Masarykova univerzita
Ekonomicko-správní fakulta

Studijní obor: Veřejná ekonomika a správa

EKONOMICKÉ KONSEKVENCE STÁTNÍCH ZÁSAHŮ: SPOTOVÝ TRH S ELEKTŘINOU V ČR A VLIV VÝKONU OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ ELEKTRICKÉ ENERGIE NA TRŽNÍ CENU

Economic consequences of state interventions: The spot electricity market in the Czech Republic and the performance impact of renewable electricity at the market price

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. František Svoboda, Ph.D.

Autor:

Roman STUDÝNKA

Brno, 2019

MASARYKOVA UNIVERZITA
Ekonomicko-správní fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Akademický rok: 2018/2019

Student:	Roman Studýnka
Obor:	Veřejná ekonomika a správa
Název práce:	Ekonomické konsekvence státních zásahů: Spotový trh s elektřinou v ČR a vliv výkonu obnovitelných zdrojů elektrické energie na tržní cenu
Název práce anglicky:	Economic consequences of state interventions: The spot electricity market in the Czech Republic and the performance impact of renewable electricity at the market price
Cíl práce, postup a použité metody:	Cíl práce: Cílem práce je porovnání produkovaného výkonu výroby obnovitelných zdrojů elektrické energie (OZE) a průměrné denní tržní ceny na vnitrodenním spotovém trhu s elektřinou v České republice. Na základě analýzy pak zodpovědět otázku, zda existuje nepřímá korelace mezi vyšším objemem vyrobené elektřiny OZE a nižší cenou na trhu, a diskutovat důsledky, které s sebou tato vazba nese. Postup práce a použité metody: Práce vyjde ze stručného popisu historie tohoto systému a jeho současné podoby, následně kriticky zhodnotí klady a zápory fungování. Při zpracovávání práce budou použity metody regresní analýzy a syntézy, podklady budou čerpány z odborné literatury, legislativních dokumentů a dokumentů výkonné moci.
Rozsah grafických prací:	Podle pokynů vedoucího práce
Rozsah práce bez příloh:	35 – 45 stran
Literatura:	ZAJÍČEK, Miroslav a Karel ZEMAN. *Ekonomické dopady výstavby fotovoltaických a větrných elektráren v ČR : odborná studie*. V Praze: Oeconomica, 2010. 110 s. ISBN 9788024516875. *Energetika ČR : trendy a perspektivy v evropských souvislostech : 30. ledna 2013*. 1. vyd. Praha: EGÚ Praha Engineering, 2013. [62] s. ISBN 9788087774021. MUSIL, Petr. *Globální energetický problém a hospodářská politika : se zaměřením na obnovitelné zdroje*. 1. vyd. Praha: C.H. Beck, 2009. xiii, 204. ISBN 9788074001123. CHEMIŠINEC, Igor. *Obchod s elektřinou*. 2010. DOLEŽALOVÁ, Helena. *Veřejná podpora obnovitelných zdrojů energie*. *Energie 21*, Praha: Profi Press, 2013, roč. 2013, č. 3. ISSN 1803-0394.
Vedoucí práce:	doc. Ing. František Svoboda, Ph.D.
Pracoviště vedoucího práce:	Katedra environmentálních studií Ústav hudební vědy

Datum zadání práce: 1. 3. 2018

Termín odevzdání bakalářské práce a vložení do IS je uveden v platném harmonogramu akademického roku.

V Brně dne: 15. 4. 2019

Jméno a příjmení autora:	**Roman Studýnka**
Název bakalářské práce:	Ekonomické konsekvence státních zásahů: Spotový trh s elektřinou v ČR a vliv výkonu obnovitelných zdrojů elektrické energie na tržní cenu
Název práce v angličtině:	Economic consequences of state interventions: The spot electricity market in the Czech Republic and the performance impact of renewable electricity at the market price
Katedra:	Veřejné ekonomie
Vedoucí diplomové práce:	doc. Ing. František Svoboda, Ph.D.
Rok obhajoby:	2019

Anotace

Cílem práce je porovnání produkovaného výkonu výroby obnovitelných zdrojů elektrické energie a průměrné denní tržní ceny na vnitrodenním spotovém trhu s elektřinou v České republice. Na základě analýzy vyhodnotit, zda existuje nepřímá korelace mezi vyšším objemem vyrobené elektřiny obnovitelných zdrojů elektrické energie a nižší cenou na trhu a jaké důsledky s sebou tato vazba nese. Práce se zaměřila na historické souvislosti a současná data vztahující se k trhu s elektrickou energií. Výsledkem je práce je analýza závislosti množství vyrobené energie pomocí obnovitelných zdrojů a tržní cenou elektřiny.

Annotation

The aim of the thesis is to compare the output of renewable energy production and the average daily market price on the intra-day spot electricity market in the Czech Republic. Based on the analysis, evaluate whether there is an indirect correlation between the higher volume of electricity produced by renewable electricity sources and the lower price on the market and what the consequences of this link are. The work focused on historical context and current data

related to the electricity market. The result of this thesis is to analyze the dependence of the amount of energy produced by renewable sources and the market price of electricity.

Klíčová slova

Česká republika, trh s elektřinou, obnovitelné zdroje elektrické energie, regresní analýza, dotace

Keywords

Czech Republic, electricity market, renewable energy sources, regression analysis, subsidies

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci Ekonomické konsekvence státních zásahů: Spotový trh s elektřinou v ČR a vliv výkonu obnovitelných zdrojů elektrické energie na tržní cenu vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Františka Svobody, Ph.D. a uvedl v ní všechny použité literární a odborné zdroje v souladu s právními předpisy, vnitřními předpisy Masarykovy univerzity a vnitřními akty řízení Masarykovy univerzity a Ekonomicko-správní fakulty.

V Praze dne 14. dubna 2019

vlastnoruční podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucím bakalářské práce doc. Ing. Františku Svobodovi, Ph.D. za pomoc, odborné vedení, rady a připomínky k vypracování této práce.

Obsah

ÚVOD **14**

1 REGULACE A LEGISLATIVA **16**

1.1 LEGISLATIVA 17

1.2 LIBERALIZACE TRHU S ELEKTŘINOU A UNBUNDLING 19

2 OBNOVITELNÉ ZDROJE ELEKTRICKÉ ENERGIE **21**

2.1 SLUNEČNÍ ENERGIE 21

2.2 VĚTRNÁ ENERGIE 24

2.2.1 Odporové motory *25*

2.2.2 Vztlakové motory *26*

2.2.3 Konstrukce větrné elektrárny *27*

2.3 VODNÍ ENERGIE 28

2.3.1 Akumulační (regulační) vodní elektrárny *28*

2.3.2 Přečerpávací vodní elektrárny *29*

2.3.3 Průtokové vodní elektrárny *29*

2.4 OSTATNÍ ALTERNATIVNÍ ZDROJE OBNOVITELNÉ ENERGIE 30

2.4.1 Biomasa *30*

2.4.2 Geotermální energie *31*

2.5 OBNOVITELNÉ ZDROJE ELEKTRICKÉ ENERGIE V ČESKÉ REPUBLICE 31

2.5.1 Podpora OZE *33*

3 TRH S ELEKTŘINOU 35

3.1 ÚČASTNÍCI TRHU S ELEKTŘINOU 36

3.1.1 Výrobci 37

3.1.2 Obchodníci s elektřinou 37

3.1.3 Koneční zákazníci 38

3.1.4 Subjekty zúčtování 38

3.1.5 Provozovatel přenosové soustavy a provozovatel distribučních soustav 39

3.1.6 Operátor trhu 39

3.1.7 Burza 39

3.2 TRH S ELEKTŘINOU V ČESKÉ REPUBLICE 39

3.2.1 Denní trh 42

3.2.2 Blokový trh 42

3.2.3 Vnitrodenní trh 42

3.2.4 Vyrovnávací trh 43

4 ANALÝZA 44

4.1 METODY ZKOUMÁNÍ 44

4.1.1 Lineární regresní funkce: 45

4.1.2 Pearsonův korelační koeficient (R): 46

4.1.3 Koeficient determinace (R^2): 47

4.1.4 Příklady 47

4.2 REGRESNÍ ANALÝZA DATOVÉHO VZORKU 48

4.2.1 Datový vzorek 2010 – 2017 – Všechny obnovitelné zdroje 48

4.2.2 Datový vzorek 2010 – 2017 – Fotovoltaické a větrné elektrárny 50

4.2.3 Datový vzorek 2010 – 2017 – Vodní, přečerpávací a alternativní elektrárny 52

4.3 SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ ANALÝZY 54

ZÁVĚR 56

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ 57

SEZNAM POUŽITÝCH INTERNETOVÝCH ZDROJŮ 58

SEZNAM TABULEK 60

SEZNAM OBRÁZKŮ 61

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK 63

ÚVOD

Tématem této bakalářské práce jsou Ekonomické konsekvence státních zásahů: Spotový trh s elektřinou v ČR a vliv výkonu obnovitelných zdrojů elektrické energie na tržní cenu. Tato bakalářská práce se zabývá dopady státních regulací v oblasti elektroenergetiky z pohledu vlivu výroby elektrické energie obnovitelnými zdroji na tržní cenu na krátkodobém vnitrodenním trhu s elektřinou.

První část se zabývá na shrnutím poznatků spadajících do oblasti regulace a legislativy trhu s elektřinou na území České republiky. Obsahové zaměření bude pokrývat výčet základních institucí státní správy, které jsou důležité pro oblast elektroenergetiky, jejich základní atributy pravomoci, funkce a náplň vykonávání státní a samosprávné moci. Následovat bude rekapitulace klíčových legislativních předpisů týkajících se elektroenergetiky, trhu s elektrickou energií a obnovitelných zdrojů elektrické energie. Dále bude popsána historie týkající se trhu s elektřinou v České republice, a to z pohledu liberalizačního procesu.

V druhé části jsou rozebrány nejdůležitější typy obnovitelných zdrojů, jejich specifika a způsoby, jakými se dají přeměňovat na elektrickou energii. Jsou zde důkladně charakterizovány jednotlivé typy elektráren a alternativní zdroje, představující další možnosti výroby elektřiny. Součástí popisu jsou také technická specifika příznačná pro dané způsoby výroby elektrické energie. Nejprve je práce věnována obeckému popisu jednotlivých zdrojů, které jsou následně aplikovány na popis situace na českém trhu. Dále se práce zabývá popisem jednotlivých druhů trhů dostupných k obchodování na krátkodobém trhu s elektřinou v České republice.

Třetí kapitola této práce je věnována specifickým znakům provázejícím krátkodobý trh s elektřinou. Jsou zde také podrobně popsáni důležití účastníci na trhu s elektřinou a jejich práva a povinnosti. Je provedeno základní dělení účastníků a následná charakteristika účastníků relevantních pro území České republiky. V neposlední řadě jsou zde definovaná podmínky, za kterých účastníci mohou na trhu s elektřinou v České republice působit.

V poslední, čtvrté části, se práce zabývá vlastní analýzou nashromážděných dat. V první řadě je vymezen popis metody vlastní analýzy. Použitými metodami jsou analytická metoda regresní analýzy, která má za úkol zjistit, zda existuje vztah mezi průměrnou váženou denní cenou za 1 MWh na vnitrodenním trhu s elektřinou a objemem, který za den vyrobily obnovitelné zdroje elektrické energie. Dalšími metodami pro zjišťování stanoveného cíle práce jsou metoda Pearsonova korelačního koeficientu a koeficientu determinace. Analýza je rozdělena do tří částí podle typů obnovitelných zdrojů z důvodu jejich velké rozdílnosti.

1 REGULACE A LEGISLATIVA

V této části práce zabývající se regulacemi a legislativou jsou rozebrány základní atributy institucí státní správy v energetice a základní zákonné prameny týkající se elektrické energie, trhu s elektrickou energií a obnovitelných zdrojů elektrické energie (OZE).

Jak uvádí Flášar (2016, s. 78) v oblasti regulace elektroenergetiky jsou v České republice stěžejní tři subjekty státní správy:

- Ministerstvo průmyslu a obchodu České republiky (MPO),
- Energetický regulační úřad (ERÚ),
- Státní energetická inspekce.

Ministerstvo průmyslu a obchodu, vedené ministrem (v současné vládě jím je Ing. Marta Nováková), zpracovává státní energetickou koncepci a je zodpovědné za fungování energetického sektoru a spolehlivost dodávek elektřiny. Dále je jeho hlavní zodpovědností vytvoření zákonného rámce, který zajišťuje spolehlivé fungování výroby, přenosu, dodávek i prodeje elektrické energie. Toho dosahuje skrze předkládání návrhů zákonů a vyhlášek.

Energetický regulační úřad představuje kontrolní a regulační instituci. V čele úřadu stojí pětičlenná rada, kterou vede předseda. V současné době místo předsedy rady zastává JUDr. PhDr. Vratislav Košťál, dalšími členy Rady jsou Ing. Rostislav Krejcar, Ph.D., Ing. Vladimír Outrata, Ing. Jan Pokorný a Ing. Vladimír Vlk. Mandát předsedy i členů rady je pětiletý. Rada o svých rozhodnutích rozhoduje hlasováním, kdy každý z jejích členů má jeden hlas. Jeho hlavní náplní je např.:

- udělování a správa licencí k výrobě, odběru nebo dodání elektrické energie,
- cenová regulace,
- schvalování Pravidel provozování přenosové a distribučních soustav i obchodní podmínky operátora trhu,
- vydávání prováděcích vyhlášek k energetickému zákonu, zejména pravidla trhu s elektřinou,

- rozhodování sporů mezi držiteli licencí a spory iniciované zákazníky,
- udělování pokut za poručení povinností dle energetického zákona,
- ochrana spotřebitelů,
- podpora hospodářské soutěže.

Po přijetí třetího liberalizačního balíčku se z Energetického regulačního úřadu stala hlavní instituce, která převzala roli řady státních institucí, jmenovitě Státní energetická inspekce, soudy, Česká obchodní inspekce nebo Úřad pro ochranu hospodářské soutěže. (Flášar, 2016, s. 55)

Státní energetická inspekce, jako podružný orgán Ministerstva průmyslu a obchodu, vykonává kontrolu plnění zákonů, zejména zákona o podpoře obnovitelných zdrojů a zákona o hospodaření s energií. Oběma zákonům je věnována následující kapitola.

1.1 Legislativa

V této části jsou představeny základní zákony a vyhlášky týkající se elektroenergetiky a trhu s elektřinou. Základním právním pramenem v energetice je Zákon č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon). Ten v úvodu mimo jiné obsahuje i specifické definice základních pojmů, které jsou v energetickém odvětví potřeba k plynulému fungování. Následuje vymezení oblasti podnikání v energetických odvětvích a problematika udělování licencí k podnikání v energetice. Důležitou částí je popis procesu certifikace, týkající se přenosových a distribučních soustav. Je jasně uvedeno, že provozovatelem těchto soustav je podnikatelský subjekt, a tudíž je jasně dáno jeho oddělení od výkonu veřejné moci. Pro účely této bakalářské práce je důležitou částí tohoto zákona především Hlava II, kde jsou popsány náležitosti týkající se trhu s elektřinou. Jednotlivé účastníky trhu s elektřinou, jejich práva a povinnosti a celková pravidla trhu jako takového popíšu v dalších částech.

Energetický zákon je pravidelně novelizován tak, aby byla zajištěna jeho aktuálnost a zachytil tak technologický vývoj na trhu s elektřinou. Z těchto důvodů je v souvislostech energetického

zákona vydáváno množství průvodních vyhlášek. Pro naplnění účelu bakalářské práce je za potřebí blíže specifikovat právě dvě vyhlášky zabývající se touto problematikou. Jedná se o Vyhlášku k EZ č. 408/2015 Sb., o pravidlech trhu s elektřinou a Vyhláška k EZ č. 140/2015, o způsobu regulace cen a postupech pro regulaci cen v elektroenergetice a teplárenství.

Vyhláška o pravidlech trhu s elektřinou popisuje přesná pravidla různých forem trhu, tyto formy budou podrobněji popsány v 3. kapitole týkající se trhu s elektřinou. Vyhláška o způsobu regulace cen uvádí: *„Při regulaci ceny související služby v elektroenergetice postupuje Úřad tak, aby regulované ceny pokrývaly ekonomicky oprávněné náklady na zajištění spolehlivého, bezpečného a efektivního výkonu licencované činnosti, dále odpisy a přiměřený zisk zajišťující návratnost realizovaných investic do zařízení sloužících k výkonu licencované činnosti a oprávněné náklady na zvyšování energetické účinnosti při výstavbě a provozu přenosové soustavy a distribučních soustav.“* Tímto se snaží stát zaručit rentabilitu finančně náročných investičních projektů jak do přenosových a distribučních soustav, tak do elektráren.

Problematika OZE se v České legislativě poprvé objevila v roce 1992 v zákoně č. 17/1992 Sb., o životním prostředí: *„Obnovitelné přírodní zdroje mají schopnost se při postupném spotřebovávání částečně nebo úplně obnovovat, a to samy nebo za přispění člověka. Neobnovitelné přírodní zdroje spotřebováváním zanikají.“*.

Další důležitou legislativou je Zákon č. 165/2012 Sb. o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů. V tomto zákoně se můžeme dočíst další definici OZE, definuje je takto: *„Obnovitelnými zdroji se rozumí obnovitelné nefosilní přírodní zdroje energie, jimiž jsou energie větru, energie slunečního záření, geotermální energie, energie vody, energie půdy, energie vzduchu, energie biomasy, energie skládkového plynu, energie kalového plynu z čistíren odpadních vod a energie bioplynu.“*. Jeho hlavním posláním je zajistit dostatečný přísun financí ze státního rozpočtu na rozvoj využití všech forem získávání elektrické energie z obnovitelných zdrojů.

Státní energetická koncepce je dokument vydaný MPO z roku 2015, který nastiňuje plány České republiky v energetickém odvětví. MPO také následně každý rok vydává Zprávu o plnění

Státní energetické koncepce, kde zhodnocuje výsledky svojí práce za poslední rok. V následující tabulce můžeme vidět, že plán vlády je do roku 2040 mít cca 23% podílu OZE na hrubé výrobě elektrické energie.

Tabulka 1 - Vývoj a struktura brutto výroby elektrické energie v ČR (Zdroj: MPO)

Hrubá výroba elektrické energie		2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
Černé uhlí	GWh	6 052,0	5 832,4	4 198,4	4 134,3	2 824,0	2 745,0	1 989,1
Hnědé uhlí	GWh	42 936,1	40 389,6	36 951,3	29 167,5	27 947,7	23 366,2	13 497,2
Zemní plyn	GWh	1 125,7	3 624,6	3 914,4	3 973,4	4 043,5	4 126,6	7 101,1
Ostatní plyny	GWh	1 080,4	1 130,5	1 130,5	1 130,5	1 130,5	1 130,5	1 130,5
Jádro	GWh	27 998,2	31 495,1	31 495,1	30 384,2	31 495,1	41 177,9	43 204,5
Ostatní paliva	GWh	814,8	848,6	917,4	1 294,5	1 446,3	1 446,3	1 446,3
OZE	GWh	5 902,8	10 122,3	11 548,8	13 742,0	15 125,6	17 638,7	20 173,0
Celkem	**GWh**	**85 910,0**	**93 443,2**	**90 156,0**	**83 826,4**	**84 012,7**	**91 631,2**	**88 541,7**

1.2 Liberalizace trhu s elektřinou a unbundling

Tato kapitola se zabývá popisem procesu liberalizace trhu s elektřinou v České republice. Nedílnou součástí procesu liberalizace je také pojem unbundling, který tato kapitola blíže specifikuje.

V roce 1997 byla v Evropské Unii přijata směrnice 96/92/ES, která stanovovala podmínky realizace první fáze liberalizace trhu s elektřinou v členských zemích EU, kterých měly jednotlivé země dosáhnout v horizontu dvou let. Hlavní záměr bylo vytvoření již bylo uvedeno co nejkonkurenčnějšího prostředí za co nejnižších nákladů. Vedlejší záměr byla příprava a postupná realizace oddělení výrobců elektrické energie, prodejců a přenosových soustav. Jedinou podmínkou bylo zajištění, aby alespoň 35% roční spotřeby elektrické energie koncovými uživateli bylo uskutečněno na volném trhu. Česká republika splnila podmínky první fáze v roce 2000 přijetím zákona č. 458/2000 Sb., energetický zákon (http://dodavatelektriny.cz, 2019).

Druhá fáze proběhla v listopadu 2002 přijetím tzv. druhého energetického balíčku, který se týkal hlavně zabezpečení rovnocenného přístupu k rozvodovým sítím, což mělo napomoci k rozvinutí konkurenčního prostředí v rámci elektroenergetiky v České republice. Primárně tedy šlo o rozdělení monopolních společností zajišťujících jak přenos, tak prodej elektřiny koncovým uživatelům na oddělené subjekty. Dohled nad celým procesem zajišťoval ERÚ, který vzniknul roku 2000 v rámci přijetí energetického zákona. Šlo tedy o pokračování trendu otevírání hospodářské soutěže maloobchodním i velkoobchodním subjektům, které tak mohly volně vstupovat na trh s elektřinou.

Poslední třetí fází bylo přijetí tzv. třetího energetického balíčku, což se stalo v červnu roku 2009. Jeho agendou byla snaha o vytvoření společné evropské instituce zaštiťující oblast energetiky. Došlo také k finálnímu oddělení výroby a přenosu elektrické energie. Dále probíhala snaha o větší propojení státních regulátorů jednotlivých evropských zemích mezi sebou a tím také zajištění efektivního fungování přeshraničního obchodování na trhu s elektrickou energií.

Jedním z důležitých prvků liberalizace byl unbundling. Jedná se o pevné oddělení monopolů na výrobu, přenos a prodej elektrické energie a zavedení tržního prostředí. Velmi důležitou součástí liberalizace a unbundlingu jsou náklady, případně přínosy, které přináší. Jak uvádí Vondráček aj. (2010), samotná kvantifikace nákladů unbundlingu je velmi komplikovaná, z důvodu celkové komplexnosti samotné operace. Celkové dopady unbundlingu jsou rozporuplné, i přes zvýšení konkurence na straně nabídky nedošlo k výraznému snížení cen elektřiny pro koncové zákazníky.

2 OBNOVITELNÉ ZDROJE ELEKTRICKÉ ENERGIE

Elektřina má díky svojí jedinečnosti v omezené skladovatelnosti velmi specifické postavení na trhu s komoditami. Je možno ji získávat různými způsoby přeměny energie, ta se dá dělit na přeměnu z fosilních paliv a přeměnu z obnovitelných zdrojů. Jako fosilní paliva jsou obecně nazývána například uhlí, ropa nebo zemní plyn. Geografická poloha České republiky stanovuje určité limity pro některé druhy obnovitelných zdrojů zejména slunce, vítr a vodu. V kapitole 1.1 Legislativa již bylo uvedeno, jak jsou OZE definovány dle České legislativy. Proto se nyní tato kapitola zaměří na specifika jednotlivých druhů obnovitelných zdrojů energie. Mezi hlavní zdroje obnovitelné energie patří:

- sluneční energie,
- větrná energie,
- vodní energie,
- biomasa,
- geotermální energie,
- slapová („přílivová“) energie.

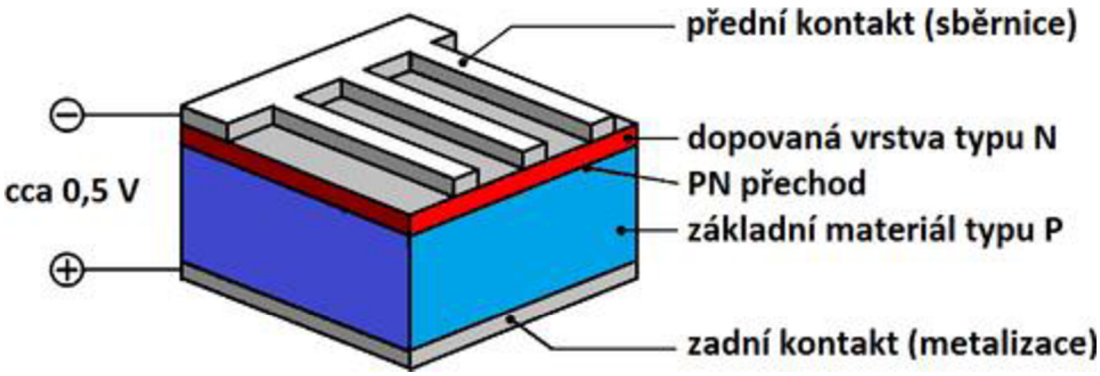
2.1 Sluneční energie

Od energie získávané z paprsků slunečního záření jsou obrovská očekávání, primárně protože solární energie patří k neomezeným zdrojům energie (Musil, 2009, s. 59). Vliv sluneční energie je zásadní pro všechen život, který se na Zemi odehrává. Sluneční záření je radioaktivní elektromagnetické záření, které se dělí na tři záření podle různé vlnové délky – ultrafialové (pod 380 nm), viditelné (380 – 780 nm) a infračervené (nad 780 nm). Pro absorpci radioaktivního ultrafialového záření slouží ozonová vrstva, která zajišťuje relativní bezpečí při vystavení živých organismů slunečnímu záření.

Využití sluneční energie zná lidstvo tisíce let. Přeměnu energie slunečních paprsků na elektrickou energii pomocí fotoelektrického jevu poprvé využil roku 1839 francouzský fyzik

Becquerel. (Mastný., 2011, s. 59) *„Fotovoltaický článek je základní funkční prvek fotovoltaického panelu. Články nohou být krystalické nebo tenkovrstvé. Fotovoltaický článek je v principu velkoplošná fotodioda, která přeměňuje sluneční záření na stejnosměrný proud. Napětí jednoho článku se pohybuje od zhruba 0,5 V u článků z krystalického křemíku až po jednotky voltů u tenkovrstvých článků s více přechody (vícevrstvých). Proud je úměrný ploše článku, jeho účinnosti a intenzitě slunečního záření, u konkrétního článku závisí částečně na spektru dopadajícího slunečního záření, které se v průběhu dne a roku mění.“ (oze.tzb-info.cz, 2014)*. Fotovoltaický panel se následně skládá z většího množství fotovoltaických článků, jejich počet je určen podle potřeby, jaké napětí by měl daný panel mít, napětí jednoho panelu se obvykle pohybuje mezi 12 – 100 V. Jak uvádí Mastný (2011, s. 70-71), můžeme fotovoltaické články dělit do čtyř kategorií podle technologického vývoje:

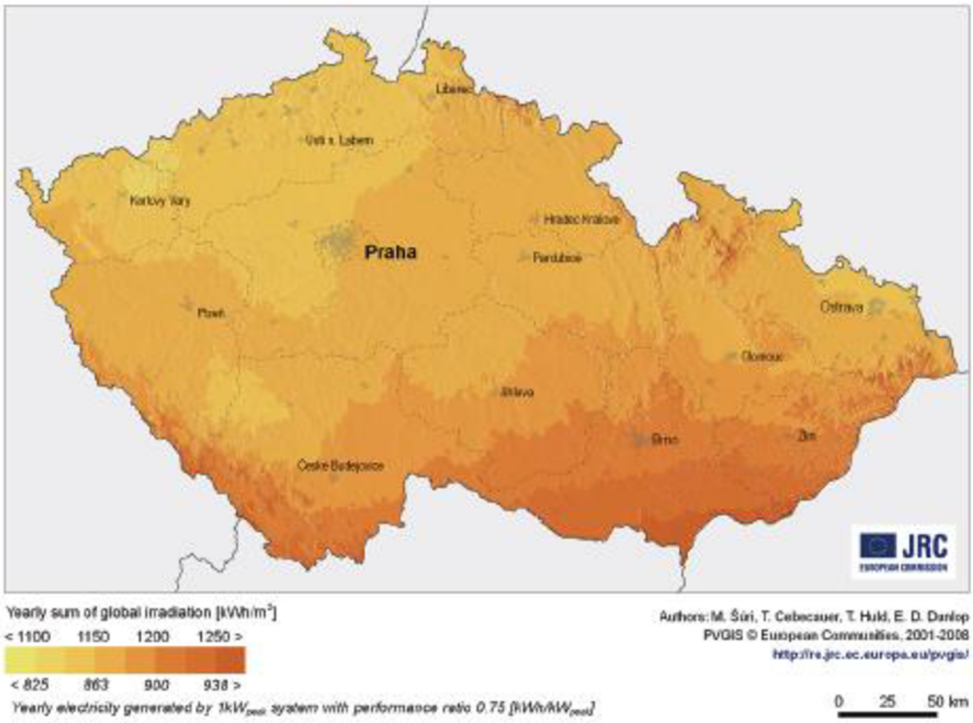
- Články první generace – monokrystalický křemík, účinnost 14-17 %, prodej začal v 70. letech 20. století a trvá dodnes, pokrývají cca 90 % trhu.
- Články druhé generace – postupné nahrazování čistého křemíku polykrystalickým a amorfním křemíkem, účinnost cca 10 %, proti článkům první generace jsou však až 100krát tenčí.
- Články třetí generace – *„Oblast, na které stále intenzivně probíhají výzkumné práce. Snaha o maximální využití energie dopadajících fotonů slunečního záření, nejčastěji ve formě několikanásobných přechodů tenkých vrstev. Sledovat lze také snahu o použití jiné metody oddělování nábojů než PN přechody. Fotoelektrochemické (fotogalvanické) články nebo použití nanostruktur ve formě uhlíkových tyček a trubiček, nebo kvantových teček nanesených na vhodné podložky.“*
- Články čtvrté generace – *„Posledním vývojovým stupněm rozumíme vícevrstvé profily plně využívající širokého slunečního spektra. Vrstvení profilů je založeno na principu naladění vrstev na různé vlnové délky. Vlnová délka záření se často mění. Při dopadu slunečního záření na vrstvu, která ho nedokáže využít, pak dochází k propuštění záření k vrstvě, jejíž vlnová délka odpovídá vhodnému využití.“*



Obrázek 1– Struktura fotovoltaického článku (Zdroj: https://oze.tzb-info.cz)

Účinnost fotovoltaických panelů je dána úhlem dopadu slunečních paprsků a součinitelem znečištění Z. Na následující mapě vidíme, že nejlepší oblasti pro instalaci fotovoltaických panelů v České republice z hlediska efektivnosti je Jižní Morava a Jižní Čechy (Mastný aj, 2011, s. 61). Hodnota roční svítivosti se na Jižní Moravě pohybuje okolo 1200 – 1250 kWh/m^2, v porovnání s takovými Severními Čechy, kde je svítivost 1100 – 1150 kWh/m^2, jde až takřka od 15 % rozdíl v možné efektivitě využití sluneční energie.

Největší fotovoltaické elektrárny v České republice jsou Fotovoltaická elektrárna Ralsko Ra 1 (38,3 MW instalovaného výkonu), Solární elektrárna Vepřek (35,1 MW instalovaného výkonu), Sluneční elektrárna Ševětín3 (29,9 MW instalovaného výkonu) (nazeleno.cz, 2011).

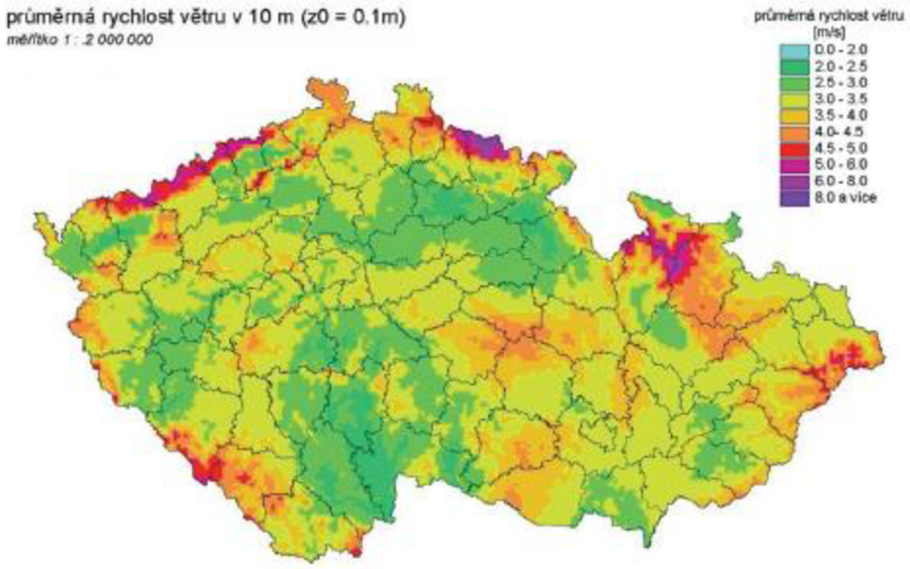


Obrázek 2 - Sluneční mapa ČR (Zdroj: Mastný, 2011)

2.2 Větrná energie

Již staří Egypťané ve 3. století př.n.l. začali experimentovat s přeměnou větrné energie na práci skrze motoru s vodorovnou osou. V Evropě se využití větrných mlýnů datuje do 13. století, kde k největšímu rozmachu došlo v Holandsku, které je do dnes jedním z předních států využívajících větrnou energii. *„Vítr vzniká vlivem nerovnoměrného ohřevu zemského povrchu slunečním zářením. Od ohřátého povrchu se ohřívá přilehlá vrstva vzduchu a teplý vzduch má tendenci stoupat vzhůru. Celý děj je silně ovlivněn rotací Země a střídáním dne a noci, což má za důsledek vznik tlakových rozdílů v zemské atmosféře. Vyrovnáním tlakových rozdílů vzniká vítr, který vane vždy od tlakové výše k tlakové níži. Kolem tlakové níže na severní polokouli jde spinální pohyb proti směru hodinových ručiček, u tlakové výše ve směru hodinových ručiček.“ (Mastný, 2011, s. 35-36)* Hlavním faktorem při využití větrné energie je rychlost větru, ta je ovlivněna hlavně členitostí zemského povrchu a obecně platí, že čím nižší je nadmořská výška prostředí, tím nižší je rychlost větru.

Největší větrné elektrárny podle velikosti instalovaného výkonu jsou Kryštofovy Hamry (42 MW instalovaného výkonu – 21 turbín), Horní Loděnice-Lipina (18 MW instalovaného výkonu – 9 turbín), Nová Ves v Horách (13 MW instalovaného výkonu – 6 turbín) (nazeleno.cz, 2011).



Obrázek 3 – Větrná mapa České republiky (Zdroj: Mastný)

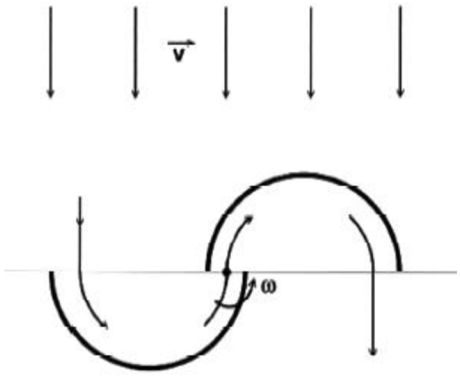
Větrné motory, které k výrobě elektrické energie používají přeměnu kinetické energie na energii mechanickou, můžeme dělit na dva druhy, podle aerodynamického principu jejich funkce:

- motory odporové,
- motory vztlakové.

2.2.1 Odporové motory

Odporové motory patří mezi nejstarší. Jejich největší výhodou je jednoduchá konstrukce a nezávislost na směru větru. Plocha rotoru nastavená proti větru mu vytváří aerodynamický odpor a tím dochází k přeměně kinetické energie větru na mechanickou a následně na elektrickou energii. Jejich účinnost je pouze mezi 15–23 %, což má za následek jejich nízké využití. Nejpoužívanějším odporovým motorem je Savoniův motor, který sestává ze dvou

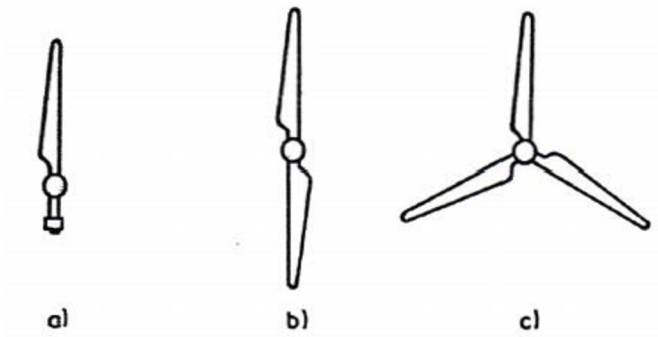
svislých lopatek, které jsou cca 20 % průměru rotoru předsazeny do protisměru. (Mastný, 2011, s. 39)



Obrázek 4 – Savoniův větrný odporový motor (Zdroj: Mastný, 2011)

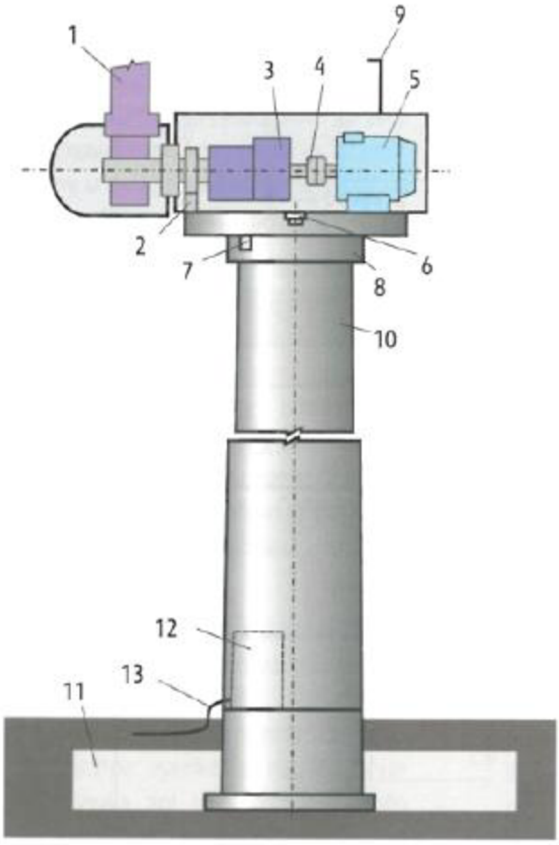
2.2.2 Vztlakové motory

Motory s vodorovnou osou otáčení orientovány kolmo ke směru větru jsou označovány jako motory vztlakové. Nejčastější konstrukcí jsou dvou nebo třílisté rotory, mohou však být i jednolisté nebo čtyřlisté. Na vztlakovém principu mohou existovat i rotory s vertikální osou, např. motor Darrieus. (Mastný, 2011, s. 40) Vertikální axiální motory jsou v současné době neustále zdokonalovány a jejich účinnost dosahuje až 40 %.



Obrázek 5 – Vztlakové motory: a) jednolisté provedení s protizávažím, b) dvoulisté provedení, c) třílisté provedení (Zdroj: Mastný, 2011)

2.2.3 Konstrukce větrné elektrárny



Obrázek 6 – Typická konstrukce větrné elektrárny (Zdroj: Mastný, 2011)

Větrná elektrárna se skládá z následujících základních částí, které jsou graficky vyobrazeny na obcházku č. X. Těmito součástmi jsou: 1 – větrný motor s rotorovou hlavou, 2 – brzda rotoru, 3 – převodovka, 4 – spojka, 5 – generátor, 6 – servopohon pro natáčení strojovny, 7 – brzda strojovny, 8 – ložiska, 9 – senzor pro snímání rychlosti a směru větru, 10 – tubus elektrárny (stožár), 11 – betonový základ elektrárny, 12 – elektrorozvaděče silnoproudého zařízení a řídícího obvodu, 13 – elektrická přípojka.

Konstrukce větrných elektráren je koncipována tak, aby při rychlosti větru 15 m/s (54 km/s) dosahovaly maximálního výkonu. Zařízení cílící na maximální výkon při vyšší rychlosti větru se ukázaly jako méně efektivní, kvůli sporadickému výskytu oblastí s tak vysokou rychlostí

větru. Při vyšších rychlostech větru se musí výkon elektráren tlumit, aby nedošlo k poškození zařízení.

2.3 Vodní energie

Vodní energii začal člověk využívat k přeměně na práci již od dob antiky, když byly vynalezeny první vodní mlýny. Ty se následně dělily podle způsobu, jakým se na lopatky vodního kola přiváděl vodní proud na mlýny s dolním, horním nebo středním náhonem. *„Rozvoj prvních civilizací byl spojen s využíváním vodní energie. Stagnující vývoj vodních strojů výrazně urychlila první průmyslová revoluce. V 19. století se začala prosazovat Francisova turbína s radiálním oběžným kolem a dostředivým průtokem s natáčivými rozváděcími lopatkami, Peltonova rovnotlaká turbína pro velké spády a na počátku 20. století Kaplanova přetlaková axiální turbína.“ (Mastný, 2011, s. 129).* V průběhu 20. století se všude na světě stavělo mnoho velkých vodních děl, které měly, kromě přírodně regulačních důvodů, i důvody energetické. Velkou nevýhodou vodních elektráren jsou obrovské vstupní náklady při stavbě nové elektrárny.

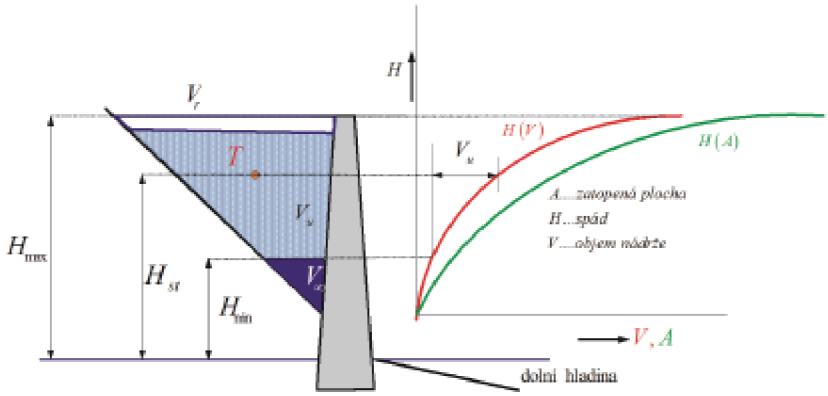
Díky technologickému vývoji se jednotlivé vodní elektrárny postupně začaly odlišovat. V současnosti můžeme vodní elektrárny dělit podle druhu použití, a to na elektrárny:

- akumulační (regulační),
- přečerpávací,
- průtočné.

2.3.1 Akumulační (regulační) vodní elektrárny

Akumulační, také někdy regulační, elektrárny se vyskytují zpravidla na přehradách nebo jezech. Princip akumulační elektrárny je v akumulační nádrži, kterou bývá obvykle zahrazené koryto řeky, čímž vznikne jezero/přehrada, ze které jde v případě potřeby vypustit načerpanou vodu do spodního odtokového koryta. Hlavní využití regulačních elektráren je během špičkové části dne, kdy je třeba okamžitého dodání regulační energie do elektrifikační sítě. To je hlavní výhoda akumulačních a přečerpávacích vodních elektráren oproti průtočným. Největší

akumulační elektrárny v České republice jsou Vodní elektrárna Orlík (instalovaný výkon 364 MW, 4 Kaplanovy turbíny), Slapy (144 MW, 3 Kaplanovy turbíny) a Lipno (120 MW, 2 Francisovy turbíny) (nazeleno.cz, 2011).



Obrázek 7 – Znázornění objemů akumulační nádrže (Zdroj: Mastný, 2011)

2.3.2 Přečerpávací vodní elektrárny

Přečerpávací elektrárny fungují na stejném principu jako akumulační, pouze s rozdílem, že vodu odpouští z horní nádrže do spodní, odkud v přebytkových hodinách (zpravidla v mimo špičku v nočních hodinách) dochází k přečerpání vody z dolní nádrže zpět do horní. Díky tomuto principu se přečerpávací elektrárna stává obrovskou přírodní baterií. Největší vodní elektrárnou v České republice je Vodní elektrárna Dlouhé stráně (650 MW, 2 reverzní Francisovy turbíny), druhou největší je Vodní elektrárna Dalešice (480 MW, 4 reverzní Francisovy turbíny). (nazeleno.cz, 2011)

2.3.3 Průtokové vodní elektrárny

Použití průtočných elektráren k dodávkám elektrické energie do elektrifikační sítě je odkázáno na geografické podmínky a velikost a průtok řek, ke kterým se tyto elektrárny dají postavit. V České republice jsou tyto elektrárny většinou již postaveny, ovšem spíše zastarávající technologií, což může být jeden ze směrů, kudy se můžeme v cestě za vyšším poměrem OZE na celkové výrobě elektřiny vydat.

2.4 Ostatní alternativní zdroje obnovitelné energie

Z ostatních alternativních zdrojů obnovitelné energie je za geografických podmínek České republiky možné především využit přeměny energie z biomasy, případně okrajové využití geotermální energie. Slapová (přílivová) energie se v České republice nevyužívá, neboť nemáme přístup ani k moři, ani k oceánu.

2.4.1 Biomasa

Energii z biomasy je možné specifikovat jako energie sluneční, protože vzniká přeměnou slunečního záření endotermickou reakcí zvanou fotosyntéza. Jeden z nejdůležitějších faktorů při zpracování biomasy je objem vody v dané surovině, která má přímý vliv na výhřevnost. Nejčastěji používaným zdrojem biomasy pro domácí použití je surové dřevo, jeho vlastnosti jsou však pro průmyslové zpracování nevhodné. (Mastný, 2011, s. 87)

Nejčastěji využívané druhy biomasy pro energetické účely:

- biomasa záměrně pěstovaná pro energetické účely (např. cukrová řepky, obilí, brambory, cukrová třtina, olejniny, energetické dřeviny),
- odpadní biomasa,
- rostlinné zbyty ze zemědělské prvovýroby a údržby krajiny,
- odpady živočišné výroby,
- komunální organické odpady z venkovních sídel,
- organické odpady z potravinářských a průmyslových výrob,
- lesní odpady (dendromasa).

Způsob využití biomasy je dán jejími fyzikálními a chemickými vlastnostmi, hlavní dělení je podle objemu vlhkosti. Procesy zpracování se dělí na mokré (obsah sušiny menší než 50 %) a suché (obsah sušiny větší než 50 %). (Mastný, 2011, s. 89)

Mastný (2011, s. 98) jako způsoby zpracování biomasy uvádí následující postupy.

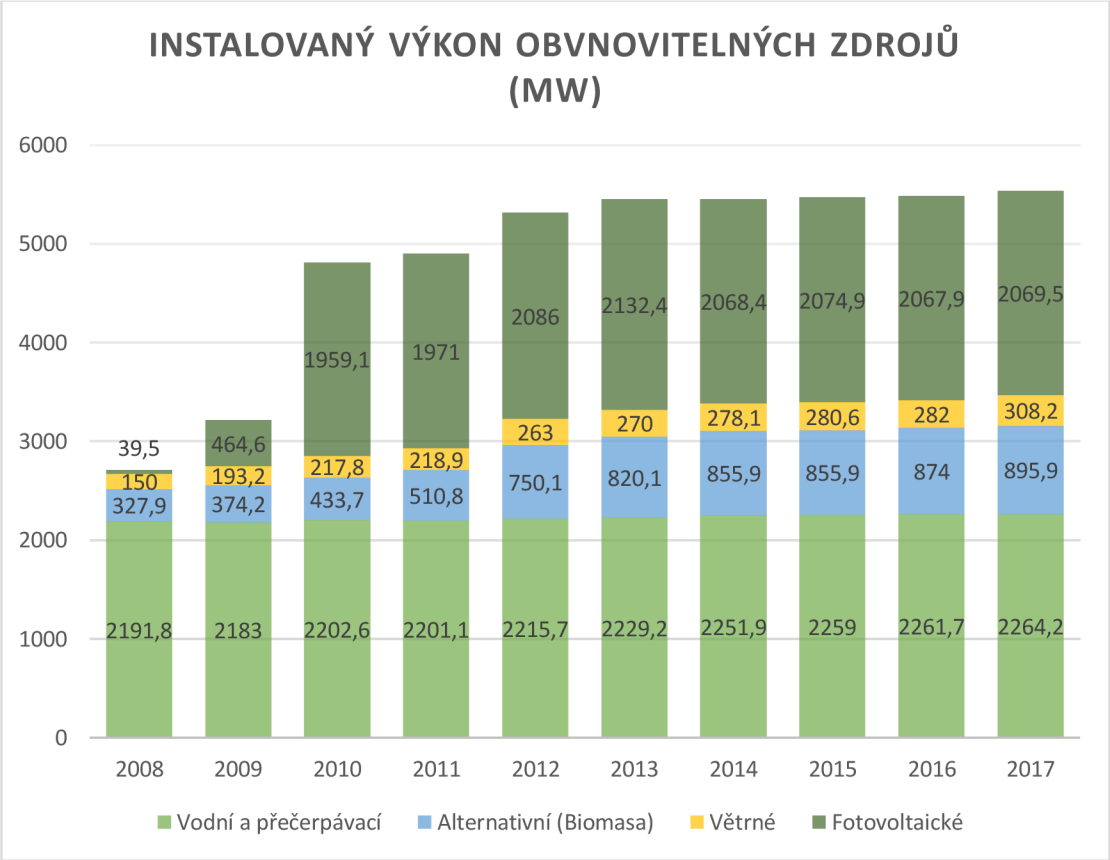
- Termochemická přeměna biomasy (suché procesy):
    - Spalování, zplyňování a pyrolýza.
- Biochemická přeměna biomasy (mokré procesy):
    - Alkoholové a metanové kvašení.
- Fyzikální a chemická přeměna biomasy:
    - Mechanicky (štípaní, drcení, peletování) a chemicky (esterifikace surových bioolejů).
- Získávání odpadního tepla při zpracování biomasy:
    - Kompostování, aerobní čištění odpadních vod a anaerobní fermentace pevných organických odpadů.

2.4.2 Geotermální energie

Geotermální energie využívá energie pramenící ze zemského jádra, z tepla vznikajícího pohybem litosférických desek a jaderných procesů v zemském jádru. Kvůli svojí podstatě se dá považovat za nevyčerpatelnou. Jak uvádí Mastný (2011, s. 114) *„v České republice je energie zemské kůry využívána zejména v léčebných procesech v lázních. Menší zdroje pak vyhřívají například skleníky (Karlovarsko).“*

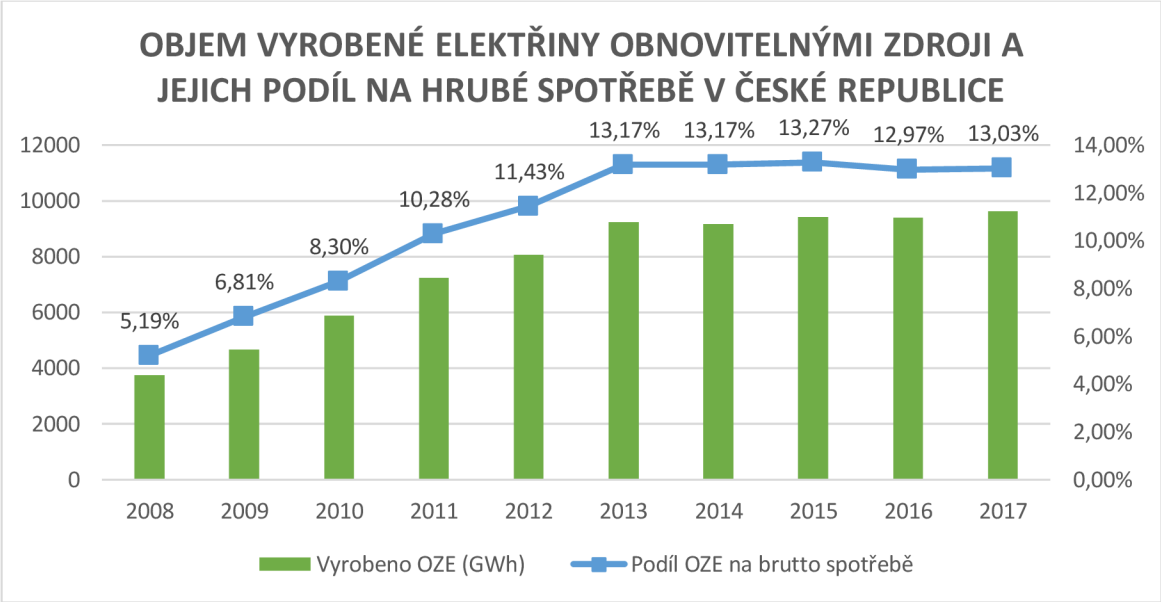
2.5 Obnovitelné zdroje elektrické energie v České republice

Do roku 2008 byly obnovitelné zdroje v České republice zastoupeny prakticky jen vodními elektrárnami, které představovaly 81 % instalovaného výkonu. Díky státním subvencím a masivní podpoře fotovoltaických elektráren, došlo mezi lety 2009 a 2010 k nárůstu 322 % z 464,6 MW na 1959,1 MW. Podobně rapidní výstavba se již nikdy neopakovala, protože kontroverzní pro stát velmi nevýhodné dotace do obnovitelných zdrojů byly přehodnoceny.



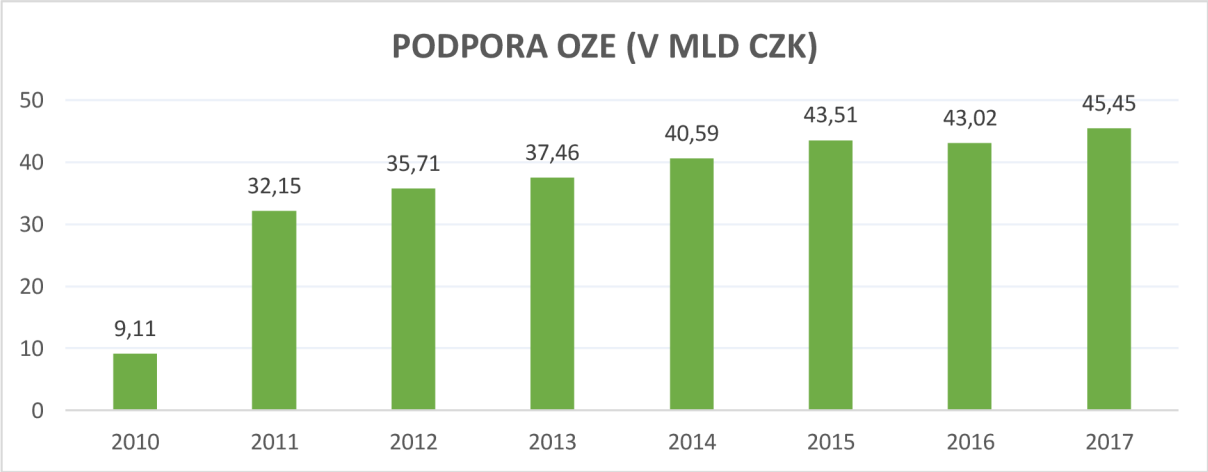
Obrázek 8 – Instalovaný výkon obnovitelných zdrojů v České republice v MW (Zdroj: OTE)

Spolu s růstem instalovaného výkonu rostl i podíl obnovitelných zdrojů na hrubé spotřebě elektřiny v České republice. Na grafu. X je jasně patrný meziroční stabilní nárůst vyrobené elektřiny obnovitelnými zdroji až do roku 2013. Od roku 2013 se výroba z obnovitelných zdrojů ustálila na hodnotě přibližně 9300 GWh ročně, což znamená že je její podíl na hrubé spotřebě elektřiny okolo 13 %. Tím Česká republika splnila cíl svojí Státní energetické koncepce, kdy se zavázala, že do roku 2020 bude 13 % svojí hrubé spotřeby kryto z obnovitelných zdrojů (Energetika ČR, 2013).



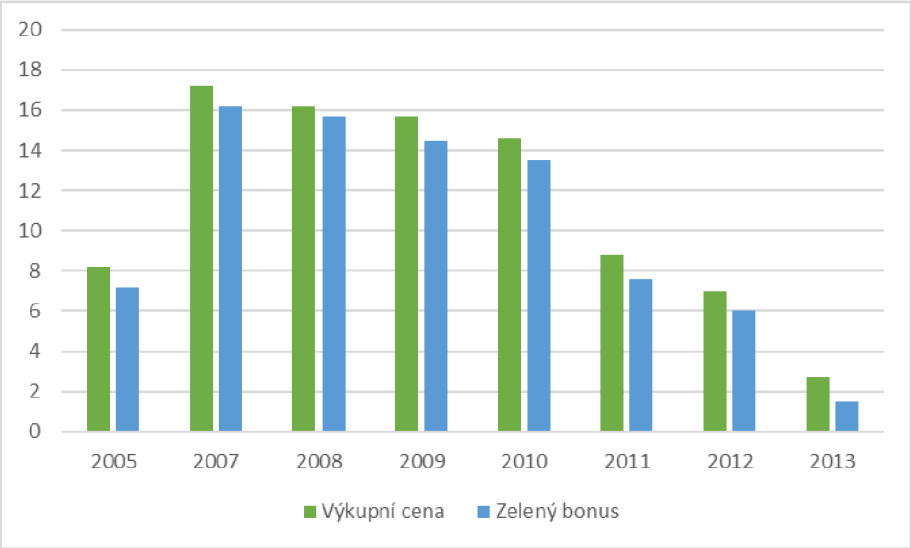
Obrázek 9 - Objem vyrobené elektřiny obnovitelnými zdroji a jejich podíl na hrubé spotřebě v České republice (zdroj: ERÚ)

2.5.1 Podpora OZE



Obrázek 10 - Vyplacená podpora na obnovitelné zdroje elektrické energie (Zdroj: peníze.cz, OTE)

Podpora obnovitelných zdrojů ze strany státu, zejména fotovoltaických elektráren, je od svého zavedení v roce 2002, kdy se stanovila výkupní cena 6 Kč/MWh cenovým rozhodnutím ERÚ č. 1/2002 Sb., terčem kritiky (Zajíček, 2010). Podporovaná výkupní cena se postupně zvyšovala až do roku 2002, kdy dosáhla 17 Kč/kWh. Následně přišel mírný pokles až do roku 2010, kdy byla stanovena výkupní cena na 14,6 Kč/kWh. Tento rok přišla taky nejmasivnější výstavba fotovoltaických elektráren, jak je vidět na Grafu X. Rozdíl ve výkupní ceně pro fotovoltaické elektrárny postavené do 31.12.2010 a po tomto datu činil 5,8 Kč/kWh, došlo tak k bizarní situaci, kdy se narychlo dostavovaly a kolaudovaly občas i nedostavěné a nepřipojené panely, jen z důvodu zajištění těchto garantovaných výkupních cen. Pro poslední fotovoltaické elektrárny postavené do 31.12.2013 je výkupní cena stanovena na 2,7 Kč/kWh a všechny další postavené po tomto datu již nejsou podporovány a nemůžou tedy využít výhod podporovaných výkupních cen a zelených bonusů.



Obrázek 11- Výkupní ceny a zelené bonusy za 1 Kč/kWh pro fotovoltaické elektrárny (Zdroj: ERÚ)

U větrných elektráren není a ani nebyla situace tak divoká, jako u fotovoltaických. Nejvyšší výkupní ceny dosahují elektrárny uvedené do provozu do roku 2003, a to 4,2 Kč/kWh. Cena meziročne stabilně klesá, větrné elektrárny, které budou uvedené do provozu do konce roku 2019 mají garantovanou výkupní cenu 1,9 Kč/kWh.

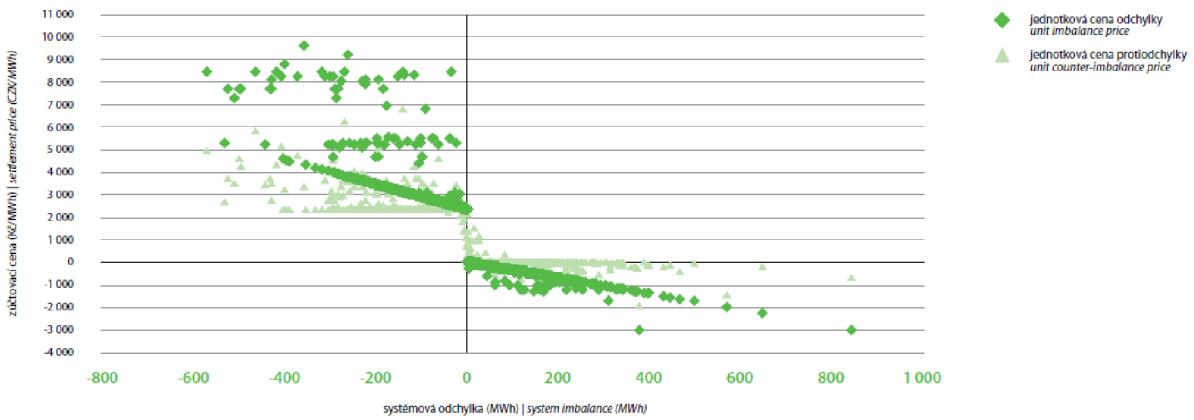
3 TRH S ELEKTŘINOU

Tato kapitola je věnována specifickým znakům trhu s elektřinou. Popisuje účastníky na trhu s elektřinou a jednotlivé druhy trhů, na kterých je možné krátkodobé obchodování s elektrickou energií.

Jedním z důležitých aspektů krátkodobého trhu s elektřinou je řešení systémové odchylky (SO) v elektrizační soustavě. Systémová odchylka vzniká při nerovnováze mezi dodávkou a odběrem elektrické energie ze sítě. Právě existence SO je důvod ke spekulacím jednotlivých subjektů na krátkodobých trzích s elektřinou. V České republice je základní model vypočtení ceny SO stanoven rozhodnutím ERÚ a vypadá následovně:

- V případě, že je v dané obchodní hodině SO záporná nebo rovna nule:
    - Cena = 2350 + 5,5 * SO [Kč/MWh; MWh]
- V případě, že je v dané obchodní hodině SO kladná:
    - Cena = 1 + 3,5 * SO [Kč/MWh; MWh]

Tato cena platí v případě, že nebyly použity k regulaci odchylky žádné zdroje jejichž cena je dražší než tato cena. Těmto regulačním zdrojům se říká primární a sekundární regulační zdroje elektrické energie. Za předpokladu, že byly použity terciální zdroje regulační energie, je cena regulace rovna nejdražšímu použitému zdroji. Na Grafu č. 5 je názorně vidět, jak postupně lineárně roste/klesá cena s rostoucí/klesající SO a jak následně může nastat situace ceny daleko vyšší/nižší při použití terciálních zdrojů.



Obrázek 12- Zúčtovací cena odchylky a protiodchylky v roce 2017 (Zdroj: OTE)

3.1 Účastníci trhu s elektřinou

K získání statutu účastníka trhu musí subjekt splnit několik podmínek. Musí získat licenci, kterou uděluje ERÚ, dále musí uzavřít smlouvu s organizátorem trhu (v ČR je to OTE, a.s.), který mu následně udělí přístup na burzu a musí mít také splněny podmínky statutu zúčtování.

Účastníky trhu s elektřinou se dle Chemišinec (2010, s. 25 a násl), dělí do dvou kategorií – na základní a speciální. Základními účastníky trhu jsou:

- výrobci,
- obchodníci s elektřinou,
- koneční zákazníci.

Speciální kategorií pak jsou:

- subjekty zúčtování,
- provozovatel přenosové soustavy (PPS / TSO),
- provozovatelé distribučních soustav (PDS),
- nezávislý operátor soustavy,
- operátor trhu,

- burza

Vzhledem k regionálním specifikům, nemusí být zaručena existence subjektů ze speciální kategorie na všech trzích, stejně tak jejich práva a povinnosti mohou být odlišné od základních účastníků trhu.

Následující popis jednotlivých účastníků na trhu s elektrickou energií je relevantní pro účastníky působící v prostředí České republiky.

3.1.1 Výrobci

„Výrobce může na základě oprávnění (licence) provozovat zařízení na výrobu elektřiny, které buď vlastní nebo je mu svěřeno jeho provozování. Výrobna elektřiny (elektrárna) je energetické zařízení pro přeměnu různých forem energie na elektřinu. Zahrnuje technologické zařízení pro přeměnu energie, stavební část a všechna nezbytná pomocná zařízení. Výrobce je společnost nebo fyzická osoba, která do obchodu s elektřinou vstupuje.“ (Chemišinec, 2010, s. 26). Udělení licence, která je vydávána maximálně na dobu 25 let, je podmíněno několika povinnostmi, patří mezi ně:

- povinnost řídit se pokyny technického dispečinku přenosové soustavy (nebo provozovatele příslušné distribuční soustavy),
- poskytovat provozovateli přenosové soustavy nebo provozovateli příslušné distribuční soustavy, potřebné údaje pro provoz a rozvoj přenosové soustavy,
- umožnit a uhradit instalaci měřícího zařízení.

Přijetím licence získává výrobce elektřiny právo k připojení k příslušné elektrizační soustavě a možnost dodávat elektřinu prostřednictvím přenosové nebo distribuční soustavy.

3.1.2 Obchodníci s elektřinou

„Obchodník s elektřinou je fyzická či právnická osoba vlastnící licenci na obchod s elektřinou a nakupující elektřinu za účelem jejího prodeje.“ (Chemišinec, 2010, s. 27). Obchodníci

s elektřinou mají specifikum časového omezení udělené licence na nejkratší dobu ze všech udílených licencí, tj. na 5 let. Je však možné, aby obchodník s elektřinou byl zároveň výrobcem elektřiny, či koncovým uživatelem. Práva obchodníků s elektřinou vlastnících licenci jsou:

- právo na dopravu dojednaného množství elektřiny, má-li uzavřenou smlouvu o přenosu nebo distribuci elektřiny,
- právo nakupovat elektřinu od držitelů licence na výrobu nebo obchod a prodávat ji ostatním účastníkům trhu s elektřinou.

3.1.3 Koneční zákazníci

Koneční zákazníci je skupina účastníků trhu s elektřinou, která elektřinu pouze nakupuje. Dělí se na oprávněné zákazníky a chráněné zákazníky. Chránění zákaznici, zpravidla domácnosti a malé podniky (zpravidla vymezeno počtem zaměstnanců a velikostí ročního obratu), mají nárok na dodávku elektřiny ve stanovené kvalitě a za regulovanou cenu. Oprávnění zákazníci mají právo k přístupu k přenosové soustavě a mohou nakupovat elektřinu od účastníků trhu.

3.1.4 Subjekty zúčtování

Jak uvádí Chemišinec (2010, s. 28), subjekty zúčtování vznikly z vnitřních potřeb trhu s elektřinou. Hlavními předpoklady vzniku byly následující důvody.

- Ne každý účastník trhu s elektřinou se chce aktivně účastnit obchodování na trhu s elektřinou.
- Poptávka některých účastníků po dlouhodobých kontraktech na odběr elektřiny za fixované ceny.
- Vysoké náklady na infrastrukturu a čas k aktivní účasti na trhu s elektřinou.
- Technická nerealizovatelnost trhu, na kterém by v jeden moment mohly spolu obchodovat miliony účastníků.

Na základě výše uvedených údajů je možné rozdělit trh s elektrickou energií na dvě části, velkoobchod a maloobchod. Na maloobchodním trhu spolu obchodují subjekty zúčtování

s účastníky trhu (obvykle prodej koncovým zákazníkům), na velkoobchodním trhu spolu obchodují jen subjekty zúčtování.

3.1.5 Provozovatel přenosové soustavy a provozovatel distribučních soustav

V České republice je pouze jeden provozovatel přenosové soustavy a tím je společnost ČEPS, a.s. a tři regionální provozovatelé distribučních soustav: ČEZ Distribuce, E.ON Distribuce a PREdistribuce. Společnost ČEPS a.s. vznikla odloučením přenosové divize z polostátního podniku ČEZ a.s. Lokálně potom mohou existovat distribuční soustavy v energeticky náročných odvětvích, např. hutě nebo doly, které mají vlastní elektrizační soustavu a následně jsou připojeni na jednoho z regionálních provozovatelů distribučních soustav.

3.1.6 Operátor trhu

Funkci operátora trhu v České republice obstarává společnost OTE, a.s, zaopatřuje ocenění, výpočet, zúčtování a vypořádání odchylek mezi subjekty zúčtování. Vlastníkem všech akcií je český stát. Další povinností je organizace krátkodobého trhu s elektřinou, poskytování dat o skutečných dodávkách elektrické energie účastníkům trhu nebo zpracování krátkodobých a dlouhodobých predikcí o budoucím stavu obchodu s elektřinou pro subjekty státní správy.

3.1.7 Burza

Energetické burzy bývají zpravidla samostatné subjekty oddělené od klasických komoditních burz a specializují se pouze na obchod s energiemi (elektrická energie a plyn). V České republice tuto službu nabízí Power Exchange Central Europe, a.s. (PXE), v Evropě dále působí např. European Energy Exchange AG, EPEX Spot, Nord Pool Spot AS, Nord Pool ASA, APX nebo Powernext.

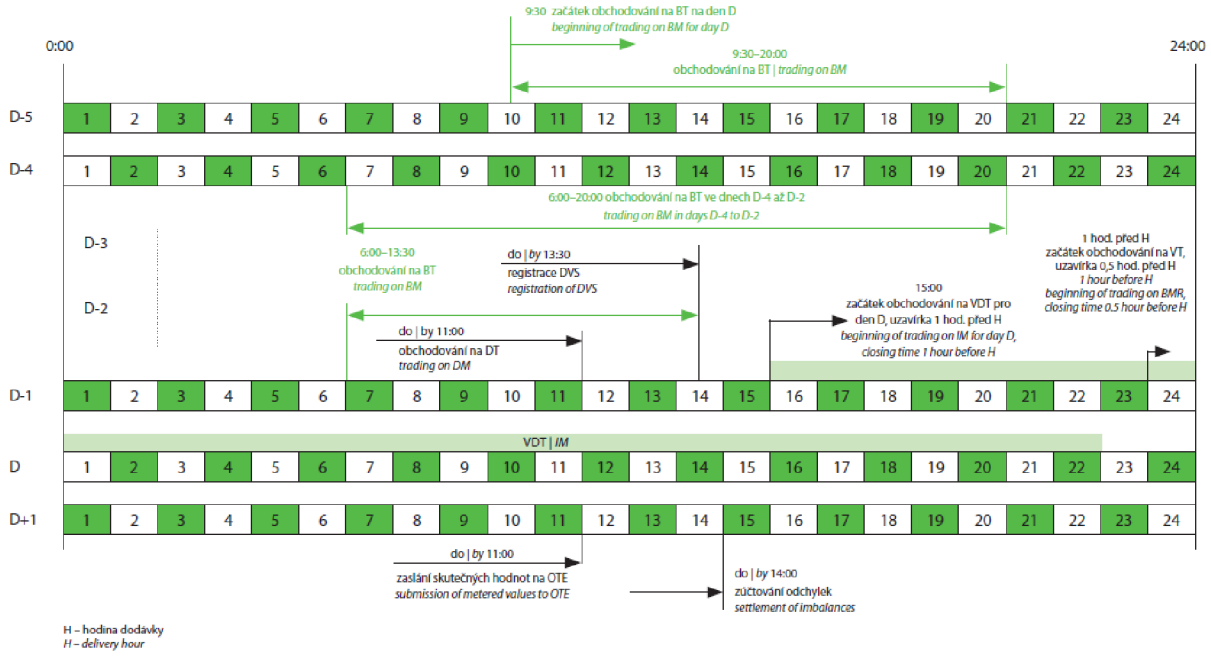
3.2 Trh s elektřinou v České republice

V České republice probíhá na velkoobchodním trhu krátkodobé obchodování s elektřinou na burze OTE, a.s. Ta nabízí několik různých možností k obchodování, které jsou rozlišeny

buď časem dodávky (blokový trh), na který subjekty spolu obchodují nebo časem obchodu, kdy jsou obchody provedeny (denní, vnitrodenní a vyrovnávací trh). Samotné obchodování na burze OTE probíhá anonymně, takže jednotlivé subjekty nemají žádné informace o tom, kdo je protistranou jejich obchodu, zda se jedná o výrobce, prodejce či spekulanty.

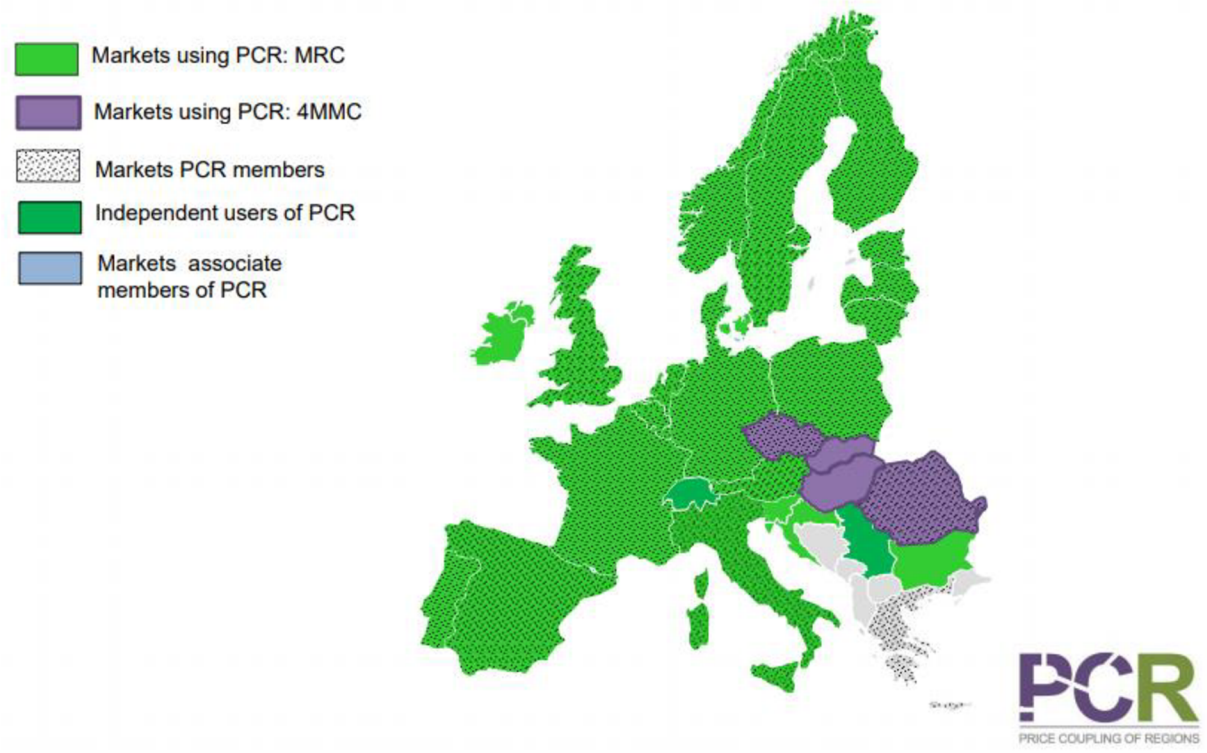
Formy obchodování na trhu s elektřinou OTE jsou následující:

- denní aukce:
    - denní trh,
- kontinuální párování:
    - blokový trh,
    - vnitrodenní trhu,
    - vyrovnávací trh.



Obrázek 13 - Časové uspořádání trhu s elektřinou (zdroj: OTE)

Kromě denního trhu probíhají všechny obchody pouze s vnitrostátními subjekty. Denní trh má své specifikum, protože sesouhlasení nabídek a poptávek probíhá v rámci integrovaného trhu zvaného 4M MC fungujícího skrze projekt Price Coupling of Regions (PCR). V 4M MC jsou spolu spárovány obchody z České republiky, Slovenska, Maďarska a Rumunska prostřednictvím implicitní alokace přeshraničních kapacit. V současné době probíhají jednání o propojení 4M MC s MC MRC, ve kterém je na denním trhu spolu propojena většina států západní a střední Evropy. Státy spolupracující v projektech 4M MC, MC MRC jsou vyznačeny na Obrázku č. 9.



Obrázek 14 - Státy spolupracující v rámci MC MRC, 4MMC (Zdroj: Epexspot)

3.2.1 Denní trh

Denní trh probíhá formou slepé aukce, kdy jednotlivé subjekty zadají svá poptávaná a nabízená množství elektřiny na každou hodinu zvlášť. Je tedy otevřeno 24 různých hodinových kontraktů, subjekty mohou obchodovat na jakýkoliv počet chtějí. Nabídky je možné podávat od 6:00 do 11:00 hodin v den před obchodním dnem. Následně se v 14:00 hodin ten samý den zveřejní výsledky aukce, zobchodované množství a ceny na jednotlivé kontrakty a v 15:00 hodin se otevře obchodování na vnitrodenním trhu na tyto kontrakty. Minimální množství k obchodování je 1 MWh, rozsah cen mezi -500 EUR/MWh a 3000 EUR/MWh. V případě, že výsledná cena na nějakou hodinu vyjde méně než -150 EUR/MWh nebo více než 500 EUR/MWh dochází k tzv. druhé aukci, kdy se daná hodina draží podruhé, aby se případně mohl napravit neobvyklý stav na denním trhu. (OTE, 2017)

3.2.2 Blokový trh

Na blokovém trhu je možné obchodovat se třemi produkty, které jsou časově rozděleny na Base Load (0:00-24:00 h.), Peak Load (8:00-20:00 h.) a Off-Peak Load (0:00-8:00 h. a 20:00-24:00 h.). Obchodování se otevírá v 9:30 hodin pět dní před dodávky, v obchodovací dny je otevřen mezi 6:00 a 20:00 hodin a uzavírá se ve 13:30 hodin dne před dnem dodávky. Nejmenší možný objem k obchodování je 1 MW výkonu odpovídajícího typu bloku (např. 1 MW Base Load = 1 MW x 24 hodin = 24 MWh). Ceny jsou zadávány v celých Kč, minimální cena je 1 Kč/MWh a maximální cena je omezena na 9999 Kč/MWh. (OTE, 2017)

3.2.3 Vnitrodenní trh

Nové kontrakty na vnitrodenním trhu se otevřou v 15:00 den před aktuální dodávkou jednotlivých kontraktů. Obchodování na vnitrodenním trhu probíhá 24 hodin denně, každý den po celý rok. Obchodování probíhá vnitrostátně a jeho primárním účelem je poskytnutí možnosti subjektům zúčtování k řešení svých expozic. Pokud např. výrobce elektřiny vyprodá svoji výrobu na denním trhu a následně u něj nastane nějaký problém, který zapříčiní nemožnost

dodávky, má teoretickou možnost si svoji pozici uzavřít na denním trhu a tím minimalizovat ztrátu, kterou by mohlo způsobit spadnutí jeho pozice do odchylky.

Trh na jednotlivé hodiny se uzavírá jednu hodinu před časem dodávky, minimální obchodovatelný objem je 1 MWh, minimální a maximální cena nabídek je možná mezi -3500 a 3500 EUR/MWh (OTE, 2017). Integrace Českého vnitrodenního trhu s ostatními evropskými státy je předmětem dalšího jednání. Ve většině západních evropských zemích již různé formy propojení vnitrodenních trhů fungují.

3.2.4 Vyrovnávací trh

Trh se otevírá jednu hodinu před časem dodávky a trvá 30 minut. Jednotlivý účastníci mohou nabízet kladnou, či zápornou regulační energii a poptávajícím je vždy provozovatel přenosové soustavy (PPS, v České republice ČEPS, a.s.) (OTE, 2017). Přístup k vyrovnávacímu trhu mohou mít i registrovaní účastníci trhu, kteří nejsou subjekty zúčtování, ale jen pokud splní podmínky registrace k přístupu na trh. Princip vyrovnávacího trhu je dát možnost PPS nakoupit levněji regulační energii, než za jakou by ji vyrobily jednotlivé vyrovnávací subjekty. Jedná se ale o formu spekulace, protože v čase nákupu nemá PPS plné informace o odchylce, která nastane následující hodinu.

4 ANALÝZA

Hlavním cílem této práce je analýza vztahu mezi průměrnou denní tržní cenou za 1 MWh elektrické energie na vnitrodenním trhu OTE a objemem vyrobené elektrické energie obnovitelnými zdroji a. Porovnávaný vzorek jsou roky 2010 až 2017, tedy jediné roky, na které jsou dostupná data jak na OTE, tak na ČEPS. Analýza je rozdělena do tří částí, podle sledovaných vzorků, kde jsou vzorky rozděleny podle druhů obnovitelných zdrojů na:

- všechny obnovitelné zdroje,
- fotovoltaické a větrné elektrárny,
- vodní, přečerpávací a alternativní elektrárny.

K tomuto rozdělení došlo z důvodu předpokladu, že méně předvídatelné zdroje elektrické energie, kterými jsou zejména fotovoltaické a větrné elektrárny, by měly mít větší vliv na cenu než ostatní obnovitelné zdroje.

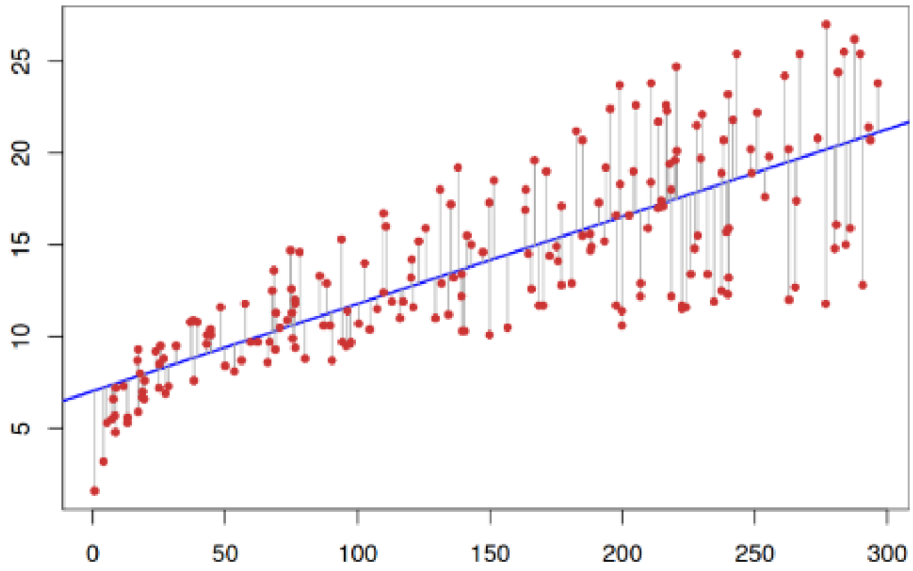
4.1 Metody zkoumání

Použité metody zkoumání jsou jednoduchá lineární regrese, Pearsonův korelační koeficient (R) a koeficient determinace (R^2).

Regresní analýza zkoumá jednostrannou závislost mezi nezávislou proměnnou (ležící na ose X) a závislou proměnnou (ležící na ose Y). V případě této práce je nezávislá proměnná objem vyrobené elektrické energie obnovitelnými zdroji v jednotlivých dnech mezi roky 2010 až 2017 a závislá proměnná vážená průměrná tržní cena elektřiny na vnitrodenním trhu OTE. Cílem této analýzy je tedy snaha o nalezení vztahu mezi nezávislou a závislou proměnnou. K analýze byl použit Analytický nástroj Regrese, který je součástí softwaru Excel z kancelářského balíku Microsoft Office.

4.1.1 Lineární regresní funkce:

Jednoduchá lineární regresní funkce je model statistické analýzy, který se snaží pomocí metody součtu nejmenších čtverců v datovém souboru přijít na lineární závislost dvou nebo více proměnných. Slouží tedy k prokázání, zda lineární závislost existuje mezi dvěma nebo více veličinami nebo jak je tato závislost silná. V případě více veličin, která má na závislou proměnnou největší vliv (towardsdatascience.com, 2018). Po sestrojení regresní přímky je třeba zjistit, zda je tato funkce relevantní k predikci hodnot z datového souboru. K tomuto účelu slouží nalezení P-hodnoty, která udává statistickou důležitost a následně vede buď k zamítnutí nebo nezamítnutí nulové hypotézy na předem dané hranici významnosti α. V případě této práce budeme pracovat s hranicí významnosti α = 0,05. V případě, že nemůžeme zamítnout nulovou hypotézu na hranici významnosti α, nemůžeme s jistotou vyšší, než je 100–α % říci, že se nulová hypotéza nerovná alternativní hypotéze.



Obrázek 15 - Graf reziduí u metody součtu nejmenších čtverců (Zdroj: towardsdatascience.com)

Metodou součtu rozdílů nejmenších čtverců od střední hodnoty získáme konstantu β_0, která udává průnik regresní přímky s osou Y, a prediktor $\beta_1 x$, který udává sklon regresní přímky.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X$$

$$\beta_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}$$

$$\beta_0 = \bar{y} - \beta_1 \bar{x}$$

Obrázek 16 - Vzorec výpočtu funkce regresní přímky (Zdroj: towardsdatascience.com)

4.1.2 Pearsonův korelační koeficient (R):

Pearsonův korelační koeficient nabývá hodnot -1 ≤ R ≤ 1. Hodnoty nižší než 0 znamenají negativní korelaci (v případě, že roste druhá proměnná, první proměnná klesá), hodnoty vyšší než 0 pozitivní korelaci (v případě, že roste druhá proměnná, roste i první proměnná) a hodnoty rovné nebo blízké 0 znamenají nulovou korelaci. Čím blíže je hodnota -1 nebo 1, tím silnější je lineární korelace. Pearsonův korelační koeficient tedy vyjadřuje možnou míru závislosti mezi dvěma proměnnými, které podléhají normálnímu rozdělení. Možná chyba může nastat v případě kvadratického rozdělení, kdy je koeficient 0, i když existuje korelační závislost, je proto třeba při použití tohoto koeficientu vizuální kontrola v datového souboru v grafu. Hodnota koeficientu nesouvisí se sklonem regresní přímky, znaménko uvádí pouze směr. Podle Evansovy příručky (1996) můžeme míru závislosti vyjadřovanou absolutní hodnotou R chápat následovně:

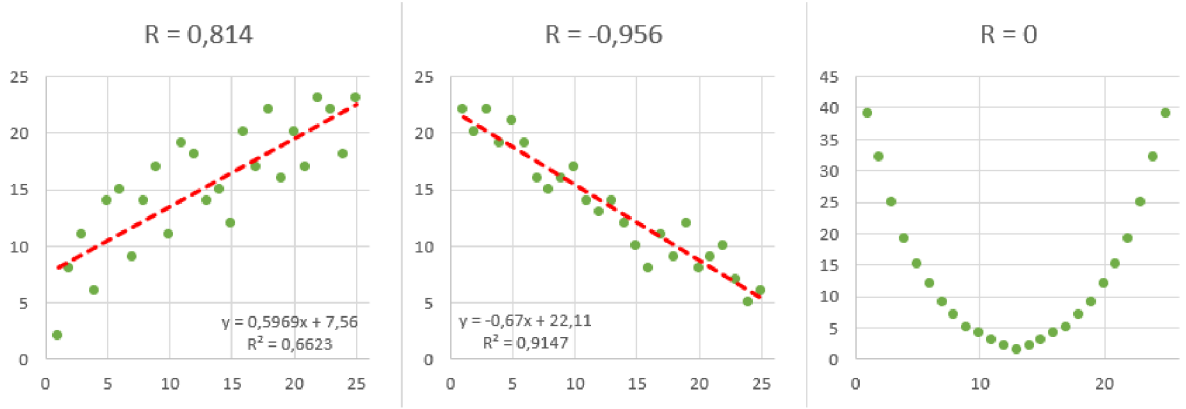
- 0,00 – 0,19 – velmi slabá
- 0,20 – 0,39 – slabá
- 0,40 – 0,59 – střední
- 0,60 – 0,79 – silná
- 0,80 – 1,00 – velmi silná

4.1.3 Koeficient determinace (R^2):

Koeficient determinace (R^2) určuje míru kvality regresního modelu. Nabývá hodnot mezi 0-1, znamená to tedy, že po vynásobení tohoto čísla *100, získáme procentní vyjádření této kvality. Koeficient determinace se dá chápat i jako vyjádření těsnosti (variance) datového souboru k regresní přímce, nebo také jako vyjádření přesnosti předpovědi regresního modelu. V případě, že by koeficient determinace měl hodnotu 1, znamenalo by to, že všechny body datového souboru leží na regresní přímce.

4.1.4 Příklady

Příklady regresní funkce a její křivky, Pearsonova korelačního koeficientu a koeficientu determinace jsou na Grafu č. 7. Na prvním grafu je regresní funkce y = 7,56 + 0,5969x, R = 0,814 a R^2 = 0,662. Znamená to tedy, že je velmi silná korelace podle R a těsnost závislosti dat na regresní přímce je 66,2 %. Třetí graf ukazuje kvadratickou závislost, která však v případě Pearsonova korelačního koeficientu má hodnotu 0 (na tento datový soubor proto není tento koeficient vhodný).



Obrázek 17 - Příklady lineární regresní přímky a funkce, Pearsonova korelačního koeficientu a koeficientu determinace (Zdroj: Vlastní zpracování)

4.2 Regresní analýza datového vzorku

Prvním krokem vedoucím k analýze je sběr dat. Data obsahující cenu jsou z Ročních zpráv o trhu na trhu OTE, a.s., data o hrubé výrobě jsou z oficiálních datových údajů operátora přenosové soustavy ČEPS, a.s. Dále tedy musí dojít k vizuální kontrole zkoumaných vzorků z důvodu vhodnosti modelu, aby se předešlo snaze o lineární regresi na vzorku, který má kvadratické rozložení. Na začátku každé analýzy je přiložen obrázek s 8 grafy daných vzorků každého zkoumaného roku, osa Y značí váženou průměrnou denní cenu za 1 MWh na trhu OTE, osa X hrubý objem vyrobených MWh daným typem výroby. Osa X a Y je pro každou analýzu nastavena pro všechny roky na stejné úrovni, aby byl jasně patrný meziroční nárůst/pokles ve výrobě. Následuje tabulka výsledků regresní analýzy, Pearsonova korelačního koeficientu, koeficientu determinace a P hodnota.

4.2.1 Datový vzorek 2010–2017 – Všechny obnovitelné zdroje

Obrázek 18 - Distribuce datového vzorku 2010-2017 všechny OZE (Zdroj: Vlastní zpracování, ČEPS, OTE)

Tabulka 2 - Výsledky lineární regresní analýzy všechny OZE 2010-2017 (Zdroj: Vlastní zpracování, ČEPS, OTE)

Rok	β_0	$\beta_1 x$	R	R^2	P
2010	1233,73	-0,0159	-0,080	0,006	0,129
2011	1477,25	-0,0299	-0,191	0,036	0,000
2012	1609,33	-0,0408	-0,319	0,102	0,000
2013	1645,56	-0,0401	-0,408	0,174	0,000
2014	1410,23	-0,0273	-0,258	0,072	0,000
2015	1483,70	-0,0275	-0,251	0,066	0,000
2016	1462,29	-0,0252	-0,224	0,054	0,000
2017	1506,29	-0,0248	-0,215	0,046	0,000

První analýza proběhla na datovém vzorku obsahujícím všechny obnovitelné zdroje pro všech 8 sledovaných let. Z vizuální kontroly dat je vidět, že ani u jednoho roku není mezi proměnnými kvadratický vztah. Stejně tak je vidět, že u některých let existuje jistá forma lineární závislosti.

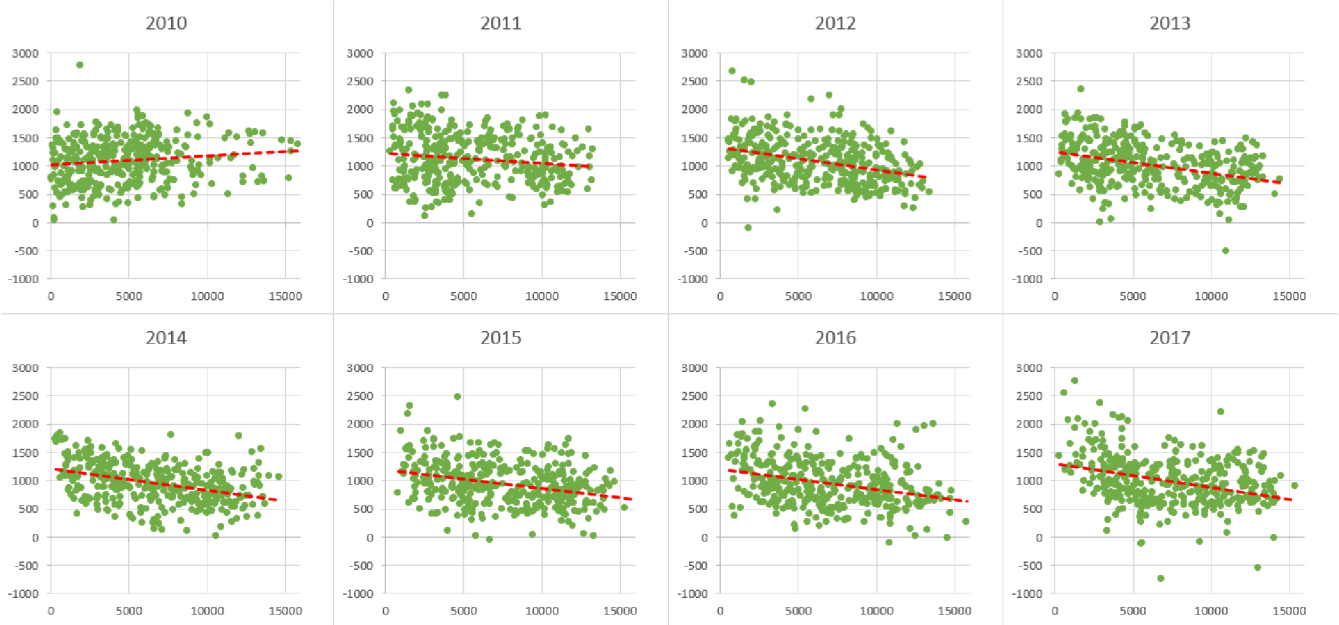
Až na rok 2010, kdy vyšla P hodnota 0,129, zamítáme u všech let nulovou hypotézu na hranici významnosti $\alpha = 0{,}05$.

Rok 2011 měl nejnižší výsledky v obou sledovaných metodách, podle R se jednalo o velmi slabou míru závislosti, hodnota R^2 byla 0,036, to znamená, že se model lineární regrese daný funkcí $y = 1477{,}25 – 0{,}0299x$ trefil pouze ve 3,6 % případů.

Nejvyšší hodnoty obou sledovaných metod dosáhnul rok 2013, kdy nabyla R hodnoty -0,408, což se podle Evansovy příručky (1996) dá hodnotit jako střední míra závislosti. Hodnota R^2 byla 0,174.

Výsledky let 2014 – 2017 nabyly velmi podobných hodnot. Míra závislosti podle R byla slabá a rozdíl u naměřených hodnot byl maximálně 0,04. Hodnota R^2 byla maximální v roce 2014 a to 0,072, minimálního výsledku dosáhla v roce 2017, a to 0,046.

4.2.2 Datový vzorek 2010–2017 – Fotovoltaické a větrné elektrárny



Obrázek 19 - Distribuce datového vzorku 2010-2017 VTE + FVE (Zdroj: Vlastní zpracování, ČEPS, OTE)

Tabulka 3 - Výsledky lineární regresní analýzy VTE + FVE 2010-2017 (Zdroj: Vlastní zpracování, ČEPS, OTE)

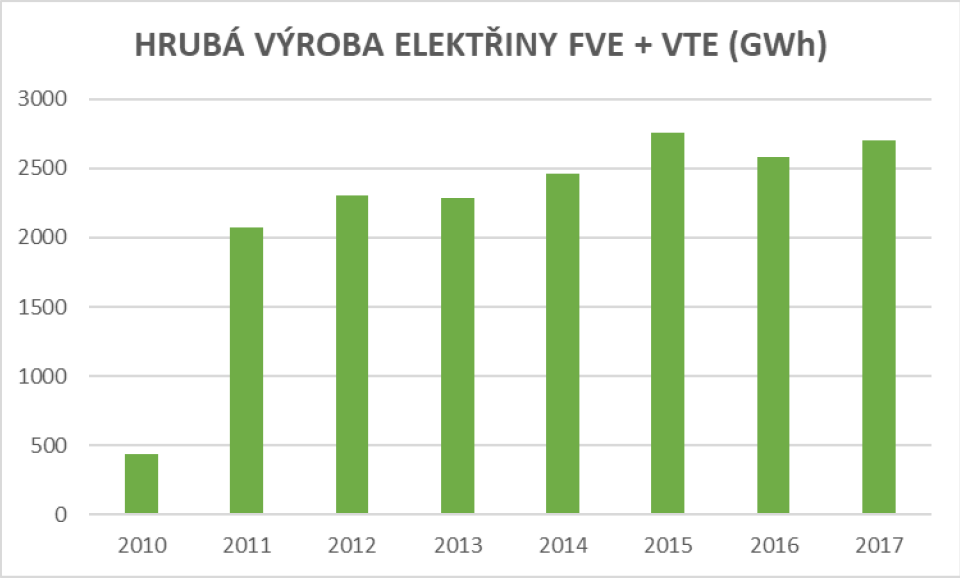
Rok	β_0	$\beta_1 x$	R	R^2	P
2010	1022,97	0,0620	0,124	0,015	0,018
2011	1221,18	-0,0180	-0,145	0,021	0,006
2012	1332,88	-0,0408	-0,318	0,101	0,000
2013	1241,97	-0,0367	-0,363	0,131	0,000
2014	1203,60	-0,0378	-0,382	0,146	0,000
2015	1180,97	-0,0321	-0,307	0,094	0,000
2016	1201,31	-0,0363	-0,319	0,102	0,000
2017	1304,56	-0,0421	-0,330	0,109	0,000

Druhé zkoumání proběhlo na datovém vzorku obsahujícím hrubý objem vyrobené elektrické energie pouze Fotovoltaickými a Větrnými elektrárnami. Předběžný předpoklad byl, že na tomto vzorku by měla být patrná největší míra korelace mezi sledovanými proměnnými. Po

vizuální kontrole datového vzorku můžeme říci, že jistá forma závislosti je na první pohled patrná.

U všech sledovaných let dosáhla P-hodnota hodnoty menší než 0,05, můžeme tedy zamítnout nulovou hypotézu na hranici významnosti $\alpha = 0{,}05$.

V tomto datovém vzorku jsou nejslabší roky 2010 a 2011. Rok 2010 má dokonce kladnou hodnotu R = 0,124, tudíž v jeho případě se cena při rostoucím objemu výroby zvyšovala je třeba však brát v úvahu, že byl v tomto roce nejmenší objem vyrobené elektřiny, jak je patrné z Obr. X, a to více než čtyřnásobně oproti ostatním sledovaným rokům. Hodnota R^2 tohoto roku je 0,015, roku 2011 to bylo 0,021 a R = -0,145. To jsou v obou případech hodnoty velmi nízké závislosti a korelace.



Obrázek 20 - Hrubý objem vyrobené elektřiny FVE + VTE 2010-2017 (GWh) (Zdroj: Vlastní zpracování, ČEPS)

Roku 2012 došlo k více než zdvojnásobení hodnoty R na -0,318, u hodnoty R^2 došlo dokonce k pětinásobku oproti roku 2011. I přes tento nárůst se jedná o slabou míru závislosti. Roku 2013 pokračuje růst v obou sledovaných metodách, R = -0,363 a R^2 = 0,131. Nejvyšších hodnot v tomto sledovaném vzorku dosáhnul rok 2014, kdy R = -0,382 a R^2 = 0,146. Stále se jedná o

slabou míru závislost podle Evansovy příručky (1996). Mezi roky 2015 a 2017 vyšly hodnoty R^2 okolo hodnot 0,1 a R postupně -0,307, -0,319 a -0,330. Stále se tedy jedná o slabou míru závislosti.

Výsledky druhé analýzy naplnily očekávání, dané podstatou tohoto typu zdrojů elektrické energie. Z důvodu vysoké variability realizace výroby elektřiny a predikce očekávané výroby majitelem přenosové soustavy, se dá předpokládat, že vyšší hodnoty vyrobené elektřiny budou působit přebytky v přenosové síti, a tudíž povedou k nižším cenám, stejně to platí naopak, kdy nízké hodnoty vyrobené elektřinou vedou k nedostatku elektrické energie v síti a vysokým cenám z důvodu nutnosti využití regulační energie.

4.2.3 Datový vzorek 2010–2017 – Vodní, přečerpávací a alternativní elektrárny

Obrázek 21 - Distribuce datového vzorku 2010-2017 VE + PVE + AE (Zdroj: Vlastní zpracování, ČEPS, OTE)

Tabulka 4 - Výsledky lineární regresní analýzy VE + PVE + AE 2010-2017 (Zdroj: Vlastní zpracování, ČEPS, OTE)

Rok	β_0	$\beta_1 x$	R	R^2	P
2010	1294,18	-0,0066	-0,131	0,017	0,012
2011	1141,58	-0,0009	-0,014	0,000	0,789
2012	1079,36	-0,0001	-0,002	0,000	0,963
2013	1171,19	-0,0042	-0,103	0,011	0,049
2014	694,82	0,0063	0,181	0,033	0,001
2015	582,68	0,0073	0,129	0,017	0,014
2016	409,77	0,0100	0,171	0,029	0,001
2017	631,18	0,0068	0,140	0,020	0,008

Třetí zkoumání proběhlo na datovém vzorku obsahujícím hrubou výrobu Vodních, Přečerpávacích a Alternativních elektráren mezi roky 2010-2017. Při podrobném pohledu na výsledky analýzy je patrné, že za hodnotami získanými ze souboru zkoumaných dat se neskrývá žádný trend a tyto hodnoty vůči sobě nemají žádnou závislost.

Podle toho vypadají i výsledky regresní analýzy, kdy hned u dvou let překročila P-hodnota hodnotu 0,05, nemůžeme tak u let 2011 a 2012 zamítnout nulovou hypotézu na hranici významnosti $\alpha = 0{,}05$. U zbytku sledovaných let došlo k nejnižším hodnotám ze všech 3 vzorků.

Hodnoty Pearsonova korelačního koeficientu nabývají skrze tento datový vzorek kladných i záporných hodnot, v absolutní hodnotě je nejvyšší v roce 2014, kdy se R = 0,181. Znamená to tedy, že lze pozorovat velmi slabou míru závislosti. Hodnota R^2 je navíc v tomto roce pouze 0,033. To znamená, že regresní model se prolíná pouze se 3,3 % bodů daného roku.

Možné vysvětlení naprosto minimální kladné závislosti vážené průměrné tržní ceny na vyrobeném množství je v podstatě využití především přečerpávacích elektráren. Jejich vyrovnávací funkce pro elektrifikační soustavu znamená, že jejích maximální výkon se používá především v dobách nedostatku ve špičkových hodinách, které mají obecně vyšší cenu než hodiny mimo špičku.

4.3 Shrnutí výsledků analýzy

V úvodu analytické části byly představeny metody regresní analýzy, pomocí kterých byla analýza provedena. Samotná analýza, která má pomocí lineární regresní analýzy dokázat, zda existuje vztah mezi závislou proměnnou, kterou je denní objem elektrické energie vyrobený obnovitelnými zdroji elektrické energie, a nezávislou proměnnou, představovanou průměrnou denní cenou elektrické energie za 1 MWh na vnitrodenní trhu, se skládá ze tří částí. Sledovaný datový vzorek byly roky 2010-2017. Jednotlivé části byly rozděleny podle toho, jaké druhy obnovitelných zdrojů elektrické energie v sobě použitý datový vzorek zahrnoval. První část obsahovala všechny obnovitelné zdroje elektrické energie, druhá část zdroje fotovoltaických a větrných elektráren a třetí část zdroje alternativních, přečerpávacích a vodních elektráren.

V první analýze, která obsahovala všechny obnovitelné zdroje elektrické energie bylo dosaženo výsledků, které napovídaly existenci možné korelace závislé a nezávislé proměnné. Nejvyšších hodnot obou sledovaných metod dosáhly roky 2012 a 2013, v posledním jmenovaném dokonce došlo ke střední míře závislosti podle Pearsonova korelačního koeficientu R. Vyšších hodnot tento koeficient v žádném jiném sledovaném roce v této analýze nedosáhl.

Druhá analýza obsahovala pouze výsledky výroby fotovoltaických a větrných elektráren. První dva sledované roky měly co se týče míry možné korelace výsledky nejslabší oproti ostatním sledovaným rokům. Jedním z důvodů může být, že v těchto letech byl zaznamenán nejnižší objem, který oba výše uvedené zdroje elektrické energie vyrobily. Od roku 2012 až do roku 2017 byly výsledky analýzy veskrze podobné a míra Pearsonova korelačního koeficientu se lišila maximálně o 0,06. Celkově bylo dosaženo výsledků, které značí slabou míru závislosti. Míra koeficientu determinace nabyla podobných hodnot, které se mezi lety 2012-2017 pohybovaly v rozmezí 0,09-0,15.

V poslední analýze, která obsahovala data z výsledků výroby alternativních, vodních a přečerpávacích elektráren nebyla zjištěna žádná míra lineární závislosti.

Dle výsledků analýzy tedy můžeme říci, že ač existuje slabá forma závislosti mezi objemem vyrobeným fotovoltaickými a větrnými elektrárnami a průměrnou denní cenou za 1 MWh

elektřiny na vnitrodenním trhu, je možné, že model jednoduché lineární regresní analýzy není ideální k popisu tohoto vztahu. Výsledkem dalšího zkoumání by mohlo být zjišťování, zda existuje jiná proměnná, která cenu a její vztah vůči objemu vyrobené elektrické energie ovlivňuje více.

ZÁVĚR

Obnovitelné zdroje elektrické energie jsou stále větší součástí skladby energetického mixu každé země. Obzvláště pak v Evropské unii, kde je každým rokem vyvíjen tlak na členské státy, aby zvyšovaly svůj podíl obnovitelných zdrojů na celkové výrobě a spotřebě elektrické energie.

V úvodní části této práce byla popsána forma státní správy starající se o elektroenergetiku v České republice, její jednotlivé znaky a základní funkce podstatné pro výkon moci. Dále byly uvedeny formy legislativních pramenů, které se zaměřují na oblast elektroenergetiky, trh s elektřinou nebo podporu obnovitelných zdrojů. Následně bylo provedeno shrnutí dat týkajících se procesu liberalizace, jako představitele historického vývoje trhu s elektřinou. Byly vysvětleny základní pojmy a druhy obnovitelných zdrojů elektrické energie a jejich vývoj a využití v České republice. Část práce se také zaobírá charakteristikou nejdůležitějších znaků obnovitelných zdrojů elektrické energie z pohledu České republiky. Další část byla věnována popisu krátkodobého trhu s elektrickou energií v České republice. Byli vyjmenování jednotliví účastníci trhu s elektřinou a jejich vlastnosti, práva a povinnosti. Následně byly vysvětleny specifika jednotlivých druhů trhů, vyobrazeny byly jejich základní odlišnosti a určeny způsoby využití

V analytické části se podařila zjistit existence jisté formy závislosti mezi průměrnou denní tržní cenou za 1 MWh elektřiny a objemem, který vyrobí obnovitelné zdroje, zejména sluneční a větrné elektrárny. Další zkoumání v rozsáhlejším formátu diplomové práce by mohlo být případně rozšířeno například o informace o průměrné denní teplotě nebo součet rozdílů mezi očekávaným objemem, který sluneční a větrné elektrárny za den vyrobí a skutečnou realizací, případně by se mohlo přistoupit ke změně analytických metod.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

EVANS, James D., 1996. Straightforward statistics for the behavioral sciences [online]. Pacific Grove: Brooks/Cole Pub. Co [cit. 2019-04-09]. ISBN 0534231004 9780534231002. Dostupné z: http://www.worldcat.org/title/straightforward-statistics-for-the-behavioralsciences/oclc/32465263

FLÁŠAR, Petr. Úvod do liberalizované energetiky: Trh s elektřinou. Vydání druhé, aktualizované. Praha: Asociace energetických manažerů, 2016. ISBN 978-80-260-9212-4.

CHEMIŠINEC, Igor. Obchod s elektřinou. Praha: Conte, 2010. ISBN 978-80-254-6695-7.

MASTNÝ, Petr. Obnovitelné zdroje elektrické energie. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04937-2.

MUSIL, Petr. Globální energetický problém a hospodářská politika: se zaměřením na obnovitelné zdroje. Praha: C.H. Beck, 2009. Beckovy ekonomické učebnice. ISBN ISBN978-80-7400-112-3.

VONDRÁČEK, Milan a Tomáš SKUČEK. Náklady unbundlingu v energetice: konkurenční prostředí ve prospěch zákazníka, nebo příliš drahý experiment?. Ekonomika a management 3/2010 [online]. 2010 [cit. 2019-04-05]. Dostupné z WWW: http://www.vse.cz/eam/abstrakt.php3?IDcl=101

ZAJÍČEK, Miroslav a Karel ZEMAN. Ekonomické dopady výstavby fotovoltaických a větrných elektráren v ČR: odborná studie. Praha: Oeconomica, 2010. ISBN 978-80-245-1687-5.

SEZNAM POUŽITÝCH INTERNETOVÝCH ZDROJŮ

5 největších solárních elektráren v ČR [online]. 2011 [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: https://www.nazeleno.cz/aktualne/5-nejvetsich-solarnich-elektraren-v-cr.aspx

5 největších větrných elektráren v ČR [online]. 2011 [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: https://www.nazeleno.cz/chap_2038/5-nejvetsich-vetrnych-elektraren-v-cr.aspx

5 největších vodních elektráren v České republice [online]. 2011 [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: https://www.nazeleno.cz/energie/vodni-energie/5-nejvetsich-vodnich-elektraren-v-ceske-republice.aspx

Čeps: Data [online]. [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: https://www.ceps.cz/cs/data#Generation

Ekonomická návratnost investice do fotovoltaické elektrárny k pokrytí vlastní spotřeby podniku (2. část) [online]. Praha, 2018 [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/16839-ekonomicka-navratnost-investice-do-fotovoltaicke-elektrarny-k-pokryti-vlastni-spotreby-podniku-2-cast

Energetika ČR: trendy a perspektivy v evropských souvislostech: 30. ledna 2013. Praha: EGÚ Praha Engineering, 2013. ISBN 978-80-87774-02-1.

Epexspot: PCR Projects [online]. [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: https://www.epexspot.com/document/40112/PCR%20Presentation%20-%20December%202018?fbclid=IwAR1dEEBFgXiNPgV9fW4H5U-_QRUm8Xlw8UkmDSbVYV_CqKRk5or2Dd3Sl4k

Evropská komise schválí podporu obnovitelným zdrojům v ČR [online]. [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: https://www.kurzy.cz/zpravy/411996-evropska-komise-schvali-podporu-obnovitelnym-zdrojum-v-cr/

Kolik nás stojí obnovitelné zdroje? [online]. 2017 [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: https://www.penize.cz/bydleni/320411-kolik-nas-stoji-obnovitelne-zdroje

Liberalizace: Evropská Unie a Český energetický trh [online]. Praha [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: https://dodavatelektriny.cz/energeticky-trh/liberalizace

Linear Regression—Understanding the Theory. Https://towardsdatascience.com[online]. 2018 [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: https://towardsdatascience.com/linear-regression-understanding-the-theory-7e53ac2831b5

Nejpoužívanější pojmy ve fotovoltaice [online]. Praha, 2014 [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/11772-nejpouzivanejsi-pojmy-ve-fotovoltaice

OTE: Roční zpráva o trhu 2010-2017 [online]. 2018 [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: https://www.ote-cr.cz/cs/statistika/rocni-zprava?date=2017-01-01

OTE: Výroční zpráva 2015 [online]. 2016 [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: https://www.ote-cr.cz/cs/o-spolecnosti/soubory-vyrocni-zprava-ote/rocni-zprava-2015.pdf

OTE: Výroční zpráva 2017 [online]. 2018 [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: https://www.ote-cr.cz/cs/o-spolecnosti/soubory-vyrocni-zprava-ote/rocni-zprava-2017.pdf

Statistika: Poskytnutá podpora 2013-2017[online]. [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: https://www.ote-cr.cz/cs/statistika/statistika-poze/poskytnuta-podpora-2013-2017

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Vývoj a struktura brutto výroby elektrické energie v ČR 19

Tabulka 2 - Výsledky lineární regresní analýzy všechny OZE 2010-2017 49

Tabulka 3 - Výsledky lineární regresní analýzy VTE + FVE 2010-2017 50

Tabulka 4 - Výsledky lineární regresní analýzy VE + PVE + AE 2010-2017 53

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1– Struktura fotovoltaického článku 23

Obrázek 2 - Sluneční mapa ČR 24

Obrázek 3 – Větrná mapa České republiky 25

Obrázek 4 – Savoniův větrný odporový motor 26

Obrázek 5 – Vztlakové motory: a) jednolisté provedení s protizávažím, b) dvoulisté provedení, c) třílisté provedení 26

Obrázek 6 – Typická konstrukce větrné elektrárny 27

Obrázek 7 – Znázornění objemů akumulační nádrže 29

Obrázek 8 – Instalovaný výkon obnovitelných zdrojů v České republice v MW 32

Obrázek 9 - Objem vyrobené elektřiny obnovitelnými zdroji a jejich podíl na hrubé spotřebě v České republice 33

Obrázek 10 - Vyplacená podpora na obnovitelné zdroje elektrické energie 33

Obrázek 11- Výkupní ceny a zelené bonusy za 1 Kč/kWh pro fotovoltaické elektrárny 34

Obrázek 12- Zúčtovací cena odchylky a protiodchylky v roce 2017 36

Obrázek 13 - Časové uspořádání trhu s elektřinou 40

Obrázek 14 - Státy spolupracující v rámci MC MRC, 4MMC 41

Obrázek 15 - Graf reziduí u metody součtu nejmenších čtverců 45

Obrázek 16 - Vzorec výpočtu funkce regresní přímky 46

Obrázek 17 - Příklady lineární regresní přímky a funkce, Pearsonova korelačního koeficientu a koeficientu determinace 47

Obrázek 18 - Distribuce datového vzorku 2010-2017 všechny OZE 48

Obrázek 19 - Distribuce datového vzorku 2010-2017 VTE + FVE.....50

Obrázek 20 - Hrubý objem vyrobené elektřiny FVE + VTE 2010-2017 (GWh) 51

Obrázek 21 - Distribuce datového vzorku 2010-2017 VE + PVE + AE.....52

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

4MC MC – 4M Market Coupling

AE – Alternativní elektrárny

ERÚ – Energetický regulační úřad

EUR - Euro

FVE – Fotovoltaické elektrárny

Kč – Koruna česká

kWh - kilowatthodina

m^2 – metr čtvereční

MC MRC – MRC Market Coupling

MPO – Ministerstvo průmyslu a obchodu

MW - Megawatt

MWh - Megawatthodina

OZE – Obnovitelné zdroje energie

PDS – Provozovatel distribuční soustavy

PN - oblast na rozhraní mezi polovodiči typu N a P

PPS – Provozovatel přenosové soustavy

PVE – Přečerpávací elektrárny

R – Pearsonův korelační koeficient

R^2 – Koeficient determinace

SO – Systémová odchylky

TSO – Operátor přenosové soustavy

VE – Vodní elektrárny

VTE – Větrné elektrárny