk, aj. *Pokročilé metody vědecké práce*. 1. vyd. Zeleneč: Profess Consulting, 2012. ISBN 978-80-7259-064-3.

SENGE, Peter M. *The Fifth Discipline: The Art and Practice of The Learning Organization*. New York: Doubleday, 1994. ISBN 0-385-26095-4.

STERMAN, John D. *A Skeptic's Guide to Computer Models*. Cambridge, Massachusetts, USA: Boulder, CO: Westview Press, 1991, s. 209-229. ISBN 978-0813382975.

STERMAN, John D. *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. McGraw-Hill Higher Education, 2000. ISBN 0-07-231135-5.

ŠUSTA, Marek. *Cvičení ze systémové dynamiky*. Praha: Oeconomica, 2004. ISBN 80-245-0780-3.

VOJTKO, Viktor a Stanislava MILDEOVÁ. *Dynamika trhu: jak pochopit síly, které mění trhy, konkurenci a podnikání*. Zeleneč: Profess Consulting, 2007. ISBN 978-80-7259-052-0.

Odborné články

FVE z pohledu investičních nákladů a návratnosti. *Světlo: časopis pro světelnou techniku a osvětlování*. Praha: FCC Public s. r. o, 2010, č. 6. ISSN 1212-0812.

Elektronické zdroje

Česká solární velmoc: na jednoho obyvatele připadá jeden panel. *Ekolist.cz* [online]. 2012 [cit. 2013-04-12]. Dostupné z: <<http://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/ceska-solarni-velmoc-na-jednoho-obyvatele-pripada-jeden-panel>>

Energetická politika EU a její nástroje. *BusinessInfo.cz* [online]. 2009 [cit. 2013-01-25]. Dostupné z: <<http://www.businessinfo.cz/cs/clanky/energeticka-politika-eu-nastroje-5132.html>>

ERÚ: Elektřina domácnostem v roce 2013 průměrně zdraží o 2,4 procenta. *PatriaOnline* [online]. 2012 [cit. 2013-01-29]. Dostupné z: <<http://www.patria.cz/zpravodajstvi/2208952/eru-elektrina-domacnostem-v-roce-2013-prumerne-zdrazi-o-24-procenta.html>>

Fotovoltaika pro každého. *Czech RE Agency* [online]. 2009 [cit. 2013-04-11]. Dostupné z: <<http://www.czrea.org/cs/druhy-oze/fotovoltaika>>

HistoricalOverview. *PVRESOURCES* [online]. 2011 [cit. 2013-01-28]. Dostupné z: <<http://www.pvresources.com/Introduction/HistoricalOverview.aspx>>

Jak spočítat potřebný výkon!. *Solarnimoduly.cz* [online]. 2011 [cit. 2013-04-19]. Dostupné z: <<http://www.solarnimoduly.cz/jake-fotovoltaicke-panely.html>>

Joint Research Center: The European Commission's in-house science service [online]. 2013 [cit. 2013-03-05]. Dostupné z: <<http://ec.europa.eu/dgs/jrc/index.cfm>>

Monokrystalické či polykrystalické panely. *Stavitel.iHNed.cz* [online]. 2010 [cit. 2013-04-10]. Dostupné z: <<http://stavitel.ihned.cz/c1-43433570-monokrystalicke-ci-polykrystalicke-panely>>

Národní akční plán České republiky pro energii z obnovitelných zdrojů. *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. 2010 [cit. 2013-01-25]. Dostupné z: <download.mpo.cz/get/42577/47632/568798/priloha001.pdf>

NPD Solarbuzz: Solar Market Research and Analysis [online]. 2013 [cit. 2013-03-03]. Dostupné z: <http://www.solarbuzz.com/>>

Obnovitelné zdroje energie v roce 2011. *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. 2012 [cit. 2013-03-03]. Dostupné z: < <http://www.download.mpo.cz/get/47372/53455/594274/priloha001.pdf> >

OTE, a.s. [online]. 2010 [cit. 2013-04-10]. Dostupné z: <https://www.ote-cr.cz/>

Roční zpráva o provozu ES ČR 2011. *Oddělení statistik ERÚ* [online]. 2011 [cit. 2013-03-05]. Dostupné z: < http://www.eru.cz/user_data/files/statistika_elektro/rocni_zprava/2011/Rocni_zprava_ES_CR_FINAL.pdf >

Roztržka o obnovitelné zdroje energie: Solárníci versus ostatní. *Česká pozice* [online]. 2013 [cit. 2013-04-12]. Dostupné z: < <http://www.ceskapozice.cz/byznys/energetika/roztrzka-o-obnovitelne-zdroje-energie-ostatni-versus-solarnici> >

Solární spor míří před Ústavní soud. Senátoři sehnali dost podpisů. *IHNED.cz* [online]. 2011 [cit. 2013-01-29]. Dostupné z: < <http://byznys.ihned.cz/c1-50926000-solarni-spor-miri-pred-ustavni-soud-senatori-sehnali-dost-podpisu> >

Technické možnosti připojení dalších fotovoltaických (FVE) a větrných (VTE) elektráren do elektrizační soustavy (ES) ČR. *E.ON Distribuce, a. s.* [online]. 2011 [cit. 2013-01-28]. Dostupné z: < <http://www.eon-distribuce.cz/cs/aktuality/148.shtml> >

Technické možnosti připojování fotovoltaických a větrných výroben elektřiny do distribuční soustavy společnosti E.ON Distribuce, a.s. v roce 2012. *E.ON Distribuce, a. s.* [online]. 2012 [cit. 2013-01-28]. Dostupné z: < <http://www.eon-distribuce.cz/cs/aktuality/156.shtml> >

Tenkovrstvé FV technologie. *Votum* [online]. 2012 [cit. 2013-04-10]. Dostupné z: < <http://www.votum.cz/Thin-film/> >

Třinecké železářny kvůli ceně elektřiny staví v Polsku. *PatriaOnline* [online]. 2013 [cit. 2013-01-29]. Dostupné z: < <http://www.patria.cz/zpravodajstvi/2251489/trinecke-zelezarny-kvuli-cene-elektřiny-stavi-v-polsku.html> >

Vitásková (ERÚ): Kvůli fotovoltaice ceny elektřiny porostou řadu let a přinesou miliardové náklady. *PatriaOnline* [online]. 2011 [cit. 2013-01-29]. Dostupné z: < <http://www.patria.cz/spravodajstvo/1892026/vitaskova-erukvuli-fotovoltaice-ceny-elektřiny-porostou-radu-let-a-prinesou-miliardove-naklady.html?culture=en-US> >

Právní předpisy

Nález Ústavního soudu ČR ze dne 15. 5. 2012sp. zn. Pl. ÚS 17/11, vyhl. pod č.220/2012 Sb.

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2001/77/ES ze dne 27. září 2001 o podpoře elektřiny vyrobené z obnovitelných zdrojů energie na vnitřním trhu s elektřinou

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/28/ES ze dne 23. dubna 2009 o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů a o změně a následném zrušení směrnic 2001/77/ES a 2003/30/ES, ve znění pozdějších předpisů

Vyhláška č. 51/2006 Sb., o podmínkách připojení k elektrizační soustavě, ve znění pozdějších předpisů

Vyhláška č. 140/2009 Sb. o způsobu regulace cen v energetických odvětvích a postupech pro regulaci cen, ve znění pozdějších předpisů

Zákon č. 165/2012 Sb. o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů.

Zákon č. 180/2005 Sb. o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů

Zákon č. 458/2000 Sb. o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů

Zákon č. 586/1992 Sb., o daních z příjmů, ve znění pozdějších předpisů

Ostatní zdroje

Cenová rozhodnutí ERÚ z let 2004 až 2012

Odborné školení – software Vensim PLE (Ing. Viktor Vojtko, Ph.D.)

Seznam grafů

Graf 1: Instalovaný a připojený výkon FVE.....	29
Graf 2: Složky (difúzní a přímá) celkového dopadajícího záření.....	32
Graf 3: Vývoj měsíční výroby elektřiny ve FVE.....	33
Graf 4: Vývoj průměrné ceny panelů.....	36
Graf 5: Průměrné výkupní ceny.....	38
Graf 6: Doba návratnosti investice do FVE.....	42
Graf 7: Závislost míry zájmu o výstavbu na době návratnosti investice.....	43
Graf 8: Míra zájmu o výstavbu v jednotlivých měsících simulace.....	44
Graf 9: Srovnání výstupu modelu a dat MPO.....	45
Graf 10: Vážený průměr výkupních cen v jednotlivých měsících simulace.....	46
Graf 11: Doba návratnosti do FVE (neexistence zákona č. 180/2005 Sb.).....	48
Graf 12: Míra zájmu o výstavbu (neexistence zákona č. 180/2005 Sb.).....	49
Graf 13: Instalovaný a připojený výkon (neexistence zákona č. 180/2005 Sb.).....	50
Graf 14: Doba návratnosti investice (druhá projekce).....	53
Graf 15: Míra zájmu o výstavbu (druhá projekce).....	54
Graf 16: Instalovaný a připojený výkon (druhá projekce – scénář 2,83 Kč/kWh).....	55
Graf 17: Instalovaný a připojený výkon (druhá projekce – scénáře 5,25 a 6 Kč/kWh (2019)).....	55

Seznam obrázků

Obrázek 1: Roční úhrn globálního slunečního záření v ČR [kWh/m ²].....	31
--	----

Seznam rovnic

Rovnice 1: Doba návratnosti investice.....	39
Rovnice 2: Vážený aritmetický průměr.....	46

Seznam schémat

Schéma 1: Doporučený postup tvorby modelu.....	20
Schéma 2: Model trhu se solární energií.....	41

Seznam tabulek

Tabulka 1: Instalovaný výkon jednotlivých druhů elektráren.....	30
Tabulka 2: Výsledky dlouhodobého měření globálního záření v Bratislavě.....	32

Seznam příloh

Příloha 1: Vyexportovaný model DP
Příloha 2: Míra zájmu o výstavbu

Příloha 3: Schéma sítí ES ČR

Příloha 4: Schéma sítí v působnosti ČEZ Distribuce, a. s.

Příloha 5: Schéma sítí v působnosti E.ON Distribuce, a. s.

Příloha 6: Schéma sítí v působnosti PREdistribuce, a. s.

Seznam použitých zkratk

ČR	Česká republika
DP	diplomová práce
DS	distribuční síť
ERÚ	Energetický regulační úřad
ES	elektrizační soustava
EU	Evropská unie
FVE	fotovoltaická elektrárna
HDP	hrubý domácí produkt
KOZE	Komora obnovitelných zdrojů energie
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
NAP	Národní akční plán České republiky pro energii z obnovitelných zdrojů
OZE	obnovitelné zdroje energie
PS	přenosová soustava

Přílohy

Příloha 1: Vyexportovaný model DP

Odvody daní=Výnosy*Sazba daně z příjmů

~ Kč/Month

~ |

Odpojení starých panelů=DELAY FIXED("Instalovaný a připojený výkon (kW)", Životnost panelů, 0)

~ kW

~ |

Životnost panelů=20*12

~ Month

~ |

"Instalovaný a připojený výkon (kW)"=INTEG(Připojení nového výkonu-Odpojení starých panelů, 120)

~ kW

~ |

Odpojený výkon= INTEG (Odpojení starých panelů, 0)

~ kW

~ |

"Cena panelů (kW)"=WITH LOOKUP(Time, ((0,0)-(108,200000)],(0,136000),(12,138000),(24,135100),(38,126300),(42,110000),(48,120000),(51,130000),(54,120000),(58.789,104386),(63.0826,85964.9),(67.3761,73684.2),(72,63157.9),(77.2844,53508.8),(84,42105.3)))

~ Kč

~ |

Čistý zisk=Výnosy-Odvody daní

~ Kč/Month

~ |

Doba návratnosti investice=(Náklady na investici/Čistý zisk)

~ Month

~ |

Doba výstavby=4

~ Month

~ |

Kapacita připojení do sítě=WITH LOOKUP(Time, ((0,0)-(108,3e+006)],(0,2e+006),(84,2e+006)))

~ kW

~ |

Míra zájmu o výstavbu = WITH LOOKUP (Doba návratnosti investice, ((0,0)-(600,1)],(0,1),(38.5321,0.982456),(77.0642,0.84),(119.266,0.5128),(131,0.0084),(145,0.00033),(155.721,1.27e-005),(344,1.86e-006),(481,0),(600,0)))

~ Dmnl

~ |

Náklady na investici="Cena panelů (kW)" + Ostatní investiční náklady

~ Kč

~ |

Ostatní investiční náklady=52000

~ Kč

~ |

"Průměrná produkce energie (kWh)"=91.67

~ kWh/Month

~ |

"Průměrná výkupní cena (Kč/kWh)"=INTEG(Změna výkupní ceny-"Průměrná výkupní cena (Kč/kWh)", 6)

~ Kč/kWh

~ |

Připojení nového výkonu=

DELAY FIXED(Zahájení výstavby, Doba výstavby, 0)

~ kW

~ |

Sazba daně z příjmů = WITH LOOKUP (Time, ((0,0)-(108,1)],(0,0),(72,0),(72,0.17),(84,0.17)))

~ Dmnl

~ |

"Výkon ve výstavbě (kW)"= INTEG (Zahájení výstavby-Připojení nového výkonu, 0)

~ kW

~ |

"Výkupní cena (Kč/kWh)" = WITH LOOKUP (Time, ((0,0)-(108,40)],(0,6),(12,6),(12,13.2),(24,13.2),(24,13.46),(36,13.46),(36,13.46),(48,13.46),(48,12.79),(60,12.79),(60,12.15),(72,12.15),(72,5.5),(84,5.5),(84,5.5)))

~ Kč/kWh

~ |

Výnosy="Průměrná produkce energie (kWh)"*"Výkupní cena (Kč/kWh)"

~ Kč/Month

~ |

Zahájení výstavby=(Kapacita připojení do sítě-("Instalovaný a připojený výkon (kW)"+"Výkon ve výstavbě (kW)"))*Míra zájmu o výstavbu

~ kW

~ |

Změna výkupní ceny=("Průměrná výkupní cena (Kč/kWh)"*("Instalovaný a připojený výkon (kW)"-Připojení nového výkonu))/"Instalovaný a připojený výkon (kW)"+"((Připojení nového výkonu*"Výkupní cena (Kč/kWh)"/"Instalovaný a připojený výkon (kW)")

~ Kč/kWh

~ |

Control

*****~

Simulation Control Parameters

|

FINAL TIME =84

~ Month

~ The final time for the simulation.

|

INITIAL TIME =0

~ Month

~ The initial time for the simulation.

|

SAVEPER =TIME STEP

~ Month [0,?]

~ The frequency with which output is stored.

|

TIME STEP =1

~ Month [0,?]

~ The time step for the simulation.

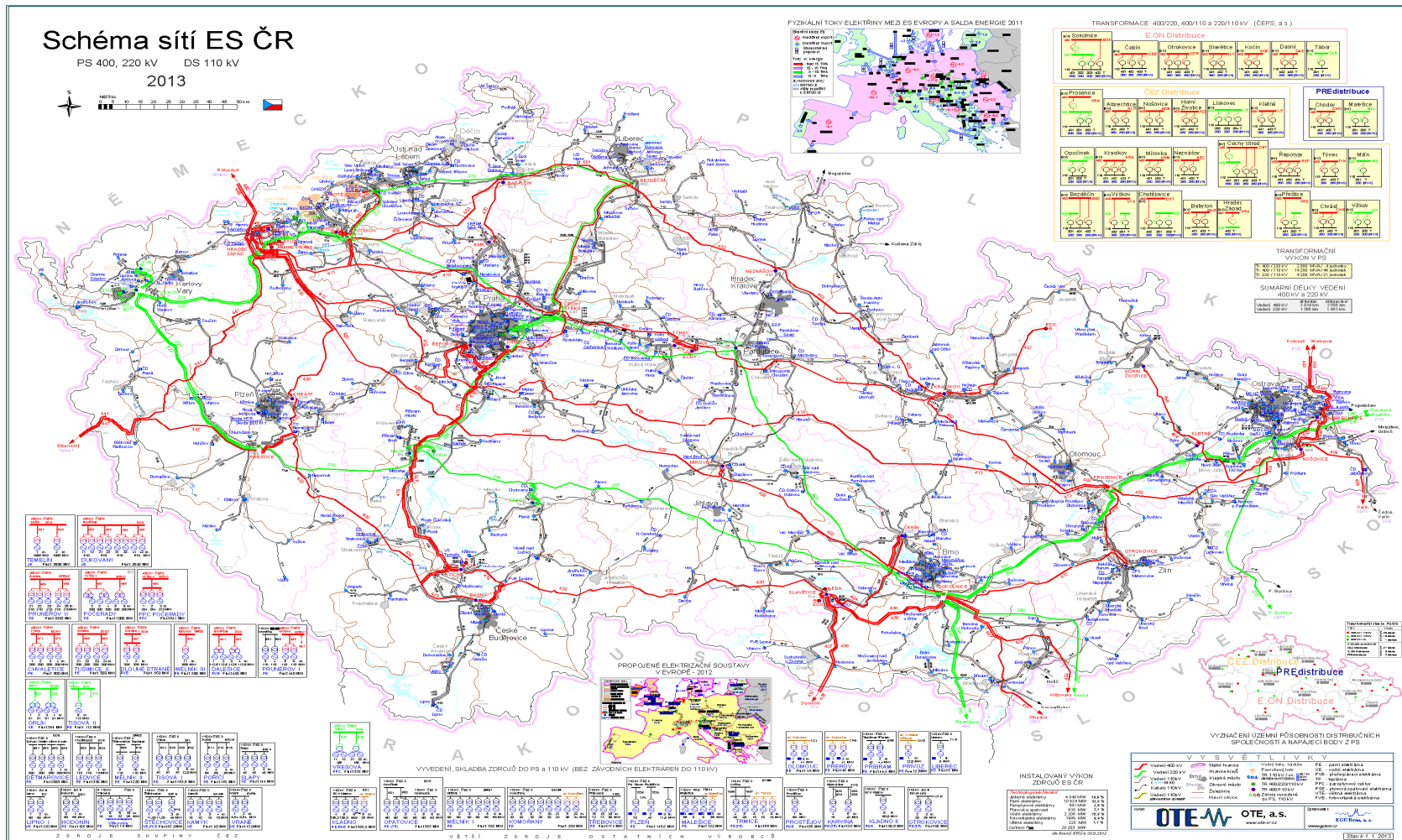
Příloha 2: Míra zájmu o výstavbu

Doba návratnosti investice (měsíce)	Míra zájmu o výstavbu
600	0
481	0
344	0,00000186
155,7	0,0000127
145	0,00033
131	0,0084
119,3	0,5128
77,06	0,84
38,53	0,9825
0	1

Zdroj: Vlastní zpracování

|

Příloha 2: Schéma sítí elektrizační soustavy ČR



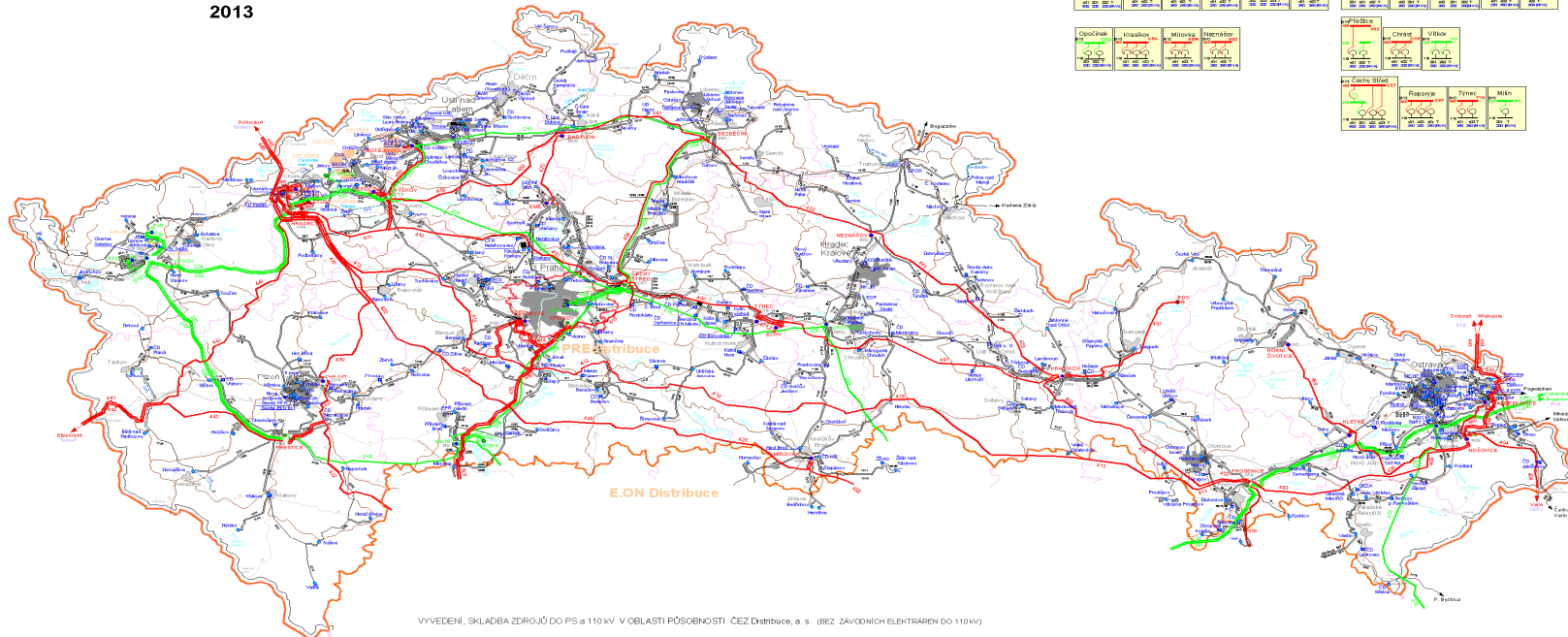
Zdroj: (OTE, 2010, [online])

Příloha 3: Schéma sítí v působnosti ČEZ Distribuce, a. s.

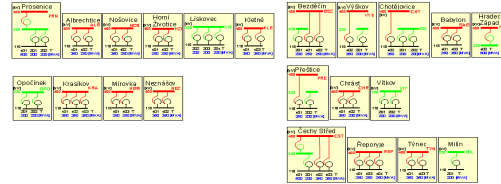
Schéma sítí 400, 220 a 110 kV v oblasti působnosti

ČEZ Distribuce, a. s.

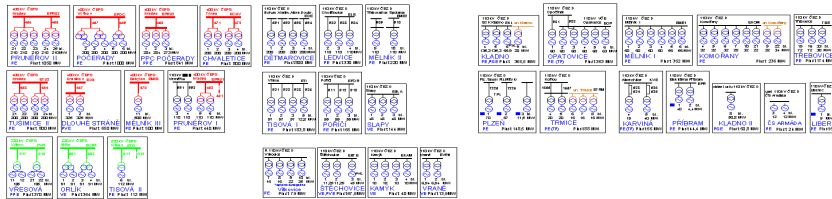
2013



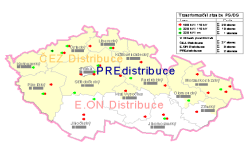
TRANSFORMACE 400/220, 400/110 a 220/110 kV V OBLASTI PŮSOBNOSTI ČEZ Distribuce, a. s.



VYVEDENÍ SKLADBA ZDROJŮ DO PS a 110 kV V OBLASTI PŮSOBNOSTI ČEZ Distribuce, a. s. (BEZ ZÁVODNÍCH ELEKTREMNŮ DO 110 kV)



VYZNAČENÍ ÚZEMNÍ PŮSOBNOSTI DISTRIBUČNÍCH SPOLEČNOSTÍ A NAPÁJECÍ BODY Z PS



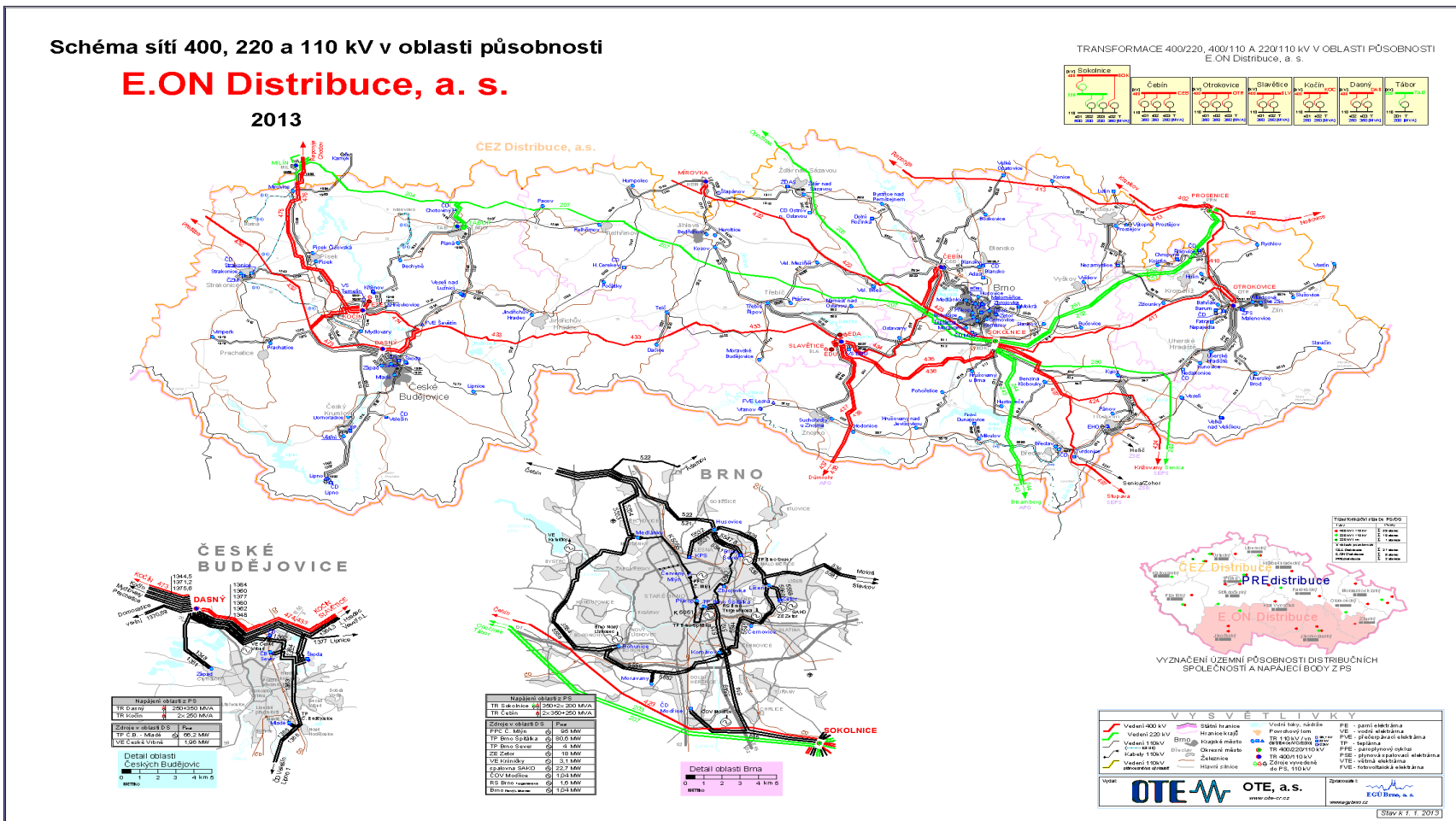
VYSVĚTLIVKY

Výhled 400 kV	Společné hranice	Výhled 220 kV	ČEZ - vlastní síť
Výhled 220 kV	Okružní hranice	Výhled 110 kV	ČEZ - vlastní síť
Výhled 110 kV	Okružní hranice	Výhled 110 kV	ČEZ - vlastní síť
Výhled 110 kV	Okružní hranice	Výhled 110 kV	ČEZ - vlastní síť

OTE - OTE, a. s. - OTE, a. s. - OTE, a. s.

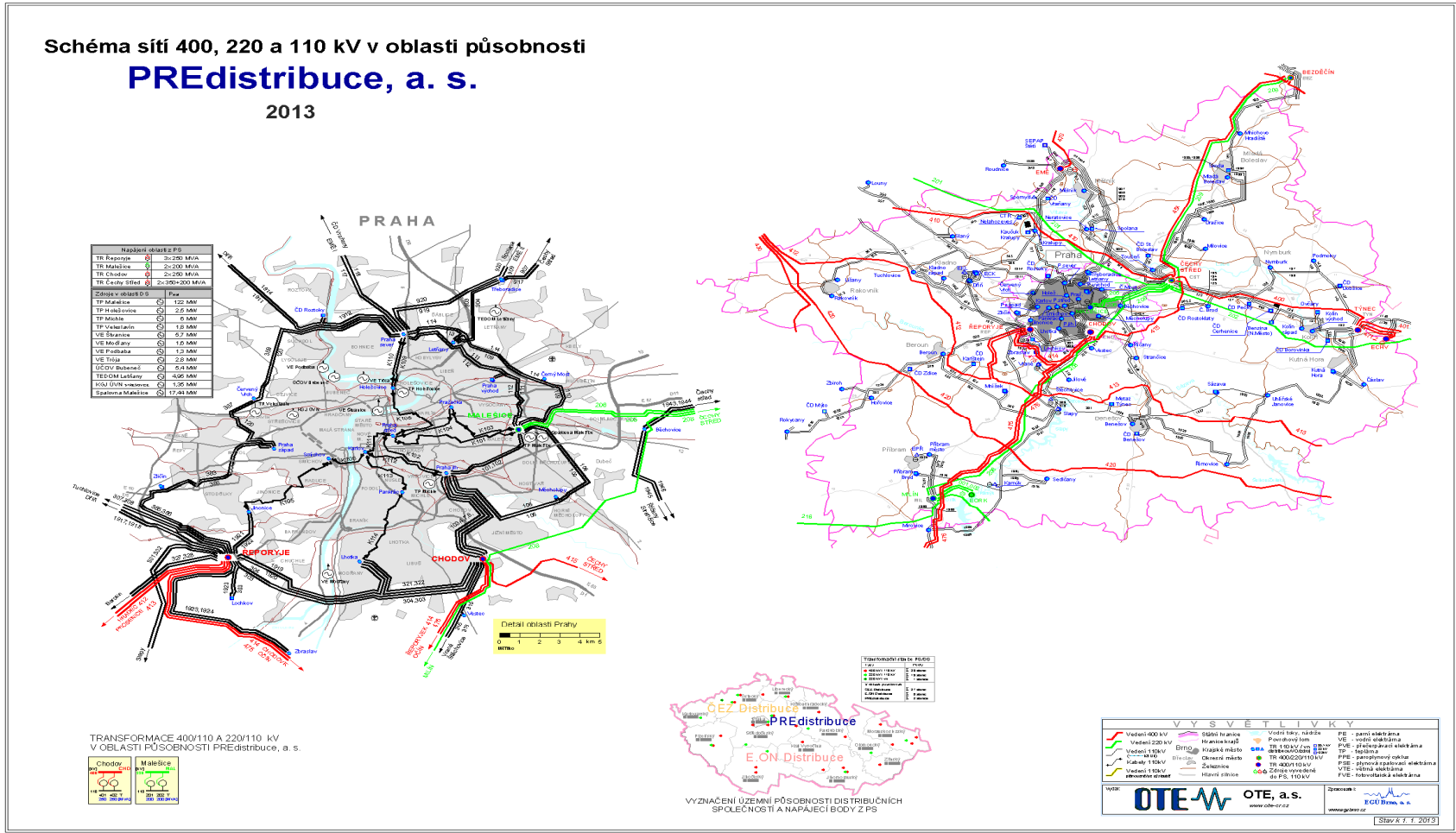
Zdroj: (OTE, 2010, [online])

Příloha 4: Schéma sítí v působnosti E.ON Distribuce, a. s.



Zdroj: (OTE, 2010, [online])

Příloha 5: Schéma sítí v působnosti PREdistribuce, a. s.



Zdroj: (OTE, 2010, [online])

